



Royaume du Maroc
Ministère des Habous
et des Affaires Islamiques



Protocole de mesurage et de vérification des actions d'efficacité énergétique

Décembre 2015, Rabat, Maroc

FORMATEUR

Pierre Baillargeon

Vice-président Econoler

Ing, CEM, CMVP

pbaillargeon@econoler.com

BUT DE LA FORMATION

Le but de la formation est de présenter le M&V afin que vous puissiez **utiliser directement** les connaissances acquises durant la formation à vos projets.



Royaume du Maroc
Ministère des Habous
et des Affaires Islamiques



Introduction au M&V selon les principes du PIMVR (IPMV)

Rabat, Maroc, 3 décembre 2015

INTRODUCTION

Le cycle traditionnel d'un projet d'efficacité énergétique comprend :

- › Étude de faisabilité (audit)
- › Conception (devis et plans)
- › Construction

Très souvent, il n'y a pas de suivi des résultats dans ces projets

Les propriétaires d'industries se posent souvent des questions sur la performance réelle des projets implantés.

INTRODUCTION

Quand l'EE a pris de l'ampleur, le M&V a connu ses prémices.

- › Depuis les années 1980, les ESE* se développent
- › Les contrats de performance énergétique ont besoin, par définition, d'une méthode de mesurage de la performance
- › Les méthodes «maison» de mesurage des résultats étaient légions dans les années 80 et ont créé un problème de crédibilité

* ESE : Entreprise de Services Énergétiques, en anglais ESCO

INTRODUCTION

L'EE se développe encore plus et le problème du mesurage se précise.

- › Les années 1990 voient apparaître le concept de la gestion de la demande dans les gouvernements et chez les fournisseurs d'énergie
- › Les gouvernements exigent des fournisseurs d'énergie l'implantation de mesures d'EE pour rationaliser la consommation d'énergie

INTRODUCTION

- › Des montants très importants ont été et sont déboursés pour ces activités
- › Les instances politiques veulent une évaluation des résultats des programmes d'EE
- › Les enjeux politiques s'accroissent dus aux importants montants alloués à l'EE et aux problématiques budgétaires gouvernementales

INTRODUCTION

- › La hausse des taxes ou des tarifs de l'énergie pour financer les activités d'EE est une mesure impopulaire. Pour vérifier l'efficacité de celle-ci, elle doit être appuyée par des démonstrations crédibles de résultats.
- › De nombreuses organisations suivent de près les montants alloués aux efforts d'EE et interpellent les gouvernements sur les résultats des programmes mis en place.

INTRODUCTION

- › Tout ceci a entraîné une forte pression pour le développement de méthodes transparentes et les plus reconnues possible sur la scène internationale.

M&V - DÉFINITION

Le M&V est le processus d'utilisation du mesurage pour déterminer, de façon fiable, les **économies réelles** générées dans un site individuel par un projet de gestion de l'énergie.

M&V – ACTIVITÉS TYPIQUES

Les activités du M&V sont :

- › L'installation, le calibrage et l'entretien des compteurs ;
- › La collecte et le traitement des données ;
- › Le développement d'une méthode de calcul et d'estimation fiable et transparente ;
- › La réalisation de calculs d'économie à partir des données mesurées ;
- › Le suivi, l'assurance de la qualité
- › La vérification des rapports par un tiers (parfois)

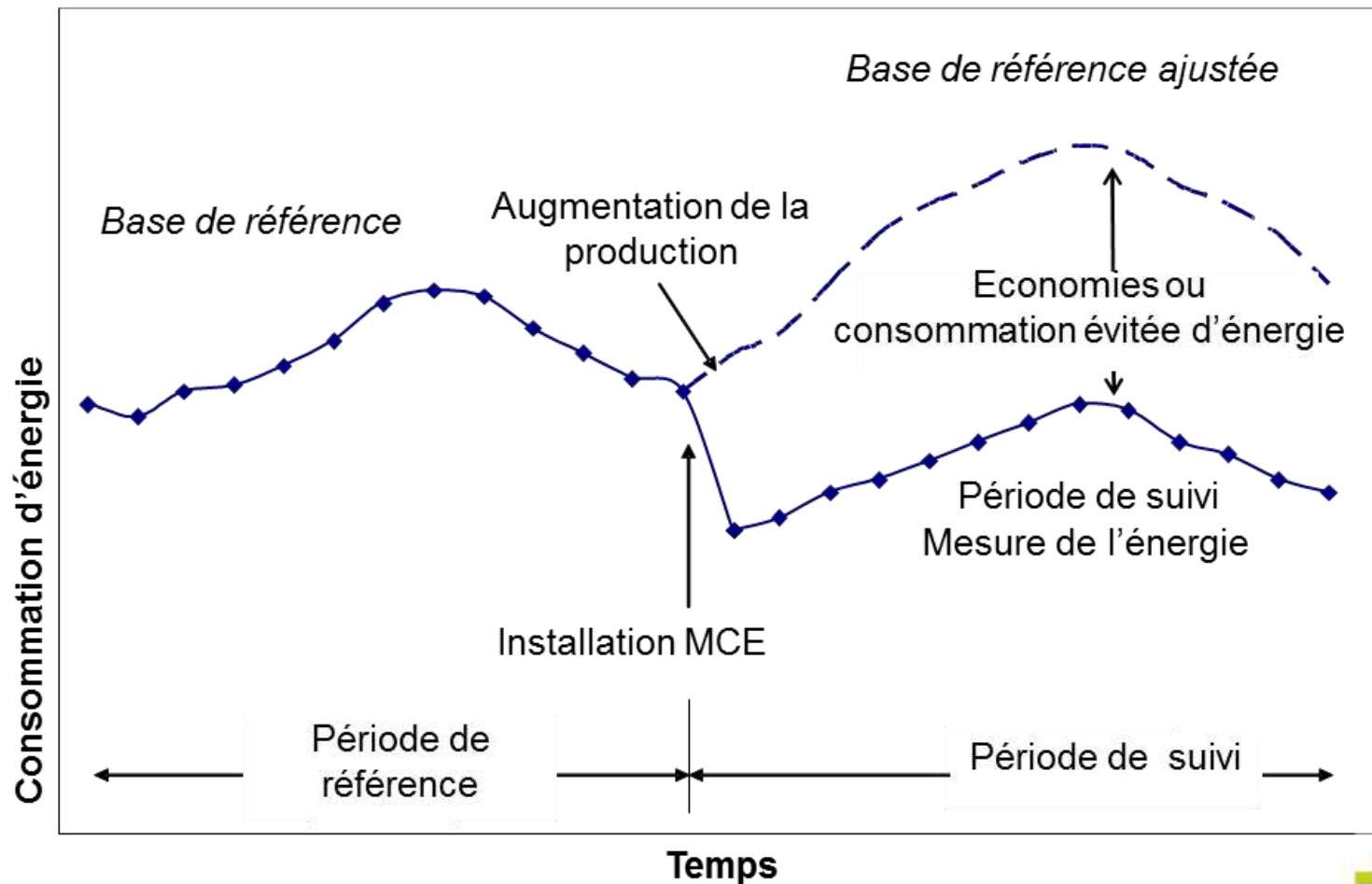
BUT DU M&V

- › Appuyer l'évaluation des programmes d'efficacité régionaux/nationaux
- › Améliorer l'exploitation des installations et la maintenance
 - en fournissant un outil de suivi (mesurage simple)
- › Permettre d'obtenir des crédits de réduction d'émission
- › Démontrer la performance d'un projet mené par une ESE

M&V – MESURER DES ÉCONOMIES ?

- › Les économies réalisées ne peuvent pas être directement mesurées, puisqu'elles représentent l'absence de consommation d'énergie
- › Les économies sont déterminées en comparant la consommation mesurée avant et après la réalisation d'un projet
 - Il est important d'intégrer des ajustements pour prendre en considération les changements des conditions du site ou des conditions externes avant et après l'implantation de la mesure.

M&V – MESURE DES ÉCONOMIES ?



LE PLAN M&V

Le plan M&V décrit le processus de M&V à suivre pour déterminer les économies générées.

Le plan est obligatoire selon le PIMVR :

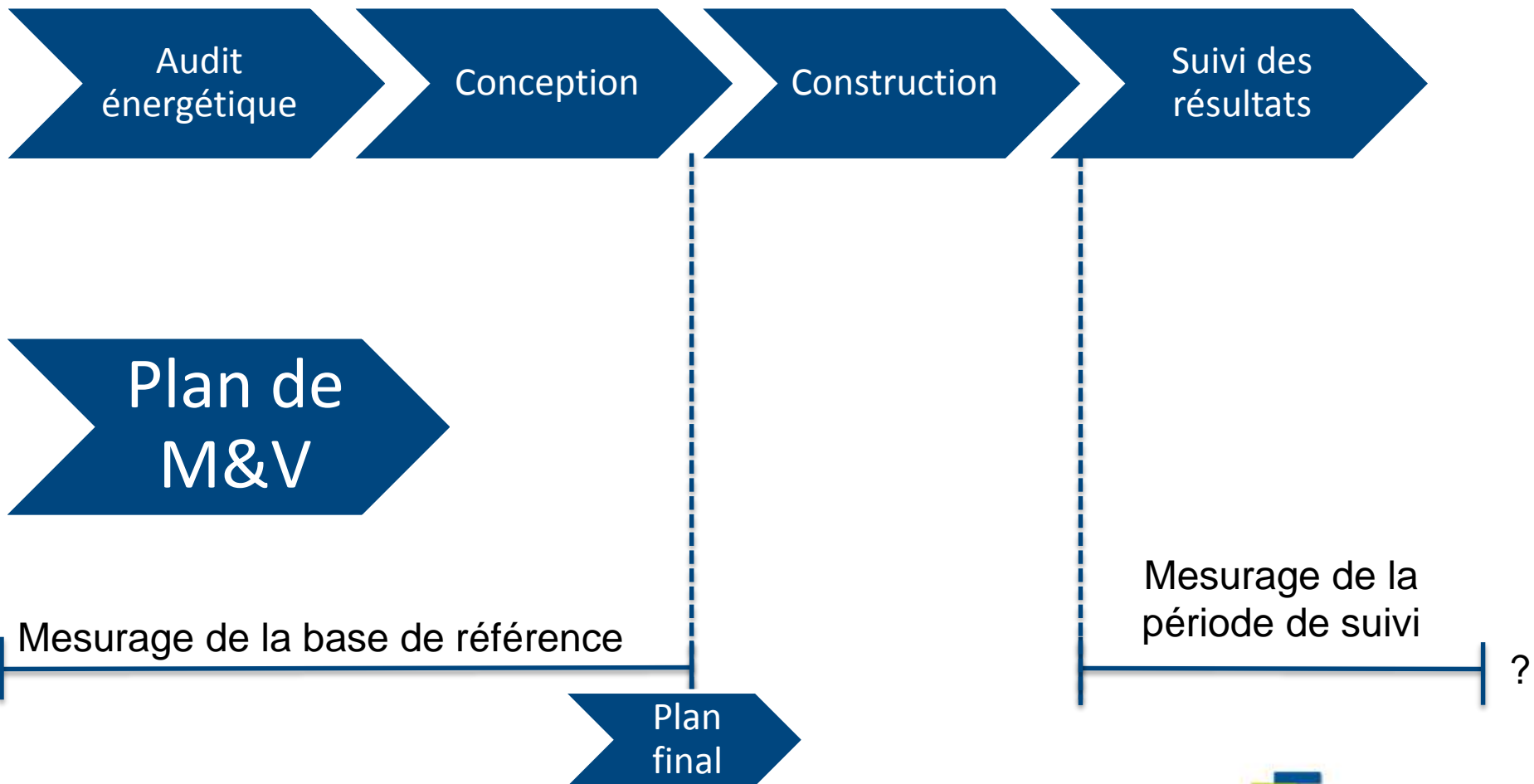
- › Est développé durant la phase de conception des MCE
- › Inclus les données de la situation de référence et la méthodologie pour les calculs d'économie
 - Les conditions sont encore présentes et mesurables
 - La mémoire des intervenants est encore fraîche
- › Fait par partie intégrale de la MCE
 - Le plans fournis les méthodes et les processus nécessaires pour l'analyse des variations de la consommation énergétique et du calcul des économies
 - Les coûts associés aux plans sont souvent inclus dans le coût total du projet

PRINCIPES FONDAMENTAUX - PLAN DE M&V

- › **Exhaustif**
- › **Conservateur**
- › **Cohérent**
 - › La démarche de M&V et le rapport de suivi de l'efficacité d'un projet d'EE devrait démontrer une cohérence entre:
 - Les différents types de projets d'efficacité énergétique ;
 - Les professionnels d'efficacité énergétique de tout projet ;
 - Les différentes périodes de suivi pour un même projet ou une même mesure ;
 - Les projets d'EE et les nouveaux projet de production énergétique.
- › **Précis**
- › **Pertinence**
- › **Transparent**



LE M&V DANS UN CYCLE PROJET



PROTOCOLES INTERNATIONAUX

Cette section présente les différents protocoles internationaux ainsi que leurs relations

PROTOCOLES INTERNATIONAUX

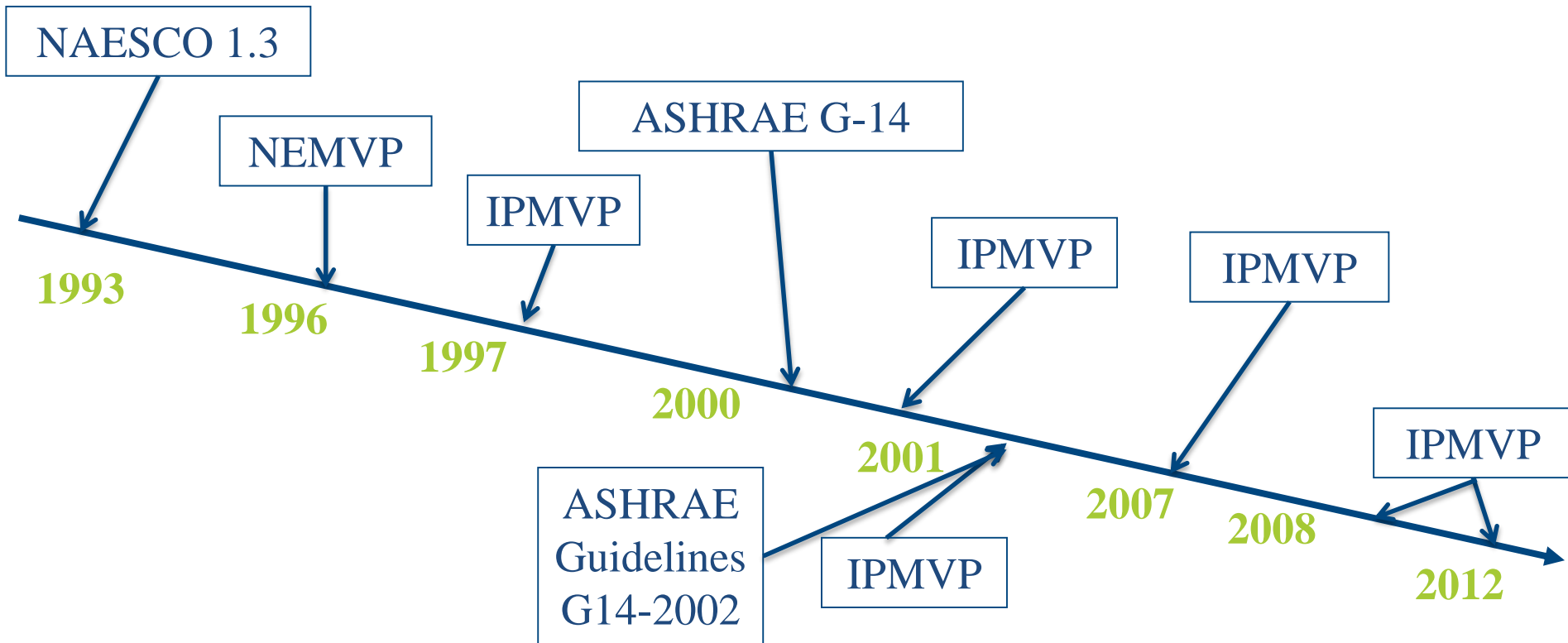
Les pratiques modernes du M&V pour les utilisateurs finaux de l'énergie sont documentées dans différents protocoles internationaux.

- › Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique (PIMVR ou IPMVP 2012) volume 1
- › ASHRAE guideline G14 - 2002
- › Autres protocoles émis par des distributeurs d'électricité ou agences gouvernementales pour des programmes précis.

IPMVP

- › Plusieurs protocoles de M&V existaient avant le développement de l'IPMVP et il n'y avait aucune concordance entre eux ;
- › En 1996, l'*U.S. Department of Energy* a financé un projet pour développer un protocole unifiant les concepts intéressants de ces précurseurs ;
- › 150 bénévoles de 15 pays ont participé à la rédaction de l'IPMVP.

ÉVOLUTION DES DIFFERENTS PROTOCOLES



IPMVP

- › Destiné initialement aux entreprises de services énergétiques (ESE)
- › De plus en plus utilisé pour les évaluations d'impact des programmes gouvernementaux
- › En 2001, les responsabilités liées à l'IPMVP ont été transférées à EVO, une ONG autofinancée – soutenue uniquement par ses souscripteurs



IPMVP – AVANTAGES DE CE PROTOCOLE

Le protocole :

- › Définit les termes utilisés pour les activités liées au M&V dans un projet d'EE
- › Définit des approches standardisées pour mesurer les économies réalisées
 - Ce qui rassure les propriétaires de sites, les financiers impliqués sur un projet et assure la détermination des économies d'énergies entre client et ESE
- › Définit le contenu des plans de M&V qui documentent l'ensemble de la démarche

IPMVP – LE CONTENU

- › Une introduction aux méthodes d'analyse statistique
- › Des recommandations sur les compromis possibles entre la précision du mesurage et les coûts associés
- › Les exigences sur les rapports de suivi des économies

IPMVP – AVANTAGES

- › Seul document actuellement disponible en français
- › Offre une structure et un contenu pouvant être utilisés pour des projets très variés
- › Présente les principes du M&V de façon générale
- › Peut être consulté, sans aucun problème, par des utilisateurs peu expérimentés

IPMVP – LIMITES DU PROTOCOLE

L' IPMVP ne couvre pas en détail les points suivants :

- › Les plans et approches M&V pour des mesures spécifiques
- › La conception de systèmes de mesurage (compteurs et instrumentation)
- › L'estimation des coûts de M&V
- › L'ingénierie énergétique
- › L'analyse statistique appropriée pour un projet

Points développés dans la présente formation

L'IPMVP n'est pas un livre de recettes, il requiert une mise en œuvre spécifique à chaque projet au travers d'un plan de M&V.

IPMVP – CONTEXTE D'UTILISATION

- › Les gestionnaires de programmes d'EE déterminent les impacts de leurs interventions en utilisant l'IPMVP
- › Dans un **contrat de performance énergétique**, l'IPMVP inclut des termes appropriés et transparents quant à la vérification des économies générées par le projet
 - Rassure le propriétaire
 - Assure un traitement équitable pour l'ESE

IPMVP – QUATRE OPTIONS

Isolement des MCE

- › Option A : Mesure des paramètres clés
- › Option B : Mesure de tous les paramètres

Le site entier

- › Option C : Le site entier
 - Nécessite l'ensemble des données de la période de référence et de la période de suivi
- › Option D : Simulation calibrée
 - Quand il n'y a pas de compteur pour la période de référence

IPMVP – EFFETS SUR LE MARCHE

- › Diffuse les connaissances relatives au M&V
 - Via le site Internet d'EVO : www.evo-world.org
- › Actualise la science du M&V
 - Par des comités permanents qui améliorent et approfondissent le contenu du protocole et celui du matériel de formation

IPMVP – EFFET À LONG TERME

- › Augmenter/maintenir les économies d'énergie (en \$) dans le cadre d'un plan interne de gestion à long terme (ISO 50 001) : Concept de mesurage et ciblage.
 - Approche plus structurante visant l'amélioration à long terme
 - Concept d'usine "*Superior Energy Performance*"
- › Augmenter le financement disponible pour les projets
 - Objectif à plus long terme qui ne sera atteint que par une sensibilisation et un accroissement de la confiance des institutions financières.
 - EVO a également un protocole sur le financement
- › Améliorer la conception des usines
 - L'utilisation de l'IPMVP permet un suivi plus rigoureux de la production

LE FUTUR DE L'IPMVP

- › Reconnaissance en tant que «référence normative» dans les standards internationaux
- › En discussion :
 - Plus d'exemples d'application ;
 - Des plans de M&V issus de projets réels révisés par le comité.

ASHRAE GUIDELINE 14-2014

- › La première version publique (14P) a été émise par l'ASHRAE en avril 2000
- › Elle fut développée dans le but de standardiser le calcul des économies dues aux MCE
- › Les directives fournissent un niveau minimal jugé acceptable pour la mesure et vérification d'économie
 - Sur une base de transaction commerciale
- › Les économies calculées en conformité avec ce protocole deviennent vérifiables par une tierce partie

ASHRAE GUIDELINE 14-2014

- › Ce protocole n'a jamais vraiment percé sur le marché des ESE ;
- › Il focalise trop sur la détermination de l'incertitude ;
 - Une approche trop théorique sur les aspects statistiques qui a rebuté les ESE
- › Il demeure toutefois une référence, car il est très bien documenté ;
- › Il reste intéressant pour les spécialistes qui veulent développer leurs connaissances en statistiques.

AUTRES PROTOCOLES

Il existe plusieurs autres protocoles qui ont une portée réduite :

- › Nationale ;
- › Régionale ;
- › Spécifique à un programme ;
 - Ces protocoles sont adaptés conformément à un programme d'EE spécifique

AUTRES PROTOCOLES

- › Tous ces protocoles décrivent la structure du M&V et les méthodes et procédures à utiliser pour déterminer les économies d'énergie avec un taux de certitude suffisant
- › Certains approfondiront divers aspects ayant une importance particulière pour un programme
 - L'impact sur la demande au moment de la pointe
 - Le maintien des économies sur la durée
- › Ils sont généralement inspirés de l'IPMVP
 - Utilisent souvent les mêmes approches : Options A, B, C et D

AUTRES PROTOCOLES

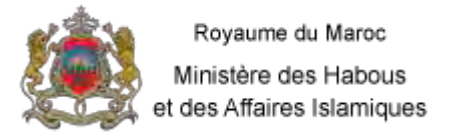
Quelques exemples de protocole pour les programmes EE

- › Protocole du *Federal Energy Management Program* (FEMP) (Dernier version 2015), Etats-Unis

http://energy.gov/sites/prod/files/2015/05/f22/final_draft_mv_guidelines.pdf

- › California Energy Evaluation Protocols

<http://www.calmac.org>



Concept du M&V

CONCEPT DE M&V

Cette section présente la terminologie du M&V et le concept lié à chaque terme :

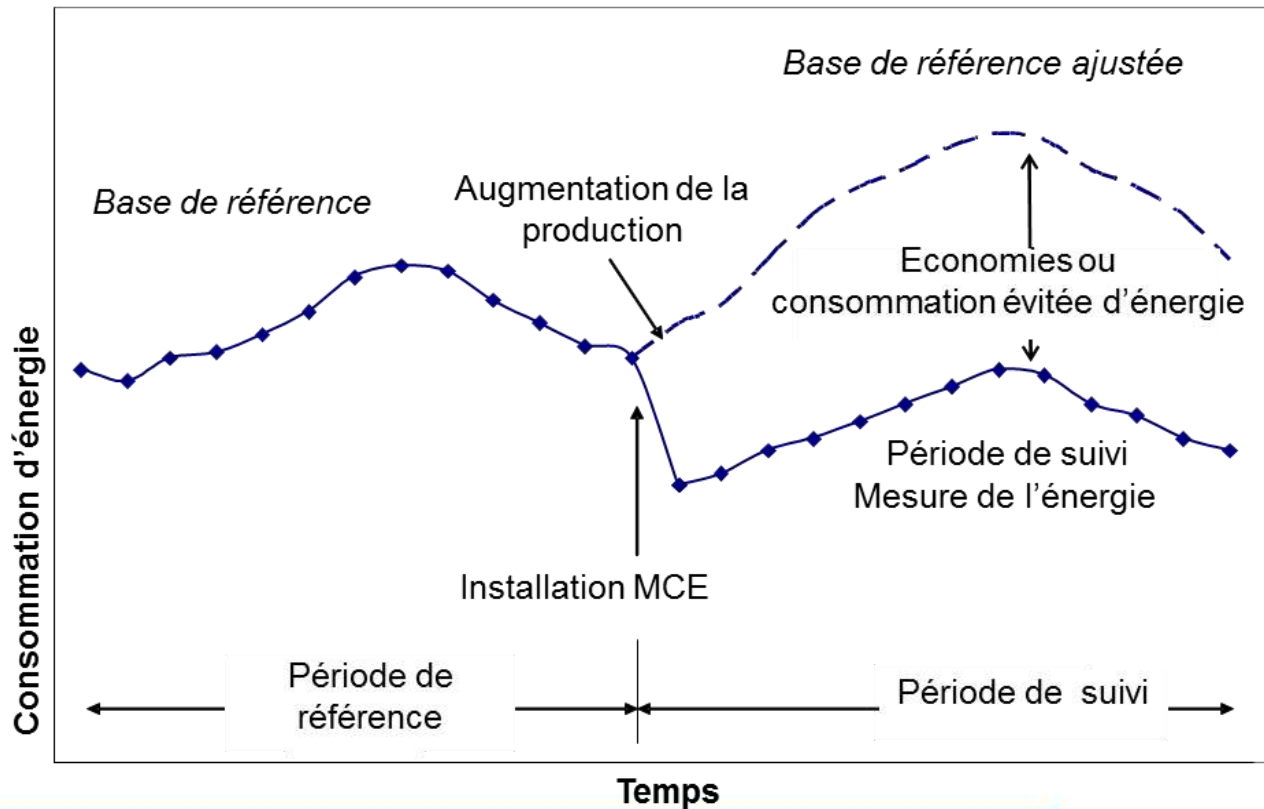
- › Bases d'ajustement
- › Périmètre de mesure
- › Période de base de référence
 - Ajustement périodique
 - Ajustement non périodique
 - Variable indépendante
 - Variable statique
 - Effet interactif
 - Modèle mathématique de la base de référence
- › Période de suivi
- › Période adjacente de mesurage

BASES D'AJUSTEMENT

Economies

= consommation (ou appel de puissance) de la période de référence

– consommation (ou appel de puissance) de la période de suivi \pm ajustements



BASES D'AJUSTEMENT

Les économies réalisées ne peuvent pas être directement mesurées puisqu'elles représentent l'absence de consommation d'énergie

- › La consommation après l'implantation d'une mesure peut se mesurer
- › Mais il est difficile d'établir quelle aurait été la consommation de l'équipement/site si aucune mesure de conservation d'énergie (MCE) n'avait été implantée
- › La consommation devra être estimée en se basant sur les consommations et puissances avant l'implantation de la mesure et en tenant compte des ajustements

BASES D'AJUSTEMENT

Ajustements périodiques

- › Ajustements des consommations d'énergie à l'intérieur du périmètre de mesure
- › Ils proviennent de facteurs influençant la consommation d'énergie, susceptibles de varier pendant la période de suivi
 - Conditions météorologiques
 - Volume de production

Approche mathématique

- › Valeur constante (aucun ajustement requis)
- › Équation mathématique reliant la consommation à un ou à plusieurs facteurs externes
 - Statistiques : linéaire, polynomiale, logarithmique, etc.
 - Formules issues de principe d'ingénierie
- › Un groupe d'équations pouvant être appliquées selon les saisons ou les modes de fonctionnement

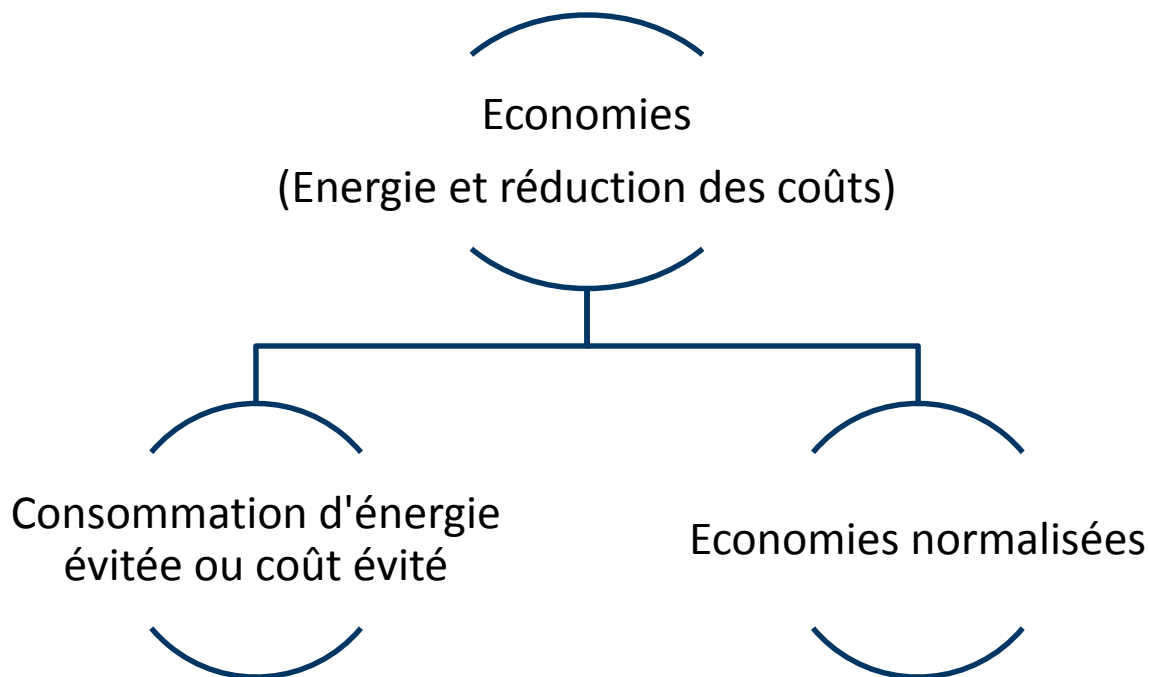
BASES D'AJUSTEMENT

Ajustements non périodiques

- › Ajustements des consommations à l'intérieur du périmètre de mesure
- › Ils proviennent de tout facteur susceptible d'influencer la consommation d'énergie, mais qui en principe ne devait pas varier entre la période de référence et celle de suivi
 - Taille du site
 - Type de produit
 - Fréquence de maintenance
 - Horaires d'opérations
- › Ces facteurs doivent être recueillis durant la période de référence et ensuite être vérifiés durant la période de suivi
- › Tout changement qui n'était pas prévu devra faire l'objet d'un ajustement non périodique
- › Un ajustement non périodique est corrigé grâce à un calcul sur mesure, car il ne peut pas être prévu à l'avance

BASES D'AJUSTEMENT

Deux méthodes pour calculer les économies :



Note : Très différent de la notion comptable qui compare les coûts d'une année à l'autre sans tenir compte des variations

BASES D'AJUSTEMENT



Consommation d'énergie évitée

- › En évaluant les économies en fonction des conditions de la période de suivi
- › L'énergie de la base de référence nécessite un ajustement

Économies normalisées

- › Les conditions d'ajustement peuvent être celles de la base de référence, d'une autre période arbitraire ou d'un ensemble de conditions normales, typiques ou moyennes
- › Il faut ajuster à la fois la consommation de la base de référence et celle de l'année de suivi pour les ramener aux conditions normales choisies

PÉRIMÈTRE DE MESURE

Le périmètre de mesure est une enceinte théorique qui est fixée pour délimiter une zone où :

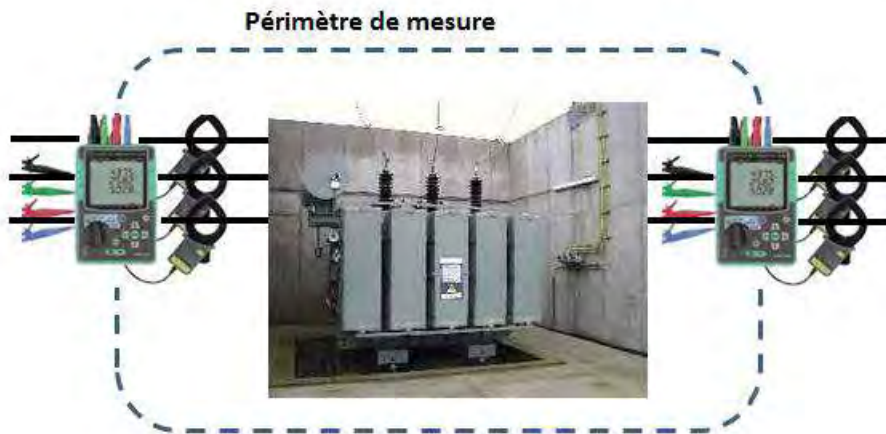
- › l'ensemble de l'énergie* qui entre ou qui sort du périmètre est mesurée
 - Electricité, gaz naturel, mazout, biomasse, etc.
- › l'ensemble des facteurs importants pouvant faire fluctuer la consommation d'énergie des équipements et systèmes est identifié
 - Horaires de production, type d'opération, etc.

* Le terme énergie est utilisée pour caractériser l'énergie utile venant des distributeurs d'énergie. Cela n'inclus pas certaines énergies diffuses (solaire) ou dégradées (gaz de cheminée) qui traversent le périmètre

PÉRIMÈTRE DE MESURE

L'IPMVP reste flexible quant à la définition du périmètre de mesure :

- › Un site entier
- › Une partie de celui-ci tel un équipement ou un système
 - Pour un équipement ou un système, le périmètre de mesure sera établi autour de cet équipement



PÉRIMÈTRE DE MESURE

Pour un site entier

- › Le périmètre de mesure englobe le site entier
- › Les compteurs mesurant l'alimentation de l'énergie du site entier peuvent être employés pour évaluer la performance et l'économie



PÉRIMÈTRE DE MESURE

- › Un périmètre de mesure peut ne pas contenir de compteur dans la situation avant ou après quand :
 - les données de la période de base de référence ou de la période de suivi sont incertaines ou indisponibles
 - Ex: Nouveau bâtiment, Campus universitaire sans compteur divisionnaire pour le bâtiment visé
 - les données énergétiques générées par un programme de simulation calibrée peuvent remplacer les données manquantes, en partie ou pour tout le site
- › Il est possible de définir le périmètre de mesure sans qu'un compteur physique y soit associé

SITUATION DE RÉFÉRENCE

L'ensemble des éléments de référence caractérisant les équipements, systèmes ou sites sur lesquels seront installées les MCE

- › La base de référence
- › Les facteurs ayant une influence sur la consommation d'énergie
- › Les informations sur les équipements et systèmes existants avant la mise en place de la MCE
- › Les modes d'opération avant la mise en place des MCE

BASE DE RÉFÉRENCE

- › Elle représente la consommation (et puissance) du site ou des équipements visés par la MCE avant sa mise en œuvre
- › Elle est associée à un contexte bien précis de fonctionnement faisant partie de la situation de référence :
 - le type de produit
 - les horaires de fonctionnement
 - tout autre facteur pouvant avoir un impact sur la quantité d'énergie consommée

PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

- › Période choisie pour représenter le fonctionnement du site avant la mise en œuvre de la MCE
- › Elle peut être aussi courte qu'un mesurage instantané dans le cas où la charge est constante
- › Ou assez longue pour représenter tous les modes de fonctionnement du site
 - Elle doit couvrir un cycle complet de fonctionnement qui inclut la période de consommation maximale d'énergie et la période de consommation minimale
- › Elle doit représenter toutes les conditions du cycle normal

PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

La période de référence doit :

- › inclure seulement les périodes de temps pour lesquelles tous les éléments, fixes et variables, régissant l'énergie sont connus
 - Plus on recule dans le passé, plus cette exigence est difficile à respecter
- › faire coïncider, le plus possible, la période de fin de la base de référence avec le moment qui précède immédiatement l'engagement d'entreprendre la modernisation
 - Plusieurs ESE réajustent la base de référence initiale utilisée durant leur audit pour qu'elle reflète les conditions avant la construction.

MODÈLE MATHÉMATIQUE - PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Exemple pour une zone administrative d'une usine :

Variable indépendante : température extérieure

Variable dépendante : consommation de gaz naturel

Cette méthode s'appuie sur l'hypothèse qu'une relation directe existe entre le différentiel des températures intérieure et extérieure et la demande énergétique de la zone en chauffage et en climatisation.

MODÈLE MATHÉMATIQUE - PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Température d'équilibre : 18 °C historiquement



Température théorique à laquelle se produit la transition entre le mode chauffage et le mode climatisation

Il faut être prudent sur le choix de la température d'équilibre.
Elle peut être différente selon les zones de l'usine et n'affecter que les zones administratives

MODÈLE MATHÉMATIQUE - PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

$DJC (^{\circ}C-j) = \sum(T_{\bar{x}} - T_{equ})$ uniquement si $T_{\bar{x}} > T_{equ}$

$DJR (^{\circ}C-j) = \sum(T_{equ} - T_{\bar{x}})$ uniquement si $T_{\bar{x}} < T_{equ}$

DJC	Degrés-jours de chauffage ($^{\circ}C$)
DJR	Degrés-jours de refroidissement ($^{\circ}C$)
$T_{\bar{x}}$	Température moyenne de la journée
T_{equ}	Température d'équilibre

Plus le nombre de degrés-jours de chauffage ou de degrés-jours de refroidissement (DJC/DCR) est élevé pour un mois ou une année, plus la demande en chauffage/climatisation des espaces de travail sera importante

La formule reliant l'énergie aux degrés-jours peut prendre la forme $UA \times \Delta T$ ou la forme $m \times C_p \times \Delta T$ selon les cas.

S'applique de façon similaire pour tout débit d'air de procédé (séchage, fours) devant être chauffé à partir de la température extérieure.

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

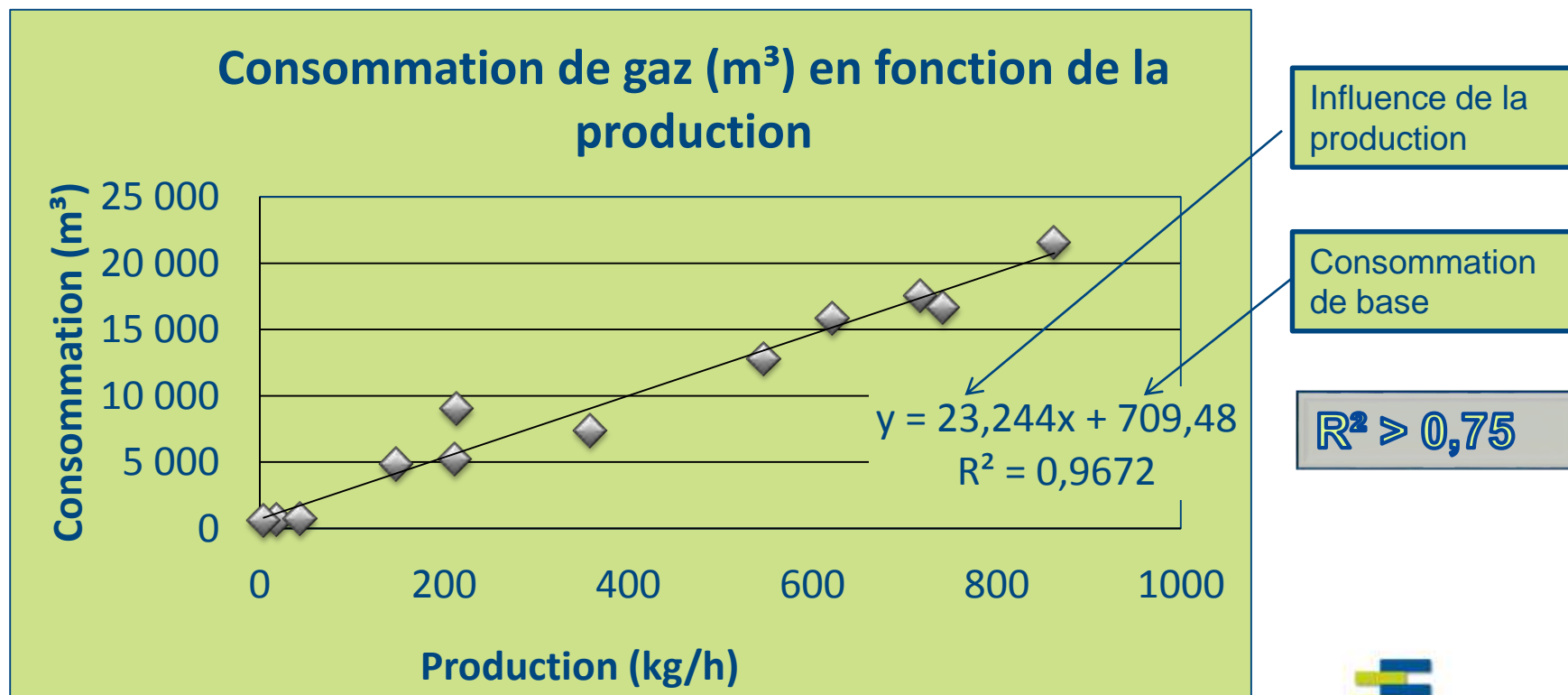
Autre exemple :

Variable indépendante : production

Variable dépendante : consommation de gaz naturel

DEVELOPPEMENT D'UN MODELE MATHEMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PERIODE DE REFERENCE

La relation entre la consommation de gaz et la production est établie par l'analyse de régression



DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

L'indice R^2 représente le coefficient de détermination et la dépendance entre la valeur des X et la valeur des Y correspondante

$$R^2 > 0,75$$

La valeur du R^2 doit être supérieure à 0,75 (75 %) pour être considérée comme acceptable, mais il faut aussi regarder d'autres indices statistiques pour conclure.

Ils sont présentés dans les diapositives suivantes

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

L'indice R^2 représente le coefficient de détermination, une mesure qui indique jusqu'à quel point la régression explique les variations de la variable dépendante ($Y = \text{énergie}$) par la variable indépendante ou « explicative », ici la production.

$$R^2 = \frac{\text{Variation de } Y \text{ expliquée}}{\text{Variation totale de } Y}$$

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

Où :

\hat{Y}_i = la valeur de la consommation d'énergie prévue par le modèle

\bar{Y} = la moyenne des n valeurs d'énergie mesurée

Y_i = la valeur d'énergie mesurée (par exemple à l'aide d'un compteur)

Tous les progiciels statistiques et outils de chiffriers d'analyse de régression calculent la valeur de R^2

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Prudence !

Des droites de forte pente ont tendance à présenter un R^2 élevé

Une variation de la pente de la droite avec des dispersions identiques génère des R^2 très différents

DEVELOPPEMENT D'UN MODELE MATHEMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PERIODE DE REFERENCE

Tout ajustement aux données pour améliorer le R^2 doit être fait avec prudence :

- › Trouvez des variables indépendantes pertinentes – ne les fabriquez pas
- › Supprimez les valeurs aberrantes, s'il peut être démontré que ces valeurs sont non représentatives
 - Ex : arrêt de travail imprévu
 - Il faut tout documenter

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Données manquantes

S'il manque des données de la situation initiale :

- › En utiliser moins – si l'incertitude est acceptable
- › Recourir à des données provenant d'une période correspondante – la même période de facturation de l'année précédente
- › Envisager une période différente, ou plus longue, pour l'ensemble des compteurs
- › Documenter les raisons des changements effectués

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Erreurs de modélisation

En industrie, plusieurs variables indépendantes entrent en ligne de compte lors de l'évaluation de la ligne de base. Afin d'être conforme à l'IPMVP, les modèles mathématiques de la base de référence doivent satisfaire à certains critères statistiques.

Les diapositives suivantes montrent les différentes statistiques pour un exemple typique.

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Erreurs de modélisation

- › Le modèle a été conçu avec un champ de données autre que le champ réel
 - Il devrait être construit en utilisant des données raisonnables de variables dépendantes et indépendantes
- › Le modèle inclut des variables indépendantes inappropriées
 - Présentant la possibilité de relations biaisées
- › Le modèle inclut quelques variables non pertinentes
- › Le modèle emploie un type de modèle mathématique inadéquat (linéaire, exponentiel, etc.)
- › Le modèle est basé sur des données insuffisantes ou peu représentatives

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Vérifier l'erreur de biais du modèle

Introduire les valeurs des variables indépendantes (facteurs de production, DJR ou autres) de la période de référence dans le modèle issu de l'analyse.

L'erreur résultante pour la consommation totale d'énergie réelle de la période doit être inférieure à **0,005 %**, selon une exigence du protocole ASHRAE guideline 14 - 2002.

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

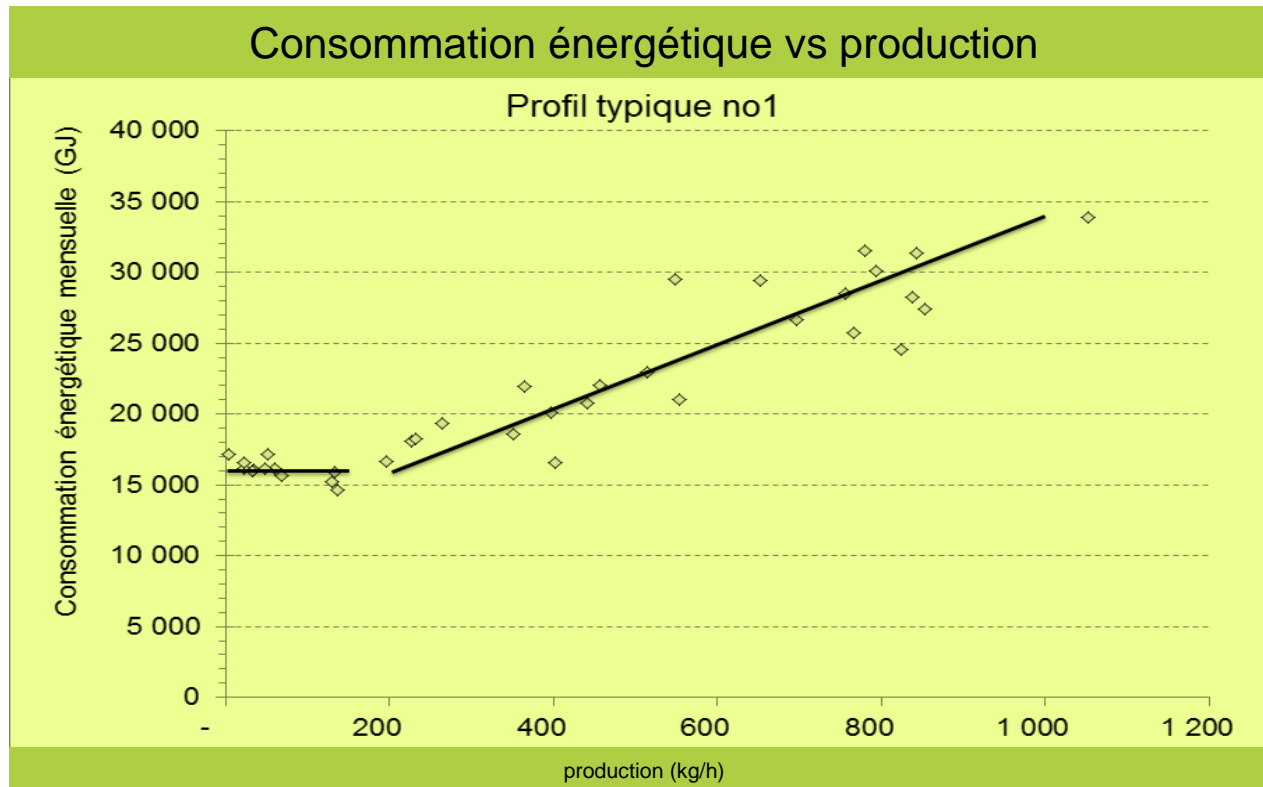
Autre exemple : la consommation de gaz naturel d'une imprimerie a été analysée et un modèle mathématique a été créé.

Date de début	Date de fin	Conso de gaz m ³	d'unités produites	m ³ calculé avec régression linéaire
2007-12-12	2008-01-18	21 561	863	20760
2008-01-18	2008-02-14	17 554	718	17389
2008-02-14	2008-03-14	16 660	742	17961
2008-03-14	2008-04-16	15 849	622	15162
2008-04-16	2008-05-14	9 058	214	5679
2008-05-14	2008-06-13	4 850	148	4159
2008-06-13	2008-07-16	677	19	1142
2008-07-16	2008-08-13	578	4	800
2008-08-13	2008-09-12	740	44	1732
2008-09-12	2008-10-15	5 215	212	5639
2008-10-15	2008-11-12	7 378	359	9061
2008-11-12	2008-12-10	12 805	548	13440
	Total	112 925		112 925

La consommation de GN en m³ calculée avec le modèle mathématique de la base de référence correspond à la consommation de gaz mesurée. L'erreur de biais est bonne.

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE (FORMULE STATISTIQUE) – PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Parfois, deux droites s'adaptent mieux à l'analyse de régression



EFFETS INTERACTIFS

Toutes les modifications de consommation induites par la mesure en dehors de la limite de mesurage

› Effets croisés

- L'amélioration d'un moteur ou de l'isolation de la chaudière résultera en une augmentation de la charge de chauffage durant l'hiver et une diminution de la charge de climatisation en été

Tous les effets à l'intérieur de la limite de mesurage sont mesurés par les compteurs

EFFETS INTERACTIFS

Exemple pour éclairage:



Quelles seraient les possibilités pour tenir compte des effets croisés?

Est-ce conforme au IPMVP?

PÉRIODE DE SUIVI

- › Elle devrait dépendre des objectifs du projet d'EE
- › Elle devrait couvrir au moins un cycle de fonctionnement normal de l'équipement ou du site, afin de caractériser entièrement l'efficacité de la mesure dans tous les modes de fonctionnement normaux

PÉRIODES ADJACENTES DE MESURAGE

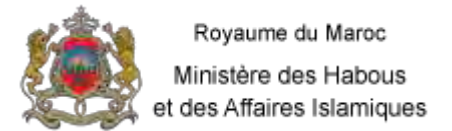
- › Les périodes de référence et de suivi peuvent être adjacentes dans le temps
- › Ceci implique que les MCE doivent pouvoir être mises en marche, puis à arrêt
 - Modification d'un point de consigne et retour au point de consigne initial
 - Mise en marche ou contournement d'un récupérateur de chaleur
- › Les périodes subséquentes doivent être assez longues pour représenter un fonctionnement équilibré
 - Couvrir un cycle de fonctionnement normal

MESURAGE

Calibration

- › Les compteurs doivent être calibrés en suivant les directives des fabricants de l'équipement, et en suivant les procédures des autorités de mesurage reconnues
- › Les équipements de mesurage devraient être sélectionnés, entre autres, sur la base de la facilité et du maintien de leur calibration





Options A, B et C

INTRODUCTION

Cette section décrit les calculs, les coûts (comparatifs) et les meilleures applications liés aux options A, B et C de l'IPMVP

L'approche D ne sera pas traitée car très peu fréquente dans le marché (sauf pour constructions neuves et promoteurs qui offrent des concepts EE)

OPTION A – MESURE DES PARAMÈTRES CLÉS

Les économies sont déterminées par la mesure sur le terrain **des paramètres de performance principaux** qui influencent la consommation d'énergie des systèmes affectés par les MCE ou le succès d'un projet

Ex. Modernisation d'un moteur – la puissance des appareils

Certaines estimations (hypothèses) sont donc permises

Ex. Modernisation d'un moteur – les heures de fonctionnement

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

- › Quels sont les paramètres à mesurer et quels sont ceux à estimer en considérant la contribution de chaque paramètre sur l'incertitude globale des économies évaluées?
- › Les valeurs estimées et l'analyse de leur importance devraient être incluses dans le plan de M&V
- › Ces estimations doivent être employées là où leurs incertitudes combinées n'affectent pas de manière significative les économies évaluées

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

- › Les calculs d'ingénierie ou la modélisation mathématique peuvent être employés pour évaluer l'importance des erreurs d'évaluation de tous les paramètres estimés sur les économies
- › Le choix des paramètres à mesurer et de ceux à estimer peut également être considéré par rapport aux objectifs du projet et des obligations d'un professionnel prenant des risques de performance relativement aux MCE

Ex. Une ESE qui garantit une amélioration d'un moteur, mais ne veut pas prendre le risque des heures d'opération sur lesquelles elle n'a aucun contrôle

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

Calcul de la consommation d'énergie de la base de référence et de la période de suivi à partir de :

- › Mesures, continues ou à court ou moyen terme, des paramètres principaux de fonctionnement
- › Valeurs estimées pour les autres paramètres
- › Ajustements périodiques et non périodiques, si requis

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

Situation	Mesurage vs estimation		Conforme à l'Option A?
	Heures de service	Puissance appelée	
MCE réduit le temps de fonctionnement	Mesure	Estimation	Oui
	Estimation	Mesure	Non
MCE réduit la puissance appelée	Estimation	Mesure	Oui
	Mesure	Estimation	Non
MCE réduit la puissance consommée et les heures de fonctionnement			
Puissance de la base de référence incertaine, heures de fonctionnement connues	Estimation	Mesure	Oui
	Mesure	Estimation	Non
Puissance connue, mais heures de fonctionnement incertaines	Mesure	Estimation	Oui
	Estimation	Mesure	Non
Puissance et heures de fonctionnement peu connues	Mesure	Estimation	Non (utilisez Option B)
	Estimation	Mesure	



OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

Pour un cas simple (ex. moteur)

Economies de l'Option A = valeur estimée

X (paramètre mesuré pendant la base de référence
- paramètre mesuré pendant la période de suivi)

Les ajustements périodiques et non périodiques ne sont pas toujours nécessaires suivant le choix du périmètre de mesure, de la nature des valeurs estimées, la durée de la période de suivi ou la longueur de la période entre le mesurage de la base de référence et celui de la période de suivi.

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

Vérification des installations

L'installation devrait être inspectée pour vérifier l'existence permanente de l'équipement et de son fonctionnement.

Les intervalles de vérification sont définis dans le plan de M&V.

Le but est d'assurer la continuité des économies prévues.

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

Les meilleures applications

- › Les paramètres clés utilisés dans le calcul des économies sont facilement identifiables. Ils sont employés pour juger la performance d'un projet ;
- › Le mesurage des paramètres principaux peut probablement éviter les ajustements difficiles non périodiques lorsque les changements se produisent dans les limites de mesurage ;
- › L'incertitude créée par les estimations est acceptable ;
- › L'efficacité continue des MCE peut être estimée par la simple inspection des paramètres mesurés ;
- › Budget M&V limité.

OPTION A – MESURE DES PARAMETRES CLES

Exemple simple – remplacement de 10 moteurs

Le client et l'ESE sont en accord concernant les heures d'opération, soit 10 heures par jour, 350 jours par année

La puissance de l'équipement avant et après la MCE est mesurée

- › Avant : Puissance moyenne par moteur : 96 kW
- › Après : Puissance moyenne par moteur : 78 W

Calcul des économies annuelles

$(96-78) \text{ kW} * 10 \text{ moteurs} * (10 * 350) \text{ heures} = 630\ 000 \text{ kWh}$

OPTION A : EXERCICE

Éclairage industriel: Résumé des informations

- › Remplacement de luminaires
- › 3 000 h d'exploitation par an
- › Puissance totale mesurée des luminaires existants : 300 kW
- › 5 % de ces luminaires sont hors d'usage et seront réparés
- › Puissance totale des nouveaux luminaires : 160 kW
- › Facteur de puissance 90%
- › Inclure les effets croisés sur le chauffage : 20 % des économies sur 5 mois d'hiver, 85% efficacité chaudière
- › Tarif : 0,9406 MAD/kWh et 411.6 MAD/kVA
- › Combustible : 0,12 MAD/th (Réf. : 1,16 kWh/th.)

OPTION B – MESURE DE TOUS LES PARAMÈTRES

Economies

= énergie de la base 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

Il peut ne pas y avoir d'ajustement, que ce soit périodique ou non périodique, dépendant de l'emplacement de la limite de mesurage, de la durée de la période de suivi ou encore de la période entre les mesures de la base de référence et la période de suivi.

Dans cette option, tous les paramètres influençant la consommation énergétique sont mesurés

- › L'Option B produira des résultats plus précis dans les cas où les charges sont variables.

OPTION B – MESURE DE TOUS LES PARAMÈTRES

Les meilleures applications

- › Pour le mesurage isolé, les compteurs supplémentaires sont employés pour d'autres objectifs tels que l'évaluation des résultats ou le suivi énergétique
 - Régulation du débit d'une pompe
 - Mise en place d'un variateur de la vitesse
 - Mesure de la puissance électrique d'un moteur
- › Les économies ou opérations dans le périmètre de mesurage sont variables

OPTION B – MESURE DE TOUS LES PARAMÈTRES

Mesures de l'effet sur la pointe électrique

- › La puissance électrique doit être mesurée au moment où la demande maximale du site se produit
 - Ceci implique l'enregistrement continu de la demande au sous-compteur
 - La compagnie d'électricité peut fournir la période de la demande maximale sur ses factures ou dans un rapport spécial si elle a des données de comptage continu
 - Si uniquement un relevé mensuel est disponible, il sera nécessaire de mesurer également le profil de demande maximale à l'entrée électrique
- › L'utilisation de la même méthode que la compagnie d'électricité

OPTION B – MESURE DE TOUS LES PARAMÈTRES

Les coûts additionnels de l'option B comparativement à l'option A peuvent être justifiés si une ESE est responsable de tous les facteurs qui influencent les économies d'énergie

OPTION C – LE SITE ENTIER

L'Option C :

- › Implique l'utilisation des compteurs du fournisseur d'énergie ou de sous-compteurs pour **évaluer la performance énergétique de tout le site**
 - › Il est impossible d'isoler les mesures
- › Détermine les économies collectives de toutes les MCE implantées sur le site alimenté par le compteur d'énergie
- › Tient compte de tout effet interactif, car le site dans son ensemble est inclus dans le périmètre de mesure.

OPTION C – LE SITE ENTIER

Les économies évaluées avec l'Option C incluent les effets positifs ou négatifs de tout changement fait sur le site autre que les MCE.

Ex. Changement des heures d'opération, de points de consigne et des ajouts de systèmes.

Dans un milieu industriel, ceci entraîne une contrainte importante de suivi, car les changements sont souvent nombreux. Donc peu utilisé.

OPTION C – LE SITE ENTIER

Les ajustements non périodiques exigent un suivi détaillé et une méthode de calcul pour les incorporer dans les analyses.

- › En conséquence, l'IPMVP recommande que les économies prévues d'un projet devraient dépasser **10 %** de la consommation d'énergie des données de la référence

OPTION C – LE SITE ENTIER

Informations relatives aux données de consommation

- › Si un compteur fournit de l'énergie à un système qui interagit directement ou indirectement avec d'autres systèmes énergétiques, les données de ce compteur doivent être incluses dans la détermination des économies du site
 - › Par exemple, si la chaudière au gaz naturel utilisée pour préchauffer l'air du séchoir à papier est optimisée, le compteur électrique qui fournit le chauffage au bâtiment doit être mesuré
- › Les compteurs qui mesurent l'énergie consommée par des équipements qui n'ont aucune influence sur la consommation des systèmes affectés par les MCE, peuvent être négligés.

OPTION C – LE SITE ENTIER

Informations relatives aux données de consommation

- › Si une des données de consommation de la période de suivi est manquante, un modèle mathématique peut être créé
 - Le rapport d'économie pour la période manquante devrait identifier les «données manquantes» et détailler la méthode utilisée pour calculer les économies de cette période.

OPTION C – LE SITE ENTIER

Points à surveiller sur les factures énergétiques

Les données de consommation de l'Option C proviennent souvent de lectures faites directement aux compteurs des fournisseurs d'énergie

- › Les périodes de facturation sont parfois plus longues que l'intervalle de suivi requis dans le plan de M&V.
- › Les factures contiennent parfois des données estimées, particulièrement pour les petits clients
 - Il est parfois impossible de savoir si ces données sont estimées ou si elles ont réellement été relevées sur un compteur
- › Quand le fournisseur d'énergie estime une donnée, la consommation ou la demande de cette période ne peut pas être clairement définie

OPTION C – LE SITE ENTIER

Variables indépendantes

Exemples de variables indépendantes pour l'Option C

› Le climat

- Température sèche extérieure
- Radiation solaire

› Le volume de production

- Unité de masse de chaque produit
- Unité volumétrique de chaque produit

› Les heures de fonctionnement

- Horaires de production
- Horaires de désinfection
- Les heures d'opération de l'usine selon les jours de semaine et fin de semaine ou les variations saisonnières
- Arrêts annuels pour entretien

OPTION C – LE SITE ENTIER

Variables indépendantes

- › La modélisation mathématique peut inclure les variables indépendantes dans le modèle si elles sont cycliques (périodiques) en créant des régressions. Par exemple le climat, le volume de production, etc.
- › L'analyse de régression ou des formules d'ingénierie peuvent aider à déterminer le nombre de variables indépendantes à considérer dans les données de la base de référence
- › Les données des variables indépendantes devraient être mesurées et enregistrées en même temps que les données de consommation.

OPTION C – LE SITE ENTIER

Ajustement périodique

En milieu industriel, choisir les bons facteurs d'ajustement peut représenter un défi.

Certaines industries ont :

- › de multiples produits ayant différentes intensités énergétiques
- › des changements d'opération fréquents dus aux contraintes de production
- › des priorités liées à la production

OPTION C – LE SITE ENTIER

Les **ajustements non périodiques** représentent le principal défi associé à l'Option C

- › Des inspections périodiques sur les équipements et les modes d'opération du site doivent être effectuées pendant la période de suivi
- › Ces inspections permettent d'identifier les changements dans les facteurs statiques des conditions de la base de référence
- › Elles fournissent l'information nécessaire pour calculer les ajustements non périodiques

OPTION C – LE SITE ENTIER

Les modèles peuvent inclure différents ensembles de paramètres de régression pour chaque gamme de conditions, tels que l'été ou l'hiver dans les sites/industries avec des variations saisonnières de consommation d'énergie.

- › Dans les industries où la production diffère selon les quarts de travail/jours de production/période, des modèles de régression séparés pour les différents types de production peuvent être nécessaires.

OPTION C – LE SITE ENTIER

Consommation d'énergie évitée

= énergie de la base de référence

± ajustements périodiques aux conditions de la période de suivi

- énergie de la période de suivi

± ajustements non périodiques aux conditions de la période de suivi

OPTION C – LE SITE ENTIER

Mesurage

Peut être fait par les compteurs des fournisseurs d'énergie

- › Le compteur du fournisseur d'énergie doit être conforme aux normes de précision pour la vente des produits énergétiques
- › Les compteurs peuvent être équipés ou modifiés pour fournir une impulsion électrique qui pourrait être enregistrée par les équipements de contrôle du site

OPTION C – LE SITE ENTIER

L'Option C est indiquée dans les cas suivants :

- › En plus des MCE, la performance énergétique du site entier doit être également évaluée
- › Il y a plusieurs MCE qui seront implantées dans le site
- › Les MCE incluent des activités dont les effets sur la consommation d'énergie sont difficiles à mesurer par une approche d'isolation (A ou B)
 - Formation des opérateurs
 - Amélioration du réseau de distribution de chaleur
- › Pendant la période de suivi, les économies sont importantes, relativement aux variations normales de consommation du site

OPTION C – LE SITE ENTIER

L'Option C est indiquée dans les cas suivants :

- › les techniques d'isolation des modifications (options A et B) sont excessivement complexes
 - Les effets interactifs ou les interactions entre les MCE sont substantielles
- › Aucun changement majeur au site n'est prévu pendant la période de suivi
- › Un système de suivi des facteurs statiques peut être établi pour effectuer les ajustements futurs

EXERCICE 4 - OPTION C : USINE TEXTILE

Un projet d'efficacité énergétique a été mis en place dans une usine de textile entre janvier et octobre 2009.

Les économies annuelles prévues sont de 260 000 m³/an de gaz naturel et 230 000 kWh d'électricité.

A l'aide du fichier Excel nommé M&V Option C, déterminez si les objectifs ont été atteints.

EXERCICE 4 - OPTION C : USINE TEXTILE

La production de l'usine, exprimée en kg de tissu traité, est très fluctuante due à la variation des quantités commandées.

- › Voir chiffrier d'exercices



Royaume du Maroc
Ministère des Habous
et des Affaires Islamiques



Plan de M&V & rapport de suivi

INTRODUCTION

Cette section présente le contenu ainsi que les règles d'élaboration d'un plan de M&V

PLAN DE M&V

Pour être conforme à l'IPMVP, il faut préparer un plan de M&V pour chaque projet.

Certains projets peuvent avoir plusieurs plans de M&V pour différentes mesures, particulièrement lorsque les options A et B sont choisies.

CONTENU DU PLAN DE M&V

- › Le plan de M&V liste toutes les données nécessaires à la détermination des économies.
- › Les responsables doivent s'assurer que les données de référence et les détails des MCE sont disponibles et archivées.
- › Il faut donc les enregistrer pour consultation ultérieure au cas où les conditions changeraient ou que les MCE n'atteignent pas les résultats escomptés.
- › La documentation doit être soignée car il peut s'écouler un grand laps de temps (souvent des années) entre la période de référence et la période de suivi.

CONTENU DU PLAN DE M&V

Le plan de M&V complet doit inclure 13 éléments :

1. But des MCE

› Décrire:

- les MCE ;
- le résultat attendu ;
- les procédures de mise en service qui seront employées pour vérifier le succès de l'implantation de chaque MCE.

› Identifier tous les changements prévus aux conditions de la base de référence

- Le projet va augmenter le niveau de confort des occupants ;
- Le projet va aider à la stabilité des points de consigne de température.

CONTENU DU PLAN DE M&V

2. Option de l'IPMVP sélectionnée et périmètre de mesure

- › Choisir l'Option A, B, C ou D (industriel souvent axé sur A et B)
- › Préciser la date de publication de l'IPMVP utilisée
- › Sélectionner le périmètre de mesurage
- › Décrire la nature de tout effet interactif au-delà de la limite de mesurage ainsi que leurs impacts possibles

CONTENU DU PLAN DE M&V

3. Situation de référence

- › Documenter les conditions et les données de consommation d'énergie durant la période de référence à l'intérieur du périmètre de mesurage
 - Basé sur des audits bien documentés, des enquêtes, des inspections ou des activités de mesurage à court terme
 - L'ampleur de cette information est déterminée par le périmètre de mesure sélectionné

CONTENU DU PLAN DE M&V

3. Situation de référence

- › Cette documentation spécifique à la situation de référence doit présenter :
 - Les dates de la période de référence choisie
 - Les données de consommation et de pointe de la base de référence
 - Les évènements anormaux qui ont eu lieu durant la période de référence (bris d'équipement, arrêt de travail)
 - Les ajustements manuels fait aux données
 - Les variables indépendantes
 - Les facteurs statiques
 - Equipements, mode d'opération, ligne de production
 - Les conditions hors normes (confort, santé, entretien et sécurité) qui seront corrigées ou non par le projet

CONTENU DU PLAN DE M&V

4. Période de suivi

- › Identifier la période de suivi
 - Mesurage instantané (ex. une seule fois ou répété annuellement)
 - Mesurage à court ou moyen terme
 - Mesurage durant toute la période contractuelle (ESE)
 - Mesurage équivalent à la période de retour sur investissement
 - Mesurage permanent (gestion continue)

5. Base pour l'ajustement

- › Définir l'ensemble des conditions auxquelles toutes les données de consommation d'énergie seront ajustées
 - Energie évitée = ajustée selon les conditions de la période de suivi
 - Economies normalisées = conditions normales

CONTENU DU PLAN DE M&V

6. Procédure d'analyse

- › Spécifier la procédure exacte d'analyse des données :
 - Les hypothèses à employer pour chaque rapport de suivi des économies
 - Le modèle mathématique (ingénierie ou statistique) mettant en relation consommation et demande avec les variables indépendantes
 - La gamme de variables indépendantes pour laquelle ce modèle est valide

CONTENU DU PLAN DE M&V

7. Les prix de l'énergie

- › Indiquer les prix de l'énergie qui seront employés :
 - Les formules exactes de prix ou de prix unitaire simplifié
 - Les pertes causées par le transport ou la distribution dans un grand site
 - Les ajustements pour le calcul de la fluctuation des prix
 - Ex. dans le cas d'un changement de combustible

CONTENU DU PLAN DE M&V

8. Caractéristiques des compteurs

- › Spécifier les points de mesurage
- › Indiquer la période de mesurage
- › Spécifier, pour les compteurs autres que ceux fournis par des fournisseurs d'énergie :
 - caractéristiques du compteur
 - Procédure d'installation des sondes et du compteur
 - processus pour la lecture du compteur
 - présences lors du mesurage
 - procédure de mise en service du compteur
 - procédés de calibration périodique
 - méthode de traitement des données manquantes
 - précision du compteur

CONTENU DU PLAN DE M&V

9. Responsabilité de suivi

- › Définir le ou les responsable(s) de la collecte de données à l'intérieur de la limite de mesurage pendant la période de suivi
 - Enregistrement des données énergétiques
 - Variables indépendantes
 - Facteurs statiques

CONTENU DU PLAN DE M&V

10. Précision attendue

- › Evaluer la précision attendue de :
 - mesurage
 - saisie de données
 - prélèvement des données
 - l'analyse des données
- › Inclure des mesures quantitatives
 - incertitudes de mesurage
 - incertitudes du modèle de régression
 - incertitudes d'échantillonnage

CONTENU DU PLAN DE M&V

11. Budget

- › Définir le budget et les ressources requises
 - Conception et rédaction du plan de M&V
 - Collecte des données de la situation de référence
 - Collecte des données de la période de suivi
 - Calculs d'économies et rédaction des rapports de suivi

12. Format du rapport

- › Définir la table des matières
- › Indiquer le niveau de détail des informations à présenter
- › Indiquer comment les résultats seront présentés
- › Inclure un modèle pour chaque type de rapport

CONTENU DU PLAN DE M&V

13. Assurance qualité

- › Indiquer les procédures d'assurance de la qualité
 - Collecte des informations
 - Campagne de mesurage
 - Préparation des rapports de suivi des économies
 - Toute autre activité

LES RAPPORTS DE SUIVI

Les rapports de suivi doivent comporter au moins les informations suivantes :

- › Données de la période de suivi
 - Début et fin de la période de mesurage
 - Données de consommation d'énergie
 - Données de demande si nécessaire
 - Variables indépendantes
- › Description et justification de toutes les corrections faites aux données observées
- › Pour l'Option A, les valeurs estimées

LES RAPPORTS DE SUIVI

- › Tableau des tarifs de l'énergie employés
- › Détails des ajustements non périodiques
 - Explication des changements à la situation de référence
 - Faits observés (relevés, mesurage, information des opérateurs etc.)
 - Calculs d'ingénierie démontrant les ajustements
- › Les économies calculées en unités énergétiques et monétaires

Le tout doit être transparent pour un lecteur ou un vérificateur externe

APPLICATION DES PRIX

Les économies monétaires sont déterminées en appliquant le tarif approprié dans l'équation suivante :

$$\text{Economies du coût} = C_b - C_r$$

C_b = Coût de l'énergie pendant la période de référence, plus tous les ajustements

C_r = Coût de l'énergie pendant la période de suivi, plus tous les ajustements (pour les économies normalisées)

APPLICATION DES PRIX

- › Le même tarif doit être utilisé pour les deux termes de l'équation
- › Le tarif de la période de suivi est habituellement utilisé
- › La structure des prix devrait être celle du fournisseur d'énergie
 - Demande, pénalités de pointe, redevances, tranches de consommation et coûts correspondants

APPLICATION DES PRIX

- › Les tarifs peuvent changer dans le temps, en fonction des dates de lecture du compteur
 - Ceci peut demander des calculs séparés pour chaque période avec un tarif différent
 - La méthodologie d'attribution des consommations avant et après un changement de tarif devrait être identique à celle employée par le fournisseur d'énergie

- › Pour un contrat de performance
 - Etablir un prix plafond et un prix plancher basés sur les tarifs au moment de l'investissement

COÛT DU M&V

Le coût de l'évaluation des économies dépend de plusieurs facteurs :

- › Le choix de l'option
 - Ex. A est habituellement moins cher que B
- › Le nombre de MCE, leur complexité et les interactions entre elles
- › La quantité de flux d'énergie traversant le périmètre de mesurage dans les options A, B ou D
- › Le niveau de détails et d'efforts associés à l'établissement de la situation de référence

COÛT DU M&V

- › Quantité et complexité des équipements de mesurage
- › Taille des échantillons utilisés
- › Nombre de calculs d'ingénierie requis (A ou D)
- › Nombre et la complexité des variables indépendantes
- › Durée de la période de suivi
- › Niveau de précision requis
- › Conditions de suivi des économies
- › Processus de révision et de vérification des économies
- › Expérience et la qualification des professionnels chargés de calculer les économies

COÛT DU M&V

Les coûts de M&V doivent être raisonnables compte tenu de la :

- › quantité d'économies prévues
- › durée de la période de remboursement des MCE
- › précision exigée
- › fréquence et la durée du suivi

COÛT DU M&V

Le coût du M&V inclut :

- › préparation du plan de M&V
- › installation des compteurs et leur entretien
- › coût annuel pour assembler et enregistrer les données (compteurs, facteurs d'ajustement, vérification des facteurs statiques)
- › analyse des économies (ajustements périodiques et non périodiques)
- › préparation des rapports de M&V
- › estimation

Coût souvent avantageux par rapport aux autres options de l'IPMVP

COÛT DU M&V

Limite maximale :

- › 10 % des économies générées par le projet durant sa vie utile.

Typique :

- › 3 à 5 % pour les projets avec garantie de performance des ESE



CONFORMITE A L'IPMVP

Pour s'assurer de la conformité à l'IPMVP d'un projet de M&V :

- › Identifier la personne en charge
 - D'approuver le plan de M&V
 - De s'assurer qu'il soit utilisé correctement
- › Développer un plan de M&V complet
 - Comme expliqué précédemment
- › Suivre le plan de M&V
 - Pas d'ajustements ad-hoc ou non documentés
 - Le plan doit être assez précis pour que deux analystes différents l'appliquent d'une façon similaire sans avoir besoin d'explications complémentaires.
- › Préparer les rapports de suivi
 - Contenant les informations mentionnées dans les diapositives précédentes

CONFORMITE A L'IPMVP

L'IPMVP peut être une exigence dans un projet

- › Programme d'efficacité énergétique avec appui financier
- › Contrat de performance
- › Echange de certificats de réduction des GES

Dans un contrat,

- › En incluant la clause suivante

« La détermination des économies énergétiques et monétaires suivra les meilleures pratiques en vigueur, comme défini dans le volume 1 de l'IPMVP, EVO 10000 – 1:2010 »

- › En ajoutant : Le plan de M&V devra être approuvé par...
- › En précisant l'option sélectionnée

CONCLUSION

Introduction au M&V

- › Pourquoi mesurer et vérifier?
- › Les différents protocoles
- › Buts du M&V
- › Principes fondamentaux d'un plan de M&V



CONCLUSION

Concept de M&V

Terminologie du M&V et concepts

- › Bases d'ajustement
- › Limites de mesurage
- › Période de la base de référence
- › Situation de référence
- › Modèle mathématique de la base de référence
- › Ajustements de la base de référence
 - Ajustements périodiques = variables indépendantes
 - Ajustements non périodiques = facteurs statiques
- › Effets interactifs
- › Période de suivi
- › Périodes adjacentes de mesurage

CONCLUSION

Options A, B et C

- Approche et calculs
- Coûts
- Meilleures applications

Option A	Option B	Option C
Remplacement de moteurs	Ajout d'un variateur de vitesse	Programme de gestion de l'énergie à multiples facettes

CONCLUSION

Plan de M&V

- › Contenu d'un plan de M&V
- › Règles d'élaboration d'un plan de M&V
- › Développer un plan de M&V complet :
 - Incluant la date de publication, le numéro de la version d'édition et le volume de l'IPMVP utilisé
 - Incluant la terminologie conforme à l'IPMVP
 - Incluant les informations mentionnées dans le chapitre Plan de M&V (chapitre 5 de l'édition 2010)
 - Approuvé par toutes les parties intéressées
 - Conforme aux principes de M&V mentionnés dans le chapitre 3 de l'édition 2010.

MERCI !