

COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE POURQUOI? COMMENT?

RESPONSABLES
ENERGIE



Consommations brutes

07/92

08/92

09/92

10/92

11/92

12/92

15/15

❖ La présente brochure a pour objectif de renseigner les gestionnaires d'un patrimoine bâti sur l'utilité et la manière de mener à bien une comptabilité des consommations d'énergie.

❖ Le contenu est orienté vers le suivi des consommations d'énergie nécessaires au chauffage des locaux. Vu les fluctuations saisonnières, ce suivi pose souvent des difficultés.

06/93

890,49

634,89

385,77

132,33

71,13

94,5

425,73

693,21

91,15

740,13

890,49

634,89

385,77

132,33

71,13

Avant-propos

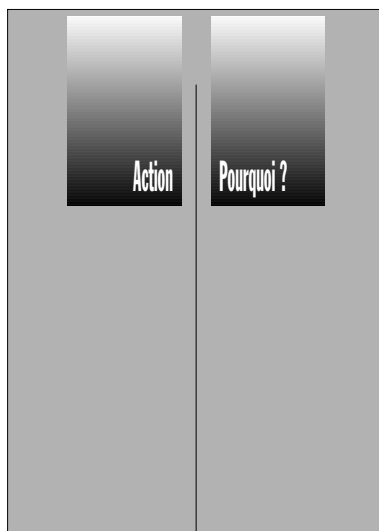
- 1. Établir l'inventaire des bâtiments et des points de consommation**
- 2. Fixer la périodicité du suivi des consommations**
- 3. Mesurer les consommations et collecter les paramètres climatiques**
- 4. Standardiser les consommations**
- 5. Établir le tableau des consommations annuelles brutes**
- 6. Normaliser les consommations**
- 7. Établir le tableau des consommations mensuelles normalisées**
- 8. Établir le tableau mensuel des consommations annuelles brutes ou normalisées**
- 9. Calculer les consommations spécifiques annuelles normalisées**
- 10. Établir la signature énergétique du bâtiment**
- 11. Tracer l'évolution des signatures énergétiques successives**
- 12. Réaliser le cadastre énergétique des bâtiments**
- 13. Réflexions : ❖ que mesurer?
❖ le calcul des degrés-jours**
- 14. Annexes**

Actions

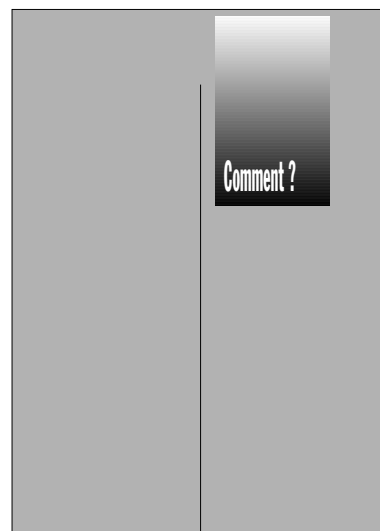
Avant-propos

La brochure se présente sous forme de questions et réponses. La mise en page correspond au schéma suivant :

Page de gauche



Page de droite



Chaque action décrite est justifiée (Pourquoi ?) tandis que sont données, de façon sommaire, les démarches et méthodes (Comment ?) (1).

Tout au long de cette brochure, nous développons un exemple qui illustre nos propos, sans toutefois prétendre épuiser tous les cas de figure.

(1) Une brochure séparée parle des méthodes d'interprétation de la "signature énergétique" en particulier; celle-ci est disponible à l'Institut Wallon.

Sans connaître l'état de fonctionnement énergétique des bâtiments il n'est pas possible au Responsable Energie de définir et mettre en place une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie. Par exemple, il ne lui sera pas possible de comparer entre elles les consommations énergétiques des différents bâtiments, de repérer rapidement les anomalies de fonctionnement du système de chauffage ou de sa régulation, ou encore de mesurer les effets d'améliorations thermiques apportées aux bâtiments.

Le tableau de bord est l'outil de base de toute politique d'utilisation rationnelle de l'énergie, comme le tableau de bord d'une automobile reprend l'ensemble des indicateurs de fonctionnement du véhicule.

La comptabilité énergétique est un outil de gestion dont les objectifs sont les suivants :

- ❖ **suivre les consommations des bâtiments et les situer : dans le moment présent, par rapport à d'autres bâtiments ; dans une perspective évolutive, d'un bâtiment par rapport à lui-même ;**
- ❖ **détecter des dérives de consommation et des anomalies de fonctionnement des installations ;**
- ❖ **mesurer les effets d'améliorations thermiques apportées aux bâtiments, aux systèmes ou aux conditions d'occupation ;**
- ❖ **établir un budget "énergie" ;**
- ❖ **répartir les consommations d'énergie entre divers occupants éventuels.**

La comptabilité énergétique n'est donc pas un outil de diagnostic thermique, même si, on le verra, le cadastre énergétique que l'on peut établir grâce à l'inventaire des consommations d'un patrimoine bâti, fournit des renseignements qualitatifs et quantitatifs sur les qualités thermiques de l'ensemble "bâtiment et système".

1. Etablir l'inventaire des bâtiments et des points de consommation



. Récolte des données



Cet inventaire doit permettre d'avoir une vue d'ensemble sur le parc immobilier géré.

Il permettra de définir les objectifs poursuivis et donc les formes que prendra le tableau de bord des consommations :

- ❖ *suivi annuel, mensuel, ... ;*
- ❖ *par vecteur ⁽¹⁾, par usage, par occupant, par bâtiment, ...*

Il permettra d'avoir un descriptif des caractéristiques :

- ❖ *de l'enveloppe ;*
- ❖ *des systèmes ;*
- ❖ *du type d'occupation, ...*

D'expérience, on sait que la réalisation de cet inventaire permet de déceler des anomalies :

- ❖ *compteurs ouverts sans consommation ;*
- ❖ *inadéquation entre type de régulation et type d'occupation ;*
- ❖ *horloges mal réglées ;*
- ❖ *...*

⁽¹⁾ Gaz, mazout, électricité, ...

**Un dossier par bâtiment
reprend les données suivantes :**

❖ informations liées à l'enveloppe :

- *plans et dimension ;*
- *qualité thermique des parois ;*
- *année de construction ;*
- *améliorations apportées ;*
- ...

❖ informations liées aux systèmes :

- *système de chauffage/
climatisation/production ECS...(1) ;*
- *vecteurs utilisés/tarifs appliqués/
unités de comptage ;*
- *régimes de fonctionnement ;*
- *schémas d'installation et de régulation ;*
- *améliorations apportées ;*
- ...

❖ informations liées aux occupants :

- *type d'activité ;*
- *horaires d'occupation ;*
- *confort souhaité ;*
- *zonage des activités ;*
- ...

(1) ECS = eau chaude sanitaire

2. Fixer la périodicité du suivi des consommations

J A N V I E R						
lu	ma	me	je	ve	sa	di
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

J U I L L E T						
lu	ma	me	je	ve	sa	di
	3	4	5	6		
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						



Tous les bâtiments ne doivent pas être suivis avec la même périodicité :

- ❖ les bâtiments qui ont révélé un problème méritent un relevé rapproché ;
- ❖ les bâtiments qui ont subi des modifications méritent une évaluation des résultats ;
- ❖ les bâtiments déclarés éneivores (voir cadastre énergétique ci-après) méritent un suivi rapproché ;
- ❖ les gros consommateurs méritent une approche plus régulière que les (très) petits consommateurs ;
- ❖ le bilan à rendre aux décideurs, lui, ne doit se faire qu'annuellement.

Par ailleurs, certaines méthodes de travail demandent des observations rapprochées afin de garantir les résultats (ex. : la signature énergétique, voir infra).

Enfin, suivant que le suivi des consommations se fait dans un but de gestion des équipements ou d'informations auprès des autorités, la périodicité des observations sera différente.

On peut donc dire que fixer la périodicité du suivi permet de récolter les données en conformité avec les objectifs poursuivis et avec les méthodes utilisées. De là, il est alors possible d'organiser le travail des releveurs.

Comment ?

**Nous proposons les situations
et périodicités suivantes :**

Contexte	Gestion	information bilantaire
Diagnostic de consommation	Hebdomadaire	
Résolution de problème	Hebdomadaire	
Suivi pour un bâtiment déclaré énergivore par le "cadastre énergétique"	Hebdomadaire ou mensuel	
Suivi de routine pour gros ou moyen consommateur	Mensuel	
Suivi de routine pour petit consommateur	Mensuel	
Contrôle des résultats après intervention	Mensuel	
Bilan aux autorités		Annuel

3. Mesurer les consommations (1)



et collecter les paramètres climatiques

La mesure des consommations permet de recueillir les données de base nécessaires à l'établissement du tableau des consommations et permet un contrôle de celles-ci.

Suivant les vecteurs énergétiques, la mesure des consommations se fera avec plus ou moins de facilité

Dans tous les cas, une mesure objective s'impose, à date fixe. En effet, les quantités fournies et mentionnées sur les factures sont souvent inutilisables car :

- ❖ leur périodicité est plus ou moins aléatoire ou inadaptée aux objectifs poursuivis ;
- ❖ ne correspondent pas nécessairement aux quantités consommées (effet de stocks et factures intermédiaires) ;
- ❖ l'information est souvent moins vite disponible
- ❖ l'information peut être erronée.

Pour le chauffage, les consommations sont tributaires des rigueurs climatiques.

Pour analyser les consommations hors effets climatiques, il convient de disposer :

- ❖ des degrés-jours ou
- ❖ des températures moyennes extérieures.

Les degrés-jours et/ou températures moyennes extérieures sont donc nécessaires pour l'analyse des consommations du chauffage hors variations climatiques.

(1) voir la brochure "Mesure de la consommation fuel".

3.1 Organisation du travail

pour les relevés d'index

Dans bien des cas, le relevé se fera manuellement, sur fiche pré-imprimée. Nous suggérons que chaque point de comptage porte un numéro d'identification qui corresponde au numéro de fiche à transmettre et au code utilisé dans le tableau de bord utilisé. Il importe que les relevés soient réalisés à dates fixes. En annexe 1, nous présentons une fiche-type pour la collecte des données.

3.2 Calcul de la consommation

La formule généralement applicable est :
consommation = index d'arrivée - index de départ
Dans le cas du mazout, à défaut d'un système de comptage, on appliquera la formule suivante :
consommation = index de départ +
approvisionnement éventuel - index d'arrivée.
D'autres dispositifs peuvent être mis en place pour la mesure des consommations fuel ⁽¹⁾.

3.3 Les facteurs climatiques

Il est possible de caractériser la rigueur d'une saison de chauffe en un lieu donné en considérant l'ensemble des écarts journaliers entre les températures intérieure et extérieure.

Le paramètre "degré-jour" représente la somme de toutes les différences journalières entre la température extérieure et celle intérieure des locaux. Lorsqu'on parle de degrés-jours 15/15, on précise de la sorte le niveau de la température intérieure moyenne (15°C) au-dessus duquel on estime ne plus devoir chauffer, ainsi que le niveau de température extérieure au-delà duquel l'installation de chauffage est arrêtée (15°C).

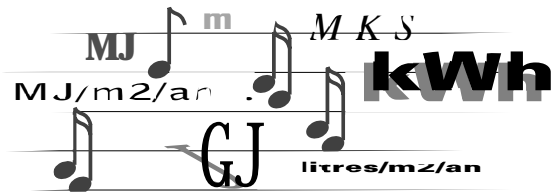
Ce paramètre permet de comparer entre-elles des consommations relatives à des immeubles dont la localisation varie, ainsi que des consommations relatives à des périodes différentes, d'une même année ou d'années différentes.

Les degrés-jours mensuels peuvent être obtenus notamment auprès de l'Institut Royal Météorologique (02/373.05.20), de l'Union Royale Belge des Installateurs en Chauffage Central, Ventilation et Tuyauteries ou de l'Association Technique de l'Industrie du Chauffage, de la Ventilation et des Branches Connexes (UBIC - ATIC : 02/520.73.00). Ils sont en outre publiés dans certains mensuels. Dans certaines conditions (micro-climat, conditions d'occupation des bâtiments), on aura avantage à travailler avec des degrés-jours en une autre base que 15/15 ⁽²⁾ ou avec les températures extérieures moyennes (disponibles auprès de l'I.R.M.).

⁽¹⁾ Voir brochure «La mesure des consommations fuel» disponible à l'Institut Wallon

⁽²⁾ Voir en fin de brochure, la rubrique «Le calcul des degrés-jours»

4. Standardiser de la consommation



La standardisation des consommations permet de globaliser, tous vecteurs d'énergie confondus, les consommations d'un même bâtiment.

Parfois, il convient de garder les unités physiques de base (kWh, litres, m³, ...) de manière à rendre les chiffres intelligibles. Cela est vrai en particulier dans les documents transmis aux autorités.

Ex. : "Notre école consomme 60 litres de mazout/m2/an pour les besoins de chauffage", est plus explicite que "Notre école consomme 2.152,3 MJ/m2/an ..." !.

Comment ?

Nom vecteur	Unité	Facteur conversion
Gaz naturel pauvre	MJ	0.90
Electricité	kWh	3.60
Gaz butane	kg	45.56
Gaz naturel riche	M3	36.43
Houille	kg	29.30
Anthracite 10/20	kg	31.40
Coke	kg	28.50
Propane	L	24.30
Mazout chauffage	L	35.87
Fuel-oil léger	L	36.37
Fuel-oil moyen	L	37.78
Fuel-oil lourd	L	38.16
Fuel-oil extra lourd	L	38.58

Formule: unité lue x fact. conversion = MJ

5. Etablir le tableau des consommations mensuelles brutes

Cette étape sert à structurer les données et éventuellement, à les vérifier. Elle sert également à avoir un premier aperçu de l'évolution des consommations.

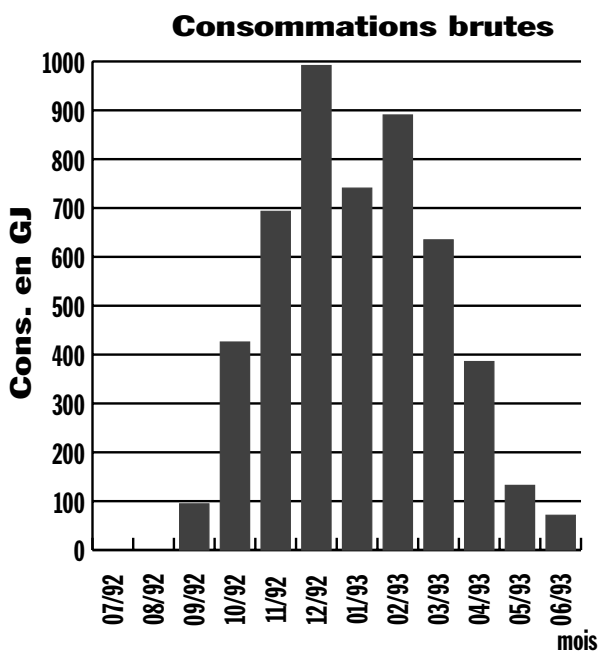
. Traitement des données

consommations brutes	
07/92	0,00
08/92	0,00
09/92	94,53
10/92	425,73
11/92	693,21
12/92	91,35
01/93	74,50
02/93	890,49
03/93	634,89
04/93	385,77
04/93	122,33

Comment ?

Le tableau des consommations mensuelles brutes peut porter sur une ou plusieurs années. Il peut se présenter par année civile ou par saison de chauffe.

La présentation sous forme graphique sera toujours plus lisible à condition d'être accompagnée d'un commentaire explicite.



Consommations brutes	
07/92	0,00
08/92	0,00
09/92	94,53
10/92	425,73
11/92	693,21
12/92	991,65
01/93	740,73
02/93	890,49
03/93	634,89
04/93	385,77
05/93	132,33
06/93	71,13

L'allure globale de cette courbe de consommation est normale si ce n'est le mois de janvier 93 où les consommations sont < aux valeurs attendues : influence du climat, congés scolaires ? ...

6. Normaliser de la consommation

Du fait des variations climatiques qui existent, d'un endroit à l'autre ou d'une année à l'autre, il convient de ramener les données du tableau des consommations à des valeurs comparables.

La comparaison peut s'opérer en rapportant chacune des consommations à une valeur de référence en matière climatique : ce sont les degrés-jours normaux (DJN) ⁽¹⁾. Ceux-ci correspondent aux moyennes établies sur 30 années successives.

6.1. Traitement des données

Month	Consommation brute
07/92	0,00
08/92	0,00
09/92	94,53
10/92	425,73
11/92	693,21
12/92	31,35
01/93	74,15
02/93	890,49
03/93	634,89
04/93	385,77
05/93	122,33

La normalisation des consommations permet :

- ❖ de comparer les consommations de chauffage d'un même bâtiment d'une année (ou partie d'année) à l'autre, quelque aient été les rigueurs climatiques au fil des années;

- ❖ d'établir des ratios qui rendent possible la comparaison des consommations de bâtiments géographiquement distants.

⁽¹⁾ Voir en fin de brochure la rubrique : "Le calcul des degrés-jours"

Comment ?

La formule appliquée est :

$$\text{Consommation normalisée} = \frac{\text{cons. observée} \times \text{DJN du lieu}}{\text{DJ du lieu (de référence) sur la période d'observation}}$$

Remarques

- ❖ Les valeurs de référence doivent concerner le lieu d'implantation du bâtiment dont on assure le suivi. On se référera donc à la station météo la plus significative, c'est-à-dire celle qui se trouve sur la même courbe isothermique que ce bâtiment (renseignement I.R.M.).
- ❖ Pour bien faire, les consommations observées devraient concerner uniquement le chauffage. C'est à dire ne pas inclure la part d'énergie qui a servi à la production de l'eau chaude sanitaire.
- ❖ Dans les analyses mensuelles ou annuelles, on veillera à faire correspondre les périodes de consommations aux données climatiques ou inversement.

Exemple :

Normalisation des consommations d'un même bâtiment au fil des ans

	1992	1993	1994
Cons. brutes (GJ)	4556.77	5326.25	5211.01
DJ observés	2109.40	2090.20	1955.10
DJN	2372.10	2372.10	2372.10
Cons. norm. (GJ)	5124.26	6044.59	6322.46

On remarque ici que, à climat égal, les consommations ne cessent d'augmenter sur la période 1992 à 1994.

Exemple :

Normalisation des consommations de bâtiments différents pour la même année (la consommation est ramenée arbitrairement à 2084°J, c'est-à-dire les degrés-jours normaux de Uccle pour un an).

	Bât. A	Bât. B
Situation	Charleroi	Eupen
DJ	2109	3009
DJN	2084	2084
Consommations brutes 1994 (GJ)	2000	2500
Consommations normalisées (GJ)	1976.3	1731.5

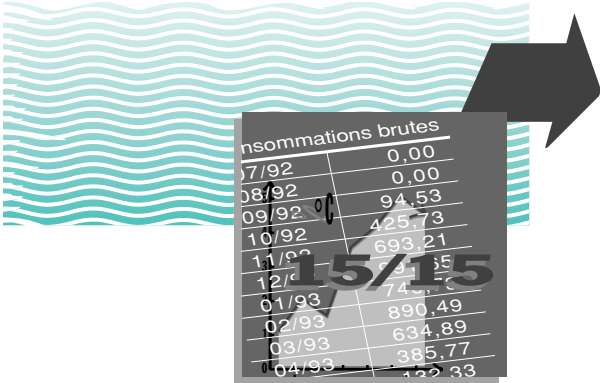
On remarque ici que, à climat égal, le bâtiment A consomme davantage que le bâtiment B.

7. Etablir le tableau des consommations mensuelles normalisées

La normalisation des consommations permet de comparer des consommations sur des bases climatiques similaires.

Cette action sert à repérer des dérives de consommation en ayant neutralisé l'impact des variations climatiques sur celles-ci.

. *Traitement des données*



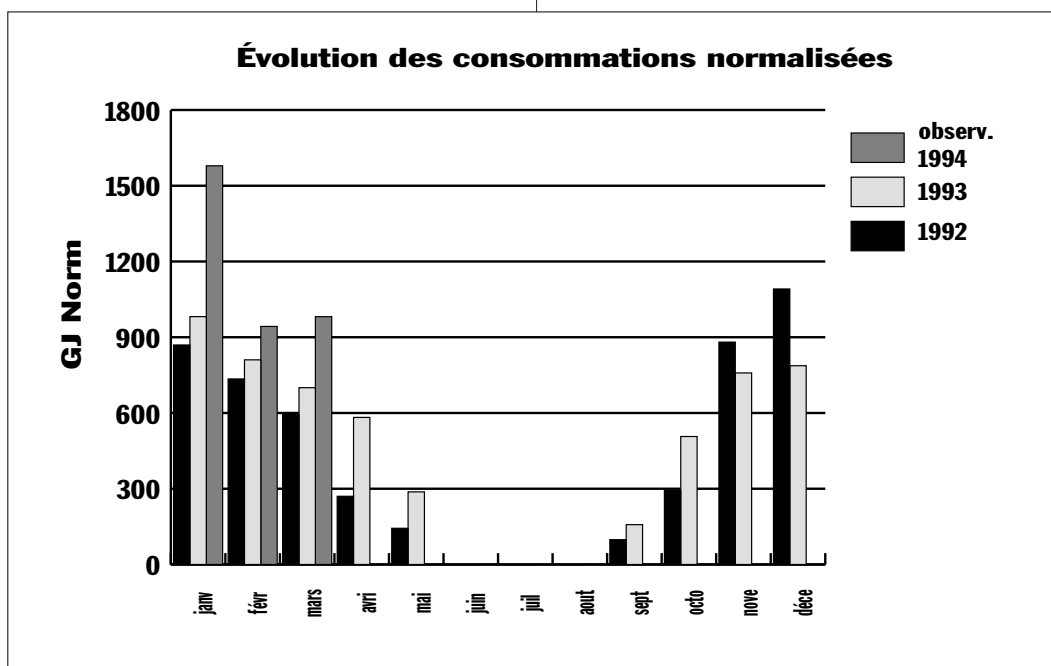
Comment ?

Consommations

	brutes	normalisées
01/92	848,53	869,30
02/92	645,38	734,78
03/92	479,84	594,31
04/92	266,92	270,18
05/92	83,68	143,45
06/92	27,29	
07/92	0,00	
08/92	0,00	
09/92	94,53	98,26
10/92	425,73	293,03
11/92	693,21	880,74
12/92	991,65	1091,15
01/93	740,73	981,62
02/93	890,49	810,48
03/93	634,89	700,24
04/93	385,77	582,46
05/93	132,33	287,61
06/93	71,13	
07/93	82,65	
08/93	61,05	
09/93	93,49	157,81
10/93	607,53	506,86
11/93	979,77	758,63
12/93	646,41	787,17
01/94	1262,73	1578,89
02/94	928,29	942,80
03/94	759,81	981,42

Cette comparaison n'a guère de sens pour des mois isolés dans deux années différentes, janvier 1993 et janvier 1994, par exemple. La comparaison doit être opérée mois par mois, mais en considérant l'allure générale de chaque année.

Les consommations normalisées peuvent se présenter par saison de chauffe ou par année civile. Lorsqu'elles comparent plusieurs années successives, elles permettent de faire un diagnostic des consommations hors effet climatique.



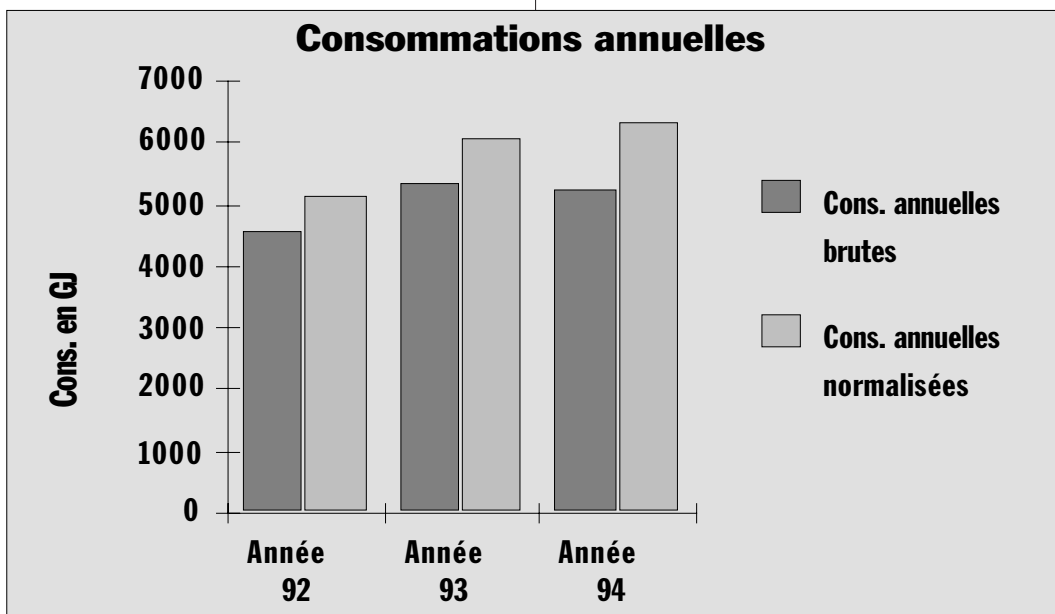
Les premières observations de 94 montrent une "flambée" des consommations, en particulier en janvier. Après vérification des relevés (des consommations de 12/93 n'ont-elles pas été reportées sur le relevé de fin 01/94 ?) on peut, ici, confirmer une dérive des consommations qui n'est pas imputable aux conditions climatiques du moment.

**8. Etablir
le tableau
des consommations
annuelles brutes
et normalisées**

Cette action permet de comparer les consommations réellement observées à ce qu'elles auraient été si le climat de l'année avait été celui d'une année climatique normale. Elle permet aussi de suivre l'évolution des consommations, au fil des années, en année climatique normale.

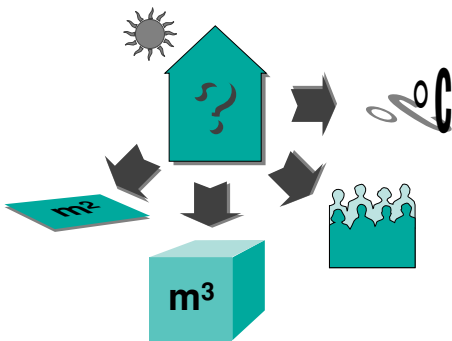
Comment ?

Consommations annuelles normalisées				
année	DJobservés	Cons.brutes	DJ Norm.	Cons.norm.
1992	2109.4	4556.77	2372.1	5124.26
1993	2090.2	5326.25	2372.1	6044.59
1994	1955.1	5211.01	2372.1	6322.46



Ici on voit que la consommation globale pour 93 est supérieure à celle de 92 et que si la consommation brute de 94 a été inférieure à celle de 93, il n'en est pas moins vrai que, à climat constant, elle aurait été supérieure.

9. Calculer les consommations spécifiques annuelles normalisées.



Lorsque les consommations sont normalisées, il est possible d'établir la consommation spécifique annuelle (1) :

- ❖ consommation / m² chauffé
- ❖ consommation / m³ chauffé
- ❖ consommation / élève
- ❖ consommation / occupant

Lorsque pareil ratio existe pour les bâtiments d'un même secteur (statistiques wallonnes par exemple) (2), les consommations spécifiques du bâtiment permettent de le comparer à une moyenne établie sur un ensemble d'autres bâtiments comparables.

(1) Il n'existe aucune norme pour le calcul de pareils ratios, il importe donc de rester cohérent au fil des années, en calculant son propre ratio de manière identique et d'indiquer clairement comment celui-ci a été calculé.

(2) Consultez l'Institut Wallon

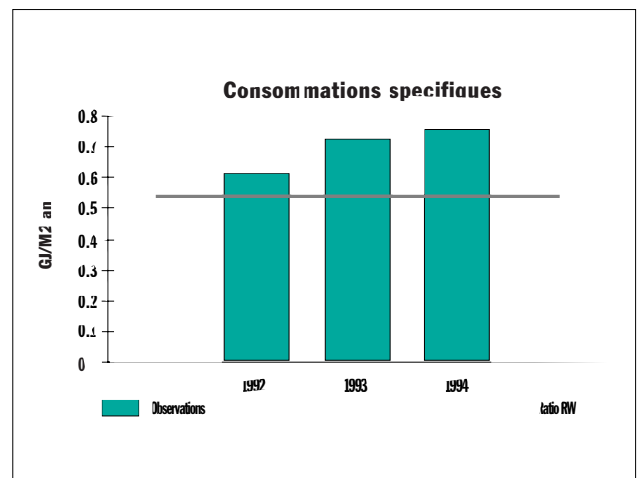
Comment ?

Il suffit de diviser la consommation normalisée pour l'année considérée par le critère que l'on souhaite retenir (dans l'exemple, la superficie des locaux chauffés).

Consommations spécifiques

année	cons.norm.	superficie	cons.spécif.	RatioRW
	GJ/an		m ²	GJ/m ² an
1992	5150,83	8340	0,62	0,54
1993	6044,59	8340	0,72	0,54
1994	6322,46	8340	0,76	0,54

Le ratio RW (Région Wallonne) est une moyenne calculée sur un parc de bâtiments existants. Il ne correspond donc pas à une consommation optimale. (0,54 MJ correspond à une moyenne pour des bâtiments scolaires sans internat ni cours du soir) (1).



On observe qu'en comparaison avec le ratio établi sur des bâtiments du même secteur d'activité et de même gabarit, ce bâtiment consomme beaucoup d'énergie. Des économies sont imaginables, d'autant plus que la situation s'aggrave d'année en année.

(1) il existe toute une série de ratios RW qui s'appliquent à d'autres types de bâtiments (bureaux, piscines, halls de sport, homes et séniories...). Cette information est disponible à l'IW.

10. Etablir la signature énergétique du bâtiment.

La signature énergétique, pour une année de référence choisie, permet d'établir la sensibilité du bâtiment aux rigueurs climatiques.

A occupation et confort constants, cette signature énergétique doit rester stable, d'année en année.

La signature énergétique d'une année permet :

- ❖ d'établir une référence pour la comparaison des résultats d'années successives;
- ❖ d'établir la consommation normalisée du bâtiment;
- ❖ d'établir un diagnostic de consommation ⁽¹⁾;
- ❖ de déceler des problèmes de fonctionnement de l'installation ⁽¹⁾;
- ❖ d'établir un budget énergie en année climatique normale ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Voir brochure «Signature énergétique -interprétations» disponible à l'Institut Wallon.

Comment ?

A partir des consommations mensuelles brutes et des degrés-jours observés, positionner les points sur un graphique. L'axe des ordonnées représente les consommations et l'axe des abscisses représente les degrés-jours.

Calculer et tracer la droite qui passe entre les différents points (calcul de la droite par une formule de régression linéaire ⁽¹⁾).

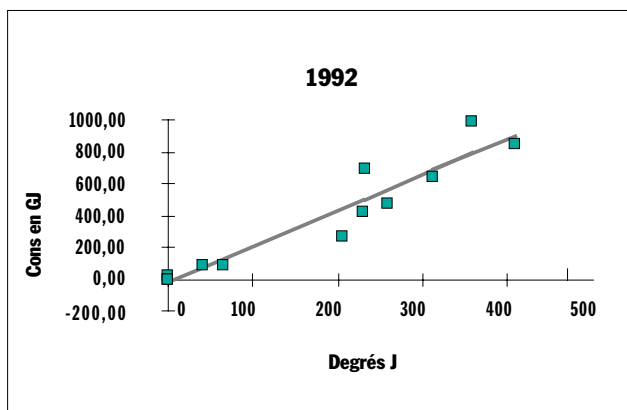
on obtient la droite de régression

$$Y = 2.26X - 17.31$$

qui passe par les points

(0,-17.31) et (500,1112.04)

Régression 92	X	Y
Mois	degj ATIC	Consommations
01/92	408,5	848,53
02/92	313,3	645,38
03/92	257,8	479,84
04/92	204,5	266,92
05/92	65,8	83,68
06/92	0	27,29
07/92	0	0,00
08/92	0	0,00
09/92	40,6	94,53
10/92	229,7	425,73
11/92	231,4	693,21
12/92	357,8	991,65
	2109,4	4556,772



On remarquera une relative dispersion des points autour de la droite de régression, ce qui est significatif d'un défaut de régulation.

⁽¹⁾ Formules voir syllabus «G1 : Comptabilité énergétique» de la formation Responsables Énergie cycle 1994-95, disponible à l'IW. Dans l'exemple, nous employons la régression du 1er degré. Le syllabus explique également l'intérêt d'établir la régression du 2ème degré, soit :

régression du 1^{er} degré : $Y = Ax + B$ avec

$$A = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

et avec

$$B = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

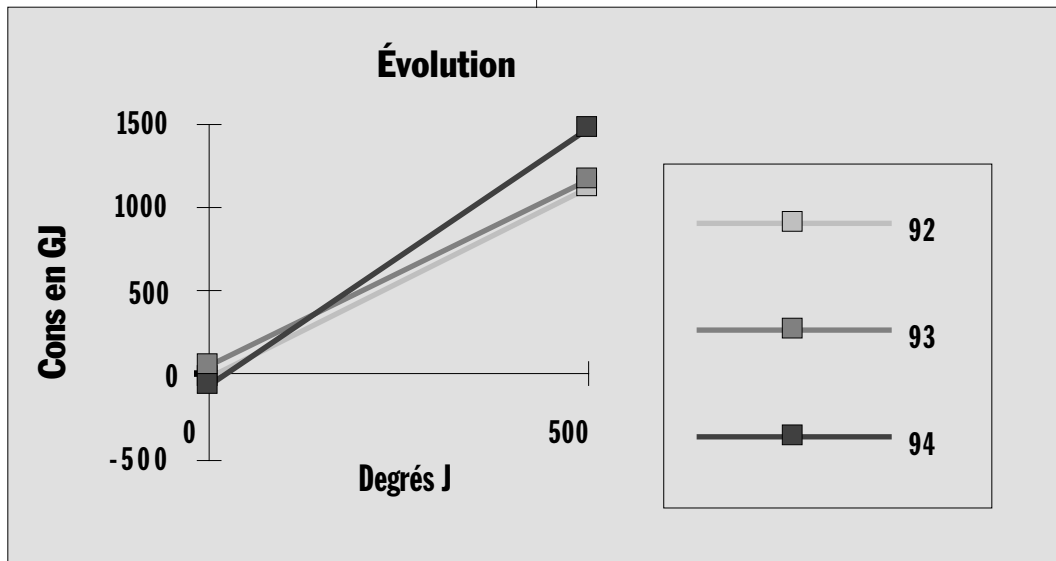
n = nombre d'observations

**11. Tracer
l'évolution des signatures
énergétiques successives.**

A occupation et confort constants, l'examen de plusieurs signatures énergétiques consécutives permet de connaître les dérives de consommation et de mesurer l'impact des mesures d'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) entreprises (respectivement dérive positive ou négative).

Comment ?

Pour la superposition des signatures successives dans un même graphique, il faut adopter une échelle commune.



On remarque ici que la signature 93 présente une dérive. L'ordonnée à l'origine de la droite de régression révèle des consommations par zéro degré-jour. Pertes à l'arrêt, emballement des consommations en mi-saison, défaut d'arrêt du chauffage en période estivale ? (... à moins que le choix des degrés-jours en base 15/15 ne soit pas pertinent pour cet établissement).

La signature 94 montre une augmentation de la sensibilité du bâtiment au froid.

Pour un même climat, la consommation d'énergie augmente.

Dérèglement de la régulation, diminution du rendement de l'installation ? (1)

(1) Pour les interprétations possibles, voir la brochure "Signature énergétique - interprétations" disponible à l'Institut Wallon

12. Réaliser le cadastre énergétique des bâtiments.

Le cadastre énergétique permet de classer différents immeubles d'un patrimoine en fonction de leur qualité énergétique, d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

Le cadastre énergétique est un outil qui permet de classer les bâtiments d'un patrimoine en fonction des priorités d'actions URE à entreprendre.



Deux critères de qualité énergétique ont été établis afin de mettre en évidence les immeubles qualitativement les plus déficients ⁽¹⁾.

❖ **L'indice énergétique E**

L'indice énergétique E est un critère estimatif de la qualité énergétique d'un immeuble.

$$E = \frac{K_m}{h_{expl}}$$

où

K_m = K moyen du bâtiment : coefficient d'isolation thermique du bâtiment
h_{expl.} = rendement saisonnier de l'installation (en décimales).

Un indice E élevé est le reflet, soit d'une enveloppe thermique mal isolée, soit d'une installation de chauffage défectueuse, soit encore de la présence simultanée des deux phénomènes (valeurs données en annexes).

L'indice E peut être estimé par la formule suivante :

$$E = \frac{\text{Consommation x PCI}}{S_c \times \Delta t_m \times \text{durée saison}}$$

Les différents coefficients sont connus :

1. durée de la saison de chauffe à 242 j x 24 h @ 5.800 h.
2. PCI : pouvoir calorifique inférieur des combustibles (voir annexe)
3. $\Delta t_m = T_i - T_e$ (voir estimations en annexe)
 T_i = température intérieure moyenne
 T_e = température extérieure moyenne
4. S_c = superficie chauffée.

❖ **L'indice énergétique pondéré ECaPi**

D'un point de vue économique et pratique, il peut être plus rentable d'investir dans un immeuble présentant une consommation importante avec un indice E moyen plutôt que dans un immeuble ayant un indice E élevé, et donc très mauvais, mais dont la consommation est plus faible.

Aussi, un deuxième classement sur base de l'indice E pondéré par l'importance de cette consommation annuelle a été dressé. Ce classement (ECaPi) permet de mettre en évidence le potentiel d'économie d'énergie à récupérer. Un indice ECaPi élevé est le reflet d'un potentiel d'économie d'énergie important. Il s'agit donc d'un critère quantitatif d'aide à la décision.

Comment le calculer ?

$$ECaPi = E \times \text{Consommation} \times PCI$$

où la consommation est exprimée dans une même unité de combustible.

⁽¹⁾ la méthode de calcul du cadastre énergétique a été mise au point dans le cadre du programme AGEBA par la Division de l'Énergie de l'Université de Mons-Hainaut.

Les formules simplifiées présentées ici permettent d'établir soi-même ce cadastre énergétique

Que mesurer ?

Pour établir un tableau des consommations d'un bâtiment, il convient de décider des données que l'on va récolter.

Le tableau se fera-t-il par bâtiment ou par groupe de bâtiments (appartenant à une même fonction budgétaire par exemple) ?

Le tableau reprendra-t-il les consommations par vecteur d'énergie (gaz, mazout, électricité), par compteur ou par usage de l'énergie (chauffage, ECS, ...) ?

A l'Institut Wallon, nous vous proposons les positions suivantes sur ces questions :

1. Il est inutile de relever des données qui ne seront pas exploitées

Ce serait en effet, perdre du temps et de l'argent (pose d'un système de comptage) que de recueillir des données de consommation qui ne seront pas utilisées pour la gestion ultérieure.

2. Lorsqu'une donnée est utile au tableau des consommations, il faut la récolter le plus fidèlement possible

Cela pose le problème de la périodicité des relevés mais aussi celui de la précision des systèmes de comptage.

Exemple

Sur une période donnée, les consommations de fuel ne correspondent pas aux fournitures de fuel.

3. Le tableau des consommations doit fournir des indications sur les quantités physiques consommées

L'objet de la mesure est une quantité physique. Nous estimons que le suivi des dépenses (coûts d'exploitation, fournitures, entretiens, services) doit faire l'objet d'un suivi distinct.

Exemple

Le suivi des consommations électriques comprend, en HT, le suivi des consommations (kWh) et le suivi des paramètres de facturation (pointes quart-horaire, cos ϕ , ...). Les premiers entrent dans le tableau des consommations du bâtiment, les seconds entrent dans le suivi des coûts d'exploitation.

4. Le suivi des consommations doit se faire par bâtiment

Dans la plupart des bâtiments du secteur tertiaire public ou parapublic, le suivi des consommations doit se rapporter à un bâtiment, c'est-à-dire le plus petit élément constructif appréhendable. L'unité de gestion est le bâtiment.

Exemple

Etablir un tableau des consommations pour un ensemble d'écoles (le critère serait par exemple, un code budgétaire unique), ne donnerait aucune piste d'investigation en cas de dérive (ici, on remarque la confusion entre suivi des consommations et suivi des dépenses, un critère financier dictant les formes du tableau des consommations).

5. Le suivi des consommations doit se faire par usage de l'énergie

Les méthodes de traitement et d'interprétation diffèrent par usage, selon que le climat influe sur les consommations ou non.

Exemple

Les consommations de mazout d'une installation mixte chauffage + ECS, devraient pouvoir être discernées, soit par comptage séparé, soit par estimation (voir fiche estimation de la consommation nécessaire à la production d'ECS - disponible à l'I.W.).

6. Lorsqu'une donnée existe, il convient de ne pas la perdre dans un ensemble hiérarchiquement supérieur

Perdre une donnée (parce qu'elle n'est pas mesurée par exemple) même si elle n'est pas directement exploitée, est parfois une cause de bien des ennuis. Fréquemment, cette donnée doit alors être estimée à posteriori.

Exemple

Une conciergerie dans un bâtiment administratif, pour laquelle on disposerait d'un compteur de passage. Le relevé du compteur de passage est important afin de pouvoir l'exploiter en temps utile.

7. Les usages de l'énergie pour lesquels un suivi des consommations est effectué doivent être judicieusement définis

Dans chaque situation, il convient de déterminer les usages de l'énergie qui doivent être réellement pris en compte, sous peine de se noyer dans des informations de plus en plus sujettes à caution.

Exemple

Déterminer les consommations pour la production de froid dans un bâtiment administratif sans conditionnement d'air est inutile (seul le frigo de la kitchenette serait visé), tandis que dans un hôpital, la "production de froid" se décompose encore en "chambres froides" et "conditionnement d'air".

1.1. Définitions

1.1.1. Température extérieure moyenne : T_e

Un enregistrement continu de la température au cours d'une journée donnerait une courbe semblable à celle représentée à la figure 2.

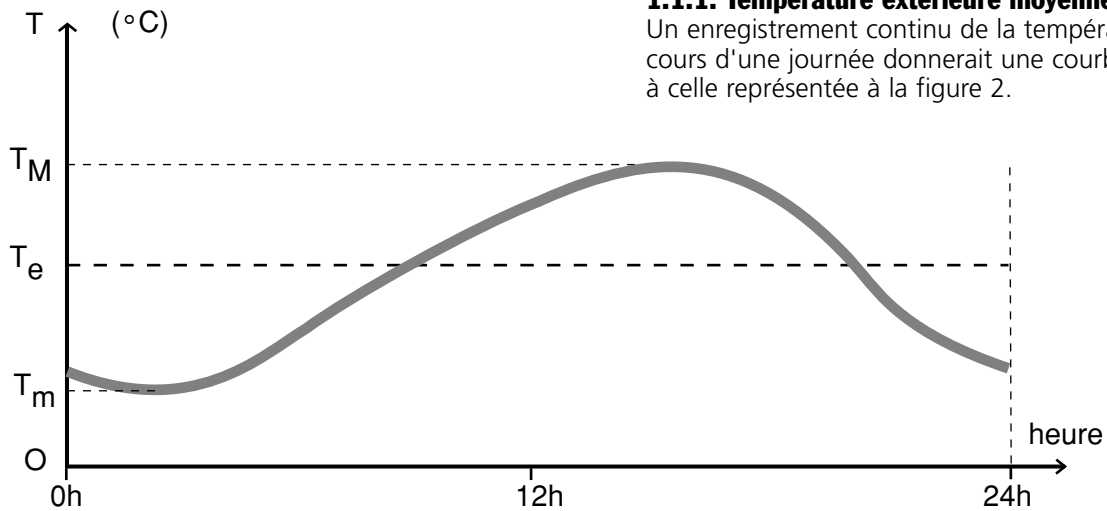
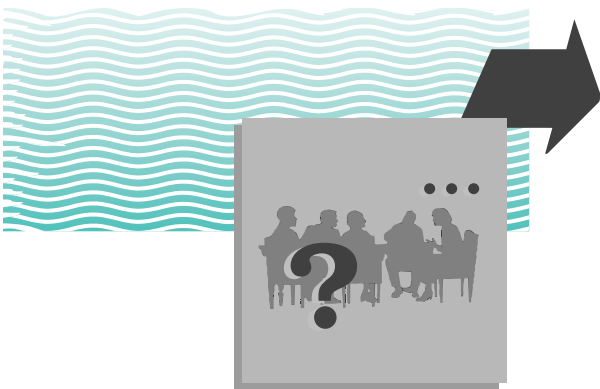


Figure 2. Variation de la température extérieure en fonction de l'heure pour une journée donnée.

. Traitement des données



La température moyenne de la journée correspond à l'ordonnée moyenne de la courbe de la figure 2.

Néanmoins, en pratique, pour éviter de devoir calculer les aires situées entre la courbe et l'axe des abscisses, on peut admettre que la température extérieure moyenne T_e est égale à la moyenne arithmétique des températures minimale T_m et maximale T_M de la journée :

$$T_e = \frac{T_M + T_m}{2}$$

1.1.2. Température intérieure moyenne : T_i

On définit la température intérieure moyenne T_i comme étant la température de confort dont on dispose dans les différentes pièces du bâtiment, moyennée sur l'ensemble du bâtiment.

C'est la température atteinte grâce à l'installation de chauffage et grâce aux apports gratuits (internes : éclairage, personnes, équipements, ...) et externes (soleil). Cette température tient compte de l'abaissement nocturne éventuel.

(l'annexe 2 donne des valeurs pour ces températures T_e et T_i)

1.2. Définition des degrés-jours

Pour un jour donné, le nombre de degrés-jours ($^{\circ}\text{C}$) est égal à la différence entre la température intérieure moyenne T_i et la température extérieure moyenne de cette journée T_e pour autant que T_e soit inférieure à T_i .

Pour un jour on a :

$$^{\circ}d = T_i - T_e$$

Le nombre de degrés-jours d'une période donnée (par exemple une saison de chauffe) est la somme de tous les degrés-jours de chacun des jours de cette période dont seuls les $(T_i - T_e)$ positifs sont pris en compte.

Pour la période de n jours allant de j_1 à j_n on a :

$$^{\circ}d = \sum_{j_1}^{j_n} (T_i - T_e)_j$$

La figure 1 donne une représentation graphique de la formule :

- ❖ la courbe représente l'évolution de la température extérieure moyenne au cours de l'année (la courbe est centrée sur la saison de chauffe de D jours) ;

- ❖ les degrés-jours ne sont comptés qu'entre j_1 et j_2 . Dans l'exemple, 15°C est la température qui sert à déterminer le début et la fin de la saison de chauffe ;

- ❖ l'aire de la surface hachurée (I + II) représente le nombre de degrés-jours relatifs à la saison de chauffe dont la durée est de D jours.

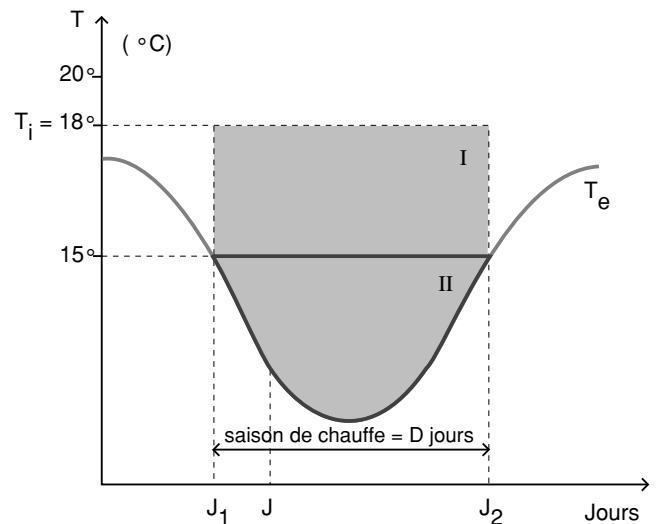


Figure 1. Représentation graphique des degrés-jours 15/18

Le nombre de degrés-jours dépend donc

- ⊗ de la durée de la saison de chauffe
- ⊗ de la température intérieure souhaitée
- ⊗ de la température extérieure à partir de laquelle on considère ne plus devoir chauffer.

Ainsi, les degrés-jours 15/18 correspondent à :

- ⊗ saison de chauffe : la saison de chauffe commence/fini quand la température extérieure est inférieure/supérieure à 15°C
- ⊗ température intérieure moyenne : pendant la saison de chauffe, l'installation de chauffage fonctionne jusqu'à ce que la température intérieure de 18°C soit atteinte.

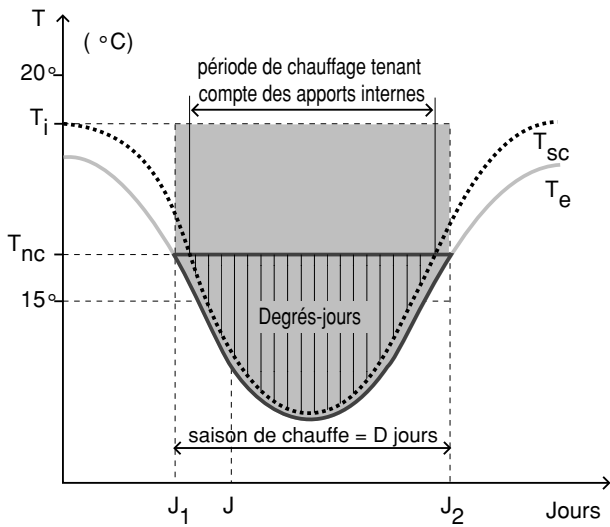


Figure 2. Réduction du nombre de degrés-jours par les gains internes

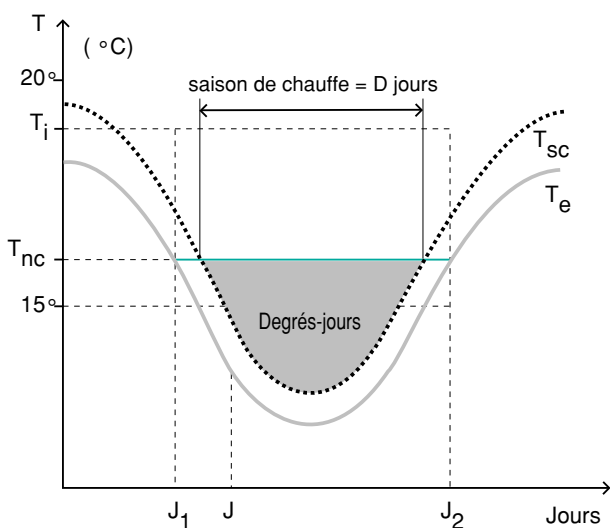


Figure 2. Réduction du nombre de degrés-jours par les gains externes

1.2.1. Importance des gains internes et température de non-chauffage

Les gains internes sont les apports de chaleur internes autres que ceux dus au chauffage, c'est à dire ceux dus aux activités humaines, à l'utilisation des appareils électro-ménagers, à l'éclairage, etc.

T_{nc} = température de non-chauffage, c'est à dire la température à partir de laquelle on peut arrêter le chauffage des locaux, les gains internes apportant le solde de chauffage nécessaire à l'obtention de la température de consigne T_i .

Les gains internes contribuent à réduire le nombre de degrés-jours (si ceux-ci sont calculés sur T_{nc} au lieu de T_i) et à raccourcir la période de chauffe.

1.2.2. Gains externes et température sans chauffage

Les gains externes sont dus essentiellement à l'ensoleillement. Ils varient en fonction du lieu, mais aussi en fonction du bâtiment (orientation, dimensions et types de surfaces vitrées, ombrage, etc). C'est ce que traduit la notion T_{sc} .

T_{sc} = température sans chauffage, c'est à dire la température obtenue à l'intérieur du bâtiment sans apport de chauffage, mais grâce aux gains externes

En période hivernale, il règne, dans le bâtiment non chauffé et non occupé une température T_{sc} supérieure à la température extérieure T_e , grâce à l'ensoleillement. On pourrait donc remplacer T_e par T_{sc} en ajoutant à T_e , un réchauffement fictif fonction des gains externes. Les gains externes contribuent donc à réduire aussi le nombre de degrés-jours si ceux-ci sont calculés sur T_{sc} au lieu de T_e .

L'expérience et les recherches, basées sur des observations précises, ont montré que les besoins en chaleur, et donc la consommation de combustible, des constructions dans lesquelles une température moyenne intérieure de 18°C était maintenue, sont en étroite relation avec l'abaissement de la température extérieure en-dessous de 15°C. Cela est dû au fait que les besoins en chaleur ne sont pas compensés uniquement par l'installation de chauffage: d'autres sources de chaleur "gratuites", pouvant participer aux apports de chaleur à concurrence de 3°C environ. Ce chiffre peut varier en fonction de l'occupation des locaux, de l'exposition, de l'environnement et du niveau d'isolation thermique du bâtiment.

1.3. Types de degrés-jours

1.3.1. Degrés-jours 15/15 : °d (15/15)

En pratique les degrés-jours les plus couramment utilisés en Belgique sont les degrés-jours 15/15.

Ils sont adaptés aux conditions atmosphériques belges sur base des considérations suivantes :

- ❖ le début de la saison de chauffe est le premier jour, d'août, de septembre ou d'octobre, pour lequel la température moyenne T_e descend au-dessous de 15°C et la température maximum T_m n'a pas atteint 18°C ;
- ❖ la fin de la saison de chauffe est le jour de mai ou juin à partir duquel la température moyenne extérieure T_e devient supérieure à 15°C ;
- ❖ la température moyenne intérieure T_i est choisie égale à 15°C (cette valeur tient compte des apports de chaleur autres que ceux dus au chauffage, à savoir les gains internes et externes).

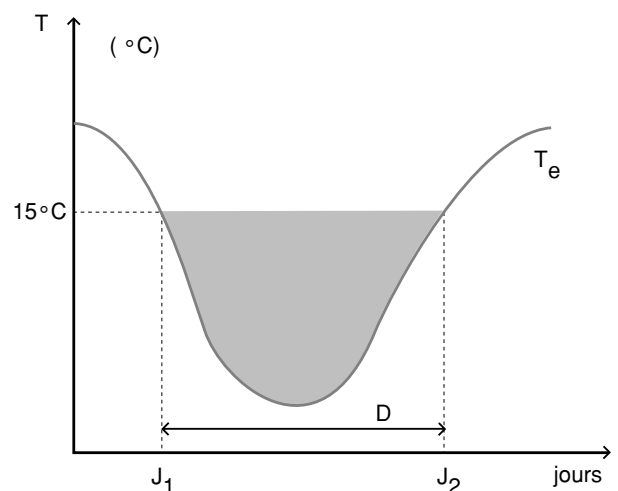


Figure 4. Représentation graphique des °d (15/15)

Pourquoi a-t-on choisi la valeur 15°C pour la température intérieure moyenne de référence T_i ?

L'expérience a appris que dans notre pays une température intérieure moyenne (moyenne sur l'ensemble des pièces et moyenne sur les 24 heures de la journée) de 18°C pouvait être considérée comme représentative de la température de confort désirée.

Et les apports gratuits (gains internes et externes) sont estimés en moyenne à environ 3°C.

1.3.2. Degrés-jours 12/19 : °d (12/19)

En Allemagne, on utilise les degrés-jours 12/19 : On considère qu'il est inutile de chauffer le bâtiment lorsque la température extérieure moyenne T_e est supérieure à 12°C.

En fait, les °d (12/19) sont adaptés aux conditions climatiques allemandes. L'Allemagne jouit d'un climat plus continental que la Belgique, c'est-à-dire que les écarts de température entre le jour et la nuit sont plus marqués. Pendant la journée, la température peut s'élever jusqu' à 16, 17 ou 18°C, ce qui ne nécessite pas de devoir chauffer, alors que les nuits sont froides, mais on ne rallume pas le chauffage pour ne l'utiliser que la nuit.

La saison de chauffe est donc plus courte. Il n'empêche que le nombre de degrés-jours est plus élevé.

La représentation graphique des °d (12/19) est symbolisée à la figure 5.

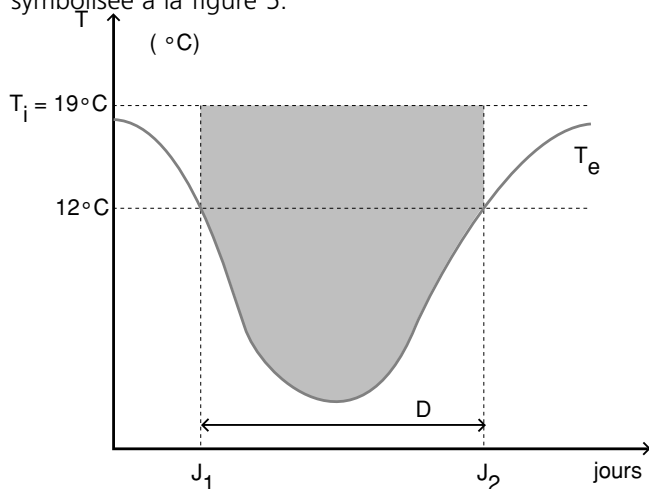


Figure 5. Représentation graphique des °d (12/19)

1.3.3. Choix des degrés-jours

Si les degrés-jours (15/15) constituent la référence la plus communément admise pour la Belgique, il sera utile, dans certains cas, de choisir d'autres critères de température.

Ainsi un hôpital ou un home de personnes âgées, verra ses besoins de chauffage explicités en fonction de degrés-jours du type 15/18 ou 18/20 par exemple. Ces valeurs peuvent être demandées à l'IRM ou calculées sur base de la connaissance d'autres valeurs (voir figure 1) :

par exemple :

$$\text{degrés-jours } 15/18 = \text{degrés-jours } 15/15 + 3 \text{ °C} \times (\text{durée saison de chauffe en jours})$$

1.3.4. Début de la saison de chauffe

Le critère général retenu pour déterminer le début de la saison de chauffe est le suivant : c'est le jour à partir duquel la température moyenne extérieure journalière T_e devient inférieure à 15°C.

Dans la pratique, la frontière des 15°C sur la courbe de la température moyenne journalière n'est pas nécessairement bien marquée. On peut en effet avoir, en plein été, des journées avec des degrés-jours positifs pendant lesquelles il est pourtant nécessaire d'allumer le chauffage.

Ces degrés-jours sont nommés

"degrés-jours hors saison de chauffe".

Cette particularité de notre climat tempéré explique pourquoi l'A.T.I.C. (Association Technique des Installateurs de Chauffage) a défini la saison de chauffe selon le critère suivant :

La saison de chauffe débute le jour où les deux conditions suivantes sont réunies :

- ❖ au moins 2 degrés-jours pour cette journée ;
- ❖ la température extérieure maximum de la journée est inférieure à 18°C ($TM < 18^\circ\text{C}$).

Ce double critère est déjà plus rigoureux et se rapproche davantage de la réalité, mais ne peut pas être considéré comme entièrement satisfaisant. En effet, on peut très bien avoir une journée pour laquelle les deux conditions énoncées plus haut sont réunies, suivie d'une semaine complète sans degré-jour.

La détermination de la date marquant le début de la saison de chauffe se fait donc de manière relativement subjective étant donné la difficulté de trouver un critère parfaitement objectif, sans oublier que l'inertie thermique du bâtiment joue un rôle et permet dans certains cas de ne rallumer le chauffage que deux ou trois jours après l'apparition des premières journées avec degrés-jours.

On pourrait encore améliorer le critère en complétant les conditions mentionnées dans l'encadré ci-dessus par l'exigence suivante (à titre d'exemple) :

- ❖ ce jour est le premier de la saison de chauffe pour autant que les 2, 3, 4 ou 5 jours suivants ne soient pas sans degré-jour.

1.3.5. Fin de la saison de chauffe

Le critère général retenu pour déterminer la fin de la saison de chauffe est le suivant : c'est le jour à partir duquel la température moyenne journalière T_e devient supérieure à 15°C.

Dans la pratique, le passage "définitif" de T_e au-dessus de la barre des 15°C peut très bien s'étaler sur plusieurs jours, voire sur une semaine, le chauffage étant encore requis pendant la matinée au début des beaux jours.

C'est la raison pour laquelle l'A.T.I.C. emploie le critère suivant :

La saison de chauffe prend fin le jour où les deux conditions suivantes sont réunies :

- ❖ 2 degrés-jours au plus pour cette journée ;
- ❖ la température maximum de la journée est supérieure à 18°C ($T_M > 18^\circ\text{C}$).

Ce double critère est déjà plus rigoureux et se rapproche de la réalité, mais ne peut pas être considéré comme entièrement satisfaisant. En effet, on peut très bien avoir une journée pour laquelle les deux conditions énoncées plus haut sont réunies, suivie d'une semaine complète avec degrés-jours.

La détermination de la date marquant la fin de la saison de chauffe se fait donc de manière relativement subjective, étant donné la difficulté de trouver un critère parfaitement objectif. Ici aussi l'inertie thermique a son mot à dire.

On pourrait encore améliorer le critère en complétant les conditions mentionnées ci-dessus par l'exigence suivante (à titre d'exemple) :

- ❖ ce jour est le dernier de la saison de chauffe pour autant que les 2, 3, 4 ou 5 jours suivants soient sans degré-jour.

Tout comme pour le début de la saison de chauffe, il s'agit ici d'une affaire de bon sens.

1.3.6. Degrés-jours hors saison

Il peut se faire que, entre la fin d'une saison de chauffe et le début de la suivante, il y ait quand même des degrés-jours. En général, ces degrés-jours sont en nombre très limité et ne nécessitent que rarement la remise en marche de l'installation de chauffage. En effet, l'inertie du bâtiment est généralement suffisante pour que, pour ces journées, la température intérieure ne descende pas en-dessous du minimum tolérable.

Idéalement, ces degrés-jours ne sont donc pas pris en compte.

1.3.7. Les degrés-jours normaux

Si l'on effectue des relevés sur des périodes suffisamment longues, on peut calculer une moyenne représentative du climat.

Cette étude statistique a été réalisée pour les températures maximales T_M et minimales T_m journalières dans toutes les stations dépendant de l'Institut Royal Météorologique. La période statistique de référence s'étend sur les 30 dernières années. Pour ces trente années, la moyenne des températures extrêmes a été calculée mois par mois. On a pu ainsi en déduire une courbe moyenne de la variation annuelle de la température moyenne journalière tout au long d'une année. C'est cette courbe qui a servi à établir les degrés-jours normaux.

FICHE TYPE pour relevé de l'INDEX

Compteur n° <input type="text"/>	Vecteur <input type="text"/>	Transmis à M..... pour collecte des données <hr/> A renvoyer à M.
Implantation:	Ecole St Joseph Rue François Lefebvre, 7 4000 Rocourt	
Date relevé <input type="text"/>		
Relevé d'index <input type="text"/>		

Paramètres nécessaires au calcul de l'indice E du cadastre énergétique

PCI : pouvoir calorifique inférieur des combustibles

1 m ³ de gaz riche	=	36 MJ ou 10 kWh
1 litre de mazout	=	36 MJ ou 10 kWh
1 kg de charbon	=	de 28 à 32 MJ ou de 7,8 à 8,9 kWh
1 litre de propane	=	24,3 MJ ou 6,8 kWh
1 kWh électrique	=	3,6 MJ

T_i

T_i moy est la température intérieure moyenne du bâtiment sur la saison de chauffe. Elle vaut :

T_i = Température moyenne des locaux en journée - réduction pour les coupures de nuit et de week-end - réduction pour les apports gratuits

La réduction pour les coupures (nuits, W.E., congés scolaires) est donnée approximativement dans le tableau suivant :

❖ Hôpitaux, homes, maisons de soins.....	0 °
❖ Immeuble d'habitation avec réduction nocturne.....	1,5 °
❖ Bâtiments administratifs, bureaux.....	3 °
❖ Ecoles avec cours du soir.....	4,5 °
❖ Ecoles sans cours du soir et de faible inertie thermique....	6 °

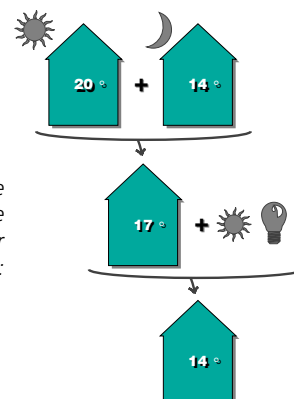
La réduction pour les apports gratuits (équipements internes, personnes, soleil, ...) est estimée en moyenne à 3°C.

Cette réduction doit être adaptée en fonction des caractéristiques physiques du bâtiment : elle doit être augmentée si l'inertie et l'isolation sont fortes, si les apports internes sont grands (ordinateur, éclairage, occupation, ...) et diminuée si le bâtiment est peu vitré, par exemple.

Application : prenons des bureaux maintenus à 20° durant la journée, la température intérieure moyenne choisie pour les calculs sera de :

$$20^{\circ} - 3^{\circ} - 3^{\circ} = 14^{\circ}$$

Attention cette température intérieure moyenne est fictive : en réalité, elle est de 17° mais 3° sont "fournis" par les apports gratuits.



Les 14° constituent donc une température équivalente fictive pour dimensionner la chaleur "consommée" :

T_e

T_e est la température extérieure moyenne, durant la saison de chauffe : voici sa valeur équivalente entre le 15 septembre et le 15 mai pour quelques endroits de notre région :

Uccle :	6,5°
Hastière :	5,5°
Libramont :	3,5°
Mons :	6,0°
Saint-Vith :	2,7°

Elle est obtenue via la valeur des degrés-jours 15/15 du lieu :

Exemple :

Uccle : degrés-jours 15/15 = 2.074
 or : 2.074/242 jours = 8,5 °
 L'écart moyen est de 8,5° par rapport à 15°
 La température moyenne est donc de (15° - 8,5°) = 6,5 °

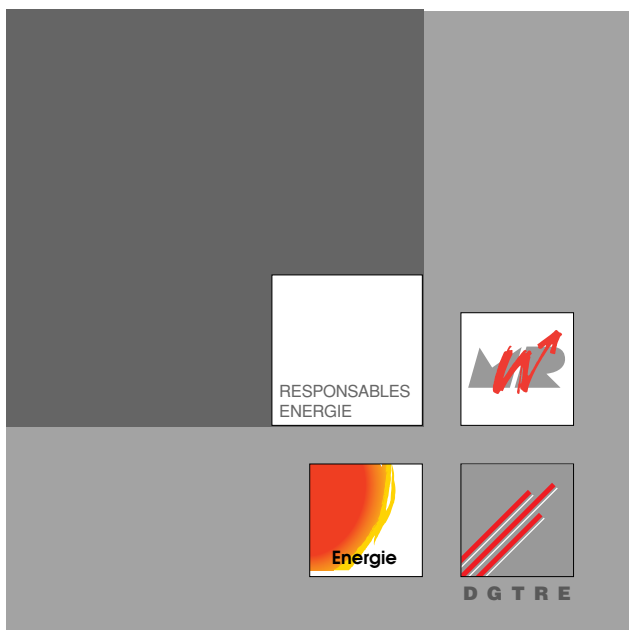
Dans le cadastre énergétique, à quelle valeur de E s'attendre ?

On peut montrer par calcul, que E varie de 1,5 à 4,4



Bâtiment où système et enveloppe ne posent pas de problème énergétique.

Bâtiment où diverses actions doivent être entreprises, tant sur le système que sur l'enveloppe.



Réalisation :

*Institut Wallon a.s.b.l.
Bd Frère Orban, 4 - 5000 Namur
tél : 081/25 04 80*

Editeur responsable :

*Ministère de la Région Wallonne
DGTRE - Service de l'Energie
Av. Prince de Liège, 7 - 5100 Jambes
tél : 081/32 12 11*

