

Guide technique de Mesurage et vérification

Programme Système de gestion de l'énergie (SGE)

Avril 2026



Table des matières

Droits d'auteur et remerciements	3
1 Aperçu	4
1.1 Objectifs de la conduite du processus de M&V	4
1.2 Considérations terminologiques	5
1.3 Approches de M&V	6
1.4 Méthode de transmission des économies d'énergie : Consommation d'énergie évitée	7
1.5 Apprentissage du processus de M&V par le Participant	8
2 Planification	9
2.1 Situation énergétique de référence et Période de suivi	9
2.2 Caractérisation du Site	11
2.3 Variables pertinentes	16
2.4 Planification de la collecte des données énergétiques	21
2.5 Collecte et évaluation de la qualité des données	25
2.6 Détermination de l'Approche de M&V	29
3 Modélisation énergétique	35
3.1 Introduction	35
3.2 Processus	36
3.3 Conditions à l'élaboration de modèles énergétiques à partir de données provenant de plusieurs compteurs	37
3.4 Établissement de la relation entre la consommation d'énergie et les Variables pertinentes	37
3.5 Établissement d'une situation énergétique de référence	40
3.6 Élaboration de modèles énergétiques	40
3.7 Examen de validité du modèle énergétique	42

3.8	Sélection de modèles pour suivre la performance énergétique et calculer les Économies d'électricité	44
3.9	Confirmation continue de la validité du modèle énergétique	44
3.10	Options lorsqu'un modèle énergétique valide ne peut pas être élaboré ou qu'un modèle en cours d'utilisation échouent aux tests de validité	45
3.11	Utilisation continue de la SER et des modèles énergétiques	48
3.12	Suivi de la Performance énergétique	49
3.13	Calcul des économies d'énergie grâce au modèle énergétique	50
3.14	Calcul des économies d'énergie sans modèle énergétique	54
4	Préparation pour communiquer les Économies d'électricité	55
4.1	Généralités	55
4.2	Types d'économies d'énergie	56
4.3	Exigences pour déclarer des Économies d'électricité selon l'Approche globale et l'Approche isolée avec modèle énergétique	56
4.4	Exigences pour déclarer des Économies d'électricité selon l'Approche isolée sans modèle énergétique	56
4.5	Exigences relatives à l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie	57
4.6	Économies d'énergie négatives	59
5	Annexes	60
5.1	Annexe A – Définitions	60
5.2	Annexe B – Cas particuliers en matière de comptabilité de l'énergie	67
5.3	Annexe C – Effort de calcul et documentation de l'AAPE selon l'Approche isolée sans modèle énergétique	70
5.4	Annexe D – Multicolinéarité et autocorrélation	71

Droits d'auteur et remerciements

Le présent *Guide technique de Mesurage et vérification (M&V)* est basé sur le *California SEM Program M&V Guide* (versions 4.0 et antérieures). Hydro-Québec a obtenu l'autorisation écrite des détenteurs des droits d'auteur afin de pouvoir l'utiliser, l'adapter et le traduire, et ce, dans le cadre du *Programme Système de gestion de l'énergie*. Hydro-Québec exprime sa reconnaissance envers les titulaires suivants pour leur contribution au partage des connaissances et à l'avancement des pratiques favorisant l'efficacité énergétique (par ordre alphabétique) :

- Marin Clean Energy ;
- Pacific Gas and Electric ;
- San Diego Gas and Electric ;
- Southern California Edison ;
- Southern California Gas.

Hydro-Québec souhaite également remercier les différentes organisations mentionnées dans le présent guide pour leur contribution. Un remerciement particulier est adressé à Sergio Dias Consulting LLC pour sa précieuse contribution à l'obtention des droits d'auteur.

1 Aperçu

L'objectif de ce *Guide technique de Mesurage et vérification (M&V)* est de définir un ensemble de principes, de directives et d'exigences qui établissent un processus systématique de M&V à utiliser par toute partie prenante qui participe au Programme Système de gestion de l'énergie (SGE) d'Hydro-Québec.

Les exigences énoncées dans le présent guide doivent être respectées lors du processus d'évaluation des Économies d'énergie liées au Programme SGE d'Hydro-Québec. Dans le contexte de ce Programme, le processus de M&V consiste :

1. à planifier la collecte des données ;
2. à collecter les données et à les analyser ;
3. à mesurer, à vérifier, à communiquer et à améliorer la Performance énergétique, dans un Périmètre de M&V défini.

Le Participant au Programme SGE, le Partenaire (s'il y a lieu), et les ingénieurs et ingénieures responsables des dossiers à Hydro-Québec sont les trois principaux intervenants qui seront engagés dans la conduite du processus de M&V.

Ce guide est conçu pour être utilisé en coordination avec les documents suivants du Programme SGE : le *Guide de participation – Programme SGE*, le *Gabarit de rapport de Mesurage et vérification* et la *Liste détaillée des livrables*.

I 1.1 Objectifs de la conduite du processus de M&V

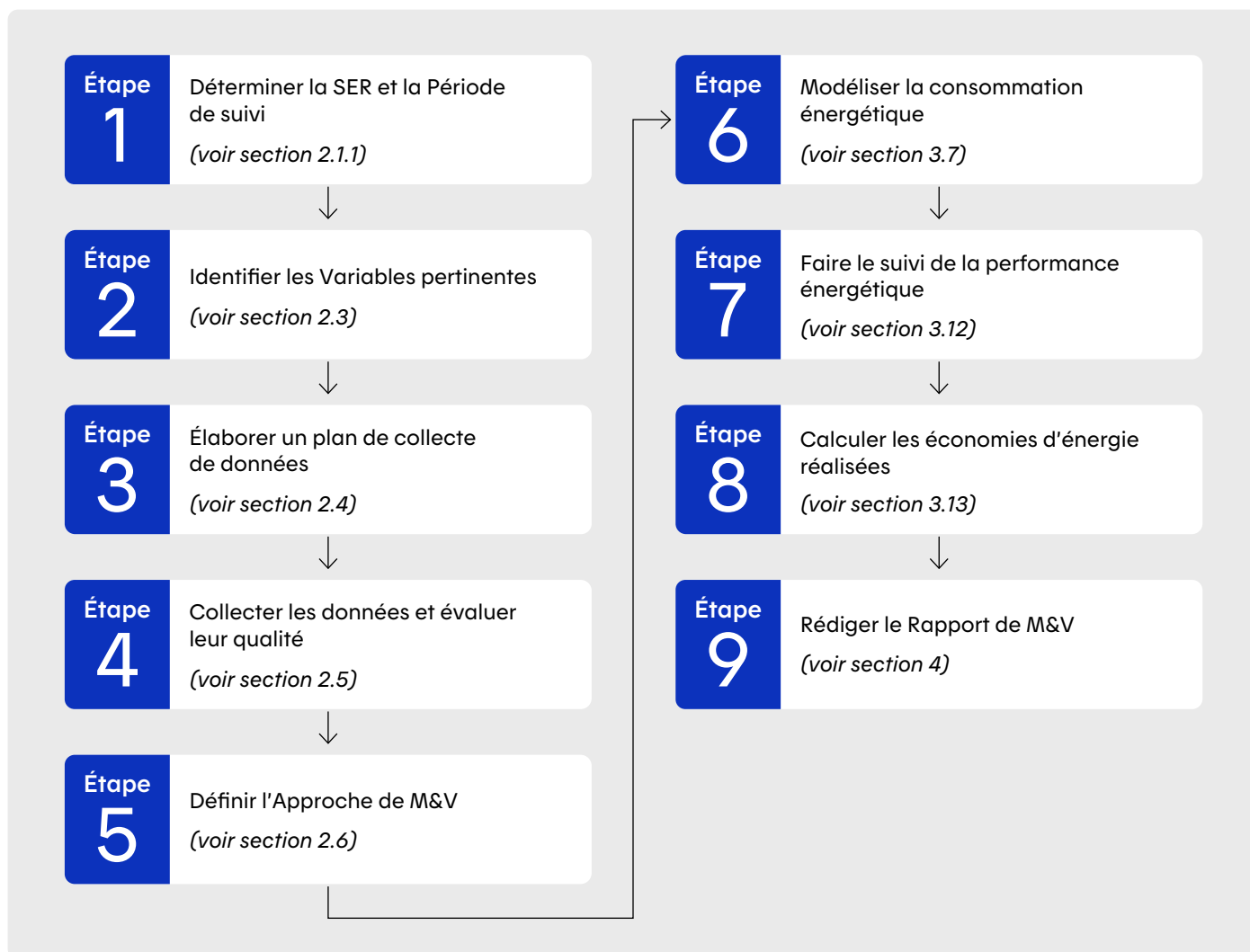
Le processus de M&V permet au Participant de :

1. Développer une compréhension plus approfondie de la relation entre les usages énergétiques, les activités de l'organisation et la consommation d'énergie.
2. Prendre connaissance des activités reliées au processus de M&V.
3. Développer la capacité à mener de manière autonome le processus de M&V décrit dans ce guide.
4. Déterminer les économies d'énergie.

Les objectifs du processus de M&V sont les suivants :

1. Caractériser la consommation d'énergie, les usages énergétiques, les facteurs statiques et les Variables pertinentes du Site.
2. Élaborer un plan de collecte de données énergétiques.
3. Créer et utiliser des modèles de consommation d'énergie pour chaque type d'énergie consommé à l'intérieur du Périmètre de M&V.
4. Quantifier et justifier les économies d'énergie générées par les Actions d'amélioration de la performance énergétique (AAPE) mises en œuvre et répertoriées dans la Liste des possibilités d'amélioration.
5. Calculer les Économies d'électricité réalisées au cours de la Période de suivi.
6. Préparer la documentation pour le Rapport de M&V à transmettre à Hydro-Québec.
7. Permettre au Participant de s'appropriier le processus de M&V dans le cadre de l'élaboration, de l'implantation et de l'amélioration de son SGE.

Figure 1 : Survol des étapes de M&V



I 1.2 Considérations terminologiques

La terminologie utilisée dans ce guide de M&V est conforme à la norme internationale ISO 50001:2018. L'annexe A – Terminologie de ce guide définit des termes couramment utilisés et fournit des références à la norme ISO 50001.

Les notions de Performance énergétique et d'Amélioration de la performance énergétique sont essentielles au processus de M&V :

- La Performance énergétique peut être considérée comme une image fixe dans le temps de la quantité d'énergie consommée ou de l'utilisation efficace de l'énergie.
- L'Amélioration de la performance énergétique est liée à une variation quantifiable de la quantité d'énergie consommée entre deux périodes au cours desquelles des AAPE sont mises en œuvre.

Plusieurs manières peuvent être utilisées pour déterminer et communiquer l'Amélioration de la performance énergétique. Ce guide en présente deux, l'Approche globale et l'Approche isolée, pour estimer les économies d'énergie comme indicateurs de l'Amélioration de la performance énergétique.

Afin de répondre adéquatement aux exigences d'Hydro-Québec relativement à la déclaration des Économies d'électricité, le Participant est encouragé à collaborer avec un ou plusieurs Partenaires. Cette ressource apportera une expertise technique pour que les différentes tâches présentées dans ce guide soient effectuées avec succès.

I 1.3 Approches de M&V

Le présent guide détaille deux Approches de M&V pour déterminer les économies d'énergie. Celles-ci sont basées sur :

1. un ou plusieurs modèles énergétiques élaborés pour chaque type d'énergie consommée à l'intérieur des limites d'un Périmètre de M&V, communément appelé *top-down*. Il en existe deux sortes :
 - a) Approche globale avec modèle énergétique ;
 - b) Approche isolée avec modèle énergétique.
2. l'agrégation des économies d'énergie pour chaque type d'énergie calculées individuellement pour une AAPE mise en œuvre au cours de la Période de suivi, communément appelée *bottom-up*. Il existe une seule Approche de M&V sans modèle énergétique :
 - a) Approche isolée sans modèle énergétique.

Des informations supplémentaires sont publiées par l'*Efficiency Valuation Organization (EVO)* dans le document *Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®) – Notions fondamentales, mars 2022*.

Ces deux Approches de M&V impliquent que les économies d'énergie qui en résultent soient contextualisées de manière différente pour chacune d'elles. **Les deux Approches de M&V étant fondamentalement différentes, la comparaison des résultats entre les deux Approches de M&V ne devrait être effectuée que pour augmenter le niveau de confiance envers les économies d'énergie calculées.**

1.3.1 Modèle énergétique

L'Approche de M&V privilégiée pour calculer les économies d'énergie et suivre la Performance énergétique au fil du temps consiste à élaborer un ou plusieurs modèles énergétiques pour chaque type d'énergie consommée à l'intérieur des limites d'un Site. L'élaboration et l'utilisation de modèles énergétiques répondent à deux objectifs principaux :

- **Fournir un outil informatif que le Participant peut utiliser.** Les modèles énergétiques développés pour normaliser la consommation d'énergie en fonction des Variables pertinentes sont des outils qui fournissent au Participant des informations sur la relation entre la consommation d'énergie, les usages énergétiques et ses activités d'exploitation. Si l'expertise interne n'est pas disponible, il est fortement recommandé que le Participant travaille en étroite collaboration avec un Partenaire pour comprendre comment les modèles énergétiques sont développés, comment ils peuvent être utilisés pour suivre la Performance énergétique et comment le Programme les utilise pour calculer les économies d'énergie.
- **Donner un sens aux valeurs d'économie d'énergie.** Comme plusieurs variables influencent la consommation d'énergie, la création d'un modèle énergétique permet de calculer l'énergie qui aurait été consommée en l'absence de mise en œuvre d'AAPE. On calcule ensuite les économies d'énergie en comparant la Consommation d'énergie de référence avec la Consommation d'énergie réelle. Les valeurs d'économie d'énergie calculées représentent l'effet des AAPE mises en œuvre ainsi que celui des autres actions ayant une incidence sur la consommation d'énergie.

Les deux objectifs de l'élaboration de modèles énergétiques doivent être pris en compte tout au long du processus de M&V.

Parfois, il n'est pas possible d'élaborer un modèle énergétique pour chaque type d'énergie en fonction du Périmètre de M&V (généralement la limite du Site). On peut alors concevoir plusieurs modèles énergétiques, à condition que les Périmètres de M&V de chaque modèle ne se recoupent pas. Lorsque plusieurs modèles énergétiques sont développés, ils se rapportent généralement aux processus, aux systèmes globaux ou aux équipements clés du Site.

La création de plusieurs modèles n'est pas exigée dans le présent guide, mais elle constitue une option. Cette Approche globale, bien qu'elle entraîne des efforts et des coûts supplémentaires, peut générer des bénéfices additionnels pour le Participant.

Idéalement, les économies d'énergie sont déterminées à l'échelle du Site à l'aide d'un ou de plusieurs modèles énergétiques. Cependant, un Périmètre de M&V plus petit que la limite du Site peut aussi être utilisé. La quantification des économies d'énergie à l'aide d'un modèle énergétique repose sur une Approche globale à l'échelle du Site ou sur une Approche isolée appliquée à un ou plusieurs usages énergétiques significatifs (UES).

1.3.2 Agrégation des économies d'énergie issues de chaque AAPE

Lorsque, pour un type d'énergie donné, les modèles énergétiques ne permettent pas de quantifier adéquatement les économies d'énergie, on peut appliquer une Approche isolée de détermination des économies d'énergie provenant de chaque AAPE. Pour procéder avec cette Approche isolée sans modèle énergétique, le Participant doit déposer un Avis de recours à l'Approche isolée sans modèle énergétique (ARAI) pour obtenir l'approbation d'Hydro-Québec.

L'agrégation des économies d'énergie calculées à partir de chaque AAPE ne permet généralement pas de capter celles, plus globales, issues de la mise en œuvre du SGE, telles que celles liées à la maîtrise opérationnelle, à l'amélioration comportementale, à l'optimisation des systèmes ou à d'autres AAPE dont le potentiel d'économies d'énergie s'avère plus faible.

Idéalement, lorsqu'un système comprend plusieurs AAPE mises en œuvre, il est préférable de procéder à une modélisation énergétique du système afin de capter toutes les économies d'énergie générées par ces AAPE.

1.4 Méthode de transmission des économies d'énergie : Consommation d'énergie évitée

Les économies d'énergie à l'échelle du Périmètre de M&V peuvent être calculées à partir de modèles énergétiques, ou par l'agrégation des économies d'énergie liées à chaque AAPE (Approche isolée sans modèle énergétique) sur la base de la Consommation d'énergie évitée.

Indépendamment de l'Approche de M&V utilisée, les Économies d'électricité ne pourront être déclarées au Programme qu'une seule fois dans un seul rapport d'économies d'énergie – section électricité. De plus, les Économies d'électricité provenant de la conversion d'une source d'énergie ne pourront pas être déclarées au Programme. Enfin, le Participant devra démontrer que les Économies d'électricité déclarées au Programme ne créent pas d'augmentation de consommation de toute forme d'énergie à l'intérieur et/ou à l'extérieur du Périmètre de M&V visé par le Projet.

Le présent guide définit la consommation d'énergie évitée comme la différence entre la Consommation d'énergie de référence, estimée à l'aide du modèle énergétique, et la consommation d'énergie réelle observée au cours de la Période de suivi. La Consommation d'énergie évitée correspond aux économies d'énergie et constitue la mesure utilisée pour déclarer les Économies d'électricité à Hydro-Québec dans les Rapports de M&V. Elle est calculée selon la formule suivante :

Consommation d'énergie évitée

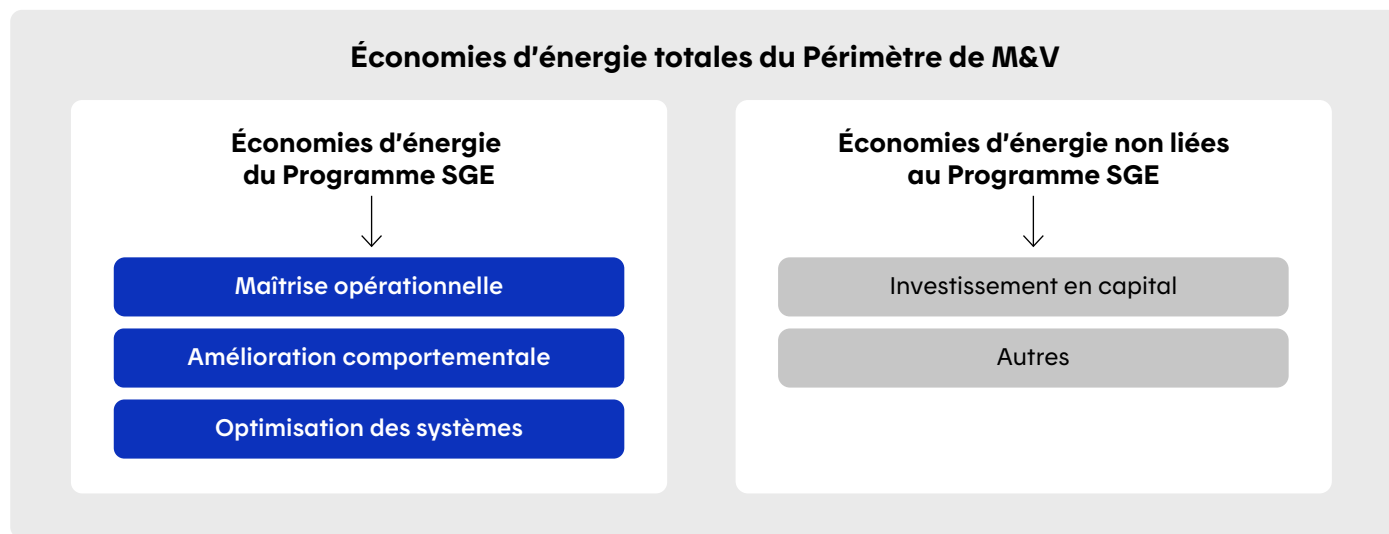
$$= (\text{Consommation d'énergie de référence} - \text{Consommation d'énergie réelle lors de la période de suivi}) \pm \text{Ajustements}$$

La Consommation d'énergie de référence peut être considérée comme la consommation d'énergie qui aurait été mesurée en l'absence de la mise en œuvre d'AAPE.

Les économies d'énergie doivent être représentatives des AAPE mises en œuvre au cours de la Période de suivi. Puisque ces AAPE peuvent être effectuées à tout moment au cours de la période visée par un rapport, les actions réalisées vers la fin de cette période n'ont pas toujours un effet sur une période complète de 12 mois. Dans tous les cas, les Économies d'électricité résultant d'AAPE mises en œuvre avant la signature du Contrat ne doivent pas être déclarées dans les rapports d'économies – section électricité.

Dans les rapports d'économies d'énergie, le Participant doit présenter toutes les Économies d'électricité, y compris celles qui sont liées à des projets d'investissement et à d'autres programmes d'Hydro-Québec. Cette exigence permet au Participant de voir la totalité des Économies d'électricité générées pendant la Période de suivi. Noter que la double comptabilisation est interdite, c'est-à-dire que les Économies d'électricité liées à des AAPE ayant bénéficié d'un appui financier de tout autre programme d'Efficacité énergétique doivent être soustraites des Économies d'électricité totales du Site déclarées dans le rapport d'économies d'énergie du Projet.

Figure 2 : Catégorisation des économies d'énergie



I 1.5 Apprentissage du processus de M&V par le Participant

La capacité du Participant à mener de manière autonome le processus de M&V décrit dans ce guide, après avoir terminé le Programme SGE, est importante pour la viabilité de son système.

Pour cela, il est attendu, que le Participant développe les capacités d'effectuer les travaux de M&V de façon autonome.

2 Planification

I 2.1 Situation énergétique de référence et Période de suivi

2.1.1 Situation énergétique de référence

La situation énergétique de référence (SER) est aussi communément appelée Période de référence. Il s'agit d'une période qui est représentative des activités normales sur le Site. Au cours de la SER, les données de consommation d'énergie et d'autres données des Variables pertinentes sont collectées pour la création des modèles énergétiques. Ces données servent aussi de base comparative pour quantifier l'effet des AAPE et les économies d'énergie.

La SER est de 12 ou de 24 mois consécutifs, selon les situations suivantes :

- 12 mois : durée généralement appropriée pour les Sites dont les activités dépendent des conditions météorologiques et des saisons. Cette période peut être une année civile, un exercice financier ou toute autre durée de 12 mois consécutifs désignés.
- 24 mois : période généralement appropriée pour les modèles très saisonniers ou qui ont des intervalles mensuels.

La première SER se termine typiquement à la signature du Contrat. Dans certains cas, elle peut se terminer au plus tôt 12 mois avant la signature du Contrat et au plus tard 27 mois après la signature de celui-ci. Le Participant devra détailler et justifier tout choix de SER autre que d'une période de 12 mois consécutifs se terminant à la date de signature du Contrat.

Lors de l'établissement de la SER, il est pertinent de tenir compte de la capacité de déterminer la date de mise en œuvre des AAPE ou des événements non périodiques (ENP) qui ont pu se produire dans cette période.

Le Participant doit justifier son raisonnement quant au choix de la SER. Dans tous les cas, le Participant doit valider à chaque année que la SER est toujours valide et, au besoin, la mettre à jour selon les exigences du présent guide.

2.1.2 Période de suivi

La Période de suivi correspond à la période pour laquelle les économies d'électricité sont calculées. La Période de suivi est d'une durée de 12 mois.

La première Période de suivi commence au plus tôt trois (3) mois après la signature du Contrat et au plus tard vingt-sept (27) mois après la signature de celui-ci. Voir la figure 3 qui montre le lien entre la SER et la Période de suivi.

Le Participant doit établir la date de début de la première Période de suivi. Les Périodes de suivi subséquentes doivent être consécutives, c'est-à-dire qu'une Période de suivi subséquente démarre le jour suivant la date de fin de la Période de suivi précédente.

2.1.3 Relation entre la SER et la Période de suivi

Tel que présenté à la figure 3, il est possible de maintenir la même SER pour déterminer les Économies d'électricité pour toutes les Périodes de suivi (Exemple 1). Cependant, dans certains cas, il est nécessaire de redéfinir la SER à chaque année (Exemple 2) notamment lorsque des changements majeurs surviennent sur le Site. Il est aussi possible de maintenir la SER pour quelques années, et ensuite la mettre à jour pour calculer les économies pour les années suivantes (hybride entre les exemples 1 et 2). Il est important de documenter le choix à chaque année, soit de garder la même SER, ou bien de la mettre à jour.

À titre d'exemple, pour les 2 options présentées à la figure 3, la SER est initialement définie 12 mois avant la signature du contrat et la première Période de suivi représente le mois 15 à 27.

Pour le calcul des économies d'énergie qui sont incrémentales, voir la section 3.13.5.

Figure 3 : Exemples de périodes du Programme SGE

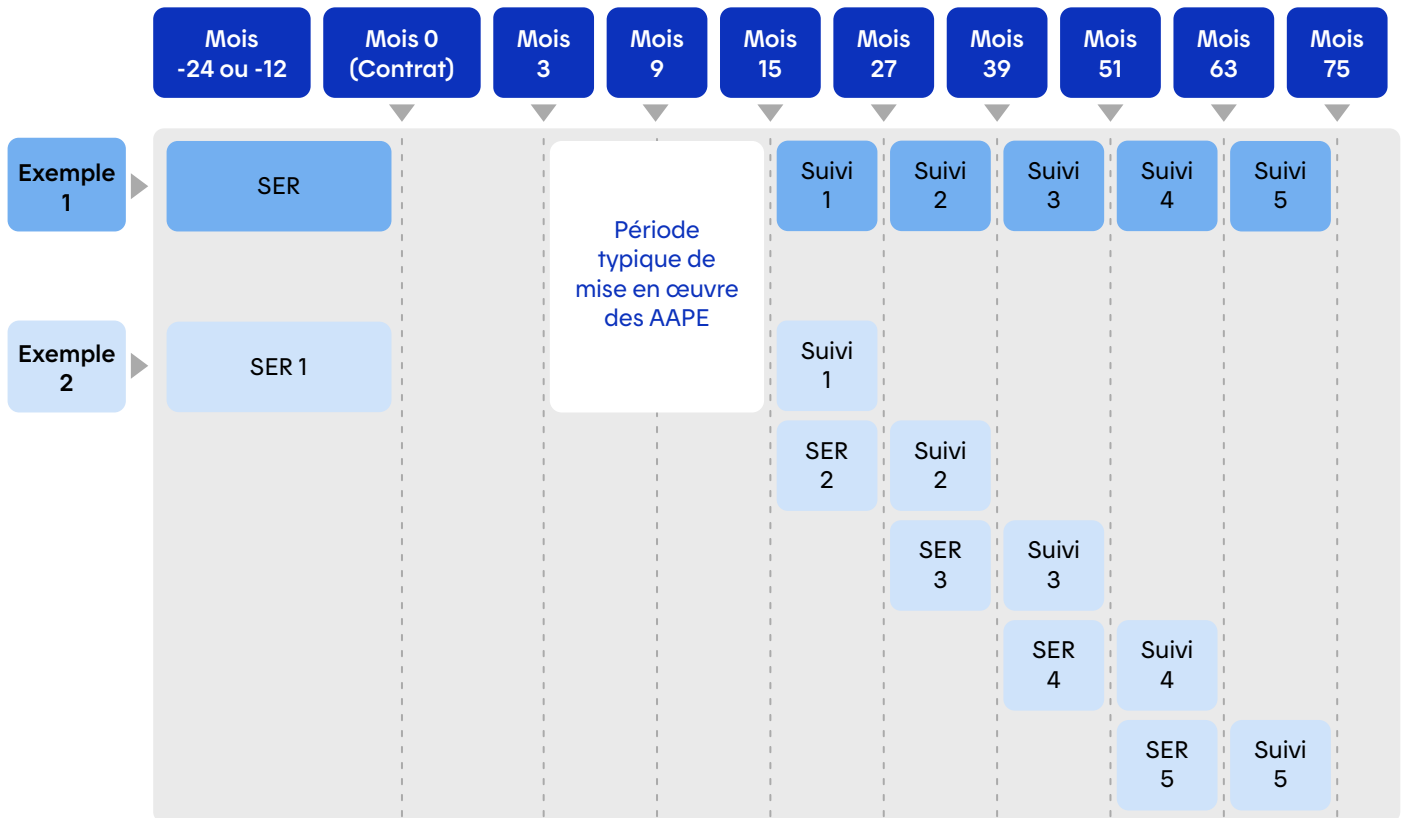
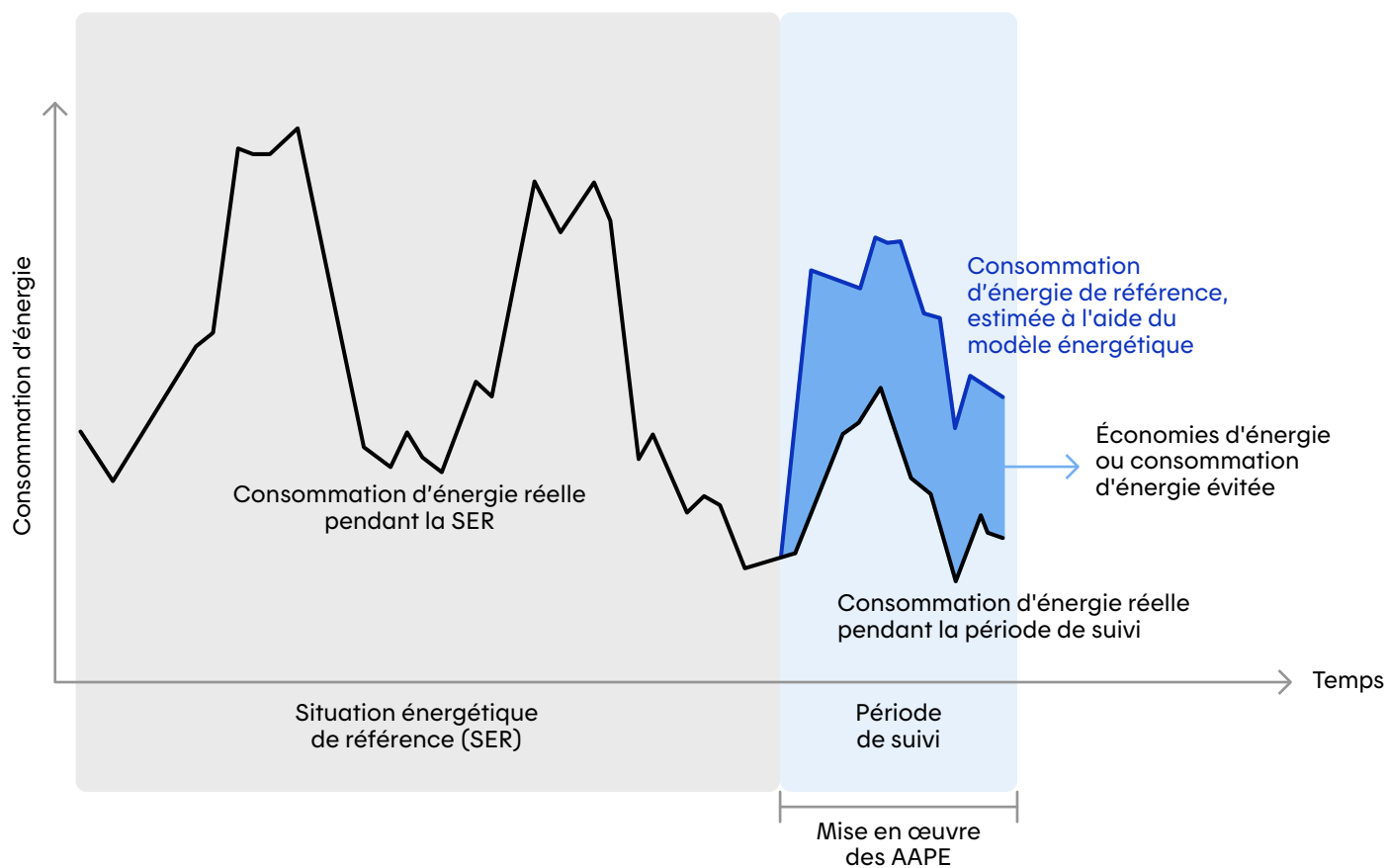


Figure 4 : Schématisation des périodes et des consommations d'énergie¹



I 2.2 Caractérisation du Site

2.2.1 Périmètre de M&V

La détermination du Périmètre de M&V constitue une étape essentielle du processus de M&V. Ce Périmètre de M&V définit les limites géographiques ou d'exploitation à l'intérieur desquelles la Performance énergétique sera suivie, et les économies d'énergie qui seront quantifiées.

Dans la majorité des cas, le Périmètre de M&V correspond au Périmètre du SGE et celui-ci correspond au Site. Toutefois, selon la complexité des activités et la disponibilité des données, un Périmètre de M&V différent peut être retenu. Le Périmètre de M&V doit fournir une représentation fidèle et fiable des UES et assurer la robustesse du calcul des économies d'énergie.

Le processus de M&V est réalisé à l'intérieur d'un Périmètre de M&V défini. L'établissement de ce Périmètre de M&V repose sur une compréhension approfondie du Site, notamment des éléments suivants :

- les types d'énergie ;
- les usages énergétiques ;
- les compteurs ;
- les flux énergétiques.

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

Dans de nombreux cas, l'établissement du Périmètre de M&V est relativement simple, en fonction de la nature du Site et des informations déjà disponibles. Ce Périmètre de M&V doit tenir compte de l'emplacement des compteurs d'énergie et des systèmes, processus et équipements d'usage de l'énergie, tels que les lignes de production, les systèmes de traitement, les bâtiments et les autres équipements.

Hydro-Québec recommande fortement d'utiliser le Site entier comme Périmètre de M&V. Cependant, en fonction de la complexité du Site, de l'intérêt du Participant et des défis liés à la création de modèles énergétiques à l'échelle du Site, il peut être nécessaire ou plus utile de définir des Périmètres de M&V plus restreints pour mieux comprendre l'Amélioration de la performance énergétique.

IMPORTANT : Le Participant doit soumettre et justifier à Hydro-Québec son ou ses Périmètres de M&V. À noter que le choix du ou des Périmètres de M&V doit permettre au Projet de satisfaire l'exigence de viser un ou des UES dont la consommation totale d'électricité représente **au moins 40 %** de la consommation d'électricité totale du Site (tel que décrit dans le *Guide de participation – Programme SGE*).

Le Périmètre de M&V devrait faire l'objet d'une analyse périodique. Sa mise à jour repose sur une connaissance détaillée de la consommation et des usages d'énergie ainsi que des activités générales sur le Site, informations que le Participant doit posséder.

Cet examen peut consister en une simple validation des changements apportés aux types d'énergie (le cas échéant), aux usages de l'énergie, aux compteurs, aux activités et aux facteurs potentiellement pertinents à prendre en compte. Si des modifications ont été apportées au Site, par exemple son agrandissement ou l'ajout ou la suppression de services de production, il faudrait les évaluer pour comprendre leur effet sur le Périmètre de M&V et sur d'autres composantes du processus de M&V. Les étapes suivantes de ce processus peuvent aussi révéler la nécessité de revoir le Périmètre de M&V.

Les critères d'établissement et de révision du Périmètre de M&V doit être revus chaque année.

2.2.2 Types d'énergie

Le champ d'application du processus de M&V comprend toute l'énergie livrée au Site, consommée à l'intérieur du Site et exportée hors du Site, quel qu'en soit le type ou la source. Toute source d'énergie (comme celle venant d'un Distributeur d'énergie, de la production sur place ou autre) doit être documentée et incluse dans le processus de M&V.

Dans certains cas, pour faciliter l'élaboration d'un modèle énergétique, il peut être utile d'exclure du Périmètre de M&V un équipement de conversion d'énergie pour que ce soit l'énergie produite par l'équipement qui soit prise en compte, et non l'énergie qui y pénètre. On peut, par exemple tenir compte de la vapeur produite par une chaudière plutôt que du biogaz qui l'alimente ou tenir compte de l'électricité en aval de l'onduleur associé à un panneau photovoltaïque sur Site. L'annexe B – Cas particuliers en matière de comptabilité de l'énergie présente des exemples de calcul de la valeur énergétique fournie dans diverses situations.

2.2.2.1 Quantifier la consommation d'énergie

Pour chaque type d'énergie visé dans le processus de M&V, la consommation d'énergie à l'échelle du Site doit être égale ou supérieure à zéro.

Si, pour un type d'énergie donné, le calcul de la consommation donne un résultat négatif, ce résultat doit être considéré comme nul. Dans ce cas, il faut veiller à ce que les exportations d'énergie et les produits énergétiques soient correctement comptabilisés.

Toute source d'énergie doit faire partie de la modélisation énergétique.

2.2.2.1.1 Production et conversion d'énergie sur le Site

L'énergie comptabilisée doit comprendre celle qui pénètre dans le Périmètre de M&V (production d'hydroélectricité sur le Site, utilisation de la biomasse provenant de l'extérieur du Site, etc.) si elle y est consommée sous la forme d'un type d'énergie pour lequel des économies d'énergie ont été déterminées.

L'établissement du Périmètre de M&V doit donc tenir compte des équipements de conversion d'énergie sur le Site, comme un système de cogénération, un moteur à turbine alimenté au gaz naturel ou une chaudière alimentée au biogaz.

Par conséquent, il est nécessaire d'analyser la façon dont l'énergie est convertie d'un type à un autre (par exemple, du gaz naturel vers la vapeur ou l'électricité) et dont ces types d'énergie sont finalement consommés à l'intérieur du Périmètre de M&V. Il faut également prendre en compte l'usage prévu de ces types d'énergie dans l'élaboration de modèles énergétiques.

2.2.2.1.2 Types d'énergie dont la consommation est relativement négligeable (Approche globale seulement)

Un type d'énergie donné ne peut être exclu du processus de M&V que s'il représente 5 % ou moins de l'énergie totale livrée au Site au cours de la Période de suivi. Toute source d'énergie représentant plus de 5 % de l'énergie totale livrée au Site doit faire partie de la modélisation énergétique.

Pour établir le pourcentage de la consommation totale d'un type d'énergie exclu du processus de M&V, la consommation de ce type d'énergie et la consommation totale d'énergie du Site doivent être basées sur l'énergie livrée.

La décision d'exclure un type d'énergie doit être fondée sur des données mesurées ou une analyse calculée, et elle doit être documentée et justifiée.

Par exemple, un Site utilise du propane pour deux chariots élévateurs. La consommation annuelle de propane est estimée à 2,5 % de la consommation totale d'énergie du Site. Par conséquent, le propane peut être exclu du processus de M&V.

2.2.3 Usages énergétiques significatifs

Le Périmètre de M&V doit être défini de manière à identifier et englober les UES tels que les lignes de production, les systèmes de traitement et les bâtiments, le cas échéant.

Les critères de sélection liés à une consommation d'énergie importante doivent être documentés et justifiés par le Participant pour identifier les UES.

2.2.4 Compteurs d'énergie

Les données relatives à la quantité d'énergie livrée à l'intérieur ou à l'extérieur du Périmètre de M&V, qu'il s'agisse d'énergie livrée au Site, ou exportée hors du Site sous forme de Produit énergétique ou de Matière première, peuvent être obtenues directement à partir des compteurs d'énergie ou sur la facture du fournisseur. En fonction de l'emplacement des compteurs, il peut être nécessaire d'ajuster le Périmètre de M&V.

L'utilisation des compteurs existants peut suffire à quantifier l'énergie fournie. Cependant, si des compteurs des services publics desservent des bâtiments, des équipements, des processus ou d'autres systèmes utilisant de l'énergie à l'extérieur du Périmètre de M&V pour lequel des économies d'énergie sont déterminées, des sous-compteurs doivent être utilisés pour mesurer la consommation d'énergie de ces usages énergétiques.

Tous les compteurs pertinents doivent être documentés, que ce soient les compteurs d'Hydro-Québec, ceux liés à tous les types d'énergie à destination ou en provenance du Périmètre de M&V ainsi que les sous-compteurs.

Pour chaque appareil de mesure, le numéro de série de l'appareil, le numéro de compte d'Hydro-Québec ou d'autres identifiants uniques, les unités et l'intervalle de mesure de même que les principaux processus de suivi pour chaque compteur doivent être documentés.

2.2.5 Flux énergétique

La quantité d'un type particulier d'énergie consommée à l'intérieur du Périmètre de M&V est définie par le flux énergétique net de ce type dans ce Périmètre de M&V et est représenté dans un diagramme de flux énergétique.

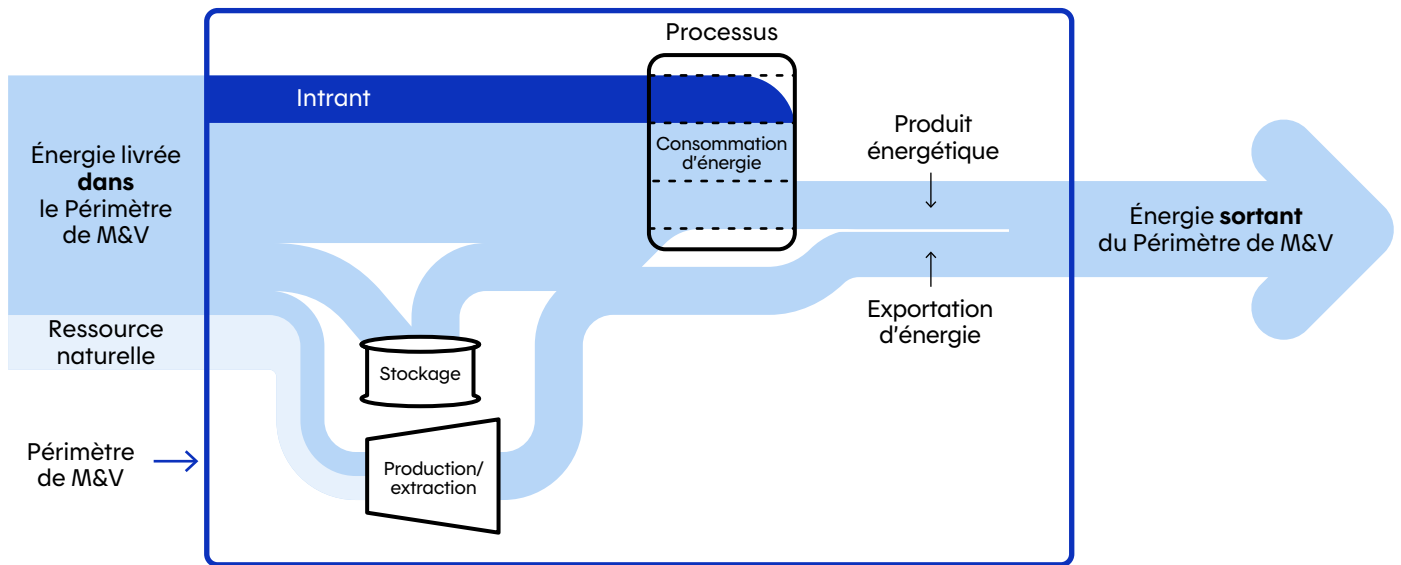
Ce diagramme de flux énergétique retrace le « chemin » emprunté par l'énergie depuis son point d'entrée dans le Périmètre de M&V jusqu'aux points d'usage finaux. Le cas échéant, les diagrammes de flux énergétique représenteront le « chemin » que l'énergie peut emprunter pour :

- son entrée et sa sortie liées au stockage sur le Périmètre de M&V,
- sa livraison à l'extérieur du Périmètre de M&V en tant que Produit énergétique,
- sa livraison à l'extérieur du Périmètre de M&V en tant qu'Exportation d'énergie.

Le contenu des diagrammes de flux énergétique qui ne se terminent pas par un usage final à l'intérieur du Périmètre de M&V doit être déduit pour que la quantité d'énergie fournie soit correctement établie.

Le diagramme de flux énergétique n'a pas à comprendre d'unités d'énergie, ni à être à l'échelle. Il s'agit d'un diagramme destiné à montrer les diverses utilisations et sources d'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V.

Figure 5 : Diagramme générique de flux énergétiques



L'équation ci-dessous fournit le calcul de la consommation d'énergie (ce que la figure 5 illustre graphiquement).

Exportation d'énergie à l'extérieur du Périmètre de M&V

- = Énergie fournie dans les limites du Périmètre de M&V
- + production/extraction d'énergie dans le Périmètre de M&V – Produit énergétique – Exportation d'énergie
- + énergie provenant de stockage – énergie ajoutée au stockage – énergie utilisée comme Matière première

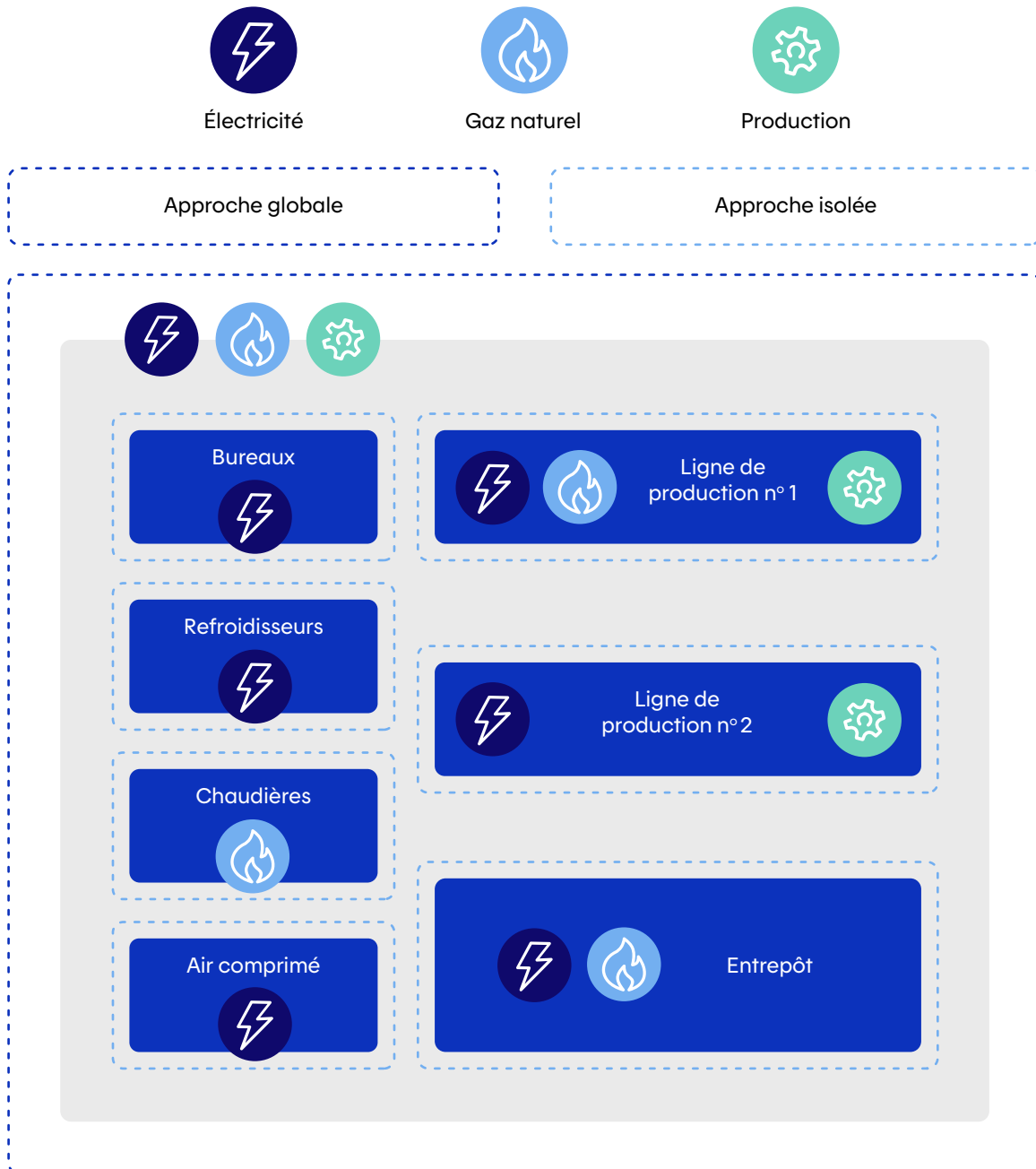
2.2.6 Documenter le Périmètre de M&V

La documentation du Périmètre de M&V doit comprendre une description ainsi qu'un ou plusieurs croquis du Site (à partir d'images satellite, par exemple).

Les croquis doivent montrer les limites des bâtiments et des principaux équipements et processus ainsi que les compteurs à l'intérieur du Périmètre de M&V.

Une note spéciale doit indiquer l'emplacement et l'interrelation des équipements de conversion d'énergie, le cas échéant (cogénération, production sur place, etc.).

Figure 6 : Schématisation du Périmètre de M&V (Approche globale et Approche isolée)



I 2.3 Variables pertinentes

Les Variables pertinentes sont des facteurs quantifiables qui varient dans le temps et ont une incidence majeure sur la Performance énergétique. Elles influent directement sur la quantité d'énergie consommée à l'intérieur du Site. Les Variables pertinentes peuvent être sous le contrôle du Participant ou hors de son contrôle.

En voici quelques exemples: quantités produites, produits équivalents, nombre de lots, degrés-jours de chauffage (DJC) et degrés-jours de refroidissement (DJR), humidité, occupation, heures travaillées, nombre de postes, clientèle desservie et caractéristiques des matières premières.

Les Variables pertinentes sont utilisées pour normaliser la consommation d'énergie dans le cadre d'un modèle énergétique. Elles peuvent également être utilisées avec d'autres méthodes de suivi et de détermination de l'Amélioration de la performance énergétique.

Il est important de sélectionner une série de Variables pertinentes qui représentent pleinement l'utilisation et la consommation d'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V. Il est tout aussi important de ne pas collecter des données relatives à des variables qui n'ont aucune incidence mesurable sur l'utilisation ou la consommation d'énergie.

Lorsqu'un Site présente des activités complexes ou diversifiées, il peut être difficile de créer un modèle énergétique unique à son échelle pour chaque type d'énergie. Il faut alors envisager d'évaluer d'autres variables potentiellement pertinentes, plus directement liées à un processus particulier, à un bâtiment ou à une activité, bref à tout élément qui permet une modélisation énergétique selon l'Approche isolée.

Dans tous les cas, le Participant devra justifier à chaque année que les variables sont toujours pertinentes pour la modélisation énergétique.

Une évaluation complète de certaines Variables pertinentes peut être nécessaire lorsque l'on veut créer des modèles énergétiques supplémentaires ou différents, ou lorsque des changements importants surviennent dans les activités opérationnelles menées sur le Site.

2.3.1 Déterminer les Variables pertinentes potentielles

Afin d'élaborer des modèles énergétiques robustes et utiles, il ne faut pas :

- exclure les Variables pertinentes qui ont une incidence sur la consommation d'énergie ;
- inclure des variables qui ont peu ou pas d'incidence directe sur la consommation d'énergie.

Le processus de détermination des Variables pertinentes doit être effectué avant l'élaboration des modèles énergétiques.

Une première étape consiste à vérifier la disponibilité et l'emplacement de stockage des données de production des processus énergivores. Si un décalage temporel important apparaît entre le processus énergivore et le point de mesure d'une Variable pertinente potentielle, les données de production doivent être alignées sur les données de consommation d'énergie (voir section 2.5.3).

Les Variables pertinentes doivent correspondre à des grandeurs physiques, à des caractéristiques ou à des conditions. Les indicateurs financiers ou ceux qui présentent une composante financière, comme le prix du produit ou les coûts de l'énergie, ne sont pas considérés comme des Variables pertinentes, car ils ne sont pas directement liés à la consommation d'énergie.

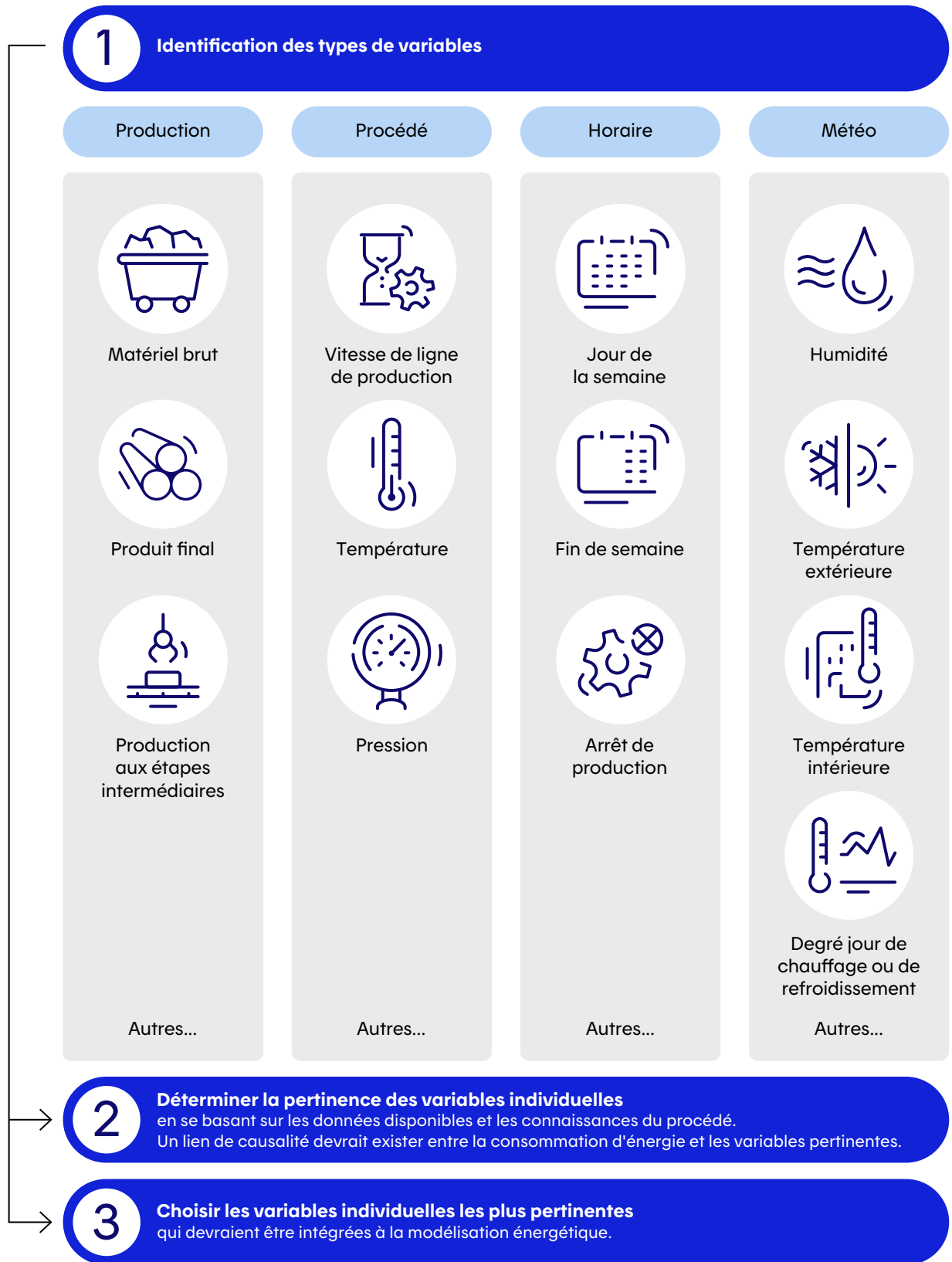
Les variables suivantes peuvent être considérées comme des Variables pertinentes :

- le niveau d'activité : heures d'ouverture, mode d'exploitation (fin de semaine/semaine), niveau de production, gamme de produits et produits équivalents, occupation, etc.
- les conditions météorologiques : DJC, DJR, température ambiante, taux d'humidité, etc.

À l'aide du jugement technique, le Participant doit élaborer et justifier une liste de variables potentiellement pertinentes qui pourraient être incluses ou non dans les modèles énergétiques.

Pour chaque variable potentiellement pertinente figurant sur cette liste, il faut préciser le type d'énergie et la consommation (selon les travaux couverts par la section 2.2 de ce guide) susceptibles d'être affectés par cette variable.

Figure 7 : Exemple des Variables pertinentes



2.3.1.1 Paramètres de production

Pour les Sites industriels, un paramètre de production est souvent considéré comme une Variable pertinente. Il est important de comprendre la variété des produits fabriqués sur un Site et de déterminer si la consommation d'énergie varie en fonction de paramètres de fonctionnement tels que le type de produit, le débit de production ou la taille du lot. Le personnel en charge des UES possède généralement une bonne connaissance des variables à prendre en compte.

Une réflexion ouverte quant aux variables susceptibles d'influer sur la consommation d'énergie et à la façon dont ces variables sont interreliées augmente les chances d'élaborer un modèle énergétique robuste.

Par exemple, si un Site produit deux types de biens dont la consommation énergétique est très élevée pour l'un et très faible pour l'autre, on peut prendre en compte les quantités d'énergie consommée par chacun des deux biens plutôt que la valeur agrégée.

Les diagrammes de flux de processus et les cartes énergétiques peuvent aider à déterminer les effets interactifs possibles et les corrélations potentielles entre les Variables pertinentes. L'utilisation de plusieurs Variables pertinentes corrélées dans la même modélisation énergétique n'est pas toujours nécessaire ni bénéfique. Pour plus de détails, voir l'annexe D – Multicolinéarité et autocorrélation.

Tableau I : Options pour les Variables pertinentes liées à la production

Point de mesure	Avantage	Inconvénient
Intrant de matières premières	Permet de comprendre les effets de différents types de matières premières.	Ne permet pas de comprendre l'impact énergétique des améliorations au cours du procédé.
Donnée en cours de production	Permet de sélectionner une variable de production pour les processus énergivores, minimisant ainsi le décalage.	Ne permet pas d'améliorer l'impact énergétique en fin de ligne à partir du point de mesure.
Donnée de fin de production	Permet d'améliorer l'impact énergétique en fin de ligne.	Peut induire un décalage temporel pour les processus à long terme.
Produit fini et expédié	Permet de saisir des données au moyen des systèmes comptables.	Peut ne pas se synchroniser avec la production en fonction du temps de séjour dans l'entrepôt.

En tant que variable, chacun des différents points de mesure présente des avantages et des inconvénients. Une décision éclairée tiendra compte de facteurs tels que le délai d'exécution, le désir de prendre en considération les effets sur la performance ainsi que la fluctuation des stocks en cours de fabrication ou au stade du produit fini.

2.3.1.2 Exigences météorologiques

Une ou plusieurs mesures météorologiques seront souvent utilisées dans la formation d'un modèle énergétique, comme la température de l'air extérieur et la température du thermomètre mouillé, les DJC, les DJR et les précipitations.

Les données météorologiques doivent être des mesures réelles provenant de sources gouvernementales publiées (comme la base des données climatiques d'Environnement et Changement climatique Canada) ou d'une station calibrée suffisamment proche du Site pour refléter les conditions météorologiques locales. Dans ce dernier cas, la station doit être étalonnée conformément aux spécifications du fabricant, et sa disponibilité doit être assurée tout au long du Projet.

Le Participant doit pouvoir accéder aux mêmes données pendant et après le Projet afin de pouvoir lui-même mettre à jour le modèle à la fin du Projet.

Dans certains cas, les stations météorologiques enregistrent les données en temps universel coordonné (UTC), ce qui peut rendre une moyenne quotidienne non représentative d'une journée de 12 h 00 à 23 h 59 (heure locale). Les changements appropriés de fuseau horaire doivent être faits avant le calcul des moyennes quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles.

Lorsque les DJC et les DJR sont utilisés pour l'élaboration des modèles énergétiques servant à déclarer les économies d'énergie, ces valeurs doivent être calculées minimalement sur une base quotidienne.

2.3.1.3 Variables d'indication et autres Variables pertinentes

En analysant la carte énergétique et les usages d'énergie, il faut déterminer d'autres Variables pertinentes susceptibles d'influer sur la consommation d'énergie, tels que les propriétés des matières premières, les modes d'occupation (fin de semaine/jour de semaine), les quarts de travail et les horaires.

Les variables d'indication sont un type de Variable pertinente qui peuvent représenter des changements concrets dans les activités, le Site ou les processus. Leur utilisation présente un avantage : elles peuvent contribuer à la logique du modèle énergétique. Cependant, les variables d'indication comportent aussi un risque : si elles sont sélectionnées de manière plus ou moins arbitraire, elles peuvent contribuer à la création d'un modèle énergétique qui ne reflètera pas fidèlement la réalité énergétique.

Chaque fois qu'une variable est intégrée à un modèle, il est nécessaire de préciser si cela constitue un ajustement (voir section 3.10.1) ou un événement récurrent, applicable également à la SER. Par exemple, compléter les données de production avec une variable d'indication peut créer une compensation artificielle pour les jours de non-production, ce qui établit un juste niveau de consommation d'énergie pour ces jours.

Les variables d'indication peuvent aussi être utilisées pour représenter les changements saisonniers, les projets touchant à la consommation énergétique au cours de la SER ou tout autre changement.

2.3.2 Détermination des sources de données

Dans la mesure du possible, il faut déterminer les sources de données pour chaque variable potentiellement pertinente. La liste de ces variables potentiellement pertinentes est alors mise à jour pour qu'y soient intégrées les sources de données, et un identifiant unique doit être attribué à chaque source de données.

Les descriptions des sources de données doivent être suffisamment précises pour qu'une personne connaissant les systèmes et le fonctionnement du Site puisse comprendre où et comment recueillir les données associées aux Variables pertinentes.

Dans le cadre de l'élaboration du modèle énergétique, la liste de Variables pertinentes pour lesquelles des données seront collectées doit être établie.

Il est important de procéder à un examen annuel des Variables pertinentes qui tienne compte des enseignements tirés de l'année précédente et des modifications apportées ou prévues au Site.

S'il y a lieu, des Variables pertinentes doivent être ajoutées à la liste des Variables pertinentes potentielles, ou supprimés, selon le cas, pour que cette liste reflète fidèlement les modifications apportées aux usages énergétiques et aux activités ainsi que les résultats des travaux de modélisation énergétique.

La collecte des données relatives aux Variables pertinentes constitue donc un effort continu.

2.3.3 Examen des Variables pertinentes

Au besoin, d'autres Variables pertinentes peuvent être déterminées pour faciliter l'élaboration du modèle.

Un examen annuel doit être effectué pour repérer les changements survenus au Site et susceptibles d'influencer la performance du modèle énergétique et, le cas échéant, pour justifier la nécessité d'en élaborer un nouveau.

I 2.4 Planification de la collecte des données énergétiques

La planification de la collecte des données énergétiques comprend l'élaboration et la mise à jour :

- d'un plan de collecte des données énergétiques,
- d'un système d'information de gestion de l'énergie (SIGE),
- d'un registre des AAPE mises en œuvre.

2.4.1 Plan de collecte des données énergétiques

2.4.1.1 Élaboration du plan de collecte des données énergétiques

Le plan de collecte des données énergétiques doit couvrir la collecte des données relatives à la consommation d'énergie et des données pertinentes déterminées dans le cadre du processus de M&V. Il doit également préciser le processus de cette collecte et les rôles et responsabilités des personnes désignées.

Le Participant doit élaborer ce plan en s'assurant d'établir clairement qui est responsable de la collecte des données, à quelle fréquence les données doivent être collectées et de quelle manière elles doivent être enregistrées dans le SIGE.

L'élaboration et la mise à jour du plan de collecte des données énergétiques doivent s'appuyer en partie sur les informations recueillies lors de l'établissement du Périmètre de M&V et de la sélection des Variables pertinentes.

Le plan doit aussi intégrer les exigences précisées dans la présente section.

Le plan de collecte des données énergétiques dresse la liste des compteurs d'énergie et des sources de données relatives aux Variables pertinentes qui fourniront les données à collecter.

Pour chacune de ces sources de données, le plan de collecte des données énergétiques doit préciser :

- la méthode de collecte des données,
- la fréquence de la collecte,
- la méthode de stockage des données et leur emplacement,
- la ou les personnes responsables de la collecte et du stockage des données,
- la ou les personnes responsables du contrôle de la qualité des données.

Un processus cohérent et fiable de collecte et d'enregistrement des données énergétiques doit être créé et documenté.

La marche à suivre pour assurer la collecte au bon moment et le contrôle de la qualité des données doit être détaillée et préciser les compétences et l'expérience de la personne responsable de la collecte.

Un processus complet de collecte doit établir :

- les données énergétiques à collecter,
- leur emplacement,
- la méthode d'analyse appliquée pour assurer leur qualité.

Si un processus de collecte de données énergétiques est déjà en place dans un Site, il peut être utilisé. Si les données à collecter ne le sont pas déjà, il faut évaluer si l'organisation dispose des moyens nécessaires pour les obtenir.

Si ce n'est pas le cas, le Participant doit soit acquérir de l'équipement de comptage, soit déterminer d'autres données qui répondront au même besoin. Le plan de collecte des données énergétiques doit indiquer si de telles mesures sont nécessaires. La figure 8 schématise les composantes du plan de collecte des données énergétiques.

Figure 8 : Plan de collecte des données énergétiques



- Intrans - Caractéristiques du plan de collecte des données
- Intrans - Caractéristiques des variables
- Extrans - Qualité du plan de collecte des données

2.4.1.1.1 Données du compteur

Les compteurs d'énergie (que ce soit ceux du Distributeur d'énergie ou des sous-compteurs) peuvent fournir directement des valeurs de consommation d'énergie ou des données physiques telles que la pression, la température, la masse, le débit volumétrique et le pouvoir calorifique. Ces informations peuvent être utilisées dans le calcul de la consommation d'énergie à l'aide d'équations et de facteurs de conversion.

Les équations et les facteurs de conversion utilisés pour convertir les données de sortie du compteur en d'autres paramètres et valeurs doivent être documentés.

Quantifier la consommation d'énergie ou une Variable pertinente en soustrayant les relevés de deux compteurs étalonnés ou plus est acceptable.

2.4.1.1.2 Granularité des données énergétiques

La granularité des données réfère à la durée entre deux mesures successives d'une même variable. Idéalement, la granularité est uniforme dans le temps et est la plus fine possible. Une granularité plus fine favorise le développement de modèles énergétiques plus robustes et précis.

Des données plus granulaires peuvent être agrégées pour correspondre à des données moins granulaires relatives aux Variables pertinentes lors de l'élaboration d'un modèle énergétique. Par exemple, les données de consommation d'électricité à intervalles de 15 minutes peuvent être agrégées sur une base quotidienne si les Variables pertinentes associées à l'électricité ne sont disponibles que sur une base quotidienne.

2.4.1.1.3 Fréquence de la collecte des données

La fréquence de la collecte des données correspond à l'intervalle de temps entre deux moments où les données sont récupérées, traitées et analysées. Par exemple, un débitmètre peut enregistrer des données toutes les 15 minutes (granularité), mais la collecte peut s'effectuer sur une base quotidienne (fréquence).

La collecte des données sur l'énergie et sur les Variables pertinentes doit être réalisée au moins une fois par mois. Cependant, le rythme peut être plus élevé, par exemple toutes les semaines, tous les jours ou toutes les 15 minutes.

La fréquence de la collecte des données tient généralement compte de la disponibilité des données sur la consommation d'énergie et des données relatives aux Variables pertinentes.

Une collecte plus fréquente favorise un meilleur suivi de la Performance énergétique.

2.4.1.1.4 Types d'énergie avec plusieurs sources et compteurs

Lorsqu'un type d'énergie particulier compris dans le Périmètre de M&V provient de plusieurs sources et que différents compteurs sont utilisés, notamment ceux du Distributeur d'énergie, la quantité d'énergie provenant de chaque source doit être enregistrée séparément. Par exemple, de l'électricité est fournie par Hydro-Québec, et d'autre électricité est produite sur le Site à partir d'un système photovoltaïque ; de la vapeur est produite par une chaudière alimentée au gaz naturel fourni par Énergir et d'autre vapeur est produite sur le Site à partir de biomasse fournie par un autre organisme.

Ces valeurs peuvent être agrégées pour l'élaboration des modèles énergétiques, mais elles doivent être conservées séparément pour que la transmission des économies d'énergie soit acceptable dans le cadre du Programme SGE.

2.4.1.1.5 Étalonnage du compteur

Toutes les données utilisées pour quantifier l'énergie, y compris celles relatives à la consommation d'énergie et aux Variables pertinentes, doivent provenir de systèmes de mesure.

Si les données de consommation d'énergie proviennent d'un compteur autre que celui d'Hydro-Québec son étalonnage doit respecter les recommandations du fabricant.

Les registres d'étalonnage et ceux des réparations des compteurs étalonnés doivent être conservés par le Participant et mis à la disposition d'Hydro-Québec, au besoin.

Les registres d'étalonnage des compteurs d'Hydro-Québec ne relèvent pas de la responsabilité du Participant.

Si les compteurs non liés à Hydro-Québec ne sont pas étalonnés conformément aux recommandations du fabricant ou si les registres d'étalonnage et les historiques de réparation des compteurs étalonnés ne sont pas disponibles, le Participant ne doit pas utiliser les données de ces compteurs pour déterminer les Économies d'électricité.

2.4.1.2 Mise à jour du plan de collecte des données énergétiques

Le Participant doit vérifier régulièrement que le plan de collecte des données énergétiques est mis à jour et que des modifications y sont apportées lorsque nécessaire.

En cas de modifications importantes au Site, le Participant doit en informer Hydro-Québec et évaluer les ajustements à apporter au plan de collecte.

Ce plan doit être réexaminé et mis à jour au moins une fois par an, après chaque mise à jour du Périmètre de M&V et de la sélection des Variables pertinentes.

Il peut aussi être nécessaire de mettre le plan à jour s'il s'avère inefficace, si des compteurs sont retirés ou ajoutés, si d'autres Variables pertinentes sont déterminées ou si des circonstances particulières le justifient.

Toutes les modifications apportées au plan de collecte des données énergétiques doivent être documentées.

Une fois mis à jour, ce plan doit être appliqué et utilisé pour collecter rétroactivement les données pertinentes pour le SGE.

2.4.2 Liste des possibilités d'amélioration

Il s'agit d'un document évolutif qui présente les pistes d'amélioration possibles de la Performance énergétique. Cette liste permet au Participant de déterminer et caractériser les améliorations possibles, de les prioriser et de planifier leur mise en œuvre.

2.4.3 Registre des AAPE mises en œuvre

Une possibilité d'amélioration devient une AAPE lorsque le Participant choisit de la mettre en œuvre. Un Registre des AAPE mises en œuvre doit être créé et mis à jour annuellement dans chaque Rapport de M&V. Ce Registre doit présenter les Économies d'électricité de chaque AAPE peu importe que l'Approche globale ou l'Approche isolée soit utilisée pour déterminer les Économies d'électricité.

Lorsque l'Approche globale est retenue, les économies d'énergie associées à chaque AAPE peuvent être estimées. Lorsque l'Approche isolée est retenue, les économies d'énergie doivent être calculées selon les exigences du présent guide.

Pour l'Approche isolée, les directives sur les efforts à déployer pour le calcul des économies d'énergie relatives à chaque AAPE sont présentées à l'annexe C – Effort de calcul et documentation de l'AAPE selon l'Approche isolée sans modèle énergétique. Cette annexe doit être consultée lors de la planification de la collecte des données énergétiques pour déterminer adéquatement les résultats des AAPE mises en œuvre et déclarer les Économies d'électricité lorsque l'Approche isolée est utilisée.

2.4.4 Système d'information de gestion de l'énergie

Le SIGE est l'outil de suivi des données et de la Performance énergétique qui doit permettre au Participant de bien comprendre la consommation énergétique et les Variables pertinentes qui l'influencent. Le SIGE doit être révisé à chaque année.

Pour s'assurer que le Participant pourra continuer d'accéder à ses données, les enregistrer, les traiter et les suivre après le Projet, le Participant peut utiliser un outil de suivi des données et de la Performance énergétiques accessible sans frais, comme Excel, dont l'usage est répandu dans les entreprises.

Si le Participant choisit d'utiliser un logiciel propriétaire, il doit s'assurer qu'il est configuré pour suivre toutes les données déterminées dans le plan de collecte des données énergétiques.

Le Participant peut acquérir des outils propriétaires comme moyens de suivi des données et de la Performance énergétiques. Dans tous les cas, le Participant doit s'assurer que les intrants et les extrants au SIGE pourront être exportés dans un format facilement utilisable par Hydro-Québec sans besoin d'acquisition de logiciel par celle-ci, par exemple Excel.

I 2.5 Collecte et évaluation de la qualité des données

La collecte des données énergétiques doit être effectuée, qu'un modèle énergétique soit développé ou non. Les données recueillies pourront être utilisées ultérieurement si les activités ou d'autres facteurs changent, puisqu'elles fournissent des informations sur le fonctionnement du Site, dans le cadre du Programme SGE, et qu'elles permettent de documenter les résultats des AAPE mises en œuvre.

Le plan de collecte des données énergétiques est utilisé en continu pour guider la collecte des données de consommation d'énergie et des données relatives aux Variables pertinentes dans le SIGE.

Le Participant doit veiller à ce que les données nécessaires au calcul des économies d'énergie associées aux AAPE mises en œuvre et inscrites au Registre des AAPE mises en œuvre soient colligées selon les besoins.

La collecte, l'enregistrement, le traitement et la maintenance des données relèvent de la responsabilité du Participant, qui devra les justifier à Hydro-Québec.

2.5.1 Collecte des données énergétiques

Le Participant doit veiller à ce que, au moins une fois par mois, les données soient collectées conformément au plan de collecte des données énergétiques, afin de s'assurer qu'elles sont collectées et enregistrées avec exactitude.

Les données énergétiques sont enregistrées dans le SIGE. Les données brutes et les modifications qui y sont apportées doivent être conservées et justifiées à Hydro-Québec. La continuité des données est essentielle au maintien de la précision du modèle énergétique.

Au fur et à mesure de la collecte, les problèmes rencontrés lors de la mise en œuvre du plan de collecte des données énergétiques doivent être documentés et utilisés pour évaluer s'il est nécessaire d'apporter des modifications au plan.

2.5.2 Vérification des valeurs aberrantes et des points de données manquants

Les valeurs aberrantes et les points de données manquants peuvent nuire à la précision des modèles énergétiques. Les valeurs aberrantes et les points de données manquants doivent donc être repérés et traités.

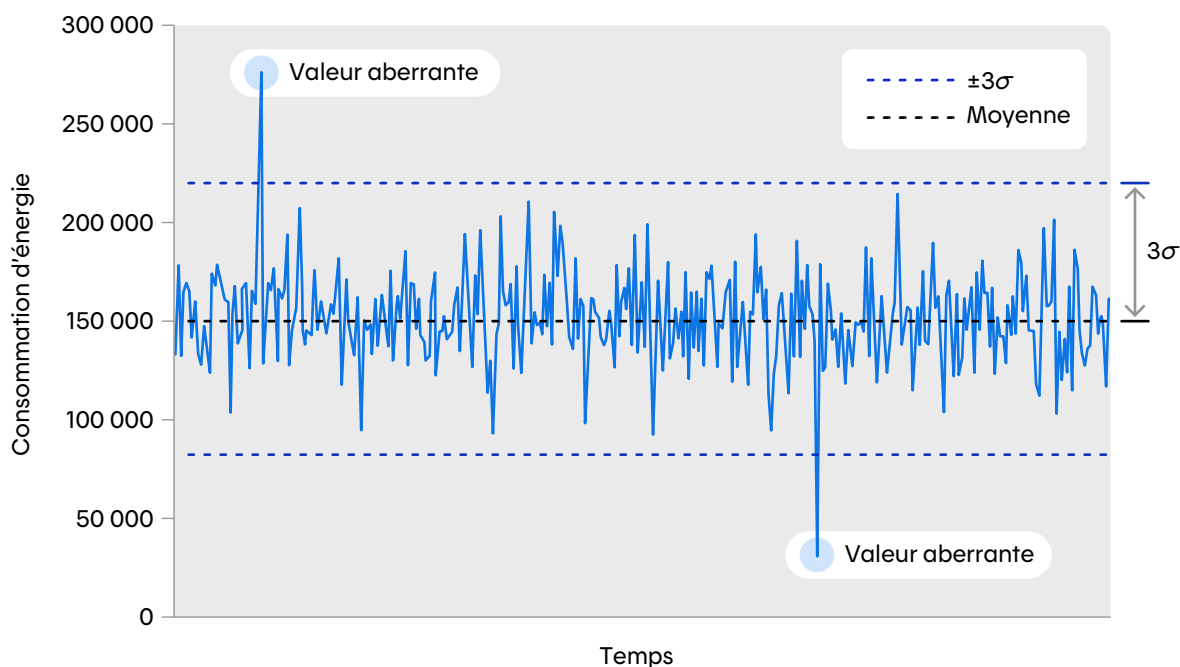
Le Participant doit vérifier les données de consommation d'énergie et les Variables pertinentes pour détecter des valeurs anormales et non représentatives des conditions normales de fonctionnement. Lorsque la variabilité élevée fait intrinsèquement partie de l'activité, il n'est pas nécessaire d'éliminer les valeurs aberrantes. Celles-ci peuvent néanmoins révéler un contrôle inadéquat des activités d'exploitation et être utilisées pour aider à repérer des pistes d'Amélioration de la performance énergétique. L'effet des valeurs aberrantes sur la fiabilité des modèles énergétiques de même que les raisons de leur suppression doivent être consignés.

Lorsqu'une valeur aberrante est détectée, les causes de l'anomalie doivent être déterminées dans la mesure du possible. S'il est établi que l'anomalie résulte d'une erreur de données, celle-ci doit idéalement être corrigée. Si cette correction ne peut être apportée, la valeur aberrante doit être supprimée de l'ensemble des données. Les effets des erreurs de données sur la fiabilité du modèle énergétique, ainsi que les raisons ayant motivé les modifications à l'ensemble des données, doivent être consignés dans le Rapport de M&V. Si la valeur aberrante ne résulte pas d'une erreur de données, elle doit être maintenue dans l'ensemble des données.

Un examen préliminaire des valeurs aberrantes et des données manquantes peut être effectué à l'aide de graphiques de séries chronologiques présentant, séparément, des données relatives à la consommation d'énergie et aux Variables pertinentes. Les valeurs aberrantes et les entrées manquantes ou erronées doivent être signalées pour examen, analyse et correction (dans la mesure du possible). Il est acceptable d'appliquer une règle générale consistant à repérer les données situées à l'extérieur d'un intervalle de plus ou moins trois écarts-types par rapport à la moyenne (voir Figure 9).

Une stratégie de traitement des valeurs aberrantes doit être élaborée. Indépendamment de leur interprétation ou de leur justification, on peut généralement exclure des données les valeurs aberrantes au-delà de plus ou moins trois écarts-types par rapport à la moyenne. Lorsque des valeurs aberrantes liées à des conditions d'exploitation particulières sont exclues de la SER, les intervalles de la SER correspondant aux mêmes conditions doivent également en être exclus. La stratégie retenue pour le traitement des valeurs aberrantes doit être documentée et justifiée à Hydro-Québec.

Figure 9 : Exemple de méthodes graphiques pour identifier les valeurs aberrantes



Les données exclues ne doivent pas être remplacées par une interpolation calculée, car le remplissage des données manquantes peut compromettre la validité du modèle énergétique.

Remarque 1 : Certaines valeurs aberrantes proviennent de périodes d'arrêt de production. Dans certains Sites, cela peut ne se produire que quelques jours par an. Si un modèle énergétique peut refléter à la fois les jours de production et les jours d'arrêt, il n'est pas nécessaire d'en exclure les valeurs aberrantes. Une autre manière consiste à créer une Variable pertinente pour représenter l'effet des jours d'arrêt récurrents. Si aucun modèle énergétique valide ne peut tenir compte des périodes d'arrêt, celles-ci peuvent être exclues du modèle ou traitées comme un mode de fonctionnement distinct et modélisées séparément. Lors de l'élaboration de la stratégie, il faut déterminer si des économies d'énergie sont prévues pendant ces périodes.

Remarque 2 : Les valeurs aberrantes ne doivent être exclues que pour des raisons justifiées. Par exemple, un Site peut présenter des valeurs aberrantes lors des jours fériés. Dans ce cas, on peut créer une variable d'indication pour représenter ces jours, ou simplement les exclure du modèle. Toutes les périodes récurrentes exclues du modèle de référence doivent également être exclues de la Période de suivi.

Remarque 3 : Il est important de distinguer un point de données égal à zéro et un point de données manquant. Une donnée manquante doit être exclue et non traitée comme un zéro.

Remarque 4 : La suppression des valeurs aberrantes, en particulier dans les cas où les données sont collectées sur une base mensuelle, peut réduire considérablement la capacité prédictive d'un modèle énergétique. La suppression des valeurs aberrantes doit être envisagée avec prudence lorsque la fréquence de collecte est faible.

Les valeurs aberrantes doivent être examinées par le Participant pour comprendre la cause de l'anomalie. Si c'est possible, le Participant doit prendre des mesures correctives pour réduire le risque de valeurs aberrantes de données, qui peuvent indiquer une faiblesse du contrôle des activités d'exploitation ou une collecte des données inadéquate. Toute exclusion de points de données doit être documentée et justifiée à Hydro-Québec.

2.5.3 Ajustement des données pour les décalages de séries chronologiques

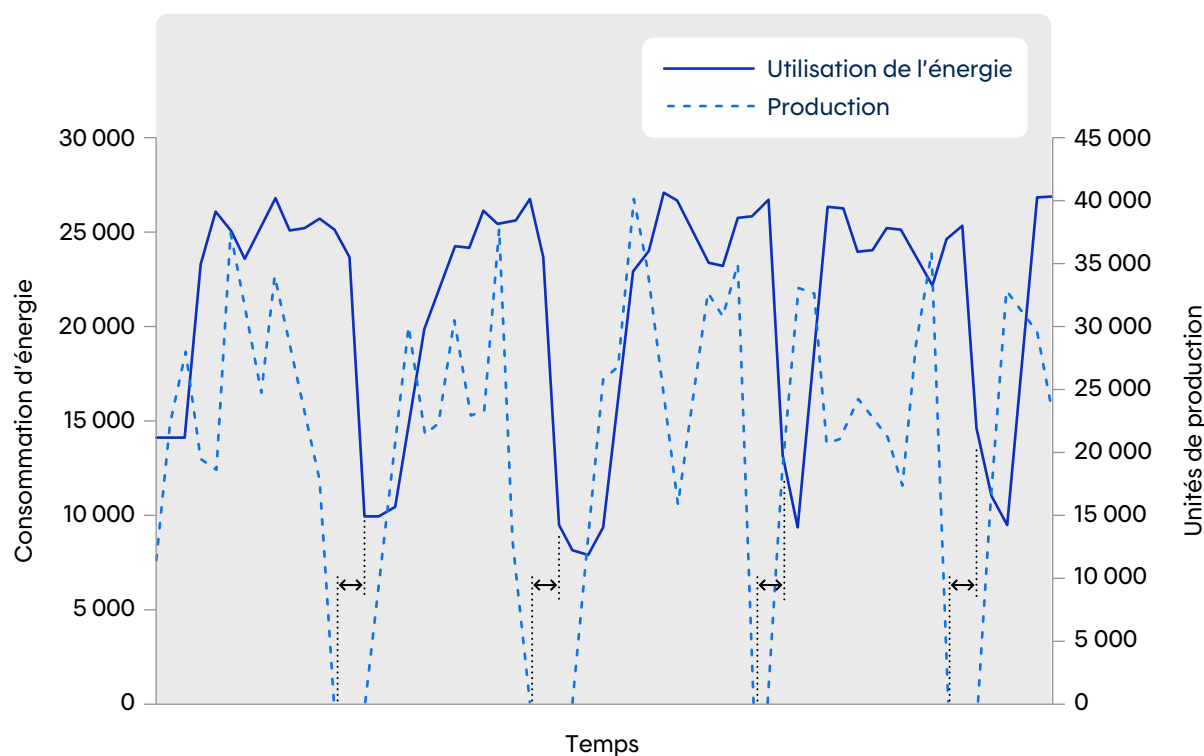
La consommation d'énergie et les données relatives aux Variables pertinentes ne sont pas toujours disponibles pour les mêmes intervalles de temps. Par exemple, les données mensuelles de production peuvent être déclarées le premier jour du mois, tandis que les données du Distributeur d'énergie peuvent être fournies au milieu du mois. Bien qu'elle ne soit pas obligatoire, la correspondance exacte des intervalles de temps est préférable, car elle peut faciliter l'élaboration de modèles énergétiques plus représentatifs.

Il peut aussi exister un décalage chronologique entre la consommation d'énergie et les données des Variables pertinentes. La consommation d'énergie et ces données doivent être examinées pour que les décalages de séries chronologiques soient repérés. Ce problème se produit le plus souvent lorsque les données sont collectées à des niveaux de fréquence élevés (généralement hebdomadaires ou plus élevés encore). Aucun ajustement de décalage de séries chronologiques ne doit être apporté s'il risque de nuire au développement du modèle énergétique.

Des tracés chronologiques sont utilisés pour repérer des décalages cohérents entre les données de consommation d'énergie et de chaque Variable pertinente. Par exemple, si un processus énergivore présente un délai de deux jours entre le moment où les niveaux de production sont mesurés et l'effet sur la consommation d'énergie, il peut être nécessaire d'appliquer un ajustement de deux jours à la série chronologique de la variable de production.

Figure 10 : Exemple de graphique de série chronologique (consommation d'énergie et production en fonction du temps).

Les flèches signalent le décalage de la série chronologique.



Si un tel décalage est repéré, le Participant doit déterminer si le modèle énergétique peut être amélioré par l'ajustement de la série chronologique ou par l'agrégation des données de telle sorte que l'intervalle de fréquence de collecte des données soit plus long (par exemple, agréger les données pour qu'elles soient toutes représentées sur un intervalle de temps hebdomadaire plutôt que quotidien). La décision de procéder à un ajustement de la série chronologique doit être documentée et justifiée à Hydro-Québec.

Les données recueillies sur une base mensuelle ou à des intervalles de temps irréguliers (comme les cycles de facturation sur une base mensuelle approximative) doivent être pondérées en fonction du nombre de jours au cours du mois durant lequel les données sont recueillies. La pondération doit être établie en fonction du nombre de jours dans le mois ou selon un intervalle de temps moins irrégulier. Ces valeurs pondérées doivent être enregistrées en même temps que les valeurs d'origine et la valeur de pondération.

I 2.6 Détermination de l'Approche de M&V

Lors de la détermination de l'Approche de M&V, le Participant doit prendre en considération le Périmètre de M&V préalablement sélectionné pour s'assurer de leur compatibilité.

- Un Périmètre de M&V à l'échelle du Site est utilisé dans le cadre d'une Approche globale avec modèle énergétique.
- Un Périmètre de M&V sectoriel est utilisé dans le cadre d'une Approche isolée avec modèle énergétique.
- Un Périmètre de M&V restreint à une AAPE est utilisé dans le cadre d'une Approche isolée sans modèle énergétique.

2.6.1 Préconiser l'Approche globale avec un Périmètre de M&V à l'échelle du Site (avec modèle énergétique)

Hydro-Québec préconise l'élaboration d'un modèle énergétique à l'échelle du Site pour chaque type d'énergie présent dans le Périmètre de M&V.

Les situations suivantes peuvent rendre difficile ou non pertinente l'élaboration d'un modèle énergétique selon l'Approche globale.

Les listes ci-dessous présentent des indicateurs potentiels suggérant que la modélisation de la consommation d'énergie pourrait ne pas être appropriée ou qu'elle pourrait nécessiter un examen plus approfondi, ou que les modèles énergétiques doivent être abandonnés en cours de période, car ils ne peuvent pas être utilisés pour calculer des économies d'énergie valides. Ces listes ne sont pas exhaustives. Même si certains de ces indicateurs sont des indices de dissuasion, le Participant doit tenter de développer des modèles énergétiques.

Cependant, la modélisation énergétique selon l'Approche globale n'est pas recommandée si une ou plusieurs des conditions suivantes s'appliquent :

Avant la signature du Contrat :

- Le potentiel d'Économies d'électricité estimé à l'échelle du Site est inférieur à 1 % de sa consommation annuelle d'électricité ou à 100 000 kWh d'électricité par an.
- Des changements majeurs ont été apportés au Site, à la production ou à tout autre élément influençant significativement la consommation d'électricité au cours de l'année précédant la signature du Contrat, ou sont prévus au cours de la Période de suivi.

- Une ou des AAPE ayant une incidence supérieure à 5 % sur la consommation d'électricité ont été ciblées et leur mise en œuvre est prévue avant ou dès la signature du Contrat, ou au cours de la SER.
- La production est très variable, saisonnière ou caractérisée par des cycles supérieurs à un mois.
- La production d'électricité sur le Site n'est pas mesurée par un compteur.

Après la signature du Contrat, aucune solution n'est raisonnablement envisageable pour corriger les points suivants :

- Les données sur l'électricité et sur les Variables pertinentes ne sont pas collectées.
- Les données relatives à l'électricité ou aux Variables pertinentes sont enregistrées dans un format difficile à traiter ou chronophage (PDF, feuilles d'enregistrement manuelles, etc.).
- La qualité des données d'électricité ou relatives aux Variables pertinentes est faible (intervalles importants manquants, multiples points de données erronés ou incohérents).

En présence de l'un ou de plusieurs de ces indicateurs, Participant doit réévaluer la pertinence de poursuivre la modélisation selon l'Approche globale. Si la décision est de ne pas retenir l'Approche globale, elle doit être documentée et justifiée, faire l'objet d'un ARAI et être soumise à l'approbation d'Hydro-Québec, conformément aux dispositions de ce guide.

2.6.2 Approche isolée avec un Périmètre de M&V sectoriel (avec modèle énergétique)

Si la modélisation énergétique à l'échelle du Site n'est pas réalisable, une Approche de M&V intermédiaire peut être appropriée. Elle consiste à développer un ou plusieurs modèles énergétiques à un niveau sectoriel, par exemple pour :

- un bâtiment ou un groupe de bâtiments ;
- une ligne de production ;
- un système énergétique particulier (p. ex. : vapeur, air comprimé, réfrigération).

Cette Approche isolée est valide si :

- les données énergétiques sectorielles sont claires, cohérentes et suffisamment désagrégées (sous comptage présent) ;
- le système ou le sous-système représente une part importante de la consommation énergétique ;
- des Variables pertinentes associées uniquement à ce système ou sous-système sont disponibles et fiables ;
- le Périmètre de M&V sectoriel offre une plus grande valeur informative pour le suivi de la Performance énergétique ou la compréhension des UES.

Les Périmètres de M&V sectoriels doivent être mutuellement exclusifs, c'est à dire qu'aucune partie du Site ne doit être présente dans plus d'un modèle énergétique. La logique de sélection du Périmètre de M&V et les avantages de cette Approche isolée doivent être documentés et justifiés.

2.6.3 Approche isolée avec un Périmètre de M&V restreint à une AAPE (sans modèle énergétique)

Les situations suivantes peuvent rendre difficile ou non pertinente l'élaboration d'un modèle énergétique selon l'Approche globale.

Les listes ci-dessous présentent des indicateurs potentiels suggérant que la modélisation de la consommation d'énergie pourrait ne pas être appropriée ou qu'elle pourrait nécessiter un examen plus approfondi, ou que les modèles énergétiques doivent être abandonnés en cours de période, car ils ne peuvent pas être utilisés pour calculer des économies d'énergie valides. Ces listes ne sont pas exhaustives. Même si certains de ces indicateurs sont des indices de dissuasion, le Participant doit tenter de développer des modèles énergétiques.

La modélisation énergétique n'est pas recommandée si une ou plusieurs des conditions suivantes s'appliquent :

Avant la signature du Contrat :

- Le potentiel d'Économies d'électricité estimé à l'échelle du Site est inférieur à 1 % de sa consommation annuelle d'électricité ou à 100 000 kWh d'électricité par an.
- Des changements majeurs ont été apportés au Site, à la production ou à tout autre élément influençant significativement la consommation d'électricité au cours de l'année précédant la signature du Contrat, ou sont prévus au cours de la Période de suivi.
- Une ou des AAPE ayant une incidence supérieure à 5 % sur la consommation d'électricité ont été ciblées et leur mise en œuvre est prévue avant ou dès la signature du Contrat, ou au cours de la SER.
- La production est très variable, saisonnière ou caractérisée par des cycles supérieurs à un mois.
- La production d'électricité sur le Site n'est pas mesurée par un compteur.

Après la signature du Contrat, aucune solution n'est raisonnablement envisageable pour corriger les points suivants :

- Les données sur l'électricité et sur les Variables pertinentes ne sont pas collectées.
- Les données relatives à l'électricité ou aux Variables pertinentes sont enregistrées dans un format difficile à traiter ou chronophage (PDF, feuilles d'enregistrement manuelles, etc.).
- La qualité des données d'électricité ou relatives aux Variables pertinentes est faible (intervalles importants manquants, multiples points de données erronés ou incohérents).

En présence de l'un ou de plusieurs de ces indicateurs, le Participant doit réévaluer la pertinence de poursuivre une Approche de M&V avec modèle énergétique (globale ou isolée). Si la décision est de ne pas retenir une Approche de M&V avec modèle énergétique, elle doit être documentée, justifiée et faire l'objet d'un ARAI soumis à Hydro-Québec pour approbation, conformément aux dispositions de ce guide.

Lorsque la modélisation énergétique n'est pas réalisable pour un Périmètre de M&V sectoriel ou à l'échelle du Site, un Périmètre de M&V restreint à une AAPE peut être utilisé. Dans ce cas, l'Approche isolée propre à une AAPE sans modèle énergétique est acceptable.

Cette Approche isolée doit être envisagée lorsque :

- l'impact énergétique des AAPE sont distincts et aisément mesurables ;
- des calculs techniques individuels peuvent être réalisés avec un niveau de confiance acceptable ;
- des difficultés persistantes empêchent l'élaboration d'un modèle énergétique robuste ;
- des efforts significatifs sont déployés par le Participant pour permettre la création d'un modèle énergétique à l'échelle du Site ou d'un sous-système pour la prochaine Période de suivi.

Lorsque le recours à l'Approche isolée sans modèle énergétique est nécessaire pour déterminer les économies d'énergie, le Participant doit produire un ARAI, précisant :

- le détails des démarches entreprises jusqu'à maintenant, preuves à l'appui, en vue d'élaborer des modèles énergétiques selon un Périmètre de M&V à l'échelle du Site ou sectoriel ;
- les raisons techniques justifiant l'abandon des travaux de modélisation énergétique et le recours à l'Approche isolée sans modèle énergétique ;
- les efforts déployés et les mesures prévues pour assurer la capacité de réaliser un modèle énergétique lors de la prochaine Période de suivi ;
- tout autre justification qu'Hydro-Québec juge nécessaire.

Le Participant doit transmettre l'ARAI à Hydro-Québec pour révision et approbation. Le Participant doit soumettre l'ARAI au plus tard six (6) mois avant la date de fin de la Période de suivi du Rapport de M&V concerné.

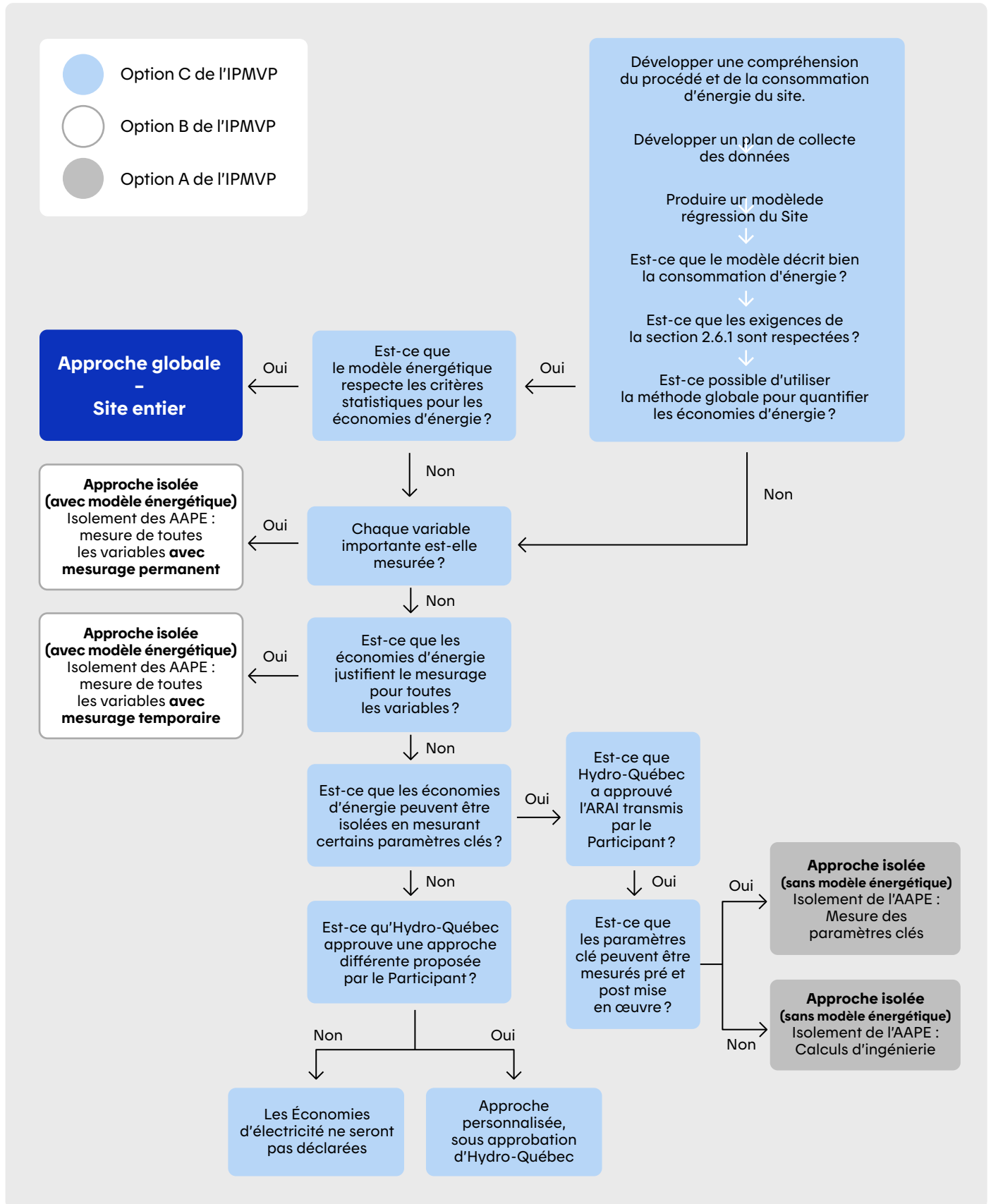
L'ARAI ne doit être transmis que lorsque la documentation démontre clairement que des efforts significatifs ont été déployés pour créer un ou des modèles énergétiques valides pour un Périmètre de M&V à l'échelle du Site ou sectoriel.

Si un potentiel raisonnable existe pour élaborer un modèle énergétique applicable au Périmètre de M&V à l'échelle du Site ou sectoriel, des efforts doivent être entrepris pour développer ce modèle plutôt que de passer immédiatement à l'Approche isolée sans modèle énergétique.

Un ARAI approuvé par Hydro-Québec n'est valide que pour la Période de suivi en cours. Un nouvel ARAI devra être produit par le Participant pour chaque Période de suivi subséquente lorsque l'Approche isolée sans modèle énergétique est requise.

Remarque : Un seul ARAI est requis pour un Site, peu importe le ou les Périmètres de M&V choisis et le nombre d'AAPE mises en œuvre.

Figure 11 : Sélection de l'Approche de M&V



2.6.4 Mettre à jour la caractérisation du Site

Une fois les Périmètres de M&V choisis (Site, secteur ou AAPE), ceux-ci doivent être intégrés dans la caractérisation du Site. Cette documentation doit comprendre :

- le Périmètre du SGE retenu et sa justification ;
- les croquis, plans ou images satellite mis à jour ;
- les flux énergétiques relatifs au Périmètre de M&V choisi ;
- les changements apportés aux méthodes de collecte des données énergétiques ;
- l'ARAI, le cas échéant.

Tout changement ultérieur au Périmètre du SGE doit être documenté et justifié.

2.6.5 Mettre à jour le plan de collecte des données énergétiques

Le plan de collecte des données énergétiques doit être ajusté pour refléter :

- les Périmètres de M&V retenus ;
- les exigences relatives aux données selon l'Approche de M&V utilisée (globale ou isolée) ;
- les fréquences requises de collecte ;
- les responsabilités liées à la collecte, au stockage et au contrôle de la qualité des données.

2.6.6 Réviser les Périmètres de M&V durant la Période de suivi

Des ajustements aux Périmètres de M&V peuvent être nécessaires dans les situations suivantes :

- Un modèle énergétique devient invalide en raison de changements d'activités importants ;
- Les résultats de la modélisation ne correspondent pas aux économies d'énergie attendues selon les AAPE mises en œuvre ;
- Des données supplémentaires deviennent disponibles (nouveaux sous compteurs, meilleure granularité, etc.) ;
- La qualité des données collectées ou à collecter est compromise ;
- De nouveaux usages énergétiques, installations ou équipements sont ajoutés.

Toute modification du Périmètre de M&V doit respecter la logique hiérarchique présentée dans les sections précédentes (Site → secteur → AAPE), et être documentée et justifiée.

3 Modélisation énergétique

I 3.1 Introduction

La principale méthode pour déterminer les économies d'énergie consiste à élaborer et à utiliser un ou plusieurs modèles énergétiques pour chaque type d'énergie indiqué à la section 2.2 de ce guide.

Pour aider le Participant à comprendre son Site et à développer des modèles énergétiques, celui-ci doit privilégier des modèles simples et faciles à comprendre plutôt que des modèles complexes qui, bien que statistiquement plus précis, peuvent être plus difficiles à interpréter. Plusieurs modèles énergétiques pour un même type d'énergie peuvent être utilisés en vue d'atteindre cette simplicité.

Bien qu'il existe plusieurs méthodes de modélisation énergétique, le modèle prédictif doit être utilisé pour élaborer des modèles énergétiques dans le cadre du SGE, car il répond à tous les objectifs énoncés dans le présent guide.

Ce modèle énergétique permet d'estimer la consommation d'énergie qui aurait été observée durant la Période de suivi si aucune AAPE n'avait été mise en œuvre et si le Site avait fonctionné comme il l'a fait pendant la SER.

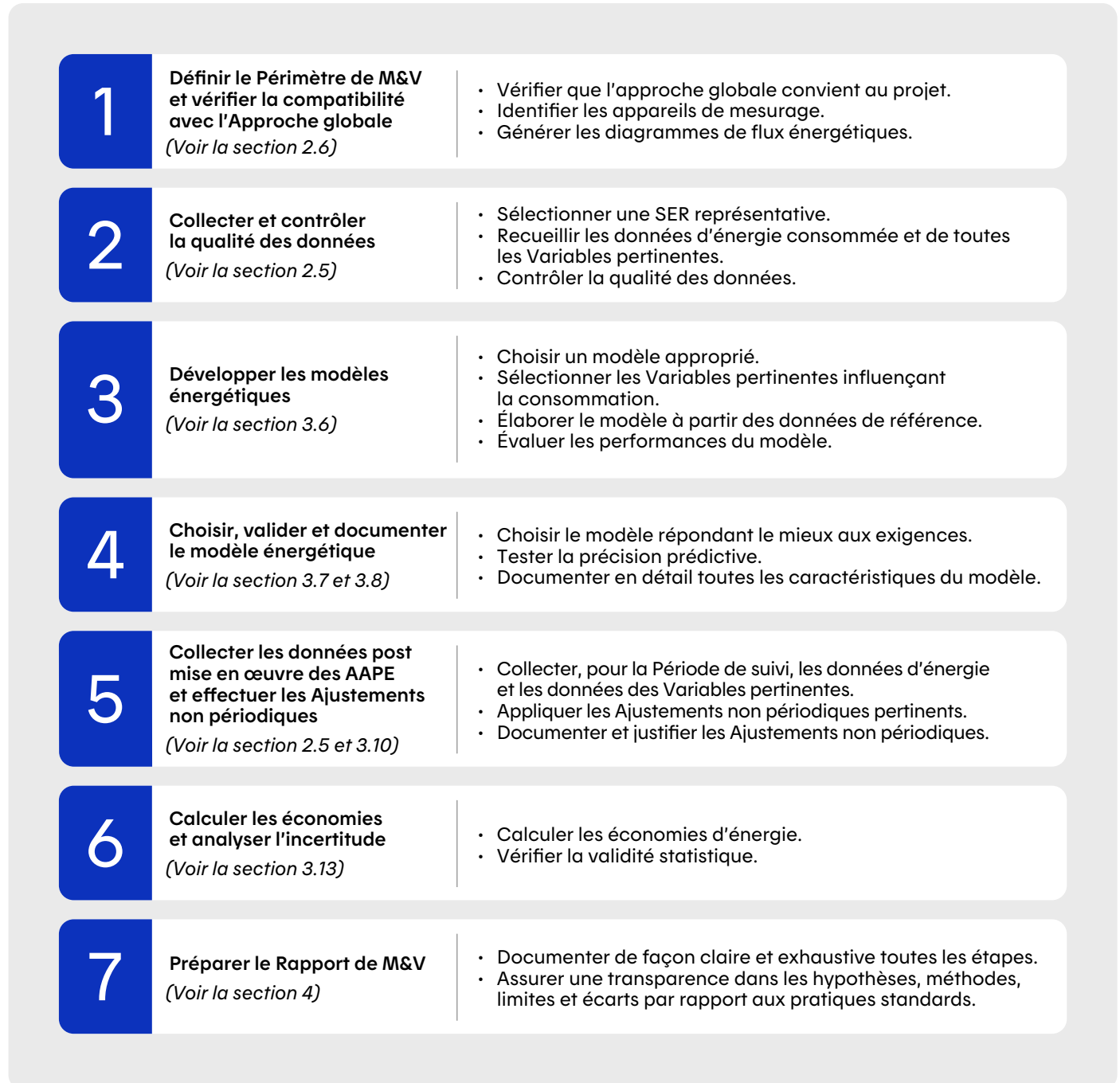
Le modèle prédictif de la Consommation d'énergie de référence peut ensuite être utilisé pour suivre la Performance énergétique, déterminer régulièrement les économies d'énergie et prévoir la demande d'énergie si les Variables pertinentes futures, telles que le volume de production, sont connues.

Le modèle prédictif présente toutefois des limites, en particulier si la consommation d'énergie ou les conditions d'exploitation du Site changent de manière importante au cours de la Période de suivi. Si ce modèle ne peut pas être élaboré pour un type d'énergie donné, le modèle énergétique selon la Méthode de prévision rétrospective peut être utilisé pour la déclaration des Économies d'électricité (voir la section 3.10.4). Ce dernier est proposé comme solution de rechange dans le présent guide. Intentionnelle, cette alternative vise à limiter les dépenses ou les ressources excessives engagées pour développer un modèle énergétique fonctionnel et à garantir que le processus de M&V reste centré sur l'éducation du Participant et la construction de systèmes qu'il pourra utiliser de manière autonome par la suite.

I 3.2 Processus

L'élaboration d'un ou de plusieurs modèles énergétiques pour chaque type d'énergie doit suivre le processus suivant :

Figure 12 : Survol des principales étapes du processus de modélisation énergétique



3.3 Conditions à l'élaboration de modèles énergétiques à partir de données provenant de plusieurs compteurs

Lors des travaux d'élaboration de modèles énergétiques, si les données énergétiques associées à un type d'énergie proviennent de plusieurs compteurs, l'une des options suivantes doit être retenue :

- Agréger les données énergétiques en additionnant les données de deux compteurs ou plus pour créer un agrégat de données énergétiques du Site. Si les données des compteurs sont collectées à des intervalles différents, elles doivent être agrégées jusqu'à l'intervalle d'échantillonnage le plus long. Cette méthode est appropriée lorsque :
 - les compteurs ont le même intervalle de mesure, ou le compteur représentant la plus grande consommation d'énergie a l'intervalle d'échantillonnage le plus long ;
 - les mêmes Variables pertinentes s'appliquent à tous les compteurs ;
 - le modèle énergétique créé à partir des données agrégées est simple et significatif.
- Élaborer des modèles énergétiques distincts (un par compteur). Les économies d'énergie calculées pour chaque modèle sont agrégées par la suite. Plusieurs modèles peuvent être créés pour un même type d'énergie à condition que les Périmètres de M&V de chaque modèle ne se recoupent pas et ne soient pas compris dans un Périmètre de M&V plus large. Chaque modèle doit satisfaire aux exigences de la section 3.7 de ce guide. Cette méthode est appropriée si :
 - le modèle énergétique agrégé comporte un grand nombre de Variables pertinentes ;
 - les compteurs concernent des zones ou des processus distincts associés à des Variables pertinentes différentes ;
 - les compteurs ont des intervalles de mesure différents, en particulier lorsqu'un compteur associé à la plus grande consommation d'énergie présente une granularité beaucoup plus fine que les autres ;
 - le Participant préfère disposer de modèles distincts susceptibles d'améliorer le suivi de la Performance énergétique et des économies d'énergie.
- Exclure certains compteurs. Lorsque les charges raccordées à un compteur se trouvent à l'extérieur du Périmètre de M&V ou correspondent à une partie négligeable d'un type d'énergie précis (moins de 2 % de la consommation d'énergie du Site pour ce type d'énergie), ce compteur peut être exclu.

3.4 Établissement de la relation entre la consommation d'énergie et les Variables pertinentes

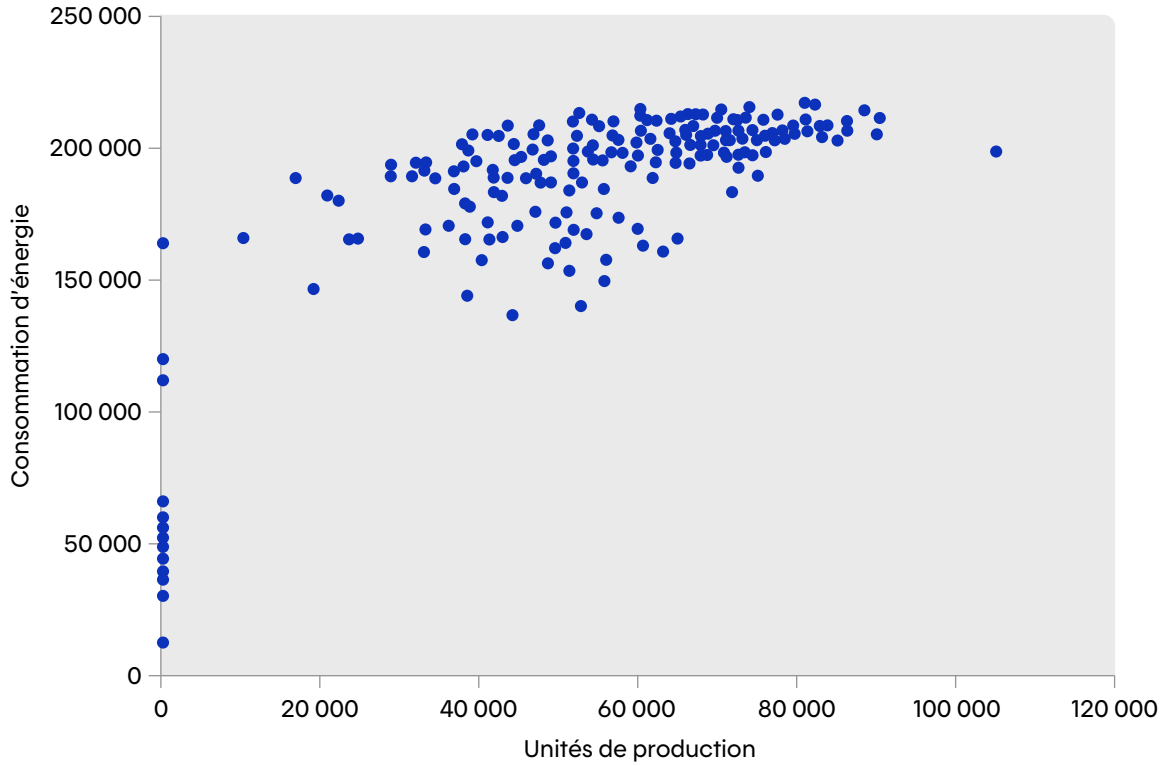
Les modèles énergétiques doivent être pensés sur la base d'une compréhension éclairée des caractéristiques de l'équipement, des activités et des processus compris dans le Périmètre de M&V. L'établissement de la relation entre la consommation d'énergie et les Variables pertinentes doit s'appuyer sur les orientations décrites ci-dessous.

3.4.1 Confirmation d'une relation

À l'aide de diagrammes de dispersion, il faut vérifier l'existence d'une relation linéaire entre les données de consommation d'énergie pour chaque type d'énergie et pour chaque Variable pertinente qui lui est associée.

Bien qu'aucun test statistique ne soit à effectuer à cette étape, l'absence de relation observable entre la consommation d'énergie et une Variable pertinente pour lequel une relation était attendue doit être analysée, documentée et justifiée par le Participant. Cette situation peut être due à un contrôle inadéquat des activités opérationnelles ou à une caractérisation erronée ou insuffisante du Site.

Figure 13 : Exemple de nuage de points représentant la relation entre la consommation d'énergie et la production



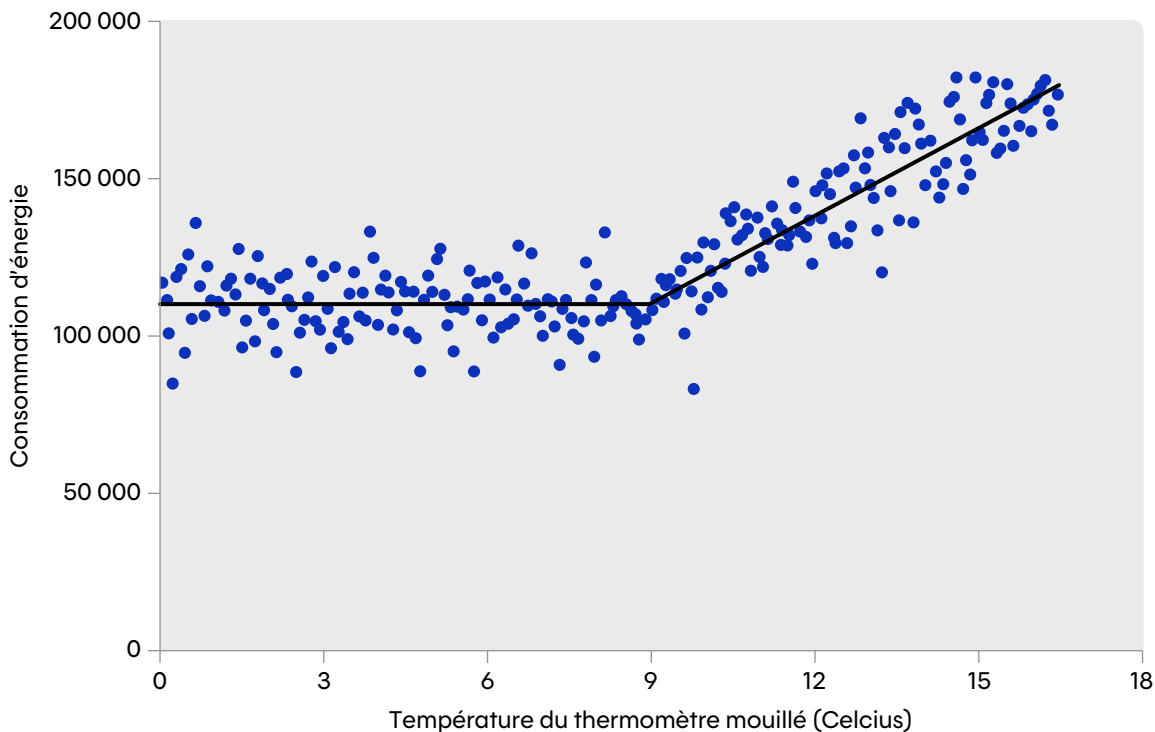
3.4.2 Variables d'un point de changement

Certains Sites présentent une consommation d'énergie liée à des conditions de fonctionnement qui changent à partir d'un seuil donné. Par exemple, des Sites dont le profil énergétique dépend de l'environnement présentent souvent un point de changement.

La présence de ce point de changement apparaît clairement lorsque l'on représente graphiquement la consommation d'énergie en fonction d'une Variable pertinente (comme la température du thermomètre mouillé, à la figure 13).

La modélisation d'un Site qui présente un point de changement à l'aide d'un seul modèle linéaire introduit des erreurs évitables. Lorsqu'un point de changement est observé, le Participant doit envisager le recours à d'autres Variables pertinentes ou à un modèle autre que linéaire. Le Participant doit documenter et justifier ce choix.

Figure 14 : Exemple de point de changement



3.4.3 Multicolinéarité

La multicolinéarité survient lorsqu'au moins deux Variables pertinentes sont corrélées pour le même type d'énergie. Dans ce cas, l'ajout ou la suppression de variables dans le modèle énergétique peuvent modifier l'importance relative d'autres variables.

En présence de variables colinéaires, on peut sous-estimer la signification statistique de Variables pertinentes individuelles. Bien que, dans de nombreux cas, la multicolinéarité soit inévitable, elle réduit la capacité des tests statistiques à évaluer la fiabilité du modèle. Même si elle ne nuit pas à la capacité prédictive du modèle, elle peut introduire une complexité inutile.

La multicolinéarité doit donc être réduite autant que possible. Pour plus de détails, voir l'annexe D – Multicolinéarité et autocorrélation.

3.4.4 Variables météorologiques

Les conditions météorologiques peuvent être représentées par plusieurs de variables, notamment la température moyenne, le rayonnement solaire, l'humidité, la température du thermomètre mouillé, le nombre de DJR et de DJC, etc.

Lors de l'élaboration de modèles énergétiques, les données quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles doivent être examinées :

- pour les données hebdomadaires et mensuelles, un modèle basé sur les DJR/DJC est préférable, car il représente mieux les demandes de chauffage et de refroidissement sur des périodes agrégées ;
- pour les données quotidiennes, un modèle basé sur les DJR/DJC est fonctionnellement équivalent à un modèle basé sur la température moyenne avec un point de changement.

La corrélation météorologique peut masquer d'autres variations saisonnières. Le jugement technique et la connaissance du Site et des équipements sont essentiels pour déterminer si la consommation d'énergie est réellement influencée par les conditions météorologiques. Si aucune justification n'existe pour une corrélation météorologique, il faut déterminer une Variable pertinente plus appropriée pour représenter les variations saisonnières.

I 3.5 Établissement d'une situation énergétique de référence

Le Programme SGE d'Hydro-Québec utilise la situation énergétique de référence (SER) pour déterminer les économies d'énergie. La SER tient systématiquement compte de la conformité d'un Site aux codes et règlements applicables. Les pratiques passées et présentes, la conformité passée, présente et future aux codes et aux règlements, l'entretien réglementaire, les permis et les activités (quelles qu'elles soient) sont compris dans la base d'une SER.

Bien qu'elle reflète les conditions existantes, il faut retirer de la SER certaines AAPE et certains ENP survenus au cours de cette période pour établir une compréhension claire de la relation entre la consommation d'énergie et les Variables pertinentes avant les périodes pour lesquelles un modèle énergétique sera utilisé.

Si des AAPE ont été mises en œuvre au cours de la SER, il est préférable de changer de SER pour choisir une période pendant laquelle aucune AAPE n'a été mise en œuvre. Si des AAPE ont été mises en œuvre après la SER mais avant le début du Projet, la SER doit être ajustée pour tenir compte de ces AAPE.

Lorsque la SER comprend des AAPE mises en œuvre, les économies d'énergie leur étant associées doivent être prises en compte dans les Rapports de M&V. Si ces valeurs d'économies d'énergie ne sont pas disponibles, les économies d'énergie pour une AAPE doivent être calculées conformément aux exigences du présent guide (voir la section 3.14).

Les ajustements doivent être faits au prorata en fonction de la date de mise en œuvre de l'AAPE. Le Participant doit confirmer cette date dans le Registre des AAPE mises en œuvre et auprès du personnel du Site, et utiliser celle qui correspond le mieux au moment où les économies d'énergie résultant de l'AAPE auraient été réalisées.

Les AAPE à caractère saisonnier peuvent être retirées de la SER si cette saisonnalité est connue.

La SER peut être utilisée pour plusieurs périodes de suivi ou être mise à jour au besoin (voir la section 2.1.1).

I 3.6 Élaboration de modèles énergétiques

À partir des informations obtenues dans le cadre de la démarche de M&V, pour chaque type d'énergie consommée sur le Site (voir la section 2.2.2.1.2 pour les types d'énergie négligeables), un ou plusieurs modèles énergétiques doivent être élaborés par le Participant selon la formule suivante :

Consommation d'énergie

$$= b_0 + b_i * x_i + b_{i+1} * x_{i+1} + \dots + b_n * x_n$$

où

i de 1 à n représente le nombre de Variables pertinentes utilisées dans le modèle énergétique ;

x_i représente la valeur des Variables pertinentes ;

b_0 représente la consommation d'énergie de base non liée aux Variables pertinentes ;

b_i (lorsque $i > 0$) représente la consommation d'énergie supplémentaire par unité de cette Variable pertinente (coefficient).

L'élaboration d'un ou de plusieurs modèles énergétiques pour chaque type d'énergie vise à représenter au mieux le Périmètre de M&V. Si un modèle englobant l'ensemble du Périmètre de M&V n'est pas réalisable, plusieurs modèles de consommation d'énergie peuvent être élaborés pour couvrir l'ensemble de ce Périmètre de M&V.

En fonction des Variables pertinentes sélectionnées dans le plan de collecte des données énergétiques et pour lesquels des données ont été collectées, il est recommandé de développer des modèles énergétiques concurrents afin d'évaluer leur performance respective à l'aide des tests de validité quantitatifs et qualitatifs décrits à la section 3.7 du présent guide.

3.6.1 Principe de simplicité

Le désir de créer le modèle le plus descriptif ou le plus « parfait » possible peut conduire à une utilisation disproportionnée des ressources. Les objectifs de la création de modèles énergétiques vont au-delà de la création d'outils destinés à estimer les économies d'énergie à l'échelle d'un Site.

Les modèles énergétiques simples présentent de multiples avantages :

- **Facilitation de la collecte des données.** Dans certains cas, la collecte des données relatives à la production peut être un fardeau pour le Participant. La plus grande réduction possible des exigences en matière de données peut augmenter son adhésion à leur collecte et son utilisation des modèles énergétiques.
- **Meilleure compréhension du modèle.** Un modèle facilement explicable sera mieux compris par le Participant, ce qui augmente sa confiance dans les économies d'énergie prévues par le modèle final.
- **Réduction de la probabilité de valeurs aberrantes et d'erreurs.** Un modèle comportant moins de variables est moins susceptible de comprendre des erreurs de saisie de données ou des anomalies au cours de la SER. Les modèles simples sont plus « durables » et donc plus utiles à long terme pour le Participant.
- **Pérennité du processus.** Les modèles simples facilitent l'intégration de modifications, ce qui améliore le processus à long terme.

Le Participant doit pouvoir comprendre le processus et les résultats afin d'être en mesure de suivre la Performance énergétique et de déterminer son amélioration à l'aide du modèle. Les modèles simples qui mettent en évidence la relation entre la consommation d'énergie et les Variables pertinentes contribuent à cette compréhension.

Ainsi, dans un modèle énergétique, si le nombre de Variables pertinentes utilisées est supérieur au nombre d'intervalles de données au cours d'une année divisé par six (6), le Participant doit envisager des options pour simplifier ce modèle. Il faut néanmoins tenir compte du fait qu'un modèle énergétique trop simple et comprenant un nombre insuffisant de Variables pertinentes peut présenter une faible capacité prédictive. L'évaluation des avantages et des inconvénients de chaque combinaison de variables permet de déterminer un niveau minimal de complexité du modèle tout en fournissant des estimations d'économies d'énergie adéquates.

3.6.2 Fréquence des données utilisées pour la création de modèles

Les modèles énergétiques devraient utiliser des intervalles quotidiens. Les modèles énergétiques qui sont fondés sur des données quotidiennes donnent au Participant l'occasion de suivre plus fréquemment les performances énergétiques au cours du Projet. Un grand nombre de point de données peut améliorer la précision globale du modèle énergétique. Les données des compteurs énergétiques sont souvent disponibles avec un faible intervalle. Ces données énergétiques doivent être agrégées à une fréquence correspondant à celle des données relatives aux Variables pertinentes.

En cas de décalage de plusieurs jours entre la consommation d'énergie et la Variable pertinente associée à la production primaire, un modèle hebdomadaire peut cependant offrir une meilleure représentativité qu'un modèle quotidien.

En l'absence justifiée de capacité à collecter des données de production quotidiennes ou d'autres données quotidiennes relatives aux Variables pertinentes, des intervalles hebdomadaires ou mensuels peuvent être envisagés. Dans cette éventualité, les intervalles hebdomadaires sont préférables aux intervalles mensuels. Il est à noter que la précision du modèle sera affectée par la fréquence des intervalles de données, ce qui pourrait influencer la validité du modèle énergétique, tel que décrit à la section 3.7. Les données de consommation d'énergie doivent être agrégées avec précision pour correspondre aux intervalles des Variables pertinentes.

I 3.7 Examen de validité du modèle énergétique

Les modèles énergétiques ne peuvent être utilisés pour calculer les économies d'énergie que s'ils représentent de manière fiable la relation entre la consommation d'énergie du Site et les Variables pertinentes. Pour démontrer cette fiabilité, le Participant doit démontrer le respect des exigences aux tests statistiques du présent guide pour les Variables pertinentes et les modèles énergétiques. De plus, les modèles énergétiques devront être validés selon les critères qualitatifs.

3.7.1 Évaluation de la signification statistique des Variables pertinentes²

Pour établir la validité quantitative d'un modèle énergétique, le Participant doit démontrer que chaque Variable pertinente utilisée dans le modèle satisfait à tous les tests statistiques suivants :

Tableau II : Tests statistiques des Variables pertinentes

Test statistique	Valeur exigée
Statistique t (T-statistic)	Valeur absolue doit être supérieure à 2,00
Valeur p	Doit être inférieure à 0,05

L'ajout ou la suppression de Variables pertinentes influenceront sur l'importance relative d'autres Variables pertinentes. Bien que la multicolinéarité soit inévitable dans de nombreux cas, elle doit être prise en compte lors de la validation de la signification statistique de chaque Variable pertinente. Même si elle ne nuit pas à la capacité prédictive du modèle, elle peut introduire une complexité inutile. Pour plus de détails, voir l'annexe D – Multicolinéarité et autocorrélation.

2. Pour plus d'information sur les tests statistiques : Uncertainty Assessment for IPMVP, du *Protocole international de mesure et de vérification de la performance* (IPMVP®).

3.7.2 Validation des modèles énergétiques à l'aide de tests statistiques

Pour établir la validité quantitative d'un modèle énergétique, le Participant doit démontrer que chaque modèle énergétique satisfait à tous les tests statistiques présentés dans le tableau III.

Tableau III : Tests statistiques du modèle énergétique

Test statistique	Valeur exigée des tests statistiques
Nombre de Variables pertinentes	Doit être inférieur ou égal à 5
Coefficient de corrélation R ²	Doit être supérieur à 0,75
Coefficient de variation	Doit être inférieur à 20 % pour les modèles quotidiens Doit être inférieur à 10 % pour les modèles hebdomadaires Doit être inférieur à 5 % pour les modèles mensuels
Durbin-Watson	Environ 2
Prédiction de l'incertitude sur les économies fractionnaires*	L'incertitude sur les économies fractionnaires doit être égale ou inférieure à 25 %. Aux fins de la prédiction, utiliser des estimations de fraction d'économies d'énergie et du nombre d'observations durant la Période de suivi. Se référer à la section 3.13.4 pour plus de détails sur l'incertitude sur les économies fractionnaires.

* Lors du calcul des économies d'énergie, si l'incertitude sur les économies fractionnaires est supérieure à 25 %, une contrevérification devra être effectuée et justifiée par le Participant pour valider les économies d'énergie. Cette contrevérification devra être approuvée par Hydro-Québec.

3.7.3 Validation des modèles énergétiques selon des critères qualitatifs

En plus de la validation à l'aide des tests de validité statistique, le Participant doit démontrer que chaque modèle énergétique satisfait aux critères qualitatifs, notamment :

- le modèle énergétique appliqué à la SER doit produire des économies stables et proches de zéro ;
- les Variables pertinentes choisies et les coefficients qui leur sont associés dans le modèle énergétique doivent être cohérents avec la compréhension logique de la consommation d'énergie du Site ;
- les compteurs utilisés dans le cadre du Projet sont opérationnels, étalonnés, et entretenus adéquatement.

D'autres critères doivent aussi être pris en compte, comme la simplicité du modèle énergétique, son niveau de signification pour le Participant et la possibilité de continuer à collecter les données nécessaires à son utilisation après la fin du Projet.

3.8 Sélection de modèles pour suivre la Performance énergétique et calculer les Économies d'électricité

Le choix des modèles énergétiques utilisés pour suivre la Performance énergétique et déterminer son amélioration repose sur les tests quantitatifs et qualitatifs décrits dans le présent guide.

Pour chaque modèle énergétique, le Participant doit fournir à Hydro-Québec une comparaison d'au maximum trois (3) options concurrentes dans un tableau permettant la sélection des modèles énergétiques les plus pertinents pour suivre la Performance énergétique et calculer les Économies d'électricité. Ce tableau devra être inclus dans les Rapports de M&V.

Cette sélection ne doit pas uniquement dépendre de l'évaluation statistique, car un modèle pertinent peut ne pas répondre à tous les critères statistiques énumérés. Par exemple, une faible corrélation R^2 peut être le résultat d'un Site présentant une faible variation de la consommation d'énergie. Lorsque des modèles réussissent les tests statistiques et répondent aux critères qualitatifs de la section 3.7.3 de ce guide, le Participant doit choisir les modèles énergétiques les plus pertinents à utiliser. La justification de ce choix doit être documentée et approuvée par Hydro-Québec.

3.9 Confirmation continue de la validité du modèle énergétique

La validité du modèle énergétique devrait être examinée au moins une fois par trimestre par le Participant, bien que ce ne soit pas obligatoire. La validité du modèle énergétique doit être effectuée minimalement à chaque Rapport de M&V.

La confirmation de la validité du modèle comprend l'examen des questions suivantes :

- Les caractéristiques de fonctionnement ont-elles changé de manière importante ?
- La production ou d'autres Variables pertinentes se situent-ils désormais en dehors de la plage observée au cours de la SER ?
- Des usages énergétiques majeurs ont-ils été ajoutés ou supprimés ?
- Le niveau d'économies d'énergie observé jusqu'à présent est-il déconnecté des AAPE répertoriées dans le Registre des AAPE mises en œuvre ?
- Les limites du Site ou le Périmètre de M&V ont-ils changé ?

Si l'une des réponses est positive, la validité quantitative et qualitative du modèle doit être réévaluée. Si elle ne peut pas être confirmée, les options de la section 3.10 doivent être envisagées.

Les données utilisées avec le modèle énergétique sélectionné doivent également être analysées. Les intervalles individuels de la Période de suivi doivent être signalés comme des valeurs aberrantes si un point de données d'une Variable pertinente dépasse de $\pm 10\%$ les limites de l'ensemble des données de référence sur l'énergie. Une valeur aberrante (voir section 2.5.2) peut être traitée de l'une des trois manières suivantes :

- **Inclusion sans modification** : si la population représentative de résidus du point n'est pas une valeur aberrante.
- **Exclusion** : si la population représentative de résidus du point est une valeur aberrante par rapport à la population globale de résidus. En cas de maintien, les économies d'énergie réalisées à partir de ce point aberrant auraient un effet démesuré sur la mesure des économies d'énergie.
- **Développement d'un nouveau modèle énergétique** : si les points de données aberrants de l'intervalle indiquent un problème qui rend le modèle énergétique sans lien significatif avec la consommation d'énergie, les usages énergétiques ou les activités du Site.

3.10 Options lorsqu'un modèle énergétique valide ne peut pas être élaboré ou qu'un modèle en cours d'utilisation échoue aux tests de validité

Les modèles énergétiques qui ne répondent pas aux critères de sélection de la section 3.7 de ce guide ne peuvent pas être utilisés pour le calcul des Économies d'électricité dans le cadre du Programme SGE. Cette interdiction vise autant les modèles énergétiques nouvellement développés que ceux qui ont été utilisés dans le passé.

Si cette situation survient, le Participant doit d'abord apporter des ajustements au modèle. Ces ajustements peuvent porter sur les Variables pertinentes retenues ou sur la fréquence des données.

Des modifications apportées à la SER sont autorisées lorsque justifiées par le Participant et approuvées par Hydro-Québec, mais elles ne sont pas recommandées. Le processus de M&V ne vise pas à établir à tout prix un modèle valide, mais à collecter des données et à évaluer si un modèle énergétique peut représenter de manière cohérente la relation entre la consommation d'énergie et les Variables pertinentes.

Les sous-sections suivantes présentent des orientations à prendre en compte lorsque l'élaboration d'un modèle énergétique ne fournit pas de résultat satisfaisant.

3.10.1 Ajustements non périodiques

Le Participant doit apporter des Ajustements non périodiques (ANP) à la Consommation d'énergie réelle au cours de la SER et/ou à la Consommation d'énergie de référence au cours de la Période de suivi si l'un ou l'autre des ENP suivants se sont produits :

1. des Facteurs statiques ont été modifiés au cours de la Période de suivi ;
2. des Variables pertinentes ont fait l'objet de modifications inhabituelles.

Voici des exemples d'ENP qui peuvent nécessiter un ANP :

- Un fournisseur fait faillite, et aucune Matière première équivalente n'est disponible. Le processus doit être modifié pour qu'un autre type de Matière première puisse être utilisé. Aucune donnée n'est alors disponible sur les conditions de fonctionnement de la SER avec cette nouvelle Matière première.
- Des processus sont externalisés, ce qui améliore la performance et réduit la consommation d'énergie.
- L'acquisition d'une entreprise entraîne l'indisponibilité de données ou leur disponibilité est limitée pour la période précédant l'acquisition.
- Une pièce d'équipement devient inutilisable et est remplacée temporairement par une autre pièce qui consomme un autre type d'énergie (par exemple, un compresseur d'air ou un refroidisseur électriques remplacés par de l'équipement loué fonctionnant au diesel).
- Un processus est temporairement externalisé vers un autre Site ou un autre fournisseur.

Un ENP peut être détecté à l'aide de méthodes statistiques ou au moyen d'une rétroaction humaine. À cet effet, le personnel du Site peut communiquer des informations pertinentes sur des changements apportés à l'équipement, au système et aux processus susceptibles d'entraîner un ENP. Cependant, puisque la détection humaine des ENP repose sur la connaissance des activités normales et anormales du Site, certains ENP pourraient ne pas être identifiées par le personnel.

Peu importe la méthode de détection, les ENP doivent être étayés par des analyses statistiques ou d'autres analyses quantifiées. Toutes les données numériques utilisées pour les calculs d'ANP doivent être fondées sur des données observées et mesurées.

Des exemples de méthodes statistiques et d'autres méthodes d'analyse quantifiée pour la détection des ENP peuvent être trouvés dans la publication d'EVO : *IPMVP Application Guide on Non-routine Events & Adjustment*³ et dans le document de la conférence ECEEE 2020 *Non-routine adjustments – towards standardizing M&V approach for quantifying the effects of static factors*⁴ (documents en anglais).

L'effort requis pour calculer la quantité d'énergie associée à un ANP lié à un ENP doit être proportionnel à l'ampleur de l'ajustement énergétique prévu et devrait être conforme aux directives de l'annexe C – Effort de calcul et documentation de l'AAPE selon l'Approche isolée sans modèle énergétique.

La méthode pour établir et justifier des ANP doit être documentée, y compris les dates de début et de fin, les raisons pour lesquelles elles ne sont pas périodiques, le caractère raisonnable général de la méthodologie et des calculs, l'adéquation des méthodes de mesure et de suivi ainsi que la conformité des calculs appliqués. L'ensemble des calculs et du traitement des données relié aux ANP et ENP doit être transparent, justifié dans le Rapport M&V et approuvé par Hydro-Québec.

Lorsqu'un ENP est d'une durée indéterminée, la documentation doit présenter clairement les conditions et le moment de la réévaluation visant à établir la fin de l'ANP. Par exemple, si un compresseur d'air tombe en panne et qu'une unité de secours est utilisée, la condition serait la réparation du compresseur d'air, et l'arrêt de l'unité de secours mettrait fin à l'ENP.

Les ANP ne peuvent être invoqués qu'après examen et approbation d'Hydro-Québec. La méthode retenue pour effectuer l'ANP et la justification associée doivent être documentées.

3.10.2 Ajustements pour la saisonnalité

De nombreux Sites connaissent des fluctuations saisonnières qui influent sur leurs activités. Ces fluctuations peuvent découler de changements saisonniers modifiant le type de produit, la quantité de produits ou les corrélations entre la température ambiante et les charges des procédés. Lorsque ces variations opérationnelles entraînent un changement fondamental dans la consommation d'énergie d'un Site, l'élaboration de plusieurs modèles doit être envisagée si un seul modèle n'est pas en mesure de représenter adéquatement les variations saisonnières.

Lorsque les changements saisonniers sont modérés et graduels, un seul modèle peut suffire à caractériser l'ensemble de l'énergie de référence.

Si un Site connaît une courte période de production anormalement élevée ou faible associée à une signature énergétique différente, ou un nombre négligeable de jours d'arrêt répartis sur l'année, il peut être approprié de supprimer ces périodes de la SER et de la Période de suivi, en les traitant comme des valeurs aberrantes.

Lorsque les changements saisonniers sont brusques et prononcés, il peut être pertinent de créer deux modèles : un qui intègre une Variable pertinente basée sur la production, et un autre modèle qui n'en tient pas compte.

3.10.3 Modèles énergétiques tenant compte des fluctuations importantes de production

Pour les Sites qui connaissent des fluctuations importantes de production, les modèles doivent être adaptés selon le contexte. Par exemple, les Sites comportant des fermetures de fin de semaine sont mieux modélisés dans un seul modèle comportant des variables d'indication samedi/dimanche/fin de semaine pour plus de simplicité.

3. Efficiency Valuation Organization (EVO), *IPMVP Application Guide on Non-routine Events & Adjustment*, 2020.

4. Earni, S. et Therkelsen, P., *Non-routine adjustments – towards standardizing M&V approach for quantifying the effects of static factors*. 2020. Présenté à l'ECEEE Industrial Summer Study, événement virtuel. DOI 10.20357/B71W20.

Sans être exhaustif, le tableau IV décrit les avantages et les inconvénients de la construction d'un modèle unique par rapport à deux modèles dans certaines circonstances.

Tableau IV : Options de modélisation pour des Sites connaissant des fluctuations de production

Stratégie	Avantage	Inconvénient
<p>Modèle unique avec des économies anticipées tout au long de l'année</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réalisations d'économies énergétiques à tous les intervalles. • Facilité d'entretien d'un seul modèle. • Méthode la plus simple si la consommation d'énergie reste constante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de modèle faussé en cas de périodes de production anormalement élevée ou faible. • Modèle peu adapté lorsque les Variables pertinentes liées à la production saisonnière exigent un modèle complexe avec de nombreuses Variables pertinentes.
<p>Modèle unique avec suppression des périodes de production anormalement élevée ou faible</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Précision améliorée du modèle pendant les périodes de production normale. • Bon fonctionnement si les possibilités d'Efficacité énergétique sont minimales pendant les périodes exclues. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction du nombre de points de données de référence. • Nombre inconnu de points de données futurs en raison de changements de production.
<p>Modèle double production/ non-production</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de moins de variables et compréhension accrue. • Amélioration de la condition physique du modèle par rapport au modèle unique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entretien de deux modèles. • Réduction du nombre de points de données de référence pour chaque modèle.

Les modèles qui excluent une exploitation importante du Site ne sont généralement pas acceptables. Est acceptable un modèle qui exclut les temps d'arrêt ou toute autre période de faible consommation et de fonctionnement. Est inacceptable un modèle qui exclut arbitrairement certaines lignes de produits ou d'autres activités consommatrices d'énergie.

Les exigences des sections 3.3 et 3.8 de ce guide doivent être respectées lors de la création de plusieurs modèles.

3.10.4 Élaboration d'un modèle énergétique selon la Méthode de prévision rétrospective (*backcasting*⁵)

Lorsque la création de modèles énergétiques selon la méthode présentée dans le présent guide (Méthode de prévision) n'est pas possible, une méthode alternative appelée Méthode de prévision rétrospective peut être considérée pour l'élaboration de modèles énergétiques. Un modèle énergétique selon la Méthode de prévision rétrospective est facultatif, et adopter une Approche isolée pour déterminer les économies d'énergie peut être plus approprié. La justification du choix de la prévision rétrospective plutôt que le calcul des économies d'énergie agrégées provenant des AAPE mises en œuvre doit être étayée, documentée et justifiée par le Participant et approuvée par Hydro-Québec. Cette justification peut comprendre l'hypothèse selon laquelle des économies d'énergie importantes seront attendues grâce à des actions qui ne seraient pas prises en compte dans l'agrégation des économies d'énergie issues d'AAPE figurant dans la Liste des possibilités d'amélioration.

La prévision rétrospective peut s'appliquer dans les situations suivantes :

- Une ou plusieurs Variables pertinentes ont connu des variations considérables entre la SER et la Période de suivi.
- La précision des données relatives à la SER a été relativement faible, tandis que celle des données au cours de la Période de suivi s'est considérablement améliorée.
- Aucun changement opérationnel ou structurel majeur n'a eu lieu pendant depuis le début du Projet.

La Méthode de prévision rétrospective peut être utilisée si les exigences de validité de la section 3.7 du présent guide sont respectées. Le choix et les modalités d'application de cette méthode doivent être documentés et justifiés par le Participant et approuvés par Hydro-Québec.

I 3.11 Utilisation continue de la SER et des modèles énergétiques

Durant le Projet, des modifications apportées aux activités opérationnelles, à la production ou aux équipements énergivores peuvent invalider les modèles énergétiques. Si un modèle énergétique ne satisfait plus aux tests quantitatifs et qualitatifs du présent guide, il faut d'abord évaluer si le modèle peut être mis à jour ou si la SER et le modèle énergétique ne sont plus utilisables.

Si la SER existante n'est plus utilisable ou si le modèle énergétique existant est devenu invalide, son utilisation doit être suspendue, et les directives de la section 3.10 de ce guide doit être suivies.

Un modèle énergétique et sa SER associée, déjà approuvée au cours d'une Période de suivi précédente, peuvent continuer à être utilisés si toutes les conditions suivantes sont respectées :

- Le modèle énergétique et la SER respectent toujours les critères quantitatifs et qualitatifs du présent guide.
- Une méthode isolée sans modèle énergétique n'a pas été utilisée depuis l'élaboration du modèle énergétique et de la SER lors des Périodes de suivi précédentes.
- La Liste des possibilités d'amélioration a été maintenue et est à jour.
- Les Variables pertinentes sélectionnées dans le cadre du processus détaillé à la section 2.3 de ce guide sont les mêmes que celles utilisées dans le modèle énergétique existant.
- Aucune donnée plus granulaire sur la consommation d'énergie et les Variables pertinentes n'est disponible depuis la création du modèle énergétique existant.
- Le Périmètre de M&V n'a pas changé.

5. *Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)*, section 7.5.1.

Les critères énumérés ci-dessus doivent être réexaminés avant chaque nouvelle Période de suivi. Si, à la suite de cet examen, le modèle énergétique n'est plus jugé valide, il ne doit plus être utilisé, et un ou plusieurs nouveaux modèles énergétiques doivent être élaborés.

Hydro-Québec peut, à sa discrétion, pour chaque Période de suivi, exiger la création d'une nouvelle SER et d'un nouveau modèle énergétique. Cette exigence a pour objectifs de créer une base distincte pour la détermination des économies d'énergie et d'éliminer les effets résiduels des modèles énergétiques existants.

I 3.12 Suivi de la Performance énergétique

La Performance énergétique doit être suivie régulièrement à l'aide des modèles énergétiques sélectionnés et du Registre des AAPE mises en œuvre.

Cet examen n'a pas pour but de fournir une évaluation détaillée de la Performance énergétique par rapport aux attentes, mais plutôt de détecter des tendances et de déterminer si des mesures correctives sont nécessaires.

Le concept de recul (*backsliding*) désigne une détérioration de la Performance énergétique par rapport à un indice de référence précédemment atteint. Les modèles énergétiques peuvent être utilisés pour fournir une boucle de rétroaction en vue de déceler et de corriger les reculs.

En vérifiant que les AAPE mises en œuvre génèrent au moins les économies d'énergie attendues, le Participant peut suivre sa progression vers ses objectifs de Performance énergétique, évaluer l'efficacité de son SGE et assurer le maintien dans le temps des AAPE et des économies d'énergie qui en découlent.

Cet examen offre également à Hydro-Québec et au Participant l'occasion de s'assurer que les économies d'énergie réalisées grâce aux AAPE mises en œuvre sont proportionnelles au potentiel d'économies d'énergie attendues.

3.12.1 Suivi de la Performance énergétique à l'aide des modèles énergétiques

Les données à collecter sont mises à jour avec de nouvelles données au moins une fois par mois dans le SIGE.

Le Participant doit l'utiliser régulièrement pour vérifier que les données sont collectées et saisies, que la Performance énergétique est calculée correctement, que les valeurs anormales sont détectées et que les situations non couvertes au cours de la SER sont prises en compte ou corrigées.

Pour chaque modèle énergétique utilisé, un graphique chronologique comparant la Consommation d'énergie réelle et prévue doit être créé lors du suivi de la Performance énergétique.

Au fur et à mesure de l'intégration de nouvelles valeurs de Performance énergétique, une évaluation doit être effectuée pour déterminer la présence de reculs. Dans ce cas, des mesures correctives doivent être prises.

3.12.2 Suivi de la Performance énergétique avec le Registre des AAPE mises en œuvre

Le Participant met à jour régulièrement le Registre des AAPE mises en œuvre et vérifie que les AAPE identifiés et mises en œuvre en continu. Lorsque des AAPE ne sont pas mises en œuvre selon l'échéancier prévu, le Participant doit évaluer les raisons de ces retards.

Le Participant doit vérifier, au moins une fois par trimestre, que la Liste des possibilités d'amélioration est à jour.

I 3.13 Calcul des économies d'énergie grâce au modèle énergétique

3.13.1 Processus

Les économies d'énergie associées à l'ensemble des types d'énergie doivent être calculées pour la Période de suivi, et un degré de confiance doit être établi pour ces dernières. Aux fins de ce calcul à l'échelle d'un Site, le processus suivant doit être suivi :

1. Confirmation de la Période de suivi.
2. Calcul des économies d'énergie.
3. Calcul des économies d'énergie qui sont incrémentales lorsque les modèles énergétiques sont utilisés pour plusieurs Périodes de suivi.
4. Établissement du degré de confiance associé aux valeurs d'économie d'énergie.

La préparation et la présentation des économies d'énergie dans les rapports transmis à Hydro-Québec sont abordées à la section 4.

3.13.2 Confirmation de la Période de suivi

Si ce n'est pas déjà fait, une Période de suivi doit être établie, précisant ses dates de début et de fin, conformément à la sous-section 2.1.2 du présent guide.

3.13.3 Calcul des économies d'énergie

3.13.3.1 Calcul des économies d'énergie par intervalle

Pour chaque modèle énergétique retenu, les économies d'énergie sont calculées selon l'équation suivante, à partir de la Consommation d'énergie réelle et de la Consommation d'énergie de référence, estimées à l'aide du modèle énergétique, pour chaque intervalle (par exemple quotidien ou mensuel) de la Période de suivi.

$$\text{Économies d'énergie}_{\text{Période de suivi}} = \text{Consommation d'énergie de référence}_{\text{Période de suivi}} - \text{Consommation énergétique réelle}_{\text{Période de suivi}} \pm \text{Ajustements}$$

3.13.3.2 Agrégation des économies d'énergie pour l'ensemble des intervalles

On calcule les économies d'énergie réalisées sur l'ensemble de la Période de suivi en agrégeant les économies d'énergie relatives à chaque intervalle de cette Période de suivi, comme le montre l'équation suivante :

$$\text{Économies d'énergie}_{\text{Période de suivi}} = \sum_{i=1}^n \text{Économies d'énergie}_{\text{Période de suivi } i}$$

où

n = nombre d'intervalles dans la Période de suivi

Les économies d'énergie calculées selon cette équation correspondent aux économies cumulatives par rapport à la SER et tiennent compte de toutes les activités d'économies d'énergie réalisées entre la fin de la SER et la Période de suivi en cours. Voir la section 3.13.5 sur le calcul des économies d'énergie qui sont incrémentales pour la Période de suivi en cours.

3.13.3.3 Schématisation des économies d'énergie

Le calcul de la somme cumulative des différences (*cumulative sum of differences*, ou CUSUM) est une méthode efficace pour quantifier et schématiser les économies d'énergie associées à chaque type d'énergie au cours d'une Période de suivi par rapport à la SER.

Pour chaque type d'énergie faisant l'objet d'un modèle énergétique utilisé pour calculer les économies d'énergie, le Participant doit élaborer un graphique CUSUM ainsi qu'un graphique chronologique présentant la Consommation d'énergie réelle et la Consommation d'énergie de référence.

Remarque : Le Participant peut afficher les économies d'énergie (CUSUM) sous formes de valeurs positives ou négatives, à condition que leur représentation graphique indique clairement le sens associé à l'augmentation des économies d'énergie.

Un graphique CUSUM doit également présenter la date de mise en œuvre des AAPE figurant dans la Liste des possibilités d'amélioration pour lesquelles des économies d'énergie ont été calculées.

Les variations significatives de la pente du graphique CUSUM doivent être étudiées, qu'elles soient positives ou négatives, et les résultats de cette analyse doivent être consignés sous forme de notes explicatives liées à ce graphique.

Le Participant doit présenter le graphique CUSUM à Hydro-Québec dans le Rapport de M&V.

3.13.4 Quantification de l'incertitude sur les économies fractionnaires

3.13.4.1 Formule de calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires

À titre informatif, le calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires (*fractional savings uncertainty*, ou FSU) constitue une méthode permettant de juger de la validité des économies d'énergie fondées sur un modèle énergétique. Un calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires doit être effectué pour chaque valeur d'économie d'énergie à l'échelle d'un Site pour les économies d'énergie à déclarer. Pour les calculs d'incertitude sur les économies fractionnaires, Hydro-Québec exige un niveau de confiance minimal de 90 %.

L'incertitude sur les économies fractionnaires peut être estimée selon l'équation générale suivante :

Incertitude sur les économies fractionnaires =

$$\frac{\Delta E_{\text{économies},m}}{E_{\text{économies},m}} = t * \frac{1.26 * CV * \sqrt{\left(\frac{n}{n'}\right) * \left(1 + \frac{2}{n'}\right) * \frac{1}{m}}}{F}$$

où

$\Delta E_{\text{économies},m}$ est l'incertitude absolue sur les économies d'énergie

$E_{\text{économies},m}$ est la quantité d'économies d'énergie

t = Statistique t associée au niveau de confiance de 90 %

CV = coefficient de variation

n = nombre d'observations durant la SER

m = nombre d'observations durant la Période de suivi

F = fraction des économies d'énergie de la Période de suivi sur la Consommation d'énergie de référence de la Période de suivi

n' = nombre d'observations indépendantes durant la SER

ρ = coefficient d'autocorrélation

Le nombre d'observations indépendantes est calculé comme suit :

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

La fraction des économies d'énergie est calculée comme suit :

$$F = \frac{\text{Économies d'énergie}_{\text{période de suivi}}}{\text{Consommation d'énergie de référence}_{\text{période de suivi}}}$$

Pour plus de détails sur le calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires, voir la directive ASHRAE Guideline 14-2014⁶.

IMPORTANT : Lorsque l'incertitude sur les économies fractionnaires est supérieure à 25 %, une contrevérification doit être effectuée et justifiée par le Participant pour valider les économies d'énergie. Cette contrevérification doit être approuvée par Hydro-Québec.

3.13.4.2 Formules simplifiées

Hydro-Québec accepte toutefois deux simplifications de la formule du calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires pour les modèles utilisant des données mensuelles et des données quotidiennes. Ces simplifications utilisent la racine de l'erreur quadratique moyenne (*Root Mean Square Error*, ou RMSE) qui mesure l'écart moyen entre les valeurs prédites par un modèle énergétique et les valeurs réelles et en utilisant un niveau de confiance de 90 %.

Le CV(RMSE) utilisé dans les formules simplifiées est défini selon la formule suivante :

$$\text{CV(RMSE)} = \frac{\text{RMSE}_{\text{modèle énergétique}}}{\text{Moyenne (Consommation d'énergie réelle}_{\text{base de référence, mensuelle ou journalière}})}$$

Formule simplifiée de calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires pour des données mensuelles :

- Calculer la racine en utilisant une équation univariable et une valeur de statistique t de 1,8125 pour un niveau de confiance de 90 % :

$$\frac{\Delta E_{\text{économies,m}}}{E_{\text{économies,m}}} = 0,73783 * \frac{\text{CV(RSME)}}{F}$$

Formule simplifiée de calcul de l'incertitude sur les économies fractionnaires pour des données quotidiennes :

- Calculer la racine en utilisant une équation univariable et une valeur de statistique t de 1,649 pour un niveau de confiance de 90 % :

$$\frac{\Delta E_{\text{économies,m}}}{E_{\text{économies,m}}} = 0,12052 * \frac{\text{CV(RSME)}}{F}$$

6. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), *ASHRAE Guideline 14-2014 — Measurement of Energy and Demand Savings*, 2014.

3.13.4.3 Règles empiriques

À titre indicatif seulement, le Participant peut déterminer de façon approximative si l'incertitude sur les économies fractionnaires respecte l'exigence de maximum 25 % en utilisant les règles empiriques suivantes :

- **Pour un modèle énergétique utilisant des données mensuelles** : la valeur de la fraction des économies d'énergie de la Période de suivi sur la Consommation d'énergie de référence (F) devrait être au minimum le triple (3x) de la valeur du CV(RMSE).
- **Pour un modèle énergétique utilisant des données quotidiennes** : la valeur de la fraction des économies d'énergie de la Période de suivi sur la Consommation d'énergie de référence (F) devrait être au minimum la moitié (0.5x) de la valeur du CV(RMSE).

Par exemple :

- Si le CV(RMSE) est de 2 %, les économies d'énergie venant d'un modèle énergétique mensuel devrait être au minimum de 6 %, et les économies d'énergie venant d'un modèle énergétique quotidien devrait être au minimum de 1 %.
- Inversement, si les économies d'énergie sont de 3 %, le CV(RMSE) d'un modèle énergétique mensuel devrait être au maximum de 1 %, et le CV(RMSE) d'un modèle énergétique quotidien devra être au maximum de 6 %.

3.13.5 Calcul des économies d'énergie à l'aide du même modèle énergétique pour des Périodes de suivi consécutives

Les modèles énergétiques basés sur une SER qui maintient sa validité dans le temps peuvent être utilisés pour calculer les économies d'énergie sur plusieurs Périodes de suivi. Les valeurs d'économie d'énergie pour des Périodes de suivi consécutives sont systématiquement cumulatives, comprenant les économies d'énergie qui résultent des mesures prises au cours de la Période de suivi en cours et des Périodes de suivi précédentes.

Dans ce contexte, pour une Période de suivi en cours, les économies d'énergie à l'échelle d'un Site sont incrémentales et correspondent à la différence entre les économies d'énergie réalisées au cours de cette période et les économies d'énergie approuvées pour les Périodes de suivi précédentes.

Lorsque des modèles énergétiques sont utilisés pour plus d'une Période de suivi, les économies d'énergie doivent être calculées en retirant les économies d'énergie déclarées au cours des Périodes de suivi précédentes.

Lorsqu'un modèle énergétique est redéfini (avec une nouvelle SER), il n'est pas nécessaire de soustraire les économies d'énergie des Périodes de suivi précédentes pour la Période de suivi en cours, car elles auront été intégrées au nouveau modèle énergétique. Les économies d'énergie réalisées au cours de la nouvelle SER doivent être comptabilisées conformément aux directives de la section 3.5 de ce guide.

Que le modèle énergétique soit utilisé pour une Période de suivi ou plusieurs, les économies d'énergie ne pourront être déclarées et attribuées au Programme qu'une seule fois dans un seul rapport d'économies d'énergie.

I 3.14 Calcul des économies d'énergie sans modèle énergétique

3.14.1 Économies d'énergie provenant d'AAPE ne couvrant pas toute la Période de suivi

Pour chaque AAPE présentée dans le rapport d'économies d'énergie – section électricité, le calcul des économies d'énergie doit être fait au prorata, en fonction de la date de sa mise en œuvre et de la fraction de la Période de suivi pendant laquelle elle a été active.

La valeur des économies d'énergie associées à un projet subventionné par un autre programme d'Efficacité énergétique doit être enregistrée dans le Registre des AAPE mises en œuvre.

Si une AAPE inscrite sur le Registre des AAPE mises en œuvre ne relève pas d'un autre programme d'Efficacité énergétique, l'effort consacré au calcul des économies d'énergie pour cette AAPE doit être proportionnel au niveau d'économies d'énergie attendues. Pour plus de détails, voir l'annexe C – Effort de calcul et documentation de l'AAPE selon l'Approche isolée sans modèle énergétique.

La date de mise en œuvre de chaque AAPE constitue une donnée essentielle du Registre des AAPE mises en œuvre. Cette date doit être déterminée par le Participant sur la base de considérations raisonnables concernant cette AAPE. Elle permet de déterminer la fraction temporelle des économies d'énergie qui sera attribuée à la Période de suivi en cours.

Les calculs d'économies d'énergie au prorata pour chaque AAPE doivent être déterminées non seulement en fonction de la date de mise en œuvre, mais aussi de facteurs tels que la saisonnalité et le principe de simplicité.

Les calculs d'économies d'énergie doivent être documentés et justifiés pour chaque AAPE. La documentation du processus utilisé pour déterminer les économies d'énergie d'une AAPE n'a pas à être intégrée dans le Registre des AAPE mises en œuvre, mais elle doit être référencée et liée aux identifiants des AAPE répertoriés dans ce Registre.

3.14.2 Prise en compte des AAPE mises en œuvre en dehors du Projet

Les économies d'énergie provenant d'AAPE réalisées en dehors du Projet doivent être enregistrées dans le Registre des AAPE mises en œuvre. Elles doivent être prises en compte dans les rapports d'économies d'énergie du Programme SGE, mais soustraites des économies déclarées dans ces rapports.

4 Préparation pour communiquer les Économies d'électricité

I 4.1 Généralités

Pour la SER, les valeurs d'Économies d'électricité doivent être calculées selon l'une des deux Approches de M&V suivantes :

1. Modèles énergétiques si le développement de modèles de consommation d'énergie est viable.
2. Agrégation des économies d'énergie provenant des AAPE individuelles répertoriées dans le Registre des AAPE mises en œuvre.

Pour chaque type d'énergie,

- si un ou plusieurs modèles énergétiques valides ont été élaborés et utilisés, les économies d'énergie doivent être déclarées selon l'Approche globale ou l'Approche isolée avec modèle énergétique ;
- si aucun modèle énergétique valable n'a pu être élaboré et utilisé, les économies d'énergie doivent être calculées selon l'Approche isolée sans modèle énergétique, par agrégation des économies issues des AAPE mises en œuvre.

Dans certains cas, les deux Approches isolées (avec et sans modèle énergétique) peuvent être combinées pour un même type d'énergie. Si des AAPE mises en œuvre ne sont pas comprises dans la modélisation énergétique, il est possible de calculer simultanément les économies d'énergie durant une même Période de suivi selon l'Approche isolée avec modèle énergétique pour certains UES et selon l'Approche isolée sans modèle énergétique pour d'autres UES.

Une Approche globale ne peut pas être combinée à une Approche isolée pour une même période. De plus, pour un même UES, les deux Approches isolées (avec et sans modèle énergétique) ne peuvent pas être combinées.

Si un ou plusieurs modèles énergétiques ont été élaborés pour une partie seulement de la Période de suivi (par exemple, lors d'activités saisonnières), les économies d'énergie peuvent être calculées selon l'Approche globale pour la partie de la Période de suivi modélisée, et selon l'Approche isolée pour l'autre partie de Période de suivi non modélisée.

Il est également possible d'utiliser différentes Approches pour calculer les économies de différents types d'énergie pour un même Participant (par exemple, Approche isolée pour les économies d'énergie liées au gaz naturel et Approche globale pour les économies d'énergie liées à l'électricité).

Seules les Économies d'énergie du Programme SGE peuvent être déclarées dans le rapport d'économies d'énergie - section électricité. Pour plus de détails, voir la section 4.2 du présent guide. À noter que peu importe l'Approche de M&V choisie, le Participant devra être en mesure d'expliquer les Économies d'électricité.

Les Rapports de M&V doivent être fournis à Hydro-Québec lors de la déclaration des Économies d'électricité. Ces documents doivent être suffisamment complets et précis pour qu'Hydro-Québec puisse évaluer si les Économies d'électricité déclarées sont conformes aux exigences du présent guide. Au besoin, Hydro-Québec peut exiger des données et justifications supplémentaires.

I 4.2 Types d'économies d'énergie

Dans le présent guide, le terme économies d'énergie est généralement utilisé pour représenter toute forme d'économies d'énergie. Toutefois, dans certains cas, cette valeur peut inclure des Économies d'énergie non liées au Programme SGE qui ne peuvent pas être déclarées à Hydro-Québec dans le cadre du Programme. Ainsi, le Participant doit déterminer les Économies d'énergie du Programme SGE en soustrayant les Économies d'énergie non liées au Programme SGE des Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V.

Pour chaque type d'énergie, les trois catégories d'économies d'énergie suivantes sont donc identifiées :

- Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V ;
- Économies d'énergie du Programme SGE ;
- Économies d'énergie non liées au Programme SGE.

Pour la définition de chaque terme, voir l'annexe A – Terminologie

Elles peuvent être présentées selon l'équation suivante :

Économies d'énergie du Programme SGE

- = Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V
- Économies d'énergie non liées au Programme SGE

4.3 Exigences pour déclarer des Économies d'électricité selon l'Approche globale et l'Approche isolée avec modèle énergétique

Lorsqu'un ou plusieurs modèles énergétiques valides ont été élaborés, seules les Économies d'électricité qui sont incrémentales peuvent être déclarées à Hydro-Québec. Les Économies d'électricité déclarées lors de Périodes de suivi précédentes doivent être soustraites selon les exigences de la section 3.13.5.

4.4 Exigences pour déclarer des Économies d'électricité selon l'Approche isolée sans modèle énergétique

Dans l'éventualité où Hydro-Québec approuve l'ARAI, le Participant peut utiliser une Approche isolée sans modèle énergétique pour le calcul des économies d'énergie pour chaque type d'énergie pendant la Période de suivi. Cette Approche isolée ne peut être appliquée que si l'élaboration d'un ou de plusieurs modèles énergétiques n'est pas possible conformément aux exigences du présent guide, ou si ces modèles n'ont pas été utilisés pour calculer et transmettre les économies d'énergie à Hydro-Québec pour ce type d'énergie.

4.4.1 Détermination des économies d'énergie à déclarer

Seules les économies d'énergie associées aux AAPE figurant sur le Registre des AAPE mises en œuvre doivent être incluses dans le calcul des économies d'énergie. Il n'est pas nécessaire d'inclure toutes les AAPE pour lesquelles des économies d'énergie ont été calculées selon l'Approche isolée. Les exclusions peuvent être motivées par un manque de confiance dans la valeur estimée des économies d'énergie ou par l'incertitude quant au maintien de l'AAPE mise en œuvre pendant le Projet.

4.4.2 Agrégation des économies d'énergie associées aux AAPE

Les économies d'énergie peuvent être déterminées selon l'Approche isolée, par l'agrégation de celles qui résultent de la mise en œuvre d'AAPE individuelles.

Lorsqu'on les calcule selon les deux Approches de M&V de détermination des économies d'énergie (globale et isolée), il ne faut pas les comparer, car les hypothèses fondamentales des deux Approches de M&V diffèrent.

Si l'Approche isolée d'agrégation des économies d'énergie est utilisée pour les déclarer, on peut les évaluer pour les AAPE individuelles inscrites à la Liste des possibilités d'amélioration. Les économies d'énergie pour chaque AAPE analysée dans le Rapport de M&V soumis à Hydro-Québec doivent être calculées conformément aux directives de l'annexe C – Effort de calcul et documentation de l'AAPE selon l'Approche isolée sans modèle énergétique. L'évaluation consiste à vérifier le caractère raisonnable de l'Approche de M&V de calcul des économies d'énergie, en tenant compte du fait que le présent guide n'exige pas l'élaboration d'un plan détaillé de M&V pour chaque AAPE.

I 4.5 Exigences relatives à l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie

Le Participant doit considérer les sources d'énergie qui ne viennent pas des Distributeurs d'énergie dans son Rapport de M&V, notamment lorsque de l'énergie est produite sur le Site. Il doit considérer toutes les sources d'énergie dans le calcul des économies d'énergie. Seules les Économies d'électricité ayant une incidence sur l'énergie fournie par Hydro-Québec peuvent être déclarées par le Participant. Donc, les économies d'énergie doivent être ajustées selon le prorata de la consommation d'énergie non liée au Distributeur d'énergie sur la Consommation d'énergie réelle.

Le Participant est responsable de l'ajustement des valeurs d'économie d'énergie afin de respecter les exigences d'Hydro-Québec applicables aux Sites disposant d'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie, notamment l'énergie produite sur le Site.

À chaque Rapport de M&V, le Participant doit détailler et justifier tous les calculs d'économies d'énergie applicable aux exigences de la présente section 4.5.

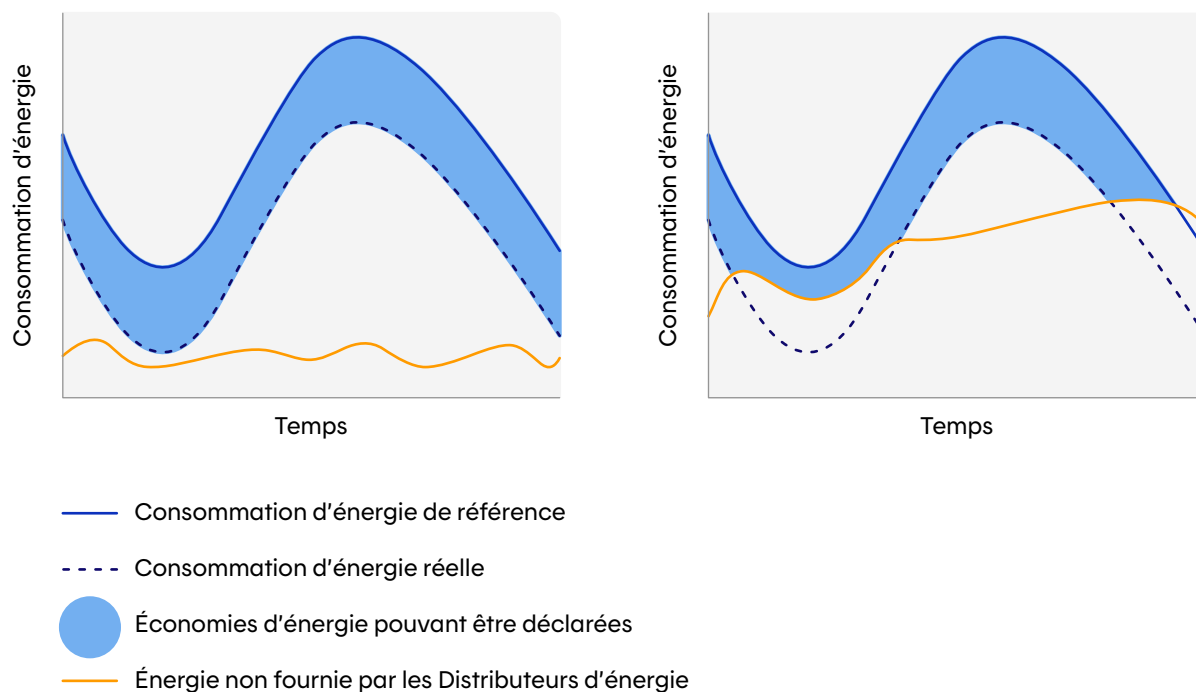
4.5.1 Approche globale et Approche isolée avec modèle énergétique

Pour chaque intervalle du modèle énergétique (par exemple quotidien si le modèle est établi sur une base quotidienne), le Participant doit déterminer les valeurs suivantes :

1. Consommation d'énergie de référence, tel que défini à l'annexe A – Terminologie ;
2. Consommation d'énergie réelle, tel que défini à l'annexe A – Terminologie ;
3. Consommation d'énergie de référence moins l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie : Consommation d'énergie de référence moins la quantité d'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie et consommée dans le Périmètre de M&V (cette consommation d'énergie ne comprend pas l'énergie produite sur place et exportée à l'extérieur du Site) ;
4. Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V, tel que défini à l'annexe A – Terminologie.

La figure 15 montre les cas où les économies d'énergie doivent être ajustées en raison de l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie.

Figure 15 : Moment où les économies d'énergie sont réduites par l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie



Pour chaque intervalle du modèle énergétique, la logique suivante doit être appliquée pour déterminer s'il faut ajuster les Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V en fonction de l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie. Chaque cas est présenté à la fois selon une formulation descriptive (qui reprend la terminologie ci-dessus) et sous une forme mathématique (qui reprend les éléments numérotés ci-dessus, 1, 2, 3 et 4).

a) Si les Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V sont inférieures à la Consommation d'énergie de référence moins l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie et sont supérieures à 0, aucun ajustement n'est nécessaire.

Si $4 < 3$ et $4 > 0$, alors 4 représente Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V, tenant compte de l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie.

b) Si les Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V sont supérieures à la Consommation d'énergie de référence moins l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie et sont supérieures à 0, les Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V doivent correspondre à la Consommation d'énergie de référence moins l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie.

Si $4 > 3$ et $4 > 0$, alors 3 représente les Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V, tenant compte de l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie.

c) Si aucune des situations ci-dessus ne s'applique, les Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V ne doivent pas être ajustées pour tenir compte de l'Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie.

Remarque : Les exportations d'énergie doivent être exclues pour que l'énergie achetée au Distributeur d'énergie ne soit pas réduite par l'énergie exportée. En général, le gaz naturel n'est pas exporté vers le réseau. Cette situation peut cependant survenir lorsque du gaz naturel ou des biocarburants est utilisé sur le Site pour produire de l'électricité qui est exportée à l'extérieur du Site.

Pour plus de détails, voir 5.2 l'annexe B – Cas particuliers en matière de comptabilité de l'énergie

4.5.2 Approche isolée sans modèle énergétique

Lorsqu'un calcul visant à prendre en compte l'énergie non liée au Distributeur d'énergie est réalisé pour des économies d'énergie déterminées selon une Approche isolée sans modèle énergétique, ce calcul doit être réalisé avant que les économies d'énergie ne soient réparties au prorata sur la Période de suivi actuelle et la subséquente. Les résultats de ce calcul ne peuvent pas être reproduits pour les Périodes de suivi subséquentes.

I 4.6 Économies d'énergie négatives

Les modèles énergétiques peuvent indiquer une détérioration de la Performance énergétique (recul) par rapport à la SER ou aux Périodes de suivi précédentes, surtout lorsque les modèles énergétiques sont utilisés pour plusieurs Périodes de suivi consécutives.

Les économies d'énergie négatives peuvent résulter de problèmes qui ne sont liés ni au Programme ni à la volonté du Participant, tels que des conditions du marché, des événements sociétaux ou environnementaux, ou un changement dans les activités de l'installation. Dans de tels cas, le maintien de l'efficacité des AAPE mises en œuvre doit cependant être vérifié.

Indépendamment de l'existence ou non d'un recul, les économies d'énergie doivent toujours être calculées conformément aux exigences du présent guide, même si ce calcul entraîne des économies d'énergie négatives. Le Participant doit effectuer une analyse pour en expliquer la cause et l'ampleur, et les efforts déployés dans le cadre de cette démarche doivent être documentés. Les économies d'énergie négatives doivent être calculées de la même manière que les positives.

5 Annexes

I 5.1 Annexe A – Définitions

Dans le présent *Guide technique de Mesurage et vérification* et dans tous les documents connexes, les termes suivants débutant par une majuscule ont le sens défini ci dessous, à moins que le contexte n'indique un sens différent.

La présente Annexe vise à éclaircir et à faciliter le processus de M&V. La plupart des définitions sont extraites de documents de référence officiels provenant de différents pays, notamment des normes. Certaines d'entre elles ont été modifiées ou traduites.

Action d'amélioration de la performance énergétique (AAPE)

Action ou ensemble d'actions visant à améliorer l'efficacité énergétique, à réduire la consommation d'énergie ou d'eau, ou encore à gérer la demande, et parfois appelées mesures d'efficacité énergétique.

Source : Efficiency Valuation Organization (EVO), *Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)* – Notions fondamentales, mars 2022.

Ajustement non périodique (ANP)

Série de calculs techniques individuels qui ont pour but de tenir compte des effets sur l'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V en raison des variations des Facteurs statiques.

Source : Efficiency Valuation Organization (EVO). *Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)* – Notions fondamentales, mars 2022.

Amélioration de la performance énergétique

Amélioration des résultats mesurables de l'efficacité ou de la consommation énergétique associées aux usages énergétiques par rapport à la SER.

Note 1 : Dans le présent guide, on utilise les économies d'énergie comme indicateur d'Amélioration de la performance énergétique.

Source : Organisation internationale de normalisation / International Standard Organization (ISO), *Norme internationale 50001:2018*, 3.4.6.

Approche de M&V

Cadre méthodologique utilisé pour analyser et quantifier les économies d'énergie résultant de la mise en œuvre d'AAPE, dans le Périmètre de M&V, à partir des données disponibles.

Source : D'après le présent guide.

Approche isolée

Approche qui consiste à mesurer les économies d'énergie provenant de la mise en œuvre d'AAPE visant un ou des équipements, systèmes ou sous-systèmes, dans le Périmètre de M&V. Cette approche peut être effectuée avec et sans modèle énergétique.

Note : Cette approche correspond aux options A (mesurage des paramètres clés) et B (mesurage de tous les paramètres) de l'IPMVP.

Source : D'après le présent guide.

Approche globale

Approche qui consiste à mesurer les économies d'énergie provenant de la mise en œuvre d'AAPE dans un Périmètre de M&V représentant le Site entier. Cette approche peut seulement être effectuée avec un modèle énergétique.

Note : Cette approche, qui correspond à l'option C de l'IPMVP (Site entier) vise à déterminer les économies d'énergie cumulées du Projet.

Source : D'après le présent guide.

Avis de recours à l'Approche isolée sans modèle énergétique (ARAI)

Demande effectuée par le Participant à Hydro-Québec pour avoir recours à l'Approche isolée sans modèle énergétique dans sa déclaration d'Économies d'électricité. La demande doit comprendre les informations demandées à la section 2.6.3.

Source : D'après le présent guide.

Consommation d'énergie de référence

Consommation d'énergie du Périmètre de M&V visé par le SGE dans le cadre du Projet, provenant du calcul de modèle énergétique, pour la Période de suivi.

Source : D'après le présent guide.

Consommation d'énergie évitée

Différence entre la Consommation d'énergie de référence et la Consommation d'énergie réelle, pour la Période de Suivi, en tenant compte des ajustements le cas échéant.

Source : D'après le présent guide.

Consommation d'énergie réelle

Quantité d'énergie consommée et mesurée à l'intérieur du Périmètre de M&V au cours d'une période donnée, reflétant les conditions d'exploitation réelles du Site.

Source : D'après le présent guide.

Distributeur d'énergie

Organisation responsable de la distribution et du mesurage d'une forme d'énergie fournie à un client consommateur ou une cliente consommatrice, à partir d'un réseau de distribution.

Source : D'après le présent guide.

Domaine d'application

Ensemble des activités comprises dans le cadre du SGE.

Source : Ressources naturelles Canada, outil *Ready Navigator*, tâche 3.

Économies d'électricité

Portion des Économies d'énergie du Programme SGE qui s'applique uniquement à l'électricité fournie par Hydro-Québec.

Note : Cette définition est utilisée dans le cadre des Rapports de M&V.

Source : D'après le *Guide de participation – Programme SGE*.

Économies d'énergie totales du Périmètre de M&V

Ensemble de toutes les économies d'énergie dans le Périmètre de M&V, pour la Période de suivi, pour chaque type d'énergie consommée, peu importe que ces économies d'énergie proviennent ou non du Programme SGE.

Source : D'après le présent guide.

Économies d'énergie non liées au Programme SGE

Économies d'énergie dans le Périmètre de M&V, pour la Période de suivi, pour chaque type d'énergie consommée, ne provenant pas directement du Programme SGE. Ces économies d'énergie incluent celles admissibles à tout autre programme d'Efficacité énergétique que le Programme SGE, qu'elles aient bénéficié d'un appui financier ou non.

Note : Voir le *Guide de participation – Programme SGE* pour le détail des mesures non admissibles au Programme SGE.

Source : D'après le présent guide.

Économies d'énergie du Programme SGE

Économies d'énergie dans le Périmètre de M&V, pour la Période de suivi, pour chaque type d'énergie consommée, provenant d'AAPE mises en œuvre dans le cadre du Projet. Ces économies d'énergie doivent découler de mesures associées à la maîtrise opérationnelle.

Note : Voir le *Guide de participation – Programme SGE* pour le détail des mesures non admissibles au Programme SGE.

Source : D'après le présent guide.

Efficacité énergétique

Amélioration de la performance énergétique d'un Site, d'un procédé, d'un équipement ou d'un système, afin de réduire la consommation d'énergie lors de la production d'un même bien ou service, sans affecter sa qualité.

Note 1 : Le produit et l'apport doivent être précis en ce qui concerne la quantité et la qualité d'énergie et doivent être mesurables.

Source : D'après le présent guide.

Énergie non fournie par les Distributeurs d'énergie

Énergie consommée à l'intérieur du Périmètre de M&V qui n'est pas livrée par un Distributeur d'énergie, et qui provient notamment de la production sur le Site ou de sources tierces non fournies par un réseau de distribution.

Source : D'après le présent guide.

Exportation d'énergie

Quantité d'énergie provenant du Périmètre de M&V et livrée en dehors de celui-ci.

Source : D'après le présent guide.

Événement non périodique (ENP)

Changements inattendus dans la consommation d'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V résultant notamment de changements dans les Facteurs statiques ou dans les Variables pertinentes, qui doivent être pris en compte dans la SER ou dans la Période de suivi pour les calculs d'économies d'énergie.

Source : D'après le présent guide.

Facteur statique

Les caractéristiques d'une installation qui affectent la consommation d'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V, qui ne sont pas censées changer et qui n'ont donc pas été incluses dans le modèle énergétique en tant que Variables pertinentes. Ces Facteurs statiques doivent être reconnus et surveillés et, s'ils changent, il peut être nécessaire de calculer des ANP pour tenir compte de ces changements.

Note 1 : Ces Facteurs statiques peuvent inclure des caractéristiques fixes, environnementales, opérationnelles et de maintenance.

Note 2 : Les Facteurs statiques doivent être établis dès la création du modèle énergétique et réévalués périodiquement.

Source : Efficiency Valuation Organization (EVO), *Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)* – Notions fondamentales, mars 2022.

Haute direction

Personne ou groupe de personnes qui oriente et dirige un organisme au plus haut niveau.

Note 1 : La Haute direction est habilitée à déléguer son autorité et fournit des ressources au sein de l'organisme.

Note 2 : La Haute direction contrôle l'organisme tel que défini dans le Domaine d'application et le Périmètre du SGE.

Source : Organisation internationale de normalisation / International Standard Organization (ISO), Norme internationale ISO 50001:2018, 3.1.2.

Indicateur de performance énergétique (IPE)

Mesure ou unité de performance énergétique, définie par l'organisme.

Note 1 : Il s'agit de valeurs mesurées, de ratios ou de modèles qu'une organisation considère comme des représentations significatives du rendement énergétique.

Note 2 : Dans l'outil 50001 *Ready Navigator*, le terme Indicateur de rendement énergétique, ou IRE, est utilisé.

Source : Organisation internationale de normalisation / International Standard Organization (ISO), *Norme internationale ISO 50001:2018*, 3.4.4.

Liste des possibilités d'amélioration

Document évolutif qui recense, pour le Domaine d'application du Projet, l'ensemble des possibilités d'amélioration de la Performance énergétique.

Note : Cette liste sert à documenter, analyser et prioriser les possibilités d'amélioration. Une fois mise en œuvre, une possibilité d'amélioration devient une AAPE et doit apparaître au Registre des AAPE mises en œuvre.

Source : D'après le présent guide.

Matière première

Matière non transformée utilisée comme intrant dans un processus de fabrication et de conversion d'un produit.

Source : D'après le présent guide.

Mesurage et vérification (M&V)

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Méthode de prévision prospective

Processus de calcul des économies qui consiste à développer un modèle mathématique mettant en corrélation les données énergétiques réelles et les Variables pertinentes appropriées de la SER. Le terme *forecasting* est utilisé dans plusieurs ouvrages de référence sur la M&V pour décrire cette méthode.

Note : Les Variables pertinentes de chaque Période de référence sont ensuite intégrées au modèle énergétique de manière à obtenir l'énergie qui aurait été consommée en l'absence des AAPE.

Source : Efficiency Valuation Organization (EVO), Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®) – Notions fondamentales, section 7.5.1, Équation 3 et 4, mars 2022.

Méthode de prévision rétrospective

Processus de calcul réversible des économies qui peut être utilisé lorsque l'énergie de la Période de suivi est ajustée en fonction des conditions de la SER et que les économies sont déterminées en fonction de ces conditions. Le terme *backcasting* est utilisé dans plusieurs ouvrages de référence sur la M&V pour décrire cette méthode.

Source : Efficiency Valuation Organization (EVO), *Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®)* – Notions fondamentales, section 7.5.1, Équation 5 et 6, mars 2022.

Partenaire

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Participant

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Performance énergétique

Ensemble des résultats mesurables liés à l'Efficacité énergétique, à l'usage énergétique et à la consommation énergétique.

Note 1 : La Performance énergétique est l'une des composantes de la performance du SGE.

Note 2 : La Performance énergétique peut être évaluée au regard des objectifs d'une organisation, des cibles énergétiques ainsi que d'autres exigences relatives au rendement.

Source : Organisation internationale de normalisation / International Standard Organization (ISO), *Norme internationale ISO 50001:2018*, 3.4.3.

Périmètre de M&V

Zone qui circonscrit les limites organisationnelles ou physiques de Sites, d'installations, d'équipements, de systèmes, de procédés ou d'activités dans lesquelles la Performance énergétique ou l'amélioration de celle-ci est mesurée et vérifiée.

Source : Organisation internationale de normalisation / International Standard Organization, *Norme internationale 50015:2014*, 3.14.

Périmètre du SGE

Représente les limites physiques ou organisationnelles du SGE.

Source : Ressources naturelles Canada, outil *Ready Navigator*, tâche 3.

Période de suivi

Une période définie choisie pour vérifier et quantifier les économies d'énergie réalisées après la mise en œuvre d'une ou de plusieurs AAPE.

Source : D'après le présent guide.

Produit énergétique

Tout excédent d'énergie provenant du Périmètre de M&V livré en dehors de celui-ci dès que la consommation d'énergie nette atteint zéro.

Source : American National Standard Institute / ANSI/MSE 50028-2:2019 – D'après le *Superior Energy Performance 50001TM Program Measurement and Verification Protocol (SEP 50001 M&V Protocol) – Requirements for verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition*, 2019.

Programme

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Projet

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Rapport de M&V

Rapport transmis à Hydro-Québec détaillant notamment la définition du SGE, les AAPE mises en œuvre, les Approches de M&V utilisées, les calculs effectués et les justifications des Économies d'électricité réalisées dans le cadre du Projet.

Note : Pour déclarer ses Économies d'électricité, le Participant doit aussi produire et transmettre à Hydro-Québec le rapport d'économies d'énergie – section électrique à l'aide du fichier *Liste détaillée des livrables*.

Source : D'après le présent guide.

Registre des AAPE mises en œuvre

Document de suivi inclus dans le Rapport de M&V qui répertorie l'ensemble des AAPE mises en œuvre dans le cadre du Projet, en précisant notamment leur description, l'UES visé, leur date de mise en œuvre, la garantie de persistance et les économies d'énergie qui en découlent.

Source : D'après le présent guide.

Site

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Situation énergétique de référence (SER)

Consommation énergétique lors d'une période définie, choisie par le Participant pour représenter le fonctionnement du Site ou d'un système avant la mise en œuvre d'une ou plusieurs AAPE, pour un Périmètre de M&V déterminé.

Note : Dans l'IPMVP, le terme utilisé est la période de la base de référence. Le terme période de référence est aussi couramment utilisé.

Source : Ressources naturelles Canada, outil *Ready Navigator*, tâche 11.

Système de gestion de l'énergie (SGE)

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Système de gestion de l'énergie (SIGE)

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Usage énergétique significatif (UES)

A le sens prévu au *Guide de participation – Programme SGE*.

Variable pertinente

Paramètre indépendant qui est censé changer régulièrement et qui a un impact mesurable significatif sur la consommation d'énergie d'un système ou d'un Site.

Exemples de Variables pertinentes : conditions météorologiques, conditions de fonctionnement (température interne, niveau d'éclairage), heures de travail, capacité de production, etc.

Note 1 : Les Variables pertinentes sont utilisées comme intrant au modèle énergétique.

Note 2 : Dans la norme internationale 50001:2018, le terme utilisé est facteur pertinent.

Note 3 : Dans l'IPMVP, le terme utilisé est variable indépendante.

Source : Efficiency Valuation Organization (EVO), Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®) – Notions fondamentales, mars 2022.

I 5.2 Annexe B – Cas particuliers en matière de comptabilité de l'énergie

Les scénarios de la présente section sont fournis à titre d'exemples et ne constituent pas des exigences du présent guide.

5.2.1 Comptabilisation de l'énergie à titre d'Exportation d'énergie ou de Produit énergétique

L'énergie du Périmètre de M&V livrée en dehors de celui-ci doit être comptabilisée soit comme une Exportation d'énergie, soit comme un Produit énergétique.

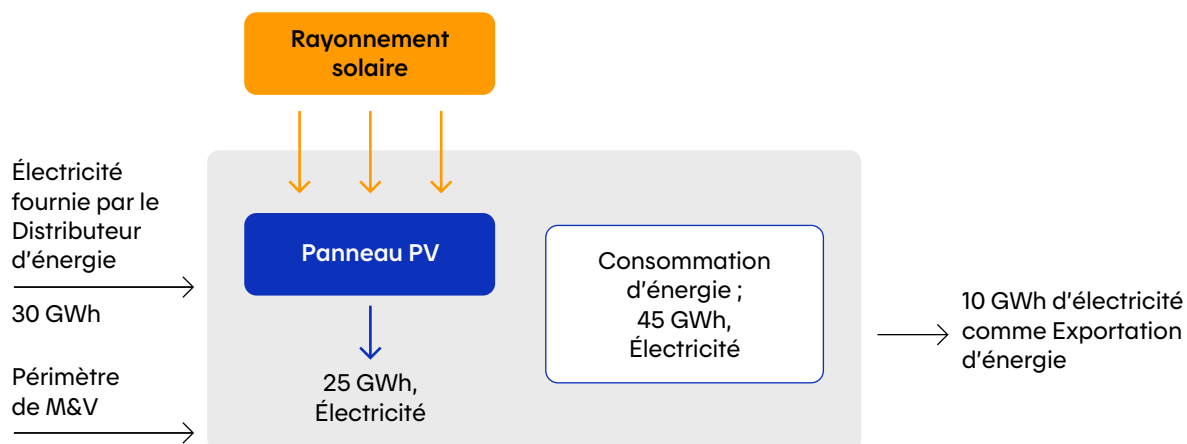
Exportation d'énergie

L'Exportation d'énergie est présente lorsque la somme de l'énergie fournie au Périmètre de M&V et de la production d'énergie dans le Périmètre de M&V est plus grande que la consommation d'énergie dans le Périmètre de M&V. Cependant, l'Exportation d'énergie hors du Périmètre de M&V ne peut pas être supérieure à l'énergie fournie au Périmètre de M&V pour un même type d'énergie.

La somme de la consommation d'énergie dans le Périmètre de M&V et de l'Exportation d'énergie à l'extérieur du Périmètre de M&V doit être égal à la somme de la quantité d'énergie fournie au Périmètre de M&V et de la production d'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V.

Exemple : Au sein d'un même Périmètre de M&V, 30 GWh d'électricité sont fournis par le Distributeur d'énergie et 25 GWh sont produits grâce à des panneaux photovoltaïques (PV). La consommation d'énergie est égale à 45 GWh, et l'électricité exportée est égale à 10 GWh. Ces 10 GWh sont considérés comme de l'Exportation d'énergie (voir la figure 16).

Figure 16 : Cas particulier, exemple 1



Exportation d'énergie

$$= 30 \text{ GWh} + 25 \text{ GWh} - 45 \text{ GWh} = 10 \text{ GWh}$$

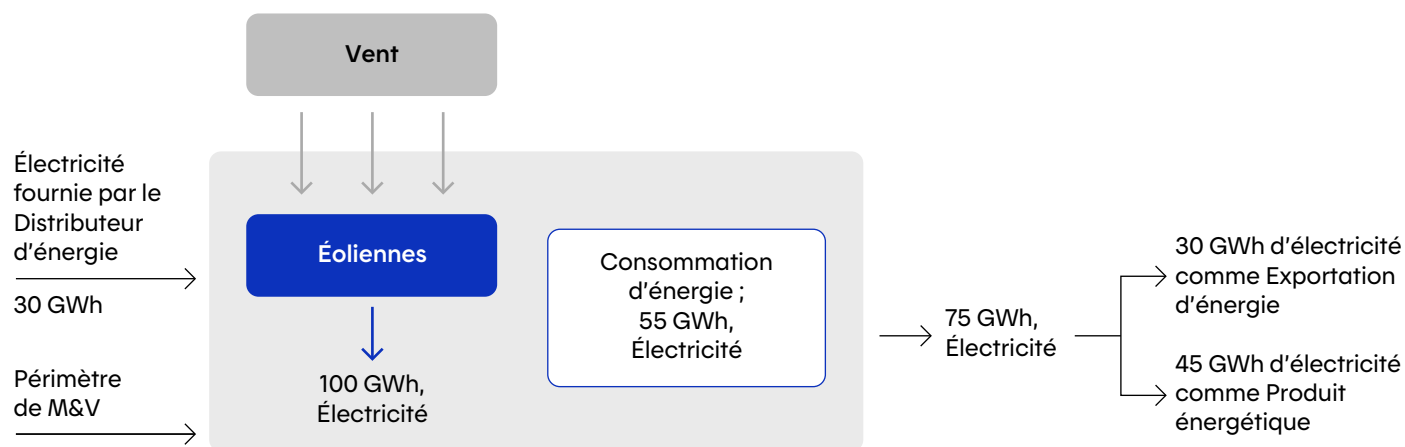
Produit énergétique

Si la somme de l'énergie fournie au Périmètre de M&V et de la production d'énergie dans le périmètre de M&V moins la consommation d'énergie dans le périmètre de M&V est supérieure à l'énergie fournie au Périmètre de M&V pour un même type d'énergie, un Produit énergétique doit être utilisé. Cela peut survenir lorsque de grandes quantités d'énergie sont produites à l'intérieur d'un Périmètre de M&V. Le Produit énergétique doit être considéré comme une Variable pertinente pour les modèles énergétiques.

La somme de la consommation d'énergie dans le Périmètre de M&V, de l'Exportation d'énergie à l'extérieur du Périmètre de M&V et de la livraison de Produit énergétique à l'extérieur du Périmètre de M&V doit être égale à la somme de la quantité d'énergie fournie au Périmètre de M&V et de la production d'énergie à l'intérieur du Périmètre de M&V pour un même type d'énergie.

Exemple : Au sein d'un même Périmètre de M&V, 30 GWh d'électricité sont fournis par le Distributeur d'énergie et 100 GWh sont produits grâce à des éoliennes. La consommation d'électricité est égale à 55 GWh, et l'électricité exportée est égale à 75 GWh. Une quantité maximale de 30 GWh est considérée comme de l'énergie exportée. Les 45 GWh restants sont considérés comme un Produit énergétique (voir la figure ci-dessous).

Figure 17 : Cas particulier, exemple 2



Exportation d'énergie + Produit énergétique

$$= 30 \text{ GWh} + 100 \text{ GWh} - 55 \text{ GWh} = 75 \text{ GWh}$$

5.2.2 Extraction ou production d'énergie sur place à partir de ressources naturelles

L'énergie produite à partir de ressources naturelles, qu'elle soit exportée à l'extérieur du Périmètre de M&V ou consommée à l'intérieur de celui-ci, est intégrée dans la comptabilité énergétique. Le point auquel l'énergie extraite ou produite sur place est mesurée et comptabilisée peut être choisi par le Participant, à condition qu'il se situe à une étape raisonnable du processus d'extraction ou de production (par exemple, le Participant peut choisir de mesurer le débit et la teneur énergétique du biogaz, ou bien de l'électricité et de l'eau chaude produites à partir de ce biogaz).

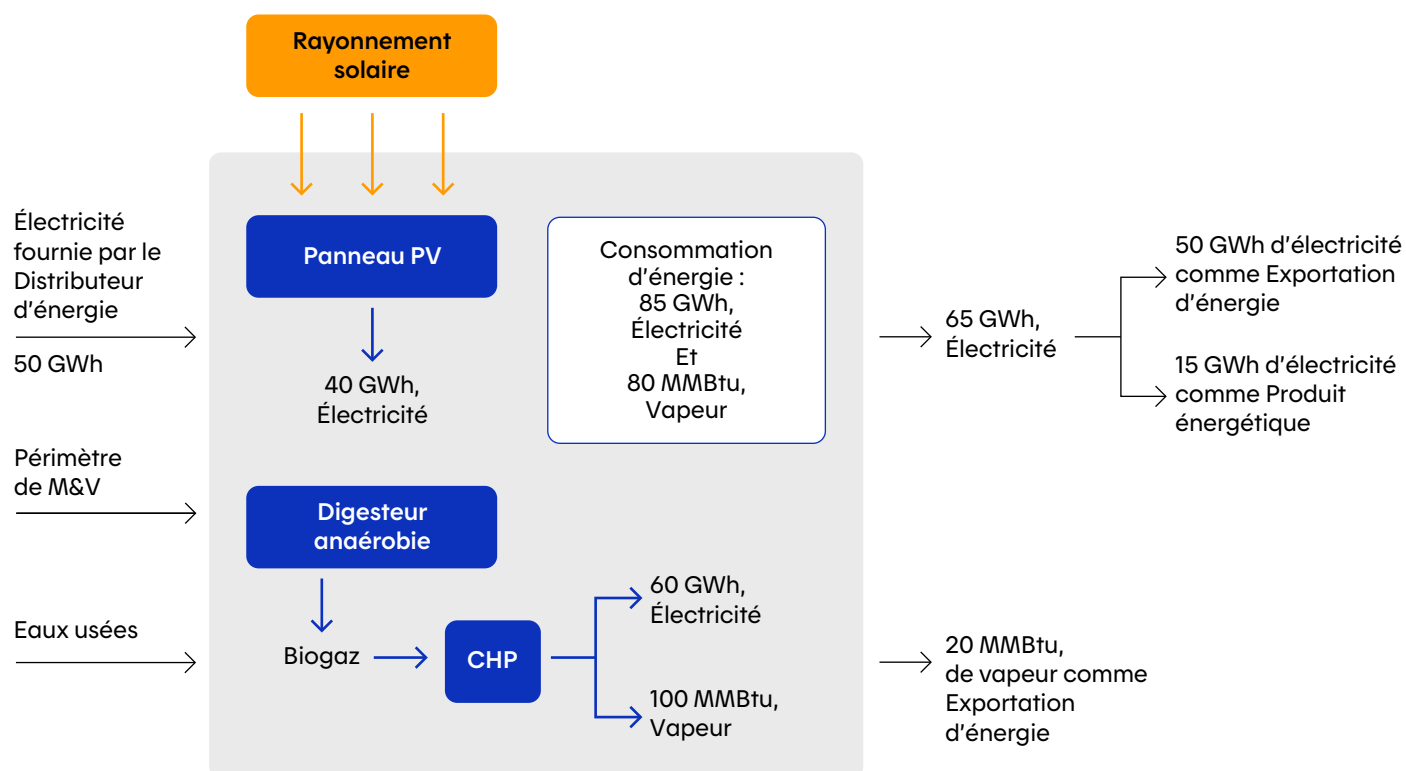
Ce point de mesure doit demeurer le même entre la SER et la Période de suivi. Cette flexibilité est accordée parce que la quantité d'énergie de certaines ressources naturelles (comme le rayonnement solaire ou le vent) ou de l'énergie dérivée (comme un biogaz) peut être difficile à mesurer directement. Dans ces situations, la quantité d'énergie générée à l'intérieur du Périmètre de M&V à partir de la ressource naturelle (comme l'électricité en courant alternatif en aval de l'onduleur d'un système photovoltaïque) peut être mesurée et intégrée dans la comptabilité énergétique.

Remarque : Il peut être plus simple et plus économique de mesurer l'énergie à un point situé en aval du processus d'extraction ou de génération, en dehors du Périmètre de M&V (par exemple, mesurer l'eau chaude produite par une chaudière alimentée au biogaz plutôt que le biogaz produit par un digesteur alimenté par des eaux usées). Cependant, l'effet des AAPE mises en œuvre en amont du point de mesure peut ne pas se refléter dans le calcul de l'Amélioration de la performance énergétique globale du Site.

Exemple : Une station de traitement des eaux usées utilise les eaux usées pour produire du biogaz, lequel alimente un système de cogénération (CHP) pour produire de l'électricité et de la vapeur. De l'électricité est également fournie au Périmètre de M&V par le Distributeur d'énergie et de l'électricité est produite sur place grâce à des panneaux PV. En raison de contraintes économiques, l'installation de compteurs pour mesurer directement le débit et la teneur énergétique du biogaz est impossible. L'électricité et la vapeur produites par le système de cogénération sont donc mesurées à des fins de comptabilité énergétique. En un mois, comme le montre la figure 18, le système de cogénération au biogaz produit 60 GWh d'électricité et 100 MMBTU de vapeur. De plus :

- 50 GWh d'électricité sont fournis par le Distributeur d'énergie et 40 GWh d'électricité sont produits sur place avec les panneaux PV ;
- 85 GWh d'électricité sont consommés et 65 GWh sortent du Périmètre de M&V comme Exportation d'énergie et Produit énergétique ;
- 80 MMBTU de vapeur sont consommés et 20 MMBTU sortent du Périmètre de M&V comme Exportation d'énergie.

Figure 18 : Cas particulier, exemple 3



Exportation d'énergie électrique + Produit énergétique électrique

$$= 50 \text{ GWh} + 40 \text{ GWh} + 60 \text{ GWh} - 85 \text{ GWh} = 65 \text{ GWh}$$

Exportation d'énergie de vapeur

$$= 100 \text{ MMBtu} - 80 \text{ MMBtu} = 20 \text{ MMBtu}$$

5.2.3 Matières premières et types d'énergie issus du traitement des intrants

Dans certains cas, l'énergie livrée dans le Périmètre de M&V peut être utilisée comme intrant de procédé plutôt que consommée à des fins énergétiques. La portion d'un type d'énergie utilisée comme intrant doit être soustraite de l'énergie fournie. Le produit issu de cet intrant doit être considéré comme une Variable pertinente dans le modèle énergétique.

Tout type d'énergie résultant du traitement de l'intrant (comme un gaz de procédé produit lors du raffinage, la chaleur dégagée lors d'une réaction exothermique, un biogaz issu du traitement des eaux usées) qui est consommé à l'intérieur ou livré en dehors du Périmètre de M&V doit être inclus dans la comptabilité énergétique.

Exemple : 2 000 000 m³ de gaz naturel sont fournis au Périmètre de M&V et 1 500 000 m³ sont utilisés pour produire de l'hydrogène dans le Périmètre de M&V, lequel est vendu comme marchandise, tandis que les 500 000 m³ restants sont consommés à l'intérieur du Périmètre de M&V dans une chaudière. La comptabilité énergétique doit inclure 500 000 m³. La quantité d'hydrogène produite doit être considérée comme une Variable pertinente dans le modèle énergétique.

5.3 Annexe C – Effort de calcul et documentation de l'Approche isolée sans modèle énergétique

Chaque calcul d'Économies d'électricité déclarées selon l'Approche isolée sans modèle énergétique doit inclure au moins les informations demandées ci-dessous.

Tous les calculs d'économies d'énergie doivent être fournis et justifiés par le Participant dans une feuille de calcul Excel déverrouillée ou un outil approuvé par Hydro-Québec. Dépendamment du niveau d'économies d'énergie liées à chaque AAPE, des simplifications aux informations à fournir pourraient être proposées par le Participant, sous approbation d'Hydro-Québec.

1 – Description de l'AAPE et de l'équipement ou du système notamment :

- son emplacement sur l'équipement ou système ;
- l'opération de base de l'équipement ou système (numéro d'équipement, spécifications techniques pertinentes, emplacement, etc.) ;
- autre information pertinente.

2 – Description de l'impact de l'AAPE sur le fonctionnement de l'équipement ou du système notamment :

- les différences de fonctionnement avant et après la mise en œuvre ;
- le nombre annuel d'heures de fonctionnement et la source de l'information ;
- autre information pertinente.

3 – Description du processus pour obtenir les données utilisées pour les calculs d'économies d'énergie.

4 – Données utilisées pour les calculs d'économies d'énergie avant et après la mise en œuvre de l'AAPE.

5 – Hypothèses utilisées pour les calculs et leurs justifications.

6 – Calcul des économies d'énergie et méthodologie utilisée.

7 – Pièces justificatives pertinentes démontrant la mise en œuvre de l'AAPE :

Note : La liste de pièces justificatives suivante est fournie à titre d'exemple :

- Photos de l'équipement ;
- Plaques signalétiques/spécifications ;
- Points de consigne, lectures de jauge ;
- Captures d'écran des systèmes de contrôle (p. ex. : SIGE ou SCADA) ;
- Mesures ponctuelles ;
- Autres données provenant de l'utilisateur ou des fournisseurs.

I 5.4 Annexe D – Multicolinéarité et autocorrélation

5.4.1 Multicolinéarité

La multicolinéarité survient lorsque deux ou plusieurs Variables pertinentes dans un modèle énergétique sont corrélées. Dans ce cas, inclure les deux Variables pertinentes au lieu d'une seule, est susceptible de ne pas apporter de valeur ajoutée à la capacité prédictive du modèle énergétique.

Voici des points clés pour valider un modèle énergétique dans des cas de multicolinéarité :

- La présence de Variables pertinentes corrélées doit servir de mise en garde, car l'une d'elle peut avoir un faible niveau de corrélation avec la consommation énergétique au sein d'un modèle énergétique. Le Participant doit toutefois faire preuve de prudence avant d'exclure des variables qui pourraient être réellement pertinentes, mais qui sont masquées par des variables corrélées.
- Si les conditions d'exploitation demeurent relativement stables, la multicolinéarité a une influence limitée sur la capacité prédictive du modèle. Cependant, si la corrélation entre les Variables pertinentes change durant la Période de suivi, le modèle énergétique pourrait devenir moins précis dans sa capacité prédictive.
- La multicolinéarité peut être détectée par :
 - des nuages de points qui montrent la relation entre deux Variables pertinentes ;
 - une forte fluctuation des coefficients du modèle énergétique lorsqu'une Variable pertinente corrélée à une autre est ajoutée ou retirée ;
 - le R^2 (coefficient de détermination) d'une régression de chaque variable sur les autres. La règle empirique de $R^2 > 0,7$ est une indication que la possibilité d'une multicolinéarité doit être investiguée ;
 - le calcul du facteur d'inflation de la variance ;
- La solution la plus simple pour traiter la multicolinéarité consiste à supprimer l'une des Variables pertinentes de l'analyse de régression. Toutefois, cette suppression peut nuire à la capacité prédictive du modèle énergétique. La décision doit s'appuyer sur le jugement technique et la compréhension de la consommation énergétique du Site, selon la disponibilité des données et la complexité du modèle énergétique.

Exemple

Dans une usine d'embouteillage de boissons gazeuses, la consommation d'énergie et la production augmentent l'été, toutes deux fortement corrélées avec la température extérieure. Le Participant inclut la Variable pertinente « production » dans le modèle énergétique, mais hésite à inclure la Variable pertinente « température ». Pour déterminer la corrélation, elle doit tracer la Variable pertinente « production » en fonction de la Variable pertinente « température ». Si le R^2 est supérieur à **0,7**, il peut être pertinent de retirer du modèle énergétique la Variable pertinente « température », en justifiant cette décision par la dépendance des équipements à la température extérieure.

5.4.2 Autocorrélation

L'autocorrélation survient lorsque le terme d'erreur d'une période est lié à celui d'une période antérieure. Elle se manifeste par une corrélation observée dans les résidus du modèle énergétique.

Il faut calculer le coefficient d'autocorrélation et tracer les résidus du modèle énergétique sur la SER. Si une autocorrélation est détectée, elle réduit le nombre de points de référence indépendants. On peut alors augmenter la taille de l'échantillon ou choisir un intervalle de données différent.

Pour les modèles énergétiques annuels basés sur des données journalières, une autocorrélation modérée peut ne pas poser de problème.

Pour des données mensuelles, selon la directive ASHRAE Guideline 14-2014⁷, on peut supposer que l'autocorrélation est nulle, donc que $n' = n$.

En général, les modèles énergétiques basés sur la régression présentent une autocorrélation positive : les résidus changent rarement de signe. À l'inverse, dans une autocorrélation négative, les changements de signe de résidus sont très fréquents.

Il n'existe pas de seuil précis de coefficient d'autocorrélation durant la phase de développement d'un modèle énergétique.

Le test de Durbin-Watson peut aussi être utilisé pour déterminer si l'autocorrélation est statistiquement significative. Pour des erreurs non corrélées, la statistique Durbin-Watson doit être approximativement égale à **2**. Les bornes supérieures et inférieures du test Durbin-Watson dépendent de la taille de l'échantillon, du nombre de Variables pertinentes et du niveau de confiance choisi.

7. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), *ASHRAE Guideline 14-2014 — Measurement of Energy and Demand Savings*, 2014.

© Hydro-Québec

Ce document peut être téléchargé à partir du site Internet d'Hydro-Québec. Toute autre reproduction de ce document, en tout ou en partie, par quelque procédé ou sur quelque support que ce soit, est interdite sans l'autorisation préalable écrite d'Hydro-Québec.

