

# Mesure de la Performance Énergétique des Bâtiments

Concepts • Termes clés • Glossaires





#### **Responsables du document**

**Séverine DEMEYER** / LNE et

**Paul CALBERG-ELLEN** / BIOMASSE NORMANDIE

#### **Contributeurs**

**Myriam HUMBERT** et **Constance LANCELLE** / CEREMA

**Maxime RAYNAUD** / CSTB

**Alain KOENEN** / LNE

**Véronique LE SANT** / LNE

**Laurent IBOS** / CERTES-UPEC

**Roy DABEE** / H3C ÉNERGIES

**Guillaume PANDRAUD** / SAINT-GOBAIN

**Patrick SCHALBART** / ARMINES

Version 1.0 du 13/08/2019

Recherche méthodologique appliquée à la mesure de la performance énergétique des bâtiments tertiaires et des bâtiments collectifs résidentiels neufs ou faisant l'objet de rénovations globales.

Suggestion pour la citation du document : Mesure de la performance énergétique du bâtiment / Concepts - termes clés - glossaires. Fondation Bâtiment Énergie, 2020.



## 01

# Introduction

### 1.1 Un glossaire sur la MPEB : mais pour quoi faire ?

1.1.1 La MPEB aujourd'hui, des contours flous  
et un intérêt peu évident

1.1.2 Le virage vers la recherche  
d'une performance réelle, mesurée,  
démontrée

1.1.3 Des synergies avec de nouveaux services  
dans le bâtiment

1.1.4 Un cadre à poser

### 1.2 Le glossaire, résultat d'un travail collectif d'appropriation des textes existants et de mise en cohérence pour les besoins spécifiques de la MPEB

1.2.1 Démarche globale

1.2.2 Étude bibliographique

1.2.2.1 Autour de la notion de performance  
énergétique

1.2.2.2 Autour de la notion de mesure  
et vérification (M&V)

1.2.3 Teneur des discussions entre les  
contributeurs : le travail de convergence

1.2.3.1 Pourquoi séparer performance  
énergétique mesurée et performance  
énergétique non mesurée ?

1.2.3.2 Quel type de grandeur peut-on attacher  
au terme indicateur de performance  
énergétique ?

1.2.3.3 La performance intrinsèque doit être  
définie. Oui, mais... comment ?

1.2.3.4 Qu'est-ce qu'un déterminant de la  
performance énergétique ?

1.2.3.5 Les définitions des textes existants  
(notamment ISO52000-1 et directive  
européenne 2018/544) ne peuvent-elles  
pas être réutilisées telles quelles ?

1.2.4 En sortie, quelles évolutions sont proposées  
par rapport aux textes existants ?

5

6

6

6

9

9

10

10

11

11

12

12

12

13

14

17

17

18

## 02

# Glossaire des concepts

20

2.1 La performance énergétique mesurée

21

2.1.1 À l'échelle du bâtiment

22

2.1.2 À l'échelle d'un sous-ensemble du bâtiment

28

2.1.3 En lien avec la prise en compte de l'incertitude

28

2.2 La performance énergétique  
non mesurée

29

2.3 Compléments techniques :  
cartographie des concepts

31

2.4 Compléments techniques :  
l'utilisation de la SED pour déterminer  
la performance énergétique mesurée

32

2.4.1 La démarche, étape par étape

32

2.4.2 Calage et ajustement... rien à voir !

33

2.5 Compléments techniques  
concernant les indicateurs de  
performance énergétique :  
comment bien les choisir ?

35

2.5.1 IPE servant à suivre l'évolution de la  
performance sur un bâtiment en particulier

35

2.5.2 IPE servant à comparer la performance  
d'un bâtiment par rapport à d'autres

39

## 03

# Glossaire d'application

40

## 04

# Bibliographie

56



# Acronymes utilisés dans le document

**AAPE** : action d'amélioration de la performance énergétique

**CEE** : certificat d'économie d'énergie

**CPE** : contrat de performance énergétique

**CREM** : conception réalisation exploitation maintenance

**CTA** : centrale de traitement d'air

**DJU** : degrés jours unifiés

**DOE** : dossier des ouvrages exécutés

**DPE** : diagnostic de performance énergétique

**ECS** : eau chaude sanitaire

**FDD** : fault detection and diagnosis

**GPEI** : garantie de performance énergétique intrinsèque

**GRE** : garantie de résultat énergétique

**IPE** : indicateur de performance énergétique

**MPEB** : mesure de la performance énergétique des bâtiments

**MPPE** : marché public de performance énergétique

**M&V** : mesure et vérification

**PEB** : performance énergétique du bâtiment

**PMV** : plan de mesure et de vérification

**PPP** : partenariat public privé

**REM** : réalisation exploitation maintenance

**RSE** : responsabilité sociétale des entreprises

**RT** : réglementation thermique

**SED** : simulation énergétique dynamique

**SME** : système de management de l'énergie

**STD** : simulation thermique dynamique

# Introduction



# 1.1 Un glossaire sur la MPEB : mais pour quoi faire ?

## 1.1.1 LA MPEB AUJOURD'HUI, DES CONTOURS FLOUS ET UN INTÉRÊT PEU ÉVIDENT

La MPEB, Mesure de la Performance Énergétique des Bâtiments, est aujourd'hui, pour l'ensemble des acteurs du monde de la construction, et notamment les maîtres d'ouvrages, un objet aux contours flous et à l'intérêt a priori peu évident. L'enquête réalisée par l'IFPEB et Viviane Hamon Conseil en mars 2016, en préambule du projet de recherche sur la MPEB, est à ce titre très éclairante<sup>1</sup> :

- sur les contours : parmi les maîtres d'ouvrages, même chez les innovateurs précoces, c'est-à-dire ceux qui, en phase de démarrage d'un nouveau marché, sont en capacité de saisir les « signaux faibles », « la MPEB reste un concept à définir : ces contours demeurent flous et hétérogènes »,
- sur l'intérêt : « La MPEB n'est donc pas apparue [comme] une source de création de valeur, en soi. (...) Nous pouvons dire que les responsables de programmes ne perçoivent pas la création de valeur que pourrait proposer la MPEB. »

Pour autant, de nombreux éléments laissent à penser que la MPEB pourrait jouer un rôle important dans les années à venir.

## 1.1.2 LE VIRAGE VERS LA RECHERCHE D'UNE PERFORMANCE RÉELLE, MESURÉE, DÉMONTRÉE

Dans le monde du bâtiment, la recherche d'une performance énergétique existe depuis plus de 40 ans avec l'apparition de la première réglementation thermique en 1974 pour les bâtiments d'habitation. Cette réglementation a progressivement évolué et les dispositifs du diagnostic de performance énergétique (DPE) et des certificats d'économie d'énergie (CEE) sont venus renforcer il y a environ 15 ans la gamme des outils traitant de la performance des bâtiments. Mais la performance dont il est question avec ces dispositifs est une performance « a priori ». Elle est souvent calculée avant la construction ou la rénovation du bâtiment, et donc nécessairement indépendamment de la réalité du fonctionnement du bâtiment<sup>2</sup>.

Cependant, depuis 10 ans environ, la recherche de l'effectivité des actions entreprises (obligation de résultat) semble progresser par rapport à l'exigence de moyens. D'ores et déjà, cela se traduit par :

- les tests d'étanchéité à l'air, obligatoires dans les constructions neuves de type habitation,
- le développement des engagements de résultats énergétiques (type CPE, voir plus bas),

<sup>1</sup> Accessible à l'adresse : <http://www.batiment-energie.org/doc/60/FBE-Etude-MPEB-RAPPORT-FINAL-VF.pdf>

<sup>2</sup> Pour le DPE, plusieurs modalités de calcul existent et le propos n'est valable que pour certaines de ces modalités.



- la nécessité de démontrer l'amélioration de la performance dans les démarches de management de l'énergie, dans la nouvelle version (publiée en août 2018) de la norme NF EN ISO 50001.
- l'obligation de réaliser des actions de réductions des consommations d'énergie dans les bâtiments à usage tertiaire (article 175 de la loi ELAN<sup>3</sup>), avec une obligation associée de réduction de consommation d'énergie finale (décret et arrêté d'application en attente),

Ces exigences ont toutes en commun de nécessiter la mise en place d'un dispositif de mesure visant à démontrer que la performance réelle, c'est-à-dire constatée sur le bâtiment, correspond bien à l'objectif recherché.

On peut également citer d'autres initiatives, à l'étranger, ou sur des domaines autres que le bâtiment :

- en France, dans le cadre du Fonds chaleur, l'ADEME conditionne le versement de la totalité de l'aide attribuée à la démonstration de la quantité de chaleur renouvelable produite par une installation de production d'énergie (bois et solaire thermique notamment),
- en Suisse, le Canton de Genève a mis en place un programme, baptisé Ambition Négawatt<sup>4</sup>, visant à inciter les entreprises et les collectivités publiques à mettre en œuvre des actions d'économie d'énergie. Une réduction du coût de l'énergie est accordée en contrepartie de la mise en place d'un système de management de l'énergie (SME) incluant la mise en place d'un Plan de Mesure et Vérification (PMV),
- en Belgique, la Région de Bruxelles-Capital a adopté en 2018 une réglementation « PLAGE » (Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique)<sup>5</sup>, qui vise l'atteinte d'une réduction de la consommation d'énergie réelle, via un dispositif s'apparentant à un SME,
- en Europe, le projet ICP (Investment Confidence Project)<sup>6</sup> vise à standardiser la façon dont les projets d'efficacité énergétique sont développés, de manière à améliorer la transparence, la cohérence et la fiabilité des projets d'efficacité énergétique, pour in fine renforcer la confiance des investisseurs dans le marché de l'efficacité énergétique. Les aspects de MPEB, via les notions de mesure et vérification font partie des éléments de standardisation imposés par le projet ICP.



#### POUR ALLER PLUS LOIN SUR LES CONTRATS DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE (CPE)

Les CPE sont définis par la directive 2012/27/UE comme « un accord contractuel entre le bénéficiaire et le fournisseur d'une mesure visant à améliorer l'efficacité énergétique, vérifiée et surveillée pendant toute la durée du contrat, aux termes duquel les investissements (travaux, fournitures ou services) dans cette mesure sont rémunérés en fonction d'un niveau d'amélioration de l'efficacité énergétique, qui est contractuellement défini ou d'un autre critère de performance énergétique convenu, telles que des économies financières. »

En France, l'observatoire des contrats de performance énergétique a proposé en 2017 de retenir une définition légèrement différente, qui pré-

<sup>3</sup> Accessible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2018/11/23/TERL1805474L/jo/texte#JORFARTI000037639678>

<sup>4</sup> Voir : <https://ww2.sig-ge.ch/entreprises/optimisation-energetique/negawatt>

<sup>5</sup> Voir : <https://environnement.brussels/thematiques/energie/plan-local-daction-pour-la-gestion-energetique>

<sup>6</sup> Voir : [europe.eepformance.org](http://europe.eepformance.org)



cise certains aspects : « [Un CPE se définit comme] un contrat conclu entre le maître d'ouvrage d'un bâtiment ou d'un parc de bâtiments et un fournisseur de mesures destinées à améliorer l'efficacité énergétique visant à garantir, par rapport à une situation de référence contractuelle, une diminution des consommations énergétiques du bâtiment ou du parc de bâtiments, vérifiée et mesurée dans la durée, par un investissement dans des travaux, fournitures ou services. La rémunération du fournisseur de mesures est, au moins en partie, corrélée au niveau d'amélioration de l'efficacité énergétique généré par cet investissement. »

Le CPE correspond à la contractualisation d'une démarche de garantie de résultats énergétique (GRE), dont les fondements ont été posés par le rapport Jouvant-Costa sur la Garantie de performance Énergétique d'avril 2012. En 2016, la Fondation Bâtiment Énergie a publié un ouvrage de référence sur le sujet de la GRE : Méthode et outils de la garantie de résultats énergétiques, bâtiments tertiaires et collectifs [1].

Dans le secteur public, le CPE correspond à une liste limitée de « véhicules » juridiques :

- marché public de service, ou marché public mixte fourniture et service en cas de livraison de l'énergie par le titulaire du CPE, ou marché public de travaux et service,
- marché public global de type Réalisation, Exploitation, Maintenance (REM) ou Conception Réalisation Exploitation Maintenance (CREM) [applicable jusqu'au 31 mars 2016 – on parlait de MPPE, Marché Public de Performance Énergétique],
- contrat de partenariat [applicable jusqu'au 31 mars 2016 – on parlait de CPPE, Contrat de Partenariat de Performance Énergétique],
- marchés publics globaux de performance [applicable depuis le 1er avril 2016],
- marchés de partenariat [applicable depuis le 1er avril 2016].

Le tableau 1 présente une synthèse des principales caractéristiques de la commande publique, applicable depuis le 1er avril 2016, pour mettre en œuvre des CPE dans le secteur public, ainsi que la correspondance avec les anciens types de montage.

Tableau 1 : Synthèse des principales caractéristiques des outils de la commande publique pour la mise en œuvre de CPE dans le secteur public (d'après (2)).

		MARCHÉS DE PARTENARIAT	MARCHÉS PUBLICS GLOBAUX DE PERFORMANCE
Référence à l'ordonnance n°2015-899 du 23/07/15 relative aux marchés publics		art. 66 et suivants	art. 34
Anciens montages		Tous les PPP sans transfert significatif de risques d'exploitation Contrat de partenariat	REM CREM
Missions englobées	Conception	Possible	Possible
	Réalisation	Obligatoire	Obligatoire
	Financement	Préfinancement total ou partiel	Non
	Exploitation-maintenance	Possible	Obligatoire
	Gestion service public	Possible	Non ?
Maîtrise d'ouvrage		Personne privée (dans le respect des prérogatives de la personne publique)	Personne publique
Possibilité de développer des recettes annexes		Explicitement prévue	Non explicitement prévue, mais a priori possible





### 1.1.3 DES SYNERGIES AVEC DE NOUVEAUX SERVICES DANS LE BÂTIMENT

Les nouveaux services proposés autour du traitement de données (big data), de la modélisation des bâtiments (évolution des capacités des simulations énergétiques dynamiques et objets connectés - alimentant en données les outils de simulation), du pilotage des bâtiments (agrégateurs d'effacement, etc.), renforcent encore la probabilité que la MPEB prenne demain une place plus importante dans le monde du bâtiment.

Des synergies fortes existent en effet entre ces sujets. Le déploiement de l'une ou l'autre des facettes contribuera ainsi vraisemblablement à rendre plus attractifs les autres, par mutualisation des coûts et des moyens.

### 1.1.4 UN CADRE A POSER

Si la MPEB correspond à un champ technique vraisemblablement amené à se développer, comme exposé dans les paragraphes précédents, c'est un domaine que tous les acteurs du bâtiment abordent déjà aujourd'hui d'une manière ou d'une autre. On a cité plus haut les tests d'étanchéité à l'air, les contrats de performance énergétique, et on pourrait ajouter que des éléments tels que les cibles dans les contrats d'exploitation avec intérêt, l'utilisation des simulations énergétiques dynamiques, etc. font aussi partie du champ de la MPEB.

Pour autant la compréhension qu'en ont les différents acteurs et l'utilisation qu'ils en font sont très **hétérogènes** à l'heure actuelle.

Le glossaire sur la MPEB proposé ici vise à poser un cadre conceptuel, via des définitions formelles et la mise en place de concepts, afin que les acteurs ayant à manipuler ces objets, aujourd'hui déjà et certainement encore plus demain, partagent un langage et une vision commune.



#### L'ANTAGONISME

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE MESURÉE / PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE NON MESURÉE

Soulignons d'ores et déjà que le document est structuré autour d'un antagonisme qui nous semble essentiel dans le paysage de la performance énergétique. Il existe d'un côté une performance énergétique mesurée, et de l'autre une performance énergétique non mesurée.

La performance énergétique non mesurée a l'avantage d'être facilement mobilisable, et ce notamment dès les phases de conception. Mais son utilisateur doit impérativement avoir à l'esprit qu'elle peut par construction ne pas correspondre à ce qui se passe réellement sur le bâtiment. À l'inverse la performance énergétique mesurée, si elle peut parfois être plus complexe à mettre en œuvre, est la seule qui peut être utilisée comme preuve de performance.



## 1.2 Le glossaire, résultat d'un travail collectif d'appropriation des textes existants et de mise en cohérence pour les besoins spécifiques de la MPEB

Ce chapitre a vocation à retracer le chemin emprunté par le groupe des contributeurs pour aboutir à ce document.

### 1.2.1 DÉMARCHE GLOBALE

Pour établir le glossaire, une approche d'analyse bibliographique, assortie de temps d'échanges visant à faire converger les visions des différents contributeurs, a été retenue. Un premier temps d'analyse a permis de mettre en lumière la terminologie rencontrée autour des notions de performance énergétique et de mesure et vérification (M&V) dans les textes normatifs. Ce premier temps a permis de constater la présence de nombreuses définitions pour un même terme ainsi que de termes différents pour désigner des objets identiques, même dans le monde normatif.

Dans un second temps, l'ensemble des contributeurs a été invité à alimenter une liste des termes à associer à la MPEB, puis à les classer en faisant apparaître les termes qui paraissaient particulièrement importants dans l'utilisation de la MPEB. À l'issue de ce travail, 170 termes étaient recensés, dont 18 « essentiels ».

Le dernier temps a consisté en un travail de tri, de mise en cohérence et d'harmonisation parmi les 18 termes essentiels identifiés, assortis pour la plupart d'une définition issue de la littérature existante, visant à donner au lecteur, comme une recette de cuisine, à la fois :

- les ingrédients : les termes clés,
- la recette : la façon de les assembler, en faisant des liens entre les termes,
- des photos : des illustrations, des exemples de l'utilisation de ces notions.

À l'issue de ce travail, 18 termes figurent finalement au cœur du « glossaire des concepts », assortis d'illustrations et de textes de liaison.

En parallèle les 140 termes restants suite au recensement des termes ont été compilés, triés et mis en cohérence dans un « **glossaire d'application** » (chap. 03), qui vise à accompagner le praticien dans la mise en œuvre concrète des méthodes associées à la MPEB, au-delà des éléments de compréhension fondamentaux du glossaire des concepts.



## 1.2.2 ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1.2.2.1 AUTOUR DE LA NOTION DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Les notions de performance énergétique ont été abordées dans la littérature existante via divers documents principalement normatifs. Le tableau 2 fait état des principales informations tirées de chacun des documents.

Tableau 2 :

Textes analysés concernant la notion de performance énergétique et principaux apports pour le projet de recherche

TITRE DU DOCUMENT	SYNTHÈSE DE L'APPORT POUR LE PROJET DE RECHERCHE
<p><b>ISO 52000-1</b> Performance énergétique des bâtiments Évaluation cadre PEB - Partie 1 : cadre général et modes opératoires</p>	<p>Ensemble de définitions, en grande partie en lien direct avec le projet. Mise en cohérence nécessaire pour une application spécifique à la performance énergétique mesurée, alors que le document est centré sur la performance énergétique non mesurée (même si la performance énergétique mesurée est abordée).</p>
<p><b>ISO 52018-1</b> Performance énergétique des bâtiments – Indicateurs pour des exigences PEB partielles liées aux caractéristiques du bilan énergétique thermique et du bâti – Partie 1: Aperçu des options</p>	<p>Décrit un ensemble d'indicateurs envisageables pour quantifier la performance énergétique</p>
<p><b>EN 15316-1</b> Performance énergétique des bâtiments – Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 1 : Généralités et expression de la performance, Modules M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4</p>	<p>Décrit un ensemble d'indicateurs envisageables pour quantifier la performance énergétique, spécifiquement sur les systèmes</p>
<p><b>ISO 52003-1</b> Performance énergétique des bâtiments -Indicateurs, exigences, appréciations et certificats - Partie 1 : Aspects généraux et application à la performance énergétique globale</p>	<p>Apport de définitions, en grande partie en lien direct avec le projet (idem ISO 52000-1). Mise en cohérence nécessaire pour une application spécifique à la performance énergétique mesurée, alors que le document est centré sur la performance énergétique non mesurée.</p>
<p><b>EN 15378-3</b> Production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Partie 3 : performance énergétique mesurée, Modules M3-10, M8-10</p>	<p>Apports méthodologiques concernant la MPEB et les indicateurs associés.</p>
<p><b>Directive européenne 2018/844</b></p>	<p>Apport de définitions, en grande partie en lien direct avec le projet (idem ISO 52000-1). Mise en cohérence nécessaire pour une application spécifique à la performance énergétique mesurée, alors que le document est centré sur la performance énergétique non mesurée (« pour les besoins tant de la certification de la performance énergétique [DPE] que de la conformité aux exigences minimales en matière de performance énergétique [réglementation thermique] »).</p>

**Remarque:** la norme ISO52000-1 fait partie d'une série visant à l'harmonisation internationale de la méthodologie d'évaluation de la performance énergétique des bâtiments. Cette série est appelée « ensemble de normes PEB ». La série des normes PEB utilise une structure modulaire, dont la 52000-1 donne le cadre. À l'exception de la directive européenne 2018/844, l'ensemble des textes présentés dans le tableau 2 correspond à des normes de la série « ensemble des normes PEB ».



### 1.2.2.2 AUTOUR DE LA NOTION DE MESURE ET VÉRIFICATION (M&V)

Les notions de mesure et vérification ont été elles aussi abordées dans la littérature existante via divers documents principalement normatifs. Le tableau 3 fait état des principales informations tirées des documents.

Tableau 3 :

Textes analysés concernant la notion de mesure et vérification (M&V) et principaux apports pour le projet de recherche

TITRE DU DOCUMENT	SYNTHÈSE DE L'APPORT POUR LE PROJET DE RECHERCHE
<b>NF EN ISO 50001</b> Systèmes de management de l'énergie – exigences et recommandations pour la mise en œuvre (août 2018)	<p>Mise en évidence des divergences puis réconciliation. 152 termes définis à travers les différents textes, dont 25 termes communs à au moins deux textes différents et 91 définis uniquement dans l'un des documents.</p>
<b>ISO 50015</b> systèmes de management de l'énergie – Mesure et Vérification de la performance énergétique des organismes – principes généraux et recommandations (11 mars 2015)	
<b>ISO 50006</b> systèmes de management de l'énergie – mesurage de la performance énergétique à l'aide des Performances Énergétiques de Référence (PER) et d'Indicateurs de Performance Énergétique (IPE) – Principes généraux et lignes directrices (25 mars 2015)	
<b>FD X30-148</b> Mesure et vérification de la performance énergétique – Techniques de détermination des économies d'énergie et incertitudes associées (9 mars 2016)	
<b>ISO 17741</b> Règles techniques générales pour la mesure, le calcul et la vérification des économies d'énergie dans les projets (7 juillet 2014)	
<b>Projet de norme ISO/FDIS 50047</b> Économies d'énergie – Détermination des économies d'énergie dans les organismes (1 <sup>er</sup> juillet 2016)	
<b>IPMVP</b> Principes fondamentaux – Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance (avril 2017)	

### 1.2.3 TENEUR DES DISCUSSIONS ENTRE LES CONTRIBUTEURS : LE TRAVAIL DE CONVERGENCE

Les paragraphes suivants traduisent une partie des échanges qui ont eu lieu entre les contributeurs. Ces échanges nous semblent révélateurs :

- des variétés de points de vue existant à l'heure actuelle dans le monde du bâtiment,
- de la possibilité de converger vers une vision commune,
- du chemin suivi pour opérer cette convergence.

Il ne s'agit pas dans ces paragraphes de faire un relevé exhaustif du contenu des discussions, mais plutôt de mettre en exergue quelques points saillants des échanges, permettant d'illustrer les 3 points ci-dessus.

#### 1.2.3.1 POURQUOI SÉPARER PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE MESURÉE ET PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE NON MESURÉE ?

De nombreuses incompréhensions, autour des notions de performance énergétique dans le bâtiment, proviennent, comme évoqué déjà un peu plus haut dans le texte, d'une hétérogénéité importante des visions et des concepts.

L'un des premiers écueils que l'on peut mentionner est la volonté de chercher à mettre en regard, sans précaution, une performance non mesurée et une performance mesurée.



Distinguer performance énergétique mesurée et performance énergétique non mesurée, d'un point de vue conceptuel, permet :

- de souligner les différences existantes entre les deux objets,
- et de faciliter la compréhension des précautions méthodologiques à prendre pour les comparer.

Soulignons que différentes contributions ont déjà cherché à différencier les objets, pour clarifier leur utilisation. C'est par exemple le cas des travaux présentés le 28 novembre 2012 (3) par l'IFPEB et le CSTB, qui distinguent :

- consommation réglementaire,
- consommation prévisionnelle,
- consommation réelle.

Dans cette classification, les deux premiers items sont à associer à une performance non mesurée, tandis que le dernier correspond à une performance mesurée (en première approche - voir le **glossaire de concept** - chap. 2 pour comprendre la différence entre une consommation « brute » et une performance énergétique mesurée).

### 1.2.3.2 QUEL TYPE DE GRANDEUR PEUT-ON ATTACHER AU TERME INDICATEUR DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

*A priori*, pour plusieurs des contributeurs, une variété importante de grandeurs pouvait être utilisée comme indicateurs de performance énergétique. Par exemple le coefficient U de l'enveloppe, le coefficient Q4Pa- surf d'étanchéité à l'air du bâtiment, le rendement d'une chaudière, etc. Ils sont actuellement couramment utilisés en tant qu'indicateurs de performance énergétique.

En parallèle, une grandeur dérivée de la consommation d'énergie globale du bâtiment (par exemple des kWh/m<sup>2</sup>) apparaissait aussi bien sûr comme un indicateur de performance énergétique pertinent. Le questionnement qui a vu le jour a été celui-ci : peut-on envisager que ces différentes grandeurs puissent être désignées de la même manière ? Ont-elles la même « valeur » en tant qu'indicateurs de performance énergétique ?

Il existe des différences importantes de nature entre les différents indicateurs. Le U est un flux d'énergie par unité de surface et de température, le Q4 est un débit d'air par unité de surface, le rendement d'une chaudière est un ratio sans dimension de deux quantités d'énergie, une grandeur dérivée de la consommation d'énergie globale du bâtiment est une quantité d'énergie, éventuellement ramenée à une autre unité...

Les contributeurs ont à ce moment de la réflexion convergé sur le fait qu'un indicateur de performance énergétique devait nécessairement être lié, de près ou de loin, à la consommation d'énergie du bâtiment, par essence. Mais une grandeur dérivée de la consommation d'énergie globale du bâtiment n'a pas la même valeur, à ce titre, qu'un coefficient U, Q4 ou qu'un rendement. Ces 3 dernières grandeurs ont bien un lien, d'après des lois physiques indiscutables, avec la consommation globale d'énergie du bâtiment, mais ils ne sont que des contributeurs partiels à la consommation d'ensemble. Connaître la valeur de l'une de ces grandeurs ne permet pas de connaître la performance énergétique globale. Au contraire la consommation d'énergie globale du bâtiment, ou une grandeur dérivée de cette consommation, donne bien une indication prenant en compte l'ensemble des composants du bâtiment (composants qu'on appellera "sous-systèmes"). Le niveau d'information contenu dans ces 2 types d'indicateurs est bien différent, et il nous est apparu difficile de les laisser sur le même plan.



Finalement il est apparu, comme le lecteur pourra le constater dans le glossaire, que l'utilisation du terme « indicateur de performance d'un sous-système » était plus appropriée pour désigner une performance qui peut être exprimée sous la forme d'une énergie ou d'autre grandeur physique (U d'une paroi, surface d'une paroi, débit de fuite à travers la paroi, débit d'air du système de ventilation, temps de réponse d'un automate "taux de panne d'un équipement"). Cet indicateur de performance peut par ailleurs constituer un « indicateur partiel de performance énergétique » en ce qu'il impacte a priori la performance énergétique d'ensemble du bâtiment. Par exemple le U d'une paroi peut être qualifié d'indicateur de performance énergétique, alors que ce ne sera pas le cas a priori pour le taux de panne d'un équipement...

Le terme « indicateur de performance énergétique » a lui dès lors été défini comme étant issu d'un mesurage d'une consommation d'énergie (voir définition complète dans le **glossaire des concepts** - chap. 2).

On pourra noter qu'au fil des discussions, il a été mentionné que cette séparation plus franche entre **indicateur de performance énergétique** spécifiquement attachée à une consommation d'énergie et **indicateur partiel de performance énergétique** serait un atout sur le plan juridique, car cela permet de limiter le risque d'ambiguïté.

### 1.2.3.3 LA PERFORMANCE INTRINSÈQUE DOIT ÊTRE DÉFINIE. OUI, MAIS...COMMENT ?

La performance intrinsèque d'un bâtiment est un concept qui à la fois « parle » à beaucoup d'acteurs dans le monde du bâtiment, et qui malgré tout n'a, à notre connaissance, pas de définition formelle. Par ailleurs la notion a été utilisée de manière différente à travers les travaux de plusieurs organismes. Citons notamment :

- en 2013, la charte GPEI proposée par le Plan Bâtiment Durable décline la notion de performance intrinsèque sous la forme d'une Garantie de Performance Énergétique Intrinsèque (GPEI) (4). La performance énergétique intrinsèque n'est pas directement définie, mais la GPEI « a pour objet de garantir une efficacité énergétique au **stade de la conception et des travaux** (...). La garantie **porte sur des consommations calculées** ». Dans cette approche, la détermination de la performance énergétique intrinsèque s'appuie sur des mesures, mais qui portent uniquement sur certaines grandeurs (pas uniquement des consommations d'énergie), et sur certains postes (mesure de débit des bouches de ventilation, mesure d'étanchéité des conduits, mesure des consommations de ventilateurs, mesure de la consommation des pompes de distribution électrique, etc.). Les valeurs mesurées doivent notamment servir à alimenter en données d'entrée une simulation énergétique dynamique (SED) qui indique la consommation prévisionnelle calculée du bâtiment. Aucune procédure n'est prévue pour valider que la simulation modélise correctement le comportement énergétique du bâtiment.
- en 2014, l'IFPEB indique que « le calcul RT n'est qu'un « marqueur » de la **qualité intrinsèque du bâtiment**, qui n'a pas vocation à faire le lien avec la réalité des consommations » (5),
- en 2015, le programme PACTE, porté par le ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité, lance un appel à projets pour « développer une méthodologie de **mesure globale** de la **performance énergétique intrinsèque (enveloppe et équipements techniques)** d'un bâtiment neuf ou rénové, **à la réception des travaux**, par des mesures in situ de grandeurs physiques ». L'approche performance intrinsèque semble se focaliser sur les sous-systèmes du bâtiment (enveloppe et équipements), tout en laissant apparaître le terme « globale », traduisant l'idée qu'enveloppe et équipements interagissent nécessairement pour donner une performance résultante. Deux projets sont retenus dans le cadre de cet appel à projets : MERLiN (Mesure in situ de la performance



Énergétique intrinsèque à Réception des Logements) et EPILOG (Évaluation de la Performance intrinsèque de logements) : ils **associent tous deux une mesure à réception de la performance de l'enveloppe à des vérifications et des tests fonctionnels sur les équipements.**

- le protocole ISABELE (In-Situ Assessment of the Building EnveLope pErformances) est le test utilisé dans le projet MERLiN pour la mesure de la performance avec le coefficient Htr (W/K) (coefficient de transfert thermique par transmission défini dans la norme NF EN ISO 13790:2013). D'autres protocoles existent comme QUB/e, développé par Saint Gobain ISOVER, mesurant un indicateur des déperditions de l'enveloppe HLC (cf. articles/présentations du séminaire d'instrumentation FBE sur le site internet FBE).

- dans le projet MERLiN, la notion de performance énergétique intrinsèque est définie ainsi (cf. présentation « Comment mesurer la performance intrinsèque du bâtiment » (6)) :

- **résultant des processus de construction et de réception**

- **concernant :**

- le bâti,
- les équipements énergétiques inclus à la construction,
- l'ensemble des pré réglages des équipements techniques.

- **étant vérifiable au cours du chantier et à la réception :**

- **via des inspections visuelles : présence, positionnement et conformité des composants,**
- **via des investigations spécifiques : qualité de mise en œuvre par une mesure in situ.**

La notion de performance énergétique intrinsèque du bâtiment apparaît donc, à travers ces différents travaux :

- correspondre dans tous les cas à une approche dans laquelle on souhaite juger d'une performance qui ne serait pas influencée par l'utilisation (occupants, exploitants, conditions météo). Rappelons ici que la consommation d'énergie réelle du bâtiment est la résultante des interactions complexes entre le bâti, les équipements et l'utilisation du bâtiment (voir figure 1).

- et être liée :

- soit au résultat d'une simulation énergétique (calcul RT ou pas, selon les approches), à l'échelle du bâtiment dans sa globalité,
- soit à de la mesure, mais toujours sur des sous-ensembles du bâtiment, jamais à l'échelle de l'ensemble du bâtiment. La mesure semble pouvoir être dans certaines approches une consommation d'énergie d'un poste en particulier (par exemple ventilation), ou une autre grandeur physique (débit d'air).

Finalement la notion de performance énergétique intrinsèque recouvre à la fois :

- une notion d'indicateur de performance énergétique, qui correspondrait à la consommation qu'aurait le bâtiment à réception s'il était utilisé dans certaines conditions définies. Cependant cet indicateur ne peut être que soit

- déterminé par le calcul (approche de la GPEI notamment),
- mesuré mais n'être que « partiel » (voir le **glossaire**), car déterminé par la mesure uniquement d'un sous-ensemble (par exemple l'enveloppe dans les protocoles ISABELE ou QUB/e).

- une notion de processus, de démarche qualité, permettant de s'assurer que la performance du bâtiment tel que conçu sera bien au rendez-vous, à la réception. Cette notion recouvre en tout ou partie les



notions de commissionnement, de mise au point, d'auto-contrôle, de tests fonctionnels des systèmes techniques du bâtiment.

L'expression « performance énergétique intrinsèque » nous semble ainsi être un concept qui mélange différents objets, différentes notions.

**Dans un souci de clarification, nous incitons les acteurs à limiter l'emploi de « performance énergétique intrinsèque ».**

Les utilisateurs de « performance énergétique intrinsèque » devraient notamment distinguer :

- les aspects de processus, de démarche qualité, permettant de s'assurer que la performance du bâtiment tel que conçu sera bien au rendez-vous. Comme indiqué au-dessus, ces aspects recourent des notions déjà existantes (mise au point, autocontrôle, etc.) et ce sont ces notions que nous recommandons d'utiliser, de manière plus spécifique et plus précise
- l'indicateur partiel de performance énergétique du bâtiment que peut être le coefficient  $U_{bât}$  du bâtiment, ou d'autres coefficients représentatifs de la performance de l'enveloppe. Les méthodes ISABELE, QUB/e, etc. permettent de mesurer ces indicateurs partiels de performance énergétique du bâtiment.
- une notion de performance énergétique non mesurée correspondant au bâtiment « tel que construit ». En ce sens il s'agirait d'une valeur de consommation calculée à l'aide d'un logiciel de type SED, visant à représenter le plus fidèlement possible la consommation prévisionnelle du bâtiment, dans des conditions données, déterminées conventionnellement entre les parties (actées dans les documents de définition du projet), et d'après les caractéristiques, mises à jour à la date de la livraison, de l'ensemble des composants du bâtiment (tels que normalement consignés dans les DOE, et complétés par les éventuelles mesures réalisées in situ). Plutôt que d'utiliser performance énergétique intrinsèque, le terme consommation d'énergie prévisionnelle ou performance énergétique prévisionnelle nous semble plus « transparent » car il indique clairement qu'il ne s'agit pas d'une performance mesurée.

Remarquons que dans ces trois items, qui présentent des différences importantes d'un point de vue technique (l'un est un processus, le deuxième une ou plusieurs mesures et le troisième un calcul), le caractère commun est celui du moment, qui est celui de la réception du bâtiment.



#### QUID DE « PERFORMANCE RÉELLE », « PERFORMANCE EFFECTIVE » ...

Les termes « performance intrinsèque », « performance réelle » et « performance effective » apparaissent régulièrement dans le vocabulaire traitant de la performance énergétique des bâtiments.

Comme il a été détaillé au-dessus, le terme « performance intrinsèque » recouvre une variété de concepts et nous proposons, dans un souci de clarification, de limiter son usage. Dès lors, les expressions « performance réelle » et « performance effective », qui étaient construites en miroir de la performance intrinsèque, perdent de leur intérêt. Nous proposons d'utiliser en lieu et place les termes définis dans le glossaire, dans la partie 2 : Performance énergétique mesurée.





#### 1.2.3.4 QU'EST-CE QU'UN DÉTERMINANT DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

*A priori*, et de manière assez naturelle, l'expression « déterminant de la performance énergétique » évoque une caractéristique qui peut avoir un impact sur la performance énergétique d'un bâtiment. Cette approche très générale laisse le champ libre à une interprétation qui peut s'adapter au contexte dans lequel on souhaite étudier ces déterminants.

L'ensoleillement sera ainsi un déterminant de la performance énergétique.

En revanche il ne sera pas *a priori* un « facteur d'influence », c'est-à-dire un « facteur qui influence les consommations d'énergie **de manière significative** (...) » (voir **glossaire d'application**) sur un bâtiment faiblement vitré. Il pourrait en revanche être un facteur d'influence sur un bâtiment entièrement vitré (tour de bureaux par exemple).

Remarquons ici que le passage de « déterminant de la performance » à « facteur d'influence » peut être lié à des caractéristiques techniques, comme illustré ci-dessus avec l'exemple du taux de vitrage sur la paroi d'un bâtiment, mais aussi à des aspects « organisationnels ». Ainsi, la surface chauffée d'un bâtiment pourrait être un facteur d'influence à l'étape de conception (le concepteur peut réduire la consommation d'énergie en limitant la surface chauffée du bâtiment), mais pourrait :

- ne pas être considérée comme un facteur d'influence dans la phase d'exploitation du bâtiment (si les acteurs qui interviennent considèrent que la surface ne peut pas varier sur la durée considérée),
- OU être considérée comme un facteur d'influence dans le cadre d'un contrat de long terme dans lequel, si la surface du bâtiment venait à être modifiée (extension), la consommation d'énergie attendue du bâtiment viendrait nécessairement à être modifiée<sup>7</sup>.

En synthèse, nous proposons donc ici d'associer le terme « déterminant de la performance énergétique » à une notion physique : toute caractéristique qui peut avoir un impact sur la performance énergétique est un déterminant de la performance énergétique, tandis que la notion de facteur d'influence est liée de manière plus subjective, en fonction des caractéristiques du projet et des choix des acteurs concernés, à la notion de performance.

#### 1.2.3.5 LES DÉFINITIONS DES TEXTES EXISTANTS (NOTAMMENT ISO52000-1 ET DIRECTIVE EUROPÉENNE 2018/544) NE PEUVENT-ELLES PAS ÊTRE RÉUTILISÉES TELLES QUELLES ?

<sup>7</sup> Dans le cadre d'un Plan de Mesure et de Vérification, associé à un CPE (engagement de typiquement 5 à 10 ans), la surface est ainsi généralement considérée comme un facteur d'influence, de type facteur statique (par opposition aux facteurs d'influence de type variable indépendante).

De manière générale, il est apparu dès les premières étapes de la réflexion concernant le glossaire que les définitions existantes, à travers plusieurs textes, pouvaient présenter des problèmes de cohérence : plusieurs définitions proposées pour un même objet, ou plusieurs noms utilisés pour une même définition, par exemple. A titre d'illustration, le mot « variable indépendante » est défini dans



l'IPMVP de manière tout à fait comparable à « facteur d'influence » dans le FD X30-148 et « facteur pertinent » dans l'ISO50006 et l'ISO50015.

Par ailleurs, les notions de performance énergétique des bâtiments étant à l'heure actuelle majoritairement utilisées dans leur forme « non mesurée », la plupart des textes se réfèrent à ces pratiques, et couvrent les champs du calcul réglementaire, du calcul associé au diagnostic de performance énergétique, voire du calcul de consommation prévisionnelle (3). Or les concepts fondamentaux à mettre en place ne sont pas tout à fait les mêmes dans le domaine de la performance énergétique non mesurée que dans le domaine de la performance énergétique mesurée.

Par exemple **la notion de comparaison est essentielle dans le cas de la performance énergétique mesurée** (voir notamment §2.1), et est à l'origine d'une part importante des concepts autour de la MPEB. Il va s'agir en effet de comparer la performance énergétique d'un bâtiment d'une année sur l'autre, en se plaçant dans des conditions données (par exemple en termes de rigueur climatique), ou de comparer la performance d'un bâtiment par rapport à un autre, mais là encore en se plaçant dans des conditions comparables (par exemple consommation d'énergie exprimée par élève pour des établissements d'enseignement).

Dans le cas de la performance énergétique non mesurée, la notion de comparaison est bien sûr importante également, mais la "comparabilité" des résultats se trouve naturellement assurée par le fait que les hypothèses de calcul sont les mêmes. Cela impacte le champ lexical utilisé, puisqu'il n'y a pas nécessité d'exprimer, de conceptualiser, ce besoin de comparaison, contrairement au domaine de la MPEB.

Malgré tout, nous avons cherché le plus possible à intégrer les définitions existantes, à les comprendre, à s'en inspirer. Comme il apparaît dans le chapitre suivant (§1.2.4), les définitions proposées ici et les définitions de certains textes de référence n'en restent pas moins assez proches, sans être strictement similaires notamment pour être adaptées aux champs différents (performance mesurée / performance non mesurée).

## **1.2.4 EN SORTIE, QUELLES ÉVOLUTIONS SONT PROPOSÉES PAR RAPPORT AUX TEXTES EXISTANTS ?**

L'ensemble des définitions présentées dans le glossaire des concepts se rapprochent fortement de celles données dans la norme ISO 52000-1<sup>8</sup>. Le tableau 4, adapté du tableau 3 de la norme ISO52000-1, illustre bien en particulier la dichotomie retenue dans les deux approches entre performance énergétique mesurée et performance énergétique non mesurée (appelée « calculée » dans le cadre de la norme ISO 52000-1). Ce tableau montre par ailleurs les types d'application envisagés pour chaque type d'évaluation.



Tableau 4 : « types d'évaluation PEB » selon la norme ISO 52000-1

TYPE	SOUS-TYPE	DONNÉES D'ENTRÉES			TYPE D'APPLICATION
		UTILISATION	CLIMAT	BÂTIMENT	
Calculée	A la conception	Standard	Standard	A la conception	Permis de construire, certificat sous conditions
	Conforme à l'exécution	Standard	Standard	Réel	Certificat de performance énergétique
	Réel	Réel	Réel	Réel	Validation
	Ajustée	Selon l'objectif			Optimisation, validation, planification de mesures de réhabilitation, audit énergétique
Mesurée	Réel	Réel	Réel	Réel	Suivi
	Corrigé selon le climat	Réel	Corrigé selon la norme	Réel	Suivi, ou audit énergétique
	Utilisation corrigée	Corrigé selon la norme	Réel	Réel	Suivi
	Standard	Corrigé selon la norme	Corrigé selon la norme	Réel	Certificat de performance énergétique, réglementation

Cependant quelques différences notables, entre l'ISO 52000-1 et ses normes « modules », d'une part, (voir §1.2.2.1 et remarque afférente), et les définitions retenues dans le cadre de ce glossaire, d'autre part, méritent d'être soulignées :

1. La performance énergétique mesurée de la norme ISO 52000-1 peut être une performance exprimée en émissions de gaz à effet de serre, en énergie primaire, en coûts ou même selon d'autres facteurs (voir notamment §8.4.2 de l'ISO 52000-1).

Si cette possibilité a le mérite de laisser une grande latitude dans l'utilisation, pour permettre par exemple une déclinaison opérationnelle de ce texte dans les réglementations nationales sous forme de diagnostic de performance énergétique (DPE) ou de réglementations thermiques (RT2012), elle introduit aussi une complexité dans la comparaison des résultats de performance : une performance énergétique exprimée sous forme d'émissions de gaz à effet de serre ne donne pas le même résultat que la même performance énergétique globale exprimée en énergie primaire. C'est bien sûr vrai quantitativement : puisque l'unité n'est pas la même, on n'obtiendra pas la même valeur numérique. Mais c'est aussi vrai qualitativement : un bâtiment peut être performant concernant son niveau d'émission de gaz à effet de serre, mais peu performant concernant sa consommation d'énergie primaire.

Dans le cadre du travail sur la MPEB, nous avons souhaité fixer les concepts autour d'un mesurage d'une consommation, exprimé en unité énergétique (kWh ou équivalent), sans pondération. **Ce choix est fait essentiellement dans un souci de clarification et de simplification.**

Signalons également que la définition retenue se rapproche également de la définition de la directive européenne 2018/844, dans son annexe 1, à l'exception notable que c'est la notion d'énergie primaire qui est utilisée dans la directive, alors que nous proposons de travailler avec la consommation d'énergie finale.

2. La performance énergétique mesurée de la norme ISO 52000-1 peut « seulement » être ajustée sur l'utilisation et le climat, et selon des méthodes décrites dans la norme. Elle est alors qualifiée de performance énergétique [mesurée] standard (voir tableau 4). Cette approche correspond à notre sens à une vision partielle des problématiques d'ajustement, car, pour des besoins de comparaison (voir §1.2.3.5), il peut être nécessaire de réaliser des ajustements sur d'autres caractéristiques que l'utilisation et le climat.

# Glossaire des concepts

Plus qu'un glossaire au sens strict, le glossaire des concepts cherche à amener un ensemble d'éléments de compréhension de la MPEB comprenant à la fois :

- les **ingrédients** : les termes clés, associés à leur définition (glossaire au sens strict),
- la **recette** : la façon de les assembler, en faisant des liens entre les termes,
- des **photos** : des illustrations, des exemples de l'utilisation de ces notions.



Des exemples de l'utilisation des notions et termes clés



Des éclairages sur des points particuliers



Des points d'approfondissement



Avertissement



## 2.1 La performance énergétique mesurée

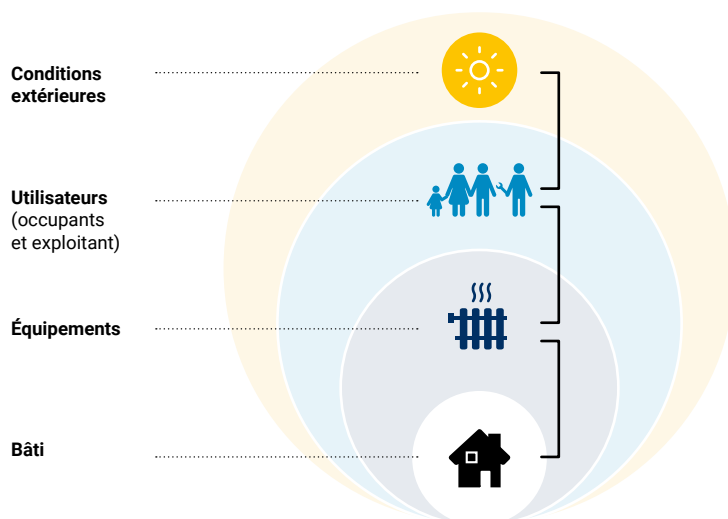
Dans ce chapitre, sont abordés les termes et les notions relatifs à la performance énergétique mesurée :

- à l'échelle du bâtiment,
- à l'échelle d'un sous-ensemble du bâtiment,
- en lien avec la prise en compte de l'incertitude.

En préalable il est important de noter que :

- la notion de **performance énergétique** est un concept associé naturellement à une notion de comparaison. En effet, la détermination d'une performance n'a d'intérêt que si elle permet de situer l'objet évalué par rapport à une référence. À l'échelle du bâtiment, on compare ainsi la performance d'un bâtiment par rapport à d'autres bâtiments, par rapport au même bâtiment mais sur une période de temps différent, etc.
- la notion de **performance énergétique mesurée** nécessite que l'objet de la mesure existe. Une performance énergétique mesurée qualifie donc nécessairement un bâtiment ou des sous-systèmes ayant été construits, et ne peut donc correspondre à un bâtiment en conception. Surtout, au-delà de ça, une performance énergétique mesurée à l'échelle d'un bâtiment nécessite une consommation d'énergie à mesurer. Or la consommation d'énergie d'un bâtiment est tributaire d'une interaction entre bâti, systèmes, utilisateurs et conditions extérieures. La performance énergétique mesurée d'un bâtiment correspond donc nécessairement à un bâtiment en exploitation <sup>9</sup>.

Figure 1 : Illustration des interactions à l'origine de la consommation d'énergie d'un bâtiment.



<sup>9</sup> A l'échelle d'un sous-système cependant, certains indicateurs partiels de performance énergétique (voir plus loin - chap. 2.1.2) peuvent être mesurés avant la phase d'exploitation proprement dite.



## 2.1.1 À L'ÉCHELLE DU BÂTIMENT

La notion de **performance énergétique mesurée** se traduit quantitativement par un **Indicateur de Performance Énergétique (IPE)**. Cet IPE est nécessairement une grandeur issue d'un **mesurage** d'une **consommation d'énergie**. L'IPE est donc exprimé sous la forme d'une valeur numérique dont l'unité est typiquement le kWh, le kWh rapporté à une autre unité (ratio de grandeurs d'unités différentes - par exemple kWh/m<sup>2</sup>) ou sans unité (ratio de grandeurs énergétiques de même unité).

La détermination de la performance énergétique mesurée nécessite en règle générale la **réalisation d'une ou plusieurs étapes de calcul**. En effet, la **performance énergétique doit être considérée dans des conditions données, choisies en fonction du projet**, de telle sorte que l'IPE ne reflète pas des variations de ces conditions.

### Performance énergétique mesurée

Résultats mesurables liés à l'efficacité énergétique, à l'usage énergétique et à la consommation énergétique (ISO 50001).

### Indicateur de performance énergétique

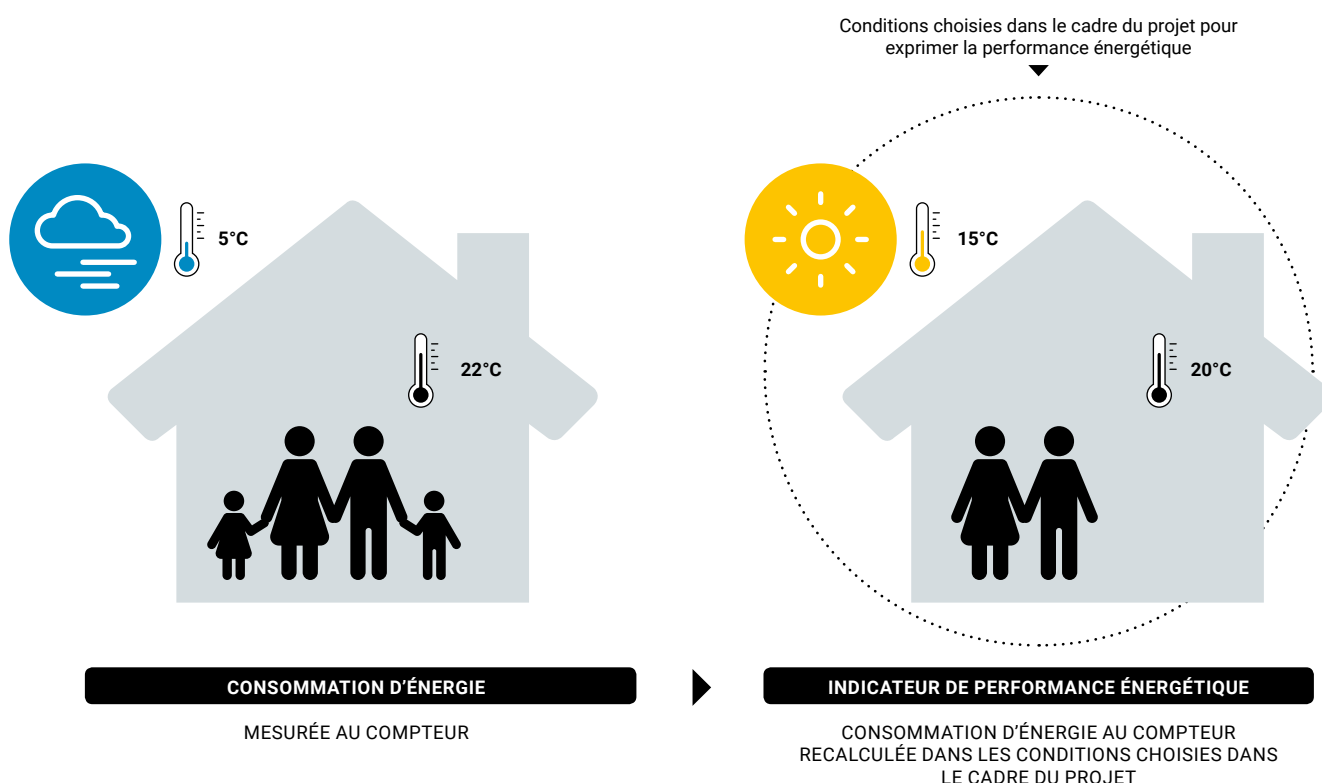
Valeur quantitative ou mesure de la performance énergétique, définie par l'organisme (ISO 50006).

### Mesurage

Processus visant à déterminer la valeur d'une grandeur (ISO 50001).



La consommation d'énergie mesurée est affectée par les variations d'un ensemble important de paramètres (occupation, météo, réglage de la température intérieure, etc.). La performance énergétique a vocation à représenter la consommation d'énergie dans des conditions données que l'on choisit et que l'on fixe pour un projet donné. Dans l'exemple illustré ci-dessous, la météo, l'occupation et la température intérieure de réglage du chauffage ne sont pas les mêmes dans la situation mesurée que dans les conditions données choisies pour ce projet. Pour exprimer la performance énergétique, il est donc nécessaire de « neutraliser », par le calcul, l'impact des variations de ces grandeurs. L'IPE est alors un modèle dépendant de ces paramètres.





On notera que la consommation d'énergie « brute », **celle mesurée au compteur**, n'est pas en général un indicateur de performance énergétique, car « il manque des corrections essentielles »<sup>10</sup>, par exemple, concernant le climat et/ou les conditions d'utilisation du bâtiment.

Des compléments techniques concernant le choix des indicateurs de performance énergétique sont disponibles un peu plus loin dans ce document.

#### Ajustement

Modification des données afin de tenir compte des changements pour permettre la comparaison de la performance énergétique dans des conditions équivalentes (ISO 50001).

#### Simulation Énergétique Dynamique (SED)

La SED vise à estimer de manière fine la consommation énergétique du bâtiment étudié à partir d'une modélisation physique au pas de temps horaire ou infra-horaire.

L'acronyme SED a tendance à remplacer l'acronyme STD (Simulation Thermique Dynamique) pour traduire notamment le fait que les logiciels de simulation ne se contentent plus de la prise en compte de phénomènes thermiques (chauffage / refroidissement / ECS), mais incluent également d'autres types de consommations d'énergies (usage bureau-tique, électro-ménager, ascenseurs, etc.). Ce type de simulation est couramment utilisé pour estimer le comportement énergétique prévisionnel d'un bâtiment, dans le cadre d'un projet de rénovation ou de construction neuve, et optimiser les choix techniques et énergétiques d'un projet de rénovation. Mais il peut également être utilisé dans le cadre de la détermination de la performance énergétique mesurée.

#### Situation énergétique de référence

Référence(s) quantifiée(s) servant de base pour la comparaison de performances énergétiques (ISO 50001).

#### Performance énergétique normalisée

La performance énergétique normalisée est une performance énergétique mesurée, ajustée à des conditions choisies indépendamment de la situation historique du bâtiment.

Les calculs des consommations d'énergie dans les **conditions données choisies dans le cadre du projet** sont appelés des opérations d'**ajustement**.

Les calculs d'ajustement peuvent être réalisés à l'aide de techniques de :

- modélisation statistique (régression linéaire, par exemple),
- modélisation physique (principalement **simulation énergétique dynamique**),
- modélisation utilisant une combinaison des deux types de modélisation statistique et physique.

Pour définir les « **conditions données choisies dans le cadre d'un projet** », deux cas de figure peuvent être envisagés :

- La pratique courante pour les ajustements est de s'appuyer sur des conditions historiques documentées du bâtiment. Il est alors nécessaire de définir une **situation énergétique de référence**. La situation énergétique de référence peut correspondre à une période de temps avant ou après la réalisation des travaux.
- Dans certains cas la performance sera exprimée non pas en fonction de conditions historiques documentées (**situation énergétique de référence**), mais en fonction de conditions choisies indépendamment du projet. On qualifiera alors la performance de **performance énergétique normalisée**.

Comme indiqué, dans un contexte de qualification de la performance énergétique, le choix des « conditions données » est à arrêter « en fonction du projet ». Cela signifie que sur deux bâtiments différents, on n'utilisera pas nécessairement le même IPE, mais que pour un même bâtiment, on peut aussi disposer d'IPE différents, qui ne montreront pas la même chose, en fonction du contexte dans lequel ils sont utilisés.

Par exemple :

- Une foncière signe un engagement de performance énergétique formalisé via un contrat de performance énergétique, pour son siège. La foncière et l'entreprise qui s'engage ont convenu que la météo en général n'était pas un risque que l'entreprise pouvait maîtriser, et les parties ont



souhaité exclure ce risque de l'engagement de la entreprise. L'analyse des données de la situation énergétique de référence du bâtiment a révélé que la météo avait un impact sur la consommation d'énergie via les deux variables DJU et rayonnement. Les parties ont convenu d'une équation d'ajustement reliant la consommation à ces deux variables, sur la base des données de la situation énergétique de référence. Cette équation permet de comparer la consommation de la période après engagement à la consommation avant engagement, traduisant ainsi l'évolution de la performance énergétique dans des conditions données de DJU (voir **glossaire d'application**) et de rayonnement ;

- Dans le cadre de son reporting RSE, pour son parc de bureaux, la même foncière considère que l'évolution de la météo fait partie de l'environnement de travail dans une acceptation très large, et qu'il est de son rôle de constituer et d'exploiter son parc de manière à stabiliser l'évolution des consommations, quelle que soit l'évolution des conditions climatiques d'une année sur l'autre. Par ailleurs les indicateurs RSE étant pensés pour l'ensemble du parc, les fluctuations de surface des bâtiments sont non-négligeables sur la performance d'ensemble, et il a donc été choisi de suivre un IPE exprimé en kWh/m<sup>2</sup>, à l'échelle du parc et bâtiment par bâtiment. Un deuxième IPE est également suivi à l'échelle du parc ; il s'agit de l'intensité énergétique par occupant, exprimé en kWh/ETP (Équivalent Temps Plein) et calculé bâtiment par bâtiment. Cet indicateur permet à la foncière de disposer d'un suivi de l'impact de la densité d'occupation, qui peut notamment varier fortement lors des changements de locataire de ses immeubles de bureaux.

Dans cet exemple le siège de la foncière fait donc l'objet du calcul de 3 IPE différents, qui ne sont pas utilisés avec le même objectif et dans le même cadre. Ces 3 IPE permettent de qualifier la performance énergétique, mais dans des conditions données différentes, correspondant à des utilisations différentes des IPE.

Si l'on peut imaginer un grand nombre de jeux de conditions données, en pratique certains reviennent régulièrement. Il est ici proposé d'en classer quelques-uns (attention liste non limitative !) en 3 familles :

Tableau 5 : Exemples de jeux de conditions données, regroupées en 3 familles

UTILISATION	CONDITIONS EXTÉRIEURES	BÂTI + ÉQUIPEMENTS
Occupation (Utilisateurs)	DJU	Surface
Occupation (horaires)	T°C <sub>ext</sub>	Caractéristiques techniques
T°C <sub>int</sub>	Rayonnement solaire	Volume
Période scolaire / hors scolaire	Humidité de l'air extérieur	





### L'AJUSTEMENT, UN TRANSFERT DE RISQUE, UN TRANSFERT DE COÛT

À quoi sert l'ajustement ? N'est-ce pas couper les cheveux en quatre ? Ne peut-on pas se passer d'ajustement ? En fait, dans le cadre de contrat de performance énergétique (CPE), ou de contrat du même type dans lequel la non-atteinte de l'engagement se traduit par une pénalité financière, l'ajustement correspond à un transfert de risque. Pour illustrer cela, reprenons l'exemple classique de l'ajustement sur la rigueur climatique, réalisé à partir de la donnée des DJU.

Si aucun ajustement n'est prévu, c'est l'entreprise, engagée sur la consommation liée au chauffage, qui porte le risque d'une année à la météo particulièrement. S'il fait particulièrement froid sur une saison donnée, l'entreprise engagée se retrouve pénalisée. Or, elle n'a aucune responsabilité dans le fait qu'il fasse froid... Une bonne gestion pour l'entreprise correspondrait à la couverture de ce risque par une prime d'assurance demandée sur le coût du contrat (payée donc par le maître d'ouvrage), qui lui permettrait de couvrir ce coût potentiel sur lequel elle n'a aucune prise. On peut d'ailleurs noter qu'il existe des assurances spécifiquement dédiées à la couverture du risque météo pour les agriculteurs, les stations de ski, etc.

Remarquons cependant que si un mécanisme d'intéressement est prévu, alors la situation peut être symétrique en cas d'année particulièrement douce, et c'est le maître d'ouvrage qui peut se retrouver à payer un intéressement alors que le bâtiment n'a aucunement été plus efficace que d'habitude, la moindre consommation résultant simplement de la douceur de la météo. En moyenne sur la durée du contrat, le jeu s'équilibre ? Peut-être... ou pas ! Entreprises et maîtres d'ouvrages qui ne feraient pas d'ajustement joueraient donc à la loterie.

Le mécanisme d'ajustement permet de neutraliser, relativement simplement, cet effet loterie...

La performance énergétique d'un bâtiment peut être exprimée **par comparaison à une valeur de référence**. Dans ce cas, l'IPE sera alors un gain par rapport à une référence (cas d'un bâtiment neuf par exemple) ou une économie d'énergie (cas d'une rénovation par exemple).

La **Mesure et Vérification (M&V)** désigne un ensemble de pratiques qui visent à déterminer la performance énergétique mesurée sous forme d'une économie d'énergie (ou d'un gain).

#### Mesure et Vérification (M&V)

La M&V est un processus de planification, mesurage, collecte et analyse de données dans le but de vérifier et de rendre compte des économies d'énergie dans le périmètre d'un site individuel suite à la mise en place d'une action d'amélioration de la performance énergétique (IPMVP).



Le texte de référence en matière de Mesure et Vérification est l'IPMVP (protocole international de mesure et vérification de la performance) (8). Ce document, accessible librement sur le site [www.evo-world.org](http://www.evo-world.org), propose un cadre permettant de structurer la démarche de détermination des économies d'énergie sur un projet. Une communauté internationale alimente les réflexions autour de ce protocole, qui existe depuis le début des années 2000.

Plusieurs normes ont par ailleurs investi le champ de la Mesure et Vérification depuis environ 5 ans. Citons notamment l'ISO 50015 et l'ISO 17741.



## IPE en pratique



### ILLUSTRATION 1

Un bâtiment fait l'objet d'une rénovation globale de janvier à décembre 2016. Les façades ont été isolées, les CTA et les ventilo-convecteurs permettant de couvrir les besoins de chauffage changés.

On cherche à comparer la performance énergétique **avant et après** travaux. Afin de se placer dans des conditions données adaptées au projet, on a cherché à comprendre comment réagissait la consommation d'énergie du bâtiment avant travaux. Il s'est avéré qu'il était possible d'expliquer correctement les évolutions de la consommation, mois par mois, grâce à la donnée sur les DJU\* (et il a été prouvé que le modèle  $\text{Consommation} = a1 \times \text{DJU}$  était pertinent). Par ailleurs les acteurs du projet reconnaissent qu'il est nécessaire d'exclure l'impact de cette variable sur la consommation pour évaluer la performance, car la variation de cette grandeur n'est pas de la responsabilité d'un des acteurs du projet.

L'IPE, qui permettra de travailler dans des conditions données adaptées au projet, pourrait être a priori :

- IPE1. Consommation d'énergie ramenée à l'unité DJU\* en kWh/DJU
- PE2. Consommation d'énergie exprimée pour une valeur de DJU fixée indépendamment du projet, via une convention entre les parties (performance normalisée). La performance énergétique normalisée pourrait alors être exprimée comme :

$$\text{Consommation d'énergie à 2400 DJU} = [\text{Consommation constatée en année 2017} / \text{DJU 2017}] * 2400$$

- IPE3. Consommation d'énergie exprimée dans les conditions de la période avant travaux

La performance énergétique ajustée exprimée à l'aide de l'IPE 3) défini précédemment pourrait être exprimée comme :

$$\text{Consommation d'énergie dans les conditions avant travaux (DJU = 2246)} = [\text{Consommation constatée en année 2017} / \text{DJU 2017}] * 2246$$



### ILLUSTRATION 2

Une commune souhaite comparer la performance énergétique des bâtiments à l'intérieur de son parc d'écoles primaires. Pour se placer dans des conditions comparables, on approxime le comportement de chacun des bâtiments par le ratio consommation/(unité de surface.élève). On obtient alors des grandeurs correspondant à la réponse moyenne de chacun des bâtiments, pour une variation unitaire de la surface et du nombre d'élèves, ce qui traduit l'idée de la consommation d'énergie du bâtiment dans des conditions données adaptées au projet.

L'IPE est dans ce cas le ratio consommation/(unité de surface.élève).

**Remarque** : Attention, ce ratio est a priori peu pertinent pour juger de l'évolution de la consommation d'une école sur plusieurs années.



### ILLUSTRATION 3

Un bâtiment fait l'objet d'une rénovation globale de janvier à décembre 2016. Les façades ont été isolées, les CTA et les ventilo-convecteurs couvrant les besoins de chauffage changés.

On a cherché à comprendre comment réagissait la consommation d'énergie du bâtiment **avant** travaux. Il s'est avéré qu'il était possible d'expliquer une grande part des évolutions de la consommation, mois par mois, grâce aux données sur l'occupation et les DJU (modèle Consommation =  $a_1 \times \text{DJU} + a_2 \times \text{occupation} + b$ )

L'IPE pourrait être l'économie d'énergie (E) calculée selon l'équation suivante :

$$E = \text{Conso\_avant} (\text{DJU\_proj}, \text{occ\_proj}) - \text{Conso\_après\_mesurée}$$

#### **Variante :**

Un bâtiment fait l'objet d'une rénovation globale de janvier à décembre 2016. Les façades ont été isolées, les CTA et les ventilo-convecteurs couvrant les besoins de chauffage changés.

On a cherché à comprendre comment réagissait la consommation d'énergie du bâtiment **après** travaux. Il s'est avéré qu'il était possible d'expliquer une grande part des évolutions de la consommation, mois par mois, aux données sur l'occupation et les DJU (modèle Consommation =  $a_1 \times \text{DJU} + a_2 \times \text{occupation} + b$ ).

L'IPE pourrait être l'économie d'énergie (E) calculée selon l'équation suivante:

$$E = \text{Conso\_après} (\text{DJU\_proj}, \text{occ\_proj}) - \text{Conso\_avant\_mesurée}$$

**Remarque :** un exemple d'application numérique est proposé p. 36, §2.5.1.



## 2.1.2 À L'ÉCHELLE D'UN SOUS-ENSEMBLE DU BÂTIMENT

Les concepts définis dans le chapitre précédent restent globalement valables et pertinents à l'échelle d'un sous-ensemble du bâtiment (le mot "sous-ensemble" sera ici utilisé pour désigner un composant du bâtiment, qu'il s'agisse d'un élément du bâti ou un équipement). Cependant l'indicateur de performance énergétique ne peut plus être défini pour un sous-ensemble, car on ne peut pas associer une consommation à un sous-ensemble : qu'est-ce que la consommation de l'enveloppe du bâtiment ? qu'est-ce que la consommation de la chaudière (uniquement) ? qu'est-ce que la consommation des émetteurs ? Tous ces sous-ensembles contribuent à la consommation d'énergie du bâtiment, mais une consommation mesurée au compteur est nécessairement la résultante de la combinaison de plusieurs de ces sous-ensembles. Par exemple la consommation de gaz alimentant une chaudière est bien sûr liée à la chaudière elle-même, mais est aussi liée à l'enveloppe du bâtiment, et aux occupants, et au système de régulation, etc. Pour les sous-ensembles du bâtiment, on parlera donc d'indicateurs partiels de performance énergétique.

Ainsi des **indicateurs de performance de sous-ensembles du bâtiment** (enveloppe, systèmes techniques : ventilation, etc.) peuvent être utilisés comme **indicateurs partiels de la performance énergétique du bâtiment**.



Le coefficient U d'une paroi d'un bâtiment peut être un indicateur de la performance de la paroi, et être un indicateur partiel de la performance énergétique de ce bâtiment.

### Indicateur de performance [énergétique] d'un sous-ensemble du bâtiment

L'indicateur de performance d'un sous-ensemble du bâtiment est une grandeur caractérisant les propriétés énergétiques d'un sous-ensemble du bâtiment. La caractérisation n'a pas vocation à être exhaustive (par exemple un rendement à pleine charge d'une chaudière peut être un indicateur de performance de la chaudière – tout comme l'ensemble de la courbe du rendement en fonction de la charge pourrait aussi être un indicateur de performance, plus « riche » en l'occurrence).

### Indicateur partiel de performance énergétique du bâtiment

L'indicateur partiel de performance du bâtiment est une grandeur ayant a priori un impact sur la performance énergétique du bâtiment.

### Incertitude [associée à la performance énergétique]

Paramètre qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à l'IPE (inspiré du GUM (13)).



À l'échelle de plusieurs bâtiments, comment parler de performance énergétique ? La question de la MPEB émerge depuis quelques années à l'échelle de plusieurs bâtiments, qu'ils soient situés sur un même lieu (quartier) ou qu'ils soient gérés par une même entité (notion de parc). Cette émergence est notamment liée à la montée en puissance des thématiques de l'approvisionnement énergétique à l'échelle du quartier et de l'effacement de consommation pour un parc de bâtiments. Les notions développées dans ce glossaire recouvrent a priori relativement bien les notions à aborder à l'échelle de plusieurs bâtiments. Cependant elles n'ont pas été développées dans cette optique et ne sont pas traitées plus en détail dans ce document.

## 2.1.3 EN LIEN AVEC LA PRISE EN COMPTE DE L'INCERTITUDE

À toute évaluation de performance énergétique sous forme d'IPE est associée une **incertitude**. L'incertitude reflète l'impossibilité de connaître exactement la valeur de l'IPE.



L'économie d'énergie du bâtiment pour l'année N, par rapport à l'année N-1, est de 100 MWh +/- 10 MWh.



## 2.2 La performance énergétique non mesurée

La performance énergétique non mesurée d'un bâtiment est une grandeur issue d'une estimation d'une consommation d'énergie à partir d'une méthode de calcul, **sans utilisation de la consommation d'énergie mesurée** sur le bâtiment étudié.

La performance énergétique non mesurée est utilisée soit :

- dans le cadre de la vérification à une conformité réglementaire (**calcul réglementaire**),
- à l'occasion de la détermination d'une **performance énergétique ou d'un gain conventionnel** tel que celui calculé dans les fiches CEE (certificat d'économie d'énergie) ou celle du calcul DPE (diagnostic de performance énergétique),
- lors d'une **prévision de la performance énergétique future** (simulation énergétique dynamique utilisée pour optimiser la conception ou prévoir le niveau de consommation future).

Remarque : la méthode de calcul peut être une **estimation empirique**, une **modélisation physique** ou une **combinaison de ces méthodes**.

Calcul réglementaire (RT 2012 ou RT existant globale)

Le calcul réglementaire est un calcul qui vise à vérifier la conformité du bâtiment à des exigences réglementaires.

Estimation empirique

L'estimation empirique désigne la connaissance que possède un expert et/ou l'utilisation d'analyses précédentes (évaluation comparative, essais en laboratoire, etc.)

Modélisation physique

La modélisation physique passe par l'emploi d'algorithmes ou de simulations utilisant la thermodynamique, les transferts thermiques, le génie électrique, etc.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Projet de norme ISO FDIS 50046 "Méthodes générales des économies d'énergie ex-ante"

<sup>12</sup> <https://www.rt-batiment.fr/batiments-neufs/reglementation-thermique-2012/presentation.html>

<sup>13</sup> <https://www.rt-batiment.fr/batiments-existants/rt-existant-globale/presentation.html>

<sup>14</sup> <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/outils-services/logiciels-calcul->



### POUR ALLER PLUS LOIN SUR LE CALCUL RÉGLEMENTAIRE

Les exigences et la méthode de calcul diffèrent selon le bâtiment : neuf ou rénové.

Pour le bâtiment neuf, conformément à la RT 2012, les exigences portent sur le besoin climatique, la consommation en énergie primaire des 5 usages réglementaires et le confort d'été. Le calcul est effectué selon la méthode Th-BCE 2012.

Pour le bâtiment rénové conformément à la RT existant globale, les exigences portent sur la consommation en énergie primaire des 5 usages réglementaires et le confort d'été. Le calcul est effectué selon la méthode Th-C-E.

Dans tous les cas le calcul est effectué au moyen d'une méthode de simulation thermique dynamique au pas de temps horaire pour des conditions conventionnelles, sur les aspects climatiques (huit zones climatiques avec chacune des données de référence d'une station météo), d'occupation (par exemple en résidentiel, absence des occupants les lundi, mardi, jeudi et vendredi de 10h à 18h) et d'utilisation (par exemple en résidentiel, température de consigne en période d'occupation de 19 °C et en période d'inoccupation de 16 °C)<sup>12 13 14</sup>.



### POUR ALLER PLUS LOIN SUR LES certificats d'économie d'énergie

Les économies d'énergie sont comptabilisées dans le dispositif en énergie finale cumulée et actualisée sur la durée de vie de l'action d'efficacité énergétique (l'unité utilisée est le "kWh cumac", pour kWh cumulé et actualisé). Seules les actions dépassant par leur(s) caractéristique(s) les exigences réglementaires européennes et nationales en vigueur sont éligibles à CEE.

Des fiches d'opérations standardisées, classées par secteur (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, transport, réseaux), permettent de calculer de façon forfaitaire, en tenant compte d'une partie des conditions d'opération (par exemple zone climatique), le nombre de kWh cumac associés aux actions les plus fréquentes. Les valeurs forfaitaires d'économies d'énergie indiquées dans ces fiches sont le résultat de calculs réalisés à partir d'une situation de référence fondée soit sur les consommations et les niveaux de performance moyens au niveau national (référence du parc), soit sur l'état technique et économique du marché pour le produit ou le service associé à l'action (référence marché)<sup>15 16 17</sup>.

#### Certificat d'Économie d'Énergie (CEE)

Le dispositif CEE repose sur une obligation triennale de réalisation d'économies d'énergie (comptabilisées sous forme de CEE) imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie (les « obligés »). Les obligés se voient attribuer des CEE pour les actions d'efficacité énergétique mises en œuvre par des consommateurs d'énergie (ménages, collectivités territoriales ou professionnels) pour lesquelles ils ont joué un rôle moteur et incitatif (effet déclencheur).

#### Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)

Le DPE a pour principal objectif d'informer sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant sa consommation d'énergie primaire et son impact en termes d'émission de gaz à effet de serre et en les repositionnant respectivement sur une étiquette énergie et sur une étiquette climat suivant une échelle de 7 classes notées de A à G.

<sup>15</sup> <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/dispositif-des-certificats-deconomies-denergie#e6>

<sup>16</sup> <http://atee.fr/c2e/certificats-deconomies-denergie-principe-des-fiches-d-operations-standardisees-deconomies-denergie>

<sup>17</sup> Annexe D - Exemple de cas utilisant des données de référence dans le secteur résidentiel du projet de norme ISO FDIS 50046 « Méthodes générales des économies d'énergie ex-ante »

<sup>18</sup> <https://www.rt-batiment.fr/batiments-existants/dpe/presentation.html>



### POUR ALLER PLUS LOIN SUR LE diagnostic de performance énergétique

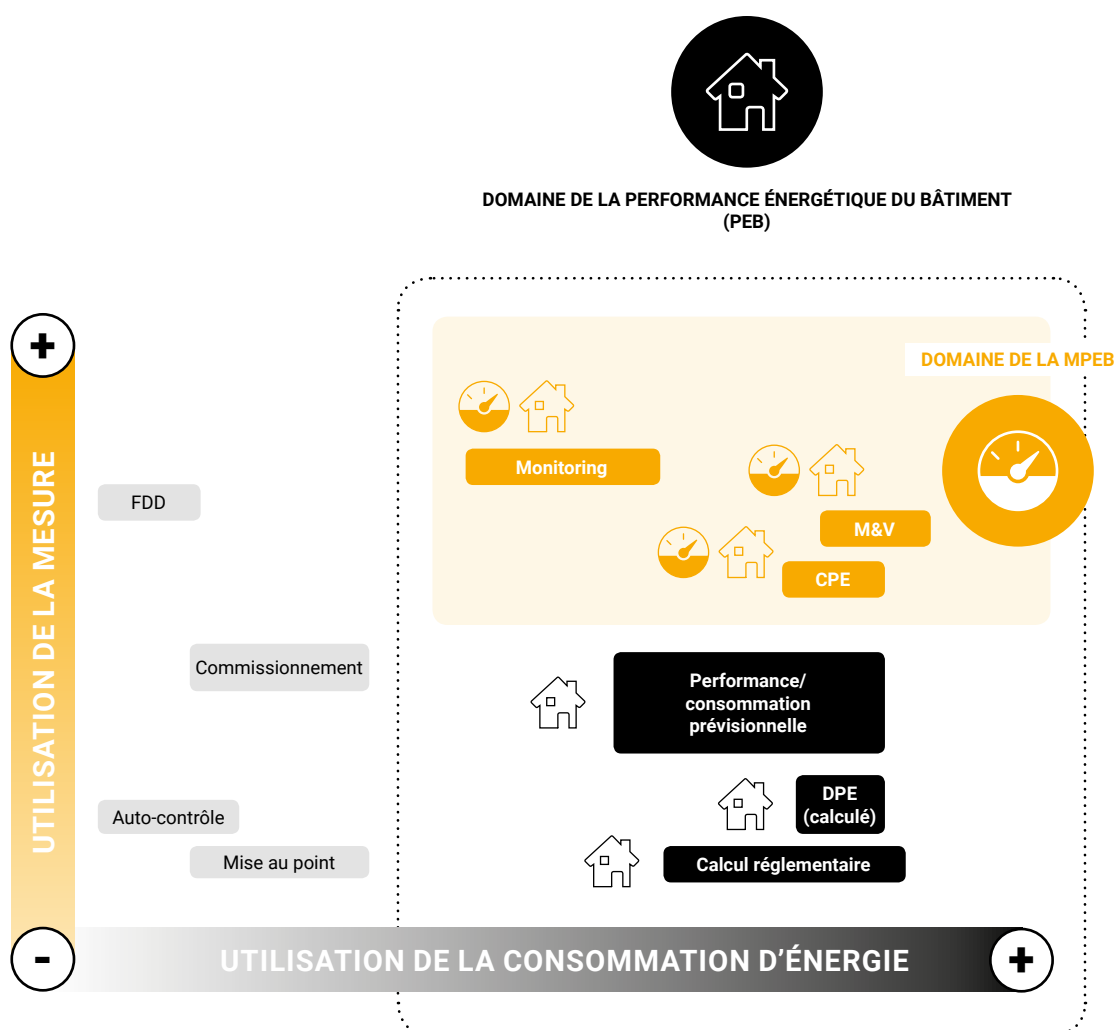
Pour les logements ou bâtiments existants, le DPE se base suivant les cas soit sur les consommations d'énergie passées (au moyen des factures d'énergie, des décomptes de charges ou des relevés de comptage des 3 dernières années), soit sur la consommation d'énergie estimée à partir d'une méthode conventionnelle de calcul (méthode calculant les usages chauffage, production d'ECS et refroidissement par des bilans énergétiques annuels) pour des conditions climatiques (pour chaque département, données moyennes sur 30 ans), d'occupation et d'utilisation conventionnelles (par exemple réduit de température à 16 °C pendant la nuit entre 22h et 6h) (à noter : différentes de celles du calcul réglementaire). Pour les logements ou bâtiments neufs, le DPE se base sur une extraction des résultats du calcul réglementaire RT 2012<sup>18</sup>.

**Remarque :** les conditions d'opération dans lesquelles le bâtiment étudié est considéré évoluer dans le cadre du calcul sont des hypothèses de calcul à part entière. Pour des calculs réglementaires, ces conditions sont fixées conventionnellement et décrites dans des documents publiés au Journal Officiel. Pour une simulation énergétique dynamique utilisée sans référence à la réglementation, elles sont définies par l'équipe projet et ainsi, en phase conception, peuvent correspondre aux conditions d'opération prévues.



## 2.3 Compléments techniques : cartographie des concepts

Le schéma ci-dessous a vocation à regrouper les concepts mentionnés dans les chapitres précédents<sup>19</sup> selon 2 axes, afin de faire apparaître les rapprochements et les différences entre ces concepts.



**Note de lecture :** le monitoring s'appuie fondamentalement sur la mesure, tout comme les activités de FDD. Mais c'est la consommation d'énergie qui va être monitorée dans les activités de monitoring, tandis que c'est le fonctionnement des automates de manière plus générale qui va être considéré dans le cadre des activités de FDD. Le monitoring va par ailleurs se concentrer sur l'observation des

dérives de la consommation d'énergie, tandis que les activités de FDD chercheront à détecter tout type de dysfonctionnement qui pourrait conduire à des problèmes de confort, de maintien des niveaux de services, etc.

<sup>19</sup> Les notions de FDD (Fault Detection and Diagnosis), commissionnement, auto-contrôle et mise au point n'ont pas été abordées, ou seulement très partiellement, dans le document.



## 2.4 Compléments techniques : l'utilisation de la SED pour déterminer la performance énergétique mesurée

Afin de se placer dans des conditions données, et comme indiqué au chapitre 2.1, il est possible d'utiliser des modèles physiques de simulation énergétique dynamique (SED). Le lien entre performance énergétique **mesurée** et SED mérite cependant d'être clarifié, notamment pour éviter toute confusion avec l'utilisation de la SED comme outil de détermination d'une performance énergétique non mesurée, notamment dans le cadre des opérations de conception d'un bâtiment.

### 2.4.1 LA DÉMARCHE, ÉTAPE PAR ÉTAPE

La particularité de l'utilisation d'une SED pour la détermination d'une performance énergétique mesurée est le nécessaire rapprochement à faire entre données de consommation mesurée et donnée de consommation en sortie de la simulation, via une opération de calage du modèle.

Pour cela les étapes suivantes doivent être réalisées :

- modélisation du bâtiment tel que construit et exploité, correspondant aux données mesurées dont on dispose ;
- calage du modèle de manière à ce que les résultats de la simulation correspondent aux données de consommation mesurée<sup>20</sup> - le modèle calé est conservé – nous l'appellerons ici modèle « du bâtiment réel » ;
- à partir du modèle calé, construction d'un nouveau modèle par modification de certaines caractéristiques, afin de simuler la situation énergétique de référence – idéalement cette situation énergétique de référence doit avoir été décrite suffisamment finement pour que les paramètres du modèle puissent être définis sans ambiguïté – nous appellerons ici le modèle obtenu modèle « du bâtiment de référence » ;

• Le modèle « du bâtiment réel » est ensuite ajusté aux conditions données spécifiées pour ce projet (typiquement dans un document de référence appelé Plan de Mesure et Vérification). Il s'agit par exemple d'un ajustement réalisé sur les données météo. Le modèle obtenu est appelé modèle « du bâtiment réel ajusté ».

<sup>20</sup> Les spécifications exactes à respecter ne sont pas précisées dans ce document, par souci de lisibilité du document.





Pour la détermination de la performance deux cas se présentent alors :

- on peut exprimer la performance énergétique mesurée directement grâce à la consommation simulée du « bâtiment réel ajusté » ;
- si l'on souhaite exprimer la performance sous la forme d'une économie d'énergie, on compare les consommations simulées du « bâtiment réel ajusté » aux consommations du « bâtiment de référence », pour déduire l'économie.

### 2.4.2 CALAGE ET AJUSTEMENT... RIEN A VOIR !

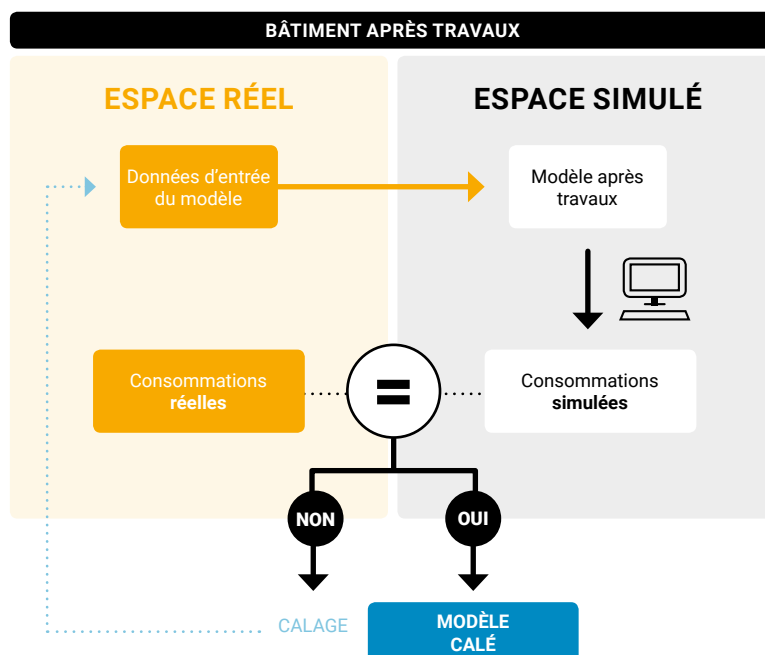
La démarche décrivant l'utilisation de la SED dans le cadre de la détermination d'une performance énergétique mesurée, décrite dans les paragraphes précédents, fait intervenir une étape de calage<sup>21</sup>.

Cette étape est souvent confondue avec une opération d'ajustement. Si certains aspects sont effectivement similaires, les deux opérations ont des objectifs tout à fait différents, ce qui induit une marche à suivre différente.

Le **calage du modèle** consiste à faire correspondre les valeurs des paramètres de la modélisation avec les valeurs des paramètres pour le bâtiment tel qu'existant. Cette correspondance est obtenue en recherchant l'accord le plus exact possible entre les données de consommation d'énergie du bâtiment tel qu'existant et les données de consommation d'énergie issues de la simulation. Le nombre de paramètres à prendre en compte est a priori élevé (plusieurs dizaines à plusieurs centaines a priori).

Notons au passage que l'on considère implicitement que le modèle de simulation utilisé est en mesure de représenter parfaitement le fonctionnement énergétique du bâtiment.

Figure 3 : Représentation schématique d'une opération de calage

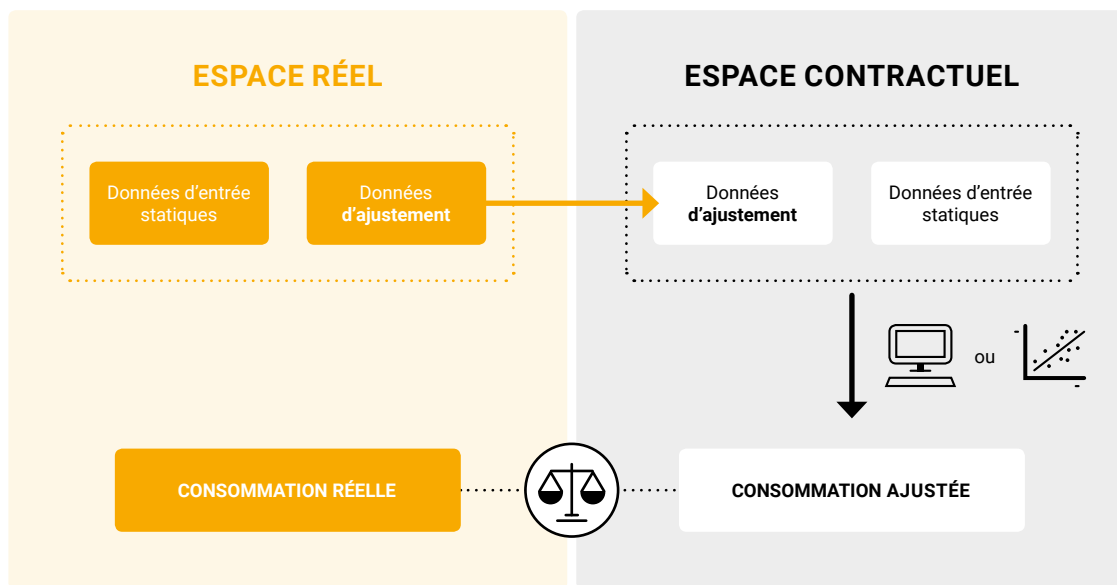


<sup>21</sup> On trouve également utilisés par les praticiens les termes « recalage », « calibrage » et « calibration ». Le terme « calibration » est dérivé du mot anglais signifiant « étalonnage ».



L'**ajustement du modèle** consiste à faire correspondre les valeurs des paramètres de la modélisation avec les valeurs des paramètres définies contractuellement<sup>22</sup> (dans le cadre d'un engagement de performance). La liste des paramètres est relativement restreinte (de 1 à 20 typiquement).

Figure 4 : Représentation schématique d'une opération d'ajustement



<sup>22</sup> Les valeurs seront définies contractuellement dans le cadre d'un engagement de performance. La même démarche peut également s'appliquer hors cadre contractuel, par exemple dans le cadre d'une démarche volontaire. C'est généralement le PMV qui acte alors des valeurs des paramètres à utiliser.



## 2.5 Compléments techniques concernant les indicateurs de performance énergétique : comment bien les choisir ?

Partant des définitions données en chapitre 2.1, l'**indicateur de performance énergétique** a vocation à traduire **quantitativement la notion de performance énergétique**. Il doit nécessairement être une grandeur issue d'un **mesurage de la consommation d'énergie**. Par défaut, le premier indicateur de performance énergétique auquel penser doit être la consommation d'énergie mesurée, exprimée en unité physique (MJ, kWh, etc.). Cependant, l'indicateur de performance énergétique a vocation à refléter la consommation d'énergie **dans des conditions données**. C'est en maîtrisant ces conditions données que l'on peut en effet interpréter correctement une valeur d'IPE, **en la comparant à une autre**.

Les « conditions données » mentionnées sont propres à chaque projet et sont déterminées par convention, implicite ou explicite, entre les parties prenantes impliquées dans le projet.

Un indicateur de performance énergétique peut être<sup>23</sup> :

- une mesure simple : par exemple une consommation d'énergie ou un écart entre deux consommations d'énergie (gain ou économie réalisée),
- un ratio : par exemple des kWh/m<sup>2</sup>, des kWh/DJU ou des kWh/occ,
- un modèle plus complexe, par exemple une consommation d'énergie ajustée à partir d'un modèle linéaire à plusieurs variables.

Insistons ici sur le fait que dans la plupart des cas, considérer uniquement la consommation d'énergie mesurée ne permettra pas d'isoler l'impact de certaines variables que l'on souhaiterait neutraliser, par exemple des variables d'environnement (DJU, ensoleillement, etc.) – voir plus bas l'encadré « Quel sens donner à un IPE ... ? », et l'encadré p22 « l'ajustement, un transfert de risque, un transfert de coût ».

### 2.5.1 IPE SERVANT A SUIVRE L'ÉVOLUTION DE LA PERFORMANCE SUR UN BÂTIMENT EN PARTICULIER

Lorsqu'on s'intéresse à un IPE pour suivre l'évolution de la performance sur un bâtiment en particulier, pour que l'IPE choisi permette bien de traduire une évolution de consommation d'énergie dans des conditions données, il est nécessaire de comprendre comment varie la consommation d'énergie en fonction de facteurs d'influence. Le lien ainsi établi permet ensuite de réaliser une opération d'ajustement.

<sup>23</sup> Ces 3 possibilités sont mentionnées dans la norme ISO50006 (voir notamment §4.3.1 et §4.3.3)



Utiliser un ratio entre une consommation C et une autre grandeur physique X peut parfois être pertinent.

Ce sera le cas lorsque l'on souhaite exprimer la performance énergétique dans une condition donnée concernant la valeur de X (dit autrement : indépendamment de X) et que **l'on sait que la consommation mesurée varie de manière proportionnelle à X** (uniquement – dans ces cas-là on peut écrire que  $C=aX$ , sur une plage donnée de valeur de X). En formant le ratio C / X, on obtient bien, alors, une valeur représentative de la performance énergétique. Le ratio C / X peut être choisi comme IPE.

Dans les cas où il n'existe pas de relation  $C = aX$ , des modèles plus complexes peuvent être envisagés. Ils peuvent être explicites ou implicites.

Dans la pratique, on rencontrera :

- des modèles explicites, issus de techniques d'analyse statistiques ( $C = a_n X^n + a_{n-1} X^{n-1} + \dots + a_0$ , ou tout autre modèle  $C=f(X_1, \dots, X_n)$  où f est une fonction explicite),
- des modèles implicites, correspondant principalement à l'utilisation de simulation numérique (simulation thermique dynamique),

Le lecteur des paragraphes précédents aura peut-être fait le lien avec une pratique courante, celle de la règle de 3 sur les DJU, qui est régulièrement utilisée, notamment dans les marchés d'exploitation.

Dans la pratique courante, **on utilise la règle de 3 sur les DJU sans s'assurer que la consommation varie proportionnellement au DJU**. Or, l'exemple proposé ci-après, tiré d'un cas concret, permet de montrer que l'utilisation de cette règle peut parfois conduire à des déclarations totalement erronées, si l'on n'a pas pris la peine de vérifier l'existence de cette relation de proportionnalité. **Il faut donc être prudent dans le choix puis l'utilisation des IPE.**



#### EXEMPLE D'APPLICATION (voir jeu de données complet dans le tableau 1 ci-dessous)

Sur un bâtiment disposant de l'électricité pour seule source d'énergie, et présentant le profil de consommation d'énergie présenté ci-dessous, on peut montrer que sur l'année de référence, la consommation d'énergie peut être correctement modélisée<sup>24</sup> sous la forme

$$\text{Consommation} = a \text{ DJU} + b.$$

On choisit par conséquent de considérer comme IPE l'économie calculée sous la forme

$$E = \text{Consommationref ajustée} - \text{Consommationproj} = a \text{ DJUproj} + b - \text{Consommationproj}.$$

« Proj » correspond à la période de « projection », souvent désignée également comme période de suivi

En calculant l'économie (relative) comme étant

$$E_{rel} = (\text{Consommationref ajustée} - \text{Consommationproj}) / \text{Consommationref},$$

on obtient

$$E_{rel} = 10 \%.$$



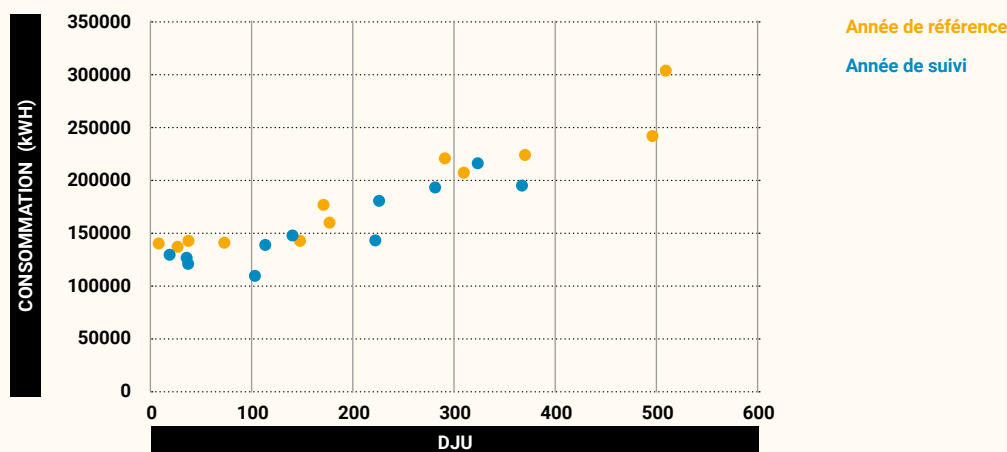
Dans cet exemple, l'exploitant en charge du bâtiment, engagé dans une démarche de certification environnementale, avait considéré que l'IPE était la grandeur :

$$\text{Consommationref} / \text{DJUref} \times \text{DJUproj} - \text{Consommationproj}$$

Il calculait dès lors une économie de - 9 % (donc une surconsommation). Cette estimation de l'économie n'était pas correcte, car elle s'appuyait sur une "loi" (Consommation = a x DJU) qui n'était pas vérifiée sur les données de référence.

#### Application numérique [approche valide]

$$E = 282 * \text{DJUproj} + 1\,503\,306 - \text{Consommationproj} = 214\,648 \text{ kWh} = +10 \%$$



#### Application numérique [approche non valide]

$$E = \text{Consommationref} / \text{DJUref} \times \text{DJUproj} - \text{Consommationproj} = -196\,310 \text{ kWh} = -9 \%$$

**Remarque :** si on considère dans l'analyse que le chauffage ne fonctionne que du 1er octobre au 31 mai, alors on peut calculer, en travaillant non plus sur 12 mois, mais seulement sur 8 mois, pour la période de référence et pour la période de projection, que l'économie calculée avec l'IPE  $E = a \text{ DJUproj} + b - \text{Consommationproj}$  est de 8 %, alors que l'économie calculée avec l'IPE  $\text{Consommation} / \text{DJU}$  est de - 7 %. L'écart entre les deux méthodes reste bien flagrant dans ce cas aussi.

Tableau 1 : Consommation électrique (kWh)

	CONSOMMATION ÉLECTRIQUE (kWh)	IDJU		CONSOMMATION ÉLECTRIQUE (kWh)	IDJU
JANV-10	242 643	500	JANV-15	205 600	325
FÉVR-10	223 856	372	FÉVR-15	194 567	283
MARS-10	221 645	294	MARS-15	180 717	227
AVR-10	177 431	172	AVR-15	147 487	142
MAI-10	144 633	148	MAI-15	139 413	113
JUIN-10	142 819	37	JUIN-15	128 679	37
JUIL-10	140 809	8	JUIL-15	130 450	18
AOÛT-10	138 313	26	AOÛT-15	122 522	37
SEPT-10	142 436	74	SEPT-15	126 619	35
OCT-10	161 193	178	OCT-15	111 178	102
NOV-10	207 391	311	NOV-15	144 130	224
DÉC-10	303 601	513	DÉC-15	196 040	369
<b>TOTAL</b>	<b>2 246 770</b>	<b>2 633</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1 827 842</b>	<b>1 912</b>



### POUR ALLER PLUS LOIN SUR LA RÈGLE DE 3 SUR LES DJU

Le Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultat (8) **indique clairement que la règle de 3 sur les DJU devrait être systématiquement vérifiée par l'utilisation d'une droite de régression.**

L'article 5.9, p29 (8) indique ainsi :

« Pour la détermination des prix de règlement, la consommation annuelle de combustible est réputée être proportionnelle à NDJX, la valeur X et la station météorologique choisie étant définies au cahier des charges. Pour les bâtiments à usage d'habitation ou de bureaux, le DJU (18° C) est préconisé. Ces dispositions intéressent principalement les marchés de type MT et les marchés avec intéressement. La consommation d'énergie nécessaire au chauffage d'un bâtiment durant une certaine période est fonction notamment :

- de ses caractéristiques de construction et d'équipement (isolation, rendement de l'installation...),
- de ses caractéristiques d'occupation (températures et programmes de chauffage, dégagement de chaleur gratuite),
- du climat de la période considérée.

L'influence du climat, à un moment donné, dépend de l'humidité de l'atmosphère, de la direction et de la force du vent, mais surtout de la température extérieure ; la notion de degrés-jours permet, au prix d'une simplification nécessaire, de relier la consommation à ce dernier facteur.

Supposons que la consommation annuelle soit C dans les conditions climatiques moyennes où le nombre de degrés-jours unifiés normaux est NDJU (le DJU ne convient pas aux locaux particuliers) ; dans des conditions voisines où le nombre de degrés-jours unifiés est de N'DJU on peut admettre en première approximation que la consommation théorique C' est telle que :

$$C'/C = (a + b N'DJU) / (a + b NDJU)$$

a et b étant deux constantes qui tiennent compte des apports de chaleur gratuite et des pertes diverses (défaut de régulation et d'équilibrage, pertes des chaudières et des réseaux de distribution).

Compte tenu de la relation entre NDJX et NDJ, il peut être écrit :

$$C'/C = N'DJX/NDJX$$

**On devrait pour chaque bâtiment porter sur un graphique la consommation, par exemple décadaire, en fonction des DJU de la période** (car la consommation journalière est sensible à d'autres influences que la température, telles que le vent et, dans une certaine mesure, l'humidité ; par contre, on peut espérer que ces influences s'annulent en moyenne sur une période plus longue). La droite de régression passant entre les points obtenus permet de déterminer a/b. En cas de production d'eau chaude sanitaire, le règlement de la fourniture d'énergie correspondant est généralement effectué à prix unitaire en fonction des quantités d'eau réchauffée mesurées par un compteur. Cependant, dans les marchés de type MC, si un même compteur enregistre la chaleur nécessaire au chauffage des locaux et de l'eau sanitaire, ainsi que dans les marchés du type CP, les coûts des combustibles nécessaires pour assurer chacune de ces fournitures ne sont pas distingués. Il est recommandé dans ces cas d'installer également des compteurs mesurant la quantité d'eau réchauffée, afin de surveiller les consommations. »



## 2.5.2 IPE SERVANT A COMPARER LA PERFORMANCE D'UN BÂTIMENT PAR RAPPORT A D'AUTRES

Dans le cas de la comparaison de la performance d'un bâtiment par rapport à d'autres, on peut a priori se dire qu'il sera encore plus difficile de se placer dans des « conditions données » similaires. En comparant des bâtiments différents, on introduit en effet des sources supplémentaires de variation de consommation : la surface des bâtiments comparés sera différente, leur usage sera certainement différent, etc.

Pour chercher à se placer dans des conditions les plus proches possibles, on approxime le comportement de chacun des bâtiments par un ratio consommation / « intensité d'usage ». Pour des écoles, par exemple, on pourrait envisager le ratio Consommation / (m<sup>2</sup>.élève). On obtient alors des grandeurs correspondant à la réponse moyenne de chacun des bâtiments, pour une variation unitaire de la surface et du nombre d'élèves, ce qui traduit l'idée de la consommation d'énergie du bâtiment dans des conditions données adaptées au projet.

Attention, le ratio permet en fait « seulement » de déterminer un taux marginal d'évolution autour de la valeur mesurée. Lorsqu'on compare ces ratios en cherchant à juger de la performance des bâtiments entre eux, on fait implicitement l'hypothèse que ce taux marginal serait constant quelles que soient les valeurs des grandeurs utilisées au dénominateur. Ce n'est vraisemblablement pas le cas, mais avec les données typiquement disponibles dans ce genre de cas, c'est la meilleure image que l'on puisse donner.



### QUEL SENS DONNER À UN IPE ... ?

Quel sens donner à une performance énergétique exprimée sous la forme d'un IPE valant 100 000 kWh ?

Ce chiffre ne donne que peu voire pas d'élément sur la performance d'un bâtiment. Il manque en effet une notion qu'on pourrait appeler « l'intensité d'usage »<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> À ce sujet, voir notamment IFPEB (5), Consommations énergétiques réelles : comment les prévoir et s'engager ? Démarches pour la maîtrise des objectifs énergétiques et prémices du smartgrid.

<sup>26</sup> Remarquons que l'intérêt de neutraliser l'impact de la surface peut se discuter : il peut être tout à fait pertinent de réduire les surfaces - on agit alors dans une optique de sobriété. Mais on part souvent implicitement du principe que la surface est donnée, et qu'on cherche à réduire le ratio Énergie/surface, en agissant ainsi sur le levier efficacité, et plus sur celui de la sobriété. À titre d'illustration, l'ADEME Normandie incite les collectivités à mener des schémas directeurs immobiliers qui interrogent, entre autres nombreuses choses, la bonne allocation des surfaces.

Si l'on pose la même question mais avec un IPE valant 100 kWh/m<sup>2</sup>, l'interprétation de la performance, par comparaison avec une valeur de référence, gagne en pertinence. On a neutralisé les variations de consommation liées à la surface, un facteur d'influence, la surface, supprimant ainsi une cause de variation de consommation qu'on reconnaît en général comme « à neutraliser ». On considère en effet qu'un bâtiment plus grand pourrait raisonnablement consommer plus en valeur absolue<sup>26</sup>. Le raisonnement sur l'intensité d'usage propose d'aller plus loin et de considérer, en regard de la consommation d'énergie, « le service rendu » par le bâtiment. Par exemple la densité d'occupation d'un bâtiment tertiaire varie typiquement de 8 à 25 m<sup>2</sup> par collaborateur.

Dans cet esprit, raisonner en consommation ramenée à une unité d'usage (par élève en milieu scolaire, par lit en milieu hospitalier, etc.) peut présenter un intérêt fort. On veillera dans cette approche à rechercher les unités d'usage qui ont le plus d'influence sur la consommation (temps d'occupation, nombre d'occupants, conditions extérieures ?).

# Glossaire d'application

Le glossaire d'application propose un ensemble de termes, accompagnés de leur définition. Ces termes pourront être utiles au lecteur qui abordera les notions de performance énergétique mesurée ou non mesurée de manière plus approfondie. Les termes sont rangés par ordre alphabétique, à l'intérieur de différentes catégories thématiques.

Bâtiment	41
Calcul énergétique	43
Conditions intérieures et extérieures	44
Énergie	46
Métrologie	49
Performance énergétique mesurée	50
Performance énergétique non mesurée	51
Qualité de l'environnement intérieur	53
Statistique	53
Système technique du bâtiment	53





# Bâtiment

## Bâtiment (ISO 52000-1)

Ensemble comprenant le bâti, l'enveloppe et tous les systèmes techniques du bâtiment, dans lequel de l'énergie peut être utilisée afin de conditionner l'environnement intérieur, de fournir de l'eau chaude sanitaire et d'assurer l'éclairage ainsi que d'autres services liés à l'utilisation du bâtiment.

## Catégorie de bâtiment (ISO 52000-1)

Classification des bâtiments et/ou des unités de bâtiment en fonction de leur utilisation principale ou de leur statut particulier, dans le but de pouvoir différencier les modes opératoires d'évaluation de la performance énergétique et/ou les exigences en matière de performance énergétique.

## Catégorie d'espace (ISO 52000-1)

Classification des espaces de bâtiment en lien avec un ensemble spécifique de conditions d'utilisation.

## Élément de bâtiment (ISO 52000-1)

Partie intégrante des systèmes techniques de bâtiment ou de la structure d'un bâtiment.

## **ESPACE ÉLÉMENTAIRE**

### Espace (ISO 52000-1)

Pièce, partie d'une pièce ou groupe de pièces adjacentes qui appartiennent à une zone thermique et à une zone de desserte de chaque service, utilisés pour administrer les limites des zones thermiques et des espaces desservis, ainsi que pour administrer les échanges de données entre les zones de desserte et les zones thermiques.

### Espace chauffé (ISO 52000-1 & ISO 13165)

Pièce ou enceinte qui, pour les besoins d'un calcul, est supposée être chauffée à une ou des températures de consigne données.

### Espace climatisé (ISO 52000-1)

Espace chauffé et/ou refroidi.



**Espace non climatisé (ISO 52000-1)**

Pièce ou enceinte qui ne fait pas partie de l'espace climatisé.

**Espace refroidi (ISO 52000-1)**

Pièce ou enceinte qui, pour les besoins d'un calcul, est supposée être refroidie à une ou des températures de consigne données.

**Portefeuille de bâtiment (ISO 52000-1)**

Ensemble de bâtiments et de systèmes techniques du bâtiment communs dont la performance énergétique est déterminée en tenant compte de leurs interactions mutuelles.

**STRUCTURE DU BÂTIMENT**

**Bâti (ISO 52000-1)**

Tous les éléments physiques d'un bâtiment, à l'exception des systèmes techniques de bâtiment.

**Surface de l'enveloppe thermique (ISO 52000-1 & ISO 13789)**

Surface totale de tous les éléments d'un bâtiment contenant des espaces climatisés à travers lesquels de l'énergie thermique est transférée, directement ou indirectement, vers ou depuis l'environnement extérieur.

**Surface de plancher de référence (ISO 52000-1)**

Surface de plancher utilisée comme taille de référence.

**Surface de plancher utile (ISO 52000-1)**

<Pour l'évaluation de la PEB> surface de plancher d'un bâtiment requise comme paramètre pour quantifier des conditions spécifiques d'utilisation qui sont exprimées par unité de surface de plancher et pour l'application des simplifications, du zonage et des règles de (ré)attribution.

**Taille de référence (ISO 52000-1)**

Indicateur pertinent utilisé pour normaliser la performance énergétique et les exigences de performance énergétique globales ou partielles par rapport à la taille du bâtiment ou d'une partie d'un bâtiment et à titre de comparaison avec des référentiels.



#### **Unité de bâtiment (ISO 52000-1)**

Section, étage ou appartement dans un bâtiment qui est conçu ou modifié pour être utilisé séparément du reste du bâtiment.

#### **Usage du bâtiment ()**

Mode ou type d'utilisation du bâtiment (usage de bureau et d'enseignement, usage d'habitation, usage industriel et artisanal...).

### **ZONE THERMIQUE DE BÂTIMENT**

#### **Zone thermique (ISO 52000-1)**

Espace intérieur dont les conditions thermiques sont supposées suffisamment uniformes pour permettre le calcul d'un bilan thermique selon la méthode indiquée dans la norme PEB relative au module M2-2.

## **Calcul énergétique**

#### **Apport de chaleur (ISO 52000-1)**

Chaleur générée à l'intérieur de l'espace climatisé ou entrant dans l'espace climatisé, par des sources de chaleur autres que l'énergie utilisée intentionnellement pour le chauffage, le refroidissement ou la production d'eau chaude sanitaire.

#### **Apport de chaleur interne (ISO 52000-1)**

Chaleur fournie dans le bâtiment par ses occupants (chaleur métabolique sensible) et par les appareils tels que l'éclairage, l'électroménager, les équipements de bureau, etc., autre que l'énergie fournie intentionnellement pour le chauffage, le refroidissement ou la production d'eau chaude sanitaire.

#### **Apport de chaleur utile (ISO 52000-1)**

Partie des apports de chaleur internes et solaires qui contribue à réduire le besoin énergétique pour le chauffage.



#### **Apports solaires (ISO 52000-1)**

Chaleur fournie par le rayonnement solaire entrant dans le bâtiment, directement ou indirectement (après absorption dans les éléments du bâtiment), par l'intermédiaire des fenêtres, des murs et des toits opaques ou des dispositifs solaires passifs tels que des serres, une isolation transparente et des murs solaires.

#### **Bin (ISO 52000-1)**

Classe statistique de températures (parfois un intervalle de classes) pour la température de l'air extérieur, les limites de classe étant exprimées dans une unité de température.

#### **Intervalle de calcul (ISO 52000-1)**

Intervalle de temps discret pour le calcul de la performance énergétique.

#### **Intervalle de mesure (ISO 52000-1)**

Temps entre mesures individuelles.

#### **Période de calcul (ISO 52000-1)**

Période sur laquelle porte le calcul.

#### **Période de mesures (ISO 52000-1)**

Intervalle de temps couvert par les intervalles de mesure.

#### **Saison de chauffage ou de refroidissement (ISO 52000-1)**

Période de l'année durant laquelle une quantité significative d'énergie est nécessaire pour le chauffage ou le refroidissement.

## **Conditions intérieures et extérieures**

#### **Autre service du bâtiment (ISO 52000-1)**

Service assuré par des appareils consommant de l'énergie.



#### **Condition à la conception (ISO 52000-1)**

<Fonctionnement du bâtiment> description basée sur un élément environnemental particulier, tel que la qualité de l'air intérieur, un éclairage satisfaisant, le confort thermique et acoustique, le rendement énergétique et les systèmes de régulation associés, devant être utilisé pour évaluer le fonctionnement du bâtiment, d'une partie du bâtiment et des systèmes techniques du bâtiment.

#### **Condition d'utilisation (ISO 52000-1)**

Exigence et/ou restriction d'utilisation d'une catégorie d'espace de bâtiment, en lien avec les services associés à l'évaluation de la performance énergétique et/ou les conditions aux limites.

#### **Degrés Jours Unifiés, DJU (extrait de (8))**

On entend par degrés-jours de base X (DJX) la valeur moyenne sur la journée considérée de l'écart positif entre la température extérieure et la valeur X exprimée en degrés Celsius.

Les degrés-jours unifiés (DJU) sont définis comme étant les degrés-jours calculés pour la base  $X = 18\text{ °C}$ . On désigne par NDJX le nombre total de degrés-jours de base X relatifs à une station météorologique donnée, calculé sur une période annuelle de chauffage, contractuelle ou effective.

(...)

Il est recommandé de s'adresser à Météo France ([www.meteofrance.com](http://www.meteofrance.com)) pour disposer des relevés de température, et au COSTIC pour le calcul des degrés-jours unifiés (DJU). Il est recommandé de retenir pour le calcul des ajustements de prix les degrés-jours calculés et publiés par le COSTIC pour la station météorologique définie contractuellement ou, à défaut, la plus proche. Il est d'usage dans la profession d'utiliser la méthode de calcul des degrés-jours unifiés du COSTIC.

#### **Irradiance solaire (ISO 52000-1)**

Densité de puissance du rayonnement reçu par une surface, c'est-à-dire quotient du flux énergétique reçu par la surface et l'aire de cette surface, ou taux d'énergie rayonnante reçu par une surface par unité d'aire de cette surface.

#### **Irradiation solaire (ISO 52000-1)**

Chaleur solaire incidente par unité de surface sur une période donnée.

#### **Température extérieure (ISO 52000-1)**

Température de l'air extérieur.



#### **Température intérieure (ISO 52000-1)**

Moyenne pondérée de la température de l'air et de la température radiante moyenne au centre de la zone thermique.

## **Énergie**

#### **Automatisation et régulation du bâtiment (ISO 52000-1)**

Produits, logiciels et services d'ingénierie nécessaires à la régulation automatique, à la supervision et à l'optimisation, à l'intervention et à la gestion humaines en vue de l'exploitation économique et sûre des équipements techniques du bâtiment, pour obtenir une efficacité énergétique optimale.

#### **Besoin d'énergie pour le chauffage ou le refroidissement (ISO 52000-1)**

Chaleur à fournir ou à extraire d'un espace climatisé pour maintenir les conditions de température voulues dans cet espace pendant une durée donnée.

#### **Besoin d'énergie pour l'eau chaude sanitaire (ISO 52000-1)**

Chaleur à fournir pour obtenir la quantité souhaitée d'eau chaude sanitaire, c'est-à-dire pour élever la température de l'eau du réseau d'eau froide à la valeur voulue au point de puisage sans les pertes du système de production d'eau chaude sanitaire.

#### **Besoin d'énergie pour l'humidification ou la déshumidification (ISO 52000-1)**

Chaleur latente dans la vapeur d'eau à fournir ou à extraire d'un espace climatisé par un système technique du bâtiment pour maintenir une humidité minimale ou maximale spécifiée dans cet espace.

#### **Certification de performance énergétique (ISO 52000-1)**

Processus fournissant un certificat de performance énergétique.

#### **Chauffage des locaux (ISO 52000-1)**

Processus de fourniture de chaleur à un espace de bâtiment dans le but d'atteindre et de maintenir une température minimale donnée dans cet espace.



## **CLASSIFICATION ÉNERGÉTIQUE**

### **Classification PEB (ISO 52000-1)**

Évaluation de la valeur d'un indicateur de performance énergétique par comparaison avec une ou plusieurs valeurs de référence, comprenant éventuellement une visualisation de la position sur une échelle continue ou discrète.

### **Conditionnement d'air (ISO 52000-1)**

Forme de traitement de l'air dans laquelle la température maximale ou minimale est contrôlée, éventuellement en conjugaison avec un contrôle de l'aération, de l'humidité et de la qualité de l'air.

### **Énergie fournie à l'extérieur (ISO 52000-1)**

Énergie, exprimée par vecteur énergétique, fournie par les systèmes techniques du bâtiment à travers la limite de l'évaluation.

### **Consommation d'énergie fournie pour la ventilation (ISO 52000-1)**

Énergie électrique entrant dans un système de ventilation pour le transport de l'air et la récupération de chaleur.

### **Consommation d'énergie pour d'autre service (ISO 52000-1)**

Énergie fournie aux appareils assurant des services non inclus dans les services PEB.

### **Consommation d'énergie pour le chauffage ou le refroidissement des locaux ou pour la production d'eau chaude sanitaire (ISO 52000-1)**

Énergie entrant dans le système de chauffage, de refroidissement ou de production d'eau chaude sanitaire pour satisfaire respectivement le besoin d'énergie pour le chauffage, le refroidissement (y compris la déshumidification) ou la production d'eau chaude sanitaire.

### **Consommation d'énergie pour l'éclairage (ISO 52000-1)**

Énergie électrique entrant dans un système d'éclairage.

### **Déshumidification (ISO 52000-1)**

Processus consistant à éliminer la vapeur d'eau de l'air.



#### Éclairage (ISO 52000-1)

Processus consistant à fournir un éclairage.

### **ÉLÉMENT D'ÉNERGIE**

#### Élément de PEB (ISO 52000-1)

Tout élément, composant ou aspect de la propriété d'un bâtiment, seul ou en association, qui peut influencer la performance énergétique de l'objet évalué.

#### Énergie des auxiliaires (ISO 52000-1)

Énergie électrique utilisée par les systèmes techniques du bâtiment pour permettre la transformation de l'énergie et satisfaire les besoins énergétiques.

#### Énergie primaire (ISO 52000-1)

Énergie qui n'a été soumise à aucun processus de conversion ou de transformation.

#### Énergie reçue de l'extérieur (ISO 52000-1)

Énergie, exprimée par vecteur énergétique, fournie aux systèmes techniques du bâtiment à travers la limite de l'évaluation, afin de répondre aux services pris en compte ou de produire l'électricité fournie à l'extérieur.

#### Énergie réelle mesurée (ISO 52000-1)

Énergie mesurée sans aucune correction vis-à-vis du climat et de l'utilisation standard.

#### Énergie totale (ISO 52000-1)

Énergie provenant aussi bien de sources renouvelables que de sources non renouvelables.

#### Humidification (ISO 52000-1)

Processus consistant à ajouter de la vapeur d'eau dans l'air pour augmenter l'humidité.

#### Limite de l'évaluation (ISO 52000-1)

Limite au niveau de laquelle les énergies reçues de l'extérieur et fournie à l'extérieur sont mesurées ou calculées.





#### **Périmètre (ISO 52000-1)**

<Classification des limites> origine de l'énergie reçue de l'extérieur.

#### **Refroidissement des locaux (ISO 52000-1)**

Processus d'extraction de chaleur d'un espace de bâtiment dans le but d'atteindre et de maintenir une température maximale donnée dans cet espace.

#### **Source d'énergie (ISO 52000-1)**

Source à partir de laquelle il est possible d'extraire ou de récupérer de l'énergie utile, soit directement, soit au moyen d'un processus de conversion ou de transformation.

#### **Vecteur énergétique (ISO 52000-1)**

Substance ou phénomène qui peut servir à produire du travail mécanique ou de la chaleur, ou à la réalisation de processus chimiques ou physiques.

#### **Ventilation (ISO 52000-1)**

Processus de fourniture ou d'extraction d'air par des moyens naturels ou mécaniques, vers ou à partir d'un espace ou d'un bâtiment.

## **Métrologie**

#### **Capteur ()**

Dispositif permettant de capter un phénomène physique et de le restituer sous forme de signal.

#### **Chaîne de mesure ()**

Dispositif permettant d'échantillonner, numériser, stocker et restituer sous une forme appropriée à son utilisation (affichage, transmission à distance...) les signaux fournis par des capteurs.

#### **Erreur aléatoire (VIM)**

Composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, varie de façon imprévisible.



#### **Erreur de mesure (VIM)**

Différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence.

#### **Erreur systématique (VIM)**

Composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible.

#### **Mesure ponctuelle ()**

Mesure type IR ou étanchéité.

## **Performance énergétique mesurée**

#### **Ajustement non périodique ()**

Ajustement exceptionnel en fonction de l'évolution de facteurs statiques.

#### **Ajustement périodique ()**

Ajustement effectué à chaque mesure de la performance énergétique du bâtiment, en fonction des variables indépendantes.

#### **Facteur d'influence ()**

Facteur qui influence les consommations d'énergie de manière significative, et qui doit donc être considéré dans les opérations d'ajustement, périodique ou non périodique.

#### **Facteur statique (ISO 50001 modifié)**

Facteur identifié ayant une incidence significative sur la performance énergétique et qui ne varie pas assez habituellement pour être considéré comme une variable indépendante.

Note : « assez » et « pour être considéré comme une variable indépendante » ont été ajoutés par rapport à la définition ISO50001.



#### Période de projection (FD X 30-148)

Période de temps définie, sélectionnée pour le calcul de l'évolution de la performance énergétique.

**Remarque** : dans de nombreux documents, cette période de temps est nommée « période de suivi ».

Mais comme dans certaines configurations, cette période de temps peut être la période de temps située avant la réalisation des AAPE, il nous semble plus pertinent de ne pas utiliser le mot « suivi », qui évoque fondamentalement la période après travaux... Le mot « projection » fait référence au fait que lors de l'opération d'ajustement, tout se passe comme si on « projetait » le bâtiment « de référence » dans la situation présentant les conditions données choisies pour le projet : par exemple le bâtiment avant travaux peut être projeté (via les calculs d'ajustement) dans les conditions après travaux. Mais l'opération peut être faite également dans le sens contraire, on peut projeter le bâtiment après travaux dans les conditions de la situation avant travaux...

#### Plan de Mesure et de Vérification (PMV) ()

Document établissant les « règles du jeu » qui lient l'ensemble des acteurs et définissent la méthode qui sera employée pour évaluer la performance énergétique mesurée d'un projet.

#### Rapport coûts/ bénéfices ()

Plus-value économique de la MPEB.

#### Variable indépendante ()

Facteur d'influence retenu pour les opérations d'ajustement périodique.

## Performance énergétique non mesurée

#### Exigence de performance énergétique (ISO 52000-1)

Niveau minimum de la performance énergétique (partielle ou globale) à atteindre pour obtenir un droit ou un avantage : par exemple, un permis de construire, une réduction des taux d'intérêt, un label de qualité.



#### **Norme PEB (ISO 52000-1)**

Norme satisfaisant aux exigences spécifiées dans l'ISO 52000-1 (...), la CEN/TS 16628 [4] et la CEN/TS 16629.

#### **Objet Évalué (ISO 52000-1)**

Bâtiment, partie d'un bâtiment ou portefeuille de bâtiments, qui fait l'objet de l'évaluation de la performance énergétique.

#### **Performance énergétique / performance énergétique globale <d'un objet évalué> (ISO52000-1)**

Quantité d'énergie (pondérée) calculée ou mesurée requise pour répondre à la demande énergétique associée à une utilisation type de l'objet évalué, qui inclut l'énergie utilisée pour les services spécifiques (services PEB).

Remarque : comme discuté en §1.2.3.5, p14, cette définition, comme l'ensemble des définitions de l'ISO52000-1, est plutôt orientée performance énergétique non mesurée (ou calcul de performance/ consommation prévisionnelle). Nous conseillons à l'utilisateur potentiel de ce terme de systématiquement préciser qu'il se situe dans le champ de la performance énergétique non mesurée.

#### **Performance énergétique mesurée (ISO 52000-1)**

Performance énergétique basée sur les quantités mesurées pondérées d'énergie reçue de l'extérieur et fournie à l'extérieur.

Note 1 à l'article : La performance énergétique mesurée est la somme pondérée de tous les vecteurs énergétiques utilisés par le bâtiment, mesurés par des compteurs ou dérivés d'une énergie mesurée par d'autres moyens. Il s'agit d'une mesure de la performance en cours d'utilisation du bâtiment après correction et extrapolation. Elle est particulièrement pertinente pour la certification de la performance énergétique réelle.

Note 2 à l'article : Aussi connue sous le nom de « performance énergétique opérationnelle ».

**Remarque** : dans un souci de clarté et de simplification, nous avons proposé plus haut dans le document (§1.2.4, p15) de ne pas utiliser de pondération, ce qui revient à considérer que la performance énergétique mesurée ne doit être exprimée que sous la forme d'une énergie (exprimée typiquement en [kWh]) ou d'un ratio issu d'une énergie ([kWh] / [X]).

#### **Service PEB (ISO 52000-1)**

Service du bâtiment inclus dans l'évaluation de la performance énergétique

EXEMPLE : Énergie utilisée pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, l'humidification, la déshumidification, l'eau chaude sanitaire et l'éclairage.



# Qualité de l'environnement intérieur

## Confort thermique ()

État de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique caractérisé par un ensemble de conditions liées au métabolisme, habillement, température ambiante de l'air, température moyenne des parois, humidité relative de l'air, vitesse de l'air.

# Statistique

## Loi de probabilité (ISO 3534-1:1993, définition 1.3)

Fonction déterminant la probabilité qu'une variable aléatoire prenne une valeur donnée quelconque ou appartienne à un ensemble donné de valeurs.

## Modèle statistique

(Wikipédia - définition pédagogique à distinguer de la définition mathématique formelle)

Description mathématique approximative du mécanisme qui a généré les observations, que l'on suppose être un processus stochastique et non un processus déterministe. Il s'exprime généralement à l'aide d'une famille de distributions (ensemble de distributions) et d'hypothèses sur les variables aléatoires.

# Système technique du bâtiment

## Perte thermique du système (ISO 52000-1)

Pertes thermiques d'un système technique de bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire, l'humidification, la déshumidification ou la ventilation, qui ne contribuent pas à la production utile du système.



#### **Perte thermique récupérée du système (ISO 52000-1)**

Partie des pertes thermiques d'un système pouvant être récupérée pour réduire le besoin énergétique pour le chauffage ou le refroidissement ou la consommation d'énergie du système de chauffage ou de refroidissement.

#### **Service du bâtiment (ISO 52000-1 & ISO 13162)**

Service fourni par les systèmes techniques du bâtiment et par des appareils afin de créer des conditions acceptables d'environnement intérieur, de produire de l'eau chaude sanitaire, d'assurer un niveau d'éclairage et d'autres services liés à l'utilisation du bâtiment.

#### **Sous-système technique du bâtiment (ISO 52000-1)**

Partie d'un système technique de bâtiment qui assure une fonction spécifique (par exemple génération de chaleur, distribution de chaleur, émission de chaleur).

#### **Système de conditionnement d'air (ISO 52000-1)**

Combinaison de tous les éléments requis pour assurer un traitement de l'air, dans lequel la température de l'air soufflé est régulée et qui peut être associé à une régulation du débit de ventilation, de l'humidité et de la filtration de l'air.

#### **Système technique du bâtiment (ISO 52000-1)**

Équipement technique de chauffage, de refroidissement, de ventilation, d'humidification, de déshumidification, d'eau chaude sanitaire, d'éclairage, d'automatisation et de régulation du bâtiment et de production d'électricité.

### **ZONE DE DESSERTE DU BÂTIMENT**

#### **Zone de desserte (ISO 52000-1)**

Partie d'un bâtiment comprenant un ou plusieurs espaces élémentaires desservis par un système ou un sous-système technique du bâtiment.

#### **Zone de desserte du système de refroidissement (ISO 52000-1)**

Groupe d'espaces reliés au même circuit de refroidissement.



**Zone de desserte du système de ventilation (ISO 52000-1)**

Groupe d'espaces reliés au même système de ventilation.

**Zone de desserte du système de conditionnement d'air (ISO 52000-1)**

Groupe d'espaces reliés au même système de conditionnement d'air.

**Zone de desserte du système de chauffage (ISO 52000-1)**

Groupe d'espaces reliés au même circuit de chauffage.

**Zone de desserte du système de production d'eau chaude (ISO 52000-1)**

Groupe d'espaces reliés au même système de distribution d'eau chaude sanitaire.

# Bibliographie





1. **Collectif.** *Méthodes et outils de la garantie de résultats énergétiques, bâtiments tertiaires et collectifs.* s.l. : Editions Le Moniteur, Fondation Bâtiment Énergie, ADEME, 2016.
2. **Espelia.** *Marchés de partenariat et marchés publics globaux de performance : quelles différences ?* <https://www.espelia.fr/fr/blog/marches-de-partenariat-et-marches-publics-globaux-de-performance-:-quelles-differences.html>
3. **CSTB / IFPEB.** *Mieux comprendre les notions de consommations réglementaires, prévisionnelles et réelles.* 28 11 2012.
4. **Plan bâtiment durable.** *Charte d'engagement relative à la Garantie de Performance Énergétique Intrinsèque (GPEI).* 2013.
5. **IFPEB.** *Consommations énergétiques réelles : comment les prévoir et s'engager ? - démarche pour la maîtrise des objectifs énergétiques et prémices du smartgrid.*
6. **Journée professionnelle «Cap vers des bâtiments bas carbone et à énergie positive » - 17 mai 2017.** *l'union sociale pour l'habitat.* [En ligne] [Citation : 18 03 2019.] <https://www.union-habitat.org/centre-de-ressources/innovation-prospective/journee-professionnelle-cap-vers-des-batiments-bas>
7. **EVO.** *Principes fondamentaux du protocole international de mesure et de vérification des économies d'énergie.* avril 2017.
8. **Observatoire économique de l'achat public, groupe d'étude des marchés de chauffage et de climatisation, Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.** *Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultat.* 2007.
9. **ISABELE mesure la performance énergétique intrinsèque d'un logement neuf.** CSTB. [En ligne] [Citation : 18 03 2019.] <http://www.cstb.fr/fr/actualites/detail/isabele-performance-energetique-logement-neuf-0916/>
10. **Bureau International des Poids et Mesures (BIPM).** *Vocabulaire international de métrologie - Concepts fondamentaux et généraux et termes associés.* 3ème édition. 2012. JCGM 200:2012 (E/F).
11. *Consommation de chauffage : les températures extérieures.* Cadiergues, Roger. N°4, septembre 1986, Promoclim E, Vol. Tome 17.
12. **CSTB, CEREMA, ADEME.** *Les premiers résultats de l'observatoire des contrats de performance énergétique.* 2017.
13. **Bureau International des Poids et Mesures (BIPM).** *Évaluation des données de mesure - Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure.* 2008. JCGM 100:2008 (F).
14. **ISO52018-1** *Performance énergétique des bâtiments - Indicateurs pour des exigences PEB partielles liées aux caractéristiques du bilan énergétique thermique et du bâti - Partie 1 : Aperçu des options.*



15. **EN 15316-1** : Performance énergétique des bâtiments – Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 1 : Généralités et expression de la performance, Modules M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4.
16. **ISO 52003-1** : Performance énergétique des bâtiments -Indicateurs, exigences, appréciations et certificats -Partie 1: Aspects généraux et application à la performance énergétique globale.
17. **EN 15378-3** : Production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Partie 3 : performance énergétique mesurée, Modules M3-10, M8-10.
18. **NF EN ISO 50001** : Systèmes de management de l'énergie – exigences et recommandations pour la mise en œuvre. 2018.
19. **SO 50015** : systèmes de management de l'énergie – Mesure et Vérification de la performance énergétique des organismes – principes généraux et recommandations. 2015.
20. **ISO 50006** : systèmes de management de l'énergie – mesurage de la performance énergétique à l'aide des Performances Énergétiques de Référence (PER) et d'Indicateurs de Performance Énergétique (IPE) – Principes généraux et lignes directrice. 2015.
21. **FD X30-148** : Mesure et vérification de la performance énergétique – Techniques de détermination des économies d'énergie et incertitudes associées. 2016.
22. **ISO 17741** : Règles techniques générales pour la mesure, le calcul et la vérification des économies d'énergie dans les projets. 2014.
23. **Projet de norme ISO/FDIS 50047** : Économies d'énergie – Détermination des économies d'énergie dans les organismes. 2016.
24. **Directive (UE) 2018/844** du Parlement Européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments et la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique. 30 mai 2018.



FONDATION  
BÂTIMENT  
ÉNERGIE