

MÉTHODOLOGIE D'AUDIT BÂTIMENT, PROCESS ET MIXTE

À l'usage des auditeurs agréés
en Région Bruxelles Capitale

VERSION JANVIER 2024
Établie par PRIOTECH SPRL



METHODOLOGIE D'AUDIT ÉNERGÉTIQUE

TABLE DES MATIÈRES

Objet du document	4
1 GÉNÉRALITÉS	4
2 DÉFINITIONS ET ACRONYMES	6
2.1 DÉFINITIONS	6
2.2 ACRONYMES ET UNITÉS	7
3 CHAMP D'APPLICATION DE L'AUDIT	8
3.1 UNITÉ TECHNIQUE ET GÉOGRAPHIQUE (UTG)	8
3.2 ENTREPRISES VISÉES	8
3.3 PÉRIMÈTRE ÉNERGÉTIQUE	9
3.4 ANNÉE DE RÉFÉRENCE	9
3.5 VALIDITÉ DE L'AUDIT	9
4 AUDIT DE RÉFÉRENCE	10
4.1 MÉTHODOLOGIE UNIFIÉE	10
4.2 VISITES	10
4.3 DESCRIPTION DE L'UTG	10
4.3.1 Description détaillée du bâtiment	11
4.3.1 Description détaillée de l'activité opérationnelle	11
4.4 ACTIONS D'AMÉLIORATION	12
4.4.1 Brainstorming	12
4.4.2 Améliorations écartées	14
4.4.3 Évaluation des actions d'amélioration	14
4.4.3.1 Critère de rentabilité	15
4.4.3.2 Effets interactifs	15
4.4.3.3 Actions mutuellement exclusives	15
4.4.3.4 Incertitude sur la rentabilité	16
4.5 ANALYSE DES FLUX D'ÉNERGIE	18
4.5.1 Energies facturées	18
4.5.2 Coefficients de conversion en énergie finale, primaire et CO2	18
4.5.3 Définition des usages	20
4.5.3.1 Usage significatif	20
4.5.3.2 Identification des usages des bâtiments	21
4.5.3.3 Identification des usages liés aux activités opérationnelles	21
4.5.3.4 Identification des usages liés aux transports	22
4.5.4 Définition des Utilités	22
4.5.5 Définition des indicateurs d'activité (pertinents)	23
4.5.6 Collecte des données	24
4.5.7 Campagne de mesures	24
4.5.8 Extrapolation	25
4.5.9 Répartition des consommations à partir des compteurs	25



4.6	RÉPARTITION ET MODÉLISATION ÉNERGÉTIQUES.....	26
4.6.1	Tableau des consommations et des émissions	26
4.6.1.1	Tableau des consommations en unités d'énergies comptables	27
4.6.1.2	Tableau des consommations en unités d'énergies finales	27
4.6.1.3	Tableau des consommations en unités d'énergies primaires	27
4.6.1.4	Tableau des émissions de CO ₂	27
4.6.2	Consommation spécifique et modèle énergétique	27
4.7	INDICES DE PERFORMANCE	29
4.7.1	iEE	29
4.7.2	iCO ₂	29
4.7.3	iSER	30
4.8	VALIDATION DU MODÈLE ÉNERGÉTIQUE	31
4.8.1	Absence de biais	31
4.8.2	Signature énergétique.....	31
4.8.3	Plage de validité.....	33
4.8.4	Incertitude du modèle	34
4.8.5	Calibration globale	34
4.9	PLAN D'ACTION.....	35
4.10	OBJECTIFS D'AMÉLIORATION	35
5	SUIVI ANNUEL ET AJUSTEMENT.....	36
6	VÉRIFICATION DE L'ATTEINTE DES OBJECTIFS	37
	ANNEXE 1 - Vue Synthétique des étapes de l'audit mixte	38
	ANNEXE 2 – Coefficients de conversion en énergie	39
	ANNEXE 3 – Coefficients de conversion en CO ₂	40
	ANNEXE 4 – Concept d'incertitude sur la rentabilité	41
	ANNEXE 5 – Exemples d'améliorations.....	42
	ANNEXE 6 - Documents de référence.....	44

OBJET DU DOCUMENT

Le présent document présente la méthodologie pour les entreprises en Région de Bruxelles-Capitale, en application de l'arrêté du 27/12/2016 du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'audit énergétique des grandes entreprises et à l'audit énergétique du permis d'environnement.

1 GÉNÉRALITÉS

Au sens de l'article 2.5.7 de l'Ordonnance portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie (Cobrace), l'audit énergétique est « *une procédure systématique visant à acquérir une connaissance adéquate des caractéristiques de consommation énergétique d'un bâtiment ou d'un groupe de bâtiments, d'une activité ou d'une installation industrielle ou commerciale ou de services privés ou publics, à déterminer et à quantifier les économies d'énergie qui peuvent être réalisées d'une façon rentable, et à rendre compte des résultats* ».

L'objectif d'amélioration en énergie et en CO₂ sera suivi par un indice d'amélioration de l'efficacité énergétique (iEE) et un indice d'amélioration de l'efficacité en CO₂ (iCO₂), établi à partir de l'analyse détaillée des flux énergétiques dans l'Unité Technique et Géographique (dénommée ci-après UTG) et tenant compte des éléments suivants :

- l'évolution des paramètres qui influencent la consommation des bâtiments : les températures extérieures d'hiver et d'été, l'ensoleillement, l'humidité
- le taux d'occupation
- l'évolution du mix énergétique utilisé
- l'évolution des activités de production
- ...

L'image fiable de la performance énergétique est garantie par le recours à un modèle énergétique qui met en relation, la consommation d'un usage avec son indicateur d'activité.

Le travail et la précision de répartition des consommations entre les différents usages sera grandement facilité par le placement de compteurs.

Les audits énergétiques qui seront réalisés en appliquant les présentes méthodologies sont reconnus conformes par les autorités bruxelloises à l'annexe VI de la directive 2012/27/UE¹ « Critères minimaux pour les audits énergétiques, y compris ceux menés dans le cadre de systèmes de management de l'énergie ».

Suivant les critères minimaux de l'annexe VI de la directive, les audits énergétiques sont fondés sur les lignes directrices suivantes :

- *Ils se basent sur des données opérationnelles actualisées, mesurées et traçables concernant la consommation d'énergie et (pour l'électricité) les profils de charge ;*
- *Ils comportent un examen détaillé du profil de consommation énergétique des bâtiments ou groupes de bâtiments, ainsi que des opérations ou installations industrielles, notamment le transport ;*
- *ils s'appuient dans la mesure du possible sur une analyse du coût du cycle de vie plutôt que sur de simples délais d'amortissement pour tenir compte des économies à long terme, des valeurs résiduelles des investissements à long terme et des taux d'actualisation ;*

¹ Voir Documents de référence Annexe 6

- ils sont proportionnés et suffisamment représentatifs pour permettre de dresser une image fiable de la performance énergétique globale et de recenser de manière sûre les possibilités d'amélioration les plus significatives.

Les audits réalisés suivant la présente méthodologie répondent aux exigences générales des normes belges NBN EN 16247 1 à 4 (Révision 2022) :

- partie 1 : exigences générales
- partie 2 : bâtiments
- partie 3 : procédés
- partie 4 : transport
- partie 5 : compétence des auditeurs énergétiques

Ces cinq normes reprennent les exigences de qualité attendues au niveau des auditeurs (compétences, confidentialité, objectivité et transparence) et les exigences au niveau de l'audit proprement dit. Elles décrivent les différents éléments ou étapes constitutifs de l'audit énergétique, pour les parties Bâtiment, Procédés (activité opérationnelle) et Transport. Pour ce dernier point, la méthodologie prend en considération le transport interne au périmètre énergétique, c'est-à-dire celui pour lequel l'entreprise peut comptabiliser le contenu énergétique. Ainsi les bornes de recharges électriques seront considérées comme du transport interne si l'entreprise dispose des données électriques de consommation des bornes. Le transport des matières en dehors du périmètre, souvent sous-traité, n'est pas pris en compte.

Notons enfin que les méthodologies décrites permettent aux entreprises d'établir l'inventaire des aspects énergétiques, les objectifs et cibles énergétiques, éléments essentiels pour la mise en place d'un système de management de l'énergie suivant la norme ISO 50001.

La fusion des méthodologies d'audit (process-mixte-bâtiment) est notamment inspirée de la méthodologie d'audit utilisée pour les accords de branche énergie et CO₂ wallons². Cette méthodologie tire ses principes de base, sur la définition d'un indice d'efficacité énergétique, de la méthode EPS (*Energie Potential Scan*) mise au point aux Pays-Bas avec le soutien de NOVEM (fin des années 80).

² <http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/note-methodologique-20160303.zip?ID=29336>

2 DÉFINITIONS ET ACRONYMES

2.1 DÉFINITIONS

Action d'amélioration :	Projet ou piste d'amélioration de la performance énergétique, CO ₂ ou renouvelable.
Activité du bâtiment:	Activité liée au confort de ses utilisateurs (l'éclairage, l'HVAC)
Activité opérationnelle:	Activité qui n'est pas liée à la régulation du climat pour le confort intérieur des personnes et aux installations nécessaires à l'utilisation du bâtiment.
Activité transport interne :	Activité liée au transport des personnes et / ou des biens qui peut être monitorée dans la comptabilité interne de l'entreprise en unité énergétique, que le transport soit réalisé à l'intérieur ou à l'extérieur du périmètre.
Actualisé :	Mise à jour des valeurs des indicateurs d'activité du modèle énergétique.
Ajusté/Ajustement :	Prise en compte des situations particulières qui ont modifiées le périmètre de l'UTG (et donc sa référence). L'ajustement peut être structurel ou conjoncturel.
Année de référence :	Année utilisée pour établir le modèle énergétique et le tableau des énergies consommées.
Consommation prédite :	Consommation d'énergie calculée par le modèle énergétique.
Énergie finale :	La somme des consommations énergétiques réelles, énergies renouvelables incluses, au sein d'une UTG, mesurées et traçables, calculées sur base d'un facteur de conversion publié par l'Institut en vue de les exprimer dans une même unité d'énergie permettant de les comparer.
Indicateur d'activité³ :	Facteur quantifiable ayant une incidence significative sur la performance énergétique et soumis à des variations courantes.
Institut :	Bruxelles-Environnement.
Mesure (monitoring) :	Moyens utilisés pour collecter des données de consommation et de niveau d'activité.
Modèle énergétique :	mise en relation des consommations avec des indicateurs d'activité, de sorte que le niveau de ces facteurs suffise à prédire de façon fiable la consommation future du site audité
Suivi :	il s'agit de calculer les indices de performances à une fréquence déterminée, par exemple tous les ans. Le but étant de s'assurer d'être dans la bonne trajectoire vers l'atteinte du résultat à échéance du cycle d'audit. Pour réaliser le suivi, les indicateurs d'activité sont actualisés et la situation de référence peut être ajustée.
Tableau des énergies consommées :	tableau dans lequel les usages sont listés en lignes et les consommations en colonnes et dans lequel chaque usage est également relié à un indicateur d'activité.

³ Cette notion est équivalente à celle de « facteur pertinent » définie dans ISO50001:2018.

Temps de retour simple :	rapport exprimé en année entre le montant brut d'un investissement exprimé en Euro et le montant du gain énergétique annuel exprimé en Euro, engendré par cet investissement.
Usage :	utilisateur ou consommateur de vecteur énergétique au sein du périmètre établi.
Validation⁴ :	confirmation d'une déclaration, par des preuves objectives, que les exigences pour une utilisation future spécifique ou une application prévue ont été satisfaites
Validation globale	confirmation que le modèle établi avec les données de l'année de référence est capable de prédire de façon fiable les consommations d'une autre année grâce à l'actualisation des indicateurs d'activité.
Vérification⁵ :	confirmation d'une déclaration, par des preuves objectives, que les exigences spécifiées ont été satisfaites. Il s'agit dans la procédure de confirmer que les données de l'audit sont correctes et que l'objectif de résultat est atteint.

2.2 ACRONYMES ET UNITÉS

CS	Consommations spécifiques
ECS	Eau chaude sanitaire
IA	Indicateur d'activité
HVAC	Unité de chauffage, refroidissement, ventilation, humidification et /ou déshumidification
kWhf	kWh en énergie finale
kWhfélec	kWh final en électricité
kWhfcomb	kWh final en combustible
PBT	<i>Pay Back Time</i> (Temps de retour simple d'un investissement)
PJp	Pétajoule en énergie primaire
RBC	Région de Bruxelles-Capitale
UTG	Unité Technique et Géographique

⁴ Définitions suivant la norme ISO 17029 :2019

⁵ Idem



3 CHAMP D'APPLICATION DE L'AUDIT

3.1 UNITÉ TECHNIQUE ET GÉOGRAPHIQUE (UTG)

L'audit est réalisé sur une UTG, ou une partie d'UTG (unité d'établissement – dans le cas d'un audit d'une grande entreprise), couverte par un permis d'environnement.

L'audit est réalisé pour le titulaire du permis ou le responsable de grande entreprise.

L'audit doit obligatoirement faire référence à un numéro d'entreprise et à l'unité d'établissement.

L'audit reprendra aussi les coordonnées des membres de l'équipe projet appartenant à l'UTG.

3.2 ENTREPRISES VISÉES

Feront l'objet d'un audit énergétique :

- Les grandes entreprises dont l'unité d'établissement est couverte par un permis d'environnement (« audit grande entreprise ») ;
- Toute UTG considérée comme un gros consommateur, lors de la demande de permis d'environnement (« audit du permis d'environnement »).

Est considérée comme une grande entreprise toute entreprise dont l'unité d'établissement, telle que reprise à la [Banque-Carrefour des Entreprises](#)⁶ située sur le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale comporte :

- soit au moins 250 équivalents temps plein,
- soit un chiffre d'affaires qui excède 50 millions d'euros et un bilan annuel dont le total excède 43 millions d'euros.

Une UTG est considérée comme gros consommateur si elle répond à une des conditions suivantes :

- elle comporte un magasin visé par la rubrique 90 de la liste des installations classées (cf. arrêté bruxellois du 4 mars 1999), dont les consommations spécifiques en électricité et en combustibles exprimées en énergie finale, à climat normalisé, sont supérieures respectivement à 212 kWh/m² et à 102 kWh/m², ou dont la consommation totale est supérieure au seuil fixé à l'annexe pour les commerces ;
- sa consommation totale primaire est supérieure à 0,1 PJp (27,8 GWhp) si son activité principale est une activité industrielle ;
- sa superficie plancher est supérieure à 3500 m² et sa consommation spécifique est supérieure au seuil de son affectation, fixé en annexe de l'Arrêté du 8 décembre 2016) (*Limites de la consommation énergétique par branche d'activités en dessous de laquelle il y a exemption d'audit énergétique*), si son activité principale n'est pas industrielle ou opérationnelle.

6

<http://kbopub.economie.fgov.be/kbopub/zoeknummerform.html?jsessionid=1BA72C58F58D7D61F6DF44C7D7950B88.worker4b>

Branche d'activités	Seuils de consommation spécifique
Immeuble de bureaux (privé ou public)	> 128 kWhf/m ² .an
Enseignement	> 107 kWhf/m ² .an
Hôpitaux	> 197 kWhf/m ² .an
Homes	> 182 kWhf/m ² .an
Hôtels	> 206 kWhf/m ² .an
Commerces	> 212 kWhf _{élec} /m ² .an et > 102 kWhf _{comb} /m ² .an ou > 314 kWhf _{total} /m ² .an
Autres	> 142 kWhf/m ² .an
Industrie	> 0,1 PJ _p /an

3.3 PÉRIMÈTRE ÉNERGÉTIQUE

Le périmètre couvre tous les usages qui consomment de l'énergie au sein de l'UTG

- Les activités liées aux bâtiments: liées au fonctionnement propre du bâtiment et au confort de ses utilisateurs
- Les activités liées aux activités opérationnelles: liées à la production de biens et services
- Les activités liées au transport à l'intérieur de l'UTG
- Les activités liées à la production/transformation d'énergie au sein de l'UTG.

L'audit couvrira 100% de la consommation énergétique totale de l'UTG, exprimée en énergie primaire.

L'audit couvrira donc la consommation des **vecteurs énergétiques** suivants :

- l'électricité consommée qu'elle soit achetée ou autoproduite ;
- les combustibles consommés, qu'ils soient achetés ou qu'ils résultent de sous-produits de fabrication, qu'ils soient d'origine fossile ou renouvelable ;
- toute énergie achetée, transformée ou récupérée (vapeur, air comprimé, froid, vide, chaleur, eau chaude, réactions exothermiques ...).

Les consommations d'eau ne sont pas considérées comme une énergie. Par contre, les consommations électriques des équipements de pompage ou de circulation internes au périmètre seront bien comptabilisés.

Les consommations d'électricité, de combustible ou d'autre formes d'énergie (chaleur p.ex.) mise à disposition des locataires, occupants ou sous-traitants, fait partie du périmètre de l'audit.

L'énergie achetée ou transformée et revendue à un tiers en dehors de l'UTG sont déduites des factures d'achats et ne sont donc pas considérées comme des énergies consommées.

3.4 ANNÉE DE RÉFÉRENCE

Afin de permettre une consolidation plus aisée par l'Institut, l'audit sera réalisé, autant que possible, pour une année de référence, sur les **données énergétiques de l'année bissextile** la plus récente (2020, 2024...).

L'année de référence couvrira une année calendrier.

3.5 VALIDITÉ DE L'AUDIT

L'audit énergétique est valable 4 ans à dater de sa réception par l'Institut.



4 AUDIT DE RÉFÉRENCE

4.1 MÉTHODOLOGIE UNIFIÉE

Les entreprises relevant des méthodologies « process », « mixte » et « bâtiment » suivent toutes une unique méthodologie dénommée « la méthodologie » dans le présent document.

Cependant, quelques particularités demeurent entre les 3 méthodologies en fonction de la proportion de la consommation, en énergie primaire, de l'activité opérationnelle du bâtiment par rapport à la consommation de l'ensemble de l'UTG.

	Méthodologie		
	Bâtiment	Mixte	Process
Poids des activités opérationnelles et du transport interne	< 25%	entre 25% et 75%	> 75%
Description de l'enveloppe	détaillée	synthétique	synthétique
Description des système HVAC	détaillée	détaillée	synthétique
Description de l'activité opérationnelle et du transport interne	synthétique	détaillée	détaillée
Seuil de PBT pour le calcul des objectifs	5 ans	5 ans	3 ans

Le niveau de détail / synthèse pour décrire l'enveloppe, les systèmes, l'activité opérationnelle et le transport interne est développé au chapitre 4.3 « Description de l'UTG ».

Le calcul du seuil de rentabilité est développé au chapitre 5.4.3 « Actions d'amélioration ».

4.2 VISITES

L'audit est documenté par un nombre suffisant de visites, réalisées par l'auditeur, afin de lui permettre de se rendre compte du fonctionnement de l'UTG. Lors de ses visites, l'auditeur relèvera les informations lui permettant de décrire les installations (plaques signalétiques, ...) mais également les défauts énergétiques (marches à vides, isolation défectueuse, fuites d'air comprimé, ...)

Au moins une des visites intermédiaires sera accompagnée du responsable technique et de la société de maintenance.

4.3 DESCRIPTION DE L'UTG

Toutes les informations nécessaires doivent être mises à disposition de l'auditeur et, à tout le moins :

- les données de consommation énergétique par vecteur, telles que les relevés de compteur et les factures de consommation énergétique ;
- les informations liées aux infrastructures et aux installations techniques tels que les plans, les métrés et les puissances nominales ;
- les informations relatives aux installations techniques, telles que les attestations de contrôle périodique PEB et les données liées à la régulation et à la Gestion Technique Centralisée ;
- les informations relatives aux activités de l'UTG.

L'audit comprendra

- une description générale de l'UTG, de sa localisation, de sa taille, de son activité et de l'occupation des bâtiments, avec un inventaire et une caractérisation des équipements, de manière à permettre à un lecteur non-averti d'appréhender le périmètre audité dans toute la complexité technique requise ;
- les chiffres clés tant financiers qu'énergétiques (personnel, chiffre d'affaires, bilan...) ainsi que l'identification des actionnaires disposant de plus de 25% de participation.
- l'évolution des contraintes environnementales, de la qualité et de la sécurité, qui peuvent influencer ses consommations d'énergie, ainsi que l'évolution de la conjoncture sur les horaires de production.

L'auditeur veillera à documenter les équipements de façon représentative et proportionnée en fonction de la consommation de ceux-ci.

4.3.1 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU BÂTIMENT

De manière détaillée signifie que le degré de détail sera d'autant plus élevé que la consommation de l'équipement ou de l'installation est significative.

Lorsque les bâtiments contribuent à plus de 75% de la consommation globale de l'UTG, l'enveloppe du bâtiment sera documentée de façon plus détaillée (description de l'isolation des parois, caractéristiques des ouvertures, ...).

L'enveloppe du bâtiment fera l'objet d'une description générale incluant par exemple une illustration (photo), la puissance et l'âge de chaque installation, de même que les points de dysfonctionnements constatés.

La description de l'enveloppe pourra ainsi être limitée aux résultats globaux obtenus par les certificats PEB (valeur U (W/m²K), niveau K, consommation spécifique, besoin net en énergie).

Le rapport décrira également les moyens de production, de distribution, et d'émission et les paramètres clés de la régulation., ...

- Chauffage
- Refroidissement
- Ventilation
- Humidification, déshumidification
- Eau chaude sanitaire

Des précisions pourront être requises en ce qui concerne le risque de surchauffe d'une part et le risque de destruction d'énergie d'autre part (entre le chauffage et le refroidissement).

La méthodologie prévoit pour ce faire un canevas de rapport pour lequel les sections liées à l'enveloppe et aux systèmes HVAC des bâtiments sont dédoublées. L'auditeur conservera les sections appropriées au type d'UTG audité.

4.3.1 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'ACTIVITÉ OPÉRATIONNELLE

A l'inverse, si l'activité opérationnelle est prépondérante, l'auditeur consacra plus de temps à la description des équipements dédiés aux activités opérationnelles et à leur fonctionnement qu'aux systèmes dédiés au confort humain/bâtiment. Les informations détaillées reprendront par exemple un résumé des puissances nominales et appelées, les classes de motorisation, l'état des isolants, la présence de marche à vide, l'âge des équipements, les systèmes de régulation, ...

L'audit comportera également une mise en évidence des points de dysfonctionnement, sur base des visites du site et de la campagne de mesures.

4.4 ACTIONS D'AMÉLIORATION

Un des objectifs principaux de l'audit énergétique est d'établir un plan d'action concret et plausible. C'est pourquoi, bien que cette étape de l'audit est souvent réalisée après l'analyse des flux (§4.5), nous avons jugé utile de placer ce chapitre plus en amont.

Les étapes à suivre sont détaillées dans le présent chapitre :

1. Identifier des actions d'amélioration : le but est ici dans un premier temps d'identifier un maximum d'actions d'amélioration potentielles. Cette étape est réalisée au moyen d'un ou plusieurs brainstorming.
2. Ecarter les améliorations qui se révéleraient totalement infaisables pour des raisons techniques ou économiques. Nous donnons dans ce chapitre une liste (non-exhaustive) d'améliorations qui pourraient être écartées.
3. Évaluer les actions d'amélioration : pour chacune d'entre elles l'investissement financier et les économies attendues sont estimés, ce qui permet d'établir la rentabilité des actions.
4. Etablir le plan d'action : l'auditeur classera les actions par ordre de rentabilité décroissante et sélectionnera les actions qui détermineront l'objectif conformément à la méthodologie.
5. Définir les objectifs : les objectifs de résultat de l'UTG correspondent à la somme des économies énergétiques, diminutions des émissions de CO₂ et augmentation des fractions renouvelables induites par le plan d'action.

Le chapitre 4.10 détaille le calcul des objectifs proprement dits.

4.4.1 BRAINSTORMING

Avant la tenue du brainstorming proprement dit, l'auditeur aura visité les installations techniques et les bâtiments, lui permettant d'établir sa propre évaluation énergétique (voir §4.2 et 4.3). Sur base de ses observations et des explications obtenues au cours de sa(ses) visite(s), l'auditeur dressera la liste détaillée des améliorations potentielles.

En parallèle à cette liste, l'auditeur demandera à recevoir la liste des améliorations énergétiques déjà identifiées par l'UTG au cours d'audits énergétiques ou de plans d'actions précédents. En particulier, l'auditeur ne manquera pas d'identifier les améliorations déjà réalisées depuis l'année de référence (§3.4). Les responsables auront eu à cœur de faire remonter les informations en provenance du terrain avant le démarrage du brainstorming.

L'auditeur compilera enfin ses différentes sources de travail (visite, plan existant, brainstorming, attestations de contrôle des installations, certificats PEB...) et établira la liste des améliorations énergétiques qui en résultent.

Afin d'identifier un maximum d'actions d'amélioration, nous préconisons la technique du *brainstorming*. Celle-ci permet aux opérateurs de l'UTG d'exprimer, lors d'une réunion collective, les anomalies énergétiques auxquelles ils sont confrontés, d'être entendus et d'intégrer ainsi le ressenti des personnes qui participent à l'activité de l'UTG. Pour chacune des anomalies observées, une piste d'amélioration concrète est envisagée. A cette étape aucune évaluation financière n'est prise en considération.

Pour le bon déroulement d'un brainstorming, nous suggérons à l'auditeur de faire respecter les règles suivantes :

1. Les idées seront limitées au périmètre de l'UTG.
2. Les idées seront limitées aux économies d'énergie.

Ne seront, par exemple, pas retenues :

- des économies financières liées à la différence de prix entre l'électricité de nuit et de jour ;

- la gestion de la pointe quart horaire (même si certaines actions ayant « accessoirement » pour effet de la réduire seront inévitablement mises en avant) ;
 - des économies de matières premières, d'eau, de produits de nettoyage ;
 - la récupération d'eau de pluie ou toute économie financière liée à l'utilisation d'eau de ville ;
 - des économies financières liées à la gestion du personnel.
3. Dans le cadre des améliorations énergétiques, aucune idée ne sera écartée a priori, sous prétexte qu'elle a déjà été évoquée / rejetée dans un plan d'action précédent. On ne juge pas encore de la rentabilité de l'amélioration. Il n'y a pas de mauvaises idées.
 4. Les améliorations déjà réalisées depuis l'année de référence seront listées.

Pour plus d'efficacité, nous recommandons le déroulé suivant :

1. L'auditeur résume en quelques minutes l'objectif de l'audit énergétique, l'analyse des flux énergétique réalisée (§4.6.1.2 et 4.6.1.4), ainsi que l'objectif de la réunion de brainstorming.
2. Avant de commencer le partage d'idées chacun des participants note ses idées en relation avec les différentes anomalies existantes (constats).
3. Le partage des idées démarre. L'auditeur guide le brainstorming en abordant successivement les usages significatifs ou les vecteurs énergétiques : HVAC, enveloppe, process, énergie renouvelable, ...
4. L'auditeur reformule les idées pour être sûr de leur compréhension, afin de préciser de quel outil il s'agit, à quel endroit, Il cherche avec le groupe à formuler une amélioration précise et concrète.

Par exemple, une amélioration liée à une meilleure efficacité énergétique d'une chaufferie sera décrite de façon détaillée. « Amélioration du rendement de combustion de la chaudière n°1 en préchauffant l'air de combustion ».

Le brainstorming sera réalisé avec une équipe « énergie » issue du personnel de l'UTG, composée, si possible, d'au moins :

- un responsable de la production/opérationnel ;
- un responsable de maintenance ;
- un responsable environnement, qualité, sécurité ou énergie (SIPPT, s'il existe).

La technique du brainstorming est également une manière pour l'exploitant de s'appropriier l'audit. Le titulaire du permis d'environnement sera responsable de l'atteinte des objectifs fixés dans l'audit énergétique. Il est donc très utile qu'au moins un représentant participe à l'étape de brainstorming.

A titre d'illustration, l'ANNEXE 5 reprend une liste indicative des points d'attention qui peuvent alimenter un brainstorming.

Pour rappel, une **énergie alternative** possède généralement des coefficients d'émissions en CO₂ plus faibles que l'énergie initialement utilisée.

Par exemple :

Le gaz naturel est une énergie alternative au fuel lourd ;

L'électricité produite par une cogénération de qualité au gaz est une énergie alternative à l'électricité du réseau.

4.4.2 AMÉLIORATIONS ÉCARTÉES

Lors d'une seconde étape, les améliorations qui ne sont pas réalisables sont écartées. Une courte explication accompagnera la raison d'exclusion de chacune des actions écartées.

Les justifications suivantes peuvent être retenues :

- Justification technique : la proposition émise n'est pas une action d'amélioration éligibles en RBC
Exemple : Le placement d'une chaudière au bois n'est pas recommandé en milieu urbain.
- Justification réglementaire : l'amélioration ne peut être réalisée suite à des contraintes réglementaires ou de sécurité
Exemples : La proximité de l'aéroport de Bruxelles ne permet le placement d'une éolienne.
- Justification process : l'amélioration proposée présente un risque sur la qualité finale des produits commercialisés.
Exemple : Optimiser la température et le temps de chauffe des produits
- Justification économique : l'économie énergétique attendue est négligeable par rapport à l'investissement. Le temps de retour sur investissement est indiscutablement supérieur à 15 ans.
Exemple : L'isolation des parois du bâtiment est de 15 cm et en bonne état. L'amélioration consiste à ajouter 5 cm.
- Justification scientifique : L'effort à consentir pour évaluer la rentabilité de l'amélioration est disproportionné par rapport à l'ensemble de la mission d'audit (obtention très difficile des données nécessaires au calcul, calcul faisant intervenir un nombre trop élevé de paramètres).

Les améliorations écartées sont listées et reprises dans le rapport d'audit. Elles sont ainsi conservées puisqu'elles pourraient s'avérer rentables ou faisables ultérieurement.

4.4.3 EVALUATION DES ACTIONS D'AMÉLIORATION

En partant de la liste des améliorations identifiées au §4.4.1, à laquelle il a retiré les améliorations non réalisables (§4.4.2), l'auditeur évaluera les économies énergétiques, CO₂, renouvelables et financières de chacune des améliorations.

Pour chacune des améliorations évaluées, le rapport reprendra :

- Le nom de l'amélioration et sa référence
- la description technique ;
- le coût d'investissement ;
- l'économie d'énergie totale et par produit énergétique, exprimée en énergie finale, en énergie primaire, en CO₂ et en euros ;
- le temps de retour simple ;
- le temps de retour simple intégrant les aides à l'investissement et autres réductions d'impôt possibles ;
- la fiabilité des résultats.

Les résultats sont présentés conformément au canevas publié par l'Institut.

Les pourcentages d'économie sont calculés en divisant les gains énergétiques (ou de CO₂) par les consommations (ou émissions) prédites de l'année de validation.

L'audit reprendra un tableau résumé de l'ensemble des améliorations évaluées avec primes et avantages fiscaux.

4.4.3.1 CRITÈRE DE RENTABILITÉ

Le **temps de retour simple** (PBT) est le rapport exprimé en année entre le montant brut d'un investissement exprimé en euro (€) HTVA et le montant du gain énergétique annuel exprimé en euro par année (€/an), engendré par cet investissement.

- L'investissement est comptabilisé en ne tenant pas compte des incitants financiers (les primes, aides à l'investissement, déductions fiscales, ...).
- Le gain énergétique est calculé en tenant compte de l'ensemble des économies provoquées par l'investissement (énergie, matière, maintenance...) en excluant les primes, incitants financiers, certificats verts.

Un deuxième PBT tenant compte des primes et avantages fiscaux est calculé en parallèle.

Si l'investissement est réalisé pour d'autres raisons que l'énergie, seul le surcoût énergétique de l'investissement sera comptabilisé.

Par exemple : le remplacement d'un groupe de froid fonctionnant au R22 par un groupe au CO₂ avec récupération de chaleur. Seul l'investissement lié à la récupération de chaleur sera comptabilisé et rapporté à l'économie énergétique.

Si l'équipement à remplacer est en fin de vie, il convient de déduire du calcul de l'investissement le coût de remplacement d'un équipement « standard ».

Enfin, notons également que l'auditeur doit comptabiliser l'ensemble des coûts sur la durée de vie de l'amélioration, surtout si la durée de vie de l'amélioration est inférieure au PBT.

Par exemple, la chasse aux fuites d'air comprimé nécessite l'achat tous les ans de nouveaux flexibles et pièces mécaniques, ce coût est calculé sur les 5 années de l'action d'amélioration. Par contre, l'achat de l'équipement de détection des fuites ne sera évidemment comptabilisé qu'une seule fois.

Le prix des énergies considéré est le prix moyen des énergies des 12 derniers mois, payé par l'UTG.

4.4.3.2 EFFETS INTERACTIFS

Une action d'amélioration peut interférer sur le niveau d'économie d'une autre action d'amélioration et réciproquement.

Par exemple, les rentabilités des actions « remplacement de la chaudière » et « isolation de la toiture » sont très différentes mais dépendent aussi de l'ordre dans lequel elles sont réalisées. Il est clair que, prise séparément, l'isolation de la toiture s'avère non rentable et pourtant indispensable et prioritaire.

Les effets interactifs entraînent le fait que l'économie induite par la conjonction de deux ou plusieurs actions d'amélioration soit différente (inférieure ou supérieure) à la somme des économies qui seraient induites par ces actions si elles étaient prises de façon individuelle.

Les calculs énergétiques et financiers des actions d'amélioration tiendront compte des interactions entre les actions.

Nous proposons dès lors de gérer les effets interactifs en les regroupant dans un « panier d'actions » pour lequel la rentabilité de l'ensemble est évaluée.

Dans l'exemple chaudière/toiture, la toiture doit faire partie du plan si le PBT du panier chaudière + toiture est inférieur à 5 ans.

4.4.3.3 ACTIONS MUTUELLEMENT EXCLUSIVES

Deux actions sont considérées comme mutuellement exclusives si ces actions visent le même objectif mais par des moyens différents.

Par exemple, l'UTG souhaite remplacer sa chaudière au mazout soit par une unité de cogénération, soit par une pompe à chaleur.

Lorsque les effets de plusieurs actions d'amélioration mutuellement exclusives sont évalués, l'action qui présente le plus grand gain énergétique sera sélectionnée.

4.4.3.4 INCERTITUDE SUR LA RENTABILITÉ

Pour chacune des actions évaluées dont le PBT est compris entre 5 et 15 ans, l'auditeur estimera l'incertitude en matière d'investissement et de gain énergétique, de sorte à pouvoir établir, selon la formule ci-dessous, un seuil admissible :

$$\text{Seuil admissible} = 5 * \frac{(1 - 25\%) * (1 + \%I)}{(1 + 25\%) * (1 - \%E)}$$

Où :

- %I est l'incertitude sur l'investissement
- %E est l'incertitude sur le gain énergétique

Dans cette formule, on considère qu'en deçà de 25% d'incertitude sur l'investissement et sur le gain énergétique, le seuil admissible est égal à 5 ans. .

Une incertitude de 0% est théorique et n'est rencontrée que lorsque l'amélioration a effectivement été réalisée (investissement connu) et que le gain énergétique a été mesuré, au moment d'établir le plan d'action. En pratique, dans le cadre du travail d'audit, il est d'usage de tolérer une incertitude de travail acceptable, que nous fixons à 25%.

L'incertitude retenue pour une action réalisée ou évaluée de manière « certaine » sera donc :

- Incertitude sur l'investissement (%I) : maximum 25%
- Incertitude sur le gain énergétique (%E) : maximum 25%

Le tableau suivant présente quelques valeurs de seuil en fonction de combinaisons d'incertitudes d'investissement et de gain énergétique :

Seuil		incertitude sur investissement					
		25%	50%	75%	100%	150%	200%
Incert Gain énergétique économie	-25%	5	6	7	8	10	12
	-50%	7,5	9	10,5	12	15	18
	-75%	15	18	21	24	30	36

Une explication plus détaillée du concept d'incertitude est développée dans l'[ANNEXE 4](#) .

Par contre, cela n'aurait finalement pas beaucoup de sens d'intégrer la notion d'incertitude sur des actions dont le PBT est supérieur à 15 ans. En effet, le niveau d'incertitude serait bien trop important pour imaginer que le PBT réel après réalisation soit effectivement inférieur à 5 ans.

Une action d'amélioration dont le PBT est estimé entre 5 et 15 ans, ne sera retenue que si son PBT est inférieur au seuil admissible.

Dans le cas où le PBT est inférieur au seuil admissible l'action est incluse au plan d'action.

L'auditeur pourra exclure une action dont le PBT est inférieur au seuil admissible à condition que le gain énergétique calculé représente plus de 10% de la consommation globale annuelle de l'UTG ou

l'investissement représente plus de 10% de la somme des factures énergétiques annuelles. Dans ce cas, une étude de faisabilité sera recommandée par l'auditeur et, une fois les résultats obtenus, permettra d'exclure l'action du plan d'action et donc de revoir l'objectif à la baisse.

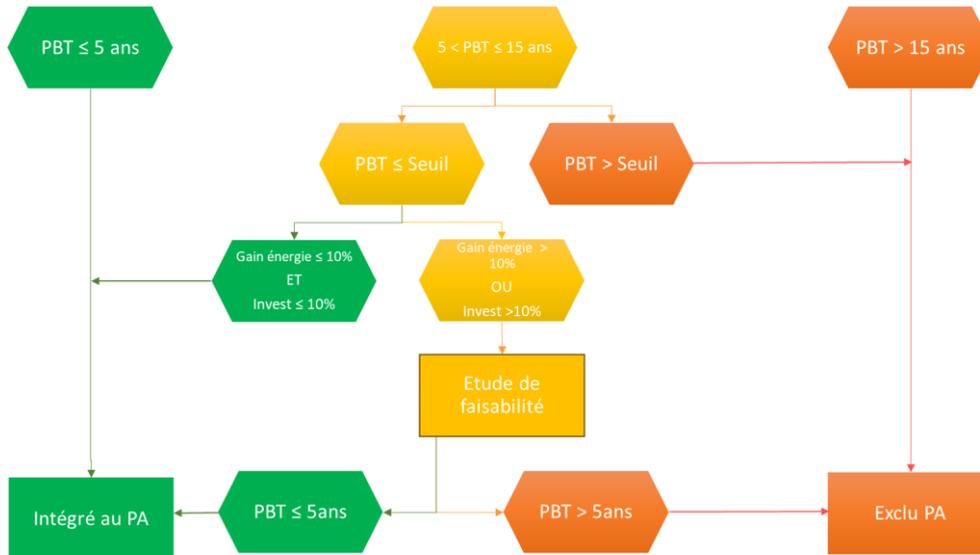


Schéma d'intégration de la notion l'incertitude pour la sélection des actions d'amélioration.

4.5 ANALYSE DES FLUX D'ÉNERGIE

L'objectif de l'analyse des flux est de répartir les consommations d'énergie réellement constatées parmi diverses activités, parmi lesquelles des activités liées au confort humain. Ce travail servira également de base à l'évaluation de la rentabilité des actions d'amélioration proposées (§4.4.3). En effet, comme un temps de retour doit être calculé pour chaque action identifiée, il est requis de pouvoir évaluer l'économie énergétique attendue de cette action spécifiquement. .

4.5.1 ENERGIES FACTURÉES

La quantité d'énergie consommée dans l'UTG est comptabilisée dans les factures, en tenant compte des éventuelles variations des stocks des combustibles solides et liquides (mazout, bois...) de début et de fin d'année.

Les factures de gaz naturel étant libellées en kWh, l'auditeur vérifiera que ces kWh correspondent en réalité au pouvoir calorifique supérieur du gaz et pour éviter toute confusion précisera l'indice « PCS » dans kWh_{PCS}.

Exemple : kWh d'électricité, des litres de mazout, kWhs de gaz naturel, kg ou litres de propane, kWh thermique.

La consommation importée d'un réseau de chaleur sera comptabilisée conformément à la mesure de la quantité d'énergie comptabilisée à l'entrée de l'UTG. Il en va de même pour tout autre type d'énergie importée via un réseau (vapeur, air comprimé, etc.)

L'électricité produite et consommée par des panneaux photovoltaïques doit également être comptabilisée, même si elle n'est pas « facturée ». L'électricité revendue n'est pas comptabilisée.

4.5.2 COEFFICIENTS DE CONVERSION EN ÉNERGIE FINALE, PRIMAIRE ET CO₂

Afin d'additionner les différentes énergies et pour rendre compte de l'évolution correcte des consommations d'énergie, la méthodologie impose que leur contenu énergétique soit constant durant toute la durée de validité de l'audit.

Le Nm³ de gaz naturel dont le pouvoir calorifique varie tous les jours, ou le kg de bois dont le contenu énergétique varie avec le taux d'humidité ou le type de bois, ne peuvent convenir. On utilisera une unité thermique, le kWh que l'on qualifiera de finale (kWh_f) ou de primaire (kWh_p).

L'énergie finale est l'énergie consommée au sein de l'UTG, exprimée à partir de son pouvoir calorifique supérieur.

L'énergie renouvelable est également comptabilisée en énergie finale. Donc si une UTG autoconsomme de l'électricité provenant de panneaux photovoltaïques, cette consommation est considérée comme entrant dans le périmètre de l'entreprise (1kWh = 1 kWh_f).

On pourrait penser que l'énergie primaire est celle qu'il a fallu prélever à l'environnement, incluant toutes les pertes et rendements de transformation jusqu'à l'utilisateur final. En pratique et par convention internationale, la notion d'énergie primaire est beaucoup plus réductrice : elle consiste à appliquer un rendement de 40% uniquement sur le vecteur électrique provenant du réseau :

1kWh_p d'électricité = 2,5 kWh_f.

Pour les combustibles, on prendra conventionnellement comme contenu en énergie primaire l'énergie résultant du pouvoir calorifique **supérieur** de ce combustible.

Le recours à la notion d'énergie primaire pour le suivi de l'efficacité énergétique permet dès lors de calculer les consommations spécifiques des différents usages énergétiques de l'UTG et d'établir ainsi les indices d'amélioration.

L'énergie primaire permet donc, de manière plus fondamentale, de comptabiliser des projets d'économies d'énergie qui impliquent une concurrence entre l'électricité et les combustibles, tels que la cogénération par exemple.

Bien que les émissions de CO₂ sont issues de six gaz à effet de serre (GES) visés par le Protocole de Kyoto⁷, seules les émissions résultant des énergies consommées (électricité, combustibles et réseau de chaleur) seront comptabilisées. Elles ne représenteront éventuellement qu'une partie des émissions de CO₂ de l'UTG puisqu'on ne tiendra pas compte :

- du CO₂ émis hors périmètre pour le transport des produits ou des personnes ;
- du CO₂ émis par certains procédés industriels (CO₂ résultant de réactions de décarbonatation par exemple) ;
- de la présence de fluide frigorigène ;
- de tout autre gaz à effet de serre (méthane...).

Pour les énergies renouvelables non organiques (soleil, vent, géothermie), on prendra par convention un coefficient de conversion nul (0 kg CO₂/GJp).

	Unité	Energie finale kWhf/ unité	Energie primaire kWhp/unité	Emission CO2 kg /unité
Electricité (réseau)	kWh	1	2,5	0,3951
Gaz Naturel	kWhs	1	1	0,18237
Gasoil	litres	1	10,635 ⁸	2,67649
Electricité renouvelable	kWh	1	1	0
Chaleur	kWh	1	1	lié à la source

Les émissions de CO₂ résultant de la biomasse devront tenir compte de la directive REDII⁹ et des critères de durabilité de la biomasse. Seule la biomasse durable sera considérée comme n'émettant pas de CO₂.

⁷ le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆)

⁸ La masse volumique du mazout sera prise conventionnellement à 0,84 kg/litre, ce qui donne un PCI de 10,033 kWhi/litre et un facteur de conversion PCS/PCI de 1,06.

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L2001>

4.5.3 DÉFINITION DES USAGES

La décomposition de l'activité de l'UTG en un nombre d'usages significatifs est un travail d'apparence très simple mais qui dans la réalité s'avère parfois délicat. La créativité et l'expérience de l'auditeur seront un atout majeur pour établir un modèle d'efficacité énergétique pertinent.

On distinguera les usages en 4 types d'activités :

- l'activité des bâtiments ;
- l'activité opérationnelle;
- l'activité de transport ;
- l'activité de transformation d'énergie.

Dans chacune de ces activités, on distinguera autant d'usages que de catégories de consommateurs : l'éclairage, le chauffage du bâtiment, la production d'eau chaude sanitaire, ...

Le niveau de décomposition et de granulométrie dépendra du poids énergétique que représente chaque usage.

Selon la version précédente de la méthodologie, on identifiait 2 types d'usages : les usages variables liés à une variation périodique ou récurrente d'activité et les usages non variables.

Il est dorénavant convenu de considérer tous les usages comme variables, de sorte qu'un indicateur d'activité (voir §4.5.5) sera attribué à chaque usage. Ceci permet de traiter tous les usages de manière identique (calcul des consommations spécifiques) et flexible (anticipation qu'un usage non variable puisse devenir variable).

Par exemple, dans le cas d'un bâtiment, la consommation d'électricité pour l'éclairage ne varie normalement pas. Mais afin de traiter cet usage de façon standardisée, et afin d'anticiper p.ex. la possibilité d'une extension de surface à éclairer, on choisira la « surface éclairée » comme indicateur d'activité pour cet usage.

Il n'est pas permis de constituer un usage « divers ». Ces consommations doivent donc, au choix, être rattachées à un autre usage dont l'indicateur d'activité est pertinent, ou faire l'objet d'un usage à part entière permettant la prise en compte d'un indicateur d'activité plus pertinent.

4.5.3.1 USAGE SIGNIFICATIF

Dans chacune de ces catégories, il convient d'identifier les usages significatifs. Suivant la norme ISO 50001 relative aux Systèmes de Management de l'Energie, un *aspect énergétique* est significatif « *s'il intervient dans une forte proportion dans la consommation d'énergie totale et a un potentiel dans (...) l'utilisation plus efficace de l'énergie* ». La notion d'*aspect énergétique* reprise ici dans la norme ISO recouvre donc le même concept que la notion d'*usage* de la présente méthodologie.

Dès lors, nous définirons un **usage significatif** comme un usage pour lequel l'énergie consommée représente au moins 5% de l'énergie totale consommée par l'UTG ou un usage pour lequel un gain énergétique d'au moins 25% par rapport à l'année de référence est envisagée. Comme cette condition est difficile à déterminer au début de l'audit, il n'est pas rare de revenir sur ce concept après la phase liée au plan d'action et de réduire le nombre d'usages aux seuls usages significatifs.

La consommation d'un usage - par exemple l'ECS- qui n'est pas significatif pourra être incluse dans la consommation d'un usage plus large - par exemple le chauffage - à condition que le premier ne représente pas plus de 25% du total des 2 usages.

Par exemple, la consommation pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire pourra être incluse dans l'usage de chauffage du bâtiment si elle est non-significative et si elle représente 10% de la consommation de la chaudière.

4.5.3.2 IDENTIFICATION DES USAGES DES BÂTIMENTS

Cette catégorie reprend les consommations énergétiques relatives au confort des personnes (et à l'utilisation du bâtiment):

- la ventilation du bâtiment ;
- le chauffage du bâtiment ;
- le chauffage de l'eau chaude sanitaire ;
- le refroidissement du bâtiment ;
- l'humidification et/ou la déshumidification de l'air ;
- l'éclairage.

Si l'UTG comprend différents types de bâtiments, par exemples des bâtiments administratifs et des bâtiments de production, il peut être utile et nécessaire de prévoir des catégories séparées. En effet, le chauffage des bureaux par exemple ne correspond pas à un même niveau de confort que le chauffage d'un atelier mécanique.

Dans la majorité des cas, on cherchera à limiter le nombre d'usages aux seuls usages significatifs du bâtiment :

- Le chauffage
- L'éclairage

Les usages non significatifs seront alors regroupés avec des usages existants (ECS + chauffage, éclairage). A ce titre, rappelons que la création d'un usage « autres » de type « divers » est totalement interdit.

4.5.3.3 IDENTIFICATION DES USAGES LIÉS AUX ACTIVITÉS OPÉRATIONNELLES

Les activités opérationnelles peuvent être assimilées à des activités liées à la production de biens et services.

Le secteur des services (tertiaire) est donc aussi concerné que le secteur industriel (secondaire). Les services administratifs, la logistique, la distribution, les services de soins, le transport ou les télécommunications sont des exemples de secteurs concernés.

L'activité opérationnelle doit donc être comprise comme toute activité industrielle, tertiaire ainsi que toute activité qui n'est pas spécifiquement dédiée à assurer le confort humain dans un bâtiment.

On trouvera par exemple :

- des équipements de production, depuis la préparation des matières premières jusqu'aux équipements de conditionnement, en passant par la fabrication et la transformation;
- des équipements pour la maintenance, y compris la sécurité, l'environnement
- des bâtiments nécessaires à la production, quels que soient leurs usages (laboratoires, hall de stockage, de production ou de conditionnement...);
- des équipements de production ou de transformation d'énergie (électrique ou combustibles), de traitement de combustible ou d'autoproduction, de transformation de courant (redressement, filtration des harmoniques, stabilité);
- Des équipements relatifs à la logistique, à la distribution, aux télécommunications

Par exemple, dans une UTG qui utilise un compresseur d'air dans son process, on pourrait devoir prendre en compte un usage dédié à la marche à vide, pour rendre compte du fait qu'une réduction de moitié de la production de l'UTG n'est pas accompagnée d'une réduction de moitié de la consommation électrique pour la production d'air comprimé. Ceci prend en compte le fait que le réseau d'air comprimé présente des pertes statiques indépendantes du niveau de production.

4.5.3.4 IDENTIFICATION DES USAGES LIÉS AUX TRANSPORTS

L'audit couvre le transport interne au périmètre de l'UTG.

Par **transport interne**, on entend le transport dont la consommation énergétique entre dans la comptabilité de l'UTG, que l'activité de transport elle-même soit géographiquement interne ou externe au périmètre.

Sont donc inclus au périmètre :

- des équipements relatifs à la circulation de fluide (air, eau), de produits ou de matières (pompes, circulateur...)
- des équipements liés au transport des personnes à l'intérieur du périmètre (véhicules de chantier, véhicules utilitaires...).
- des équipements liés au transport des personnes à l'extérieur du périmètre à condition que les bornes et réservoirs soient à l'intérieur du périmètre ;
- des bornes de chargement de véhicule électrique, sous la condition, que la facture d'électricité soit disponible au sein de l'UTG, en unités énergétiques (kWh, MWh).

Le transport du personnel et l'usage des voitures de sociétés sont exclus du périmètre lorsque l'électricité et le combustible proviennent d'une source située en dehors du périmètre. (carte carburant, par exemple).

Comme pour les autres usages, le niveau de granulométrie dépend des catégories de transport et de leurs poids énergétique respectifs. Il est clair qu'un parc de vélo électrique ne peut être regroupé avec un parc de camionnettes. De plus, des sous-catégories seront requises, afin de pouvoir distinguer les km parcourus par une voiture de ceux parcourus par des engins plus massifs (camion, véhicule off-road, etc.).

Si le transport n'est pas un usage significatif, il n'est pas obligatoire de l'intégrer au périmètre.

4.5.4 DÉFINITION DES UTILITÉS

L'énergie transformée à l'intérieur du périmètre de l'UTG et distribuée entre différents usages est appelée « Utilité ». Il s'agit donc à la fois d'une énergie et de l'usage de cette énergie. Une utilité est donc distribuée via un réseau.

Cette notion correspond aux « usages répartis » dans la première version de cette méthodologie.

Les utilités les plus fréquemment rencontrées sont :

- l'électricité photovoltaïque ;
- le froid alimentaire positif ou négatif.

Dans un supermarché, la présence de bacs de congélation autonomes ne sont pas des utilités et sont raccordés directement à l'électricité.

L'intérêt de faire apparaître des utilités est multiple :

- 1) Facilite la répartition des énergies qui y sont liées. Par exemple, il n'est pas aisé de répartir l'électricité provenant du réseau et de panneaux PV entre les différents usages. Le recours à une utilité « électricité consommée » supprime cette difficulté.
- 2) Facilite le calcul de la quantité d'énergie exportée (vendues) sous forme d'une utilité, par exemple d'un réseau de chaleur. En effet, les exports sont déduits de la consommation et donc du périmètre. Le recours aux utilités permet ainsi de facilement établir le bilan et vérifier son exactitude.

4.5.5 DÉFINITION DES INDICATEURS D'ACTIVITÉ (PERTINENTS)

Pour chaque usage significatif, il est important de définir un indicateur d'activité qui caractérise le plus justement possible le niveau d'activité de cet usage.

L'indicateur d'activité doit permettre, au final, de prendre en compte l'évolution de l'activité de l'UTG et donc de ses consommations. Pour ce faire, on aura recours à la notion de signature énergétique d'un bâtiment ou d'un procédé (voir §5.8.2). Cette signature permettra de calculer une consommation spécifique pour chaque usage, exprimant la proportionnalité qui existe entre la consommation énergétique de l'usage et la valeur de son indicateur d'activité. Cette consommation spécifique sera ensuite utilisée dans le calcul de l'indice d'amélioration de l'efficacité énergétique (§5.7.1). C'est à ce niveau que se jouera la qualité de l'audit.

Le bon sens de l'auditeur suffit la plupart du temps à définir cet indicateur d'activité.

Par exemple, le chauffage d'un bâtiment dépend des conditions climatiques hivernales. Le degré-jour est un indicateur d'activité.

Un usage qui dépendrait de plusieurs facteurs doit être décomposé en plusieurs usages.

Par exemple, le chauffage d'un laboratoire peut dépendre des conditions climatiques hivernales, la température et l'humidité extérieure. La consommation chauffage est dès lors décomposée en deux usages : l'un dépendant de la température extérieure et l'autre de l'humidité extérieure.

La consommation de l'usage étant proportionnelle à l'indicateur d'activité, un talon de consommation peut apparaître si une partie de la consommation ne dépend pas de cet indicateur d'activité. Le talon de consommation va donc permettre de définir à son tour un ou plusieurs usages.

Par exemple, la consommation de la chaudière sert à chauffer le bâtiment et l'eau chaude sanitaire. Cette dernière représente le talon de consommation c'est-à-dire une partie de la consommation qui ne dépend pas du climat.

L'indicateur d'activité est pertinent au sens où il doit être indépendant de la variable que l'on souhaite améliorer.

Par exemple, si l'action d'amélioration consiste à réduire le temps d'éclairage (par exemple via des détecteurs de présence), l'indicateur d'activité ne peut pas être le « temps d'éclairage ».

On associera un indicateur d'activité (le plus approprié possible) même aux usages dont la consommation est pressentie comme étant invariable d'une année à l'autre.

Par exemple, l'ECS variera avec le nombre d'occupants, même si ce nombre ne devrait pas varier dans les années futures.

Résumons ci-dessous un certain nombre de règles qui permettent ainsi d'orienter le choix de l'usage et de l'indicateur d'activité qui lui est associé :

1. La consommation de l'usage est supposée proportionnelle à l'indicateur d'activité.
2. Un usage correspond à un indicateur d'activité déterminé et à une consommation spécifique.
3. Si plusieurs usages dépendent du même indicateur d'activité, ceux-ci peuvent être regroupés en un seul usage les globalisant tous, afin de limiter le nombre total d'usages et de simplifier le modèle énergétique.
4. L'unité choisie pour l'indicateur d'activité peut intégrer l'impact climatique (été comme hiver). Ainsi, pour tenir compte de la rigueur de l'hiver, les degrés-jours pourront être utilisés.
5. Pour chaque régime de production d'un même équipement, on définira un indicateur d'activité qui lui est associé.

4.5.6 COLLECTE DES DONNÉES

Dans les chapitres précédents relatifs à l'analyse des flux, l'auditeur s'est attelé un premier temps à la description de l'enveloppe et des systèmes. Ensuite, l'identification, la description des usages et des installations et les indicateurs d'activité lui ont permis de mettre en évidence les données à collecter.

Par données, on entend les informations suivantes au sens large du terme : les données de consommation, les données relatives aux indicateurs d'activité, mais aussi les données issues de campagnes de mesures.

L'auditeur, dans son travail d'engineering, estimera les ordres de grandeur par usage et affinera ensuite ses hypothèses en termes de besoins nets, de consommations finales et donc de rendement des installations.

Le fait de disposer de données annuelles pour les consommations et les indicateurs d'activité reste insuffisante à l'établissement d'un modèle fiable. En effet, l'établissement de la corrélation entre consommation et indicateur d'activité requiert de disposer du profil de consommation en fonction de l'indicateur d'activité. Pour le chauffage du bâtiment (et tout autre usage principalement lié au climat) il paraît indispensable de disposer au minimum de données représentatives des saisons hivernales et estivales (idéalement 12 données mensuelles). On parle dans ce cas de signature énergétique (voir §5.8.2).

Il est possible dans certains cas d'établir une relation entre consommation et indicateur d'activité, représentative d'une année complète, sur base de données ponctuelles.

Par exemple, la consommation d'un serveur informatique (spécifique aux opérations de traitement de données, pas au conditionnement des salles) va par exemple essentiellement dépendre de la quantité d'opérations effectuées, qui ne varie probablement pas significativement d'une saison à l'autre.

L'auditeur devra donc collecter des données sub-annuelles probantes (relevés de compteur, monitoring par GTC, quarts-horaires) ou, à défaut, réaliser une campagne de mesures sur une période représentative portant au minimum sur 50% de la consommation totale en énergie primaire de l'UTG.

Le travail d'engineering se poursuit usage par usage, mais également dans un effort de conciliation : la somme des consommations des usages doit, in fine, être égale à la somme de vecteurs énergétiques qui entrent dans le périmètre.

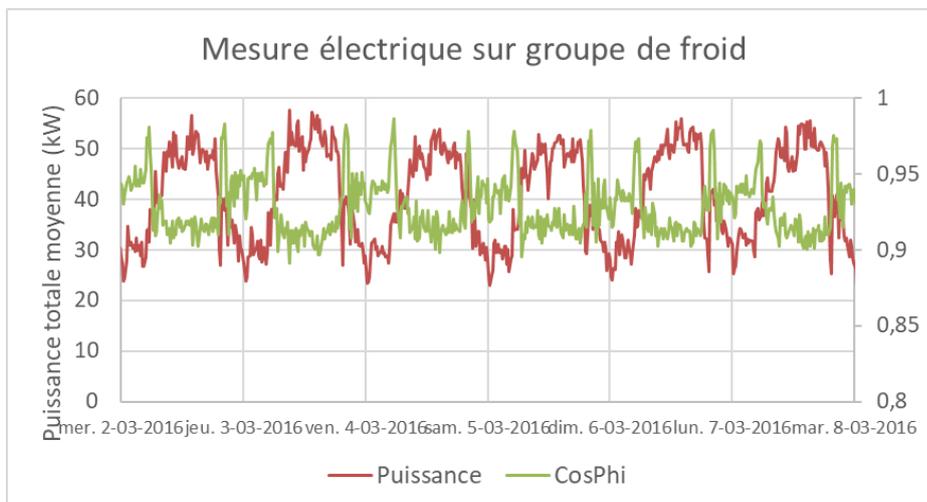
4.5.7 CAMPAGNE DE MESURES

La réalisation d'une campagne de mesure est obligatoire. Elle permet d'établir la consommation d'un usage particulier, mais elle a aussi un objectif propre : détecter des anomalies et dysfonctionnements afin de contribuer à l'identification des actions d'amélioration.

Notons qu'il n'est pas obligatoire que l'auditeur réalise la mesure lui-même. Ce qui est important c'est qu'il dispose de données fiables. Celles-ci peuvent donc être issues des équipements de comptage ou de monitoring de l'entreprise.

Les mesures seront réalisées en continu sur une période minimale de 1 semaine (weekend inclus) et représentative du fonctionnement normal de l'équipement et/ou de l'UTG.

Par exemple, une campagne de mesure d'une semaine est réalisée sur le départ électrique des groupes de froid négatif.



4.5.8 EXTRAPOLATION

L'auditeur peut réaliser l'analyse et l'extrapolation sur divers types de données (tant les consommations que les indicateurs d'activité) qui peuvent déjà être disponibles, le cas échéant, avant le démarrage de l'audit (par exemple via GTC, BMS ou autres enregistrements).

La consommation annuelle de l'équipement ou de l'usage mesuré peut être extrapolée à partir de la période de mesure représentative. La méthode d'extrapolation sera détaillée dans le rapport d'audit.

Par exemple, les mesures réalisées sur le groupe de froid dans le graphique ci-avant permettent de calculer une consommation électrique de 6788 kWh correspondant à 1 semaine d'enregistrement et visualisant des consommations de jours et de nuits, week-end compris. En supposant que les 52 semaines sont identiques (mesures réalisées au mois de mars, dans l'entre saison), on en déduit une consommation annuelle de 353020 kWh.

Cette valeur ainsi calculée pourra en outre être utilisée pour calculer la rentabilité de l'action d'amélioration relative à la régulation de l'équipement.

Dans le cas où une mesure **ponctuelle** de la puissance absorbée est suffisante pour extrapoler avec précision la consommation annuelle d'un équipement, cette technique est autorisée, du moment qu'elle soit correctement documentée.

4.5.9 RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS À PARTIR DES COMPTEURS

L'auditeur se référera aux différentes techniques d'ingénierie en électricité, en thermique et en thermodynamique pour évaluer chacune des consommations le plus précisément possible.

Cette évaluation sera basée sur :

- les factures et les relevés de compteurs, les relevés pointe-quart horaire, le détail des consommations électriques heures pleines, et heures creuses ;
- des analyses de données énergétiques de l'entreprise telles que la signature énergétique du bâtiment ou de l'activité opérationnelle (y compris procédé industriel),
- des mesures de puissances électriques absorbées ou de consommations thermiques ;
- des estimations de temps de fonctionnement des équipements ;
- des calculs de contenu énergétique basés sur la thermique du procédé industriel (enthalpie, air humide, air comprimé...);

Par exemple, 95 ouvriers se douchent tous les jours (1 douche = 50 litres, rendement 100%, chauffage électrique). La consommation annuelle peut être calculée suivant : $50 \text{ litres} \cdot 4.186 \text{ kJ/kg/K} \cdot (45^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \cdot 95 \text{ ouvriers} \cdot 220 \text{ jours} / 3600 \text{ s/h} = 42529 \text{ kWh}$.

- des clés de répartitions liées à l'expérience des responsables de production, de maintenance de l'UTG.

Les hypothèses de calculs seront très clairement énoncées et seront intégralement reprises dans le rapport d'audit.

L'ensemble des informations relatives aux consommations par usage et aux indicateurs d'activité est repris dans un tableau de consommation (cf. 5.6.1).

4.6 RÉPARTITION ET MODÉLISATION ÉNERGÉTIQUES

4.6.1 TABLEAU DES CONSOMMATIONS ET DES ÉMISSIONS

L'audit reprendra une analyse détaillée des flux énergétiques résumée sous forme de 3 tableaux d'énergies consommées (énergies en unités comptables, finales, primaires) et un tableau des émissions de CO₂.

Le total des énergies consommées sera égal au contenu énergétique de l'ensemble des énergies entrant dans le périmètre du site moins les énergies qui en sortent.

Le tableau des consommations réunit toutes les informations chiffrées de l'UTG. Dans ce tableau, les vecteurs énergétiques sont identifiés en colonne, les usages énergétiques et les indicateurs d'activité en lignes. Les utilités (en vert) sont reprises en lignes et en colonnes, cela permet de quantifier l'énergie consommée (ligne) et la répartir par usages. (colonnes). Chaque croix représente une valeur de consommation.

Année de référence 2020	Energies consommées				Utilités	Indicateurs d'Activité		
	EL Electricité réseau (kWh)	GN Gaz naturel réseau (kWh _s)	PP Propane Bouteille (kWh _s)	AC Air Comprimé (Nm ³)		Description	Valeurs	Unités
Bâtiments								
Chauffage	x	x					x	x
Eclairage	x						x	x
Ventilation	x						x	x
Opérationnel								
Nettoyage à l'air comprimé					x		x	x
Gonflage à l'air comprimé					x		x	x
Soudage au chalumeau			x				x	x
Soudage arc électrique	x						x	x
Utilité								
Compression d'air	x							
Total	x	x	x	x				

La notion d'utilité pour l'air comprimé prend tout son sens. L'air comprimé est produit avec de l'électricité et est utilisé pour deux usages nettement distincts (avec des indicateurs d'activité différents). Plutôt que d'exprimer la consommation de ces 2 usages en termes d'électricité, elles seront directement exprimées en volume d'air comprimé consommé. Le passage par un vecteur transformé permet une répartition entre plusieurs usages et un suivi annuel beaucoup plus intuitifs et intelligibles par les utilisateurs de l'UTG.

4.6.1.1 TABLEAU DES CONSOMMATIONS EN UNITÉS D'ÉNERGIES COMPTABLES

Le tableau des consommations en unités d'énergies comptables rassemble les résultats des consommations des différents usages de l'UTG et résultant du travail de collecte, mesures et calculs (§4.5)

4.6.1.2 TABLEAU DES CONSOMMATIONS EN UNITÉS D'ÉNERGIES FINALES

En utilisant les coefficients de conversion en unités d'énergie finale du §4.5.2, l'auditeur établira un tableau de consommation en énergie finale pour l'année de référence.

Il joindra à l'audit une illustration de ce tableau sous forme de graphique en camembert.

Dans le cas où l'activité opérationnelle représente moins de 25%, il joindra également un graphique en camembert illustrant la répartition des pertes thermiques à travers les diverses catégories de parois de l'enveloppe du bâtiment et de la ventilation.

4.6.1.3 TABLEAU DES CONSOMMATIONS EN UNITÉS D'ÉNERGIES PRIMAIRES

En utilisant les coefficients de conversion en en unités d'énergie primaire du §4.5.2, l'auditeur établira un tableau de consommation en énergie primaire pour l'année de référence.

Il joindra à l'audit une illustration de ce tableau sous forme de graphique en camembert.

4.6.1.4 TABLEAU DES ÉMISSIONS DE CO₂

En utilisant les coefficients de conversion en CO₂ du §4.5.2, l'auditeur établira un tableau des émissions de CO₂ pour l'année de référence.

Il joindra à l'audit une illustration de ce tableau sous forme de graphique en camembert.

4.6.2 CONSOMMATION SPÉCIFIQUE ET MODÈLE ÉNERGÉTIQUE

La **consommation spécifique** (CS) est le ratio entre la consommation totale d'un usage et la valeur de l'indicateur d'activité (IA) de cet usage.

Les consommations spécifiques pour la situation de référence sont les données centrales du modèle énergétique puisque c'est sur base de celles-ci (et des indicateurs d'activité) que le modèle prédit la quantité totale d'énergie que l'UTG devrait consommer les années ultérieures, à supposer que l'UTG n'ait pas subi de modification (autres que les indicateurs d'activité) au cours de ces années.

Le modèle énergétique décrit alors consommation totale (C) de l'UTG d'après la formule suivante :

$$C = \sum_i [CS_i(ref) * IA_i]$$

où la somme est effectuée sur les « i » usages de l'UTG.

Les entrées du modèle sont les indicateurs d'activité (IA). La sortie principale du modèle est la consommation globale.

Le concept de modèle est applicable en énergie finale et en énergie primaire, mais aussi en émissions de CO₂, ayant alors recours aux « émissions spécifiques » plutôt qu'aux « consommations spécifiques ».

Le modèle énergétique s'identifie en tout et pour tout au tableau des consommations et on pourrait dire qu'il est le tableau de consommations.

Le fait, dans une année ultérieure, que la consommation totale de l'UTG reste fidèle à la prédiction du modèle n'implique pas automatiquement que les CS soient restées inchangées. En effet, une consommation totale fidèle au modèle pourrait très bien résulter de la dégradation de certaines CS en parallèle de l'amélioration d'autres CS.

Notons enfin que les CS peuvent également être vus comme un outil pour l'évaluation de l'économie énergétique occasionnée par une action d'amélioration (§4.4.3). Il suffit en effet de comparer la consommation totale résultant des CS « améliorées » avec la consommation totale résultant des CS « inchangés » pour évaluer le pourcentage d'économie.

De la même manière, pour chacun des usages significatifs identifiés dans le tableau des émissions en CO₂, l'auditeur calculera une **émission spécifique de référence ES_i(ref)** :

$$Emissions = \sum_i [ES_i(ref) * IA_i]$$

4.7 INDICES DE PERFORMANCE

La méthodologie a été développée pour caractériser les performances énergétiques, CO2 et renouvelable d'une UTG.

Le périmètre énergétique de l'UTG évolue au cours des années en fonction du climat et de l'activité de l'entreprise. La performance énergétique ne peut donc pas juste être mesurée sur la base d'une réduction des factures, mais doit être calculée en comparaison à une consommation d'énergie de référence.

L'écart entre la consommation prédite et la réalité est dès lors représentative de l'amélioration énergétique réalisée.

Par exemple, un supermarché produit des pains. S'il produit 2 fois plus de pains, la consommation prédite sera 2 fois supérieure à la consommation de référence. Si la consommation réelle du four n'a pas augmenté cela peut indiquer le gain énergétique dû à l'investissement dans un nouveau four plus performant (l'amélioration réalisée).

La méthodologie définit dès lors 3 indices de performances qui seront utilisés pour monitorer les performances de l'UTG (§5).

4.7.1 iEE

L'indice d'amélioration global de l'Efficacité Énergétique «**iEE**» est calculé sur base des consommations spécifiques de l'année de référence, en identifiant :

- les indicateurs d'activité de l'année de suivi ;
- les énergies primaires consommées lors de l'année de suivi.

L'**iEE** pour l'année de suivi est défini de la manière suivante :

$$iEE \text{ (suivi)} = \left[1 - \frac{\text{Consommation réelle de l'année de suivi}}{\text{Consommation prédite de l'année de suivi}} \right]$$

Où les consommations réelles et prédites sont **calculées en énergie primaire**

la **consommation prédite** de l'année de suivi est calculée par la formule suivante :

$$\sum_i [CS_i(\text{réf}) * FI_i(\text{suivi})]$$

i est le nombre d'usages

$CS_i(\text{réf})$ est la consommation spécifique de référence de l'usage i

$FI_i(\text{suivi})$ est l'indicateur d'activité de l'usage i pour l'année de suivi

4.7.2 iCO₂

L'indice d'amélioration global de l'efficacité en CO₂ «**iCO₂**» est calculé, sur base des émissions spécifiques de l'année de référence, en identifiant :

- les indicateurs d'activité de l'année de suivi ;
- les émissions de CO₂ lors de l'année de suivi.

L'**iCO2** pour l'année de suivi est défini de la manière suivante :

$$iCO2 \text{ (suivi)} = \left[1 - \frac{\text{Emission réelle de l'année de suivi}}{\text{Emission prédite de l'année de suivi}} \right]$$

Où les émissions réelle et prédite sont calculées en TCO₂

l'émission prédite de l'année de suivi est calculée de la manière suivante :

$$\sum_i [ES_i(\text{réf}) * FI_i \text{ (suivi)}]$$

i est le nombre d'usages

ES_i(réf) est l'émission spécifique de référence de l'usage *i*

FI_i(suivi) est l'indicateur d'activité de l'usage *i* pour l'année de suivi

4.7.3 iSER

Le calcul de l'indice des Sources d'Énergie Renouvelable permet de suivre l'évolution de la production et de la consommation d'énergie transformée à partir de sources d'énergies locales.

L'indice iSER est défini comme le rapport entre, d'une part, l'énergie finale produite à partir de sources renouvelables ayant pour origine le périmètre et consommée au sein de l'UTG, d'autre part, l'énergie finale totale consommée par l'UTG.

$$iSER \text{ (suivi)} = \frac{P_{SER} \text{ (suivi)}}{E_f \text{ (suivi)}}$$

- où P_{SER} (suivi) est la production d'énergie renouvelable dont l'origine est imputable au périmètre de l'UTG pour l'année de suivi.
- E_f est la consommation d'énergie finale de l'UTG pour l'année de suivi

Nous remarquons, dans cette définition, que la production d'électricité renouvelable qui n'est pas autoconsommée n'est pas comptabilisée par l'indice iSER.

Par exemple, une installation de panneaux PV sur les toits du bâtiment de l'UTG produit 200 000 kWh d'électricité par an. L'UTG autoconsomme la totalité de son énergie renouvelable produite. La consommation totale de l'entité est de 1 000 000 kWh/an :

$$P_{SER} = 200\ 000 \text{ kWh}$$

$$E_f = 1\ 000\ 000 \text{ kWh}$$

$$iSER = 20 \%$$

4.8 VALIDATION DU MODÈLE ÉNERGÉTIQUE

La présente méthodologie impose que les usages soient **significatifs** (§4.5.3.1) et que les indicateurs d'activité soient pertinents (§4.5.5), c'est-à-dire que le modèle énergétique soit **fiable** et **précis**

Un modèle énergétique sera considéré comme **fiable** si la consommation de l'UTG est entièrement prédite sur la base des consommations spécifiques de référence et des indicateurs d'activité c'est-à-dire que les indices de performances réels, globaux ou par usage, correspondent aux performances prédites. Pour ce faire, il est nécessaire de calibrer le modèle. (5.8.5)

Un modèle sera considéré comme **précis** s'il ne présente pas de biais (5.8.1) et si le niveau d'incertitude du modèle est inférieure à 25% (5.8.4).

4.8.1 ABSENCE DE BIAIS

Pour l'année de référence, l'auditeur doit démontrer l'absence de biais dans le modèle.

Il s'agit d'une simple vérification mathématique : l'auditeur vérifie qu'il a bien couvert 100% du périmètre et que la somme des consommations des usages correspond au total des énergies facturées.

En pratique l'auditeur doit vérifier que les consommations réelles et prédites sont égales, c'est-à-dire que :

$$\text{Energies facturées} = \sum_i [CS_i(\text{réf}) * FI_i(\text{réf})]$$

Cette étape peut paraître évidente pour l'auditeur consciencieux mais elle est essentielle. Elle permet notamment de vérifier que le calcul utilisant les coefficients de conversion (dont ceux concernant les utilités s'il y en a) est exact et qu'en conséquence l'énergie (dont celle liée aux utilités) a été correctement répartie entre les usages significatifs.

4.8.2 SIGNATURE ÉNERGÉTIQUE

Afin de prouver que le modèle est précis, l'auditeur devra démontrer, au moins pour l'usage significatif prépondérant de l'UTG, que l'indicateur d'activité est une variable explicative pertinente.

Il établit pour se faire la signature énergétique de cet usage en analysant l'évolution des consommations mensuelles de cet usage.

La signature énergétique consiste à établir un graphique de consommations (en ordonnée) par rapport à l'indicateur d'activité (en abscisse) et de vérifier que les différentes consommations suivent une tendance linéaire.

Par exemple soit une UTG ayant comme usage unique le chauffage du bâtiment, les consommations et degrés-jours mensuels, hebdomadaires ou journalier peuvent être utilisés pour établir la signature énergétique

La présente méthodologie n'impose pas de réaliser une signature pour chacun des usages significatifs. La démonstration devra couvrir un minimum de 25% de la consommation énergétique en énergie primaire totale de l'UTG et incluant au minimum l'usage prépondérant de l'UTG.

Il est recommandé d'établir les signatures énergétiques des usages le plus tôt possible, d'autant qu'elles ne nécessitent aucune information autre que les données mensuelles (hebdomadaire ou journalière) de l'année de référence.

Un indice de bonne linéarité consiste, dans la présente méthodologie, à obtenir un coefficient de détermination R^2 supérieur à 0,75¹⁰.

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

où

y = une valeur observée

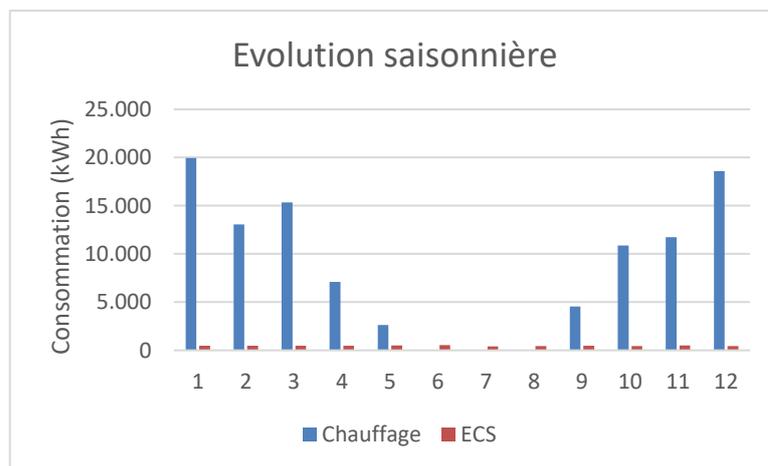
\bar{y} = moyenne des valeurs observées

\hat{y} = valeur de l'observation modélisée

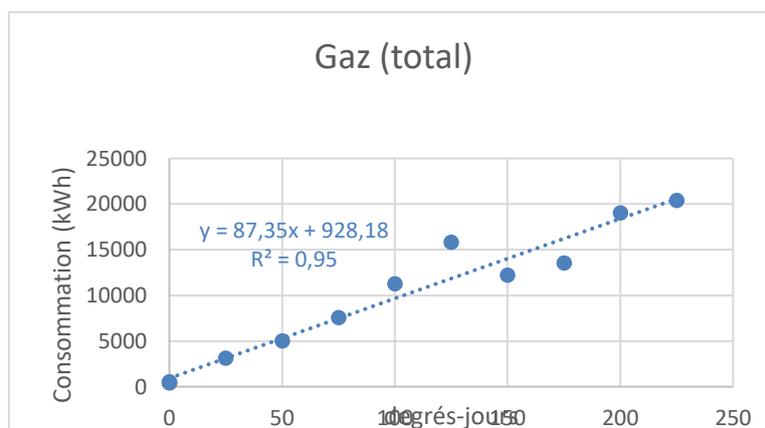
Ces valeurs sont aisément calculées dans un tableur comme Excel au moyen de la formule « =DROITEREG() ».

Signature énergétique – Exemple 1

Soit une UTG équipée d'un système de chauffage au gaz, lequel assure le chauffage du bâtiment et l'ECS au profil de consommation suivant :



La signature énergétique de l'usage gaz est obtenue par la régression linéaire suivante :



ég 1: Consommation gaz = 87,35 * DJ + 928,18 kWh

¹⁰ Dans la méthodologie PLAGE, une valeur de R^2 supérieure à 0,75 est considérée comme acceptable.

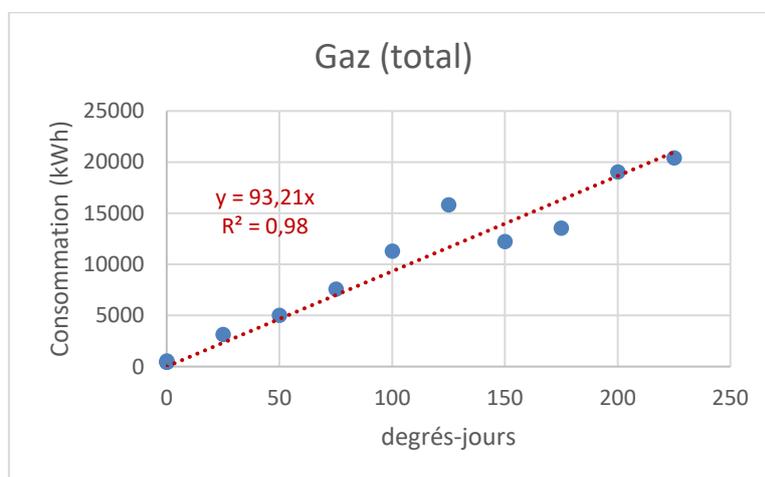
Dans ce cas (ég1), nous créons 2 usages dans le tableau de consommation

- Usage 1 - Consommation de chauffage avec la **somme des degrés-jours** comme IA
- Usage 2 - Consommation d'ECS avec la **somme des mois** comme IA

Signature énergétique – Exemple 2

Dans l'exemple précédent une simplification est possible car l'ECS représente 5,1% de la consommation de gaz et n'est donc pas un usage significatif (§4.5.3.1.). L'ECS peut être fusionné avec l'usage « chauffage ». Ceci génère bien sûr une petite erreur¹¹, puisque dans ce cas on conclut que la consommation d'ECS varie avec le climat.

La régression linéaire sur base des consommations fusionnées, la signature énergétique devient :



ég 2 : Consommation gaz = 93,21 * DJ

Nous pouvons dès lors simplifier le tableau de consommation en créant 1 seul usage :

Usage 1 – Consommation de chauffage + ECS avec la **somme des degrés-jours** comme IA

4.8.3 PLAGES DE VALIDITÉ

La plage de validité d'un indicateur d'activité correspond à l'ensemble des valeurs de l'indicateur d'activité utilisé dans une signature énergétique, minorée de 25% (limite minimale) et majorée de 25% (limite maximale).

Dans les exemples 1 et 2 du chapitre précédent, les plages de validité sont donc l'intervalle [0-281¹²]

Ces limites seront utilisées pour la définition des ajustements de la référence (§ 5).

¹¹ En calculant la différence de consommation prédite entre les équations 1 et 2, on calcule une différence de 4,2%

¹² Valeur minimale 0 car les DG ne peuvent être négatifs et 225+25% (valeur maximale)

4.8.4 INCERTITUDE DU MODÈLE

L'incertitude et donc la précision d'une signature énergétique est calculée par le Coefficient de Variation de l'erreur quadratique moyenne, le CV(RMSE¹³) :

$$CV(RMSE) = \frac{\sqrt{\frac{\sum(\text{Résidus})^2}{DLL}}}{\text{moyenne des valeurs observées}}$$

où

Résidu = $\hat{y} - y$

DLL = nombre de degrés de liberté du modèle

Dans la présente méthodologie, une valeur de CV(RMSE) inférieure à 14% est considérée comme acceptable.

L'incertitude du modèle correspond à l'incertitude propagée des usages significatifs de plus de 25% (pour lesquels l'auditeur a donc dû établir une signature énergétique). Elle est calculée à partir du RMSE des différentes signatures énergétiques :

$$\text{Incertitude Propagée} = \sqrt{\sum \left[\left(\frac{RMSE_i}{\text{Conso moy}_i} \right)^2 \right]}$$

La précision du modèle est égale à 100% - Incertitude Propagée.

Un modèle sera considéré comme **précis** s'il ne présente pas de biais et si l'incertitude du modèle est inférieure à 25%.

4.8.5 CALIBRATION GLOBALE

Pour démontrer que le modèle est fiable, il convient de le calibrer c'est-à-dire de valider la prédiction des consommations sur une deuxième année, antérieure ou postérieure à l'année de référence, c'est-à-dire sur un deuxième ensemble de valeurs des indicateurs d'activité.

Par exemple, soit UTG ayant un usage unique, le chauffage du bâtiment ; et en l'absence de toute amélioration ou dégradation des performances du système de chauffage : si les DJ chauffage sont 10% plus élevés en 2023 qu'en 2020, cette validation doit confirmer que les consommations prédites sont 10% plus élevées que les consommations de 2020.

La tolérance admise est un écart relatif de 25%.

Dans le dernier exemple, le modèle sera considéré comme calibré si les consommations prédites en 2023 sont comprises entre 75 et 125% de la consommation 2020.

Bien entendu, si l'UTG subit une dégradation de son efficacité énergétique entre les 2 années, les consommations prédites et réelles risquent d'être plus éloignées. L'auditeur justifiera dans ce cas la dégradation observée.

A l'inverse, si l'UTG met en œuvre des améliorations entre les 2 années, la différence calculée entre la consommation prédite et la consommation observée devra être égale à l'économie réalisée telle que reprise dans le plan d'action. Cet écart mesurera donc effectivement l'amélioration réalisées par l'UTG (§5.7.1).

¹³ Root Mean Square Error

4.9 PLAN D'ACTION

Après avoir été identifiées, les actions d'améliorations ont été référencées comme « retenues » ou « écartées » (§4.4.2).

Ensuite chacune des améliorations a été évaluée suivant les critères de rentabilité et de fiabilité (§4.4.3). Dans ce cadre certaines des actions pourront être exclues de l'objectif après les résultats d'une étude de faisabilité.

Le **plan d'action** est défini comme la liste détaillée des améliorations retenues et rentables correspondant à au moins l'un des critères suivants :

- Réalisées depuis l'année de référence ;
- Dont le PBT est inférieur à 5 ans ;
- Dont le PBT est inférieur au seuil admissible.

Le rapport d'audit reprend le plan d'action sous forme d'un tableau conforme au canevas publié par l'Institut.

4.10 OBJECTIFS D'AMÉLIORATION

Les objectifs d'amélioration de l'UTG sont ceux qui découlent des résultats du plan d'action

- En ce qui concerne la consommation d'énergie primaire, exprimée en kWhp et en % (par rapport au total de la consommation prédite d'énergie) ;
- En ce qui concerne les émissions de CO₂, exprimées en TCO₂ et en % (par rapport au total des émissions prédites de CO₂) ;
- En ce qui concerne la consommation d'énergie renouvelable, exprimée en kWhf et en % (par rapport au total de la consommation d'énergies finales pour l'année de référence).

Le calcul des objectifs tient compte des effets interactifs (§4.4.3.2) et des actions mutuellement exclusives (§4.4.3.3).

L'auditeur a établi un plan d'action reprenant les améliorations rentables. Suite à un déménagement, au développement de nouveaux produits, à la disparition de lignes de production, à de nouvelles contraintes de qualité ou environnementales lesquelles influencent les consommations et émissions de référence, etc., certaines améliorations deviennent moins stratégiques. Dans cette situation, l'entreprise a intérêt à se donner la liberté de réaliser l'une ou l'autre amélioration, qui n'était pas nécessairement reprise dans le plan d'action au départ mais qui, après étude complémentaire, peut s'avérer nettement plus pertinente. C'est pour cette raison que la méthodologie prévoit exclusivement le recours à un objectif de résultat. Les moyens mis en œuvre pour atteindre ce résultat gardent ainsi une certaine souplesse.

Le calcul des indices d'amélioration (iEE et iCO₂) après 4 ans permettra de vérifier que l'UTG a atteint ses objectifs et respecté les obligations de son permis d'environnement.

5 SUIVI ANNUEL ET AJUSTEMENT

Le suivi annuel des performances de l'UTG permet à l'UTG de monitorer son état d'avancement, année après année, par rapport à ses objectifs.

Il consiste à comparer une situation annuelle réelle avec une situation prédite par le modèle énergétique, par exemple comparer des consommations réelles avec des consommations prédites.

Il ne fait pas partie de l'audit à proprement parler et n'est donc pas obligatoire. Par contre, le suivi des performances après 4 ans, permet pour les UTG concernées de vérifier que les objectifs définis sont atteints.

Dans certains cas de figure, on observe lors du calcul des indices de performance, que ceux-ci ne reflètent pas la réalité de l'UTG.

Une des causes possibles résulte de ce que le périmètre de l'UTG a évolué et que cette évolution n'a pas été prise en compte par l'évolution des indicateurs d'activité. Cette évolution donnera lieu un **ajustement structurel** de la base de référence.

Par exemples :

- un hôpital a développé une nouvelle activité ;*
- un supermarché développe un rayon poissonnerie*
- des bureaux installent une climatisation pour éviter l'absentéisme en période de canicule ;*
- la prise en compte de l'ensoleillement sur le rendement de production des panneaux PV*

L'ajustement structurel consiste à ajouter un nouvel usage et un nouvel IA dans le tableau de consommation. La consommation de référence de cet usage est donc celle calculée lors de l'année de suivi.

Une autre cause résulte de l'apparition d'un événement inattendu qui modifie la situation de la base de référence. Ce type d'événement donnera lieu à un **ajustement conjoncturel** de la base de référence.

Par exemples,

- l'apparition de consommations liées à des travaux de rénovation d'une partie du bâtiment ;*
- l'apparition d'une surconsommation limitée dans le temps liée à une panne de la régulation*

L'ajustement conjoncturel consiste à ajouter une nouvelle consommation au dénominateur des indices de performance.

6 VÉRIFICATION DE L'ATTEINTE DES OBJECTIFS

La vérification ne fait pas partie de l'audit à proprement parler.

Vérifier l'atteinte des objectifs consiste à calculer les indices (§5.7) de l'UTG sur la base des consommations, émissions et fraction renouvelables prédites par le modèle, à l'année d'échéance, en tenant compte des consommations de référence (§4.6.2), des indicateurs d'activité actualisés (§4.5.5), et des éventuels ajustements (§5) dûment justifiés et validés par l'auditeur.

Si l'UTG concernée répond aux critères de gros consommateur¹⁴, le titulaire du permis d'environnement dispose de quatre ans pour atteindre les objectifs définis au §4.10.

Par exemple, pour un permis délivré en août 2024 (année de validation de l'audit 2023 ; année de référence 2020), la vérification de l'objectif devra donc avoir lieu au plus tard en août 2028, sur la base de la validation de l'année 2027.

Le titulaire du permis d'environnement dispose de 4 ans pour atteindre l'objectif d'économie en énergie primaire du plan d'action de l'audit énergétique. Une incertitude sur le résultat de la vérification de 10% sera généralement tolérée.

Lors du processus de vérification, l'UTG vérifiera que l'objectif d'économie en énergie primaire est atteint via l'étape de validation globale (§5.8). L'indice iEE calculé pour l'année de vérification est comparé aux actions d'amélioration réalisées depuis l'année de référence. Les pourcentages d'économie des actions d'amélioration sont calculés en divisant les gains énergétiques (CO₂) par les consommations (émissions) prédites de l'année de vérification.

Dans le cas où l'iEE n'est pas atteint, l'auditeur réalisera l'étape de validation par usage (§5.8.2) et apportera des ajustements éventuels au modèle de référence (§5).

¹⁴ <https://environnement.brussels/pro/reglementation/obligations-et-autorisations/laudit-energetique>

ANNEXE 1 - VUE SYNTHETIQUE DES ÉTAPES DE L'AUDIT MIXTE



AUDIT MIXTE

WHY : contexte climatique, amélioration continue, COBRACE
WHAT : méthodologie rigoureuse, mesurable, traçable, opposable
HOW : leadership, ressources, coordination (energy team)
 ➔ Obligation de résultat

VÉRIFICATION
 ✓ L'institut approuve que les objectifs sont atteints

$$EEI_{N+4} > EEI_{objectif}$$

MISE À JOUR DU TABLEAU DES CONSOMMATIONS

- ✓ Evaluer les consommations de l'Année N par usage
 - ✓ Améliorations
 - ✓ Dégradations
 - ✓ Ajustement

CALCUL DES PERFORMANCES PAR USAGE

- ✓ Comparaison et analyse des consommation usage i Année N
 - ✓ consommation prédite usage i

CALCUL DE LA PERFORMANCE GLOBALE

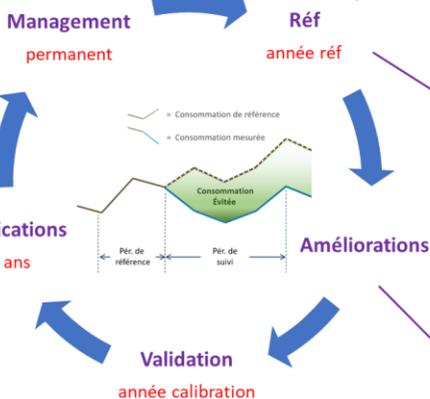
- ✓ Actualisation de l'activité
- ✓ Ajustement de la référence
- ✓ Comparaison et analyse des
 - ✓ consommation réelle Année N
 - ✓ consommation prédite

INDICE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

$$EEI_N = 1 - (C_N / C_{prédite})$$

$$C_{prédite} = \sum [C_{si, réf} * IA_{i, N}] + Ajustement$$

Durée du cycle: 4 ans



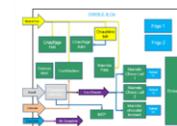
PÉRIMÈTRE ET ANNÉE DE RÉFÉRENCE

- ✓ Choisir l'année de référence
- ✓ Identifier le périmètre:
 - ✓ Identifier les vecteurs énergétiques
 - ✓ Lister et décrire les installations

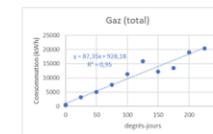


ANALYSE DES FLUX

- ✓ Réaliser le diagramme de flux
- ✓ Collecter les données des vecteurs énergétique et CO2
- ✓ Etablir le tableau des consommations
 - ✓ Usages significatifs en ligne
 - ✓ Vecteurs énergétiques en colonnes
- ✓ Relever les consommations de référence de l'année 0 par usage : mesures, relevés, compteurs, calculs, hypothèses, clés de répartition
- ✓ Etablir le tableau des consommations primaire, CO2
- ✓ Itérer (=conciliation avec intrants énergétiques)



Usage	Année 0	Année N	Année N+1	Année N+2	Année N+3	Année N+4
Chauffage	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Éclairage	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Électrique	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Autres	1000	1000	1000	1000	1000	1000



PLAN D'ACTIONS D'AMÉLIORATION & OBJECTIF

- ✓ Identifier les actions d'amélioration
- ✓ Evaluer les actions d'amélioration non écartées
 - ✓ Rentabilité (PBT, calcul du seuil)
- ✓ Etablir le plan d'actions
- ✓ Définition des objectifs

$$EEI_{objectif} = \frac{\text{Actions retenues}}{C_{prédite}}$$

VALIDATION DU MODÈLE

- ✓ Absence de biais

$$C_{réf} = \sum [C_{si, réf} * IA_{i, réf}]$$

- ✓ Signature énergétique
- ✓ Plage de validité
- ✓ Incertitude du modèle
- ✓ Calibration globale

$$EEI_{réf} = 0\%$$

Année	EEI	Consommation	Prédite	Réelle	Écart	Pré
0	0	10000	10000	10000	0	0
1	0.1	10000	10000	9000	1000	0.1
2	0.2	10000	10000	8000	2000	0.2
3	0.3	10000	10000	7000	3000	0.3
4	0.4	10000	10000	6000	4000	0.4
5	0.5	10000	10000	5000	5000	0.5



ANNEXE 2 – COEFFICIENTS DE CONVERSION EN ÉNERGIE

Pour les besoins de calcul, les coefficients de conversion en énergie primaire sont ceux repris à l'article 5 de l'Arrêté PEB¹⁵ :

Vecteur énergétique	fp (kWhp/kWhs)
Combustible fossile	1
Biomasse ¹⁶	1
Electricité	2,5
Chaleur (réseau)	1

Pour les besoins de conversion des consommations facturées, les rapports PCI / PCS sont les suivants :

Vecteur énergétique	PCI/PCS OVW/BVW
Gaz naturel	0,9
Gaz de pétrole liquéfié ¹⁷	0,92
Gasoil (mazout)	0,94
Charbon	0,96
Bois	0,9
Biomasse ¹⁸	0,9
Electricité	1
Chaleur (réseau)	1

¹⁵ Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 26 janvier 2017 (révision du 14 juillet 2022) établissant les lignes directrices et les critères nécessaires au calcul de la performance énergétique des unités PEB et portant modification de divers arrêtés d'exécution de l'ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie

<https://environnement.brussels/pro/reglementation/textes-de-loi/legislation-coordonnee-de-la-reglementation-certificat-peb>

¹⁶ Il s'agit de la fraction non durable de la biomasse au sens de la directive 2018/2001 version du 07/06/2022

¹⁷ Parmi les gaz de pétrole liquéfié il faut considérer le butane, propane, LPG et ceux de composition inconnue

¹⁸ Il s'agit de la fraction non durable de la biomasse au sens de la directive 2018/2001 version du 07/06/2022

ANNEXE 3 – COEFFICIENTS DE CONVERSION EN CO2

Pour les besoins de calcul, les coefficients de conversion en CO2 sont ceux repris à l'article 6 de l'Arrêté PEB¹⁹ :

Vecteur énergétique	fCO2 (kgCO2/kWhi)	fCO2 (kgCO2/kWhs)
Gaz naturel	0,202	0,202
Gaz de pétrole liquéfié ²⁰	0,228	0,228
Gasoil (mazout)	0,267	0,267
Charbon	0,341	0,341
Bois	0,403	0,403
Biomasse ²¹	0,360	0,360
Electricité	0,395	0,395
Chaleur (réseau)	0,403	0,403

¹⁹ Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 26 janvier 2017 (révision du 14 juillet 2022) établissant les lignes directrices et les critères nécessaires au calcul de la performance énergétique des unités PEB et portant modification de divers arrêtés d'exécution de l'ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie

<https://environnement.brussels/pro/reglementation/textes-de-loi/legislation-coordonnee-de-la-reglementation-certificat-peb>

²⁰ Parmi les gaz de pétrole liquéfié il faut considérer le butane, propane, LPG et ceux de composition inconnue

²¹ Il s'agit de la fraction non durable de la biomasse au sens de la directive 2018/2001 version du 07/06/2022



ANNEXE 4 – CONCEPT D’INCERTITUDE SUR LA RENTABILITÉ

La présente annexe développe la notion d’incertitude de l’évaluation d’une action d’amélioration (autant sur son coût que sur sa rentabilité) dans le calcul du PBT afin de ne pas exclure des actions qui pourraient être rentables si leur incertitude était affinée.

Si une action d’amélioration a **en réalité**, c’est-à-dire **lors de sa mise en œuvre**, un PBT de 4 ans, elle devrait être incluse dans le plan d’action. Pourtant si l’auditeur l’évalue avec 50% d’incertitude sur l’investissement (l’investissement coûte en réalité la moitié du prix estimé), celle-ci en sera exclue.

*Exemple : Soit une action d’amélioration **réalisée**. Celle-ci a nécessité un investissement de 1000 € et génère une économie de 250 € par an. L’amélioration est donc rentable (PBT = 4 ans).*

Pourtant, lors de l’évaluation du plan d’action, l’auditeur a évalué cette amélioration avec une incertitude de 10% sur l’investissement et 20% sur le gain énergétique, soit un investissement de 1100 € et une économie de 200 € par an à PBT = 5,5 ans. L’amélioration aura donc été exclue du plan d’action, par excès de prudence de l’auditeur.

Le tableau suivant montre l’évolution du PBT d’une action d’amélioration estimée rentable en 4 ans en fonction d’un pourcentage de surévaluation de l’investissement et de sous-évaluation du gain énergétique attendu :

PBT		incertitude sur investissement							
		0%	10%	25%	50%	75%	100%	150%	200%
Incert Economie	0%	4,0	4,4	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0
	-20%	5,0	5,5	6,3	7,5	8,8	10,0	12,5	15,0
	-25%	5,3	5,9	6,7	8,0	9,3	10,7	13,3	16,0

La méthodologie intégrera donc cette surévaluation de l’investissement ou cette sous-évaluation du gain énergétique comme une incertitude de manière à faire évoluer le seuil de rentabilité.

Une incertitude de 0% n’est rencontrée que lorsque l’amélioration a effectivement été mise œuvre (investissement connu et économie mesurée). Ce sera le cas pour une action déjà réalisée au moment d’évaluer le plan d’action.

En pratique, dans le cadre de la méthodologie, une incertitude de 25% dans les estimations sera considérée comme « normale » pour une évaluation prudente par l’auditeur.

L’incertitude retenue pour une action réalisée ou évaluée de manière « certaine » sera donc :

- Incertitude sur l’investissement : 25%
- Incertitude sur le gain énergétique : 25%

Le calcul du seuil admissible de rentabilité d’une action d’amélioration est donné par :

$$Seuil_{admissible} = 5 * \frac{(1 - 25\%) * (1 + \%I)}{(1 + 25\%) * (1 - \%E)}$$

ANNEXE 5 – EXEMPLES D'AMÉLIORATIONS

Liste, non exhaustive, des améliorations :

Bâtiment

Enveloppe

- Amélioration de la performance thermique des parois du volume protégé (sols, murs, toitures, ouvertures)
- Amélioration de l'étanchéité à l'air
- Réduction des apports solaires en période estivale (surchauffe, éblouissement)

HVAC

- Amélioration du rendement de production des équipements de chauffage (y compris l'eau chaude sanitaire) et de refroidissement
- Amélioration de l'efficacité des groupes de traitement d'air (récupération d'énergie, variation de fréquence, ...)
- Amélioration de la distribution (et le cas échéant du stockage) de l'eau de chauffage, de l'eau chaude sanitaire, de l'eau glacée, de l'air (isolation, débit, partitionnement)
- Amélioration de l'émission
- Amélioration de la régulation (intensité, intermittence, destruction d'énergie,...)
- Amélioration de la maintenance (plan, fréquence, contrôle)

Eclairage intérieur et extérieur

- Amélioration du rendement des luminaires (type de lampe, type de luminaire)
- Amélioration de la distribution d'éclairage (intensité, zonage)
- Amélioration de la régulation (minuterie, détection de présence, sonde crépusculaire,...)

Autres

- Amélioration des consommations liées à la bureautique y compris salles serveurs
- Amélioration d'ordre organisationnel : par exemple regroupement d'activités dans certaines zones ou certains bâtiments pour rationaliser l'exploitation des bâtiments

Activités opérationnelles

Forces motrices

- Amélioration de l'efficacité des moteurs (qualité, normes, utilisation, récupération de chaleur ...)
- Amélioration de la gestion du fonctionnement des moteurs (marches à vide, ...)

Fours

- Amélioration le rendement de combustion (rapport air / gaz, température des fumées, température de l'air entrant)
- Récupération de chaleur
- Optimisation de la gestion du fonctionnement des fours en fonction des processus industriels en place
- Amélioration de l'extraction de l'air vicié ou nocif

Comptabilité énergétique

- Amélioration de la comptabilité énergétique en place par ajout de compteurs, dispositifs de rapatriement de données, suivi automatique des données et conclusions ...



Utilités : Air comprimé - vide - eau glacée- vapeur (condensats) - eau chaude, ...

- Amélioration des conditions de production du fluide concerné
- Amélioration de la distribution du fluide concerné
- Vérification de l'adéquation entre les besoins aux points d'utilisation et les paramètres de production
- Amélioration de la régulation du fluide concerné

Transport

- Choix du type de véhicule en fonction de la charge
- Optimisation des trajets routiers
- Evitement des retours à vide
- Optimisation du chargement des véhicules et automatisation de la gestion des chargements
- Solutions techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti
- Utilisation des lubrifiants à économie d'énergie
- Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique
- Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)
- Utilisation de carburants alternatifs, électrification
- Amélioration du suivi des consommations
- Eco-conduite

Catégorie énergies renouvelables et cogénération

- Energie Renouvelable
- Cogénération

ANNEXE 6 - DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

COBRACE - Ordonnance portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie, 2/05/2013 - mise à jour au 19/01/2023,
http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2013050209&table_name=loi

Arrêté du 8/12/2016 du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'audit énergétique des grandes entreprises et à l'audit énergétique du permis d'environnement – mise à jour du 06/10/2021,
<https://www.ejustice.just.fgov.be/eli/arrete/2016/12/08/2016031863/justel>

Directives efficacité énergétique:

Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance, 25/10/2012,

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0027&qid=1699965425232>

Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast) (Text with EEA relevance)

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001&qid=1695186598766

ISO 50001 :2018 - Systèmes de management de l'énergie — Exigences et recommandations pour la mise en oeuvre,
<https://www.iso.org/fr/standard/69426.html>

Norme belge, NBN EN 16247-1, Audits énergétiques - Partie 1 : Exigences générales, août 2022,
<https://www.nbn.be/en/>

Méthodologie d'audit des accords de branche en Wallonie 2014-2023, 03/03/2016,
<http://energie.wallonie.be/fr/les-accords-2014-2020.html?IDC=7863>

Modaliteiten van deze energiebeleidsovereenkomst 2023-2026 voor VER-bedrijven en niet VER-bedrijven

<https://ebo-vlaanderen.be/nl/de-ebos>

Un PLAGE pour les grands parcs immobiliers
<https://environnement.brussels/pro/reglementation/obligations-et-autorisations/un-plage-pour-les-grands-parcs-immobiliers>

Formations à l'audit mixte en Région de Bruxelles capitale

<http://www.pirotech.be/formations/agrement-des-auditeurs/>

La normalisation climatique du froid industriel, Juillet 2015, <http://www.pirotech.be/publications-bat/>

La normalisation climatique du chauffage d'un bâtiment industriel, Décembre 2014,
<http://www.pirotech.be/publications-bat/>

Normalisation des données de consommation énergétique, Juin 2015,
http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/proc_20150611_normalisation_fr.pdf