

Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)

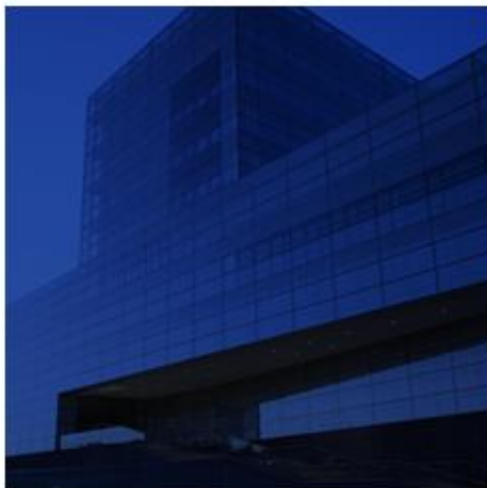
-

Notions fondamentales



MARS 2022

EVO 10000 - 1:2022-FR



PROTOCOLE INTERNATIONAL DE MESURE ET DE VÉRIFICATION DE LA PERFORMANCE (IPMVP)[®]

NOTIONS FONDAMENTALES

MARS 2022

EVO 10000 - 1:2022-FR

©2022-2025 Efficiency Valuation Organization (EVO). Tous droits réservés. Ce document ne peut être reproduit ou modifié, en tout ou en partie, et ne peut être utilisé ou diffusé, en tout ou en partie, dans le cadre d'une formation ou d'un séminaire commercial, que ce soit sous forme papier, numérique ou autre, sans l'accord écrit préalable d'EVO.

AVANT-PROPOS

Dès la première publication du **Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)**, l'objectif de ses initiateurs était de développer une approche consensuelle pour mesurer et vérifier les investissements en matière d'efficacité afin de faciliter un engagement mondial accru en faveur de l'efficacité énergétique.

L'objectif de l'IPMVP est de réduire les obstacles aux secteurs de l'efficacité énergétique et de l'utilisation rationnelle de l'eau. Adopté à l'origine par les entreprises de services énergétiques, l'IPMVP est désormais utilisé par les fournisseurs d'énergie et les agences gouvernementales pour leurs programmes d'incitation à la gestion de la demande, ainsi que par les gestionnaires de bâtiments, d'usines et d'industries pour évaluer et améliorer les performances de leurs installations. De plus en plus, les institutions financières comprennent les avantages de l'utilisation de l'IPMVP comme cadre de réduction des risques pour leurs investissements.

Dans le contexte de la transition énergétique mondiale vers une économie à faibles émissions de carbone, l'IPMVP offre également une approche cohérente pour mesurer et vérifier la réduction des émissions de carbone dans un large éventail de secteurs énergétiques, y compris différents types d'installations, d'applications industrielles et d'énergies renouvelables.

En tant que cadre non prescriptif, l'IPMVP fournit une vue d'ensemble des meilleures pratiques actuelles de mesure et vérification (M&V) tout en restant flexible. Il s'agit également d'un document vivant dont les méthodes et les procédures permettent au protocole d'évoluer et de refléter les besoins actuels et les nouveaux du marché.

L'IPMVP est détenu et géré par Efficiency Valuation Organization (EVO®), une organisation à but non lucratif dont les produits et services aident les personnes à concevoir des projets d'efficacité énergétique et à investir dans ces projets. 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 veiller à ce que les économies et l'impact des projets d'efficacité énergétique et de développement durable soient mesurés et vérifiés avec précision.

EVO est la seule organisation au monde qui se concentre exclusivement sur la M&V. Les activités d'EVO couvrent trois domaines importants: le développement de protocoles et de programmes de formation et d'éducation en M&V, et la certification des professionnels de l'industrie. Pour accomplir sa mission et sa vision, EVO s'appuie sur les vastes connaissances et l'expertise d'une équipe internationale de plus d'une centaine de praticiens et de formateurs en M&V.

Protocoles de M&V

L'IPMVP est le principal protocole international pour la M&V. Il est maintenu et mis à jour par le comité IPMVP d'EVO – un groupe de professionnels de l'industrie qui travaillent bénévolement et à qui nous sommes redevables de maintenir le protocole à jour et d'entreprendre des révisions et des mises à jour régulières.

Outre les *Concepts fondamentaux de l'IPMVP*, EVO développe et publie également divers guides d'application de l'IPMVP sur différents sujets tels que les événements et ajustements non routiniers, les évaluations de l'incertitude et les statistiques pour la M&V, la M&V pour les contrats de performance énergétique, les applications dans le domaine de l'eau, la M&V et l'évaluation de programme, etc. EVO publie également le *Protocole international de financement de l'efficacité énergétique (IEEFP)*.

Formation M&V

EVO dispose de nombreux supports de formation, allant d'un webinaire d'introduction à la M&V d'une heure à des cours complets sur plusieurs jours. Le programme de formation phare d'EVO est le cours *Notions fondamentales de mesure et de vérification des économies d'énergie en référence au protocole IPMVP* déployé depuis plus d'une décennie. À ce jour, environ 15 000 personnes ont participé à ce programme de formation dans le monde entier. Cette formation est dispensée en plusieurs langues grâce à un réseau de partenaires de formation locaux et nationaux sur tous les continents. EVO a récemment ajouté à son portefeuille de formations le cours *Atelier pratique IPMVP*. Piloté avec succès en 2021, ce cours est également disponible auprès des partenaires de formation d'EVO. Ces deux programmes de formation sont à la base des certifications PMVA et PMVE décrites ci-dessous.

En plus de ces cours de certification, EVO propose également des formations avancées et thématiques couvrant une variété de sujets liés à la M&V tels que ISO 50006, ISO 50015, ISO 50047, l'option D avancée pour les praticiens du M&V, les statistiques avancées, la M&V et le comptage, les effets interactifs, le financement de l'efficacité énergétique, et bien d'autres encore. Le développement de ces ressources est assuré par le comité de formation d'EVO et divers sous-comités ad hoc et thématiques composés de formateurs M&V agréés par EVO.

Certification M&V

En 2019, EVO a mené une enquête mondiale pour recueillir les commentaires de l'industrie afin d'orienter les futures activités de développement de produits M&V d'EVO. L'un des messages forts ressortant de cette enquête était qu'EVO devait continuellement améliorer les connaissances, les compétences et les aptitudes des professionnels de la M&V. Ce message correspondait à l'opinion de notre équipe internationale de formateurs en M&V selon laquelle le programme de formation *Notions fondamentales de mesure et de vérification des économies d'énergie en référence au protocole IPMVP* en place jusqu'alors n'était pas suffisant et qu'un cours avancé et une certification sur la préparation de plans de M&V étaient nécessaires.

Pour tenir compte des résultats de l'enquête, l'EVO a créé en 2022 deux nouveaux programmes de certification pour les professionnels du M&V.



La certification d'**Analyste en mesure et vérification des performances (PMVA)** établit la norme de l'IPMVP pour les personnes qui appliquent les concepts de performance, de mesure et de vérification aux projets d'efficacité énergétique.

Il s'agit du programme officiel de formation et de certification de l'IPMVP pour les principes fondamentaux de la M&V. Les PMVA ont généralement un rôle d'analyste pour des ESCO, des administrations publiques, des fournisseurs d'énergie et des institutions financières, et sont impliqués dans la conception et la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique et dans le financement de projets d'efficacité énergétique. Ils ont démontré leurs capacités en matière de M&V, y compris une bonne compréhension de l'application de l'IPMVP pour déterminer les économies. Les PMVA peuvent être des technologues du bâtiment, des spécialistes en CVC, des ingénieurs, des architectes, des économistes, des analystes financiers, etc.



La certification professionnelle d'**Expert en mesure et vérification des performances (PMVE)** établit la norme IPMVP pour les personnes chargées de préparer ou d'analyser les plans de mesure et de vérification. Les PMVE

travaillent généralement en tant que spécialistes de la mesure et de la vérification, et conçoivent,

élaborent et mettent en œuvre des plans de mesure et de vérification pour des projets d'efficacité énergétique complets et complexes. Ils travaillent également en tant que consultants et facilitateurs de projets pour les gestionnaires d'installations et les propriétaires de bâtiments. Les PMVE travaillent en tant qu'analystes principaux en M&V pour l'administration publique, les fournisseurs d'énergie et les institutions financières. Les PMVE possèdent généralement une expertise appliquée avancée dans divers aspects du M&V et sont capables de préparer et de remettre en question les plans et les rapports de M&V. La plupart des PMVE sont titulaires d'un diplôme technique et ont une solide connaissance des différentes actions d'amélioration de la performance énergétique.

Les certifications PMVA et PMVE d'EVO sont obtenues exclusivement sur la base d'un travail de M&V démontré sur le terrain, grâce à une formation, une expertise professionnelle et des expériences pertinentes en matière de M&V.

Pour plus de détails et des mises à jour concernant les activités de développement de protocoles, de formations et de certifications d'EVO, visitez le site web d'EVO à l'adresse suivante: www.evo-world.org

REMERCIEMENTS

Cette édition du *Protocole international de mesure et de vérification de la performance* (IPMVP®) marque le 25^e anniversaire du protocole de mesure et de vérification (M&V) des économies d'énergie et d'eau, et des lignes directrice correspondantes, les plus reconnus. L'IPMVP est actuellement détenu et maintenu par l'Efficiency Valuation Organization (EVO®).

Cette mise à jour du IPMVP est le résultat d'un processus de révision statutaire de cinq ans qui a permis de recueillir les commentaires des comités techniques et de formation de l'IPMVP, des formateurs agréés d'EVO et de nombreuses autres parties prenantes dans le monde entier. Des centaines de commentaires individuels ont été reçus, analysés et discutés en vue de leur inclusion dans les *Principes fondamentaux de l'IPMVP* ou dans l'un des nombreux guides d'application existants ou à venir de l'IPMVP.

Membres du comité de l'IPMVP

Le travail de révision a été coordonné sous les auspices du comité IPMVP de EVO, sous la direction de Tracy Phillips, président, Margaret Selig, vice-présidente, et Lia Webster, membre de longue date du comité. Lia Webster en a été l'éditrice principale et a coordonné le travail des groupes ad hoc et des sous-comités tout au long du processus de révision. Les membres du comité de l'IPMVP qui ont participé à ce projet sont Todd Amundson, Jim Bradford, Gregory Bonser, Phil Combs, Luis Castanheira, Shankar Earni, David Jump, David Korn, Ken Lau, Eric Mazzi, Scott Noyes, Jesse Smith, Kevin Warren et Jim Zarske.

Autres contributeurs

Nous remercions les personnes suivantes pour leur examen technique et leur contribution à différents stades du processus de révision : Zahra Abbasi, Chris Balbach, Paul Calberg Ellen, Donald Chu, Sandeep Dahiya, Alberto Escofet, Jon Feldman, Ignace de Francqueville, Daniele Forni, Dakers Gowans, Dolf Van Hattem, Nick Keegan, Eunjung Kim, Bill Koran, Steve Kromer, Daniel Magnet, Leo Mba, Rajvant Nijjhar, Cory Read, Bruce Rowse, Christo A van der Merwe, Vilnis Vesma, Hilary Woods.

Nous remercions le conseil d'administration de EVO d'avoir approuvé les ressources nécessaires à cette mise à jour : Mark Lister (président), Donal Gilligan (vice-président), Thomas K. Dreessen (trésorier), Laura Van Wie McGrory (secrétaire), Pierre Langlois (président sortant), Phil Coleman (membre) ; ainsi que le personnel de EVO qui a géré le processus pendant de nombreuses années: Desislava Borisova, Monica Pérez Ortiz et Denis Tanguay.

CHANGEMENTS DANS CETTE ÉDITION

Ce document remplace les versions précédentes de l'IPMVP, y compris : *Principes fondamentaux de l'IPMVP 2016 (EVO 10000 - 1:2016 (FR))*, *IPMVP Measurement & Verification Issues and Examples (EVO 10300 - 1:2019* (disponible en anglais seulement), et *IPMVP Generally Accepted M&V Principles 2018* (disponible en anglais seulement).

Comme document évolutif, chaque nouvelle version de l'IPMVP incorpore des changements et des améliorations reflétant les nouvelles recherches, les méthodes d'analyse améliorées et de nouvelles technologies d'accès aux données de M&V. Les principales modifications apportées à cette édition sont résumées ci-dessous.

- Mise à jour du nom de l'option A: Isolement de l'AAPE, mesurage(s) du/des paramètre(s) clé(s), afin d'inclure plusieurs paramètres clés. Clarification de l'option B: Isolement de l'AAPE, mesurage de tous les paramètres qui nécessitent une mesure continue. Ajout de discussions sur les sources d'incertitude dans les économies pour chaque option du IPMVP.
- Ajout de contenu sur la vérification opérationnelle à la section 13 – Plan de M&V et exigences en matière de rapport, ainsi que des exigences supplémentaires pour l'option A et l'option C, et à la précision des économies.
- Incorporation du contenu de *M&V Issues and Examples EVO 10300-1 :2019* à la section 5 – Processus de M&V, à la section 11 – Économies et coûts, et à la section 12 – Problèmes courants de M&V.
- Consolidation du contenu et ajout de clarifications (par exemple, périmètre de la mesure, sélection des options, conformité à l'IPMVP, gestion du risque).
- Ajout et mise à jour des figures, tableaux et équations. Suppression ou mise à jour des équations d'économies spécifiques aux options, ajout de l'équation simplifiée pour les économies d'énergie normalisées, mise à jour des équations simplifiées pour les remplacer par "ajustées de manière périodique" le cas échéant pour des raisons de cohérence, et ajout de noms et de numéros pour les équations.
- Ajout d'entrées dans les termes et définitions de l'IPMVP, certaines provenant de l'IPMVP 2012. Mise à jour des définitions et vérification pour établir une cohérence entre les guides d'application de l'IPMVP et d'autres ressources liées à la M&V, y compris la clarification du fait que les facteurs statiques ayant un impact peuvent se situer en dehors du périmètre de mesure.
- Contenu ajouté ou mis à jour, y compris : section 12.2 – Méthodes avancées de M&V, section 12.3 – Économies sur la puissance appelée, section 12.6 – Statistiques pour M&V, section 12.7 – Production et stockage d'énergie sur site, section 12.8 – Contrats de performance énergétique (CPE), section 12.9 – Programmes des fournisseurs d'énergie et gouvernementaux, section 12.10 – Eau.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	1
Remerciements	4
Changements dans cette édition	5
Table des matières	6
1. Champ d'application	10
2. Termes et définitions	11
3. Définition et objectifs de la M&V	16
3.1. Objectifs de la M&V	18
4. Principes de la M&V	20
5. Processus de la M&V	22
5.1. Examen par un tiers-vérificateur	24
6. Conformité à l'IPMVP	25
7. Cadre de l'IPMVP	26
7.1. Périmètre de mesure	27
7.2. Périodes de mesure	29
7.2.1. Période de référence	29
7.2.2. Période d'installation	29
7.2.3. Période de suivi	30
7.2.4. Périodes de mesure concomitantes (test "marche/arrêt")	30
7.3. Conditions de la période de référence	31
7.4. Méthodes d'ajustement	32
7.4.1. Ajustements périodiques	32
7.4.2. Ajustements non périodiques	32
7.5. Approches de comptabilité des économies	33
7.5.1. Consommation d'énergie ou puissance appelée évitées	34
7.5.2. Économies d'énergie normalisées	35
7.6. Vérification opérationnelle	36
8. Considérations relatives à LA SÉLECTION DES OPTIONS DE L'IPMVP	39
8.1. Caractéristiques typiques des projets pour les options IPMVP	40
8.2. Granularité des économies	41
8.3. Niveau des effets interactifs	41
8.4. Mesures énergétiques requises	42
8.5. Stabilité des opérations	43
8.6. Limites des coûts de M&V	43
8.7. Contexte du projet et responsabilités des parties prenantes	44
8.8. Utilisation des méthodes d'isolement de l'AAPE	44
9. Options de l'IPMVP	48

9.1.	Option A: Isolement de l'AAPE, mesure du (des) paramètre(s) clé(s)	48
9.1.1.	Valeurs mesurées et estimées	48
9.1.2.	Vérification de l'installation	49
9.1.3.	Calculs	49
9.1.4.	Meilleures applications	49
9.2.	Option B : Isolement de l'AAPE, mesure de tous les paramètres	50
9.2.1.	Calculs pour l'option B	50
9.2.2.	Meilleures applications	50
9.3.	Option C : Site entier	51
9.3.1.	Données sur les compteurs des fournisseurs d'énergie	52
9.3.2.	Questions relatives aux données sur l'énergie	52
9.3.3.	Variables indépendantes	54
9.3.4.	Calculs et modèles mathématiques	54
9.3.5.	Meilleures applications	55
9.4.	Option D : Simulation calibrée	55
9.4.1.	Types de programmes de simulation	56
9.4.2.	Calculs	60
9.4.3.	Meilleures applications	61
10.	Coût et rigueur de la M&V dans les économies	65
10.1.	Coût de la M&V	65
10.2.	Gérer l'incertitude	66
10.3.	Équilibrer la rigueur et le coût	68
11.	Économies de coûts	70
11.1.	Coûts totaux	70
11.2.	Prix marginaux et prix en fonction de la période de consommation	71
11.3.	Grilles tarifaires	71
11.4.	Estimation des valeurs futures	72
11.5.	Changement de combustible et modification de la grille tarifaire	73
12.	enjeux courants de la M&V	74
12.1.	Événements non périodiques et ajustements	74
12.1.1.	Conditions minimales de fonctionnement	75
12.2.	Méthodes avancées de M&V	75
12.3.	Économies sur la puissance appelée	76
12.4.	Questions relatives aux compteurs divisionnaires	77
12.4.1.	Mesures de l'électricité	78
12.4.2.	Étalonnage des compteurs	78
12.5.	Questions relatives aux données	78
12.5.1.	Données manquantes ou perdues	78
12.5.2.	Utilisation de systèmes de surveillance et de contrôle pour la collecte de données	79
12.6.	Statistiques pour M&V	80
12.6.1.	Utilisation des niveaux et intervalles de confiance	80

12.6.2.	Évaluation des résultats	81
12.6.3.	Chiffres significatifs et arrondis	82
12.7.	Production et stockage d'énergie sur site	83
12.8.	Contrats de performance énergétique (CPE).....	84
12.9.	Programmes des fournisseurs d'énergie et gouvernementaux	84
12.9.1.	Évaluation, mesure et vérification (EM&V)	85
12.10.	Eau.....	86
12.11.	Quantification de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)	87
12.12.	Persistance des économies.....	87
13.	EXIGENCES POUR LES PlanS ET RAPPORTS DE M&V	89
13.1.	Exigences du plan M&V	89
13.1.1.	Vue d'ensemble de l'installation et du projet.....	89
13.1.2.	Intention de l'action d'amélioration de la performance énergétique.....	89
13.1.3.	Option de l'IPMVP sélectionnée et limite de mesure.....	90
13.1.4.	Énergie de la période de référence et conditions.....	90
13.1.5.	Exigences en matière de vérification opérationnelle	91
13.1.6.	Période(s) de suivi.....	91
13.1.7.	Base de l'ajustement.....	92
13.1.8.	Méthodologie de calcul et procédure d'analyse.....	93
13.1.9.	Économies de coûts	93
13.1.10.	Détails de la mesure.....	94
13.1.11.	Responsabilités en matière de suivi et de rapports.....	94
13.1.12.	Précision attendue	94
13.1.13.	Budget de M&V.....	94
13.1.14.	Format du rapport de M&V	95
13.1.15.	Assurance qualité.....	95
13.2.	Exigences supplémentaires en matière de M&V	95
13.2.1.	Option A - Exigences supplémentaires	95
13.2.2.	Option C – Exigences supplémentaires.....	96
13.2.3.	Option D – Exigences supplémentaires	96
13.3.	Exigences concernant les rapports de M&V	97
13.3.1.	Vue d'ensemble du rapport de M&V	97
13.3.2.	Contexte du projet	97
13.3.3.	Activités de collecte de données M&V menées au cours de la période de suivi actuelle ..	98
13.3.4.	Calculs des économies et méthode	98
13.3.5.	Economies vérifiées	98
13.3.6.	Informations complémentaires requises	98

Liste des équations

Équation 1 : Équation générale pour la détermination des économies	26
Équation 2 : Équation principale d'économies de l'IPMVP	33
Équation 3 : Équation fondamentale pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions	34
Équation 4 : Équation simplifiée pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions	34
Équation 5 : Équation fondamentale pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions rétrospectives	35
Équation 6 : Équation simplifiée pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions rétrospectives	35
Équation 7 : Équation fondamentale pour les économies d'énergie normalisées	36
Équation 8 : Équation simplifiée pour les économies d'énergie normalisées	36
Équation 9 : Économies résultant de l'option A/B lorsque des ajustements ne sont pas nécessaires	46
Équation 10 : Équation simplifiée pour la consommation d'énergie évitée grâce à l'option D dans les nouvelles constructions	60
Équation 11 : Économies de coûts par la méthode des coûts totaux	70

Liste des figures

Figure 1 : Exemple de calendrier de projet (les activités de contrôle et de vérification sont en gras*)	17
Figure 2 : Économies ou évitement de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée	27
Figure 3 : Limites de mesure du site entier et de l'isolement de l'AAPE	27
Figure 4 : Vue d'ensemble des options de l'IPMVP	28
Figure 5 : Types d'économies	33
Figure 6 : Le niveau des économies limite généralement les coûts du M&V	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Objectifs de la M&V	18
Tableau 2 : Vue d'ensemble de la conception de la M&V et du processus d'établissement des rapports	22
Tableau 3 : Approches de vérification opérationnelle	38
Tableau 4 : Éléments clés des options de l'IPMVP	39
Tableau 5 : Caractéristiques typiques d'un projet et options IPMVP les plus courantes	41
Tableau 6 : Lignes directrices générales pour équilibrer les coûts et l'incertitude dans la M&V	43
Tableau 7 : Sélection de l'option d'isolement de l'AAPE – Exemples basés sur la charge et les heures de fonctionnement	46
Tableau 8 : Valeurs constantes établies sur la base de mesures	47
Tableau 9 : Étapes du calibrage du modèle de simulation	59
Tableau 10 : Résumé des options de l'IPMVP	62
Tableau 11 : Base d'ajustement et type d'économies	92

1. CHAMP D'APPLICATION

Les orientations fournies dans le présent document sont axées sur les "économies d'énergie" et peuvent également s'appliquer à la demande, à la consommation d'eau, aux économies de coûts connexes, aux réductions d'émissions ou à toute autre quantité mesurée et vérifiée. La M&V est fondamentale pour le financement de l'efficacité énergétique, les contrats de performance énergétique, la gestion de la performance énergétique, les efforts de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre et de nombreux programmes gouvernementaux et des fournisseurs d'énergie.

L'IPMVP fournit un cadre qui est utilisé pour les deux actions suivantes:

- 1) vérifier qu'un projet a le potentiel d'être performant et d'économiser de l'énergie;
- 2) quantifier les incidences d'un projet ciblé sur l'énergie et les coûts au niveau du site.

Ces deux actions sont essentielles à la mesure et à la vérification des économies réalisées.

Les économies d'énergie dans une installation ne peuvent pas être mesurées directement, car elles représentent l'absence de consommation ou de demande. Au lieu de cela, les économies sont définies par le mesurage de chaque type de combustible ou de source d'énergie impactée dans un périmètre de mesure donné avant et après la mise en œuvre d'un projet, en procédant à des ajustements appropriés pour tenir compte des changements de conditions.

L'IPMVP présente des principes et des termes communs largement acceptés comme fondamentaux pour tout bon processus de M&V. Il ne définit pas les activités de M&V pour toutes les applications. Chaque projet doit être conçu individuellement pour répondre aux besoins de toutes les parties prenantes en matière de rapports sur les économies d'énergie ou d'eau. Cette conception individuelle est consignée dans le plan de M&V du projet, et les économies sont rapportées comme définies dans ce plan. L'utilisation des principes, du cadre, des termes et du processus de l'IPMVP pour déterminer et communiquer les économies d'énergie vérifiées facilite l'obtention de résultats fiables et compréhensibles.

2. TERMES ET DÉFINITIONS

Les définitions et termes suivants s'appliquent au présent document.

Note : Pour maintenir la clarté du texte, bien que des références explicites à l'énergie soient faites tout au long du document (par exemple, mesures d'efficacité énergétique), les méthodes décrites pour mesurer et vérifier les économies d'énergie s'appliquent également aux réductions de la demande, aux mesures d'efficacité de l'eau, aux réductions des émissions de GES, aux énergies renouvelables, aux projets de stockage de l'énergie ou à d'autres projets ciblés, et aux économies qu'ils permettent de réaliser.

Durée	Définition
Action d'amélioration de la performance énergétique (AAPE)	Une action ou un ensemble d'actions conçues pour améliorer l'efficacité, réduire la consommation d'énergie ou d'eau, ou gérer la demande, et parfois appelées mesures d'économie d'énergie (MEE). Dans le présent document, le terme AAPE peut inclure l'eau, les GES, la production d'énergie, le stockage ou d'autres projets ciblés.
Ajustement de la base de référence	Voir Ajustement non périodique
Ajustement non périodique	Calculs techniques individuels pour tenir compte des effets sur l'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure en raison des changements dans les facteurs statiques.
Ajustement périodique	Ajustement des données de référence ou de la période de suivi à l'aide de méthodes mathématiques et statistiques pour tenir compte des changements attendus dans la consommation ou de la puissance appelée en raison de changements dans les variables indépendantes, changements qui affectent la consommation d'énergie dans le périmètre de mesure.
Base de référence	Réfère aux systèmes, à la période, à l'utilisation de l'énergie ou aux conditions qui fournissent une référence à laquelle les performances d'une ou plusieurs actions d'amélioration de la performance énergétique peuvent être comparées.
Comptage / mesurage	Le processus d'utilisation de compteurs pour collecter la consommation d'énergie, les données de la puissance appelée ou les données de paramètres clés au fil du temps.
Consommation d'énergie	Quantité d'énergie appliquée à une charge au cours d'une période donnée.
Consommation d'énergie évitée	Réduction de la <i>consommation d'énergie</i> , de la demande ou des coûts connexes par rapport à ce que l'énergie mesurée (ou la demande) aurait été sans l'action d'amélioration de la performance énergétique, le plus souvent déterminée dans les conditions de la période de suivi. Dans certains cas, la consommation d'énergie évitée peut être déterminée selon les conditions de référence.

Durée	Définition
Contrat de performance énergétique (CPE)	Accord entre deux ou plusieurs parties dans lequel le paiement est basé sur l'obtention de résultats spécifiques, tels que l'amélioration de la performance énergétique, la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou des coûts énergétiques, ou l'amortissement de l'investissement dans une période donnée.
Économies	<p>Valeur, en unités quantifiables, de la consommation d'énergie, de la puissance appelée, de l'eau, des émissions de gaz à effet de serre ou des réductions de coûts connexes, déterminée en comparant les valeurs mesurées avant et après la mise en œuvre d'une ou de plusieurs actions d'amélioration de la performance énergétique, en procédant aux ajustements périodiques et non périodiques nécessaires pour tenir compte des changements de conditions.</p> <p>Les économies d'énergie ou d'autres unités et les économies de coûts qui en résultent peuvent être indiquées sous la forme de consommation d'énergie évitée ou d'économies normalisées.</p>
Économies normalisées	<p>Réduction de la consommation d'énergie, de la puissance appelée ou des coûts survenus au cours de la période de suivi, par rapport à ce qui serait produit si l'installation avait été équipée et exploitée comme elle l'était au cours de la période de référence, mais dans un ensemble fixe de conditions normales.</p> <p>Ces conditions normales peuvent être une moyenne à long terme ou celle de toute autre période de temps choisie (autre que la période de référence ou de suivi, qui se traduit par une consommation d'énergie évitée au lieu d'économies normalisées). La normalisation consiste à utiliser un moyen statistiquement valable pour ajuster l'énergie de la période de référence et de la période de suivi à un ensemble commun de conditions significatives.</p>
Effets interactifs	Impacts énergétiques créés par une action d'amélioration de la performance énergétique et qui se produisent en dehors du périmètre de mesure de l'AAPE et qui ne sont pas pris en compte dans les mesures d'énergie.
Émissions de gaz à effet de serre (GES)	Gaz contenant du carbone, tels le dioxyde de carbone et le méthane, qui sont émis par la combustion de combustibles fossiles lors de la production et de la distribution d'énergie. Les émissions à l'intérieur d'un périmètre de mesure peuvent être exprimées en unités de poids d'équivalent dioxyde de carbone et sont parfois désignées sous le terme générique d'émissions de carbone.
Énergie (ou puissance appelée) de la base de référence	Consommation (ou puissance appelée) d'énergie utilisée à l'intérieur d'un périmètre de mesure défini pendant la <i>période de référence</i> , sans ajustement.
Énergie de la période de suivi	Consommation d'énergie ou puissance appelée à l'intérieur d'un périmètre de mesure défini, survenant au cours de la période de suivi, sans ajustement.

Durée	Définition
Énergie de référence ajustée	L'énergie de la période de référence, modifiée par des ajustements périodiques et non périodiques, pour tenir compte des changements de conditions au cours de la période de suivi ou des conditions normales définies.
Événement non périodique	Changements inattendus dans la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure résultant de changements dans les facteurs statiques, qui ne sont pas pris en compte dans les calculs d'économies d'énergie et qui ne sont pas liés au projet énergétique ciblé.
Facteurs d'influence de l'énergie	Conditions d'exploitation susceptibles d'influer sur la consommation d'énergie à l'intérieur d'un périmètre de mesure, y compris les facteurs statiques et les variables indépendantes.
Facteurs statiques	<p>Les caractéristiques d'une installation qui affectent la consommation d'énergie ou la puissance appelée à l'intérieur du périmètre de mesure défini, qui ne sont pas censées changer et qui n'ont donc pas été incluses en tant que variables indépendantes. Bien qu'ils ne soient pas censés changer, ces facteurs statiques doivent être reconnus et surveillés et, s'ils changent, il peut être nécessaire de calculer des ajustements non périodiques pour tenir compte de ces changements.</p> <p>Note : Ces caractéristiques peuvent inclure des caractéristiques fixes, environnementales, opérationnelles et de maintenance.</p>
Incertitude sur les économies	La fourchette de valeurs des économies dans laquelle la valeur réelle des économies est estimée se situer, souvent en fonction d'un niveau de confiance statistique. Une valeur unique ne représente pas les économies de manière adéquate. L'incertitude concernant les économies est présentée soit comme une fourchette de valeurs (incertitude absolue), soit comme un pourcentage des économies estimées (incertitude relative).
Indicateur de performance	Facteur mesurable lié aux conditions de fonctionnement, utilisé pour évaluer le bon fonctionnement d'une AAPE ou d'un système.
Mesure et vérification (M&V)	Processus de planification, de mesure, de collecte et d'analyse des données pour vérifier et rendre compte des économies d'énergie réalisées dans une ou plusieurs installations grâce à la mise en œuvre d'une action d'amélioration de la performance énergétique. Les économies généralement quantifiées comprennent la consommation d'électricité, la puissance appelée d'électricité, la consommation de gaz naturel, les émissions de carbone, la consommation d'eau, et peuvent inclure des fournisseurs d'énergie tels que la vapeur, l'énergie générée ou d'autres éléments à vérifier dans le cadre d'un projet de développement durable ou d'efficacité énergétique.
Mise en service (Commissionnement)	Processus axé sur la qualité visant à améliorer la réalisation d'un projet comprenant la vérification et la documentation précisant que l'installation et ses systèmes et assemblages sont planifiés, conçus, installés, testés, exploités et entretenus de manière à répondre à l'intention de la conception.

Durée	Définition
Niveau de confiance	Le niveau de confiance fait référence à la probabilité que l'intervalle cité contienne la valeur réelle.
Paramètre(s) clé(s)	Variable(s) critique(s) identifiée(s) comme 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	Limites théoriques tracées autour des équipements, des systèmes ou des installations pour séparer ceux qui sont pertinents pour la détermination des économies de ceux qui ne le sont pas. Toute la consommation d'énergie ou la puissance appelée des équipements ou des systèmes utilisés ou générés à l'intérieur du périmètre doit être mesurée ou estimée.
Période de la base de référence	Période définie choisie pour représenter le fonctionnement de l'installation ou du système avant la mise en œuvre d'une ou de plusieurs action(s) d'amélioration de la performance énergétique.
Période d'installation	Période définie au cours de laquelle les systèmes de l'action d'amélioration des performances énergétiques sont installés.
Périodes de M&V	Périodes d'intérêt pour un projet de M&V, comprenant la période de référence, la période d'installation et la période de suivi.
Période de suivi	<p>Une période définie choisie pour vérifier et quantifier les économies réalisées après la mise en œuvre d'une ou de plusieurs actions d'amélioration de la performance énergétique. Le contrôle et la vérification peuvent être effectués sur une ou plusieurs périodes de suivi au cours desquelles des rapports individuels sur les économies réalisées sont préparés.</p> <p>La période de suivi peut être la période totale sur laquelle le contrôle et la vérification sont effectués après l'installation des AAPE (par exemple, la durée d'un contrat basé sur la performance) ou simplement la durée couverte par un rapport d'économie individuel.</p>
Plan M&V	Un document spécifique au projet détaillant les méthodes, les procédures, les analyses et les rapports qui seront effectués au cours des périodes de M&V afin de vérifier et de rendre compte des économies réalisées. Les exigences de l'IPMVP concernant les plans de M&V sont décrites à la section 13.
Prévisions rétrospectives	Méthode rarement utilisée pour déterminer la consommation d'énergie évitée, dans laquelle l'énergie de la période de suivi est ajustée aux conditions de la période de référence.
Puissance appelée	Mesure de la vitesse à laquelle le travail est effectué ou l'énergie est utilisée lorsqu'elle est appliquée à une charge.
Utilisation finale de l'énergie	Application de l'énergie dans un but spécifique qui n'est pas la production, la transformation ou le stockage de l'énergie, par exemple la ventilation, l'éclairage, le chauffage, le refroidissement, le transport, les procédés industriels et les lignes de production.

Durée	Définition
Valeur estimée	Paramètre utilisé dans les calculs d'économies déterminés par des méthodes autres que la réalisation de mesures au cours de la période de M&V. Les méthodes utilisées pour estimer les valeurs peuvent aller des estimations techniques dérivées des évaluations des performances de l'équipement par le fabricant aux mesures effectuées au cours d'une période de M&V différente. Les valeurs dérivées des tests de performance de l'équipement ou d'autres mesures qui ne sont pas effectuées in situ sont considérées comme des estimations aux fins de conformité à l'IPMVP.
Variable indépendante	Un paramètre qui est censé changer régulièrement et qui a un impact mesurable sur la consommation d'énergie ou la puissance appelée d'un système ou d'un site.
Vérification opérationnelle	Vérification que les actions d'amélioration de la performance énergétique sont mise en oeuvre et fonctionnent comme prévu et qu'elles sont susceptibles de générer des économies. La vérification opérationnelle peut impliquer des inspections, des mesures, des tests de performance fonctionnelle ou l'analyse des tendances des données.

3. DÉFINITION ET OBJECTIFS DE LA M&V

La mesure et la vérification (M&V) est le processus de planification, de mesure, de collecte et d'analyse des données pour vérifier et rapporter de manière fiable des économies d'énergie réalisées dans une ou plusieurs installations grâce à la mise en œuvre d'une action d'amélioration de la performance énergétique. Les économies généralement quantifiées comprennent la consommation d'électricité, la puissance appelée d'électricité, la consommation de gaz naturel, les émissions de carbone, la consommation d'eau, et peuvent inclure des fournisseurs d'énergie tels que la vapeur, l'énergie générée ou d'autres éléments à vérifier dans le cadre d'un projet de développement durable ou d'une démarche d'efficacité énergétique. Les économies ne peuvent pas être mesurées directement puisqu'elles représentent l'absence de consommation d'énergie ou de puissance appelée. Les économies sont plutôt déterminées en comparant la consommation d'énergie ou la puissance appelée mesurées avant et après la mise en œuvre d'un projet, en procédant à des ajustements appropriés pour tenir compte des changements de conditions.

Les activités de contrôle et de vérification comprennent en tout ou en partie les éléments suivants :

- évaluation des flux d'énergie et les sources d'économie;
- installation, étalonnage et entretien des compteurs;
- collecte, stockage et contrôle de la qualité des données;
- développement d'une méthode de calcul et d'estimations acceptables;
- calculs avec des données mesurées;
- planification et confirmation de l'achèvement de la vérification opérationnelle;
- rapports, assurance qualité et vérification des rapports par des tiers.

La M&V ne se limite pas à un ensemble de tâches effectuées pour aider un projet à répondre aux exigences de l'IPMVP. Comme le montre la

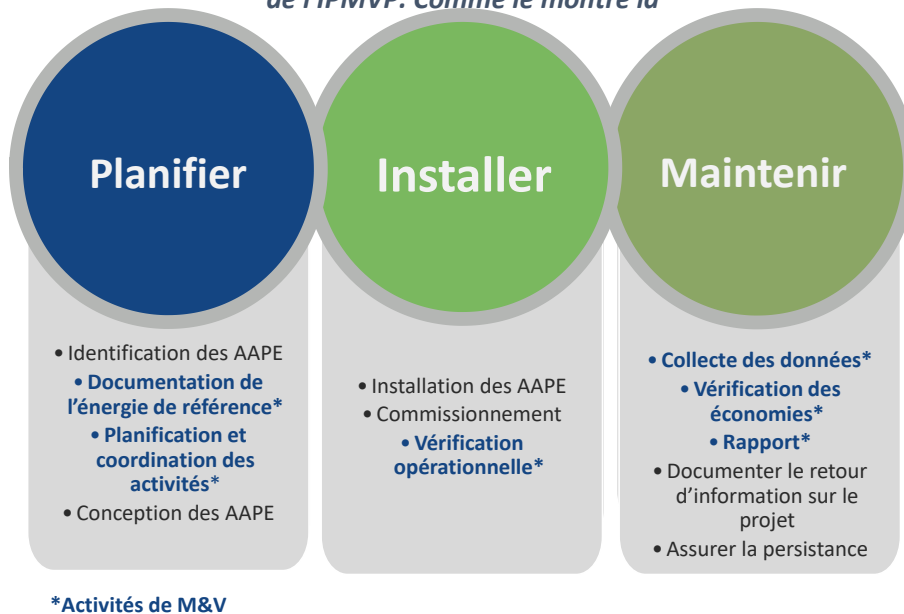


Figure 1, les activités de M&V se chevauchent souvent avec d'autres activités du projet liés au développement et à la mise en œuvre des AAPE (par exemple, la collecte de données pour identifier les AAPE et établir des références énergétiques, la mise en service et la vérification opérationnelle des AAPE

installées, l'installation de systèmes de surveillance pour collecter des données, etc.) Le processus de conception et de rapport de M&V est parallèle au processus de conception et de mise en œuvre des AAPE, et leurs activités peuvent souvent être intégrées.

Une bonne pratique consiste à intégrer les efforts de contrôle et de vérification dans le processus d'identification, de développement, d'achat, d'installation et d'exploitation des AAPE chaque fois que cela est possible. L'identification des synergies entre les projets et l'établissement des rôles et responsabilités des parties concernées au cours de la planification du projet permettront de coordonner les efforts de l'équipe. Cela permet de tirer parti de la complémentarité des champs d'application et de contrôler les coûts liés à la M&V. Correctement intégrée, chaque tâche de M&V permet de renforcer et d'améliorer le fonctionnement des AAPE et la persistance des économies.

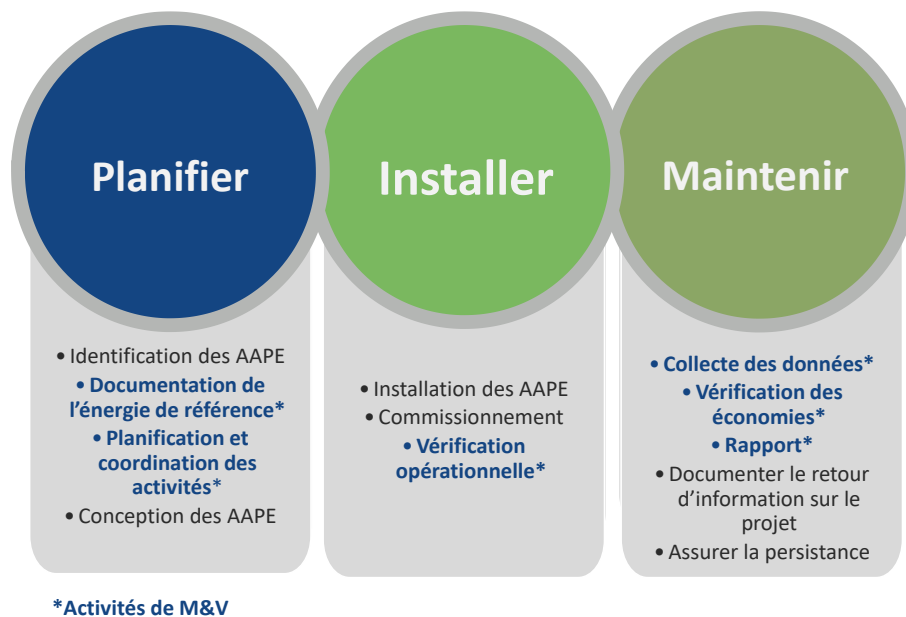


Figure 1: Exemple de calendrier de projet (les activités de M&V sont en gras)*

La M&V est un élément fondamental de nombreux efforts axés sur la gestion de l'énergie, dont ceux qui concernent:

- les entrepreneurs spécialisés en performance énergétique et leurs clients;
- les concepteurs, les gestionnaires et les évaluateurs de programmes de gestion de la demande des fournisseurs d'énergie;
- les utilisateurs d'énergie qui mettent en œuvre des systèmes de gestion de l'énergie et qui souhaitent quantifier les économies réalisées;
- les gestionnaires d'installations qui veulent comptabiliser correctement les écarts par rapport au budget énergétique;
- les gestionnaires de bâtiments existants qui cherchent à faire reconnaître la qualité environnementale de leurs installations;
- les concepteurs de nouveaux bâtiments qui souhaitent tenir compte de la durabilité de leurs projets;
- les développeurs de projets d'utilisation rationnelle de l'eau;

- les concepteurs de programmes d'échange de quotas et de droits d'émission;
- les utilisateurs d'énergie cherchant à obtenir la certification ISO 50001.

Les bailleurs de fonds, les gestionnaires de projets et les responsables de la mise en œuvre des applications susmentionnées trouveront dans ce document un moyen d'établir un cadre commun et de s'assurer que les éléments clés sont pris en compte.

3.1. Objectifs de la M&V

Les techniques de M&V peuvent être utilisées par les propriétaires d'installations ou les parties prenantes de projets d'efficacité énergétique à des fins multiples, y compris la gestion des risques.

Tableau 1 - Objectifs de la M&V

OBJECTIFS DE LA M&V	APPLICATIONS
Gérer les risques liés au projet	Un plan de M&V est un outil d'atténuation des risques utilisé lors de la mise en œuvre de projets d'efficacité énergétique. Un plan de M&V soigneusement élaboré permet de gérer les risques du projet pour les parties concernées tout en garantissant la réalisation des objectifs de performance. Pour équilibrer les risques, les parties prenantes doivent bien comprendre les impacts potentiels des variations des paramètres financiers, opérationnels et ceux liés aux performances.
Fournir un retour d'information sur l'efficacité de l'AAPE	La détermination précise des économies d'énergie réalisées fournit aux propriétaires et aux gestionnaires d'installations un retour d'information précieux sur leurs AAPE. Ce retour d'information les aide à ajuster la conception ou le fonctionnement des AAPE afin d'améliorer les économies et d'obtenir une plus grande persistance des économies dans le temps.
Documenter les transactions financières	Pour certains projets, les économies d'énergie constituent la référence pour les paiements financiers ou une garantie dans le cadre d'un contrat de performance. Un plan de M&V bien défini et mis en œuvre sert de base pour documenter les performances de manière transparente. Idéalement, le plan et les rapports de M&V devraient faire l'objet d'une vérification indépendante.
Permettre le financement de projets d'efficacité énergétique	Un bon plan de M&V accroît la transparence et la crédibilité des rapports concernant les résultats des investissements en matière d'efficacité énergétique. Il accroît également la crédibilité des projections relatives aux résultats de ces investissements. Cette crédibilité peut accroître la confiance des investisseurs et des commanditaires dans les projets d'efficacité énergétique, augmentant ainsi leurs chances d'être financés.
Améliorer la conception technique, l'exploitation et la maintenance des installations	La préparation d'un bon plan de M&V encourage la conception d'un projet complet en incluant tous les coûts de M&V dans le cadre économique du projet. Un bon plan de M&V aide également les gestionnaires à découvrir et à réduire les problèmes de maintenance et d'exploitation, de sorte que les installations puissent être exploitées plus efficacement. Un bon plan de contrôle et de vérification permet également d'obtenir des informations en retour pour la conception de futurs projets.
Gérer les budgets énergétiques	Même lorsque les économies ne sont pas planifiées, les techniques de M&V aident les responsables à évaluer et à gérer la consommation d'énergie de la puissance appelée afin de tenir compte des écarts par rapport aux budgets. Les techniques de M&V sont utilisées pour s'adapter à l'évolution des conditions d'exploitation des sites, afin de fixer des budgets appropriés et de tenir compte des écarts par rapport à ces budgets.

OBJECTIFS DE LA M&V	APPLICATIONS
Valider les résultats de la réduction des émissions	La quantification vérifiable des réductions d'émissions de carbone confère une valeur supplémentaire aux projets d'efficacité et une plus grande reconnaissance des efforts en matière de développement durable.
Soutenir l'évaluation des programmes d'efficacité	Les programmes de gestion de l'utilisation d'un système d'approvisionnement en énergie parrainés par un fournisseur d'énergie ou un gouvernement peuvent utiliser des techniques de M&V pour estimer les économies réalisées dans des installations spécifiques d'utilisateurs d'énergie. En utilisant des techniques statistiques et d'autres hypothèses, les économies déterminées par les activités de M&V dans des installations individuelles sélectionnées peuvent être utilisées dans des sites non mesurés pour évaluer la performance de l'ensemble du programme.

4. PRINCIPES DE LA M&V

Les principes fondamentaux des bonnes pratiques de M&V décrits ci-dessous constituent la base de l'évaluation de la conformité à l'IPMVP. Ces principes doivent être pris en compte et appliqués tout au long du processus de M&V.

PRÉCISION

Les rapports de M&V doivent être aussi précis que possible en fonction de la valeur et des objectifs du projet. Les coûts de la M&V doivent normalement être "faibles" par rapport à la valeur monétaire des économies évaluées. Les dépenses de M&V doivent également être cohérentes avec les implications financières d'une surestimation ou d'une sous-estimation des performances d'un projet. La précision et le coût de la méthode de M&V doivent être évalués dans le cadre de l'élaboration du projet. Les compromis en matière de précision doivent s'accompagner d'une plus grande prudence, avec un recours accru à des valeurs estimées et à des hypothèses fondées sur un jugement technique solide. La prise en compte de tous les facteurs raisonnables qui affectent la précision est un principe directeur de l'IPMVP.

COMPLÉTUDE

Le rapport sur les économies d'énergie doit tenir compte de tous les effets d'un projet. Les activités de M&V doivent utiliser des mesures pour quantifier l'utilisation de l'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure, documenter les facteurs influençant l'énergie et détailler toutes les valeurs estimées. En identifiant les domaines clés où il faut faire preuve de discernement, l'IPMVP permet d'éviter les incohérences dues à un manque de prise en compte d'aspects importants.

CONSERVATISME

Lorsque des hypothèses sont émises et des jugements portés sur des quantités incertaines, les procédures de M&V devraient être conçues de manière à estimer raisonnablement les économies, sans les surestimer ni les sous-estimer. Une évaluation de l'impact d'un projet doit être effectuée pour s'assurer que les avantages en termes d'économies d'énergie sont raisonnables et prudents, en tenant compte du niveau de confiance statistique de l'estimation.

COHÉRENCE

Les rapports sur la performance énergétique d'un projet doivent être cohérents et comparables d'un projet à l'autre:

- différents types de projets d'efficacité énergétique;
- différents professionnels du management de l'énergie sur différents projets;
- différentes périodes de temps pour le même projet;
- des projets d'efficacité énergétique et les nouveaux projets d'approvisionnement en énergie.

Cohérent ne signifie pas identique, car il est reconnu que tout rapport empirique implique des hypothèses fondées sur un jugement technique solide, qui peuvent ne pas être formulées de la même manière par tous les déclarants.

PERTINENCE

La détermination des économies doit s'appuyer sur des mesurages sur site et des informations actuelles relatives à l'installation où se déroule le projet. Les efforts pour déterminer les économies doivent être portés sur la mesure des facteurs influençant l'énergie et vérifier les indicateurs de performance qui sont préoccupants dans le cadre de l'AAPE.

TRANSPARENCE

Toutes les activités de M&V doivent être clairement documentées et entièrement divulguées. La divulgation complète doit inclure la présentation de tous les éléments d'un plan de M&V et des rapports d'économies, et la confirmation que le plan de M&V est accepté et compris par toutes les parties prenantes. Les données et les informations collectées, les techniques de préparation des données, les algorithmes, les feuilles de calcul, les logiciels, les hypothèses utilisées et l'analyse doivent suivre au plus près les meilleures pratiques de l'industrie, être bien formatées et documentées de manière à ce que toute partie concernée ou tout tiers-vérificateur puissent comprendre comment les données et les analyses sont conformes au plan de M&V et aux procédures d'établissement des rapports sur les économies. La transparence signifie également que tout conflit d'intérêt éventuel est porté à la connaissance de toutes les parties prenantes du projet.

5. PROCESSUS DE LA M&V

Le processus de la M&V comprend généralement les 11 étapes suivantes, bien qu'il ne suive pas toujours cette séquence étape par étape et ce calendrier.

Tableau 2 : Vue d'ensemble de la conception de la M&V et du processus d'établissement des rapports

<p>Étape 1 : Déterminer les objectifs des efforts de M&V</p> <p>Étape 2 : Sélectionner des options et des approches IPMVP</p> <p>Étape 3 : Documenter les données de référence</p> <p>Étape 4 : Élaborer un plan de M&V</p> <p>Étape 5 : Mise en place des processus de mesure et de collecte continue des données</p>	Période de référence
<p>Étape 6 : Surveiller l'évolution de l'état du site</p> <p>Étape 7 : Confirmer l'exécution de la vérification opérationnelle</p>	Période d'installation
<p>Étape 8 : Collecter les données en continue</p> <p>Étape 9 : Déterminer les économies pour la période</p> <p>Étape 10 : Préparer un rapport de M&V pour la période</p> <p>Étape 11 : Suivre les performances et les économies d'énergie</p>	Période de suivi

Étape 1 – Déterminer les objectifs des efforts de M&V

Prendre en compte les besoins des parties prenantes qui utilisent le(s) rapport(s) de M&V prévu(s). Évaluer les risques du projet et identifier les objectifs de l'effort de M&V. Si les parties prenantes se concentrent sur le contrôle des coûts globaux, les méthodes du site entier peuvent être les mieux adaptées. Si l'accent est mis sur les performances d'un système de gestion de l'énergie particulier, les techniques d'isolement de l'AAPE peuvent être les mieux adaptées.

Étape 2 – Sélectionner des options et des approches IPMVP

Lors de l'élaboration des AAPE, il faut sélectionner la ou les options IPMVP et définir le périmètre de mesure qui convient le mieux aux AAPE ou au projet dans son ensemble, aux besoins de précision et de granularité des économies vérifiées, au niveau d'économies escompté et au budget pour la M&V. Une combinaison d'options de M&V peut être la mieux adaptée à certains projets.

Décider si les ajustements de toutes les quantités d'énergie seront effectués en fonction des conditions de la période de suivi ou d'un autre ensemble de conditions significatives. Convenir de la durée de la période de référence et de la (des) période(s) de suivi. Ces décisions fondamentales seront inscrites dans le plan de M&V du projet.

Étape 3 – Documenter les données de référence

Évaluer les AAPE prévues et les facteurs influençant l'énergie. Recueillir les données énergétiques et opérationnelles pertinentes de la période de référence et les enregistrer de manière à ce qu'elles soient accessibles dans le futur et qu'elles contiennent les détails pertinents, comme indiqué à la section 13.

Étape 4 – Élaborer un plan de M&V

Préparer un plan de contrôle et de vérification détaillant les résultats des étapes 1 à 3 et répondant au contenu spécifié dans la section 9. Il doit définir les étapes ultérieures 5 à 11.

Évaluer l'énergie de la base de référence, les variables indépendantes et les compteurs. Tenir compte de la rigueur des économies requises. Établir les modèles qui seront utilisés pour apporter les ajustements prévus à l'énergie de référence. Définir les calculs énergétiques, justifier les approches utilisées, définir le niveau d'effort ou le budget prévu.

Le plan de M&V final doit être compris et approuvé par toutes les parties prenantes (par exemple, le propriétaire/promoteur du projet et le développeur du projet/agent de M&V) et peut être adopté en tant que condition d'un contrat de performance énergétique ou d'un autre accord.

Étape 5 – Mise en place des processus de mesure et de collecte continue des données

Dans le cadre de la conception et de l'installation finales de l'AAPE, il convient également de concevoir, d'installer, d'étalonner et de mettre en service tout équipement de mesure spécial nécessaire dans le cadre du plan de M&V.

Étape 6 – Surveiller l'évolution de l'état du site

Pendant la période d'installation de l'AAPE, surveiller les changements de conditions (c'est-à-dire les facteurs statiques) sur le site qui pourraient avoir un impact sur les économies.

Étape 7 – Confirmer l'exécution de la vérification opérationnelle

Après l'installation de l'AAPE, il faut s'assurer que les équipements installés fonctionnent et performant de manière à réaliser des économies en confirmant qu'une vérification opérationnelle appropriée est effectuée conformément aux exigences du projet. Cette vérification opérationnelle peut inclure diverses méthodes allant de l'inspection à des mesures simples dans un processus de mise en service (*commissionnement*) complet en fonction de la complexité de l'AAPE et des économies qu'elle permet de réaliser. La vérification opérationnelle est effectuée par la partie chargée de l'installation et peut être supervisée par une tierce partie telle qu'un agent de mise en service.

Étape 8 – Collecter les données en continue

Recueillir les données sur l'énergie, les données d'exploitation et les détails des autres facteurs influençant l'énergie au cours de la période de référence, comme défini dans le plan de M&V.

Étape 9 – Déterminer les économies pour la période

Calculer les économies en unités énergétiques et monétaires conformément au plan de M&V.

Étape 10 – Préparer un rapport de M&V pour la période

Déclarer les économies vérifiées conformément au plan de M&V. Soumettre le rapport d'économies aux parties prenantes après examen par une tierce partie, le cas échéant.

Étape 11 – Suivre les performances et les économies d'énergie

Répéter les étapes 8 à 11 tout au long de la (des) période(s) de suivi de la M&V, telle(s) que définie(s) par le plan de M&V.

5.1. Examen par un tiers-vérificateur

La vérification des économies peut être effectuée par un vérificateur indépendant, par le propriétaire ou par le développeur du projet. Lorsqu'un développeur de projet est engagé par le propriétaire d'une installation pour mettre en œuvre les AAPE et rendre compte des économies d'énergie, le propriétaire doit envisager de faire appel à un tiers-vérificateur pour examiner le plan de M&V et les rapports d'économies. Ce tiers-vérificateur doit commencer par examiner le plan de M&V lors de sa préparation afin de s'assurer que les rapports d'économies répondront aux attentes rigoureuses du propriétaire concernant les économies et l'atténuation des risques.

Un tiers-vérificateur contribuera à garantir la validité des mesures et à prévenir les conflits. Si des conflits surviennent, ce tiers-vérificateur peut aider à les résoudre. Les tiers-vérificateurs sont généralement des consultants en ingénierie qui ont de l'expérience et des connaissances en matière d'AAPE, de M&V et de contrats de performance énergétique.

Lorsque les paiements sont subordonnés à des performances avérées, une vérification par un tiers devrait être exigée. Ce rôle doit être stipulé dans l'accord contractuel. En outre, le contrat doit prendre en compte le cas où la vérification par la tierce partie révèle des éléments insatisfaisants dans le plan de M&V ou le rapport d'économies. L'examen par une tierce partie doit être effectué par un examinateur totalement indépendant de l'auteur du plan de M&V (et de son organisation).

L'inclusion d'un réviseur tiers fait partie des activités d'assurance qualité. EVO recommande, mais n'exige pas, qu'un professionnel qualifié soit utilisé pour développer et superviser la mise en œuvre des plans et activités de M&V.

Lors d'un examen indépendant, outre la vérification de l'installation sur le terrain, l'examineur doit mener les activités nécessaires pour s'assurer que l'AAPE repose sur des principes scientifiques solides et qu'il existe des preuves indépendantes à l'appui de toute allégation relative à son efficacité.

6. CONFORMITÉ À L'IPMVP

L'IPMVP représente un cadre de références terminologiques et des méthodes permettant de déterminer correctement les économies d'énergie ou d'eau et les coûts connexes. L'IPMVP guide les utilisateurs dans l'élaboration de plans et de rapports de M&V pour des projets spécifiques. L'IPMVP est rédigé de manière à permettre une certaine souplesse dans la création et la mise en œuvre des procédures de M&V, tout en respectant les principes d'exactitude, d'exhaustivité, de prudence, de cohérence, de pertinence et de transparence (voir section 4).

La conformité à l'IPMVP signifie que les économies sont déterminées et déclarées conformément aux procédures de l'IPMVP et à d'autres détails. Plus précisément, les éléments suivants sont requis:

- Les estimations d'économies d'énergie du projet et la portée des AAPE sont évaluées pour aider à sélectionner les options et les stratégies de M&V appropriées, et pour évaluer le niveau d'effort et les coûts requis pour le processus de M&V.
- L'élaboration d'un plan de M&V qui garantit que le projet utilise le cadre et les principes de l'IPMVP et qu'il applique de manière adéquate la ou les options de l'IPMVP.
- L'élaboration d'un plan de M&V complet, tel que décrit à la section 13 qui :
 - définit la ou les options IPMVP utilisées et respecte les exigences relatives à cette ou ces options détaillées dans la section 9;
 - suit la version actuelle de l'IPMVP et indique clairement la date de publication ou le numéro de version de l'édition de l'IPMVP suivie (par exemple, *IPMVP Notions fondamentales, EVO 10000 – 1:2022 (FR)*);
 - utilise une terminologie conforme aux définitions de la version de l'IPMVP citée;
 - comprend toutes les informations présentées dans la section 13;
 - définit le contenu des rapports d'économies ainsi que la fréquence et la durée de ces rapports;
 - est compatible avec les principes de l'IPMVP décrits dans la section 4.
- L'examen du plan de M&V pour vérifier qu'il est conforme aux options, procédures et principes de l'IPMVP. L'examen peut être effectué par une tierce partie qualifiée, comme décrit dans la section 5.1.
- L'examen du plan final de M&V et son approbation par toutes les parties prenantes. Les parties prenantes du projet doivent comprendre et accepter le plan de M&V du projet.
- L'identification de la(les) personne(s) chargée(s) d'exécuter le plan de M&V spécifique au site et de veiller à ce que le plan de M&V soit respecté pendant la (les) période(s) de suivi.
- La mise en œuvre du plan de M&V convenu dans le cadre de l'IPMVP et l'assurance que ses procédures sont respectées. Cela peut inclure un examen de l'assurance qualité de toutes les activités de M&V, y compris 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.
- L'élaboration des rapports d'économies conformes au plan de M&V et comprenant tout le contenu spécifié à la section 13.
- L'examen des rapports d'économies pour vérifier qu'ils sont conformes au plan de M&V et aux méthodes, procédures et principes de l'IPMVP. L'examen peut être effectué par un tiers qualifié, comme décrit à la section 5.1.

7. CADRE DE L'IPMVP

Les économies d'énergie, de demande, d'eau, d'émissions de gaz à effet de serre ou autres dans une installation ne peuvent pas être mesurées directement parce que les économies représentent l'absence de consommation ou de demande d'énergie/d'eau. Les économies sont plutôt déterminées en comparant la consommation ou la demande d'énergie mesurée avant et après la mise en œuvre d'une mesure d'efficacité énergétique (MEE), en procédant à des ajustements appropriés pour tenir compte des changements de conditions. La comparaison de la consommation ou de la demande d'énergie avant et après la mise en œuvre d'une mesure d'efficacité énergétique doit être effectuée de manière cohérente, à l'aide de l'équation générale de M&V présentée dans l'équation 1 ci-dessous :

Équation 1: Équation générale pour la détermination des économies

$$\begin{aligned} \text{Économies} = & \quad (\text{Énergie de la période de référence} \\ & - \quad \text{Énergie de la période de suivi}) \\ & \pm \quad \text{Ajustements} \end{aligned}$$

Le terme "ajustements" de cette équation générale est utilisé pour reformuler la consommation d'énergie ou la puissance appelée de la période de référence et de la période de suivi dans un ensemble commun de conditions. Les ajustements sont effectués à l'aide de modèles mathématiques ou de modèles basés sur la physique (par exemple, des simulations) de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée. Le terme "ajustements" distingue les rapports d'économies proprement dits d'une simple comparaison des coûts ou de la consommation avant et après la mise en œuvre d'une AAPE. Les comparaisons simples sans ajustements ne font état que des changements et ne rendent pas compte de la véritable performance d'un projet.

Le cadre de l'IPMVP exige que certaines activités aient lieu à des moments clés de ce processus et décrit d'autres activités importantes qui doivent être incluses dans une pratique de M&V conforme à l'IPMVP. Cette section décrit ces éléments clés du cadre de l'IPMVP.

La figure 2 présente un graphique chronologique général représentant la consommation d'énergie ou la puissance appelée avant et après l'installation d'une AAPE. L'énergie de référence ajustée représente l'énergie de la période de référence +/- les ajustements (de l'équation 1) au cours de la période de suivi. La différence entre l'énergie de référence ajustée et l'énergie de la période de suivi se traduit par des économies (c'est-à-dire la consommation ou la demande d'énergie évitée).

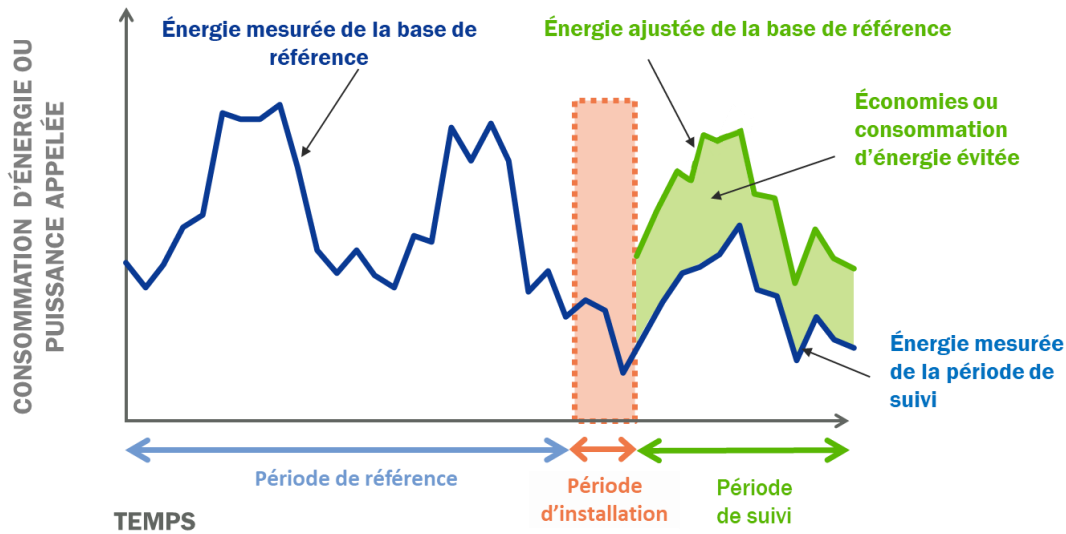


Figure 2: Économies ou évitement de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée

7.1. Périmètre de mesure

Les économies peuvent être déterminées pour l'ensemble d'une installation ou pour une partie d'une installation, en fonction des caractéristiques des AAPE et de l'objectif du rapport.

Le périmètre de mesure est utilisé pour isoler l'équipement et l'utilisation d'énergie conséquente qui sont affectés par les AAPE de ceux qui ne sont pas affectés par les AAPE. Toute l'énergie utilisée ou produite à l'intérieur du périmètre de mesure doit être mesurée ou estimée à l'aide de compteurs situés au niveau du périmètre de mesure. Il convient d'évaluer les flux d'énergie provenant de toutes les sources d'énergie qui traversent le périmètre de mesure et de mesurer celles qui sont affectées par les AAPE. Dans certains cas, comme la production solaire sur site, le flux d'énergie peut être inversé.

Les deux principaux types de limites de mesure utilisés sont l'ensemble du site et l'isolement de l'AAPE, comme le montre la figure 3.

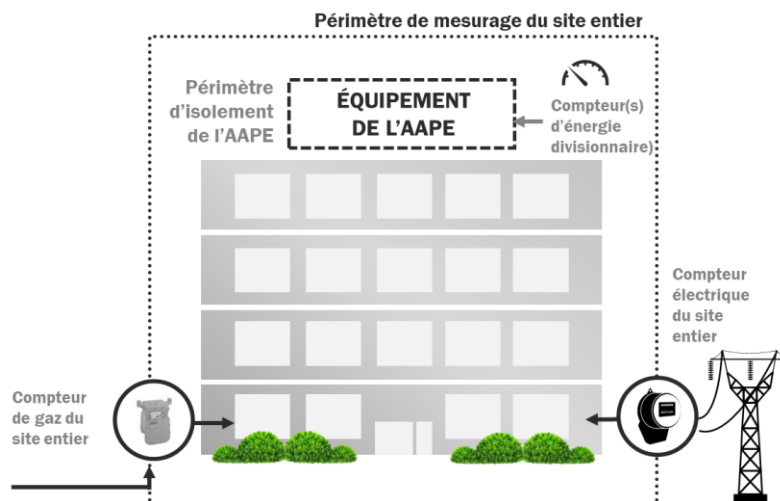


Figure 3: Limites de mesure du site entier et de l'isolement de l'AAPE

Le type de limite de mesure sélectionné correspond généralement à une ou plusieurs des quatre options de l'IPMVP, présentées dans la Figure 4 (détaillées dans la section 9), et a un impact sur la granularité des économies rapportées et des mesures requises. L'objectif du rapport de M&V doit être pris en compte lors de la sélection d'une option.

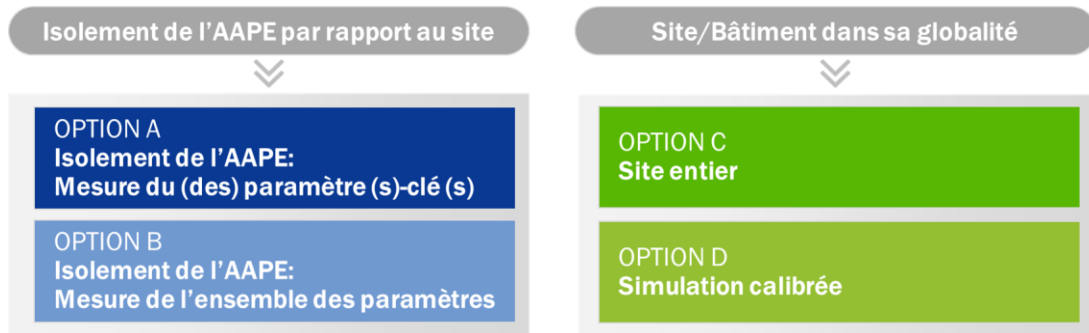


Figure 4: Vue d'ensemble des options de l'IPMVP

Si l'objectif du rapport est de vérifier les économies réalisées par les équipements concernés par le projet d'efficacité énergétique, il convient de délimiter un périmètre de mesure autour de ces équipements et de déterminer les exigences de mesure pour les équipements situés à l'intérieur de ce périmètre. La consommation d'énergie ou la puissance appelée peuvent être mesurées directement ou déterminées par la mesure directe de variables clés qui peuvent être utilisées de manière fiable pour calculer la puissance appelée ou la consommation d'énergie. L'approche utilisée est l'Option d'isolement de l'AAPE (option A ou B, discutée plus loin dans cette section et détaillée dans les sections Option A: Isolement de l'AAPE, mesure du (des) paramètre(s) clé(s) et Option B: Isolement de l'AAPE: mesure de l'ensemble des paramètres).

Si l'objectif du rapport est de vérifier ou d'aider à gérer la performance énergétique totale du site ou de vérifier les économies réalisées grâce à plusieurs AAPE ayant des effets interactifs, les compteurs mesurant la fourniture d'énergie à l'ensemble du site (installation) peuvent être utilisés pour évaluer la performance et les économies. Dans ce cas, le périmètre de mesure englobe l'ensemble du site. L'approche utilisée est l'**Option C: Site entier** (définie plus loin dans cette section).

Si les données de la période de référence ou de la période de suivi ne sont pas fiables ou disponibles (par exemple, en cas de nouvelle construction), les données énergétiques d'un modèle de simulation calibré peuvent être appliquées à une partie ou à l'ensemble du site. La limite de mesure peut être tracée en conséquence. L'approche utilisée est l'**Option D: Simulation calibrée** (définie dans la section 9.4).

Les effets énergétiques créés par les AAPE au-delà du périmètre de mesure sélectionné sont appelés effets interactifs. L'ampleur des effets interactifs doit être estimée ou évaluée pour déterminer les économies associées aux AAPE. Bien que cela ne soit pas idéal, les effets interactifs peuvent être ignorés dans certains cas, à condition que le plan de M&V comprenne des discussions sur chaque effet, sur son ampleur probable et sur le fait que cette ampleur est faible par rapport aux économies réalisées grâce aux effets primaires. La sélection des options est détaillée à la section 8.

7.2. Périodes de mesure

7.2.1. Période de référence

Il convient de choisir avec soin la période de référence au cours de laquelle les mesures énergétiques de la période de référence sont effectuées et les facteurs influençant l'énergie documentés. La période de référence doit:

- Représenter tous les modes de fonctionnement de l'installation ou de l'équipement au cours d'un cycle de fonctionnement normal. La période doit couvrir un cycle de fonctionnement complet, allant d'une consommation d'énergie et d'une puissance appelée maximales à une consommation d'énergie et d'une puissance appelée minimales.
- Inclure uniquement les périodes pour lesquelles les facteurs ayant une incidence sur la consommation d'énergie de l'installation sont connus. Il s'agit notamment des variables indépendantes et des facteurs statiques (c'est-à-dire les facteurs influençant la consommation d'énergie).
 - L'extension des périodes de référence dans le temps pour inclure plusieurs cycles de fonctionnement nécessite une connaissance égale des facteurs qui ont un impact sur la consommation d'énergie tout au long de la période de référence allongée afin de définir correctement les ajustements périodiques et non périodiques après l'installation de l'AAPE.
- Coïncider avec la période précédant immédiatement la mise en œuvre des AAPE.
 - Les périodes plus éloignées dans le temps ne reflètent pas nécessairement les conditions existant avant l'AAPE et, par conséquent, peuvent ne pas constituer une base de référence appropriée pour mesurer l'effet de l'AAPE uniquement.
- Soutenir la planification de l'AAPE.
 - La planification de l'AAPE peut nécessiter l'étude d'une période plus longue ou différente de celle choisie pour la période de référence.

Considérations sur les données énergétiques de base

- La consommation d'énergie et la puissance appelée d'un bâtiment entier peuvent être fortement influencées par les conditions météorologiques. En général, une année complète de données mensuelles est nécessaire pour définir un cycle de fonctionnement complet. Si l'on utilise des données par intervalles (horaires ou journalières), un cycle de fonctionnement complet peut être défini en moins d'un an si l'on tient compte de l'ensemble des conditions météorologiques.
- La consommation d'énergie et la puissance appelée d'un système d'air comprimé peuvent n'être régies que par les niveaux de production de l'usine, qui varient selon un cycle hebdomadaire. Dans ce cas, plusieurs semaines de données peuvent suffire à définir les performances de base dans une gamme complète de conditions d'exploitation.
- La collecte et la documentation de facteurs statiques tels que les heures de fonctionnement prévues peuvent être essentielles pour appliquer des ajustements au cours de la période de suivi de la M&V.

7.2.2. Période d'installation

La durée de la période d'installation dépend du projet et des AAPE. Les mesurages et les inspections du site pendant cette période peuvent être utilisés pour surveiller les changements dans les facteurs statiques qui pourraient avoir un impact sur les économies réalisées grâce aux AAPE et nécessiter des ajustements non périodiques.

En fonction de l'option ou des options de M&V et des périmètre de mesurage choisies, les mesures de la période de suivi pour les AAPE individuelles peuvent commencer après la fin de la vérification opérationnelle. Dans certains cas, des dispositions contractuelles spécifiques peuvent être nécessaires pour permettre l'achèvement échelonné des AAPE. Les périodes d'installation varient selon les projets et, dans certains cas, peuvent inclure toute la période de suivi ou une partie de celle-ci (par exemple, pour des programmes d'amélioration continue).

7.2.3. Période de suivi

L'auteur du plan de M&V doit recommander la durée de la période de suivi globale du projet au cours de laquelle les mesures seront prises, et la période que chaque rapport d'économie couvrira. Les données énergétiques collectées au cours de cette période seront comparées à l'énergie de la période de référence afin de déterminer les économies vérifiées (comme décrit dans les sections suivantes).

La période de suivi doit comprendre au moins un cycle de fonctionnement normal complet de l'équipement ou de l'installation afin de caractériser pleinement les économies dans des modes de fonctionnement normaux. Pour certains projets, la période de suivi doit englober un suivi des performances à long terme, tandis que pour d'autres projets, on peut cesser de faire état d'économies vérifiées après une période de mesure plus courte (allant de relevés ponctuels à des mesures prises sur un ou plusieurs mois). La durée de toute période de suivi doit être déterminée en tenant compte de la durée de vie des AAPE, de la probabilité de dégradation au fil du temps des économies initialement réalisées, des coûts ou des ressources nécessaires pour mener à bien les activités de M&V, et de l'objectif de la communication continue des économies. La fréquence et le niveau de détail des rapports peuvent être modifiés au fil du temps, si nécessaire.

Si la fréquence des mesures de performance après la preuve initiale des économies est réduite, d'autres activités de contrôle sur le site peuvent être intensifiées pour s'assurer que les économies perdurent et que les activités de vérification opérationnelle sont répétées. Le plan de M&V doit préciser quand il s'agit d'un changement dans les options de l'IPMVP. Quelle que soit la durée de la période de suivi, les compteurs peuvent être laissés en place pour fournir un retour d'information sur les données d'exploitation à des fins de gestion courante et pour détecter les changements négatifs ultérieurs dans les performances.

Les mesures ou les économies vérifiées au cours d'une période de suivi antérieure ne peuvent pas être utilisées comme référence pour présumer des économies futures. (Voir la *section 6* de ce document pour plus d'informations sur la conformité à l'IPMVP).

7.2.4. Périodes de mesure concomitantes (test "marche/arrêt")

Lorsqu'une AAPE peut être facilement activée et désactivée, la période de référence et les périodes de suivi peuvent être sélectionnées de manière concomitantes dans le temps. Une modification de la logique de contrôle d'un système est un exemple de mesure d'efficacité énergétique qui peut souvent être facilement supprimée et rétablie sans nuire au fonctionnement de l'installation. De tels tests marche/arrêt impliquent des mesures d'énergie avec l'AAPE activée, puis immédiatement après avec l'AAPE désactivée afin de rétablir les conditions antérieures à l'AAPE (base de référence). Cette procédure est souvent utilisée lorsqu'il n'y a pas assez de temps avant la mise en œuvre de l'AAPE pour collecter suffisamment de données.

Une fois les AAPE installées et vérifiées, la période de référence énergétique peut être établie lorsque les AAPE sont en mode "arrêt", en mesurant la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure et les variables connexes dans une gamme complète de conditions d'exploitation. De même, la période de

suivi est celle où l'AAPE est "en marche" et doit être suffisamment longue pour couvrir la gamme des opérations normales de l'installation, mais les mesures peuvent être continues.

Cette technique peut être appliquée dans le cadre des options d'isolement de l'AAPE et du site entier. Toutefois, les limites de mesure doivent être situées de manière à pouvoir détecter facilement une différence statistiquement significative dans la consommation ou la demande d'énergie mesurée lorsque les systèmes de gestion de l'énergie sont en marche ou à l'arrêt. Pour couvrir la gamme normale des conditions de fonctionnement, il peut être nécessaire de répéter l'essai marche/arrêt dans différents modes de fonctionnement, par exemple en fonction des saisons ou des taux de production (par exemple, marche pendant une semaine, arrêt pendant une semaine sur une période d'un an). Des ajustements périodiques doivent être effectués pour s'assurer que les conditions de fonctionnement et les durées de mesure pendant les périodes évaluées sont équivalentes; des ajustements non périodiques peuvent également s'avérer nécessaires.

Les AAPE qui peuvent être désactivées pour ces tests risquent d'être désactivées accidentellement ou intentionnellement alors qu'elles sont censées être activées. Des efforts doivent être faits pour garantir la persistance de ces AAPE, par exemple en répétant périodiquement les activités de vérification opérationnelle.

7.3. Conditions de la période de référence

Les conditions de la période de référence comprennent les détails de l'installation et des systèmes avant la mise en œuvre de l'AAPE ou des AAPE. Ces conditions doivent être bien documentées, car elles constituent un élément essentiel du processus de M&V et ne sont plus disponibles après la mise en œuvre d'une mesure d'efficacité énergétique.

Les données relatives aux systèmes et équipements concernés par les AAPE, ainsi que les variables indépendantes et les facteurs statiques doivent être documentés pendant la période de collecte des données de base sur la consommation d'énergie. L'étendue des informations requises est déterminée par l'AAPE prévue, l'option de M&V choisie, le périmètre de mesure choisi et les facteurs influençant la consommation d'énergie.

Ces informations peuvent inclure des variables telles que les données de production, la température ambiante, les pressions de fonctionnement de l'équipement ou du système, ou d'autres données collectées par des mesures ponctuelles, des comptages à court ou à long terme, ou des inspections du site.

De même, les conditions qui prévalent dans le site pendant la période de référence doivent être documentées. Ces conditions (c'est-à-dire les facteurs statiques) sont normalement constantes pendant la période de référence, la période d'installation et la période de suivi. Si les facteurs statiques changent et ont un impact substantiel sur les économies, cet impact devra être traité par des ajustements non périodiques. Les exemples de facteurs statiques sont multiples et peuvent inclure:

- la taille du site, les équipements et les systèmes installés;
- les détails de l'occupation: type, densité d'occupation, charges des équipements et temps de fonctionnement des équipements;
- les conditions d'exploitation (par exemple, séquences de contrôle des équipements et points de consigne, niveaux d'éclairage, niveaux de ventilation) pour chaque mode d'exploitation et chaque saison.

Il est important d'identifier les modifications antérieures et prévues des conditions (c'est-à-dire les facteurs statiques) susceptibles d'affecter l'énergie de référence ou celle de la période de suivi. Les

changements peuvent inclure un certain nombre d'éléments tels qu'une augmentation des niveaux d'occupation, l'ajout d'une équipe de travail, une modification de la taille de l'installation desservie, l'ajout d'équipements ou l'augmentation des niveaux d'éclairage. Ces informations peuvent avoir un impact sur le périmètre de mesure choisi et aider à planifier les ajustements non périodiques (décrits dans la section 7.4.2).

Dans certains cas, les sites et les systèmes existants peuvent ne pas fonctionner correctement, ne pas être conformes au code ou ne pas refléter les conditions de référence appropriées. Dans ce cas, l'énergie de référence peut être ajustée à l'aide d'ajustements non périodiques de manière à refléter le fonctionnement conforme au code ou le fonctionnement après les réparations nécessaires, comme décrit à la section 12.1.

7.4. Méthodes d'ajustement

Les termes d'ajustement dans les équations d'économies de l'IPMVP doivent être calculés à partir de faits physiques identifiables concernant les caractéristiques qui ont un impact sur la consommation d'énergie des équipements dans le périmètre de mesure. Deux types d'ajustements sont possibles: les ajustements périodiques et les ajustements non périodiques.

7.4.1. Ajustements périodiques

Tout facteur d'influence sur l'énergie susceptible de changer régulièrement au cours de la période de suivi, qui a un impact statistiquement significatif sur la consommation d'énergie au cours de la période de référence et qui devrait rester variable au cours de la période de suivi, devrait être pris en compte pour définir la méthode ou le modèle d'ajustement périodique. Les facteurs d'influence tels que les conditions météorologiques ou le volume de production doivent être évalués en fonction de leur importance statistique pour la consommation ou la demande d'énergie.

Les techniques d'ajustement peuvent être aussi complexes que l'utilisation de plusieurs équations à paramètres multiples qui mettent en corrélation l'énergie avec une ou plusieurs variables indépendantes. Elles peuvent être aussi simples que l'application d'une valeur énergétique établie à une AAPE dont on sait qu'elle est à charge constante, et associée à une variable de substitution (par exemple, la consommation d'énergie du ventilateur en mode chauffage indiquée par les paramètres de fonctionnement enregistrés). Des techniques mathématiques valables doivent être utilisées pour dériver la méthode d'ajustement pour chaque plan de M&V.

7.4.2. Ajustements non périodiques

Pour les facteurs influençant la consommation d'énergie qui ne sont généralement pas censés changer (par exemple, la taille de l'installation, la conception et le fonctionnement des équipements installés, le nombre d'équipes de production hebdomadaires ou le type ou le nombre d'occupants), les facteurs statiques associés doivent faire l'objet d'un suivi tout au long de la période de suivi.

Lorsqu'une modification d'un ou de plusieurs facteurs statiques ayant un impact significatif sur la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure est identifiée, il s'agit d'un événement non périodique potentiel. Lorsque l'analyse de l'événement non périodique indique un impact significatif sur l'ampleur des économies d'énergie, cela justifie un ajustement non périodique.

Note : Voir la section 12.1.

Les ajustements non périodiques peuvent avoir un impact significatif sur les économies déclarées ; la justification et le calcul des ajustements non périodiques doivent faire l'objet d'un accord entre les parties et être documentés.

En conséquence, les économies peuvent être exprimées comme dans l'équation 2 ci-dessous, l'équation principale de l'IPMVP.

Équation 2: Equation principale d'économies de l'IPMVP

Économies =	(Énergie de la période de référence
	– Énergie de la période de suivi)
	± Ajustements périodiques
	± Ajustements non périodiques

Il convient de noter que les données de référence sont des faits réels concernant l'énergie et les variables indépendantes telles qu'elles existaient au cours de la période de référence.

Le mécanisme des ajustements effectués dans le calcul des économies dépend de la question de savoir si les économies doivent être déclarées sur la base des conditions de la période de suivi, sur la base des conditions de la période de référence, ou normalisées par rapport à un autre ensemble de conditions fixes.

7.5. Approches de comptabilité des économies

Les conditions d'exploitation qui influent sur la consommation d'énergie diffèrent souvent entre la période de référence et la période de suivi. Il est important que des ajustements fiables soient effectués pour tenir compte de ces changements dans les conditions d'exploitation. La base d'ajustement spécifie les conditions d'exploitation dans lesquelles les économies seront évaluées à l'aide d'ajustements périodiques et non périodiques et est définie dans le plan de M&V.

La base d'ajustement choisie détermine la manière dont la consommation d'énergie et la demande mesurées seront ajustées. En fonction de la base d'ajustement utilisée, les économies d'énergie sont classées en consommation d'énergie évitée ou en économies d'énergie normalisées, comme le montre

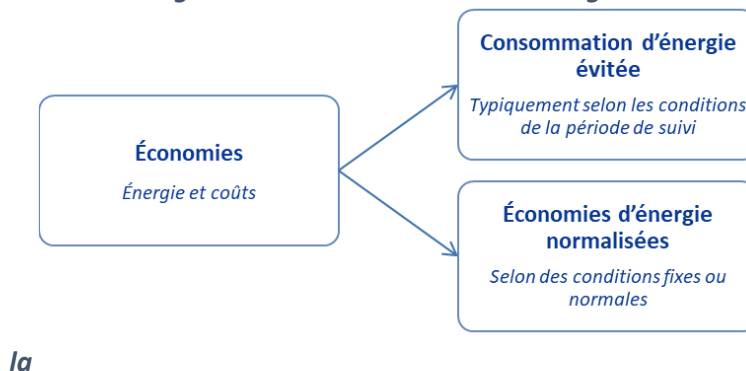


Figure 5.

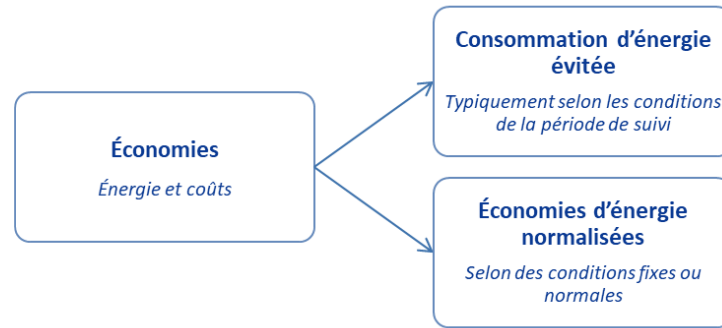


Figure 5: Types d'économies

7.5.1. Consommation d'énergie ou puissance appelée évitées

Les économies exprimées en termes de consommation d'énergie ou de puissance appelée évitées quantifient les réductions par rapport à ce que l'énergie ou la puissance appelée mesurées auraient été en l'absence d'AAPE, le plus souvent dans les conditions de la période de référence.

Consommation d'énergie ou demande appelée évitées:

- Nécessitent des ajustements périodiques de l'énergie de la période de référence pour refléter les conditions de la période de suivi, ou, plus rarement, des ajustements périodiques sur l'énergie de la période de suivi pour refléter les conditions de la période de référence.
- Dépendent des conditions d'exploitation de la période de suivi ou des conditions d'exploitation de la période de référence. Même si l'énergie peut être correctement ajustée à l'aide de variables indépendantes telles que les conditions météorologiques ou la production, les économies vérifiées déclarées dépendent de la consommation d'énergie réelle et des données relatives aux variables indépendantes collectées au cours de la période choisie comme base de l'ajustement.

Le terme prévision est utilisé pour décrire l'ajustement de l'énergie de la période de référence aux conditions de la période de suivi. Cette méthode courante d'estimation des économies peut être formulée selon l'équation 3 ci-dessous :

Équation 3: Équation fondamentale pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions

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

L'énergie de référence ajustée est souvent trouvée en développant d'abord un modèle mathématique qui met en corrélation les données énergétiques réelles de la période de référence avec les variables indépendantes appropriées de la période de référence. Les variables indépendantes de chaque période de référence sont ensuite insérées dans ce modèle mathématique de base pour produire l'énergie de référence ajustée. Cette procédure s'appelle la prévision.

Cette équation est souvent simplifiée comme dans l'équation 4 ci-dessous :

Équation 4: Équation simplifiée pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions

Consommation d'énergie évitée =	Énergie de la période de référence ajustée de manière périodique
–	Énergie de la période de suivi
±	Ajustements non périodiques aux conditions de la période de suivi

Ce processus de calcul des économies peut être utilisé en sens inverse, lorsque l'énergie de la période de suivi est ajustée aux conditions de la période de référence et que les économies sont déterminées en fonction des conditions de référence. Le terme "backcasting", ou prévisions rétrospectives, est utilisé pour décrire cet ajustement de l'énergie de la période de suivi aux conditions de la période de référence. Bien que cela soit rare, il peut être judicieux d'utiliser cette approche lorsque l'on dispose de plus de données au cours de la période de suivi qu'au cours de la période de référence pour élaborer des modèles mathématiques de consommation d'énergie ou de puissance appelée (par exemple, lorsque le compteur de l'entreprise de distribution d'énergie est mis à niveau pour fournir des données plus fréquentes). Étant donné que les prévisions rétrospectives peuvent présenter un risque en raison de la précision inconnue de la modélisation de la consommation d'énergie future, la meilleure pratique consiste à les utiliser en tant que méthode optionnelle de prévision. Pour ce type d'économies, les économies peuvent être rapportées comme indiqué à l'équation 5 et à l'équation 6.

Équation 5: Équation fondamentale pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions rétrospectives

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

Cette équation peut être simplifiée comme illustré à l'équation 6.

Équation 6: Équation simplifiée pour la consommation d'énergie évitée grâce aux prévisions rétrospectives

Consommation d'énergie évitée =	Énergie de la période de référence
–	Énergie de la période de suivi ajustée de manière périodique
±	Ajustements non périodiques aux conditions de la période de référence

Une autre méthode moins courante de détermination de la consommation d'énergie évitée peut être envisagée lorsque les conditions de la période de suivi sont hors de portée des conditions de référence et empêchent de procéder aux ajustements périodiques comme prévu. Dans ce cas, il peut s'avérer

nécessaire de basculer la base de l'ajustement sur des conditions de période intermédiaire qui incluent l'ensemble des conditions (chaînage) .¹

7.5.2. Économies d'énergie normalisées

Les économies d'énergie normalisées utilisent des conditions autres que celles de la période de référence ou de suivi comme base d'ajustement. Les conditions peuvent être celles d'une période représentative convenue ou d'un ensemble de conditions typiques, moyennes ou normales. Les ajustements à un ensemble fixe de conditions, telles que les données météorologiques d'une année type, permettent de réaliser un type d'économies appelé "économies d'énergie normalisées". Dans cette méthode, l'énergie de la période de suivi et l'énergie de la période de référence sont ajustées à partir de leurs conditions réelles à l'ensemble commun fixe ou normal de conditions significatives, comme indiqué dans l'équation 7 et l'équation 8.

Économies d'énergie normalisées:

- exigent des ajustements périodiques de l'énergie de la période de suivi et de l'énergie de la période de référence à un ensemble fixe de conditions qui sont établies une fois pour toutes et ne sont pas modifiées;
- peuvent être directement comparées aux économies réalisées sur d'autres périodes et dans le cadre d'AAPE où les économies sont prévues dans le même ensemble de conditions fixes;
- ne peuvent être déclarées qu'après un cycle complet de conditions d'exploitation de la période de suivi, de sorte que la corrélation mathématique entre l'énergie de la période de suivi et les conditions d'exploitation puisse être établie.

Équation 7: Équation fondamentale pour les économies d'énergie normalisées

Économies d'énergie normalisées =	(Énergie de la période de référence
	± Ajustements périodiques aux conditions fixes
	± Ajustements non périodiques aux conditions fixes)
	– (Énergie de la période de suivi
	± Ajustements périodiques aux conditions fixes
	± Ajustements non périodiques aux conditions fixes)

Équation 8: Équation simplifiée pour les économies d'énergie normalisées

Économies d'énergie normalisées =	(Énergie de la période de référence
	ajustée périodiquement aux conditions fixes
	± Ajustements non périodiques aux conditions fixes)
	– (Énergie de la période de suivi

¹ Le chaînage est décrit plus en détail dans le *Guide d'application de l'IPMVP sur les événements et ajustements non périodiques*.

-
- Ajustée périodiquement aux conditions fixes
 - ± Ajustements non périodiques aux conditions fixes)
-

Le calcul du terme d'ajustement périodique de la période de suivi implique généralement le développement d'un modèle mathématique corrélant l'énergie de la période de suivi avec les variables indépendantes de la période de suivi. Ce modèle est ensuite utilisé pour ajuster l'énergie de la période de suivi aux conditions fixes choisies. De plus, un modèle mathématique de l'énergie de référence est également utilisé pour ajuster l'énergie de la période de référence aux conditions fixes choisies.

7.6. Vérification opérationnelle

La vérification opérationnelle consiste en un ensemble d'activités visant à s'assurer que les AAPE sont installées et mises en service, et qu'elles remplissent les fonctions pour lesquelles elles ont été conçues. Il est nécessaire de confirmer que les AAPE sont installées et fonctionnent conformément à l'intention de conception et qu'elles ont le potentiel de fonctionner et de générer des économies. Il peut s'agir d'inspections, de mesures, de tests de performance fonctionnelle ou de l'analyse des tendances des données.

Bien que les activités de vérification opérationnelle puissent ne pas relever de la responsabilité de l'agent de M&V, les activités de vérification opérationnelle proposées et la partie responsable doivent être documentées dans le plan de M&V, et les résultats doivent être rapportés. L'élaboration des exigences en matière de vérification opérationnelle permet de revoir la conception technique afin de s'assurer que les économies estimées sont réalistes et réalisables.

La vérification opérationnelle constitue une première étape peu coûteuse pour évaluer le potentiel d'économies et devrait être effectuée avant d'autres activités de vérification des économies après l'installation. La vérification opérationnelle peut être intégrée aux efforts de mise en service. Les deux tâches de collecte et d'analyse des données peuvent être utilisées pour soutenir les efforts quantitatifs de M&V et déterminer la bonne performance des AAPE.

Le tableau 3 présente une série de méthodes de vérification opérationnelle. Comme indiqué dans le tableau, le choix de la meilleure approche pour la vérification opérationnelle dépend des caractéristiques de l'AAPE et de l'ampleur des économies à risque par rapport au coût de la vérification.

La planification des activités de vérification opérationnelle permet d'examiner les déclarations d'économies et de s'assurer que des données de référence suffisantes ont été collectées. Le plan de M&V exige quelques détails sur la vérification opérationnelle, notamment:

- prévoir quelles données seront collectées pour confirmer que l'AAPE est correctement installé et qu'elle répond à l'intention de l'AAPE;
- Identifier qui est responsable de la conduite de ces activités de vérification.

D'autres détails, qu'il peut être utile de préciser, sont les données nécessaires à la vérification opérationnelle, telles que les dates de la période de mise en œuvre, la date à laquelle la vérification opérationnelle a été achevée et la date à laquelle l'impact énergétique des AAPE devrait être présent. Il peut également être utile de préciser comment les essais et la collecte de données seront coordonnés avec les efforts de mise en service d'une tierce partie.

Tableau 3 : Approches de vérification opérationnelle

Approche de la vérification opérationnelle	Application typique de l'AAPE	Activités
Inspection visuelle	L'AAPE fonctionnera comme prévu si elle est correctement installée. Il n'est pas possible de mesurer directement les performances de l'AAPE.	Voir et vérifier l'installation physique de l'AAPE (par exemple, les fenêtres, l'isolation, les dispositifs passifs).
Mesures du point d'échantillonnage	Les performances de l'AAPE peuvent varier par rapport aux données publiées en fonction des détails de l'installation ou de la charge des composants.	Mesurer un ou plusieurs paramètres clés pour un échantillon représentatif des installations des AAPE (par exemple, la puissance électrique appelée des appareils d'éclairage sans gradateur, la puissance du moteur à charge constante).
Tests de performance à court terme	Les performances de l'AAPE peuvent varier en fonction de la charge réelle, des contrôles ou de l'interopérabilité des composants.	Tests de fonctionnalité et de contrôle adéquat. Mesure des paramètres clés. Il peut s'agir d'essais fonctionnels destinés à vérifier le fonctionnement du composant ou du système dans toute sa gamme ou de la collecte de données de performance sur une période suffisante pour caractériser toute la gamme de fonctionnement (par exemple, ventilation à la demande, ventilateur à vitesse variable, algorithmes de contrôle).
Analyse des données et examen de la logique de contrôle	Les performances de l'AAPE peuvent varier en fonction de la charge réelle et des contrôles. Le composant ou le système est surveillé et contrôlé par un système d'automatisation des bâtiments (BAS) ou peut être surveillé par des compteurs indépendants.	Établir des tendances et examiner les données ou la logique de contrôle. La période de mesure peut durer de quelques jours à quelques mois, en fonction de la période nécessaire pour saisir l'ensemble des performances (par exemple, refroidisseur, chaudière, pompe à chaleur, refroidisseur par évaporation).

Au fil du temps, lorsque l'effort de M&V se poursuit au cours des dernières années de la période de suivi, les efforts de vérification opérationnelle peuvent être répétés pour évaluer la performance des AAPE et pour identifier et corriger tout défaut de performance, contribuant ainsi à assurer la persistance des économies d'une année sur l'autre. Il est recommandé de préciser dans le plan de M&V la fréquence à laquelle ces activités seront répétées lorsque des mesures continues ne sont pas utilisées pendant la période de référence.

8. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA SÉLECTION DES OPTIONS DE L'IPMVP

L'IPMVP propose quatre options pour déterminer les économies (A, B, C et D). Chaque option est appropriée dans des circonstances différentes et utilise des méthodes différentes. La sélection d'une option de l'IPMVP est une recommandation faite par le développeur du plan de M&V et acceptée par les parties prenantes pour chaque projet, sur la base de l'ensemble des conditions du projet, de l'analyse, des budgets et du jugement professionnel. Les considérations clés pour la sélection des options IPMVP sont discutées dans cette section, et chacune des quatre options IPMVP est détaillée dans la section 9.

Comme indiqué dans la section 7.1 et dans le tableau 3 ci-dessous, les options de l'IPMVP sont généralement délimitées par la frontière de mesure utilisée - soit une approche de rénovation-isolation, soit une approche de l'ensemble de l'installation. Pour déterminer l'option ou les options de l'IPMVP et le périmètre de mesure qui conviennent le mieux aux AAPE ou au projet, il faut tenir compte des propriétés physiques de la façon dont les AAPE économisent l'énergie, du niveau d'économies attendu, des mesures requises, du besoin de précision et de granularité dans les économies vérifiées rapportées, du contexte du projet, et du budget pour le M&V.

Tableau 4 : Éléments clés des options de l'IPMVP

Options de l'IPMVP	Type de mesure Limite	Mesures requises et économies rapportées
OPTION A : Mesure du/des paramètre(s) clé(s) OPTION B : Mesure de tous les paramètres	ISOLEMENT DE L'AAPE	Mesure l'impact énergétique au niveau de l'équipement ou du système
		Il faut généralement un ou plusieurs compteurs dédiés
		Les économies sont déterminées pour chaque AAPE et tout impact au-delà du périmètre de mesure est estimé.
OPTION C : Ensemble du site OPTION D : Simulation calibrée	SITE ENTIER	Mesure de TOUS les effets énergétiques d'un site ou d'une partie d'un site
		Utilise souvent les données énergétiques du ou des compteurs d'énergie des fournisseurs d'énergie.
		Les économies comprennent les effets de toutes les mesures d'économie d'énergie et de tout autre changement dans l'utilisation de l'énergie.

Les circonstances de chaque projet détermineront en grande partie s'il convient d'utiliser une approche d'isolement de l'AAPE ou une approche de l'ensemble du site. Il convient de noter que les approches portant sur l'ensemble du site peuvent également être appliquées à une partie seulement du site (par exemple, une partie d'un bâtiment équipée de son propre compteur). En outre, les exigences en matière de vérification de la performance et d'établissement de rapports peuvent être modifiées au cours de la période de suivi et peuvent impliquer le passage à une autre option de l'IPMVP.

8.1. Caractéristiques typiques des projets pour les options IPMVP

Il est impossible de généraliser la meilleure option IPMVP pour une situation donnée. Cependant, certaines caractéristiques clés du projet peuvent être des indicateurs utiles de la meilleure approche. Lors de la sélection d'une méthode, il convient de prendre en compte tous les types de sources d'énergie concernés par les systèmes de gestion de l'énergie.

LES OPTIONS D'ISOLEMENT A ET B SONT LES MIEUX ADAPTÉES LORSQUE:

- les propriétés physiques de l'AAPE permettent de mesurer séparément les flux d'énergie impactés;
- on peut raisonnablement estimer ou supposer que les effets interactifs de l'AAPE sur la consommation d'énergie et la demande appelée des autres équipements de l'installation sont non significatifs;
- seules les performances des systèmes concernés par les mesures d'économie d'énergie sont importantes, ou que les économies réalisées par chaque mesure d'économie d'énergie doivent être signalées;
- les économies attendues de l'AAPE sont trop faibles pour être détectées à l'aide de l'option C ou pour justifier le coût de l'option D;
- il existe déjà des compteurs divisionnaires permettant d'isoler la consommation d'énergie et la puissance appelée des systèmes concernés, ou qu'il serait possible d'ajouter des compteurs divisionnaires;
- les facteurs influençant l'énergie (c'est-à-dire les variables indépendantes et les facteurs statiques) qui affectent la consommation d'énergie et la puissance appelée ne sont pas trop difficiles ou coûteux à contrôler;
- il n'est pas nécessaire de rapprocher directement les rapports d'économies avec les changements et les paiements aux fournisseurs d'énergie.

LES OPTIONS C ET D DU SITE ENTIER S'APPLIQUENT LE MIEUX LORSQUE :

- il y a un niveau élevé d'effets interactifs des AAPE ou d'interactions énergétiques entre les AAPE;
- les flux d'énergie affectés par le(s) système(s) de gestion de l'énergie ne peuvent pas être mesurés séparément;
- le niveau d'économie attendu est suffisamment élevé pour utiliser l'option C et qu'il est préférable de rendre compte de la performance globale d'une installation plutôt que de la performance des AAPE;
- il existe de nombreux AAPE uniques dont les flux d'énergie seraient difficiles à mesurer individuellement;
- les données énergétiques de la période de référence ne sont pas disponibles (option D).

Le tableau 5 présente certaines caractéristiques du projet et les options couramment privilégiées.

Tableau 5 : Caractéristiques typiques d'un projet et options IPMVP les plus courantes

CARACTÉRISTIQUES DES AAPE	Options privilégiées			
	A	B	C	D
NÉCESSITÉ D'ÉVALUER LES AAPE INDIVIDUELLEMENT	x	x		x
NÉCESSITÉ D'ÉVALUER UNIQUEMENT LA PERFORMANCE GLOBALE DE L'INSTALLATION			x	x
LES ÉCONOMIES ATTENDUES SONT INFÉRIEURES À 10 % (DONNÉES MENSUELLES SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE) OU À 5 % (DONNÉES QUOTIDIENNES OU HORAIRES SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE) DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DE RÉFÉRENCE DE L'ENSEMBLE DU SITE.	x	x		x
FACTEURS INFLUENÇANT L'ÉNERGIE DES AAPE QUI NE SONT PAS BIEN CONNUS		x	x	x
NÉCESSITÉ D'UNE ÉVALUATION DES PERFORMANCES À LONG TERME	x	x	x	
EFFETS INTERACTIFS DE L'AAPE QUI SONT SIGNIFICATIFS OU NON MESURABLES			x	x
CHANGEMENTS RÉCENTS OU FUTURS QUI DEVRAIENT AVOIR UN IMPACT SUR L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE DANS LE PÉRIMÈTRE DE MESURE.	x			x
DONNÉES ÉNERGÉTIQUES DE LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE QUI NE SONT PAS DISPONIBLES				x

8.2. Granularité des économies

L'isolement de l'AAPE permet de réduire le périmètre de mesure afin de réduire l'effort requis pour contrôler les variables indépendantes et les facteurs statiques lorsque les AAPE n'affectent qu'une partie de l'installation. Cela permet de rendre compte des économies réalisées au niveau des AAPE. Cependant, les zones plus petites que l'ensemble de l'installation nécessitent généralement des compteurs supplémentaires à la limite de mesure et introduisent la possibilité d'effets interactifs significatifs non mesurés.

Puisque dans ce cas, la mesure est inférieure à l'ensemble de l'installation, les résultats des approches d'Isolement de l'AAPE peuvent ne pas être pleinement apparents dans les factures des fournisseurs d'énergie si les économies sont faibles par rapport à l'utilisation totale de l'énergie de l'installation. Les changements apportés à l'installation au-delà du périmètre de mesure et sans rapport avec l'AAPE ne seront pas signalés par les approches d'Isolement de l'AAPE, mais seront inclus dans la consommation ou la demande mesurées par l'entreprise de fournisseurs d'énergie. Dans le cas contraire, les économies réalisées grâce aux approches portant sur l'ensemble de l'installation peuvent être mises en relation avec les factures d'électricité.

8.3. Niveau des effets interactifs

Le comptage isolé est placé à la limite de mesure entre l'équipement que l'AAPE affecte et l'équipement qu'il n'affecte pas. Lors du tracé de la limite de mesure, il faut veiller à prendre en compte tous les flux d'énergie affectés par l'AAPE qui se situent au-delà de la limite. Une méthode doit être élaborée pour estimer ces effets interactifs. Toutefois, si la limite de mesure peut être étendue pour englober les effets interactifs, il n'est pas nécessaire de les estimer.

Hormis les petits effets interactifs estimés, le périmètre de mesure définit les points de mesure et la portée de tous les ajustements utilisés dans les équations d'économies de l'IPMVP. Seuls les changements affectant les systèmes énergétiques à l'intérieur du périmètre de mesure, les facteurs statiques associés et les variables d'exploitation doivent être contrôlés pour préparer le(s) terme(s) d'ajustement de l'équation principale de l'IPMVP (équation 2).

Effets interactifs – Exemple

Dans le cas d'une AAPE qui réduit les besoins en énergie des lampes électriques, la limite de mesure ne comprend que l'alimentation des lampes. Cependant, la réduction de l'énergie d'éclairage peut également diminuer les besoins de refroidissement mécanique ou augmenter les besoins de chauffage. Ces flux d'énergie de chauffage et de refroidissement attribuables à l'éclairage ne sont généralement pas faciles à mesurer. Ils représentent des effets interactifs qu'il peut être nécessaire d'estimer plutôt que d'inclure dans le périmètre de mesure.

8.4. Mesures énergétiques requises

Les quantités d'énergie requises dans les équations d'économies de l'IPMVP peuvent être mesurées par une ou plusieurs des techniques suivantes:

- Les données et les factures des compteurs de la compagnie d'électricité ou du fournisseur de carburant, ou les données provenant directement du compteur de la compagnie d'électricité, y compris tout ajustement des relevés effectué par la compagnie d'électricité.
- Les données des compteurs divisionnaires isolant les flux d'énergie vers une AAPE ou une partie d'un site du reste du site. Ces mesures peuvent être périodiques ou continues tout au long de la période de référence et de la période de suivi, et peuvent utiliser des compteurs temporaires ou permanents.
- Des mesures séparées des paramètres clés utilisés dans le calcul de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée :
 - le taux d'échantillonnage des mesures doit être adéquat compte tenu du taux de variation de la valeur des paramètres à mesurer, et les intervalles de mesure doivent être coordonnés entre les paramètres mesurés, y compris les variables indépendantes.
- Les mesures de variables de substitution après validation de leur relation avec la consommation d'énergie ou la puissance appelée. Dans certains cas, une variable de substitution mesurée peut remplacer la mesure directe de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée lorsque la relation entre les deux a été prouvée in situ :
 - par exemple, si une relation cohérente a été prouvée par des mesures entre le signal de sortie d'un contrôleur de variateur de fréquence et la puissance absorbée par le ventilateur contrôlé, le signal de sortie peut être utilisé comme une mesure de substitution valable pour la puissance du moteur du ventilateur.
- Une simulation énergétique calibrée sur les données réelles de consommation d'énergie et de puissance appelée pour le site ou le système modélisé, soit pendant la période de référence, soit pendant la période de suivi.
- Lorsqu'un paramètre clé nécessaire à l'estimation des économies est déjà connu avec une précision suffisante ou que sa mesure est plus coûteuse que ne le justifie l'augmentation de la certitude des économies, la mesure directe peut ne pas être nécessaire ou appropriée. Dans ce

cas, il est possible d'estimer certains des paramètres clés de l'AAPE, mais d'autres doivent être mesurés (option A).

D'autres considérations relatives aux mesures sont incluses dans la section 12.

8.5. Stabilité des opérations

Les changements passés ou futurs dans les schémas d'utilisation de l'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure, dus à des changements sans rapport avec les AAPE, peuvent influencer sur l'option choisie. Il est parfois possible d'éviter les ajustements non périodiques en utilisant un périmètre de mesure plus petit, ce qui réduit le nombre de facteurs statiques susceptibles d'influer sur les performances de l'AAPE.

8.6. Limites des coûts de M&V

Le coût de l'effort de M&V doit être aligné sur la valeur du projet, le niveau de variation de l'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure et les économies attendues. Les coûts et la précision des options sont examinés à la section 10. En règle générale, les coûts moyens de la M&V devraient être inférieurs à 10 % des économies évaluées.

Tableau 6 : Lignes directrices générales pour équilibrer les coûts et l'incertitude dans la M&V

Variation et économies d'énergie	Description	Choix des options
Faible variation de l'énergie, AAPE à faibles économies.	Les AAPE qui réalisent peu d'économies ne peuvent généralement pas se permettre de réaliser beaucoup de M&V, sur la base de la ligne directrice des 10 % d'économies, en particulier si les données énergétiques mesurées varient peu.	L'utilisation de l'option A est privilégiée. Une période de suivi courte peut être envisagée, par exemple, dans le cas d'un moteur de ventilateur d'extraction à vitesse constante qui fonctionne sous une charge constante selon un calendrier bien défini.
Forte variation de l'énergie, AAPE à faibles économies.	Comme nous l'avons vu plus haut, les AAPE qui réalisent peu d'économies ne peuvent généralement pas se permettre d'effectuer beaucoup de M&V. Toutefois, en cas de forte variation des données énergétiques, les techniques de mesure de tous les paramètres de l'option B peuvent s'avérer nécessaires pour obtenir la précision requise dans les rapports d'économies.	L'option B est préférable si elle est réalisable. Il peut être difficile de maintenir les coûts de contrôle et de vérification à un niveau bas et approprié par rapport au niveau des économies attendues, et les techniques d'échantillonnage peuvent parfois réduire les coûts de l'option B. L'option C peut ne pas convenir si l'on considère que les économies doivent généralement dépasser 5 à 10 % de la consommation mesurée d'une installation pour être quantifiables.

Faible variation de l'énergie, AAPE à économies élevées.	Avec une faible variation de la consommation et de la demande d'énergie, le niveau d'incertitude est souvent faible. Cependant, étant donné que l'on s'attend à un niveau élevé d'économies, de petites améliorations de la précision peuvent avoir des récompenses monétaires suffisamment importantes pour mériter un comptage et une analyse des données plus précis.	Les options B et C sont généralement les plus appropriées. L'option C peut permettre de mesurer une économie d'énergie élevée, mais elle nécessite un moyen de contrôler les facteurs statiques afin de détecter la nécessité de procéder à des ajustements non périodiques. L'option B peut, dans certains cas, réduire le nombre de facteurs statiques à suivre sans réduire la précision. Des coûts supplémentaires peuvent être justifiés pour permettre un résultat précis. Par exemple, si les économies réalisées grâce à une AAPE s'élèvent à 1 000 000 \$ par an, un coût annuel de M&V de 20 000 \$ (2 % des économies) peut s'avérer raisonnable.
Forte variation de l'énergie, AAPE à économies élevées.	Les systèmes d'échange de quotas d'émission permettant de réaliser des économies importantes exigent une grande rigueur, qui peut inclure une collecte et une analyse approfondies des données. Les périodes de référence et de suivi peuvent couvrir plusieurs cycles normaux de fonctionnement de l'installation afin de saisir les variations dans les économies.	Envisager utiliser les options B, C ou D. Cependant, les économies réalisées seront probablement visibles dans les registres des fournisseurs d'énergie, de sorte que les techniques de l'option C peuvent être utilisées avec un suivi attentif des facteurs statiques pour détecter la nécessité de procéder à des ajustements non périodiques.

8.7. Contexte du projet et responsabilités des parties prenantes

Le contexte d'un projet, les responsabilités des différentes parties prenantes et leurs risques doivent être pris en compte lors de l'évaluation des options IPMVP de même que d'autres détails du plan de M&V, en particulier lorsque les économies vérifiées constituent la base des transactions financières.

Il est important de prendre en compte les responsabilités des parties prenantes dans le cadre d'une AAPE. Par exemple, les rénovations d'éclairage sélectionnent l'option A lorsque les risques et les responsabilités de l'entrepreneur consistent à réduire la consommation d'énergie des lumières et à ne pas affecter les heures de fonctionnement, qui sont contrôlées par le propriétaire du bâtiment. De même, un propriétaire de bâtiment peut ne pas avoir le contrôle de toutes les charges d'un site et préfère donc l'utilisation des options d'isolement de l'AAPE A ou B à une approche globale du site utilisant l'option C.

Dans un projet où l'entrepreneur est responsable de la performance de l'AAPE mais n'assure pas l'exploitation et la maintenance de l'AAPE, la durée des mesures au cours de la période de référence peut être limitée. Pour les périodes suivantes où les réinspections sont utilisées plutôt que les mesures pour valider la valeur d'un paramètre clé, les économies d'énergie rapportées ne sont pas conformes au IPMVP.

8.8. Utilisation des méthodes d'isolement de l'AAPE

Les options d'isolement de l'AAPE A et B ont des limites de mesure similaires, mais utilisent des méthodes différentes pour déterminer les économies; chacune est plus appropriée pour des applications et des types d'AAPE différents.

La différence fondamentale entre ces options concerne les mesures nécessaires, comme l'indique leur nom:

- Option A : Isolement de l'AAPE avec mesure du (des) paramètre(s) clé(s)
- Option B : Isolement de l'AAPE avec mesure de tous les paramètres

Souvent, les paramètres clés nécessaires pour déterminer la consommation d'énergie sont les taux d'utilisation de l'énergie (par exemple, la puissance appelée) et les heures d'utilisation correspondantes. Dans d'autres cas, les paramètres clés peuvent inclure des éléments tels que le facteur de puissance, les volts et les ampères (utilisés pour déterminer le kW), les heures de fonctionnement, la charge de l'équipement, les débits, les différentiels de température, le contenu thermique, etc.

Paramètres clés – Exemples
<p>Les paramètres clés sont des variables critiques identifiées comme ayant un impact significatif sur les économies d'énergie associées à l'installation d'un système de gestion de l'énergie. Dans les méthodes d'Isolement de l'AAPE, les paramètres clés peuvent être combinés pour définir la consommation d'énergie ou la puissance appelée de l'AAPE.</p> <p>Dans le cas d'une AAPE portant sur l'amélioration de l'équipement d'éclairage, la demande électrique (kW) peut être déterminée à partir des ampères, des volts et du facteur de puissance, et la consommation (kWh) à partir des heures de fonctionnement correspondantes.</p> <p>Dans le cas d'une AAPE telle que le remplacement d'une chaudière à gaz, la performance énergétique thermique peut être déterminée en mesurant les débits de gaz, les températures de fonctionnement du système et les débits d'eau chaude au fil du temps.</p>

L'option A permet d'utiliser à la fois des valeurs mesurées et estimées pour calculer l'énergie de référence et celle de la période de suivi, tandis que l'option B exige la mesure directe de la puissance appelée et de la consommation d'énergie ou la mesure simultanée de tous les paramètres nécessaires pour déterminer la puissance appelée et la consommation d'énergie. En général, la précision des économies vérifiées déclarées par l'option B est supérieure à celle des économies déclarées par l'option A.

Lors de la planification d'une procédure d'isolement d'une AAPE, il convient d'évaluer:

- l'ampleur de la variation de la consommation d'énergie de la période de référence et des paramètres clés connexes (par exemple, les charges et les heures de fonctionnement);
- l'impact de l'AAPE sur ces paramètres clés;
- le niveau de rigueur exigé pour les économies déclarées;
- tout accord de gestion des risques entre les parties prenantes.

Les conditions de charge variable ou d'heures de fonctionnement variables nécessitent des mesures et des calculs plus rigoureux que pour les charges constantes, les heures constantes ou les heures de fonctionnement programmées. En règle générale, lorsqu'un paramètre clé varie au cours de la période de référence ou que ce paramètre est affecté par l'AAPE, il doit être mesuré.

Les exemples simplifiés suivants illustrent une série de scénarios possibles.

Tableau 7 : Sélection de l'option d'isolement de l'AAPE – Exemples basés sur la charge et les heures de fonctionnement

#	Scénario	Approche privilégiée
1	L'AAPE réduit un taux de consommation constant sans modifier les heures de fonctionnement.	Option A ou B
2	L'AAPE réduit le nombre d'heures de fonctionnement sans modifier une charge constante	
3	L'AAPE a un impact à la fois sur les charges et sur les heures de fonctionnement	Option B
4	L'AAPE a un impact sur les équipements dont la charge et les heures de fonctionnement sont variables.	

Ces équations sont de nature conceptuelle, et les équations d'économies exactes seront plus complexes, car les économies sont la somme des conditions au fil du temps, les heures étant à un taux spécifique.

Équation 9: Économies résultant de l'option A/B lorsque des ajustements ne sont pas nécessaires

Économies =	\sum_{temps}	(Taux de consommation d'énergie de la période de référence
	x	Heures d'utilisation de la période de référence)
	–	(Taux de consommation d'énergie de la période de suivi
	x	Heures d'utilisation de la période de suivi)

En règle générale, l'option A (mesure des paramètres clés) est appropriée pour les scénarios 1 et 2, mais pas pour les scénarios 3 et 4. L'option B (mesure de tous les paramètres) est plus adaptée aux AAPE ayant un impact sur les charges variables ou aux AAPE ayant un impact à la fois sur les charges et les heures de fonctionnement.

MESURES D'ISOLEMENT DE L'AAPE

Une approche d'isolement de l'AAPE nécessite généralement l'ajout de compteurs spéciaux ou d'équipements d'enregistrement de données à court terme ou permanents pour mesurer la consommation d'énergie ou les paramètres clés nécessaires au calcul de la consommation d'énergie. Ces compteurs peuvent être installés lors d'un audit énergétique pour aider à caractériser la consommation et la puissance appelée lors de la conception des AAPE, ou pour mesurer les performances de base dans le cadre d'un plan de M&V. En général, les mesures des paramètres clés, ou de la consommation d'énergie, et des variables indépendantes doivent être effectuées simultanément. Lors de la vérification des économies réalisées sur la puissance appelée, il faut veiller à établir des profils de charge ou à tenir compte de la diversité des opérations des équipements qui coïncident avec la période de pointe de la puissance appelée du fournisseur d'énergie.

Lorsque les paramètres clés et la consommation d'énergie sont variables, il convient d'effectuer des mesures afin de saisir les valeurs dans toute la gamme des valeurs attendues et des conditions d'exploitation, dans la mesure du possible. Les mesures requises peuvent être à court terme, sur une partie de la période de référence et de la période de suivi, ou continues, en fonction de la variabilité du paramètre et de son impact sur l'AAPE. Lorsqu'un paramètre peut changer périodiquement, des mesures occasionnelles du paramètre à des moments représentatifs des variations normales du comportement du système peuvent être appropriées.

Lorsqu'il est démontré qu'un paramètre clé est une valeur constante, les mesures peuvent être de courte durée et effectuées périodiquement. Les paramètres qui ne sont pas mesurés à la fois pendant la période de référence et la période de suivi sont toutefois considérés comme des estimations. Lorsqu'un paramètre ne devrait pas changer, il peut être mesuré immédiatement avant et après l'installation de l'AAPE et vérifié occasionnellement tout au long de la période de suivi. La fréquence de cette vérification peut être déterminée en commençant par des mesures suffisantes pour vérifier que le paramètre reste constant pendant la période de référence et la période de suivi. Une fois la constance constatée, la fréquence des mesures peut être réduite à un minimum d'une fois par période de suivi. Pour maintenir le contrôle des économies au fur et à mesure que la fréquence des mesures diminue, des inspections plus fréquentes ou d'autres tests peuvent être entrepris pour vérifier le bon fonctionnement du système.

Tableau 8 : Valeurs constantes établies sur la base de mesures

Valeurs constantes
<ul style="list-style-type: none"> ■ Un paramètre peut être considéré comme "constant" lorsque les valeurs mesurées ne varient pas dans une fourchette définie (par exemple, +/- 10 %) au cours d'une période donnée. ■ Des variations mineures peuvent être observées dans le paramètre tout en le décrivant comme constant. L'ampleur des variations jugées "mineures" doit être indiquée dans le plan de M&V. ■ Une fois la constance constatée, la fréquence de mesure peut être réduite à un minimum d'une fois par période de suivi. Dans le cas contraire, elle doit être traitée comme une valeur estimée.

Lorsqu'un paramètre peut varier chaque jour ou chaque heure, comme c'est le cas dans la plupart des systèmes de chauffage ou de refroidissement des bâtiments, le comptage en continu peut être le plus simple. Pour les charges dépendantes des conditions météorologiques, les mesures peuvent être effectuées sur une période suffisamment longue pour caractériser correctement le schéma de charge pendant toutes les parties de son cycle annuel normal (c'est-à-dire chaque saison et les modes de fonctionnement en semaine/le week-end) et répétées si nécessaire tout au long de la période de suivi. Ces mesures sont souvent utilisées pour effectuer des ajustements périodiques.

Le comptage continu permet d'obtenir une plus grande certitude quant aux économies déclarées et davantage de données sur le fonctionnement de l'équipement. Ces informations peuvent être utilisées pour améliorer ou optimiser le fonctionnement continu de l'équipement, ce qui peut améliorer les avantages de l'AAPE lui-même. Si la mesure n'est pas continue et que les compteurs sont retirés entre les relevés, le lieu de la mesure et les spécifications du (des) dispositif(s) de mesure doivent être enregistrés dans le plan de M&V, ainsi que la précision du compteur et les procédures de validation des relevés et d'étalonnage du compteur utilisé.

Lorsque plusieurs versions de la même AAPE sont incluses dans le périmètre de mesure, des échantillons statistiquement valides peuvent être utilisés comme mesures valides du paramètre total.

9. OPTIONS DE L'IPMVP

D'autres détails relatifs à l'application des options de l'IPMVP sont abordés à la section 12. Les exigences en matière de plan et de rapport de M&V spécifiques aux options sont présentées à la section 133.

9.1. Option A: Isolement de l'AAPE, mesure du (des) paramètre(s) clé(s)

Dans le cadre de l'Option A : Isolement de l'AAPE, mesure du (des) paramètre(s) clé(s), les quantités d'énergie peuvent être dérivées d'un calcul utilisant une combinaison de mesures de certains paramètres clés et d'estimations des autres. Ces estimations ne doivent être utilisées que lorsqu'il peut être démontré que l'incertitude combinée de toutes ces estimations n'affectera pas de manière significative la confiance globale dans les économies déclarées, ou que l'incertitude de toutes les estimations est acceptée par toutes les parties.

9.1.1. Valeurs mesurées et estimées

Il faut décider des paramètres à mesurer et ceux à estimer en tenant compte de l'impact de l'AAPE, du coût des mesures et de la contribution de chaque paramètre à l'incertitude globale des économies annoncées. Le choix du ou des facteurs (c'est-à-dire des paramètres clés et des indicateurs de performance requis) à mesurer peut également être envisagé en fonction des objectifs du projet ou des tâches d'un contractant assumant une partie du risque lié à la performance de l'AAPE. **Lorsqu'un facteur est important pour évaluer les performances de l'AAPE, il doit être mesuré; tandis que les autres facteurs peuvent être estimés.**

Lors de l'estimation des paramètres, il convient de déterminer une fourchette de valeurs plausibles et de choisir une valeur qui aboutisse à une estimation prudente des économies. Les valeurs estimées et l'analyse de l'importance de ces paramètres estimés pour l'incertitude des économies totales doivent être incluses dans le plan de contrôle et de vérification. Les estimations peuvent être basées sur des données historiques telles que les données enregistrées lors d'un audit énergétique, les heures de fonctionnement établies à partir des données énergétiques de l'ensemble du bâtiment, les valeurs nominales publiées par le fabricant de l'équipement, les essais en laboratoire ou les données météorologiques typiques.

Si un paramètre, tel que le nombre d'heures d'utilisation, s'avère constant et ne devrait pas être affecté, la détermination d'un paramètre pendant la période de suivi peut être considérée comme égale à la valeur de référence ou vice versa, mais les valeurs seront considérées comme des estimations. Lorsqu'un paramètre n'est pas mesuré dans le site pendant la période de référence et la période de suivi, il doit être considéré comme une *valeur estimée*.

La plus grande source d'incertitude dans les économies déclarées à l'aide de l'option A provient généralement des valeurs estimées. Il convient d'évaluer la fourchette de valeurs plausibles pour toute valeur estimée et de justifier l'utilisation de la valeur estimée.

Des calculs d'ingénierie ou une modélisation mathématique doivent être utilisés pour évaluer l'importance des erreurs d'estimation de tout paramètre dans les économies déclarées, dans la mesure du possible. L'effet combiné des estimations doit être évalué avant de déterminer si des mesures suffisantes sont en place et si l'évaluation est incluse dans le plan de M&V.

D'autres sources d'incertitude concernant les économies réalisées dans le cadre de l'option A peuvent inclure des erreurs d'échantillonnage lorsque les mesures sont effectuées sur des échantillons statistiques plutôt que sur l'ensemble des équipements concernés, ainsi que des erreurs liées à l'équipement de

mesure utilisé. Lorsque l'échantillonnage statistique est utilisé pour les mesures, les résultats statistiques de l'échantillonnage et leur impact sur les économies vérifiées doivent être pris en compte.

Les valeurs estimées dans le cadre de l'option A de l'IPMVP sont souvent choisies pour réduire les coûts ou pour éviter de devoir procéder à des ajustements lorsque des changements interviennent dans la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure. Par exemple, le profil de la charge de refroidissement d'une centrale frigorifique (tonnes-heures/jour) a été estimé plutôt que mesuré, et la performance de la centrale (kW/tonne) a été mesurée périodiquement afin de déterminer les économies réalisées dans le cadre de l'Option A grâce à la mise en place d'un système de gestion de l'énergie pour le refroidissement. Après l'AAPE, un agrandissement de la centrale a augmenté la charge de refroidissement réelle à l'intérieur du périmètre de mesure. Cependant, comme l'option A a été choisie en utilisant une charge de refroidissement fixe, les économies rapportées ne sont pas affectées (à condition que les performances des refroidisseurs soient mesurées périodiquement). Dans ce cas, l'utilisation de l'option A a permis d'éviter un ajustement non périodique.

9.1.2. Vérification de l'installation

Étant donné que certaines valeurs peuvent être estimées dans le cadre de l'option A, il convient d'être très attentif à la conception technique et à l'installation des AAPE afin de s'assurer que les estimations sont réalistes, réalisables et basées sur des équipements qui devraient réellement produire des économies comme prévu. La spécification et l'installation correctes de chaque AAPE doivent être confirmées à l'aide de stratégies de vérification opérationnelle appropriées.

À intervalles définis au cours de la période de suivi, il est recommandé de réinspecter l'installation pour vérifier que l'équipement est installé, entretenu, et qu'il fonctionne correctement et comme prévu. Ces réinspections permettent de s'assurer que le potentiel de génération d'économies prévues se maintient et de valider les valeurs estimées et mesurées. La fréquence de ces réinspections est déterminée par la probabilité de changements de performance et doit être détaillée dans le plan de M&V tel que décrit dans la section 13.

9.1.3. Calculs

Dans le cadre de l'option A, il se peut qu'il ne soit pas nécessaire de procéder à des ajustements, périodique ou non, en fonction de l'emplacement du périmètre de mesure, de la nature des valeurs estimées, de la durée de la période de suivi, du temps écoulé entre les mesures de référence et les mesures de la période de suivi, ou des conditions du contrat ou des exigences du programme associé au projet.

De même, les mesures de l'énergie de la période de référence et de la période de suivi peuvent impliquer la mesure d'un seul paramètre dans le cadre de l'option A et l'estimation des autres paramètres, bien que plusieurs paramètres puissent être mesurés.

9.1.4. Meilleures applications

L'option A s'applique le mieux dans les cas suivants :

- Le niveau d'économie est faible et ne peut justifier le coût des mesures nécessaires pour l'option B ou de la simulation pour l'option D.
- L'estimation des paramètres peut permettre d'éviter des ajustements non périodiques éventuellement difficiles lorsque des changements futurs sont susceptibles de se produire et d'affecter la consommation d'énergie dans le périmètre de mesure.
- L'incertitude créée par les estimations est acceptable.

- Les effets interactifs sont limités ou faciles à estimer.
- L'efficacité continue de l'AAPE peut être évaluée par de simples tests de routine ou de nouvelles inspections des paramètres clés.
- Le(s) paramètre(s) clé(s) utilisé(s) pour juger de la performance d'un projet en matière d'économies peut (peuvent) être facilement identifié(s).

9.2. Option B : Isolement de l'AAPE, mesure de tous les paramètres

L'Option B : Isolement de l'AAPE, mesure de tous les paramètres, requiert la mesure des quantités d'énergie ou de la puissance appelée, ou des paramètres clés nécessaires au calcul de l'énergie ou de la puissance appelée. L'option B permet de déterminer les économies réalisées par la plupart des types d'AAPE. Le degré de difficulté et les coûts associés à l'option B augmentent en fonction de la complexité et de l'exhaustivité du comptage. Toutefois, l'option B permet de déterminer avec précision les économies réalisées lorsque la puissance appelée ou les habitudes de consommation d'énergie sont variables, comme décrit dans la section 8.8.

Les erreurs d'échantillonnage lorsque des échantillons statistiques sont mesurés sont des valeurs estimées. Ces erreurs doivent être évaluées et incluses dans le plan de M&V, comme indiqué à la section 13.1.

9.2.1. Calculs pour l'option B

L'Équation 2: Equation principale d'économies de l'IPMVP est utilisée dans les calculs qui adèrent à l'IPMVP. Lorsque la consommation d'énergie ou la puissance appelée dans le périmètre de mesure varie en fonction de variables indépendantes, des ajustements périodiques peuvent être nécessaires.

Toutefois, dans certains cas relevant de l'option B, il peut ne pas être nécessaire de procéder à des ajustements, périodiques ou non, en fonction de l'emplacement de la limite de mesure, de la variabilité de la consommation d'énergie mesurée et de la puissance appelée. Lorsque la consommation d'énergie est variable et que des variables indépendantes doivent être prises en compte, il convient d'utiliser les stratégies de modélisation décrites dans l'option C.

Les sources d'incertitude des économies pour l'option B résultent d'erreurs basées sur les instruments de mesure utilisés, le modèle (pour une discussion sur l'erreur statistique lorsque des modèles mathématiques sont utilisés, voir l'option C), l'erreur d'échantillonnage lorsque des échantillons statistiques sont mesurés, et les valeurs estimées. Ces erreurs doivent être évaluées et incluses dans le plan de M&V, comme indiqué à la section 13.1. Pour une discussion sur l'erreur statistique lorsque des modèles mathématiques sont utilisés, voir l'option C.

9.2.2. Meilleures applications

L'option B s'applique le mieux dans les cas suivants :

- La consommation d'énergie de l'AAPE peut être isolée.
- L'AAPE a un impact sur les équipements dont les charges et les heures de fonctionnement sont variables. La consommation d'énergie de référence à l'intérieur du périmètre de mesure est variable.
- Les effets interactifs sont limités ou faciles à estimer.
- L'AAPE affecte plus d'un paramètre clé.
- Les résultats de l'AAPE bénéficieront d'un suivi.

- Les compteurs d'isolement existent ou seront utilisés à d'autres fins, telles que le retour d'information opérationnel ou la facturation aux locataires.
- La mesure des paramètres clés est moins coûteuse que la simulation dans l'option D.

9.3. Option C : Site entier

L'option C implique l'utilisation de données énergétiques provenant de compteurs des fournisseurs d'énergie, de compteurs pour l'ensemble de l'installation ou de compteurs divisionnaires, et de variables indépendantes pour évaluer la performance énergétique de l'ensemble de l'installation. Le périmètre de mesure englobe soit l'ensemble du site, soit une section importante de celui-ci. Cette option détermine les économies collectives de tous les AAPE appliqués à l'intérieur du périmètre de mesure. Ainsi, les économies déclarées dans le cadre de l'option C comprennent les effets positifs ou négatifs de tout changement non lié à des mesures d'économie d'énergie apporté à l'installation.

L'option C est destinée aux projets pour lesquels les économies attendues sont importantes par rapport aux variations énergétiques aléatoires ou inexplicables qui se produisent à l'échelle de l'ensemble du site. Des modèles mathématiques sont élaborés pour décrire comment les variables indépendantes expliquent les variations de la consommation d'énergie, mais ils ne tiennent pas compte de toutes les variations entre les variables indépendantes et les données de consommation réelles.

En général, les modèles de référence, et parfois les modèles pour la période de suivi, sont élaborés à l'aide d'une analyse de régression afin de procéder à des ajustements périodiques de la consommation d'énergie et de calculer les économies réalisées. Les résultats statistiques d'un modèle décrivent dans quelle mesure les variations de la consommation d'énergie sont expliquées, et les mesures statistiques sont utilisées pour valider l'utilisation d'un modèle. Comme indiqué dans la section 12.6, les économies attendues doivent être supérieures au double de l'erreur type du modèle pour que l'utilisation d'un modèle soit valide. Les modèles ayant des niveaux d'erreur plus faibles peuvent identifier des niveaux d'économies plus faibles, et la confiance dans les économies sera plus élevée.

L'option C peut être basée sur des données de facturation mensuelles ou sur des données de consommation d'énergie à intervalles courts (par exemple, toutes les heures ou tous les jours). L'utilisation de données de compteurs à intervalles dans le cadre de l'option C implique généralement la création d'une série de modèles de régression multivariés pour prédire la consommation d'énergie de l'ensemble du bâtiment. Le guide IPMVP pour la M&V avancée est en cours d'élaboration pour traiter les questions d'application telles que la sélection des intervalles de données, les considérations sur les variables indépendantes, la sélection des outils logiciels et l'application des modèles. (Voir la section 12.2).

Lorsque des données à intervalles courts sont disponibles, le nombre de points de données est beaucoup plus important et les modèles mathématiques avancés (par exemple, les modèles linéaires à points de changement multiples) sont plus précis que les modèles linéaires simples utilisés pour l'analyse mensuelle. Par conséquent, les méthodes utilisant des données à intervalles courts et des algorithmes de modélisation avancés peuvent souvent vérifier, avec confiance, les économies attendues qui représentent 5 % ou moins de la consommation annuelle d'énergie, alors que si seules des données de facturation mensuelles sont disponibles, les économies doivent souvent dépasser systématiquement 10 % de l'énergie de la période de référence. Ces exemples sont des règles approximatives et une évaluation de la précision du modèle de base par rapport aux économies attendues est nécessaire.

Il convient de veiller à ce que la période de référence représente les opérations normales correspondant aux conditions prévues pour la période de suivi et ne comprenne pas de périodes avec ajustements non périodiques. La période de référence sélectionnée doit être examinée pour détecter les événements non

périodiques (ENP) au moyen d'entretiens, d'inspections du site et d'un examen des données. Lorsque des ENP sont identifiés, une quantité limitée de données peut être exclue, ou la période de référence sélectionnée peut devoir être ajustée.

L'identification des événements non périodiques (par exemple des changements dans le site) qui nécessiteront des ajustements non périodiques est un élément fondamental de l'approche de l'option C, en particulier lorsque les économies sont contrôlées pendant de longues périodes de suivi. Par conséquent, des inspections périodiques de tous les équipements et de toutes les opérations du site doivent être effectuées au cours de la période de suivi. Ces inspections permettent d'identifier les changements dans les facteurs statiques par rapport aux conditions de la période de référence. Ces inspections peuvent s'inscrire dans le cadre d'un suivi régulier visant à s'assurer que les méthodes d'exploitation prévues sont toujours respectées. Une solution moins coûteuse, surtout applicable aux petits projets ou sites, peut consister à suivre la performance énergétique au fil du temps, à la normaliser en fonction des conditions d'exploitation et à inspecter l'installation pour détecter les changements lorsque la performance ajustée présente un écart inattendu marqué ou un changement persistant, afin d'identifier les événements non périodiques. Étant donné que les changements non périodiques peuvent soit augmenter, soit diminuer les économies, ils doivent être traités de la même manière.

Note : plus la période de suivi est longue, plus les données disponibles sont nombreuses, et moins l'impact des variations inexpliquées à court terme est important.

9.3.1. Données sur les compteurs des fournisseurs d'énergie

Les mesures énergétiques de l'ensemble du site peuvent utiliser les compteurs de la compagnie d'électricité. Les données des compteurs d'électricité sont généralement considérées comme exactes à 100 % pour déterminer les économies, car elles définissent le paiement de l'énergie. Les données des compteurs d'électricité sont soumises aux réglementations locales en matière de précision commerciale pour la vente de produits énergétiques.

Les compteurs des fournisseurs d'énergie ne couvrent pas toujours l'ensemble du bâtiment et il peut y avoir plusieurs compteurs. Le compteur principal peut n'inclure qu'une partie de l'énergie fournie à une installation, et il faut veiller à comprendre les limites de mesure de tout compteur d'un fournisseur d'énergie.

Le(s) compteur(s) du fournisseur d'énergie peut (peuvent) être équipé(s) ou modifié(s) pour fournir une sortie d'impulsion électrique qui peut être enregistrée par l'équipement de surveillance de l'installation. La constante d'énergie par impulsion de l'émetteur d'impulsions doit être étalonnée par rapport à une référence connue telle que des données similaires enregistrées par le compteur du fournisseur d'énergie.

Des compteurs séparés installés par le propriétaire du site peuvent mesurer la consommation d'énergie de l'ensemble du site ou d'une partie de celui-ci. La précision de ces compteurs doit être prise en compte dans le plan de M&V, ainsi qu'un moyen de comparer leurs relevés avec ceux des compteurs des fournisseurs d'énergie.

9.3.2. Questions relatives aux données sur l'énergie

Lorsque l'approvisionnement en énergie n'est mesuré qu'à un point central dans un groupe de bâtiments, des compteurs divisionnaires sont nécessaires pour chaque site ou groupe de bâtiments dont la performance individuelle est évaluée. Plusieurs compteurs peuvent être utilisés pour mesurer le flux d'un type d'énergie dans un site. Si un compteur fournit de l'énergie à un système qui interagit avec d'autres systèmes énergétiques, directement ou indirectement, les données de ce compteur doivent être incluses dans la détermination des économies pour l'ensemble du site.

Les compteurs desservant des flux d'énergie sans interaction, pour lesquels les économies ne doivent pas être déterminées, peuvent être ignorés. Il faut déterminer les économies séparément pour chaque compteur ou sous-compteur desservant un site afin que les changements de performance puissent être évalués pour des parties du site mesurées séparément. Toutefois, lorsqu'un compteur ne mesure qu'une petite partie de la consommation totale d'un type d'énergie, il peut être regroupé avec le(s) compteur(s) plus important(s) afin de réduire les tâches de gestion des données. Lorsque les compteurs électriques sont combinés de cette manière, il faut savoir que les compteurs de petite consommation ne sont souvent pas associés à des données de puissance appelée, de sorte que les données de consommation totalisées ne fourniront plus d'informations significatives sur la charge. En outre, si l'intervalle des données est différent, les données combinées correspondront à l'intervalle le plus long.

Si les compteurs sont relevés à des jours différents, chaque compteur ayant une période de facturation unique doit être analysé séparément. Les économies réalisées peuvent être combinées après l'analyse de chaque compteur si les dates sont indiquées. Pour certaines applications (par exemple, les processus industriels), le comptage de sous-zones peut s'avérer efficace. Cependant, pour déterminer les économies de puissance appelée, les relevés du compteur secondaire doivent être synchronisés avec le compteur de puissance appelée de la compagnie d'électricité.

Si l'une des données énergétiques est manquante pour la période de suivi, un modèle mathématique de la période de suivi peut être créé pour compléter les données manquantes, comme défini dans le plan de M&V. Toutefois, les économies déclarées pour la période manquante doivent être signalées comme des données manquantes et comme une source d'incertitude dans les économies.

QUESTIONS RELATIVES AUX FACTURES D'ÉNERGIE

Les données énergétiques de l'option C proviennent souvent des compteurs des fournisseurs d'énergie, soit par un relevé direct du compteur, soit par les factures des fournisseurs d'énergie. Lorsque les factures des fournisseurs d'énergie sont la source des données, il faut reconnaître que le besoin d'un fournisseur d'énergie de relever régulièrement les compteurs n'est généralement pas aussi important que les besoins en matière de M&V. Les factures des fournisseurs d'énergie contiennent parfois des données estimées, en particulier pour les petits comptes. Dans certains cas, la facture ne permet pas de déterminer si les données proviennent d'une estimation ou d'un relevé de compteur réel. Les relevés de compteur estimés non déclarés créent des erreurs inconnues pour le(s) mois estimé(s) ainsi que pour le(s) mois suivant(s). Toutefois, la première facture comportant un relevé réel après une ou plusieurs estimations corrigera les erreurs précédentes dans les quantités d'énergie. Les rapports sur les économies doivent indiquer quand les estimations font partie des données du fournisseur d'énergie. Lorsqu'une compagnie d'électricité estime un relevé de compteur, il se peut qu'il n'y ait pas de données valables pour la demande d'électricité de cette période. Les valeurs d'utilisation de l'énergie enregistrées dont on sait qu'elles sont des estimations ne doivent pas être incluses dans l'énergie de référence.

La consommation d'énergie peut être mesurée directement (électricité, gaz naturel, etc.) ou par d'autres moyens (poids ou volume d'huile, copeaux de bois, fumier, etc.). Lorsque l'énergie est fournie indirectement à une installation par le biais d'installations de stockage sur site, comme pour le pétrole, le propane ou le charbon, les factures d'expédition du fournisseur d'énergie ne représentent pas la consommation réelle de l'installation pendant la période entre les expéditions. Idéalement, un compteur en aval de l'installation de stockage mesure la consommation d'énergie. Toutefois, lorsqu'il n'y a pas de compteur en aval, les factures doivent être complétées par des ajustements au niveau des stocks pour chaque période de facturation.

9.3.3. Variables indépendantes

Les variables indépendantes les plus courantes sont les conditions météorologiques, le volume de production et le taux d'occupation. Les conditions météorologiques ont de nombreux facteurs, mais pour l'analyse de l'ensemble du site, les données météorologiques se limitent souvent à la température extérieure sèche. La production a de nombreuses dimensions, en fonction de la nature du processus industriel, mais elle est généralement exprimée en unités de masse ou en unités volumétriques de chaque produit, et peut avoir des dépendances météorologiques supplémentaires. L'occupation est définie de différentes manières, comme l'occupation des chambres d'hôtel, les heures d'occupation des immeubles de bureaux, les vitesses moyennes des moteurs, les jours d'occupation (jours de semaine/fins de semaine), les ventes de repas dans les restaurants, ou d'autres mesures.

La modélisation mathématique permet d'évaluer si les variables indépendantes sont cycliques. L'analyse de régression et d'autres formes de modélisation mathématique peuvent déterminer le nombre de variables indépendantes valables à prendre en compte dans les données de la période de référence. Les paramètres qui ont un effet significatif sur l'énergie de la période de référence doivent être inclus dans les ajustements périodiques lors de la détermination des économies, comme indiqué dans l'équation 2. Cela se traduit par l'équation 4 pour la consommation d'énergie évitée et l'équation 8 pour les économies d'énergie normalisées. Les variables indépendantes doivent être mesurées et enregistrées au cours de la même période que les données énergétiques. La plage de valeurs des variables indépendantes utilisées pour développer le modèle doit être notée afin de s'assurer qu'elle est valable pour procéder à des ajustements.

9.3.4. Calculs et modèles mathématiques

Pour l'option C, le terme "ajustements périodiques" de l'équation 2 est calculé en élaborant un modèle mathématique valide du profil d'utilisation de l'énergie de chaque compteur.

Un modèle peut être aussi simple qu'une liste ordonnée de douze quantités d'énergie mensuelles mesurées sans aucun ajustement. Cependant, un modèle peut également être basé sur des données d'intervalle – et inclut souvent des facteurs dérivés de l'analyse de régression, corrélant l'énergie à une ou plusieurs variables indépendantes telles que la température extérieure, les degrés-jours, la durée de la période de comptage, la production, l'occupation ou le mode de fonctionnement. Les modèles peuvent également inclure un ensemble différent de paramètres de régression pour chaque plage de conditions, comme l'été ou l'hiver dans les bâtiments présentant des variations saisonnières de la consommation d'énergie.

L'option C utilise généralement des années complètes (par exemple, douze, vingt-quatre ou trente-six mois) de données continues pendant la période de référence et des données continues pendant la période de suivi. Pour les données à intervalle de temps court, il est possible d'utiliser moins de mois de données. Il convient toutefois de veiller à ce que la plage de données soit représentative de l'ensemble de l'année de référence. Les modèles qui utilisent un nombre de mois autre (par exemple, neuf, dix, treize ou dix-huit mois) peuvent créer un biais statistique en sous-représentant ou en sur-représentant des modes de fonctionnement inhabituels. Il convient de vérifier que ces modèles ne sont pas biaisés.

Les données mesurées peuvent être des données horaires, quotidiennes ou mensuelles pour l'ensemble du site. Les données horaires peuvent être combinées à des intervalles de temps plus longs, par exemple

quotidiens, afin de limiter le nombre de variables indépendantes² nécessaires pour produire un modèle de base raisonnable sans augmenter de manière significative l'incertitude des économies calculées.

De nombreux types de modèles statistiques conviennent à l'option C. Pour sélectionner celui qui convient le mieux à l'application, il convient de prendre en considération les indices d'évaluation statistique, tels que le coefficient de variation de l'erreur quadratique moyenne (CV(RMSE)) et l'erreur de biais moyen (MBE) définis dans la littérature statistique, qui peuvent aider à démontrer la validité statistique du modèle sélectionné. (Voir la discussion à ce sujet à la section 12.6.)

Les sources d'incertitude des économies pour l'option C comprennent l'erreur statistique dans les modèles mathématiques utilisés et toute erreur provenant des instruments de mesure utilisés. Ces erreurs doivent être évaluées et incluses dans le plan de M&V, comme décrit dans la section 13.2.2. La quantification de l'incertitude des économies pour l'option C peut être complexe et dépend du degré de "bon comportement" d'un bâtiment et de la dispersion qui en résulte dans les données et, de la même manière, dans le modèle de la période de suivi, s'il est utilisé. L'incertitude des économies qui en résulte peut être calculée à l'aide des paramètres statistiques des modèles, du nombre de points inclus et de la durée de la période de référence. (Voir le *guide d'application de l'IPMVP sur l'incertitude* pour les méthodes appropriées.)

9.3.5. Meilleures applications

L'option C s'applique le mieux dans les cas suivants :

- L'évaluation de la performance énergétique de l'ensemble du site est souhaitée, plutôt que celle de chaque système de gestion de l'énergie.
- Il existe plusieurs types d'AAPE dans un même site.
- Les AAPE impliquent des activités dont la consommation d'énergie et la puissance appelée individuelles sont difficiles à mesurer séparément.
- Les économies sont importantes par rapport à l'écart entre les données énergétiques de référence et celles de la période de suivi.
- Les techniques d'isolement (option A ou B) sont très complexes et coûteuses.
- On ne s'attend pas à ce que des changements importants soient apportés au site au cours de la période de suivi.
- Un système de suivi des facteurs statiques peut être mis en place pour permettre d'éventuels ajustements non périodiques, le cas échéant.
- Des corrélations raisonnables peuvent être trouvées entre la consommation d'énergie ou la puissance appelée, et les variables indépendantes.
- Les données des fournisseurs d'énergie ou des compteurs d'énergie sont disponibles à intervalles fréquents.

9.4. Option D : Simulation calibrée

L'option D : Simulation calibrée utilise un logiciel de simulation énergétique pour prévoir la consommation d'énergie du site, généralement lorsqu'il n'existe pas de données énergétiques de référence. Les économies déterminées avec l'option D sont basées sur des modèles de simulation informatique de

² Des variables continues et catégorielles peuvent être incluses.

systèmes physiques qui sont utilisés pour prévoir la consommation d'énergie et la puissance appelée du site ou du procédé. Ces types de modèles sont basés sur des équations techniques qui rendent compte de la physique et des détails des systèmes inclus dans le périmètre de mesure. La précision des économies dépend de la compétence de l'utilisateur, de la robustesse du modèle et du niveau d'étalonnage atteint.

L'option D peut être utilisée pour évaluer la performance des AAPE pour l'ensemble du site ou pour un système spécifique, comme dans l'option C. Cependant, le modèle de simulation pour l'ensemble du site peut également être utilisé pour estimer les économies attribuables à chaque AAPE dans le cadre d'un projet d'AAPE multiple.

L'option D peut également être utilisée pour évaluer uniquement les performances de systèmes individuels au sein d'un site, à l'instar des options A et B. Dans ce cas, la consommation d'énergie et la puissance appelée du système doivent être isolées de celles du reste du site par des compteurs appropriés afin que ces données puissent être utilisées pour l'étalonnage du modèle de simulation.

9.4.1. Types de programmes de simulation

Les programmes de simulation énergétique utilisent généralement des techniques de calcul horaire. Il est préférable d'utiliser des logiciels de simulation qui sont largement utilisés et qui ont été évalués (par exemple, ASHRAE Standard 140) lorsque les simulations sont utilisées pour des bâtiments. Le logiciel utilisé doit être bien compris par l'utilisateur, capable de simuler le système, les types d'espace et les AAPE du projet. En raison de la grande variété de logiciels disponibles, il est recommandé d'inclure les détails du logiciel proposé dans le plan de M&V et d'obtenir l'accord des parties prenantes du projet sur le programme de modélisation proposé avant de commencer l'analyse.

Pour les applications industrielles, il n'existe pas de norme unique pour les logiciels de simulation spécifiques à l'industrie ou aux procédés. Des logiciels spécialisés peuvent être utilisés pour simuler la consommation d'énergie associée au fonctionnement d'appareils ou de procédés industriels. Les logiciels de simulation propriétaires peuvent être utilisés si les algorithmes, les calculs et les traitements statistiques sont transparents et bien documentés. Les modèles de simulation au niveau du système doivent tenir compte des interactions significatives entre les AAPE.

Lorsque les économies réalisées grâce aux différentes mesures d'économie d'énergie sont déterminées en réexécutant le modèle après l'inclusion de chaque mesure d'économie d'énergie, l'ordre de traitement (stacking order) des AAPE doit être déterminé si les mesures d'économie d'énergie ont une incidence les unes sur les autres (par exemple, les mesures d'économie d'énergie qui réduisent les charges sont généralement modélisées avant celles qui réduisent les heures de fonctionnement de l'équipement). L'ordre utilisé affectera les économies estimées pour les AAPE individuelles, mais ne modifiera pas les économies pour le projet.

CALIBRATION DU MODÈLE

Lorsque des données mesurées pour les conditions de base ou existantes sont disponibles, le modèle de simulation est calibré par le modélisateur de manière à ce que les formes d'énergie et de puissance appelée correspondent approximativement aux données réelles mesurées. Dans le cas contraire, le modèle doit être calibré en fonction des conditions de la période de suivi. Il n'est généralement pas nécessaire de recalibrer un modèle qui a été calibré avec des données de référence. Les exigences relatives au calibrage du modèle doivent être incluses dans le plan de M&V et doivent tenir compte du niveau

d'économies attendu, des données énergétiques et autres disponibles, et de la granularité nécessaire des résultats³.

Une fois calibré, le modèle de simulation doit permettre de prévoir raisonnablement les formes de puissance appelée et la consommation d'énergie du site ou du système. Pour ce faire, on compare les résultats du modèle aux données mesurées sur la consommation d'énergie et de la puissance appelée, aux variables indépendantes et aux facteurs statiques, et on modifie itérativement le modèle jusqu'à ce que la consommation d'énergie et de la puissance appelée prévues, ainsi que les principales conditions d'exploitation, concordent avec les données mesurées dans des limites acceptables. Les modifications apportées aux paramètres d'entrée du modèle pour le calibrer doivent être documentées, comme décrit à la section 13.2.3.

La calibration des simulations énergétiques de l'ensemble du site est effectué à l'aide de douze mois consécutifs de données de facturation des fournisseurs d'énergie pour une gamme de conditions météorologiques et une période d'exploitation stable. Toutefois, l'utilisation de données énergétiques à intervalles plus courts pour déterminer les profils de charge est courante et peut permettre d'obtenir des modèles mieux calibrés.

Les données de calibrage supplémentaires peuvent inclure les caractéristiques de fonctionnement, les horaires, les paramètres d'occupation, les conditions météorologiques, les charges de processus ou autres, et l'efficacité des équipements. Les paramètres doivent être mesurés à un intervalle approprié (jour, semaine, mois) ou extraits des registres d'exploitation ou des registres de données de tendance. La précision des compteurs doit être vérifiée pour les mesures critiques. Le niveau de calibrage doit être établi dans le plan de M&V et refléter le niveau d'effort et de précision justifié pour le projet.

Dans un nouveau site, le calibrage du modèle peut n'avoir lieu que plusieurs mois après l'achèvement des travaux, lorsque l'occupation et les opérations se sont stabilisées. Pour les procédés industriels ou d'autres sous-systèmes du site, les données au niveau du système doivent être collectées pendant une période suffisante pour saisir une gamme complète de conditions d'exploitation, y compris tous les cycles et variations significatifs du procédé. Il faut veiller à ce que la granularité et la fréquence des données soient suffisantes pour saisir les variations. La période et les données à utiliser pour calibrer le modèle doivent être documentées dans le plan de M&V. Il est important de recueillir et d'enregistrer toutes les données qui seront utilisées pour évaluer les économies d'énergie normalisées (par exemple, les taux de production moyens, les conditions météorologiques pour une année standard).

Après avoir élaboré le plan de M&V, il faut collecter les données et effectuer les étapes de calibrage décrites dans le Tableau 9. Il est important de noter que la création et le calibrage des modèles de simulation sont des processus itératifs qui peuvent prendre beaucoup de temps. La précision de la modélisation informatique et le calibrage des modèles sont les principaux défis liés à la mise en œuvre de l'option D. Par exemple, les modèles pour les nouveaux bâtiments sont basés sur une occupation complète et des opérations stables, mais la période de calibrage utilisée correspond à la période nécessaire pour atteindre l'occupation et les charges complètes du bâtiment.

L'utilisation de données énergétiques mensuelles ou quotidiennes plutôt que des données horaires permet de limiter l'effort et le coût de calibrage du modèle. Cependant, si la simulation est utilisée pour estimer les économies de puissance appelée ou pour déterminer les économies au niveau de l'AAPE, le

³ L'annexe G de la norme ASHRAE 90.1 fournit des exemples utiles d'exigences en matière d'étalonnage.

calibrage à l'aide de données horaires (ou parfois de données à intervalles de temps plus courts) peut être nécessaire pour les utilisations finales, les systèmes ou les équipements concernés.

Afin d'équilibrer les coûts et la précision, les points suivants doivent être pris en compte:

- L'analyse de simulation par un personnel qualifié qui connaît le logiciel, les techniques de calibrage, l'équipement et le processus modélisés, ainsi que les concepts d'économies de l'IPMVP.
- L'enregistrement des données d'enquête, des données de surveillance et des hypothèses utilisées pour définir les valeurs d'entrée. Le modèle de simulation calibré doit être sauvegardé avec la sauvegarde sécurisée de tous les fichiers. La version du logiciel de simulation doit être enregistrée et sauvegardée pour faciliter les examens d'assurance qualité.
- La documentation des changements spécifiques apportés au modèle de simulation pour représenter l'impact de chaque AAPE.
- Dans la mesure du possible, pour les nouveaux projets de construction, le personnel qui a créé le modèle énergétique du site ou du procédé devrait aussi créer le modèle calibré de la période de suivi et le modèle de référence ajusté (décrit ci-dessous).

Tableau 9 : Étapes du calibrage du modèle de simulation

Étape	Activité de calibrage du modèle
1	Développer les paramètres d'entrée nécessaires et les hypothèses du modèle, et documenter leurs valeurs et leurs sources.
2	Recueillir les données de la période de calibrage et documenter leurs valeurs et leurs sources. Les données nécessaires comprennent les données relatives à la consommation d'énergie et la puissance appelée, ainsi que des détails sur d'autres facteurs influençant l'énergie (par exemple, les pressions mesurées dans le système, les points de consigne de température, les flux de matériaux, les heures de fonctionnement, les niveaux d'occupation, etc.) Lorsque des estimations sont utilisées, il convient de documenter la fourchette des valeurs probables.
3	Exécuter le modèle de simulation et vérifier que les systèmes répondent aux exigences de performance. Par exemple, les charges pour chaque utilisation finale, les points de consigne des zones (température et humidité) pour les bâtiments, les taux de production et les paramètres de qualité des produits pour les applications industrielles.
4	Comparer les résultats énergétiques simulés avec les données énergétiques mesurées lors du calibrage – sur une base horaire, quotidienne ou mensuelle pour tenir compte des différences météorologiques.
5	Comparer les résultats aux données détaillées d'exploitation et de performance mesurée pour s'assurer qu'ils représentent le fonctionnement réel du site et du système.
6	Évaluer la cohérence des formes de charge et d'autres modèles d'utilisation finale et les données de calibrage, par exemple les diagrammes à barres, les graphiques de séries temporelles des différences mensuelles en pourcentage et les diagrammes de dispersion XY mensuels, afin d'identifier les divergences.
7	Si nécessaire, réviser les valeurs des données d'entrée établies à l'étape 1. Répéter les étapes 3 à 5 pour que les résultats prévus soient conformes aux exigences de calibrage du projet spécifiées dans le plan de M&V. Recueillir d'autres données d'exploitation de l'installation si nécessaire.

9.4.2. Calculs

La consommation d'énergie évitée peut être déterminée en utilisant l'énergie et la puissance appelée mesurées pendant la période de suivi ainsi que les résultats de simulation calibrés des modèles représentant la période de référence et la période de suivi.

SITES EXISTANTS

Pour les bâtiments existants, un modèle énergétique représentant les conditions existantes du bâtiment (ou du site) peut être développé pour prédire l'impact des AAPE ou aider à la sélection de la meilleure combinaison d'AAPE pour répondre aux attentes du client ou aux exigences du code de la construction. Après l'installation des AAPE, la consommation d'énergie et la puissance appelée de la période de suivi sont utilisées pour développer le modèle de la période de suivi. Une fois calibré (c'est-à-dire lorsque les différences sont négligeables entre les valeurs réelles et les valeurs prédites par le modèle), les AAPE sont retirées du modèle de la période de suivi pour construire le modèle de référence. Le modèle de référence représente le bâtiment existant dans les conditions de la période de suivi.

Les économies d'énergie normalisées peuvent également être déterminées. Si l'on souhaite rendre compte des économies réalisées dans des conditions normales, le modèle calibré de la période de suivi doit être modifié pour représenter des conditions normales (par exemple, des conditions météorologiques normales ou des variables normales) puis les AAPE seront retirés pour élaborer le modèle de référence.

NOUVELLE CONSTRUCTION

Si la période de référence n'existe pas ou si les données de référence ne sont pas disponibles (par exemple, dans le cas d'une nouvelle construction ou de la réaffectation d'un bâtiment), le modèle calibré pour la période de suivi peut être utilisé pour développer le modèle de référence. Pour les projets qui développent un modèle de référence hypothétique (par exemple, l'énergie de référence conforme au code pour un projet de nouvelle construction), le modèle de référence pour la M&V doit être développé à partir du modèle calibré de la période de suivi avec les AAPE enlevées, comme décrit ci-dessus. Dans tous les cas, les paramètres d'entrée des modèles et les données énergétiques mesurées doivent être utilisés dans les mêmes conditions de fonctionnement, comme dans l'option C.

Étant donné que le modèle n'est calibré que pour une seule période, l'erreur de calibrage est supposée affecter de la même manière le modèle de la période de référence et celui de la période de suivi. Pour les nouvelles constructions, l'erreur de calibrage correspond à l'énergie réelle de la période de suivi moins l'énergie prévue par le modèle calibré pour la période de suivi, qui peut être positive ou négative.

Équation 10: Équation simplifiée pour la consommation d'énergie évitée grâce à l'option D dans les nouvelles constructions

Consommation d'énergie évitée =	Énergie de la période de référence provenant du modèle calibré mis à jour aux conditions de référence
-	Énergie de la période de suivi provenant du modèle calibré

ÉCONOMIES CONTINUES

Si une évaluation pluriannuelle des performances est nécessaire, les modèles doivent être recalibrés chaque année de la période de suivi. Comme alternative, l'option D peut être utilisée pour la première année suivant l'installation des AAPE et, les années suivantes, l'option C peut être appliquée avec la

période de référence basée sur les données mesurées de la première année de fonctionnement normal de la période de suivi. Dans ce cas, l'option C est utilisée les années subséquentes pour faire le suivi de la persistance des économies.

INCERTITUDE DES ÉCONOMIES

Les sources d'incertitude des économies pour l'option D comprennent les hypothèses inexactes utilisées dans le développement du modèle de simulation, l'erreur dans les valeurs estimées utilisées, l'incertitude de l'échantillonnage et l'erreur de mesure due à l'instrumentation dans toutes les données d'énergie provenant des compteurs divisionnaires.

Comme indiqué dans 13.2.3, le plan de M&V doit discuter des sources d'incertitude dans les économies et des exigences pour le calibrage du modèle. Les variables mesurées et celles estimées dans le cadre du développement et du calibrage du modèle doivent être identifiées, ainsi que l'impact possible des valeurs estimées sur l'incertitude des économies. Il convient d'indiquer les valeurs utilisées, la fourchette des valeurs probables et les sources des valeurs estimées.

9.4.3. Meilleures applications

En général, l'option D convient le mieux aux cas suivants:

- Les données énergétiques de la période de référence ne sont pas disponibles ou ne sont pas fiables:
 - un nouveau projet de construction;
 - un agrandissement du site qui doit être évalué séparément du reste du site;
 - un campus comprenant plusieurs sites/bâtiments dotées d'un compteur central où il n'y a pas de compteur individuel pendant la période de référence, mais où des compteurs individuels seront disponibles après la mise en œuvre des AAPE.
- Les AAPE sont trop nombreuses pour être évaluées à l'aide des options A ou B.
- Les performances de chaque AAPE seront estimées individuellement dans le cadre d'un projet d'AAPE multiple, mais les coûts des options A ou B sont excessifs.
- Les interactions entre les AAPE sont complexes et importantes, ce qui rend les techniques d'isolement des options A et B peu pratiques.

Tableau 10 : Résumé des options de l'IPMVP

Option IPMVP	Définition	Comment les économies sont-elles calculées ?	Applications typiques
A. Isolement de l'AAPE: Mesure des paramètre(s) clé(s)	<p>Les économies sont déterminées par la mesure sur le terrain du ou des paramètres clés, qui définissent la consommation d'énergie ou la puissance appelée du ou des systèmes concernés par l'AAPE. Des indicateurs de performance peuvent également être définis et mesurés pour garantir la réussite du projet.</p> <p>Les mesures vont de périodiques à court terme à continues à long terme, en fonction des variations attendues du (des) paramètre(s) clé(s). Les paramètres non sélectionnés pour des mesures sur le terrain sont des valeurs estimées. Les estimations peuvent être basées sur des données historiques, les spécifications du fabricant ou un jugement technique.</p> <p>La documentation de la source et de la justification de la valeur estimée est requise. L'erreur d'économie plausible résultant de l'estimation plutôt que de la mesure est évaluée et est acceptable pour les parties prenantes.</p>	<p>Calcul de l'énergie de la période de référence et de l'énergie de la période de suivi à partir de mesures périodiques à court terme de l'énergie, ou de mesures périodiques à court terme ou continues de paramètres clés et de valeurs estimées.</p> <p>Ajustements périodiques et non périodiques selon les besoins.</p> <p>Le(s) paramètre(s) clé(s) doit(vent) être mesuré(s) à la fois pendant la période de référence et la période de suivi.</p>	<p>Dans le cas d'une action d'amélioration de l'éclairage, la variation de la puissance absorbée par le système d'éclairage est le paramètre le plus incertain et est mesurée. De plus, les heures de fonctionnement de l'éclairage sont estimées sur la base des horaires du site et du comportement de l'occupant.</p> <p>Notes : Il existe souvent plusieurs paramètres clés, et la sélection des paramètres clés à mesurer est une considération importante.</p>

Option IPMVP	Définition	Comment les économies sont-elles calculées ?	Applications typiques
B. Isolement de l'AAPE: Mesure de tous les paramètres	<p>Les économies sont déterminées par une mesure continue sur le terrain de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée, ou des variables de substitution validées et des variables indépendantes connexes du système concerné par l'AAPE.</p> <p>Les mesures peuvent être périodiques à court terme ou continues à long terme, en fonction des variations attendues des paramètres clés.</p>	<p>Détermination de l'énergie de la période de référence sur la base de mesures à court terme ou en continu de l'énergie de la période de référence et de la période de suivi, ou sur la base de calculs techniques utilisant des mesures d'indicateurs éprouvés de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée.</p> <p>Ajustements périodiques et non périodiques selon les besoins.</p>	<p>Installation d'un entraînement à fréquence variable et de commandes sur un moteur pour ajuster le débit de la pompe. Mesure de la puissance électrique à l'aide d'un compteur de kW installé sur l'alimentation électrique du moteur, qui relève la puissance appelée toutes les minutes. Au cours de la période de référence, ce compteur est en place pendant un mois et le système est testé pour vérifier que la charge est constante dans toutes les conditions de fonctionnement. Le compteur reste en place tout au long de la période de suivi pour mesurer la consommation d'énergie et la puissance appelée.</p>
C. Site entier	<p>Les économies sont déterminées en mesurant la consommation d'énergie ou la puissance appelée au niveau de l'ensemble du site ou d'une partie du site, souvent à l'aide des données des compteurs des fournisseurs d'énergie.</p> <p>Des mesures continues de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée du site entier ou d'une partie du site sont effectuées tout au long de la période de référence et de la période de suivi.</p>	<p>Analyse des données énergétiques de l'ensemble du site ou d'une partie du site pour la période de référence et la période de suivi (par exemple, compteur d'énergie) et des variables indépendantes.</p> <p>Ajustements périodiques si nécessaire, généralement à l'aide de modèles basés sur des techniques d'analyse de régression.</p> <p>Ajustements non périodiques, le cas échéant.</p>	<p>Programmes de gestion de l'énergie à multiples facettes touchant de nombreux systèmes d'un site.</p> <p>Mesurer la consommation d'énergie ou de la puissance appelée à l'aide des compteurs de gaz et d'électricité des fournisseurs pendant une période de référence de douze mois et tout au long de la période de suivi.</p>

Option IPMVP	Définition	Comment les économies sont-elles calculées ?	Applications typiques
D. Simulation calibrée	<p>Les économies sont déterminées par la simulation de la consommation d'énergie et de la puissance appelée du site entier ou d'une partie du site par la comparaison des résultats avec la consommation d'énergie et de la puissance appelée réelles.</p> <p>Il est démontré que les modèles de simulation modélisent de manière adéquate la performance énergétique réelle du site.</p> <p>Cette option nécessite des compétences considérables en matière de simulation calibrée et une connaissance pratique de l'équipement et des processus modélisés.</p>	<p>Consommation d'énergie et puissance appelée réelles et résultats des modèles de simulation.</p> <p>Consommation d'énergie et puissance appelée issues de la simulation, calibrées avec des données énergétiques horaires, journalières ou mensuelles. Les données de comptage de l'énergie provenant des compteurs divisionnaires et de performance mesurée, y compris les processus, peuvent être utilisées pour le calibrage ultérieur du modèle.</p> <p>Ajustements non périodiques, le cas échéant.</p>	<p>Programmes de gestion de l'énergie à multiples facettes touchant de nombreux systèmes d'un site, mais pour lesquels il n'y avait pas de compteur au cours de la période de référence.</p> <p>La mesure de la consommation d'énergie et de la puissance appelée, après l'installation de compteurs de gaz naturel, d'électricité ou d'autres énergies, est utilisée pour calibrer un modèle de simulation.</p>

10. COÛT ET RIGUEUR DE LA M&V DANS LES ÉCONOMIES

10.1. Coût de la M&V

Les coûts de la M&V doivent être adaptés au niveau des économies attendues, au niveau de la rigueur nécessaire pour les économies rapportées, au niveau des investissements et des avantages des AAPE, ainsi qu'aux intérêts des parties prenantes en ce qui concerne la fréquence et la durée du processus d'établissement des rapports. Il est difficile de généraliser les coûts des différentes options de l'IPMVP, car chaque projet a son propre budget. Toutefois, la M&V ne devrait pas coûter plus cher que nécessaire pour assurer une certitude et une vérification adéquates des économies rapportées, en accord avec le budget global des AAPE. Le niveau d'effort peut être accru pour améliorer la confiance dans les économies.

Le coût de la détermination des économies par le biais de la M&V dépend de nombreux facteurs tels que :

- l'option IPMVP sélectionnée et le périmètre de mesure utilisé;
- le nombre d'AAPE et leur complexité;
- le nombre et le type de flux d'énergie à l'intérieur du (ou des) périmètre(s) de mesure qui doit (doivent) être mesuré(s);
- la précision requise dans les économies déclarées (c'est-à-dire le niveau acceptable d'incertitude des économies);
- le niveau d'effort associé à l'option et aux approches choisies, par exemple :
 - la quantité et la complexité de l'équipement de mesure nécessaire par rapport à l'instrumentation existante (tenir compte de la conception, de l'installation, de l'étalonnage, de la lecture, du retrait, de l'entretien ou de la réinstallation, etc.),
 - le niveau d'effort nécessaire pour effectuer les mesures de la période de référence et de la période de suivi,
 - les tailles d'échantillon spécifiées, le cas échéant, pour l'équipement représentatif de mesure, sur la base du niveau de confiance et de la précision requis pour le(s) paramètre(s) mesuré(s),
 - l'effort d'ingénierie requis,
 - la complexité de la collecte de données des variables indépendantes utilisées dans les modèles mathématiques,
 - le nombre et le type de facteurs statiques ayant un impact sur l'utilisation de l'énergie dans le périmètre de mesure et qui doivent être documentés et suivis;
- les activités de vérification opérationnelle requises pour chaque AAPE;
- l'inclusion d'un agent de mise en service tiers pour les AAPE installées;
- la durée de la période de suivi;
- la fréquence des rapports d'économies et le niveau de détail requis;
- les activités de vérification permanente nécessaires;
- les méthodes utilisées pour examiner les plans de M&V et les rapports d'économies;
- l'expérience et les qualifications professionnelles des personnes chargées de la détermination des économies.

Les coûts liés à l'ajout de compteurs au périmètre de mesure peuvent être justifiés pour les AAPE qui réalisent des économies d'énergie importantes, afin de garantir un niveau élevé de rigueur dans les

économies déclarées (voir la section 8.6). Parfois, les frais de comptage peuvent être partagés avec d'autres lorsqu'ils peuvent être utilisés à d'autres fins, telles que le retour d'information opérationnel ou la facturation aux locataires.

Il faut s'attendre à ce que les coûts de la M&V soient plus élevés au début de la période de suivi. À ce stade du projet, de nouveaux compteurs peuvent être nécessaires, les processus de mesure sont en cours d'affinement et un suivi précis des performances permet d'optimiser la conception et le fonctionnement des systèmes de gestion de l'énergie. En fin de compte, le coût de la détermination des économies devrait être proportionnel à l'ampleur des économies attendues et aux autres objectifs des parties prenantes.

- Les méthodes de l'**option A** sont généralement moins coûteuses et plus incertaines que celles de l'**option B**. Étant donné que les **options A et B** impliquent souvent un nouvel équipement de mesure, le coût de l'installation et de l'entretien de cet équipement peut rendre l'**option C** moins coûteuse pour des périodes de suivi plus longues, mais ce coût doit être comparé à celui du suivi des facteurs statiques, de la gestion des données et des ajustements non périodiques. La planification des coûts pour les **options A et B** doit prendre en compte tous les éléments: l'analyse, l'installation et l'étalonnage des compteurs, les coûts permanents de lecture et d'enregistrement des données, et les activités de vérification. Lorsque plusieurs AAPE sont réalisées sur un site, il peut être moins coûteux d'utiliser les **options C ou D** que d'isoler et de mesurer plusieurs AAPE avec les **options A ou B**.
- Le coût de l'**option C** dépend de la source des données énergétiques et de la difficulté de suivre les facteurs statiques ayant un impact sur la consommation d'énergie dans le périmètre de mesure, pour permettre des ajustements non périodiques au cours de la période de suivi. Ce coût est tributaire du bon fonctionnement des compteurs des fournisseurs d'énergie, des compteurs secondaires existants s'ils sont étalonnés (calibrés), et des données correctement enregistrées. Ce choix n'entraîne aucun coût supplémentaire pour les compteurs. Toutefois, le coût du suivi des modifications des facteurs statiques dépend de la taille du site, de la probabilité des modifications des facteurs statiques, de la difficulté de détecter les modifications sur place, de la disponibilité de données fréquentes des fournisseurs d'énergie (c'est-à-dire horaires ou quotidiennes) et des procédures de surveillance déjà en place.
- Un modèle de simulation de l'**option D** est souvent long et coûteux, car il nécessite le développement d'une simulation énergétique du bâtiment souvent complexe qui prend en compte toutes les parties de l'enveloppe du bâtiment, les systèmes, les charges, les horaires ou le processus industriel. La modélisation énergétique et les efforts de calibrage peuvent prendre beaucoup de temps d'ingénierie spécialisée et nécessiteront des mises à jour pour tenir compte des changements dans les facteurs statiques au cours de la période couverte par le rapport.

10.2. Gérer l'incertitude

La détermination des économies est incertaine, car les économies représentent l'absence de consommation d'énergie et ne peuvent être mesurées directement. Dans un processus de M&V, les incertitudes des paramètres utilisés pour déterminer les économies empêchent la détermination exacte des économies. Nous utilisons le terme *erreur* pour comparer une mesure ou une prévision lorsque la valeur réelle est connue, alors que le terme *incertitude* est utilisé lorsque la valeur réelle n'est pas connue.

Notre objectif est de minimiser les incertitudes dans la détermination des économies. La minimisation de l'incertitude peut se faire en minimisant l'incertitude des paramètres individuels dans un processus de détermination des économies et en menant une analyse approfondie de l'incertitude des économies résultantes.

Les caractéristiques d'un processus de détermination des économies qui doivent être soigneusement évaluées pour gérer l'incertitude des économies déclarées sont les suivantes:

- » **Erreur d'instrumentation** – La mesure de toute quantité physique comporte des erreurs car aucun instrument de mesure n'est précis à 100 %. Les erreurs de l'équipement de mesure sont dues à l'étalonnage, à la précision de l'instrument, aux mesures inexactes et à la sélection ou à l'utilisation incorrecte de l'appareil de mesure. La vérification des spécifications et de la précision de l'instrument par rapport à un instrument étalonné est typique.
- » **Erreur de modélisation** – Les formulations mathématiques issues de l'analyse de régression ou d'autres techniques ne rendent pas compte de toutes les variations de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée. Une erreur de modélisation limitée (incertitude due à la dispersion des données au-delà de ce qui est caractérisé par les variables indépendantes appropriées) est attendue et admissible dans des limites appropriées. Des niveaux élevés d'erreur de modélisation peuvent être dus à des variations inhabituelles des données, à une forme fonctionnelle inappropriée, à l'inclusion de variables non pertinentes ou à l'exclusion de variables pertinentes. L'évaluation de l'erreur de modélisation à l'aide de paramètres statistiques pour garantir la validité du modèle est nécessaire et la quantification de l'incertitude est possible.
- » **Erreur d'échantillonnage** – L'utilisation d'un échantillon de l'ensemble de la population d'éléments ou d'événements pour représenter l'ensemble de la population introduit une erreur en raison de la variation des valeurs au sein de la population ou d'un échantillonnage biaisé. L'échantillonnage⁴ peut être effectué dans un sens physique (par exemple, seul un nombre x de luminaires est mesuré) ou temporel (mesure instantanée une fois par heure). La quantification de la précision réelle des stratégies d'échantillonnage statistique pour évaluer la viabilité de l'échantillon est typique.
- » **Valeurs estimées** – Erreur introduite par l'utilisation de paramètres non mesurés dans la méthode de calcul des économies. L'évaluation de l'impact potentiel sur les économies des valeurs estimées en utilisant la fourchette des valeurs attendues est typique.
- » **Effets interactifs** – Impacts énergétiques au-delà du périmètre de mesure des AAPE qui ne sont pas entièrement pris en compte dans la méthode de calcul des économies. Tout effet interactif estimé doit être faible par rapport aux économies globales et estimé de manière prudente afin de limiter l'impact sur les économies déclarées.
- » **Collecte et analyse des données** – Les erreurs inhérentes à la collecte **des données** (par exemple, les données erronées ou manquantes) doivent également être gérées lors de l'élaboration et de la mise en œuvre du plan de M&V. La mise en œuvre de procédures d'assurance qualité rigoureuses peut réduire ces erreurs.

Des méthodes de quantification, d'évaluation et de réduction de certaines de ces sources d'erreurs et d'incertitude doivent être utilisées lors de l'élaboration du plan de M&V afin de réduire l'incertitude associée à la détermination des économies. L'évaluation des caractéristiques optionnelles du programme de M&V peut établir le niveau de rigueur utilisé et soutenir la confiance des parties prenantes dans les économies rapportées.

Il importe d'établir les attentes des parties prenantes en matière de gestion de l'incertitude et les méthodes qui seront utilisées pour répondre à ces attentes. Il peut s'agir d'un large éventail de méthodes

⁴ Les meilleures pratiques pour l'utilisation de l'échantillonnage sont traitées dans *Uncertainty Assessment for IPMVP, EVO 10100-1 :2019*.

allant de la spécification des exigences de précision pour l'équipement de mesure à l'analyse de sensibilité des paramètres de calcul, en passant par l'exigence de méthodes de calcul ou même de la détermination mathématique complète de l'incertitude des économies.

Dans la détermination des économies, il est possible de quantifier de nombreux facteurs d'incertitude, mais généralement pas tous. Par conséquent, lors de l'élaboration d'un plan ou d'un rapport de M&V, il convient de reconnaître et de signaler tous les facteurs d'incertitude, soit qualitativement, soit quantitativement. Le guide *Uncertainty Assessment for IPMVP, EVO 10100-1 :2019* présente des méthodes de quantification de l'incertitude, combinant plusieurs composantes de l'incertitude, ainsi que des exemples.

10.3. Équilibrer la rigueur et le coût

Dans un processus de M&V, le niveau d'effort ou de rigueur dans l'établissement d'un processus approprié de détermination des économies, la collecte et la préparation des données, et le calcul des économies peut être plus ou moins approfondi en fonction du niveau d'économies et de l'avantage économique escompté. Une bonne pratique consiste à minimiser le coût associé à la collecte des données et à la rigueur de l'analyse par rapport au bénéfice économique escompté.

Le niveau acceptable de l'incertitude attendue dans les économies est lié au coût de l'amélioration du niveau de rigueur à un niveau approprié pour la valeur des économies et la tolérance au risque des parties prenantes. Dans le processus de planification de la M&V, on peut fournir une analyse coûts-avantages approximative des différents scénarios de M&V, mais les parties prenantes doivent décider du montant à dépenser et déterminer si le niveau de rigueur attendu pour mesurer les économies est acceptable.

En règle générale, les coûts annuels moyens de M&V devraient être inférieurs à 10 % des économies annuelles moyennes évaluées, bien que des niveaux plus élevés puissent parfois être appropriés (par exemple, nouvel équipement de mesure nécessaire). Les coûts associés à l'effort de M&V ont tendance à augmenter avec le niveau de complexité du processus de M&V. La quantité d'économies en jeu impose donc une limite au budget de M&V, qui peut à son tour déterminer le degré de précision qu'il est possible d'atteindre.

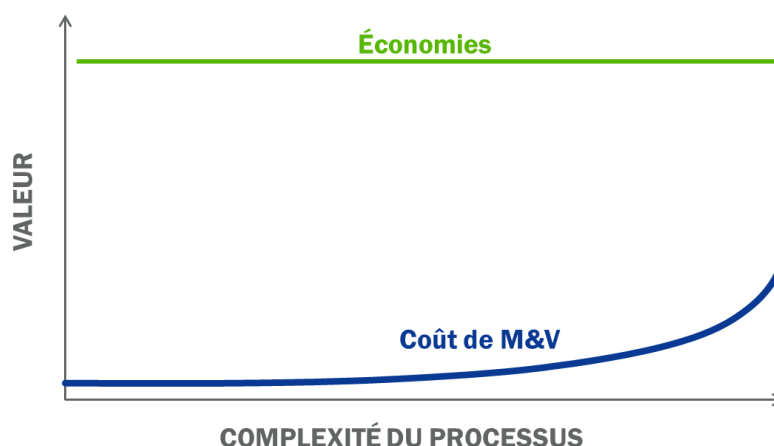


Figure 6: Le niveau des économies limite généralement les coûts de M&V

Le niveau de rigueur requis par les parties prenantes du projet dans un processus de suivi des économies dépend du degré de confiance souhaité dans les économies. Cependant, l'amélioration de la précision nécessite généralement des données opérationnelles plus nombreuses ou de meilleure qualité, ce qui peut augmenter le niveau d'effort et les coûts, mais qui présente des avantages supplémentaires. L'amélioration des données opérationnelles permet de mieux comprendre l'efficacité des systèmes de gestion de l'énergie, ce qui peut conduire à des ajustements permettant d'accroître les économies. Ces données peuvent être transformées en indicateurs de performance qui peuvent être utilisés pour gérer les performances des systèmes de gestion de l'énergie dans le temps. De plus amples informations opérationnelles peuvent également aider à dimensionner les équipements pour l'expansion des usines ou pour le remplacement des anciens équipements.

Pour déterminer le niveau de mesure et les coûts associés, le plan de M&V doit tenir compte de la variation de la consommation d'énergie et de la puissance appelée à l'intérieur du périmètre de mesure et de la valeur des économies qui en résultent, comme indiqué à la section 8.6. Par exemple, les charges d'éclairage intérieur programmées peuvent consommer de l'électricité de manière relativement constante tout au long de l'année, ce qui rend relativement facile la détermination des économies, alors que les charges de chauffage et de refroidissement changent de manière saisonnière, ce qui rend l'identification des économies plus difficile.

Exemples d'équilibre entre rigueur et coût

Prenons l'exemple d'un projet pour lequel les parties prenantes conviennent que l'incertitude des économies sera déterminée, avec des économies prévues de 100 000 \$ par an et un coût de 5 000 \$ par an pour une approche M&V de l'option C basée sur une variable indépendante (la température de l'air extérieur). Avec un niveau de confiance de 90 %, il est possible que l'incertitude ne dépasse pas $\pm 25\,000$ \$ ($\pm 25\%$ des économies) par an. L'incertitude attendue dans les économies rapportées peut être réduite à $\pm 7\,000$ \$ ($\pm 7\%$ des économies) en incluant une variable supplémentaire, mais des visites supplémentaires sur le site seraient nécessaires pour collecter les données. Dans ce cas, il peut être considéré comme raisonnable d'augmenter les dépenses de M&V jusqu'à 10 000 \$ par an (10 % des économies), mais pas jusqu'à 20 000 \$ par an (20 % des économies).

11. ÉCONOMIES DE COÛTS

La détermination de la valeur monétaire des économies vérifiées n'entre pas toujours dans le cadre d'un effort de M&V. Lorsqu'elle est incluse, tous les détails relatifs à la manière dont les calculs des économies de coûts seront effectués doivent être définis dans le plan de M&V.

Bien que les grilles tarifaires des fournisseurs d'énergie varient, allant des tarifs mensuels globaux à ceux qui prévoient plusieurs périodes d'utilisation chaque jour, les économies de coûts sont généralement déterminées par l'une des deux méthodes suivantes:

- 1) Détermination de la différence entre les coûts totaux de la consommation d'énergie et de la puissance appelée au cours de la période couverte par le rapport et ce que les coûts auraient été sans l'AAPE ou les AAPE.
- 2) Valorisation des économies directement à partir des économies d'unités d'énergie sur la base des prix marginaux ou des prix au moment de l'utilisation.

Lors de la planification et du suivi des économies réalisées dans le cadre d'un contrat de performance (ou de tout autre contrat dans lequel les paiements sont subordonnés à des performances avérées en matière d'économies d'énergie ou de coûts), les parties doivent envisager et convenir de ce qu'il faut faire de l'incertitude (si elle a été calculée) des économies déclarées dans le cadre de la réconciliation financière.

11.1. Coûts totaux

Pour calculer la différence entre les coûts totaux de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée, le barème de prix approprié est appliqué à la consommation d'énergie ou à la puissance appelée. Le même barème de prix doit être appliqué pour calculer à la fois C_b et C_r à l'aide de l'équation suivante.

Équation 11: Économies de coûts par la méthode des coûts totaux

$$\text{Économies de coûts} = C_b - C_r$$

Où :

C_b = Coût de l'énergie de référence plus les ajustements éventuels (c'est-à-dire le coût de l'énergie de référence ajustée)

C_r = Coût de l'énergie de la période de suivi plus les ajustements éventuels (c'est-à-dire le coût de l'énergie ajustée de la période de suivi)

Les coûts utilisés dans l'équation sont déterminés pour l'énergie ajustée de la période de suivi, y compris tous les ajustements périodiques et autres, et pour l'énergie ajustée de la période de référence, y compris tous les ajustements périodiques et non périodiques.

Cette méthode peut s'avérer optimale lorsque les coûts réels sont basés sur des grilles tarifaires complexes, qu'ils incluent des coûts liés à la puissance appelée ou des modifications tarifaires résultant d'une réduction de la consommation due à la mise en œuvre d'AAPE.

11.2. Prix marginaux et prix en fonction de la période de consommation

Une autre solution consiste à calculer les économies de coûts directement à partir des économies d'unités d'énergie en utilisant les prix unitaires réels. Cette méthode d'évaluation des économies consiste à appliquer les prix unitaires de l'énergie directement aux économies d'unités d'énergie. Il s'agit de multiplier les unités d'énergie économisées par les prix réels des unités d'énergie économisées, prix qui peuvent varier. Le prix réel par unité peut être le prix marginal, c'est-à-dire le coût d'une unité supplémentaire d'un produit facturé dans le cadre d'une grille tarifaire complexe telle que les tarifs par tranches, qui facturent un certain prix pour la première quantité définie utilisée, et un prix différent pour chaque tranche supplémentaire utilisée. De même, pour déterminer les économies de coûts dans le cadre de tarifs basés sur la période de consommation, il faut suivre les économies d'énergie réalisées au cours de chaque période de tarification.

Il faut veiller à ce que le(s) prix marginal(aux) déterminé(s) soit(soient) valable(s) pour le niveau de consommation d'énergie et d'appel de puissance de la période de référence et de la période de suivi. De même, il convient d'être prudent lors de l'application de tarifs en fonction de la période de consommation journalière ou saisonnière, qui sont différents par unité d'énergie consommée. Le concept d'établissement des prix de base et des facteurs d'indexation associés à la période de suivi, tel que discuté ci-dessous, peut s'appliquer aux procédures d'évaluation du prix marginal. L'utilisation du barème des prix réels est nécessaire pour établir les prix marginaux appropriés pour l'évaluation future des économies spécifiques au projet.

Les prix moyens ou mixtes déterminés en divisant le coût facturé par la consommation facturée sont généralement différents des prix marginaux réels. En général, les prix moyens créent des résultats inexacts d'économies de coûts et ne doivent pas être utilisés.

11.3. Grilles tarifaires

Les grilles tarifaires doivent être obtenues auprès du fournisseur d'énergie. Cette grille doit inclure tous les éléments qui sont affectés par les quantités mesurées, tels que les frais de consommation, les frais de la puissance appelée, les crédits de transformateur, le facteur de puissance, les paliers de demande, les ajustements du prix des combustibles, les frais de transmission, les remises pour paiement anticipé et les taxes.

La grille tarifaire sélectionnée peut être fixée ou modifiée en fonction de l'évolution des prix. Une augmentation des prix raccourcira la période de récupération des économies d'énergie, et une diminution des prix allongera la période de récupération, bien que les coûts totaux de l'énergie diminuent lorsque les prix baissent. Lorsque les conditions de la période de suivi sont utilisées comme base pour déclarer les économies d'énergie (c'est-à-dire la consommation d'énergie ou la puissance appelée évitée), la grille tarifaire de la période de suivi est normalement utilisée pour calculer le "coût évité".

Lorsqu'un tiers a investi dans le site d'un propriétaire ou que les paiements sont basés sur des économies vérifiées, comme dans un contrat de performance, la grille tarifaire pour le suivi des économies est normalement fixée à une grille tarifaire de base au moment de l'engagement de l'investissement (ou du contrat) et n'est normalement pas autorisée à descendre en dessous de cette grille aux fins de la détermination des économies de coûts énergétiques vérifiées pour satisfaire à la garantie et en appui aux paiements.

Les grilles tarifaires peuvent changer à des moments différents des dates de relevé des compteurs. Par conséquent, C_b et C_r dans l'équation 11 doivent être calculés pour des périodes exactement alignées sur les dates de changement de prix. Cet alignement peut nécessiter une estimation de l'attribution des quantités aux périodes antérieures et postérieures à la date de changement de prix. La méthode d'attribution doit être la même que celle utilisée par le fournisseur d'énergie.

11.4. Estimation des valeurs futures

Définir la manière dont les économies d'énergie seront évaluées dans les années à venir nécessite une prise en compte importante des risques potentiels que les coûts réels soient supérieurs ou inférieurs à ceux utilisés dans le plan de M&V.

L'estimation des valeurs énergétiques futures peut être compliquée par l'utilisation de tarifs en fonction de la période de consommation et de sites dotés de systèmes d'énergie renouvelable, de production d'énergie et de stockage d'énergie. Dans ces cas, il est souvent nécessaire d'utiliser des données horaires pour évaluer les économies d'énergie. Des données infra-horaires peuvent être nécessaires pour évaluer l'impact des coûts de la puissance appelée de pointe.

Dans le cas d'un contrat de performance où des économies d'énergie sont garanties et où les économies de coûts énergétiques associées sont utilisées pour déterminer les paiements au contractant, il convient d'être particulièrement attentif à l'établissement des prix de l'énergie. Si la performance de l'AAPE est axée sur la consommation d'énergie et les économies de puissance appelée et que l'entrepreneur ne prend aucun risque sur la garantie des prix de l'énergie tout au long de la période de suivi du contrat, les prix de l'énergie doivent être définis dans le plan de M&V du contrat et convenus entre le propriétaire et l'entrepreneur.

Ces prix de l'énergie définis contractuellement seraient alors utilisés dans les économies déclarées plutôt que les prix de l'énergie réels de la période de suivi. Cela réduit le risque pour le propriétaire de voir les économies d'énergie atteindre la garantie en raison de prix réels de l'énergie plus élevés que prévu, alors que les économies d'énergie au niveau de la consommation et de la demande n'atteignent pas la garantie de performance. De même, cela réduit le risque pour l'entrepreneur d'atteindre la garantie de performance énergétique au niveau de la consommation et de la puissance appelée, mais de ne pas atteindre les économies de coûts associées en raison d'un facteur indépendant de la volonté de l'entrepreneur.

La détermination et la stipulation d'un taux d'indexation annuel à appliquer à la grille tarifaire de base pour refléter les prix projetés pour la période de suivi, et ce, pour chaque année de la période de suivi, peuvent être convenues afin d'évaluer les économies d'énergie. Il existe des outils pour faciliter les calculs de prévision des prix de l'énergie. Cependant, il s'agit d'une variable spécifique au projet et au site qui doit être soigneusement déterminée et acceptée par le propriétaire dans le plan de M&V du contrat avant la mise en œuvre du projet.

Pour les contrats de performance, les prix de l'énergie définis deviennent alors les prix de l'énergie contractuels, et les taux réels au cours de la période de suivi ne sont donnés qu'à titre informatif; ils peuvent être utilisés pour illustrer les économies de coûts énergétiques, mais les économies de coûts vérifiées pour prouver la garantie sont calculées sur la base des prix de l'énergie contractuels.

11.5. Changement de combustible et modification de la grille tarifaire

La stratégie générale consistant à appliquer la même grille tarifaire à l'énergie de référence et à l'énergie de la période de suivi introduit des considérations particulières lorsque l'AAPE entraîne un changement de type de combustible ou un changement de grille tarifaire entre la période de référence et la période de suivi. De telles situations se présentent, par exemple, lorsqu'une AAPE prévoit le passage à un combustible moins coûteux ou modifie la consommation d'énergie ou la structure de la puissance appelée de telle sorte que l'installation peut bénéficier d'une grille tarifaire différente.

Dans ce cas, il convient d'utiliser la grille tarifaire du produit de base pour déterminer C_b dans l'équation 11. La grille tarifaire du produit de la période de suivi doit être utilisée pour déterminer C_r . Toutefois, les deux grilles tarifaires des produits doivent porter sur la même période, généralement la période de suivi.

Par exemple, la source de chauffage passe de l'électricité au gaz et l'utilisation des prix de la période de suivi est prévue. Dans ce cas, C_b utilisera la grille tarifaire de l'électricité de la période de suivi pour toute l'électricité. C_r utilisera la grille tarifaire du gaz de la période de suivi pour la nouvelle charge de gaz et la grille tarifaire de l'électricité de la période de suivi pour toute consommation d'électricité restante.

Toutefois, ce traitement d'un changement intentionnel de grille tarifaire ne s'applique pas si le changement ne fait pas partie des AAPE évalués. Par exemple, si le distributeur d'énergie a modifié ses structures de prix sans raison liée aux mesures d'économie d'énergie évaluées, le principe général de l'utilisation de la même grille tarifaire pour évaluer l'énergie ajustée de la période de référence et l'énergie ajustée de la période de suivi (par exemple, C_b et C_r) s'applique toujours.

12. ENJEUX COURANTS DE LA M&V

Cette section fournit des conseils sur les questions qu'on se pose fréquemment lors de la réalisation d'activités de M&V, souvent indépendamment de l'option IPMVP choisie.

12.1. Événements non périodiques et ajustements

Comme décrit dans la section 7.4.2, lorsque des changements inattendus dans les conditions (y compris des opérations atypiques) qui sont par ailleurs statiques (c'est-à-dire des facteurs statiques) affectent la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure, des ajustements non périodiques doivent être effectués, comme indiqué dans les équations d'économies de l'IPMVP. Les ajustements non périodiques sont effectués en plus des ajustements périodiques effectués avec le modèle mathématique utilisé pour prendre en compte les changements prévisibles des conditions.

Les ajustements non périodiques sont déterminés à partir de changements physiques réels dans le site, l'équipement ou les opérations (c'est-à-dire des facteurs statiques). Les mesures utilisées pour quantifier les impacts des ajustements non périodiques doivent être prises en compte dans la mesure du possible. Il est parfois difficile de quantifier l'impact des changements, par exemple s'ils sont nombreux ou s'ils ne sont pas bien documentés. L'utilisation d'outils avancés d'analyse des données (voir section 12.2) peut faciliter le suivi et la quantification des ajustements non périodiques. Les méthodes d'identification et d'ajustement des événements non périodiques sont détaillées dans le guide *IPMVP Application Guide on Non-Routine Events and Adjustments, EVO 10400-1 :2020*.⁵

Des ajustements non périodiques sont nécessaires lorsqu'un changement se produit dans l'équipement ou les opérations qui affectent la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure. Ce changement concerne un facteur statique et non des variables indépendantes. Ces types de changements ou d'événements non périodiques peuvent se produire au cours de n'importe quelle période de M&V, et les changements peuvent concerner la taille de l'installation, l'efficacité de l'équipement, la capacité, la séquence d'exploitation ou tout autre élément qui entraîne des changements dans la consommation d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure.

Par exemple, une AAPE a permis d'améliorer l'efficacité d'un grand nombre d'appareils d'éclairage. Lorsque des appareils d'éclairage supplémentaires ont été installés après la période d'installation de l'AAPE, un ajustement non périodique a été effectué. L'énergie des appareils supplémentaires a été déterminée et ajoutée à l'énergie de référence afin que les économies réalisées grâce à l'AAPE soient toujours rapportées.

Les conditions de base doivent être entièrement documentées dans le plan de M&V afin que les changements dans les facteurs statiques puissent être identifiés et que les ajustements non périodiques appropriés puissent être effectués. Il est important de disposer d'une méthode permettant de suivre et de signaler les modifications de ces mêmes facteurs statiques. Le suivi des conditions peut être effectué par une ou plusieurs parties, y compris le propriétaire du site, l'intervenant qui génère les économies ou un vérificateur tiers. Le plan de M&V doit préciser qui assurera le suivi et produira les rapports de chaque facteur statique. Lorsque la nature des changements futurs peut être anticipée, les méthodes pour effectuer les ajustements non périodiques pertinents doivent être incluses dans le plan de M&V.

⁵ Ce guide est disponible sur le site www.evo-world.org.

Exemples de modifications de facteurs statiques nécessitant des ajustements non périodiques
Problèmes ou pannes d'équipement importants, arrêts du site ou opérations atypiques
Surface d'espace chauffé ou climatisé
Type de produits fabriqués ou nombre d'équipes de production par jour
Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment (nouvelle isolation, fenêtres, portes, étanchéité)
Quantité, type et utilisation des équipement des utilisateurs, usage du site
Normes d'environnement intérieur (par exemple, luminosité, température, taux de ventilation)
Type d'occupation ou horaire de fonctionnement

12.1.1. Conditions minimales de fonctionnement

Un programme d'efficacité énergétique ne devrait pas affecter l'utilisation du site auquel il s'applique sans l'accord des occupants du bâtiment, des gestionnaires de processus industriels ou d'autres parties prenantes. Les principales conditions d'utilisation peuvent être les niveaux d'éclairage, les températures des locaux, les taux de ventilation, la pression de l'air comprimé, la pression de la vapeur, les débits d'eau, les taux de production, etc. Le plan de M&V doit consigner les conditions d'exploitation minimales convenues qui seront maintenues.

Si les conditions minimales de fonctionnement ne sont pas respectées dans la période de référence, mais sont requises dans la période de suivi, des ajustements non périodiques doivent être utilisés lorsque les impacts sur les économies d'énergie sont significatifs. Par exemple, les problèmes d'équipement présents dans la période de référence, mais résolus par les AAPE effectuées (par exemple, remplacement des appareils d'éclairage inopérants) peuvent nécessiter des ajustements non périodiques afin de rapporter les économies avec précision.

De même, lorsqu'une condition spécifique ou un certain niveau d'efficacité est exigé soit par la loi, soit par les pratiques courantes du propriétaire du site, les économies peuvent être basées sur la différence entre l'énergie de la période de suivi et cette norme minimale. Dans ce cas, l'énergie de la période de référence peut être fixée à un niveau égal ou inférieur aux normes énergétiques minimales applicables. Des ajustements non périodiques peuvent être effectués, par exemple, sur les systèmes qui n'assurent pas une ventilation adéquate pendant la période de référence. Tous les ajustements non périodiques doivent être signalés dans les rapports d'économies et doivent être suivis pendant toute la durée du projet.

12.2. Méthodes avancées de M&V

Les méthodes avancées de M&V se caractérisent par l'utilisation de données énergétiques sur des périodes courtes, généralement des données quotidiennes, horaires ou infra-horaires collectées à partir des compteurs d'énergie de l'ensemble du bâtiment, et par l'utilisation d'outils logiciels qui permettent d'appliquer des stratégies avancées d'analyse et de modélisation des données.

La prévalence accrue des compteurs d'énergie avancés, la puissance informatique peu coûteuse et le développement de méthodologies d'analyse des données ont encouragé l'utilisation de ces méthodes de M&V. L'adoption de ces méthodes est soutenue par le développement d'outils logiciels libres et propriétaires qui comprennent des analyses de données avancées et des capacités d'analyse M&V. Ces outils logiciels utilisent une variété de plateformes d'analyse (par exemple, R, Python) et s'appuient sur des analyses de régression, l'apprentissage automatique et d'autres méthodes. Ces outils, qui continuent d'évoluer, peuvent semi-automatiser les analyses M&V et conserver ou améliorer la précision des résultats. Les logiciels de simulation propriétaires peuvent être acceptables si les algorithmes, les calculs et les traitements statistiques sont transparents et bien documentés.

L'utilisation de données de périodes courtes permet d'obtenir un retour d'information plus précis sur la performance énergétique et les économies réalisées que ne le permettent les méthodes traditionnelles basées sur des données mensuelles. Des données plus granulaires peuvent fournir des informations exploitables pour optimiser les économies et permettent d'appliquer de manière crédible les approches de l'option C lorsque les économies attendues sont inférieures à ce qui est raisonnable avec les données de facturation mensuelles. Une résolution accrue des économies permet d'appliquer avec précision les tarifs en fonction de l'heure d'utilisation et d'évaluer l'impact sur la puissance appelée de pointe. De plus, elle permet l'évaluation continue de la performance énergétique et la détection des changements dans les schémas d'utilisation de l'énergie, qui peuvent indiquer un changement dans la performance de l'AAPE ou l'occurrence d'un événement non périodique.

Ces méthodes ont un impact direct sur l'application de l'option C de l'IPMVP pour l'ensemble du bâtiment et peuvent également influencer la mise en œuvre d'autres options de M&V. Par exemple, ces méthodes d'analyse peuvent être appliquées aux données énergétiques et variables indépendantes recueillies auprès des sous-systèmes du bâtiment dans le cadre de l'Option B. Les données des compteurs d'énergie à intervalles peuvent être utilisées pour confirmer les programmes d'exploitation utilisés dans les applications de l'option A ou B et fournissent la base d'un meilleur calibrage des modèles de simulation utilisés dans le cadre de l'option D.

Actuellement, les informations sur le M&V avancé sont résumées dans un *livre blanc de l'IPMVP*⁶, et EVO dispose d'un portail de test d'outils⁷ pour tester l'exactitude des outils logiciels utilisés pour les évaluations de l'Option C.

12.3. Économies sur la puissance appelée

Les économies de puissance appelée dans une installation peuvent permettre des économies de capacité pour le fournisseur d'électricité et des économies de coûts pour l'installation. Les économies de puissance appelée sont déterminées et évaluées différemment selon les circonstances, et les détails doivent être définis dans le plan de M&V. Les économies de puissance appelée sont généralement réalisées lorsque les AAPE réduisent la puissance appelée globale du site pendant des périodes spécifiques définies par le fournisseur, mais elles peuvent être basées sur d'autres critères tels que les objectifs de gestion de la puissance appelée au niveau du site.

⁶ Voir l'aperçu de l'IPMVP sur l'AM&V, janvier 2020.

⁷ Le portail de test des outils EVO est disponible à l'adresse <https://mvportal.evo-world.org/>. Le portail de test des outils EVO a été conçu par le Lawrence Berkeley National Laboratory pour comparer la précision prédictive de n'importe quel outil ou modèle, qu'il soit en libre-accès (open source) ou propriétaire.

La mesure de la puissance appelée d'électricité pour l'ensemble d'une installation nécessite généralement un enregistrement continu de la puissance appelée au niveau du compteur ou d'un sous-compteur, parfois en enregistrant les sorties d'impulsions directement à partir du compteur de la compagnie d'électricité. À partir de cet enregistrement, la puissance appelée du compteur peut être évaluée selon des périodes définies. Dans certains cas, la puissance appelée de pointe peut être définie comme la réduction moyenne de la puissance appelée sur des heures spécifiques de l'année ou correspondant à certaines conditions météorologiques. Dans d'autres cas, la puissance appelée de pointe peut être définie comme la valeur la plus élevée sur une moyenne mobile de 15 minutes. Tous les tarifs n'incluent pas les frais liés à la puissance appelée, et certains fournisseurs d'énergie peuvent ne pas identifier à l'avance l'heure de leur puissance appelée de pointe.

Les méthodes de mesure de la puissance appelée d'électricité varient d'une compagnie d'électricité à l'autre. La méthode de mesure de la puissance appelée d'électricité sur un compteur divisionnaire doit reproduire la méthode utilisée par la compagnie d'électricité pour le compteur de facturation correspondant. Il faut veiller à ce que la charge de l'installation soit mesurée conformément à la méthode de comptage de la compagnie d'électricité et que tous les compteurs divisionnaires soient synchronisés avec les relevés de la compagnie d'électricité afin que les charges de pointe élevées, mais de courte durée, qui peuvent apparaître différemment dans un intervalle de temps mobile ou dans un intervalle de temps fixe, soient représentées correctement. Lorsque les méthodes de l'option C sont utilisées, il faut veiller à ce que les modèles utilisés prédisent correctement la puissance appelée, ce qui, dans les installations dépendant des conditions météorologiques, peut nécessiter l'utilisation des températures ambiantes maximales ou minimales pendant l'intervalle mesuré au lieu de la température moyenne en tant que variable indépendante.

Lors de la détermination de l'impact sur la puissance appelée de pointe des méthodes d'isolement de l'AAPE qui impliquent des installations multiples d'équipements similaires avec des charges ou des horaires variables, les économies de puissance appelée varieront dans le temps. Pour cette raison, les économies de puissance appelée réalisées au niveau de l'ensemble du bâtiment doivent être considérées sur la base des opérations réelles de l'équipement au cours de la période définie. Lorsque toutes les charges ne sont pas mesurées, un facteur de coïncidence représentant le rapport entre la puissance appelée de fonctionnement de l'AAPE pendant la période de puissance appelée de pointe et la consommation totale de l'équipement lorsqu'il fonctionne est nécessaire pour tenir compte de la diversité des opérations de l'équipement et de l'impact réel de la coïncidence pendant la période de puissance appelée de pointe du fournisseur d'énergie.

Les fournisseurs d'énergie demandent souvent des réductions de la puissance appelée à leurs clients avec peu de préavis ou utilisent des contrôles automatisés pour réaliser des réductions de la puissance appelée à court terme au niveau du site. Dans ces scénarios de réponse à la puissance appelée, les bases de référence à court terme peuvent être définies par le fournisseur d'énergie, qui n'utilise que des jours précédents sélectionnés présentant des conditions météorologiques similaires. Ces bases de référence sont généralement plus simples et utilisent des méthodes d'ajustement périodique différentes de celles utilisées dans l'option C.

12.4. Questions relatives aux compteurs divisionnaires

Il est important de suivre de bonnes pratiques de mesure pour permettre le calcul des économies d'énergie avec une précision et une répétabilité raisonnables. Les pratiques de mesure évoluent continuellement au fur et à mesure que l'équipement de mesure s'améliore. Il convient donc d'utiliser les meilleures pratiques actuelles en matière d'instruments de mesure et de gestion des données pour

déterminer les économies. Lorsque les compteurs sont utilisés pour mesurer une valeur commerciale supplémentaire aux économies d'énergie, il est possible que ces fonctions commerciales supportent une partie des coûts de comptage.

L'utilisation correcte des compteurs pour des applications spécifiques est une science en soi. De nombreuses références sont disponibles à cet effet, telles que la *directive ASHRAE 14-2014*.⁸

12.4.1. Mesures de l'électricité

Pour mesurer l'électricité avec précision, il faut mesurer la tension, l'ampérage et le facteur de puissance, ou la valeur efficace réelle (true RMS) avec un seul instrument. Dans la mesure du possible, il convient d'utiliser des wattmètres et des enregistreurs de données efficaces. Les mesures RMS tiennent compte des distorsions normales du courant alternatif ainsi que des variations du facteur de puissance.

Dans de rares cas de charges purement résistives, telles que les lampes à incandescence et les chauffages à résistance sans moteur de soufflerie, la mesure de l'ampérage et de la tension, et la mesure ponctuelle du facteur de puissance peuvent suffire à déterminer la puissance. Il est également possible de n'utiliser que les données relatives à l'ampérage lorsqu'il est démontré que la charge est constante et que des mesures ponctuelles de la tension et du facteur de puissance ont été effectuées et sont considérées comme raisonnablement cohérentes. Si la valeur efficace réelle n'est pas mesurée, il faut s'assurer que la forme d'onde électrique d'une charge résistive n'est pas déformée par d'autres appareils dans le site. Les valeurs RMS peuvent être indiquées par des instruments numériques à semi-conducteurs qui tiennent compte des distorsions nettes de l'onde de puissance existant dans les circuits de courant alternatif et doivent être utilisées sauf dans de rares cas.

12.4.2. Étalonnage des compteurs

Les relevés des compteurs doivent être vérifiés et les compteurs étalonnés si nécessaire en suivant les procédures recommandées par le fabricant de l'équipement et par les autorités de mesure reconnues. Dans la mesure du possible, il convient d'utiliser du matériel d'étalonnage traçable. Les capteurs et l'équipement de mesure doivent être sélectionnés en fonction de la facilité d'étalonnage et de la capacité à maintenir l'étalonnage. Une solution intéressante consiste à choisir un équipement qui s'étalonne automatiquement. Les wattmètres modernes à semi-conducteurs nécessitent généralement un réétalonnage moins fréquent une fois qu'ils ont été étalonnés.

Les mesures volumétriques du gaz naturel peuvent nécessiter une compensation de la température et de la pression, et la valeur calorique du combustible peut varier. Pour les compteurs divisionnaires de gaz naturel, il convient d'adopter les valeurs caloriques réelles utilisées pour la facturation des fournisseurs d'énergie.

12.5. Questions relatives aux données

12.5.1. Données manquantes ou perdues

Aucun processus de collecte de données n'est exempt d'erreurs. Les méthodes de collecte des données pour la période de suivi diffèrent par leur degré de difficulté et, par conséquent, par la quantité de

⁸ ASHRAE Guideline 14-2014, *Measurement of Energy, Demand, And Water Savings (Mesure des économies d'énergie, de demande et d'eau)*

données erronées ou manquantes qui peuvent en résulter. Le plan de M&V doit établir un taux maximal acceptable de perte de données et la manière dont il sera mesuré. Ce niveau doit être pris en compte dans l'évaluation globale de la précision. Le niveau de perte de données peut avoir une incidence considérable sur le coût. Le plan de M&V doit également établir une méthode permettant de traiter les données manquantes ou erronées de la période de suivi quand l'interpolation est autorisée. Dans de tels cas, des modèles de période de suivi sont nécessaires pour interpoler entre les points de données mesurés afin que les économies puissent être calculées pour chaque période.

Il convient de noter que les données de référence sont des faits réels concernant l'énergie et les variables indépendantes telles qu'elles existaient pendant la période de référence. Par conséquent, les données de référence problématiques ne doivent pas être remplacées par des données modélisées, sauf en cas d'utilisation de l'option D. Lorsque les données de référence sont manquantes ou inadéquates, il convient de rechercher d'autres données réelles pour les remplacer ou encore modifier la période de référence de manière à ce qu'elle ne contienne que des données réelles. Le plan de M&V doit indiquer la source de toutes les données de référence.

12.5.2. Utilisation de systèmes de surveillance et de contrôle pour la collecte de données

De nombreux sites disposent de systèmes informatisés pour surveiller ou contrôler l'équipement ou les procédés. Ces systèmes sont communément appelés systèmes d'information et de gestion de l'énergie (SIGE) – energy management and information system (EMIS) en anglais – ou systèmes d'automatisation des bâtiments (SAB) – building automation systems (BAS) en anglais – et peuvent assurer une grande partie de la surveillance et de la collecte de données dans le cadre de certains efforts de M&V. Toutefois, le matériel et le logiciel du système doivent être capables d'effectuer simultanément le contrôle de la surveillance et la collecte de données prévus, sans ralentir le traitement informatique, consommer une largeur de bande de communication excessive ou saturer la mémoire. La fréquence des données enregistrées ainsi que les méthodes de communication et de gestion des données doivent également être prises en compte.

Le logiciel du système de contrôle peut souvent remplir d'autres fonctions pour faciliter le suivi des modifications des facteurs statiques au cours de la période de référence, comme l'enregistrement automatique des modifications des points de consigne ou d'autres facteurs régissant l'énergie. Les systèmes de contrôle peuvent enregistrer la consommation et la puissance appelée d'énergie grâce à leur capacité à dégager des tendances, à l'instar des systèmes SIGE qui enregistrent généralement la consommation d'énergie de divers équipements ou systèmes.

Il convient de faire preuve d'une grande prudence :

- contrôler l'accès ou les modifications apportées au journal des tendances du système à partir duquel sont extraites les données relatives à l'énergie ou aux paramètres clés;
- développer des routines de post-traitement pour transformer toutes les données de changement de valeur du système de contrôle en données de séries temporelles pour effectuer l'analyse;
- valider que les spécifications des compteurs divisionnaires sont adaptées à l'application, qu'ils sont correctement situés, cartographiés et étalonnés. Obtenir du fournisseur du système:
 - des étalonnages standard traçables de tous les compteurs et capteurs utilisés,
 - la preuve que les algorithmes propriétaires de comptage ou de totalisation des impulsions et des unités sont exacts, et l'engagement qu'il existe une capacité de traitement et de stockage

adéquate pour traiter les données de tendance tout en soutenant les fonctions de contrôle du système.

12.6. Statistiques pour M&V

Les statistiques sont utilisées pour résumer, analyser et interpréter les données, ainsi que pour évaluer les résultats. Elles sont donc souvent nécessaires dans le cadre de la M&V, notamment pour évaluer les données mesurées, valider les modèles mathématiques développés pour ajuster régulièrement la consommation d'énergie, utiliser les mesures d'un échantillon d'équipements et prendre en compte l'incertitude des économies réalisées.

De nombreuses mesures statistiques peuvent être utilisées dans le cadre de la M&V, et certains termes et concepts fondamentaux sont décrits ici. Des détails et des exemples connexes sont disponibles dans le guide d'application *Uncertainty Assessment for IPMVP, EVO 10100-1 :2019*.⁹

12.6.1. Utilisation des niveaux et intervalles de confiance

Les résultats statistiques sont basés sur des hypothèses sous-jacentes et des critères d'analyse spécifiques. Lorsque les valeurs estimées sont basées sur des analyses mathématiques, un niveau de confiance est spécifié et l'incertitude de mesure qui en résulte est rapportée – ensemble, ils expriment la précision d'un résultat. Ces valeurs sont souvent spécifiées sous la forme suivante : niveau de confiance requis/incertitude ou demi-intervalle de confiance souhaité, par exemple 95/10 ou 80/15. Des niveaux de rigueur plus élevés sont indiqués par des niveaux de confiance plus élevés avec une incertitude plus faible par exemple, un résultat à 95/10 est plus précis qu'à 80/15).

- **Le niveau de confiance** (ou degré de confiance) fait référence à la probabilité que l'intervalle cité contienne la valeur réelle.
- L'intervalle de **confiance** (ou précision¹⁰) est la plage à l'intérieur de laquelle la valeur réelle est censée se produire à un niveau de confiance spécifié (équivalent à deux fois l'incertitude de l'épargne).¹¹

⁹ Les principales mesures statistiques comprennent, sans s'y limiter, la moyenne, la variance de l'échantillon, l'écart-type, la RMSE ou l'erreur-type de l'estimation, les degrés de liberté, la statistique t, le coefficient de variation de la RMSE, l'incertitude de l'épargne fractionnaire. Voir *Uncertainty Assessment for IPMVP, EVO 10100-1 :2019*.

¹⁰ Il convient de noter que l'utilisation du terme "précision" peut être contre-intuitive. Les valeurs de faible précision correspondent à des estimations plus serrées (incertitude plus faible).

¹¹ Les intervalles de confiance sont déterminés en multipliant l'erreur type de l'estimation par une statistique t, qui augmente avec les niveaux de confiance.

Exprimer l'incertitude des économies

L'incertitude de toute valeur d'économies déclarées est exprimée par une fourchette dans laquelle nous nous attendons à ce que la valeur réelle se situe, avec un certain niveau de confiance.

Par exemple, un calcul d'économies peut aboutir à des économies de 5 000 unités avec une incertitude de ± 200 unités, avec un niveau de confiance de 95 %. Un tel résultat signifie que nous sommes sûrs à 95 % que la valeur réelle des économies se situe entre 4 800 et 5 200 unités ou qu'elle est de 5 000 unités ± 4 %. L'intervalle de confiance est de $5\,200 - 4\,800 = 400$ unités, et l'incertitude sur les économies est de 200 unités.

12.6.2. Évaluation des résultats

Différents niveaux d'incertitude peuvent être acceptables. Toutefois, la précision de tout modèle spécifique utilisé doit être approuvée par les parties prenantes, y compris les modèles mathématiques souvent utilisés dans les options B et C, et les modèles de simulation utilisés dans l'option D. À cette fin, des mesures de seuil spécifiques peuvent être utilisées pour garantir des modèles raisonnablement précis. Le niveau de confiance à utiliser dans les analyses est spécifié, et les mesures résultantes qui décrivent la qualité de l'ajustement d'un modèle par rapport aux données réelles sont rapportées (par exemple, l'erreur de biais moyen net – NMBE, le coefficient de variation de l'erreur quadratique moyenne – CV(RMSE), et l'incertitude sur les économies fractionnaires – FSU). De même, il est important de vérifier la signification de toutes les variables indépendantes incluses dans un modèle à l'aide de mesures statistiques (par exemple, statistique $t > 2$).

Les modèles de régression statistique peuvent être soumis à certains critères minimaux afin de garantir la validité des résultats des économies déclarées. Ces évaluations sont nécessaires pour 1) valider l'importance des variables indépendantes, 2) s'assurer qu'un modèle est suffisamment précis pour déterminer les économies et 3) valider les hypothèses des régressions.¹² Les variables indépendantes utilisées dans les modèles pour déterminer les économies peuvent être confirmées à l'aide d'une mesure statistique (par exemple, la valeur p , la statistique t) basée sur le niveau de confiance spécifié et la quantité de données observées.

Pour qu'un modèle soit considéré comme valide, sa précision doit être évaluée par rapport au niveau d'économies attendu. Plus précisément, l'erreur standard de l'estimation doit être inférieure à 50 % des économies attendues à un niveau de confiance donné, généralement pas inférieur à 68 %, bien qu'il s'agisse de seuils modestes. Des niveaux d'erreur inférieurs à des niveaux de confiance de 80 à 90 % sont souvent préférés dans les analyses de M&V, et ces niveaux doivent être inclus dans le plan de M&V.

Il s'agit de seuils minimaux requis pour s'assurer que le niveau d'économies attendu peut être déterminé à l'aide d'un modèle donné. Si ce seuil n'est pas atteint, les économies déclarées peuvent ne pas être valables. De même, les économies peuvent ne pas être totalement évidentes (par exemple, "perdues dans le bruit") lorsque les niveaux d'incertitude sont trop élevés. L'incertitude totale des économies comprend

¹² Les moindres carrés ordinaires (MCO) sont une technique de régression linéaire couramment utilisée. Les analyses par MCO reposent sur des hypothèses clés, notamment la linéarité des coefficients, la distribution normale des données, l'indépendance des variables (pas de multicolinéarité), l'indépendance des données (pas d'autocorrélation) et l'égalité des variances (homoscédasticité).

toutefois la propagation de l'incertitude de chaque composante de l'équation des économies de l'IPMVP (décrite ci-dessous).

PROPAGATION DES ERREURS

Pour s'assurer que l'incertitude qui en résulte dans les économies rapportées est acceptable, l'incertitude totale des économies doit être gérée et évaluée lors de l'élaboration d'un plan de M&V. La propagation des erreurs est un concept important et nécessaire pour réaliser cette évaluation. Comme indiqué dans la section 10.2, les valeurs utilisées pour déterminer les économies comportent chacune des erreurs ou des incertitudes. L'incertitude totale des économies est la combinaison des incertitudes (ou erreurs) des valeurs utilisées dans l'équation 2 de l'IPMVP, y compris l'énergie de la période de référence, l'énergie de la période de suivi et toute erreur existant dans les ajustements calculés. Il convient de noter que les valeurs d'erreur ne peuvent être combinées (à l'aide des calculs quadratiques décrits ci-dessous) que lorsqu'elles ont le même niveau de confiance.

Étant donné que les économies d'énergie sont généralement additionnées au fil du temps, l'erreur de chaque valeur incluse doit être prise en compte. L'incertitude totale, cependant, peut ne pas être une simple somme d'erreurs, mais elle est généralement moindre. Selon la théorie des probabilités, la somme d'erreurs indépendantes¹³ peut être simplifiée en une somme quadratique: la racine carrée de la somme des composantes individuelles de l'erreur au carré. D'autres règles s'appliquent, mais l'incertitude totale diminue quelque peu au fil du temps à mesure que le nombre total de points de données augmente. Il convient de noter que des considérations particulières sont nécessaires pour déterminer l'incertitude lors de l'utilisation de séries temporelles fréquentes de données énergétiques (par exemple, horaires) affectées par l'autocorrélation des données, car la simplification de la combinaison des composantes de l'incertitude n'est plus applicable.

12.6.3. Chiffres significatifs et arrondis

Il faut faire attention au nombre de chiffres significatifs utilisés dans les calculs de M&V, car une mauvaise utilisation peut compromettre l'acceptation du résultat. Limiter les chiffres significatifs et arrondir prudemment les économies calculées au chiffre significatif le plus proche sont des bonnes pratiques qui soutiennent le principe de M&V consistant à estimer prudemment les économies.

Lorsqu'on effectue des calculs arithmétiques, il faut tenir compte de la précision inhérente aux données, afin que le résultat ne présume pas d'une précision plus grande que celle qui est défendable. C'est pourquoi les ingénieurs ont adopté un ensemble de règles relatives à l'utilisation des chiffres significatifs et aux arrondis, qui limitent la résolution d'un résultat à ce qui est justifié par les données.

Chaque valeur utilisée dans un calcul d'économies peut avoir un niveau de précision différent, qui est généralement indiqué par le nombre de chiffres significatifs ou son incertitude de mesure connue. La résolution des économies calculées est généralement égale au plus petit nombre de chiffres significatifs de l'une des valeurs utilisées, bien que le traitement varie selon l'analyse.

Il est à noter que l'inclusion de valeurs exactes avec une infinité de chiffres significatifs n'affecte pas les résultats des calculs, puisque les résultats sont limités par la valeur incluse avec les chiffres les moins significatifs. Pour assurer la cohérence et la répétabilité, tous les calculs doivent être effectués par une

¹³ Avec des erreurs entièrement covariantes, la propagation de l'erreur est équivalente à leur somme arithmétique.

opération arithmétique avant d'appliquer les règles d'arrondi. Il peut être utile de définir ces règles et la manière dont elles seront appliquées pour déterminer les économies.

Exemple de chiffres significatifs utilisant un tarif de fournisseur d'énergie

Un exemple de nombre exact pourrait être le tarif d'une compagnie d'électricité. Si le tarif d'une compagnie d'électricité locale est de 0,06 \$ par kWh et que l'entreprise X a utilisé 725 691 kWh au cours d'un mois, la facture d'électricité s'élèvera à 43 541,46 \$, et non à 40 000 \$ selon la règle de l'arrondi. Cela s'explique par le fait que le tarif de l'électricité est exact; il peut être représenté sous la forme de \$0.06000 par kWh.

12.7. Production et stockage d'énergie sur site

Les systèmes d'énergie renouvelable, de production d'énergie et de stockage d'énergie sur site sont couramment présents dans les installations faisant l'objet d'un processus de M&V. L'énergie produite par ces systèmes devra être prise en compte si elle a un impact sur la consommation, la production ou les coûts d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure.

Souvent, les sources sur site sont utilisées pour compenser l'énergie et la puissance appelée de l'ensemble du bâtiment fournies par un fournisseur d'énergie et, dans certains cas, pour fournir un surplus d'énergie au fournisseur d'énergie. L'énergie et la puissance appelée provenant de ces types de systèmes doivent généralement être mesurées en continu. Dans ce cas, les projets utilisant les options C ou D doivent inclure l'énergie du site lors de l'établissement de la base de référence et de l'énergie de la période de suivi. Il peut s'agir de prendre en compte plusieurs sources d'énergie, y compris l'énergie fournie à un fournisseur d'énergie.

Dans certains cas, un système de production ou de stockage d'énergie sur site peut être installé en tant qu'AAPE. Dans ce cas, il peut être nécessaire de mesurer directement l'énergie et la puissance appelée nettes fournies par le système sur site. Les exigences en matière d'ajustements et de calculs varieront en fonction des limites du périmètre de mesure choisies, des variables pertinentes et des exigences en matière de rapports.

Dans les cas où plusieurs périmètres de mesure sont utilisés pour prendre en compte l'ensemble du bâtiment et les systèmes de stockage ou de production d'énergie, les périmètres de mesure doivent être disparates et les mesures d'énergie de chaque système doivent être effectuées simultanément pour déterminer l'énergie nette de chacun d'eux. L'application des équations d'économies de l'IPMVP doit se faire avec précaution dans ces cas, en particulier lorsque les flux d'énergie peuvent s'inverser.

Pour déterminer la consommation d'énergie évitée, la consommation d'énergie ou la puissance appelée réelle fournie par les systèmes de production et de stockage au cours de la période de suivi, il est possible d'utiliser directement les valeurs mesurées et il peut être nécessaire de les aligner sur celles du fournisseur d'énergie. Si la consommation ou la puissance appelée fournie par le système énergétique sur site doit être normalisée par rapport à des conditions fixes, des données variables indépendantes relatives au système doivent être collectées et utilisées pour ajuster régulièrement l'énergie ou la demande mesurée aux conditions fixes sélectionnées.

Dans certains cas, les fournisseurs d'énergie ont des programmes de gestion de la demande ou d'autres programmes dans le cadre desquels des réductions de la puissance appelée sont demandées aux clients

avec peu de préavis et peuvent utiliser des contrôles automatisés pour réaliser des réductions de la puissance appelée à court terme au niveau du site. Les installations dotées de systèmes de production et de stockage d'énergie peuvent offrir aux fournisseurs d'énergie une plus grande flexibilité dans leurs niveaux de puissance appelée et sont parfois appelées "Grid Enabled Buildings" (GEB).

La valeur des économies d'énergie et de l'énergie fournie au fournisseurs d'énergie peut être déterminée à l'aide des stratégies d'évaluation des économies présentées à la section 11. Il convient de noter que l'installation de systèmes énergétiques autonomes entraînera probablement des changements dans la grille tarifaire des prix des fournisseurs d'énergie, et que des structures tarifaires en fonction de l'heure d'utilisation s'appliqueront généralement.

12.8. Contrats de performance énergétique (CPE)

Un contrat de performance énergétique (CPE) est un accord contractuel entre une société de services énergétiques (ESE) et le propriétaire d'un établissement. L'ESE installe des AAPE dans l'établissement et le propriétaire rembourse l'ESE pour son investissement sur une période de plusieurs années grâce aux économies d'énergie générées par le projet. Typiquement, l'entreprise de services énergétiques effectue le contrôle des performances du projet pendant toute la durée du contrat et rend compte périodiquement des économies d'énergie vérifiées.

Les accords contractuels varient, mais les résultats de la M&V constituent la base de ces transactions financières. Dans ce cas, le plan de M&V doit être soigneusement élaboré afin de garantir que des économies suffisantes sont générées pour couvrir les flux de trésorerie contractuels pendant toute la durée du contrat, et pour répartir correctement les risques liés aux économies (c'est-à-dire les économies inférieures ou supérieures aux prévisions) entre les parties prenantes. Étant donné que les détails du plan de M&V permettent de répartir efficacement les risques, les approches de M&V utilisées doivent tenir compte des responsabilités de chaque partie prenante.

Différents types de contrats peuvent être sélectionnés en fonction de la source de financement du projet, de l'ESCO choisie, de la tolérance au risque des parties prenantes ou d'autres considérations.

Dans les accords d'économies garanties, l'objectif principal du projet peut être de moderniser les installations ou d'acquérir des équipements. Les efforts de M&V peuvent être utilisés pour s'assurer que les économies réalisées atteignent des seuils de performance financière fixes, basés sur la réalisation d'un niveau minimum d'économies. Dans les accords d'économies partagées, cependant, les paiements peuvent varier et sont basés sur les performances réelles. Dans d'autres cas, l'ESCO possède, exploite et entretient l'équipement consommateur d'énergie lié aux AAPE, et le propriétaire du site achète le produit final (par exemple, la vapeur, l'eau réfrigérée) à des tarifs convenus sur une période de temps déterminée.

Dans tous les cas, plusieurs questions doivent être abordées. En règle générale, il s'agit de considérations financières, opérationnelles et liées aux performances, telles que, mais sans s'y limiter:

- taux d'intérêt, coûts de construction, calendriers, coûts énergétiques futurs;
- conditions d'exploitation futures, gestion des ajustements non périodiques;
- performances à long terme des équipements électriques et électroniques, et les opérations, l'entretien et les réparations qui en découlent.

12.9. Programmes des fournisseurs d'énergie et gouvernementaux

Les fournisseurs d'énergie et les agences gouvernementales créent et gèrent des programmes de réduction de la consommation d'énergie pour un certain nombre de raisons, y compris des mandats

réglementaires exigeant l'acquisition rentable d'économies d'énergie. Dans ces cas, des activités de M&V sont souvent menées dans le cadre d'un programme, puis complétées par des activités supplémentaires d'évaluation, de mesure et de vérification (EM&V) menées sur un échantillon de projets du programme afin d'évaluer la rentabilité et les économies globales réalisées.

Les objectifs des programmes d'économies d'énergie et de puissance appelée varient considérablement, bien que de nombreux programmes doivent atteindre un niveau minimum d'économies d'énergie ou de puissance appelée à partir d'un portefeuille de projets tout en respectant des critères de rentabilité, tels que déterminés par un évaluateur de programme tiers qualifié.

Ces programmes comprennent ceux qui sont axés sur une performance supérieure code de construction dans les nouveaux projets de construction, les incitations de la chaîne d'approvisionnement offertes aux fabricants et aux fournisseurs d'équipement, les remises aux clients en fonction de l'équipement installé, les projets énergétiques personnalisés avec de la M&V rigoureuse au niveau du site, et les programmes de gestion de la demande (flexibilité ou réponse à la demande) utilisant des données en temps quasi réel.

Les programmes ont généralement leurs propres lignes directrices en matière de M&V, qui sont souvent basées sur l'IPMVP et peuvent inclure l'application de toutes les options de l'IPMVP (par exemple, l'option A – modernisation de l'éclairage, l'option B – amélioration d'un équipement particulier, l'option C – amélioration globale de l'installation, et l'option D – construction d'une nouvelle installation).

Dans de nombreux cas, cependant, les procédures relatives à chacune des options de l'IPMVP sont généralement suivies, mais d'autres éléments de l'IPMVP ne sont pas incorporés. La M&V au niveau du programme peut ne pas respecter les exigences de l'IPMVP pour un certain nombre de raisons, y compris les suivantes, mais sans s'y limiter :

- absence de mesures au niveau du site pendant la période de référence et la période de suivi;
- absence d'un plan de mesure et de vérification spécifique au projet;
- manque de données sur les conditions d'exploitation de base;
- utilisation de modèles mathématiques statistiquement non valides;
- non considération des événements non périodiques et des ajustements correspondants nécessaires dans les économies réalisées au niveau du site;
- inspections du site effectuées, mais l'énergie ou les paramètres clés ne sont pas mesurés;
- mauvaise indication de l'option IPMVP utilisée.

Les économies d'énergie au niveau du site qui ne sont pas basées sur l'exigence de l'IPMVP concernant les mesures de performance effectuées in situ avant et après la mise en œuvre d'AAPE peuvent être inexactes. Dans l'ensemble, cependant, ces estimations d'économies peuvent être suffisantes pour la planification et le suivi des progrès globaux du programme lorsque les valeurs d'économies sont mises à jour par une tierce partie dans le cadre d'un effort d'EM&V.

12.9.1. Évaluation, mesure et vérification (EM&V)

Les évaluations de programme sont réalisées après ou en même temps que les efforts de M&V au niveau du programme. Les efforts de EM&V visent à valider et éventuellement à améliorer la rigueur des économies d'énergie déclarées par un programme, et peuvent également estimer les économies d'énergie réalisées par les AAPE du programme au cours des années à venir.

Les fournisseurs d'énergie et les programmes gouvernementaux disposent de lignes directrices spécifiques en matière d'EM&V, qui se réfèrent souvent à l'IPMVP et qui peuvent inclure des critères

supplémentaires pour évaluer les économies réalisées dans le cadre d'un programme. Les efforts d'EM&V peuvent utiliser n'importe laquelle des options de M&V de l'IPMVP. Les stratégies de conformité à l'IPMVP effectivement utilisées par les évaluateurs incluent les suivantes, mais ne sont pas limitées à :

- compléter les efforts de collecte de données in situ de l'évaluateur par des données collectées par le programme, en particulier les données de la période de référence;
- utiliser de périodes de mesure adjacentes et des stratégies de contrôle tout ou rien (on-off) pour évaluer les conditions avec et sans l'AAPE (décrites dans la section 7.2.4);
- abaisser la période de référence énergétique utilisée dans la détermination des économies aux conditions requises par le code, en utilisant effectivement une deuxième ou double période de référence.

Dans de nombreux cas, il n'est pas possible d'adhérer pleinement à l'IPMVP, car l'évaluateur tiers n'a pas accès aux données de référence spécifiques au site. Cependant, à l'instar des programmes évalués, les efforts d'EM&V peuvent généralement suivre les exigences de l'IPMVP sans y adhérer totalement, et ce, pour un certain nombre de raisons. Les exemples énumérés ci-dessus pour le M&V au niveau du programme peuvent s'appliquer, et d'autres raisons comme celles énumérées ci-dessous peuvent inclure mais ne sont pas limitées à :

- manque de données sur les conditions de base et sur tout changement ultérieur des facteurs statiques;
- utilisation de groupes de comparaison pour effectuer des ajustements non périodiques dans les économies au lieu de données spécifiques au projet;
- prévision des économies futures sur la base d'hypothèses généralisées concernant la durée de vie des AAPE;
- utilisation d'une terminologie en contradiction avec les termes et définitions de l'IPMVP;
- utilisation d'un petit échantillon de projets qui peut ne pas être représentatif des projets réels.

Même lorsque les procédures utilisées dans l'évaluation d'un programme ne sont pas totalement conformes à l'IPMVP, les efforts d'EM&V suivent généralement les principes du IPMVP, comme l'estimation prudente des économies. Cependant, lorsque les économies d'énergie ne sont pas basées sur des procédures de M&V conformes à l'IPMVP et appliquées à chaque projet individuel, les résultats peuvent ne pas être fiables.

12.10. Eau

La M&V de l'efficacité de l'eau est analogue à la M&V de l'efficacité énergétique et utilise des techniques de M&V similaires. La technique appropriée pour un projet donné dépend de la nature du changement évalué, des conditions spécifiques du site et des compteurs d'eau disponibles.

Les équipements consommateurs d'eau sont souvent sous le contrôle des utilisateurs du site (occupants du bâtiment ou responsables de la production). Par conséquent, il peut être difficile de surveiller le comportement des utilisateurs comme il se doit pour ajuster la consommation totale d'eau du site dans le cadre de l'application des méthodes de l'option C. Les méthodes d'isolement de l'AAPE sont souvent plus faciles à appliquer, en utilisant un échantillon d'actions d'amélioration de la performance pour démontrer la performance d'un groupe entier de changements.

L'eau utilisée par les systèmes mécaniques peut être affectée par les charges de refroidissement par évaporation, les points de consigne de fonctionnement, le niveau de purge requis pour les systèmes

hydroniques, les fuites du système, l'intégrité des systèmes de vapeur et de condensat, et les variations des charges des chaudières.

Lorsque la consommation d'eau à l'extérieur est évaluée, le terme d'ajustement de l'IPMVP de l'équation 2 peut être lié aux paramètres qui déterminent l'utilisation de l'eau, tels que les précipitations et les taux d'évaporation. Les dispositifs de mesure du débit liquide sont le plus souvent utilisés dans le cadre de la M&V des projets d'utilisation rationnelle de l'eau, et une combinaison d'échantillonnages peut s'avérer appropriée.

12.11. Quantification de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les méthodes de l'IPMVP quantifient les économies d'énergie en unités d'énergie économisées au niveau du site par source d'énergie et ne tiennent pas compte de l'impact des économies d'énergie au niveau du site sur la source d'énergie, qui peut être différente en raison des pertes de production, de transport et de distribution. Il s'agit d'une considération essentielle pour la quantification de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En outre, le niveau des émissions de gaz à effet de serre associé à chaque source d'énergie est différent et peut évoluer dans le temps.

Pour vérifier un produit de réduction des émissions, l'IPMVP et le plan de M&V du projet doivent être utilisés en conjonction avec le protocole de comptabilité du système de certificat d'émissions approprié (par exemple, ISO 14064-2) pour convertir les économies d'énergie en réductions d'émissions équivalentes et pour garantir la conformité avec les méthodes requises.

Les éléments suivants doivent être pris en compte lors de la conception du processus de détermination des unités d'énergie économisées, conformément au programme d'échange de droits d'émission concerné :

- Les économies d'électricité doivent être réparties entre les périodes de pointe et les périodes creuses, ou mieux délimitées si nécessaire.
- L'autoproduction de l'installation doit faire l'objet d'un comptage séparé.
- L'énergie de référence ajustée peut devoir être modifiée pour répondre aux exigences du programme.
- Les économies d'énergie doivent être suivies par site individuel, par type de combustible et par appareil de combustion, selon les besoins.
- Les facteurs de conversion des émissions de GES et leur source pour évaluer les économies d'énergie doivent être mentionnés dans le plan et le rapport de M&V. Les facteurs peuvent varier en fonction du type de combustible, du lieu et de la période d'utilisation.
- Lors de la déclaration des économies d'énergie vérifiées et des émissions de GES correspondantes, il convient d'indiquer clairement la portée des économies d'énergie vérifiées, qui peuvent ne pas représenter une quantification absolue des réductions de GES pour le périmètre et la période de suivi indiqués.

12.12. Persistance des économies

La persistance des économies d'énergie peut être obtenue au-delà de la période de suivi en réalisant des efforts de suivi qui s'appuient sur la M&V. L'une des approches est le "suivi, le ciblage et le rapportage" (Monitoring, Targetting and Reporting (MT&R) en anglais), qui peut suivre de manière transparente le

processus de M&V. Si les options B et C ont été utilisées pour vérifier les économies, le projet disposera de compteurs pour mesurer régulièrement la consommation. Plus important encore, des modèles auront également été développés pour corrélérer la consommation d'énergie avec des facteurs déterminants tels que les conditions météorologiques. Ces mêmes modèles peuvent être "réajustés" pour estimer la consommation d'énergie en tenant compte de l'installation de l'AAPE. Cela permet une comparaison périodique de la consommation réelle et de la consommation prévue, qui révélera et quantifiera facilement toute perte d'effet de l'AAPE (ou tout gaspillage non lié), ce qui permettra de prendre rapidement des mesures correctives dans les cas où le coût évitable inattendu est considéré comme important.

13. EXIGENCES POUR LES PLANS ET RAPPORTS DE M&V

Les conseils fournis dans cette section peuvent être utilisés par un ingénieur de projet ou un spécialiste de la M&V pour élaborer ou réviser un plan ou un rapport de M&V afin de s'assurer de sa conformité avec l'IPMVP. Cette section décrit le contenu requis dans un plan et un rapport de M&V. Pour qu'un plan ou un rapport de M&V soit considéré comme conforme, il doit inclure tout le contenu suggéré dans cette section.

Un élément clé de la conformité à l'IPMVP est l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan de M&V clair et transparent, spécifique au projet, qui décrit toutes les mesures et les données à collecter, les méthodes d'analyse employées et les activités de vérification menées pour évaluer les performances d'une mesure ou d'un projet.

Un plan de M&V cohérent permettra de s'assurer que la mesure ou le projet peut atteindre son potentiel maximum et que les économies peuvent être vérifiées avec un degré de certitude suffisant. Pour les projets de contrats de performance où le plan de M&V définit comment les économies seront vérifiées pour s'assurer que la garantie contractuelle d'économies a été atteinte et pour valider les paiements associés, un plan de M&V adhérent doit être développé et accepté dans le cadre de l'approbation finale du contrat ou avant l'installation des AAPE du projet.

13.1. Exigences du plan M&V

Un plan de M&V conforme répond à tous les critères présentés dans les points ci-dessous et satisfait également aux exigences de conformité spécifiées à la section 6. Veuillez noter que les exigences supplémentaires spécifiques en matière de conformité pour les projets utilisant les options A, C et D, sont également requises dans les rapports de M&V.

Les titres de chacune des sections ci-dessous peuvent être utilisés comme guide pour établir les titres ou les sections d'un plan de M&V¹⁴. Bien que l'ordre des sujets à inclure dans le plan de M&V suggéré dans le présent document soit recommandé, il n'est pas nécessaire d'y adhérer. Par contre, tous ces points doivent nécessairement être traités dans le plan de M&V.

13.1.1. Vue d'ensemble de l'installation et du projet

Un plan de M&V doit fournir une description générale du site et du projet proposé, ainsi qu'une liste de toutes les mesures d'économie d'énergie incluses dans le projet. Cette section doit également contenir des références à tous les rapports d'audit énergétique pertinents ou à d'autres analyses utilisées pour développer le projet.

13.1.2. Intention de l'action d'amélioration de la performance énergétique

Cette section du plan de M&V doit permettre de comprendre clairement la portée et l'objectif de chaque AAPE. Au minimum, cette section doit comprendre :

- une description détaillée de l'AAPE;

¹⁴ Un modèle de M&V correspondant à ce format est disponible sur le site www.evo-world.org.

- une indication de la façon dont l'AAPE permet d'économiser de l'énergie, de la puissance appelée ou d'autres ressources (par exemple, en améliorant la performance, en réduisant les heures de fonctionnement, etc.);
- l'effet de l'AAPE sur les facteurs opérationnels tels que les points de consigne de température, les heures de fonctionnement, etc;
- un inventaire du matériel touché;
- les économies attendues estimées en unités d'énergie, et la source de l'estimation.

13.1.3. Option de l'IPMVP sélectionnée et limite de mesure

Il importe de préciser la ou les options de l'IPMVP qui seront utilisées pour évaluer les économies et d'identifier clairement le périmètre de mesure pour la détermination des économies. Ce périmètre peut être aussi étroit que le flux d'énergie dans un tuyau ou un fil, ou aussi large que la consommation d'énergie et de la puissance appelée totales dans de nombreux sites.

Cette section doit également décrire la nature des effets interactifs au-delà du périmètre de mesure, ainsi que leur effet éventuel sur les économies réalisées dans le cadre du projet. Les effets interactifs quantifiés doivent également être inclus dans cette section avec une justification appropriée.

13.1.4. Énergie de la période de référence et conditions

Cette section du plan de M&V documente l'énergie de référence de l'installation ou du système, la puissance appelée et la consommation d'énergie dans le périmètre de mesure, ainsi que les facteurs d'influence énergétique correspondants (par exemple, les variables indépendantes, les conditions d'exploitation et les facteurs statiques); la section doit être cohérente avec l'option choisie et les données requises pour effectuer les analyses spécifiées.

La documentation de base doit comprendre les informations suivantes:

IDENTIFICATION DE LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Il importe d'identifier la période spécifique au cours de laquelle le fonctionnement et les conditions du site ou du système sont évalués et documentés avant la mise en œuvre des AAPE. Cette période de référence est souvent d'un an, mais peut être de n'importe quelle durée en fonction des besoins spécifiques de M&V.

DONNÉES DE RÉFÉRENCE SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET DE LA PUISSANCE APPELÉE

Il faut inclure les données de référence réelles et la manière dont elles ont été collectées (y compris les détails techniques). Si les données énergétiques de référence n'existent pas encore, le plan de M&V doit indiquer exactement comment la référence sera établie et utilisée.

Les données de référence relatives à la consommation d'énergie et de la puissance appelée peuvent comprendre :

- les données de facturation des fournisseurs d'énergie;
- les données d'intervalle des compteurs si les options C ou D sont utilisées;
- les données d'intervalle des compteurs, les mesures ponctuelles ou les données de mesure à court terme si les options A ou B sont utilisées.

Cela inclut les données énergétiques collectées au cours de la période de référence. Ces données sont normalement considérées comme la variable dépendante.

DONNÉES VARIABLES INFLUENÇANT L'ÉNERGIE

Il faut colliger les données sur les variables influençant l'énergie et correspondant à la période de temps des données de consommation d'énergie. Il peut s'agir de variables telles que les taux de production, la température ambiante, les vitesses de base des équipements, les pressions, et toute autre variable collectée par le biais de mesures ponctuelles ou de comptages à court ou à long terme. Ces données sont normalement considérées comme les variables indépendantes qui influencent la variable dépendante décrite ci-dessus.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT

Il faut bien documenter les conditions prévalant dans l'installation au cours de la période de référence correspondant aux données des variables dépendantes et indépendantes. Normalement, on suppose que ces conditions (c'est-à-dire les facteurs statiques) demeurent inchangées au cours des périodes de référence, d'installation et de suivi, mais elles doivent être documentées afin d'évaluer la nécessité d'ajustements non périodiques. Des exemples de conditions de base peuvent inclure, mais n'y sont pas limitées:

- la taille du site, les équipements et les systèmes installés;
- le type d'occupation, la densité d'occupation, les charges et temps de fonctionnement des équipements;
- les conditions d'exploitation (par exemple, séquences de contrôle des équipements et points de consigne, niveaux d'éclairage, niveaux de ventilation) pour chaque mode d'exploitation et chaque saison;
- les problèmes d'équipement ou les changements opérationnels significatifs au cours de la période de référence.

Le plan de M&V doit consigner les conditions d'exploitation minimales convenues qui seront maintenues. Les conditions spécifiées peuvent inclure les niveaux d'éclairage, les températures des locaux, les taux de ventilation, la pression de l'air comprimé, la pression de la vapeur, les débits d'eau, les taux de production, etc.

Note : Voir la discussion à la section 7.3.

13.1.5. Exigences en matière de vérification opérationnelle

On doit préciser les activités de vérification opérationnelle requises après l'installation du système de gestion de l'énergie pour confirmer que l'installation de l'AAPE est complète, qu'elle répond aux spécifications et qu'elle permet d'économiser l'énergie comme prévu. Cette section doit comprendre les renseignements suivants:

- quelles données seront collectées pour confirmer que l'AAPE est correctement installée et qu'elle répond aux objectifs souhaités;
- qui est responsable de la conduite de ces activités de vérification;
- si ces activités doivent être répétées au cours de la période de suivi, quand ce sera fait et par qui;
- ce qui sera rapporté concernant les activités de vérification menées.

13.1.6. Période(s) de suivi

La période de suivi est un intervalle choisi pour évaluer et quantifier la performance de l'AAPE après son installation. Le plan de M&V identifie la ou les périodes de suivi pour lesquelles l'AAPE ou le projet est

évalué. Il peut s'agir d'une courte période juste après l'installation de l'AAPE pour s'assurer qu'elle fonctionne comme prévu, ou d'une période plus longue à des intervalles périodiques tels qu'une année, plusieurs années ou d'autres périodes.

Lorsque la période de référence et la période de suivi ne sont pas de même durée, il est important d'expliquer comment les plages de temps sont normalisées afin que la consommation d'énergie la puissance appelée de la période de référence et de la période de suivi soient comparées de manière uniforme et fiable.

Dans un contrat de performance, la période de performance correspond à la durée de la période de garantie du projet et comprend une ou plusieurs périodes de rapport. Normalement, l'ESE doit rendre compte de la performance du projet et des AAPE régulièrement pendant toute la durée de la période de performance. Il est à noter qu'une fois que les activités de M&V cessent ou sont terminées, la période de suivi n'est plus considérée comme conforme à l'IPMVP.

13.1.7. Base de l'ajustement

Les conditions d'exploitation qui influent sur la consommation d'énergie peuvent différer entre la période de référence et la période de suivi. Il est important de procéder à des ajustements fiables pour tenir compte de ces changements dans les conditions d'exploitation. Les conditions de la base d'ajustement déterminent si les économies sont déclarées en tant que consommation d'énergie évitée ou en tant qu'économies d'énergie normalisées.

Le plan de M&V doit fournir des détails sur la manière dont la consommation d'énergie et la puissance appelée de la période de référence ou de suivi seront ajustées pour permettre des calculs d'économies valables, comme décrit dans la section 4.3. La méthode utilisée pour effectuer les ajustements périodiques (par exemple, prévisions, prévisions rétrospectives ou ajustement aux conditions standard), les conditions choisies comme base d'ajustement et le type d'économies à déclarer (c'est-à-dire la consommation d'énergie évitée ou les économies d'énergie normalisées) doivent être précisés.

Tableau 11 : Base d'ajustement et type d'économies

Type d'épargne	Base d'ajustement	Méthode d'ajustement périodique	Description
Consommation d'énergie évitée	Conditions de la période de suivi	Prévisions	L'énergie de la période de référence est ajustée aux conditions de la période de suivi.
	Conditions de la période de référence	Prévisions rétrospectives	L'énergie de la période de suivi est ajustée aux conditions de la période de référence
Économies d'énergie normalisées	Conditions "normales" ou fixes	Normalisation	L'énergie de référence et celle de la période de suivi sont ajustées aux conditions standard, par exemple aux conditions de l'année météorologique type (Typical Meteorological Year (TMY) en anglais).

AJUSTEMENTS NON PÉRIODIQUES

Il faut détailler tous les ajustements non périodiques nécessaires à la base de référence pour corriger les déficiences des conditions d'exploitation de base.

Le plan de M&V doit fournir une description des critères et des méthodes permettant d'identifier et de valider les événements non périodiques et de procéder aux ajustements non périodiques nécessaires pour tenir compte des changements inattendus des facteurs statiques au cours de la période de suivi couverte par le rapport. On doit indiquer les critères permettant de déterminer quand les événements non périodiques seront évalués et quand des ajustements seront nécessaires pour déterminer correctement les économies réalisées. Étant donné que les changements non périodiques peuvent soit augmenter, soit diminuer les économies, ils doivent être traités de la même manière.

Il faut décrire les méthodes qui seront utilisées pour procéder à des ajustements non périodiques, y compris la manière dont l'impact sur les coûts sera estimé. Il peut être utile de faire référence aux procédures spécifiques du guide *IPMVP Application Guide on Non-Routine Events and Adjustments, EVO 10400-1 :2020*.

13.1.8. Méthodologie de calcul et procédure d'analyse

Le plan de M&V doit spécifier les procédures d'analyse des données, les descriptions des modèles et les hypothèses utilisées pour calculer les économies pour chacune des périodes de suivi. La ou les équations d'économies de l'IPMVP utilisées doivent être incluses.

Pour chaque modèle utilisé, il faut identifier et définir toutes les variables indépendantes, les variables dépendantes et les autres termes liés au modèle. Il est important d'indiquer tous les coefficients et constantes, ainsi que les mesures statistiques (CV{RMSE}, MBE, R^2 , statistiques t) pour les variables indépendantes et les autres éléments ou termes du modèle. Il faut aussi préciser la gamme de variables indépendantes pour laquelle un modèle est valide.

13.1.9. Économies de coûts

Le plan de M&V doit préciser s'il est nécessaire d'attribuer une valeur monétaire aux économies réalisées. Dans l'affirmative, il convient de préciser les prix ou les tarifs des fournisseurs d'énergie qui seront utilisés pour calculer les économies de coûts associées à la mesure ou au projet, ainsi que la manière dont la valeur monétaire des économies sera ajustée si les prix changent pendant la durée de vie d'une AAPE ou d'un projet. Le plan doit clairement définir et indiquer comment seront traités les changements de prix des fournisseurs d'énergie ou des ressources, ou d'autres variables affectant l'évaluation des résultats de la M&V, ainsi que les détails de tout taux d'inflation ou d'indexation supposé ou stipulé par contrat.

De nombreuses considérations doivent être prises en compte lors de l'établissement des prix pertinents, et le lecteur doit se référer à la section 9.1 pour plus de détails.

Si la quantification des émissions de gaz à effet de serre est requise dans les résultats de M&V rapportés, les facteurs d'équivalence GES applicables sont déterminés pour le périmètre de mesure et la période de mesure. Les facteurs d'équivalence varient en fonction du temps et du lieu, et il est donc important de faire référence à la source de ces facteurs (par exemple, les valeurs utilisées pour des rapports internes, le fournisseur d'énergie, la législation du gouvernement concerné).

13.1.10. Détails de la mesure

Le plan doit préciser les détails de la collecte de chaque point qui sera utilisé comme donnée de M&V, y compris le comptage ponctuel et continu de l'énergie ou des paramètres clés. Pour les compteurs d'énergie ne provenant pas d'un fournisseur d'énergie, le plan de M&V doit spécifier:

- les spécifications des compteurs, y compris le type, la marque et le modèle, ainsi que l'étendue, la résolution, l'exactitude et la précision des relevés;
- les données à collecter, les formats et les responsabilités connexes;
- la lecture des compteurs et le protocole de validation si nécessaire;
- les procédures d'installation des compteurs nouveaux ou temporaires;
- les exigences et procédures d'étalonnage des compteurs;
- les détails de la collecte et du transfert des données;
- la méthode de traitement des données perdues ou manquantes.

13.1.11. Responsabilités en matière de suivi et de rapports

Le plan doit préciser les responsabilités en matière de collecte, d'analyse, d'archivage et de communication des données. La gestion des données de M&V doit être confiée à la partie qualifiée pour accéder, gérer et fournir des ensembles de données de manière efficace et efficiente. Les responsabilités doivent comprendre au minimum:

- l'acquisition des données relatives à l'énergie et aux variables indépendantes;
- la gestion des équipements et des systèmes de mesure;
- le suivi des facteurs statiques ayant un impact sur l'utilisation de l'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure;
- la vérification opérationnelle et les inspections périodiques;
- l'analyse et la conservation des données collectées;
- la préparation et la publication des rapports de M&V.

13.1.12. Précision attendue

Le plan de M&V doit inclure la précision attendue des économies d'énergie rapportées. Il décrit les sources d'incertitude dans les économies, telles que la mesure, la saisie des données, l'échantillonnage, la modélisation et l'analyse des données, et décrit l'évaluation de l'incertitude à utiliser dans le rapport prévu sur les économies.

Cette évaluation doit comprendre une évaluation qualitative ainsi que toute évaluation quantitative possible liée au niveau d'incertitude des économies. Elle doit signaler toutes les sources d'incertitude dans les économies, les informations sur la source d'incertitude, la direction attendue et l'ampleur de l'impact sur les économies. Dans certains cas, des estimations de l'incertitude des économies peuvent être nécessaires.

13.1.13. Budget de M&V

Le plan de M&V doit inclure le budget et les ressources nécessaires aux activités de M&V, telles que la détermination des économies et les coûts associés à la fois à la mise en place initiale et aux tâches permanentes d'évaluation, la documentation des conditions de la période de référence et la

communication des économies estimées et des autres mesures de performance requises pour chacune des périodes de suivi.

13.1.14. Format du rapport de M&V

Le plan doit détailler le format et le contenu convenus pour la communication des résultats de la M&V au cours de la période de suivi, y compris la fréquence des rapports (voir la section 13.3 pour plus de détails).

La distribution du/des rapport(s) et les exigences éventuelles en matière d'examen formel et de publication doivent être précisées.

13.1.15. Assurance qualité

Le plan de M&V doit inclure des procédures et des processus d'assurance qualité qui seront utilisés pour la collecte des données de référence et des données après la mise en œuvre des AAPE, les calculs, les rapports d'économie et toutes les étapes intermédiaires de préparation des rapports.

Les procédures d'assurance qualité doivent comprendre:

- les inspections à intervalles réguliers pour s'assurer que la mesure et l'équipement continuent à fonctionner comme prévu;
- les méthodes de traitement des données perdues ou manquantes.

D'autres activités peuvent être envisagées:

- les exigences en matière de surveillance ou d'examen par un tiers;
- l'examen par les pairs des calculs d'économies;
- l'évaluation de la précision des méthodes de mesure;
- le calcul de l'incertitude des économies.

13.2. Exigences supplémentaires en matière de M&V

13.2.1. Option A - Exigences supplémentaires

JUSTIFICATION DES ESTIMATIONS

Le plan de M&V doit clairement identifier les variables à estimer dans le cadre du calcul des économies et leur impact sur l'incertitude des économies. Il doit inclure les valeurs réelles utilisées et la source des valeurs estimées. Bien que cela ne soit pas obligatoire, la meilleure pratique consiste à montrer l'importance globale de ces estimations pour les économies totales attendues en indiquant la fourchette des économies possibles associées à la fourchette des valeurs plausibles des paramètres estimés.

INSPECTIONS PÉRIODIQUES

Le plan doit préciser les inspections périodiques qui seront effectuées au cours de la période de suivi pour vérifier que l'équipement est toujours en place et qu'il fonctionne comme prévu. Il peut s'agir de mesurer les paramètres clés et de vérifier les valeurs estimées pour s'assurer qu'elles sont toujours valables.

13.2.2. Option C – Exigences supplémentaires

COMPTEURS INCLUS

Tous les combustibles utilisés dans le périmètre de mesure doivent être inclus dans les analyses. L'exclusion de certains combustibles doit être justifiée.

IDENTIFICATION DU LOGICIEL

Le plan de M&V doit inclure le nom et la version de tout logiciel ou progiciel d'analyse de données utilisé pour calculer les économies.

DONNÉES SUR L'ÉNERGIE ET LES VARIABLES INDÉPENDANTES

Le plan de M&V doit décrire la source de toutes les données relatives à l'énergie et aux variables indépendantes, ainsi que les processus utilisés pour obtenir et gérer les données. Les données utilisées doivent être signalées et les données brutes doivent être archivées et mises à disposition en cas de besoin. Il peut s'agir de données d'intervalle, de factures des fournisseurs d'énergie, de données météorologiques et de données sur d'autres variables indépendantes.

Le plan et le rapport de M&V doivent fournir des copies des données énergétiques, météorologiques ou autres informations utilisées dans les analyses, y compris les fichiers d'entrée et de sortie ou les rapports. Ils doivent aussi fournir des détails sur le post-traitement des données utilisé, y compris les méthodes d'analyse, les outils et les calculs doivent être fournis.

MESURES D'ADÉQUATION DU MODÈLE

Le plan de M&V doit inclure les statistiques de qualité d'ajustement du modèle sélectionné (par exemple, le niveau de confiance, l'erreur standard, le CV(RMSE), R^2 , l'erreur de biais moyen net (NMBE), la statistique t pour les variables indépendantes), et les critères de qualité d'ajustement requis pour que le modèle énergétique de référence soit acceptable compte tenu du niveau d'économies attendu. Il doit aussi préciser la gamme des variables indépendantes couvertes par le modèle et la gamme pour laquelle il sera considéré comme valide au cours de la période de suivi.

Les rapports de M&V doivent également détailler les mesures de qualité de l'ajustement pour les modèles de la période de suivi. Bien que cela ne soit pas obligatoire, on peut aussi calculer l'incertitude des économies et indiquer la fourchette des valeurs d'économies possibles.

13.2.3. Option D – Exigences supplémentaires

IDENTIFICATION DU LOGICIEL

Le plan de M&V doit indiquer le nom et la version du logiciel de simulation utilisé pour calculer les économies.

DONNÉES D'ENTRÉE/SORTIE

Le plan doit fournir des copies des fichiers d'entrée, des fichiers de sortie ou des rapports, ainsi que des fichiers météorologiques (ou la source des fichiers météorologiques), utilisés pour la simulation, y compris les méthodes et les calculs de post-traitement développés pour fins de présentations.

DONNÉES MESURÉES

Le plan de M&V doit décrire le processus d'obtention des données mesurées, y compris les paramètres d'entrée qui ont été mesurés et ceux qui ont été estimés. Les données mesurées réelles doivent

également être indiquées et les données brutes doivent être archivées et mises à disposition en cas de besoin. Il peut s'agir de données d'intervalle ou de factures fournies par le fournisseur d'énergie.

CALIBRATION DU MODÈLE

Le plan doit indiquer les données énergétiques et d'exploitation qui seront utilisées pour le calibrage, y compris les exigences de calibrage (par exemple, CV(RMSE), MBE, etc.) et la précision avec laquelle les résultats de la simulation doivent correspondre aux données énergétiques de calibrage et aux conditions réelles du site. Les données justificatives doivent être fournies à des intervalles d'au moins un mois (c'est-à-dire la période de facturation, mais une granularité plus fine est préférable si les données sont disponibles), et inclure une description des mesures prises pour calibrer le modèle de simulation. Les rapports de M&V doivent également inclure les résultats de calibrage du modèle, comme indiqué à la section 9.4.2.

JUSTIFICATION DES ESTIMATIONS

Le plan de M&V doit clairement identifier les variables estimées dans le cadre du calcul des économies et leur impact sur l'incertitude des économies. Il doit inclure les valeurs réelles utilisées et la source des valeurs estimées. Bien que cela ne soit pas obligatoire, la meilleure pratique consiste à montrer l'importance globale de ces estimations pour les économies totales attendues en indiquant la fourchette des économies possibles associées à la fourchette des valeurs plausibles des paramètres estimés.

13.3. Exigences concernant les rapports de M&V

Des rapports périodiques de M&V sont préparés pour documenter et communiquer les résultats du projet de M&V en utilisant les procédures décrites dans le plan de M&V. La fréquence et le format de ces rapports de M&V doivent être définis dans le plan de M&V. La vérification des économies peut être effectuée par une partie indépendante ou par le développeur du projet, à condition que l'assurance qualité soit supervisée par une personne dûment qualifiée.

Le rapport doit comprendre, au minimum, les informations suivantes :

13.3.1. Vue d'ensemble du rapport de M&V

La vue d'ensemble du rapport doit contenir les renseignements suivants :

- la date du rapport M&V;
- les noms de l'auteur et du réviseur du rapport M&V;
- la référence au plan de M&V pertinent;
- les principales parties impliquées dans la distribution du rapport publié;
- les entités/individus impliqués dans les activités de la période couverte par le rapport;
- les procédures d'assurance qualité et les mesures prises.

13.3.2. Contexte du projet

Cette section doit préciser :

- l'option de M&V choisie pour l'AAPE ou le projet dans le cadre du plan de M&V;
- la description des AAPE;
- les dates de début et de fin de la période de suivi et la fréquence des rapports de M&V.

13.3.3. Activités de collecte de données M&V menées au cours de la période de suivi actuelle

La liste des activités comprend :

- le début et de fin de la période de mesure;
- la collecte de données sur l'énergie et les paramètres clés;
- les données relatives aux variables indépendantes et aux facteurs statiques;
- la description et les conclusions des activités d'inspection menées;
- les activités de la période d'installation, y compris les détails relatifs aux activités de vérification opérationnelle menées, si elles n'ont pas encore été déclarées.

13.3.4. Calculs des économies et méthode

Dans cette section, il faut :

- fournir une description détaillée de l'analyse des données et de la méthode;
- fournir une liste actualisée des hypothèses et des sources de données utilisées dans les calculs;
- fournir des détails sur les ajustements de la base de référence ou des économies, y compris les ajustements périodiques et non périodiques pour tenir compte des changements;
- les ajustements non périodiques antérieurs doivent être inclus s'ils ont un impact sur les économies déclarées.

13.3.5. Economies vérifiées

Les économies vérifiées doivent :

- inclure une présentation claire de toutes les économies d'énergie et de puissance appelée, des économies de coûts et une comparaison avec les économies prévues;
- discuter des sources d'incertitude et, au besoin, fournir une estimation de l'incertitude dans les économies déclarées;
- fournir les détails des valeurs utilisées pour calculer la valeur des économies déclarées et, au besoin, la source des valeurs (par exemple, les tarifs des fournisseurs d'énergie ou les détails du contrat).

13.3.6. Informations complémentaires requises

Tous les éléments supplémentaires requis pour le plan de M&V d'une option spécifique doivent également être inclus dans les rapports de M&V, y compris ceux spécifiés ci-dessus en tant « qu'exigences supplémentaires » pour les options A, C et D.

Efficiency Valuation Organisation

1629 K Street NW, Suite 300

Washington, DC 20006, États-Unis

WWW.EVO-WORLD.ORG