

## BCG – Bâtiment en Coût Global

### Outil de « Bénéfice Durable »

Version allégée – v2.00L

Dernière mise à jour : mars 2015

## Notice d'utilisation

<b>1. Droits d'usage</b>	<b>3</b>
<b>2. Synthèse Mémento</b>	<b>4</b>
<b>3. Évaluer le bénéfice durable</b>	<b>6</b>
3.1. Le Club de Rome	6
3.2. L'équation de Kahia	7
3.3. Raréfaction des ressources	8
3.4. Bénéfice « durable »	9
<b>4. Contenu de l'outil</b>	<b>11</b>
4.1. Saisie des hypothèses	11
4.2. Affichage des résultats	11
4.3. Graphiques d'interprétation	12
<b>5. Utilisation de l'outil</b>	<b>13</b>
5.1. Principe d'utilisation de l'outil	13
5.2. Préalable à l'utilisation de l'outil	13
5.3. Choix des scénarios	13
5.4. Précision des données à saisir	14
5.5. Méthode de saisie des données	15
5.6. Bilan Carbone – bilan GES	15
<b>6. Saisie des données</b>	<b>16</b>
6.1. Les données à renseigner en priorité	16
6.2. Hypothèses	17
6.3. Projet	19
6.4. Cadrage	19
6.5. Investissement	19
6.6. Consommation	20

6.7.	Maintenance.....	22
6.8.	Stockage de gaz à effet de serre .....	22
6.9.	Performance de forme .....	23
<b>7.</b>	<b>Résultats des calculs .....</b>	<b>25</b>
7.1.	Coût annuel.....	25
7.2.	Coût global .....	25
7.3.	Bénéfice durable .....	25
<b>8.</b>	<b>Résultats graphiques .....</b>	<b>26</b>
8.1.	Étiquettes énergie .....	26
8.2.	Coût de l'investissement .....	26
8.3.	Coût global direct .....	27
8.4.	Coût global étendu .....	28
8.5.	Bénéfice durable .....	28
8.6.	Bilan de bénéfice durable.....	29
8.7.	Gaz à effet de serre .....	30
<b>9.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>31</b>
9.1.	Ressources associatives et documentaires .....	31
9.2.	Coûts de l'énergie .....	31
9.3.	Main d'œuvre .....	31
9.4.	Valeur ajoutée .....	32
9.5.	Éducation nationale.....	33
9.6.	Assurance maladie en France .....	34
9.7.	Accidents du travail .....	35
9.8.	Coût global .....	35
9.9.	Gain en bénéfice cumulé .....	36
9.10.	Énergie spécifique.....	37
9.11.	Confort thermique .....	37

## 1. Droits d'usage

Cet outil est le fruit d'une réflexion et d'un travail de professionnels bénévoles, maitres d'ouvrages, maitres d'œuvre et entreprises de réalisation, sur l'approche durable des bâtiments, menée au sein de l'association EnviroBat – BDM (Bâtiments Durables Méditerranéens).



Cet outil vous est fourni sous licence Creative Commons CC BY-NC-ND 2.0. Les conditions détaillées sont disponibles sur le site Creative Commons : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/legalcode>

Vous pouvez utiliser cet outil sous les conditions exclusives suivantes :

- **BY - Paternité** — Vous devez attribuer l'œuvre de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).
- **NC - Pas d'utilisation commerciale** — Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette œuvre à des fins commerciales.
- **ND - Pas de travaux dérivés** — Vous n'avez pas le droit de modifier, de transformer ou d'adapter cette œuvre.



L'utilisation de cet outil est réservée à un usage non commercial, ponctuel, destiné exclusivement à valoriser une démarche de construction ou de réhabilitation durable sur un bâtiment nommément désigné.

L'utilisation publique de tout ou partie des données et résultats de cet outil est strictement limitée à sa présentation et à sa promotion, dans un but non lucratif, et doit clairement mentionner le nom de ses auteurs et de l'association BDM sur chaque élément diffusé.

La vente de cet outil ou de tout ou partie de ses fonctions ou des éléments chiffrés ou graphiques obtenus par l'utilisation de cet outil est strictement prohibée, sous quelque forme que ce soit, en application de la licence d'usage accordée.

La modification, la suppression ou l'extraction d'éléments quelconques de cet outil est interdite.

La diffusion sous quelque forme que ce soit de résultats émanant de cet outil doit mentionner l'outil utilisé, le nom de ses auteurs et de l'association BDM, et indiquer le lien vers son site internet : <http://www.polebdm.eu/>

Les auteurs,

**Armand Dutreix**  
AMO en QEE, MCE en bioclimatisme et fluides  
SCOP Athermia  
Auteur de « Bioclimatisme et performances énergétiques  
des bâtiments » aux éditions Eyrolles

**Daniel Fauré**  
AMO, enseignant  
Délégué Général de BDM  
co-auteur de « Bâtir éthique et responsable » aux  
Éditions du Moniteur

## 2. Synthèse Mémento

L'outil BCG est un outil d'aide à la décision. Il a pour objectif de permettre la comparaison, en coût global, entre 2 ou 3 projets, et/ou 2 ou 3 solutions techniques.

L'outil contient un certain nombre d'onglets, classés en 3 grands groupes :

- Un premier ensemble d'onglets bleus permet de saisir les hypothèses de base, selon 3 scénarios
- Un deuxième ensemble d'onglets jaunes affichent les résultats chiffrés des simulations
- Un troisième ensemble d'onglets verts présentent de manière graphique ces résultats



### Liste des onglets

de saisie des données :

Hypothèses	hypothèses sur les coûts actuels
Projet	données générales sur le projet
Cadrage	cadrage de l'évolution prévisible de la situation économique, et de l'impact des choix réalisés
Investissement	description des investissements selon 3 scénarios
Consommation	description des consommations sur les 5 postes principaux
Maintenance	description des charges annuelles de maintenance et d'entretien
Stockage GES	stockage de CO2 dans les éléments constitutifs du bâtiment
Forme	Calcul du coefficient de forme d'un bâtiment

de résultats chiffrés et graphiques :

Coût annuel	calcul de coût annuel investissement + fonctionnement
Coût global	calcul de coût global sur 30 ans, incluant l'évolution de la situation économique
Bénéfice durable	bénéfices engendrés par les scénarios 2 & 3

Étiquettes énergie	Bilan estimatif des 3 scénarios, de type "DPE"
Graphe investissement	représentation du coût d'investissement, tel qu'étudié conventionnellement
Graphe coût global	représentation du coût global sur 30 ans des 3 scénarios du projet
Graphe CG étendu	représentation du coût global étendu
Détail bénéfice durable	comparaison des scénarios en termes de bénéfice durable, par thématique
Bilan bénéfice durable	comparaison des scénarios en termes de bénéfice durable, en valeur globale
Graphe GES	gaz à effet de serre émis par les différents scénarios

### Principe général

L'objectif de l'outil est d'être un outil d'aide à la décision, pas un outil de calcul réglementaire.

Il n'est pas systématiquement nécessaire de remplir toutes les informations existantes, mais uniquement celles qui ont du sens et permettent d'aider à la décision dans un sens durable.

Mieux vaut renseigner peu de données mais qu'elles soient pertinentes, plutôt que de renseigner de nombreuses données sans importance dans le cas concerné, d'une précision incohérente avec celle des hypothèses maîtrisées, et qui vont augmenter l'incertitude du résultat.

L'important n'est pas d'être précis, mais d'avoir conscience de l'imprécision des données disponibles.

Chaque onglet bleu, relatif aux hypothèses et aux données à saisir, contient des **cellules jaunes**. Ce sont les seules cellules modifiables, dans lesquelles vous pouvez saisir ou modifier des valeurs. Parfois, des valeurs par défaut sont déjà entrées, que vous pouvez laisser si vous n'avez pas de meilleures informations pour les préciser.

Parfois, il y a des **cellules orange**. Ce sont des données dont la saisie est indispensable pour obtenir un minimum de résultats, et si possible pertinents.

### **Désignation des scénarios**

Il est conseillé de retenir les 3 types de scénarios suivants (2 a minima pour pouvoir comparer le projet avec une approche conventionnelle), sauf besoin particulier :

- **Scénario 1 conventionnel** : utilisant des techniques constructives et des technologies classiques, des matériaux habituels, pour un projet respectant simplement la réglementation thermique en vigueur. Dans un tel scénario, le seul objectif pris en compte est souvent celui de réduire au maximum le coût d'investissement
- **Scénario 2 performant** : construit selon les mêmes procédés, mais énergétiquement plus performant que la réglementation thermique (à mi-chemin entre les scénarios 1 et 3). Dans ce scénario, le coût global de l'énergie est pris en compte pour pondérer le critère « investissement », avec une vision de son impact dans la durée.
- **Scénario 3 durable** : mettant en œuvre des procédés constructifs modernes, des techniques architecturales bioclimatiques passives, et/ou valorisant des sources d'énergie renouvelables. Dans ce scénario, le projet tente de prendre en compte les implications environnementales et sociétales des choix faits, et son vrai coût à long terme.

### **Les objectifs de l'outil**

L'utilisation de cet outil aura été utile si vous pouvez à un moment dire « voici quel choix initial a été modifié dans un sens durable après simulation dans l'outil BCG, voilà pourquoi ».

Avant de commencer à saisir des données, sachez quel résultat vous souhaitez mettre en évidence, pour « aider la décision » :

- Le coût d'exploitation et d'entretien vs le coût d'investissement ?
- La performance énergétique ?
- L'impact du choix de matériaux biosourcés ?
- Le choix urbain, la localisation du site à retenir ?
- Montrer qu'un choix particulier n'a qu'une faible répercussion sur la performance finale ?

Soyez précis dans les données influant le résultat recherché, ne perdez pas de temps avec les données sans importance, données que vous pouvez même ne pas remplir si elles n'apportent rien à la décision.

### **Consommation d'énergie**

La simulation peut être réglementaire de type RT, ou de préférence dynamique, à l'aide d'un logiciel de simulation thermique dynamique, ce qui est la solution la plus pertinente.

Dans le cas d'une simple évaluation en phase programmation / conception, il peut être tout simplement indiqué les objectifs énergétiques prévisibles du programme ou des estimations « coin de table » en fonction des scénarios visés, qui seront parfois plus proches de la réalité qu'un calcul conventionnel.

### 3. Évaluer le bénéfice durable

« Dans la vie, il y a deux catégories d'individus : ceux qui regardent le monde tel qu'il est et se demandent pourquoi. Ceux qui imaginent le monde tel qu'il devrait être et se disent : pourquoi pas ? »

George-Bernard Shaw

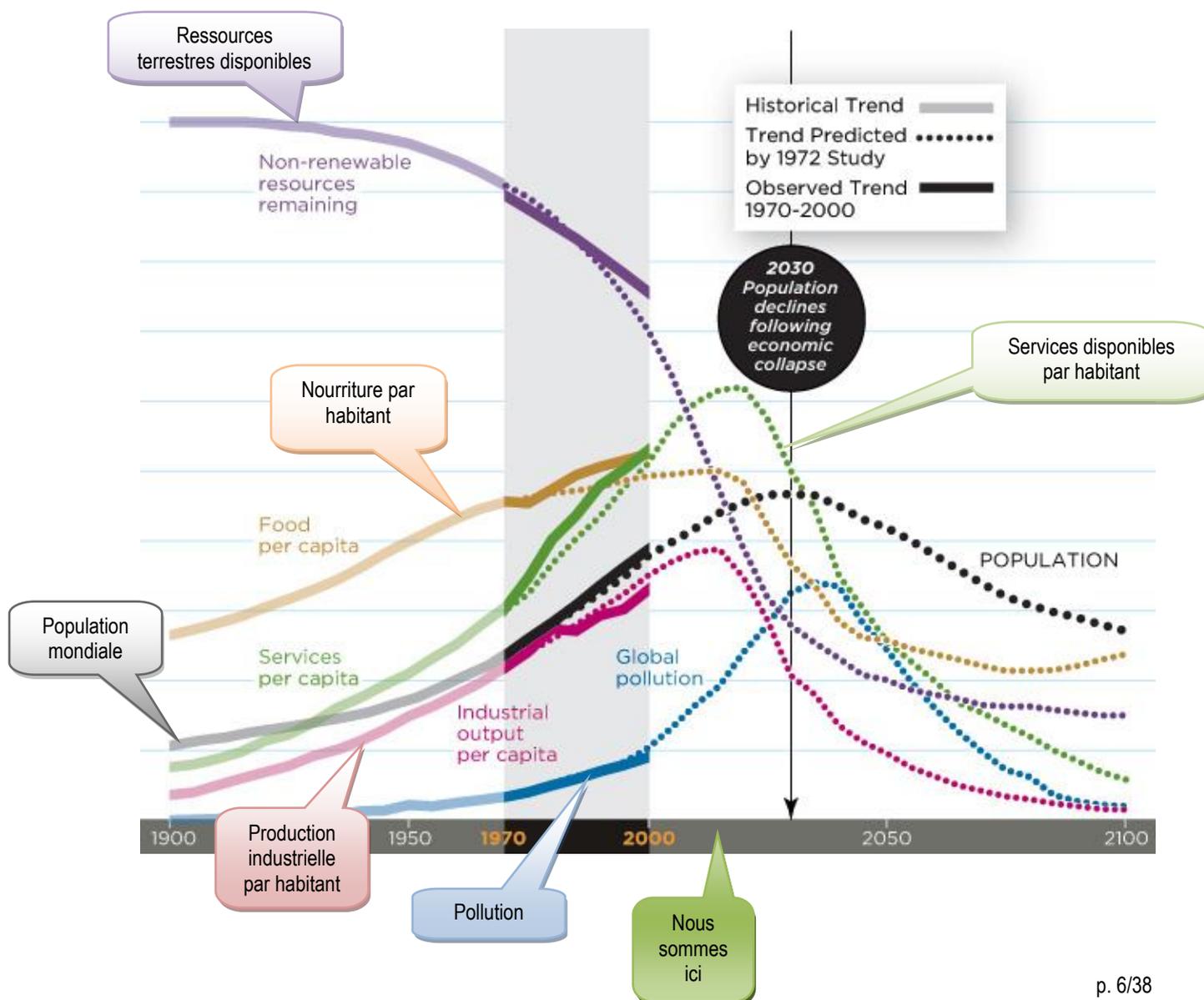
#### Evaluer un bénéfice durable, à quoi ça sert ?

Cette introduction donne quelques repères afin d'expliquer l'objectif de cet outil, et pourquoi ce sujet est fondamental pour notre avenir et celui de nos enfants.

Le reste du document explique comment utiliser l'outil, il est aussi l'occasion par moments de mieux décrire certaines notions parfois un peu obscures.

#### 3.1. Le Club de Rome

Le Club de Rome (<http://www.clubofrome.org/>) a fêté ses 40 ans en 2012. Le Club de Rome s'est fait connaître par son célèbre rapport (surnommé « Halte à la croissance? »), dit aussi Rapport Meadows, du nom de son principal rédacteur. Ce rapport, de suite accusé d'avoir une vision apocalyptique du monde, avait été présenté au public le 1<sup>er</sup> mars 1972, à partir d'une commande faite par le même Club de Rome (créé en 1968) au Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1970.



Les courbes de projection du rapport Meadows :

- En gras grisé : ce qui était connu en 1970
- En pointillé : les projections faites en 1972
- En gras : ce qui a été réellement constaté entre 1970 et 2000

Il est rare de voir des projections à 30 ans aussi précises.

Le rapport a été mis à jour, en utilisant la même méthodologie que le premier, avec les mêmes acteurs, le Club de Rome commanditaire et le MIT exécutant. Les instruments d'analyse ont cependant été modernisés, pour tenir compte des importants progrès accomplis dans les méthodes d'observation et de prévision.

Le rapport de 1972 donnait soixante ans au système économique mondial pour s'effondrer, confronté à la diminution des ressources et à la dégradation de l'environnement. La situation est confirmée par la formule du Smithsonian Magazine, «The world is on track for disaster...», autrement dit, "tout se déroule comme prévu pour que survienne le désastre".

Le rapport de 2012 confirme en particulier que les prévisions de 1972 se sont jusqu'à ce jour peu ou prou réalisées. Les experts s'interrogent seulement sur la date de début de l'effondrement du système économique et la vitesse de la chute, si rien n'est fait (business as usual) : 2020 ou 2030 ? Le système économique actuel semble montrer une résilience plus forte qu'initialement envisagé, et en acceptant de payer plus cher, certains compléments de ressources deviennent exploitables.

Ce n'est pas seulement le réchauffement global qui est incriminé par les rapporteurs, mais plus généralement l'épuisement des ressources et, au-delà, d'une façon plus générale, le saccage de l'environnement sous toutes ses formes, autrement dit « la destruction du monde », certains disent « la destruction de l'Homme par l'homme ».

Comment lire ce graphique :

- Pour produire des biens et des services, il faut des ressources, énergie et matières premières. Quand il n'y aura plus assez de ressources exploitables à un coût raisonnable pour faire tourner la machine, il ne sera plus possible de produire ces biens, le système économique actuel, basé sur la consommation, s'effondrera (« collapse »).
- Pour produire de la nourriture, il faut des ressources, énergie et matières premières. Quand il n'y aura plus assez de ressources exploitables à un coût raisonnable, il ne sera plus possible de nourrir toute la population terrestre à un coût acceptable, une famine mondiale s'en suivra qui réduira la population. Les émeutes de la faim en 2008 sont une première alerte de l'avenir prévisible si rien n'est fait.

La pyramide de Maslow permet d'imaginer les priorités de l'humanité, et les conséquences possibles, lorsqu'elle ne pourra plus nourrir correctement ses 9 milliards d'individus.

Un autre avenir est possible, mais il nous reste peu de temps pour le construire. Il impose de réduire drastiquement la consommation de ressources non renouvelables.

### 3.2. L'équation de Kahia

Pour produire de la nourriture, il faut des ressources (des machines, des engrais, du transport, de la transformation, ... et des sols). Pour fournir ces ressources, il faut de l'énergie (extraction des minerais, machines agricoles, industrie de la transformation et de la conservation, distribution, cuisson, ...). La quantité d'énergie nécessaire pour produire chaque ressource est proportionnelle à la rareté de la ressource. L'énergie (énergie grise) est un bon outil de quantification des ressources consommées par une activité. L'équivalent CO<sub>2</sub> est lui-même un bon outil de quantification de l'énergie consommée.

Les émissions de CO<sub>2</sub> ne sont pas un objectif à atteindre, mais un outil de mesure de la consommation de ressources.

Yoichi Kaya, économiste de l'énergie japonais, a publié en 1993 une formulation synthétique du problème dans « Environment, Energy, and Economy : strategies for sustainability » (synthèse, avec Keiichi Yokobori, du colloque Energy, and Economic Development (1993 : Tokyo, Japan) Tokyo Conference on Global Environment.



En simplifiant l'équation, on retrouve bien l'égalité  $CO_2 = CO_2$ . Les thermodynamiciens remarqueront qu'on passe ainsi d'une suite de variables extensives (TEP, PIB, POP) à une série de variables intensives (qui ne dépendent pas du système étudié : en gros, quoi qu'il arrive, la formulation reste vraie).



Les autres noteront qu'on fait ainsi allusion au futur « pic de population » si inquiétant, et si bien décrit par le Club de Rome.

Avec :

- $CO_2$  = émissions anthropiques de gaz à effet de serre (générées par l'homme) en équivalent  $CO_2$
- $p = CO_2/TEP$  = « pollution » de l'énergie utilisée
- $i = TEP/PIB$  = intensité énergétique de l'économie – quantité d'énergie pour produire une unité de biens
- $c = PIB/POP$  = PIB par habitant = « confort » humain – niveau de vie d'une population
- POP = population mondiale

La « pollution » de l'énergie (courbe "carbon dioxide emissions / TPES" ci-dessous) s'est légèrement réduite en 40 ans, mais a tendance à se dégrader à nouveau ces dernières années (croissance du charbon).

L'intensité énergétique (courbe "TPES/GDP") s'est fortement améliorée, de l'ordre de 40% en 40 ans, mais les gains potentiels sont de plus en plus difficiles.

Si l'on souhaite réduire les émissions de  $CO_2$ , il faut donc au choix :

- Agir sur le critère « population », (cf. les conséquences des projections du Club de Rome), ce qui sort de l'objet de l'outil de bénéfice durable (in fine, si l'être humain n'agit pas de lui-même sur les autres critères, la famine à venir, annoncée par le Club de Rome, le fera pour lui)
- Agir sur le critère « confort », ce qui implique, soit de réduire notre confort, soit de le construire autrement (c'est-à-dire autrement que par l'idée que la consommation et donc le PIB apporte du confort).
- Agir sur la pollution ou sur l'intensité énergétique de l'activité humaine (donc réduire la ponction sur les ressources)

On peut aussi lire la formule dans l'autre sens : l'évolution de l'ensemble de ces critères se mesure directement sous forme de  $CO_2$  anthropique (produit par l'humanité).

C'est tout l'objectif d'un calcul de « bénéfice durable » : **comment améliorer le « confort humain » d'un bâtiment en réduisant la consommation d'énergie et de ressources ?** Comment dissocier le confort humain de la dépense financière et énergétique ?

Il faut d'abord se persuader que consommer des ressources, gaspiller de l'argent, n'amène pas forcément le confort attendu. Les bâtiments « modernes », simplement « BBC » ou « RT 2012 » à grand renfort de technologie coûteuse, en sont la preuve tangible : leur « confort » est parfois peu supportable. On dépense plus de ressources, avec plus de technologie, pour un confort pas forcément meilleur.

### **3.3. Raréfaction des ressources**

« Toute l'aventure humaine ... est une lutte acharnée contre la rareté ». (J-P. Sartre).

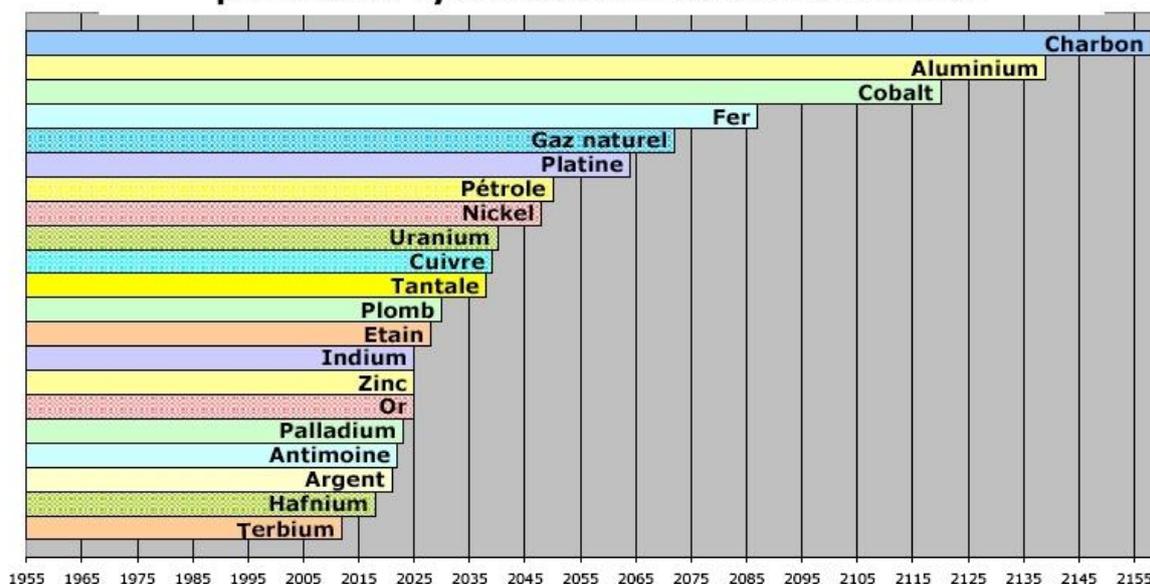
La prise de conscience de la finitude de la planète et de ses ressources est longue à venir. Car elle questionne nos habitudes.

Les dates ci-dessous ne sont que des évaluations, qu'il ne faut pas prendre à la lettre. « L'épuisement » d'une ressource, ça signifie principalement que son coût augmente alors très vite, du fait de sa raréfaction. La date butoir correspond plutôt à un point bas situé au-delà du « pic de Hubbert » de la ressource concernée, point suffisamment bas pour générer une contrainte d'abandon de cette ressource comme matière première efficacement exploitable.

Par exemple, vers 2040, on aura cessé d'utiliser le cuivre pour faire des fils électriques (c'est déjà en cours). Ce métal, devenu rare, sera réservé à des utilisations de niche.

Si les prix du pétrole et du cuivre augmentent, si les prix du riz et du blé augmentent, c'est juste un problème d'équilibre entre l'offre possible de notre planète, dont les stocks sont limités, et une demande insatiable, qui jette après usage.

### Dates d'épuisement des richesses exploitables de notre planète au rythme actuel de consommation



<http://terresacree.org/ressources.htm>

### 3.4. Bénéfice « durable »

Les bâtiments représentent à eux seuls environ 40% de la consommation d'énergie des pays occidentaux, et beaucoup plus si on y ajoute les transports induits par un urbanisme inadapté.

Dans le contexte actuel de disparition progressive de la disponibilité en énergies fossiles, et bientôt des ressources minérales, entraînant la hausse inexorable de leurs coûts, et de dérèglement climatique lié à la combustion de ces mêmes énergies, il devient indispensable de penser autrement notre rapport à l'énergie. L'électricité nucléaire, faible comme apport aux besoins énergétiques d'un pays, y compris en France (400 TWh de nucléaire sur 1800 TWh total – 155 Mtep - 22% de la consommation globale du pays) utilisant elle aussi une ressource importée à disponibilité limitée (l'uranium), mais aussi par le problème de sa production de déchets qu'on ne sait pas traiter, et les risques sanitaires majeurs qu'elle entraîne, ne peut être la réponse à cette crise de l'énergie.

La seule énergie durablement disponible, c'est d'abord celle qu'on ne consomme pas, ensuite celle que le soleil nous fournira encore durant 5 milliards d'années, à raison de 18 000 fois les besoins actuels de l'humanité pour sa seule infime part arrivant directement (et gratuitement) sur notre petite planète.

Au-delà de la problématique énergétique, les bâtiments génèrent sur la société des surcoûts importants, par l'oubli de cette évidence, que la fonction première d'un bâtiment n'est pas d'ordre esthétique ou technologique. Elle est d'assurer le confort de l'être humain qui l'utilise, à l'abri des intempéries, le plaisir d'y vivre, et la protection de sa santé. Elle est de lui permettre d'habiter, de travailler, de se distraire, sans passer une partie de sa vie en déplacements coûteux en énergie, en matières premières et en argent pour se rendre d'un bâtiment à un autre, d'un lieu de vie à un autre.

*Jardin bio (qui produit une partie du café consommé sur place), vélos, beach volley, piscines, 4 salles de gym, 19 restaurants, billards, smoothies, le tout à volonté...*

Le dernier lieu de loisir à la mode ?

Non, tout simplement le nouveau siège social international de Google. « *Business is business* » : les américains, très pragmatiques dès qu'il s'agit d'argent, savent compter. S'ils ont payé le prix nécessaire pour ce nouveau siège, c'est qu'économiquement parlant, ils ont pu constater, en effectuant une analyse complète de « bénéfice durable », que c'est financièrement nettement plus rentable : faire un lieu non seulement énergétiquement performant, mais surtout confortable, agréable à vivre, sain. Un lieu où l'on se sent bien. Un bâtiment conçu pour ses occupants, et non pour le « paraître » extérieur.

Le vrai coût d'un bâtiment ne se situe pas dans son prix d'investissement, mais dans son coût humain.

Google : <http://www.google.fr/intl/fr/corporate/culture.html>

Une meilleure prise en compte de cette majeure raison d'être de tout bâtiment, l'être humain, permet de réduire sensiblement l'ensemble des impacts négatifs de ces bâtiments sur la performance économique, sanitaire, sociale et environnementale d'une société, que ce soit au niveau d'un foyer, d'un établissement scolaire, d'une entreprise, d'un lieu de loisirs ou de toute autre activité économique ou sociale.

L'outil de « bénéfice durable » qui vous est présenté a pour objectif de permettre d'évaluer l'impact économique et sociétal de la qualité d'un bâtiment. Parce qu'il est nécessaire de disposer d'un étalon de mesure commun à des notions aussi différentes que le coût d'investissement, la consommation d'énergie et de matériaux, le confort, la qualité sanitaire et environnementale d'un lieu, l'approche est faite sous son angle énergétique et économique, en donnant une traduction en euros de chacun de ces critères.

Cet outil permet de montrer que le respect de la réglementation thermique, aussi indispensable soit-il, ne suffit pas pour évaluer de manière pertinente des choix constructifs, ne serait-ce que du point de vue économique et énergétique.

L'incertitude pesant sur nombre de données ne permet pas de donner une importance démesurée aux « chiffres ». Ce qui importe, ce sont les variations obtenues entre différentes solutions et différents scénarios, pas les chiffres eux-mêmes.

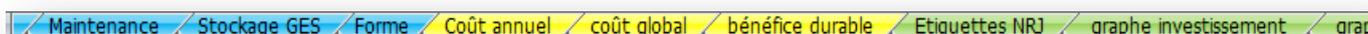
## 4. Contenu de l'outil

Cet outil a été développé sous Excel 2007. Il est utilisable avec Excel 2003 et avec Open Office, mais moyennant une dégradation de l'aspect esthétique de la présentation.

La version présentée ici est la version simplifiée.

L'outil contient un certain nombre d'onglets, classés en 3 grands groupes :

- Un premier ensemble d'onglets bleus permet de saisir les hypothèses de base, selon 3 scénarios
- Un deuxième ensemble d'onglets jaunes affichent les résultats chiffrés des simulations
- Un troisième ensemble d'onglets verts présentent de manière graphique ces résultats



Le contenu des onglets est détaillé dans les chapitres qui suivent.

### 4.1. Saisie des hypothèses

Ces onglets vous permettent de saisir l'ensemble des hypothèses de simulation : données générales, et données propres aux différents scénarios évalués. Ce sont les seuls onglets dans lesquels il est nécessaire de saisir des informations.

Les onglets disponibles sont les suivants :

Hypothèses	hypothèses sur les coûts actuels
Projet	données générales sur le projet
Cadrage	cadrage de l'évolution prévisible de la situation économique, et de l'impact des choix réalisés
Investissement	description des investissements selon 3 scénarios
Consommation	description des consommations sur les 5 postes principaux
Maintenance	description des charges annuelles de maintenance et d'entretien
Stockage GES	stockage de CO2 dans les éléments constitutifs du bâtiment
Forme	Calcul du coefficient de forme d'un bâtiment

### 4.2. Affichage des résultats

Ces onglets vous permettent de visualiser les résultats chiffrés des simulations effectuées, et de comparer les différents scénarios entre eux.

Les onglets disponibles sont les suivants :

Coût annuel	calcul de coût annuel investissement + fonctionnement
Coût global	calcul de coût global sur 30 ans, incluant l'évolution de la situation économique
Bénéfice durable	bénéfices engendrés par les scénarios 2 & 3

### 4.3. Graphiques d'interprétation

Ces onglets vous permettent de visualiser graphiquement les résultats des simulations effectuées. La représentation graphique permet une évaluation visuelle et une compréhension des chiffres plus facile pour le profane.

Les onglets disponibles sont les suivants :

Étiquettes énergie	Bilan estimatif des 3 scénarios, de type "DPE"
Graphe investissement	représentation du coût d'investissement, tel qu'étudié conventionnellement
Graphe coût global	représentation du coût global sur 30 ans des 3 scénarios du projet
Graphe CG étendu	représentation du coût global étendu
Détail bénéfice durable	comparaison des scénarios en termes de bénéfice durable, par thématique
Bilan bénéfice durable	comparaison des scénarios en termes de bénéfice durable, en valeur globale
Graphe GES	gaz à effet de serre émis par les différents scénarios

## 5. Utilisation de l'outil

### 5.1. Principe d'utilisation de l'outil

L'outil BCG a pour objectif de permettre la comparaison, en coût global, entre 2 ou 3 projets, et/ou 2 ou 3 solutions techniques. De plus nombreuses comparaisons peuvent être réalisées en faisant tourner l'outil selon différents scénarios.

L'objectif de l'outil est d'être un outil d'aide à la décision, pas un outil de calcul réglementaire ni un outil de production de graphiques.

Ce qui doit être recherché est d'abord **la mise en évidence d'écarts entre différents scénarios**, justifiant des choix, plutôt qu'une précision des chiffres, parfois peu rationnelle, ou la production de graphiques peu significatifs.

Il n'est pas systématiquement nécessaire de remplir toutes les informations existantes, mais uniquement celles qui ont du sens et permettent d'aider à la décision dans un sens durable.

Dans le cas le plus simple, l'information saisie dans un seul des onglets bleus peut suffire à mettre en évidence un résultat potentiel. L'important n'est pas la précision et l'exhaustivité, mais la cohérence avec le projet, son niveau d'avancement, les messages à démontrer et les objectifs poursuivis.

### 5.2. Préalable à l'utilisation de l'outil

L'utilisation de cet outil aura été utile si vous pouvez à un moment dire « voici quel choix initial a été modifié dans un sens durable après simulation dans l'outil BCG, voilà pourquoi ».

Les graphiques produits n'ont d'intérêt que s'ils permettent d'expliquer les choix faits. Avant de commencer à saisir des données, sachez quel résultat vous souhaitez mettre en évidence :

- Le coût d'exploitation et d'entretien vs le coût d'investissement ?
- Le choix urbain, la localisation du site à retenir ?
- La performance énergétique ?
- L'impact du choix de matériaux biosourcés ou traditionnels ?
- L'impact du choix d'une solution technique particulière ?
- L'impact du choix de la ressource en énergie ?
- Montrer qu'un choix particulier n'a qu'une faible répercussion sur la performance finale ?

En fonction de ces objectifs, la précision apportée à chaque ensemble de données pourra varier, y compris jusqu'à ne pas renseigner certaines parties : inutile par exemple de renseigner les déplacements si les 3 scénarios sont au même endroit, avec le même nombre d'usagers, sauf à vouloir évaluer l'impact spécifique de ce poste sur le bilan global pour illustrer un choix urbain (ce qui peut être intéressant sur des bâtiments à forte fréquentation).

Il est par ailleurs important de se concentrer sur ce qui a de l'importance, et ne pas perdre de temps inutile sur ce qui n'en a pas. La performance énergétique des vitres des sanitaires d'un théâtre n'a en général que peu d'intérêt, de même que la consommation d'eau chaude d'un immeuble de bureaux. Un calcul RT sur une piscine n'a pas de sens, il en a sur des logements où l'approche conventionnelle est un bon outil d'évaluation faisant abstraction des comportements individuels, surtout si ce calcul RT est complété par des données supplémentaires non prises en compte, comme par exemple le confort d'été ou la qualité sanitaire de l'air.

### 5.3. Choix des scénarios

Le choix doit être guidé par les questions ci-dessus.

Si vous ne savez pas trop au début quels scénarios retenir, il est conseillé de retenir par défaut, sauf besoin particulier, les 3 types de scénarios suivants :

- Scénario 1 conventionnel : utilisant des techniques constructives et des technologies classiques, des matériaux habituels, pour un projet respectant simplement la réglementation thermique en vigueur. Dans un tel scénario, le seul objectif pris en compte est souvent celui de réduire au maximum le coût d'investissement
- Scénario 2 performant : construit selon les mêmes procédés, mais énergétiquement plus performant que la réglementation thermique (à mi-chemin entre les scénarios 1 et 3). Dans ce scénario, le coût global de l'énergie est pris en compte pour pondérer le critère « investissement », avec une vision de son impact dans la durée.
- Scénario 3 durable : mettant en œuvre des procédés et matériaux constructifs modernes, des techniques architecturales bioclimatiques passives, et/ou valorisant des sources d'énergie renouvelables. Dans ce scénario, le projet tente de prendre en compte les implications environnementales et sociétales des choix faits, et son vrai coût à long terme.

Cela permet d'évaluer l'intérêt d'une approche durable plus ou moins poussée.

Il est ensuite possible de modifier certains éléments de détails, comme par exemple « chauffage au fioul vs chauffage au bois », « VMC DF vs ventilation naturelle », « plus de vitrage vs moins de vitrage », « isolant biosourcé vs isolant synthétique », ...

L'objectif est bien de disposer de comparaisons pertinentes qui permettent progressivement d'orienter et justifier des choix, pas de simuler au hasard 3 scénarios théoriques juste pour sortir quelques graphiques.

Mieux vaut une simple comparaison pertinente entre différents types et épaisseurs d'isolants qui donne du sens à l'étude, plutôt qu'une simulation complète de 3 projets totalement différents, plein de données très précises mais pas forcément significatives, en sachant que 2 d'entre eux n'ont aucune chance de voir le jour.

#### **5.4. Précision des données à saisir**

La précision sur la qualité théorique d'un isolant ou d'une menuiserie n'est pas fondamentale pour évaluer la performance d'un bâtiment, tant les incertitudes sont grandes sur le reste.

La plupart des données disponibles sur un bâtiment, neuf ou ancien, sont imprécises.

- Si la qualité d'un isolant ou la performance d'une menuiserie est connue à 2% près, sa performance théorique fluctue en fonction du fabricant, dépend de l'hygrométrie de l'air, et surtout la qualité de sa mise en œuvre est connue à 30% près dans le meilleur des cas. Or cette mise en œuvre compte pour une bonne moitié, parfois nettement plus, dans la performance finale obtenue. « Mieux vaut un mauvais produit posé par une bonne entreprise, qu'un bon produit mal mis en œuvre ».
- Si la température extérieure peut être évaluée à 10% près, les apports solaires, l'hygrométrie de l'air et la vitesse du vent ne sont pas pris en compte, alors que ces données sont fondamentales pour évaluer une rigueur climatique. Des DJU avec 6 chiffres significatifs n'apportent pas de précision.

Mieux vaut renseigner peu de données et qu'elles soient pertinentes, plutôt que de renseigner de nombreuses données sans importance dans le cas concerné, d'une précision incohérente avec celle des hypothèses maîtrisées, et qui ne vont pas améliorer la précision du résultat.

L'important n'est pas d'être précis, mais d'avoir conscience de l'imprécision des données disponibles.

Dans la plupart des cas, deux chiffres significatifs (soit une précision de 1 à 10%) suffisent car ils sont souvent déjà au-delà de notre capacité à évaluer correctement une donnée dans un bâtiment. Deux chiffres significatifs, ça signifie que seuls les 2 chiffres à gauche d'un nombre importent :

- « 1200 » est un nombre qui a du sens et qui parle immédiatement
- « 1230 » est déjà très précis par rapport à la réalité
- « 1234,68 » montre surtout que la personne qui a produit le nombre ne maîtrise pas le sujet

Pour ceux que ça intéresse, ou pire, qui en doutent, il peut être utile de s'informer sur ce qu'est un « calcul d'incertitude ». Un excellent site développé par Météo-France pour comprendre ce que sont les incertitudes, sur un sujet proche, le climat :

<http://www.drias-climat.fr/accompagnement/section/177>

On ne sait pas prédire le temps qu'il fera dans un an, mais on a une bonne idée de son évolution globale sur 30 ans.

On ne sait pas prédire quelle performance exacte un isolant aura, mais on peut avoir une bonne idée de la performance globale d'une construction sur 30 ans.

## 5.5. Méthode de saisie des données

L'outil veut être d'un usage simple et convivial.

Chaque onglet bleu, relatif aux hypothèses et aux données à saisir, contient des **cellules jaunes**. Ce sont les seules cellules modifiables, dans lesquelles vous pouvez saisir ou modifier des valeurs. Parfois, des valeurs par défaut sont déjà entrées, que vous pouvez laisser si vous n'avez pas de meilleures informations pour les préciser.

Parfois, il y a des **cellules orange**. Ce sont des données dont la saisie est indispensable pour obtenir un minimum de résultats, et si possible pertinents.

Vous pouvez vous déplacer de cellule en cellule en appuyant sur la touche « entrée » ou sur la touche « tab », ou encore en utilisant les flèches ou la souris.

Vous pouvez saisir dans une cellule une formule de calcul (de type Excel) plutôt qu'un chiffre.

Certaines cellules affichent une liste déroulante lorsque vous la sélectionnez. Il vous faut alors choisir une valeur dans la liste disponible.

ance	performant		
0,0 kWh/m <sup>2</sup>	25,0 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>	en énergie fin régulation, én
e ville	gaz de ville	bois plaquettes	
%	100%	bois plaquettes	nergie la la liste
un	aucun		
jet	Projet	charbon	
onnel de	énergétiquement	électricité autoproduit	
ance	performant	électricité chauffage	
		électricité climatisation	
		électricité éclairage	
		électricité ECS	
0,0 kWh/m <sup>2</sup>	10,0 kWh/m <sup>2</sup>	8,0 kWh/m <sup>2</sup>	en énergie fin régulation, én

## 5.6. Bilan Carbone – bilan GES

Un calcul de bilan Carbone est quelque chose d'intéressant, mais de compliqué à réaliser. Pas du point de vue des chiffres, plutôt de leur interprétation. Il n'est pas actuellement mis à disposition dans la version simplifiée de l'outil, pour éviter des résultats trompeurs ou suscitant des débats difficiles.

Quelle est la quantité de nuages dans le ciel ? Ça dépend de la vitesse du vent ! On pourrait faire une réponse similaire à la question « quelle est la quantité de Carbone dans un matériau ». Peut-on comparer une planche de bois séchée sur le terrain du charpentier local qui a coupé lui-même ses arbres, et celle d'un bois amazonien séché en étuve après avoir fait le tour de la terre ? Pourtant les deux s'appellent « bois brut ».

La première difficulté consiste en conséquence à connaître l'origine réelle des matériaux employés, et choisir la source des données utilisées, garantissant un minimum d'objectivité et de fiabilité dans les données fournies.

Le bilan GES fourni porte dans cette version de l'outil sur la seule production provenant de la consommation d'énergie du site durant son fonctionnement, déduction faite du stockage éventuel dans les matériaux biosourcés. Si le matériau biosourcé a parcouru plusieurs milliers de kilomètres, mieux vaut objectivement ne pas le prendre en compte, un poteau en béton sera probablement meilleur en bilan carbone qu'un même poteau en bois de l'autre hémisphère.

(cf la base de données KBOB du gouvernement fédéral suisse : <https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home.html> )

## 6. Saisie des données

Ces onglets vous permettent comme indiqué de saisir l'ensemble des hypothèses de simulation.

Certains résultats récapitulatifs intermédiaires sont directement affichés dans ces onglets.

Le premier sous-chapitre vous précise quelles sont les données à fournir en priorité pour obtenir un résultat correct.

Les sous-chapitres qui suivent précisent certaines informations sur des saisies pouvant présenter des difficultés.

### 6.1. Les données à renseigner en priorité

Les onglets à renseigner sont les onglets bleus. Ils sont décrits plus en détail dans la suite du chapitre.



Certaines valeurs sont proposées par défaut, laissez-les si vous ne savez pas quoi mettre d'autre.

Il n'est pas indispensable de tout renseigner, seules certaines données sont indispensables, comme par exemple la surface construite.

#### Onglet « Hypothèses »

Indiquer a minima l'activité du site, et si possible la durée journalière et annuelle d'utilisation, si elle est différente de la valeur par défaut. Les autres valeurs par défaut peuvent être laissées telles quelles si vous n'avez pas d'information plus précise à fournir.

foncier	60 ans	où amortissement du coût locatif
immobilier	30 ans	généralement 30 ans (délai d'obsolescence d'usage)
systèmes	20 ans	généralement 20 ans (délai d'obsolescence technique)
<b>Prix actuel de la journée de travail</b>	€	indiquer le prix moyen horaire, charges comprises,
référence	24,39 €	activité productive - salarié moyen
forçage coût moyen horaire		laisser vide si vous ne renseignez pas de coût horaire, pour les cas particuliers
horaire journalier	8	heures / jour
durée annuelle travail	1607	heures / an (1607 heures)
journée ouvrée moyenne	195,12 €	base 5 jours/semaine

#### Onglet « Projet »

Renseigner a minima la présentation générale, la surface et le nombre moyens d'occupants en période de fonctionnement du site.

Cet onglet permet également d'évaluer l'impact des déplacements générés par le site, si vous pensez que l'information est utile (elle est intéressante en particulier pour des bâtiments à forte densité humaine, comme une école ou une salle de spectacle).

#### Onglet « Cadrage »

Laissez les valeurs par défaut si vous ne savez pas quoi mettre.

#### Onglet « Investissement »

Remplir au moins les cases orange.

#### Onglet « Consommation »

Mettre le plus de détails possibles sur les variations entre scénarios, afin de faire apparaître l'impact des choix, et leur justification.

Type de calcul énergétique à indiquer impérativement :

- bien préciser la manière d'évaluer les besoins futurs : simulation thermique dynamique, calcul conventionnel, évaluation autre

Il est inutile de chercher la précision là où il n'y en a aucune, ou là où la précision n'a pas de sens pour l'analyse globale. Par exemple, la consommation d'eau chaude d'une cantine est fondamentale, celle d'un immeuble de bureaux est en général négligeable, inutile de la saisir, sauf s'il y a un bouclage pour la distribuer. Dans ce cas, évaluer la variation des besoins entre bouclage ECS, absence de bouclage, et absence d'ECS dans les sanitaires d'un immeuble de bureaux peut avoir du sens.

#### **Onglet « Maintenance »**

A remplir le mieux possible, en l'adaptant à la réalité prévisible. Chiffrer a minima l'amortissement (le coût de remplacement) des systèmes techniques.

#### **Onglet « Stockage GES »**

Onglet optionnel, il n'est pas nécessaire de le remplir s'il n'y a quasiment pas de biosourcé dans aucun scénario.

Il permet de valoriser le stockage éventuel de CO2 du bâtiment selon le scénario retenu.

#### **Onglet « Forme »**

Onglet optionnel, il n'est pas nécessaire de le remplir.

Il permet d'évaluer et informer sur la performance de la forme architecturale (le « coefficient de forme ») pour les besoins de chauffage.

## **6.2. Hypothèses**

Hypothèses sur les coûts actuels

#### **Amortissement de l'investissement**

Il s'agit de renseigner la durée sur laquelle va être amorti un investissement. Dans une optique durable, l'amortissement doit se faire au maximum à l'échelle d'une génération, soit 30 ans, afin de ne pas endetter les générations futures. Il est toutefois admis d'amortir un investissement foncier sur une plus longue période, sachant que dans la plupart des cas (sauf par exemple pollution de site) ce dernier ne s'use pas.

En tout état de cause, il est impératif d'amortir sur une durée inférieure à la durée de vie prévisible du bien. Dans un bâtiment, les éléments structurels sont amortis sur une durée inférieure à celle qui imposera une réhabilitation lourde, les éléments techniques sont amortis sur leur durée de vie habituelle avant remplacement des éléments principaux.

#### **Prix actuel de la journée de travail**

Sélectionnez une activité dans la liste déroulante. Le prix s'affiche à côté de la liste.

Vous pouvez si vous le préférez saisir un montant directement dans la cellule en dessous.

#### **Valeur ajoutée par personne**

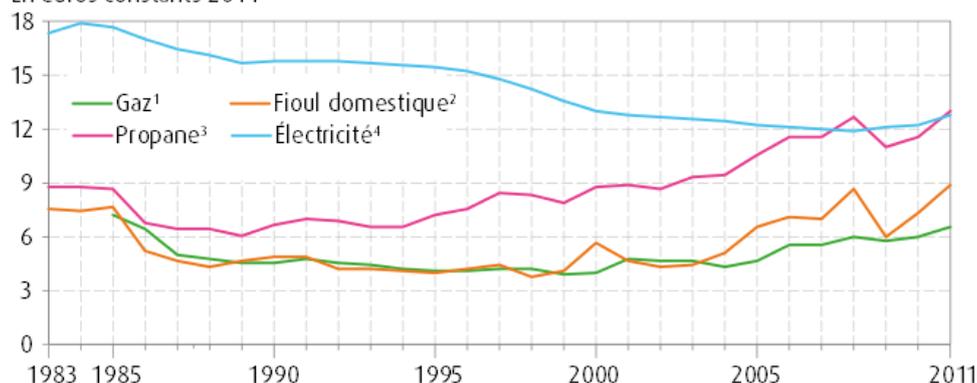
Il faut indiquer la part des salaires dans la valeur ajoutée de l'activité du site. Si vous ne savez pas, laissez la case vide.

#### **Prix actuel des énergies**

Il faut indiquer le prix moyen TTC du kWh payable par le site, incluant la part de l'abonnement au prorata. Les prix indiqués par défaut sont des prix moyens nationaux pour un usage grand public (logement).

## Prix TTC des énergies à usage domestique pour 100 kWh PCI \*

En euros constants 2011



<sup>1</sup> Gaz au tarif B2I, pour une consommation annuelle de 34 890 kWh PCS.

<sup>2</sup> Fioul domestique, pour une livraison de 2 000 à 5 000 litres.

<sup>3</sup> Propane en citerne.

<sup>4</sup> Électricité tarif bleu, option heures creuses, pour une consommation annuelle de 13 MWh.

\* PCI : pouvoir calorifique inférieur, voir définitions page 36.

Source : SOeS d'après GDF-Suez, EDF et DGEC

Les données indiquées en dessous (kWh, Cep, CO<sub>2</sub>) sont les données officielles en métropole française, et les valeurs alternatives pouvant être utilisées pour le Coefficient d'énergie primaire :

- Cep Effnergie : données provenant des valeurs préconisées par l'association Effnergie
- Cep « durable » : données incorporant la part d'énergie grise liée à la production et au transport de la ressource

N'étant pas avec cet outil dans une approche réglementaire et conventionnelle, mais concrète, il est tout à fait loisible, en accord avec le maître d'ouvrage, de modifier ces hypothèses pour mieux correspondre à la réalité, comme par exemple pour les émissions de CO<sub>2</sub> du chauffage électrique, de prendre en compte les émissions marginales (émissions de CO<sub>2</sub> générées par tout chauffage électrique ajouté sur le réseau) plutôt que les moyennes annuelles.

L'important est de conserver la cohérence de l'ensemble : soit tout modifier, soit rien, mais éviter de ne modifier que certaines lignes, et indiquer lors de la présentation la source utilisée.

### Note sur le coût horaire dans l'éducation nationale

Dans le cas particulier des établissements d'enseignement et des établissements assimilables, le coût horaire pris en considération est celui du coût d'un élève de l'établissement. Le coût horaire va en effet bien au-delà du seul coût salarial des enseignants et du corps administratif. L'amélioration de la productivité de l'enseignement par un meilleur confort intérieur, une réduction de l'absentéisme, une meilleure attention des élèves ... augmente la productivité éducative de l'établissement, et donc sa performance sociétale, au même titre qu'une entreprise augmentant sa valeur ajoutée.

Dans le cas d'un équipement sportif à usage principal scolaire, le coût horaire indiqué est le coût moyen d'un élève, toutes filières d'enseignement confondues.

Le coût horaire est calculé par rapport au coût annuel d'un élève, sur la base d'un horaire de 1000 heures par an. La référence est le tableau ci-dessous du Ministère de l'éducation nationale, actualisé de l'inflation à 2011 :

Dépenses moyennes par élève et par étudiant en France (2007)			
Niveaux d'enseignement	Effectifs	Dépense moyenne par élève (euros)	Dépense globale
			(milliards d'euros)
Enseignement pré-élémentaire	2 569 300	<b>4 970 €</b>	12,8
Enseignement élémentaire	4 033 000	<b>5 440 €</b>	22
Collège	3 143 000	<b>7 930 €</b>	24,9
Lycée général et technologique	1 527 800	<b>10 240 €</b>	15,6
Lycée professionnel	813 100	<b>10 740 €</b>	8,7
Classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE)	81 000	<b>13 880 €</b>	1,1

Source : Ministère de l'éducation nationale, "Repères et références statistiques", 2009

### **6.3. Projet**

Cet onglet permet de décrire globalement le projet concerné.

#### **Désignation des scénarios**

Donner un nom explicite à chaque scénario, qui résume la raison de sa simulation.

#### **Déplacement domicile - travail**

A défaut d'enquête auprès des futurs utilisateurs, méthode qui reste la meilleure approche, il est possible de se référer à la position du bâtiment par rapport au centre urbain concerné par son activité (zone résidentielle pour un immeuble tertiaire, zone d'activité économique pour un logement, ...).

Il ne s'agit pas ici de faire un bilan carbone précis des déplacements engendrés par l'activité du bâtiment, mais d'évaluer l'impact du choix du site. Cette approche sera en particulier utile pour évaluer entre eux plusieurs choix de sites disponibles.

Elle permet aussi d'évaluer l'impact de la disponibilité ou non d'autres modes de déplacements que la voiture, et de comparer le coût énergétique du bâtiment avec son impact en termes de transport, très parlant à titre d'exemple pour un établissement scolaire délocalisé. La vieille école Jules Ferry au centre du village n'est parfois pas mauvaise en bilan énergétique, comparée à un projet « BBC » qui sort l'école du centre urbain.

#### **Mode de déplacement des occupants**

Cette grille permet d'évaluer l'impact de la mise à disposition et de l'incitation des usagers à des modes de déplacements alternatifs : présence d'un arrêt de bus, disponibilité d'un garage à vélos abrité, de douches et vestiaires, ...

#### **Mode de déplacement des visiteurs**

Cette grille permet également d'évaluer l'impact, par l'incitation, de la facilité des visiteurs occasionnels à privilégier des modes de déplacements alternatifs. Elle permet en particulier de quantifier les émissions de gaz à effet de serre induites par les déplacements vers le site.

### **6.4. Cadrage**

C'est l'onglet le plus important relatif à la saisie des hypothèses, mais aussi le plus difficile à remplir, car il fait appel à la prospective.

Si vous ne savez pas quelle valeur indiquer, prenez celle proposée par défaut, en la multipliant par l'indicateur du site (MWh, m<sup>2</sup>, ...).

Il n'est pas possible de donner des valeurs indicatives précises, tant elles dépendent du projet, du contenu des scénarios étudiés, et de la vision sur l'avenir acceptée par le maître d'ouvrage.

L'important est de se rappeler qu'une analyse prospective a comme principal intérêt de permettre d'évaluer l'impact relatif de chaque variable en fonction de ses évolutions possibles. A titre d'exemple, si le classement d'un scénario n'est pas affecté par la fluctuation d'une variable autour de ses valeurs minimales et maximales envisageables, alors ce scénario est fiable. A contrario, si la variation d'un critère dans ses limites admissibles modifie de manière sensible le classement d'un scénario, il y aura lieu d'étudier les moyens disponibles pour agir sur ce critère dans le sens souhaité, soit en « forçant le destin », c'est-à-dire en créant les conditions d'une évolution favorable du critère, soit en rendant le projet moins dépendant de ce critère.

L'exemple fréquent concerne le changement de source d'énergie qui peut économiquement se justifier ou non en fonction de la manière d'envisager l'avenir.

### **6.5. Investissement**

Le bilan économique des données saisies est récapitulé en haut de page.

#### **Subventions et aides diverses éventuelles sur actions durables**

Indiquer ici les éventuelles aides à l'investissement relatives aux opérations d'amélioration de la performance énergétique et environnementale, en précisant en commentaire leur source.

### Coûts constructifs

Les taux calculés pour la maîtrise d'œuvre sont appliqués au total « gros œuvre + second œuvre », donc hors foncier.

### Surcoûts Gros œuvre et VRD

Il s'agit des suppléments éventuels à prévoir dans les scénarios 2 & 3, et qui vont distinguer ces scénarios du scénario conventionnel.

## **6.6. Consommation**

C'est l'onglet le plus long, et le plus important, à remplir. Il nécessite d'avoir effectué une simulation thermique du projet, ou tout au moins une évaluation, suivant les différents scénarios.

Quel sens peut avoir un résultat très précis sur la consommation d'eau chaude d'un logement ? Il peut être utile de rappeler, pour commencer, que plus ces chiffres sont précis, plus cela peut traduire le manque de maîtrise du sujet par celui qui donne le chiffre. Mieux vaut une valeur estimative cohérente qu'un nombre très précis qui ne correspond pas à un besoin concret mais à une simple convention.

Les consommations sont à indiquer en énergie finale, en précisant le type d'énergie utilisée.

L'évaluation se fait selon les 5 usages réglementaires, auxquels sont ajoutés les besoins en électricité spécifique non pris en compte par la réglementation :

- Chauffage
- Rafraîchissement
- Éclairage
- Eau chaude sanitaire
- électricité autres usages réglementaires (pompes, circulateurs, régulation, ..)
- électricité spécifique (ordinateurs, ascenseurs, électroménager, ...)

A titre indicatif, selon les études d'Olivier Sidler sur des bâtiments en fonctionnement, on peut évaluer les besoins spécifiques sur la base des valeurs suivantes si aucune mesure particulière n'est prise :

- logement (électroménager, ...) : environ 30 % des besoins en conventionnel RT2005, 60 % en BBC
- tertiaire (ascenseurs, informatique, ...) : 40 à 60 kWh/m<sup>2</sup> en conventionnel, 20 à 25 kWh/m<sup>2</sup> en très haute performance

### Type de calcul énergétique

La simulation peut être réglementaire de type RT, ou de préférence, ce qui est la solution la plus pertinente, dynamique à l'aide d'un logiciel de simulation thermique dynamique, de type COMFIE-PLÉIADES, PHPP, LESOSAI ou équivalent.

L'objectif est d'avoir des données le plus proche possible de la réalité future, de préférence à des valeurs conventionnelles. Un calcul réglementaire de type RT n'a pas pour objectif d'évaluer la consommation future d'un bâtiment, mais simplement de définir certaines règles constructives. Il peut être utilisé, mais de préférence en corrigeant certaines valeurs dites conventionnelles par des données plus proches de la réalité, prenant en compte les comportements prévisibles des usagers, la fréquentation prévisible du site, les comportements bioclimatiques de l'architecture, les apports internes et externes, la capacité à gérer facilement les besoins réels, ...

Pour mémoire ci-dessous en photocopie l'introduction du chapitre 1.1 de la RT2012 :

### **1.1 INTRODUCTION**

La méthode de calcul ~~Th B-C-E 2012~~ a pour objet le calcul réglementaire des coefficients Bbio, C et Tc. Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues.

Utiliser le moteur de calcul de la RT pour déterminer les consommations d'un bâtiment montre seulement que l'auteur n'a pas lu, ni compris, la réglementation thermique.

Un magasin de légumes est rarement chauffé, un vétérinaire ne climatise pas obligatoirement et n'éclaire à pas à 2000 lux la totalité de ses locaux, un logement est généralement chauffé à plus de 19°C, une salle de classe ou un bureau idem, et en plus est généralement éclairé durant toute la période d'occupation quelque soit le temps dehors, mais une salle de classe a besoin d'une ventilation beaucoup plus forte que les seules obligations réglementaires, ...

Dans le cas d'une simple évaluation en phase programmation / conception, il peut être tout simplement indiqué les objectifs énergétiques prévisibles du programme ou des estimations « coin de table » en fonction des scénarios visés, qui seront parfois plus proches de la réalité qu'un calcul conventionnel.

Rappelons également qu'en plus des besoins nets d'un bâtiment, il faut compter les rendements : de production, de régulation, de distribution, et d'émission.

- La chute de tension dans un fil électrique est en général comprise entre 3 et 5%, mais peut aller bien au-delà. Il s'agit tout simplement d'une perte de distribution
- Un équipement avec un rendement supérieur à 100%, qui produit plus qu'il ne consomme, ça n'existe pas, même si les fabricants vous affirment le contraire
- Une chaudière, une pompe à chaleur ou un échangeur double flux présente rarement le niveau de performance théorique calculé en laboratoire (c'est un peu comme la consommation d'essence des voitures : la valeur théorique est un cas de laboratoire, pour une voiture neuve, parfaitement réglée, conduite à la perfection, sur une route parfaitement plate, sans aucun vent ni pluie ni neige, ...)
- Un bouclage (de chauffage, d'ECS, de climatisation, ...) présente des pertes constantes, indépendantes de la consommation réelle : moins il est utilisé, plus son rendement chute
- Un variateur sur un bouclage permet de faire des économies, car les pertes sont liées au débit du bouclage
- Un éclairage sur variateur ne consomme pas moins, ou à peine, qu'un éclairage sans variateur (ça ne fait que produire du courant réactif, qui devra être fourni par la centrale électrique – si on consomme des kW, on produit, et on achète, des kVA)

### **Sources de consommation d'énergie**

Pour les postes « chauffage », « rafraîchissement » et « ECS », il est possible d'indiquer 2 sources d'énergie, en précisant le taux de couverture de la source principale.

Le pourcentage à indiquer est donc le taux de couverture du besoin total d'énergie, et non la proportion en puissance installée.

### **ECS**

Il est utile de préciser sur quelle base cette consommation est estimée. En général, dans un logement, une école, ... la consommation d'eau chaude ne dépend pas de la surface du logement ou de l'école, mais du nombre d'occupants. La consommation d'une cantine ne dépend pas de sa surface mais du nombre de repas servis et du mode de préparation. Dans un immeuble de bureau, elle peut être considérée, sauf cas particulier, comme négligeable. Dans un gymnase à usage uniquement scolaire, elle est quasiment nulle, mais peut devenir importante dans un vestiaire de terrain de sport ... surtout si les douches sont accueillantes.

Et ne pas oublier qu'une consommation implique une présence des usagers : une installation de production d'ECS, même solaire, ne produira rien en été dans une école fermée. Elle pourra par contre continuer à gaspiller (pertes de production et de bouclage en particulier) si elle n'est pas mise hors service durant les fermetures. Une école qui ne coupe pas la production et le bouclage d'ECS durant les week-ends et les vacances double sa consommation d'énergie liée à la production d'ECS.

Pour évaluer les besoins, se rappeler des quelques chiffres suivants :

- Il faut en moyenne 60 kWh pour chauffer 1 m<sup>3</sup> d'eau à 60°C
- Une douche consomme en moyenne 30 L d'eau à 60°C, ce qui fait 11 m<sup>3</sup> par an par personne pour une douche quotidienne, soit encore environ 650 kWh/an par personne
- Une baignoire consomme le double (en kWh)

### **Part d'électricité autoproduite**

Les installations photovoltaïques peuvent être prises en compte pour réduire les besoins du bâtiment, dans des proportions qui ne sortent pas d'un cadre « normal ». Il est admis actuellement que peut être considéré comme normale, une installation photovoltaïque ne dépassant pas en surface de l'ordre de 20% de la surface SHON du bâtiment, sous réserve qu'elle soit mise en place directement sur ce bâtiment. L'objectif d'une telle restriction est de ne pas aboutir à des projets qui dissimulent leurs faibles performances derrière une installation photovoltaïque surdimensionnée.

La difficulté provient surtout de la capacité à autoconsommer sa production. Produire en été de l'électricité photovoltaïque ne permet en aucune façon de réduire le besoin en hiver d'un chauffage électrique. Si l'installation est raccordée sur le réseau public (donc n'est pas autoconsommée au fil de sa production), elle ne doit pas être prise en compte dans le bilan énergétique du bâtiment. Elle permet uniquement à celui qui exploite la revente de gagner de l'argent.

Seuls sont à prendre en compte les installations permettant de stocker et consommer dans les jours qui suivent l'électricité autoproduite.

### **Électricité spécifique**

Il est souhaitable d'indiquer en commentaire les références prises pour évaluer ce poste, et ce qu'il inclut.

Le calcul est un peu compliqué par le fait qu'une bonne part de l'électricité spécifique participe souvent au chauffage en hiver, sous forme d'apports internes (rien ne se crée, rien ne se perd, ...).

Toute consommation d'électricité à l'intérieur d'un volume se transforme intégralement en chaleur dans ce volume

- Un réfrigérateur classe A+ qui consomme environ 280 kWh/an, produira environ 140 kWh de chauffage durant les 6 mois de la saison de chauffe
- Un ordinateur de bureau de 120 W produira environ 1 kWh par jour de chaleur
- Une lampe convertira 99,5 % de sa consommation électrique en chaleur (moins de 1/2 % sortira de la pièce sous forme de lumière)

Valoriser ces apports internes dans une construction passive est une excellente chose. Mais il ne faut pas oublier de compter la source des ces apports. Si une STD prend en compte les apports internes liés à l'électricité spécifique (électroménager, ordinateurs, ...), il est indispensable de mettre la contrepartie électrique dans cette ligne.

## **6.7. Maintenance**

Les coûts de maintenance peuvent être très variables selon l'usage du bâtiment et ses particularités. Ils sont souvent sous-évalués en phase conception.

Des valeurs estimatives sont données à titre indicatif, à droite de chaque poste.

A défaut d'informations plus précises, utilisez les valeurs par défaut proposées dans la colonne « commentaire » (que vous pouvez modifier), en n'oubliant pas de les corriger en fonction de la taille du projet, comme indiqué.

Le plus important est d'évaluer et de noter les variations potentielles en fonction des choix faits dans les scénarios, par exemple :

- ventilation naturelle, VMC simple flux, VMC double flux

### **Coûts annuels de maintenance énergétique**

La ligne « **mises à niveau techniques** » est fondamentale, car c'est elle qui permet d'amortir les systèmes techniques. En général, un équipement technique présente une durée de vie de 10 à 15 ans. Il peut donc être intéressant de remplir à ce niveau les vrais coûts des différentes solutions techniques, prenant en compte leur durée de vie prévisible, pour permettre de dépasser les a priori sur certaines solutions présentées comme « techniquement » performantes.

Pour les chaufferies, il s'agit du P4.

## **6.8. Stockage de gaz à effet de serre**

La démarche « Bâtiments Durables Méditerranéens » impose a minima le respect des lois, décrets et règlements, en particulier le Décret n° 2010-273 du 15 mars 2010 relatif à l'utilisation du bois dans certaines constructions ».

Un nouveau décret est paru, relatif à l'utilisation des matériaux biosourcés : Décret n° 2012-518 du 19 avril 2012 relatif au label « bâtiment biosourcé », et son arrêté d'application : Arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé ».

Le tableau de cet onglet correspond à ce dernier décret, et permet de vérifier la conformité du projet par rapport son arrêté.

Le calcul ainsi réalisé ne préjuge pas du respect du décret de 2010 sur les quantités minimales à respecter, mais le mode de calcul étant différent (masse et non plus volume), le choix a été fait de privilégier l'approche du dernier décret relatif au label « bâtiment biosourcé ».

### **Niveau selon masse de bois minimal en kg/m2 de plancher**

Les 3 cases indiquent par le texte et code de couleur :

- si le projet respecte l'un des niveaux du label
- si oui, à quel niveau éventuel il se situe

Une maison individuelle est entendue comme un immeuble à usage d'habitation ne comportant pas plus de deux logements destinés au même maître d'ouvrage.

Pour obtenir l'un des niveaux du label, il est exigé la mise en œuvre d'au moins deux produits de construction biosourcés appartenant ou non à la même famille et remplissant des fonctions différentes au sein du bâtiment (colonne de gauche « fonction » du tableau).

## **6.9. Performance de forme**

### **Surface bioclimatique hivernale**

La surface bioclimatique est une surface déperditive calculée en pondérant certaines surfaces en fonction de leur orientation, afin de prendre en compte l'impact des apports solaires moyens.

Elle n'a de signification que pour ce qui concerne le confort d'hiver.

### **Compacité et coefficient de forme**

A noter au préalable que la performance de forme n'impacte potentiellement que les besoins de chauffage en hiver, et peut être un frein à une bonne qualité lumineuse, ainsi qu'à un bon confort d'été et à la qualité d'usage.

D'un point de vue bioclimatique, il est plus efficace d'étudier la « surface sud équivalente » d'un bâtiment (non évaluée dans cette version de l'outil, car complexe à décrire sur un tableur qui veut rester simple).

Il existe deux valeurs de forme intéressantes à évaluer, et il est utile de comprendre ce qui les distingue :

- La compacité
- Le coefficient de forme

On appelle souvent, à tort, coefficient de forme ce qui, mathématiquement parlant, correspond en fait à la compacité.

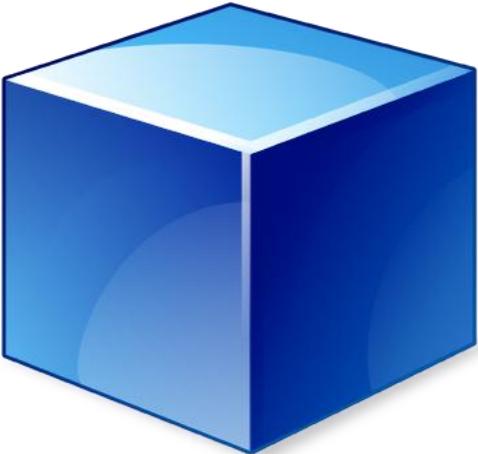
La **compacité** se calcule en faisant le rapport entre la somme « Sd » des surfaces déperditives et le volume intérieur « V » :

Ce coefficient a l'avantage d'indiquer la performance d'usage des volumes construits « on en met beaucoup plus dans la même forme : il a une bonne compacité ».

Il a l'inconvénient d'être directement dépendant du volume : un grand bâtiment aura toujours une compacité supérieure à celle d'un petit bâtiment de même forme.

Quelle est la meilleure des 2 « formes » ci-dessous ?

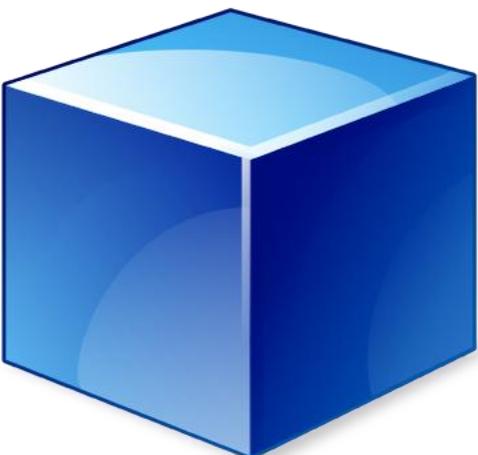
Si l'on s'en tient au rapport « Surface / Volume », la réponse est simple : le plus gros des 2. Le mathématicien pensera pourtant qu'il s'agit de la même forme.

Forte compacité (petit coefficient S/V)	Faible compacité (grand coefficient S/V)
	

« *Big is beautiful* » ? La compacité ne permet de comparer que des bâtiments de volume identique, ce qui revient à comparer leurs surfaces déperditives respectives, ce qui serait encore plus simple.

Le **coefficient de forme** est indépendant de la taille du bâtiment, et permet en conséquence de comparer entre eux des bâtiments de dimensions différentes. Il permet d'évaluer la performance énergétique de la forme, indépendamment de la taille du projet :

Le coefficient de forme idéal est celui de la sphère, et vaut quasiment 1 (plus précisément 1,06347). A partir de cette référence, toutes les formes peuvent être évaluées de façon simple par rapport à cette valeur idéale du coefficient de forme de la sphère : Une forme cylindrique de hauteur égale au diamètre vaut 1,30 et une forme cubique vaut 1,47.

Même coefficient de forme : 1,47	
	

## 7. Résultats des calculs

*Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.*

*« Notre avenir à tous », Gro Harlem Brundtland, 1987*

Les calculs sont réalisés sur la base des données saisies, en suivant les 7 thèmes de la démarche BDM :

- Transports
- Matériaux
- Énergie
- Eau
- Confort & santé
- Économique
- Gestion de projet

### 7.1. Coût annuel

Le calcul des coûts annuels est réalisé à coût constant, hors inflation et sans prendre en compte les coefficients saisis dans l'onglet « Cadrage ». Il s'agit donc en quelque sorte d'un calcul « pour la première année ».

L'objectif d'un bâtiment durable, comme toute activité humaine, et dans le respect de la définition donnée par Madame Gro Harlem Brundtland, doit être de ne pas transmettre de dette aux générations futures. En conséquence, les coûts d'investissement immobilier sont généralement amortis au maximum sur 30 ans, soit une génération, à l'exception de l'acquisition du foncier amorti sur deux générations, soit 60 ans.

L'amortissement des investissements se fait en appliquant le taux d'emprunt et la durée d'amortissement de l'emprunt, saisis dans l'onglet « cadrage ». Même s'il n'y a pas d'emprunt, il est préférable de lui appliquer ce taux, qui correspond au coût d'immobilisation du capital (s'il n'était utilisé pour financer l'immobilier, ce capital pourrait être placé et rémunéré, il faut donc prendre en compte en quelque sorte ce « manque à gagner »).

Le montant de l'acquisition du foncier modifie, en fonction du scénario considéré, le coût global et le bénéfice durable dans le cas où le choix de la localisation impacte les externalités, en particulier les coûts de déplacement des utilisateurs du site.

Il est possible d'ajuster ces valeurs dans l'onglet « hypothèses ».

### 7.2. Coût global

Le calcul en coût global est réalisé sur une durée au choix, à saisir en tête du tableau. Par défaut, il est conseillé d'analyser un résultat sur 15 ans, et un autre sur 30 ans.

Le calcul en coût global reprend les éléments de coût annuel, mais en les cumulant sur la durée choisie, tout en intégrant les effets de l'inflation et des différents critères de cadrage saisis.

Le coût économique du projet (l'investissement initial) montre alors un impact relatif nettement plus faible. Ce phénomène s'explique simplement par le fait que c'est quasiment le seul coût fixe, en plus de la maîtrise d'œuvre, qui ne soit pas impacté par l'inflation et les autres critères de cadrage.

Du fait de l'inflation et des hausses diverses sur les coûts de fonctionnement, la part relative de l'investissement tend à se réduire dans le temps par rapport aux autres charges générées durant la vie du bâtiment.

### 7.3. Bénéfice durable

Le bénéfice durable d'un scénario est la différence de coût qui apparaît par rapport au projet de référence.

Le tableau des coûts globaux est réévalué par les seules différences de coûts entre le scénario 1 et les deux autres scénarios.

## 8. Résultats graphiques

*Le monde est dangereux à vivre ! Non pas tant à cause de ceux qui font le mal, mais à cause de ceux qui regardent et laissent faire.*

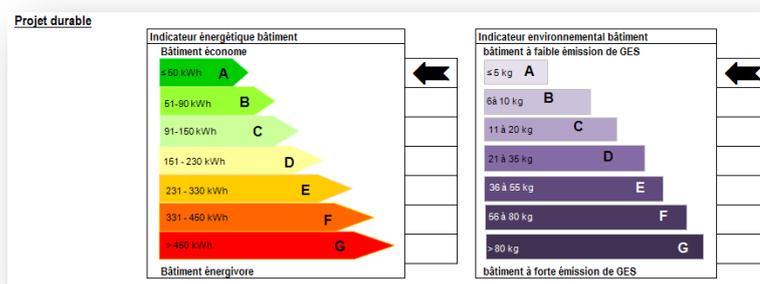
*Albert Einstein*

Les résultats graphiques permettent de réaliser une synthèse visuelle des calculs, nettement plus expressive que des tableaux de chiffre.

### 8.1. Étiquettes énergie

Cet onglet permet d'afficher simplement les étiquettes énergie identiques à celles de la réglementation thermique pour les différents scénarios, sur la base des informations fournies, aux nuances suivantes près :

- L'indicateur énergétique est donné sur la base des consommations réglementaires, donc énergie spécifique non comprise
- L'indicateur environnemental prend en compte l'énergie spécifique, ainsi que l'éventuel stockage de CO<sub>2</sub> dans la structure du bâtiment

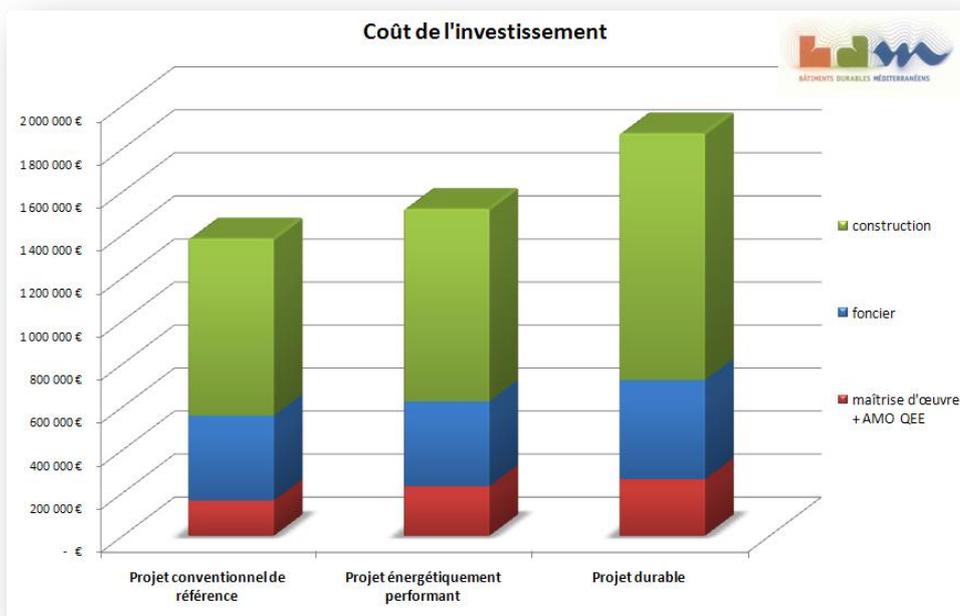


L'étiquette utilisée est pour l'instant uniquement celle applicable aux logements.

### 8.2. Coût de l'investissement

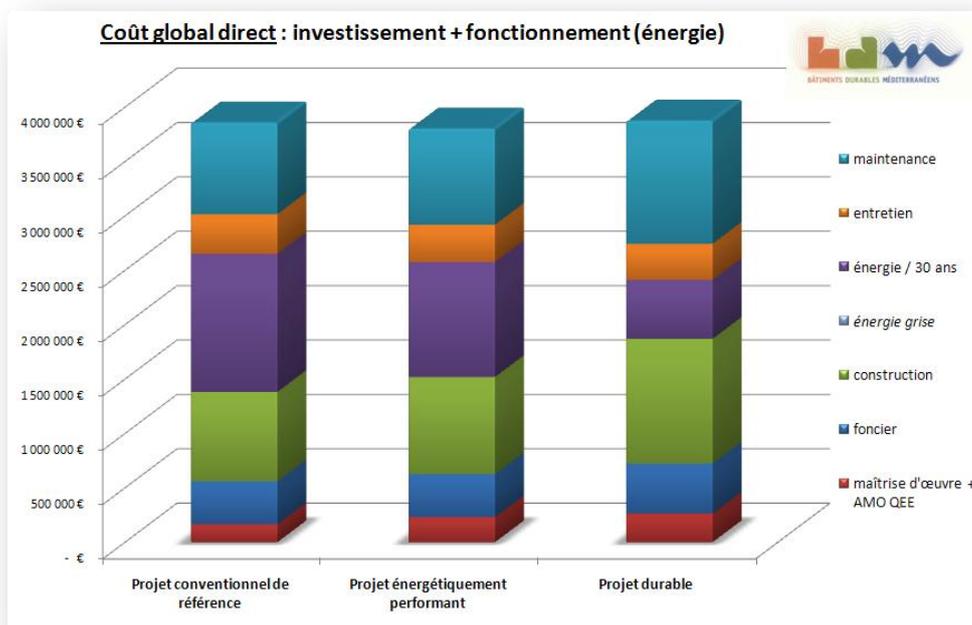
Le graphique d'investissement indique la répartition des coûts de l'investissement seul, entre la maîtrise d'œuvre, le foncier et la construction.

Il représente la vision traditionnelle en maîtrise d'ouvrage, qui incite à limiter au maximum les investissements.



### 8.3. Coût global direct

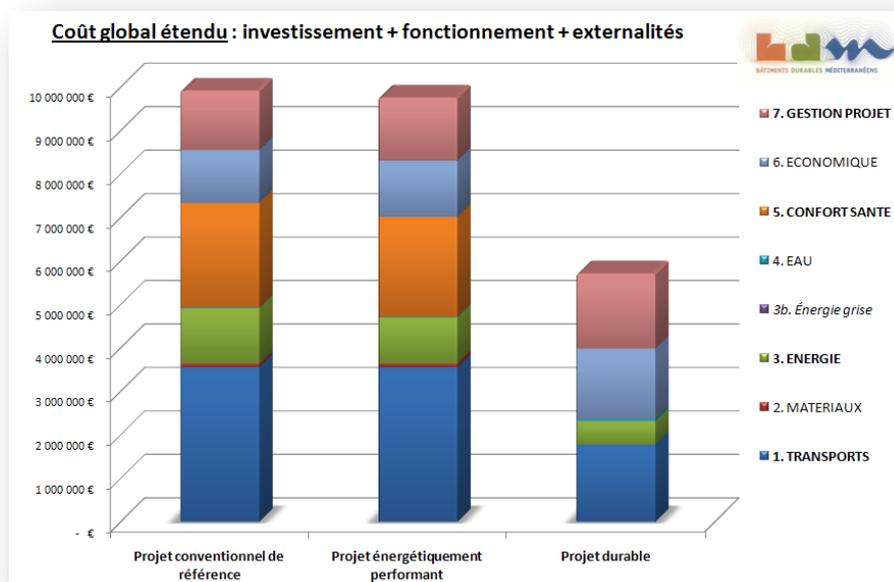
Ce graphique indique le cumul des coûts globaux, incluant les coûts d'investissement et de fonctionnement sur 30 ans.



La forte augmentation récente et prévisible à court et moyen terme du coût de l'énergie ainsi que son impact environnemental, et la prise de conscience du coût cumulé dans la durée des charges d'exploitation, conduit à prendre en compte le coût global direct pour mieux évaluer l'impact des décisions alternatives d'investissement.

## 8.4. Coût global étendu

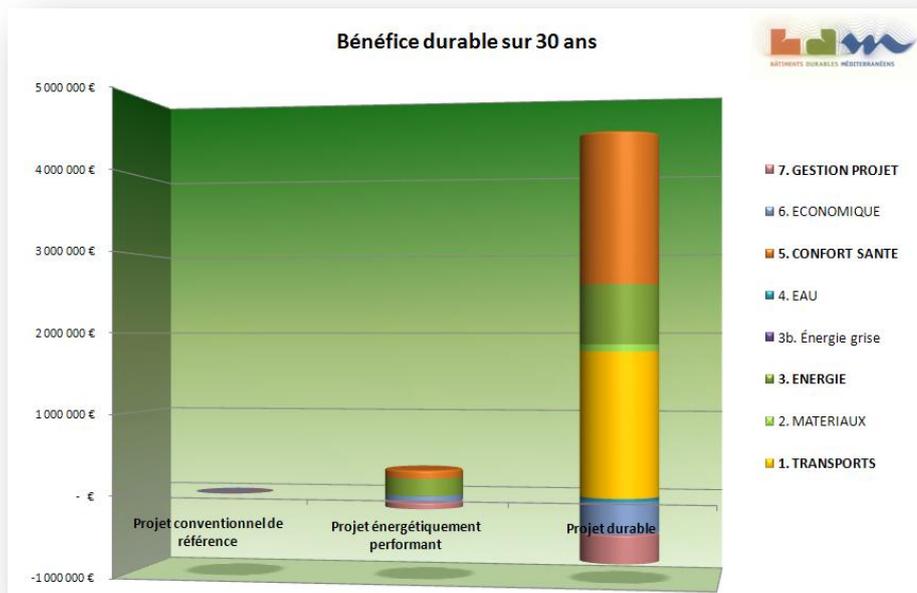
Le coût global étendu ajoute aux coûts directs de construction et de fonctionnement les externalités induites par le bâtiment. Ces externalités ne sont pas systématiquement visibles directement par le maître d'ouvrage. Ce dernier subit toutefois indirectement ces externalités, de manière plus ou moins consciente.



Quel que soit le choix fait, le coût sociétal d'une décision doit être assumé, directement ou indirectement, et ce qui n'est pas assumé directement par le maître d'ouvrage est reporté sur l'ensemble de la société au travers des impôts et des taxes, des charges sociales (défaut de qualité sanitaire) ou des charges induites (coût des déplacements par exemple, venant en déduction des revenus), ou tout simplement en temps perdu par chaque citoyen, temps venant en déduction de sa disponibilité pour la société, et en supplément de sa fatigue, faisant baisser d'autant sa productivité.

## 8.5. Bénéfice durable

L'écart entre un scénario performant ou durable et un scénario de référence conventionnel, conduit tel que l'on construit les bâtiments depuis un demi-siècle, permet de mieux comprendre où se situent les causes de non-performance d'un projet.



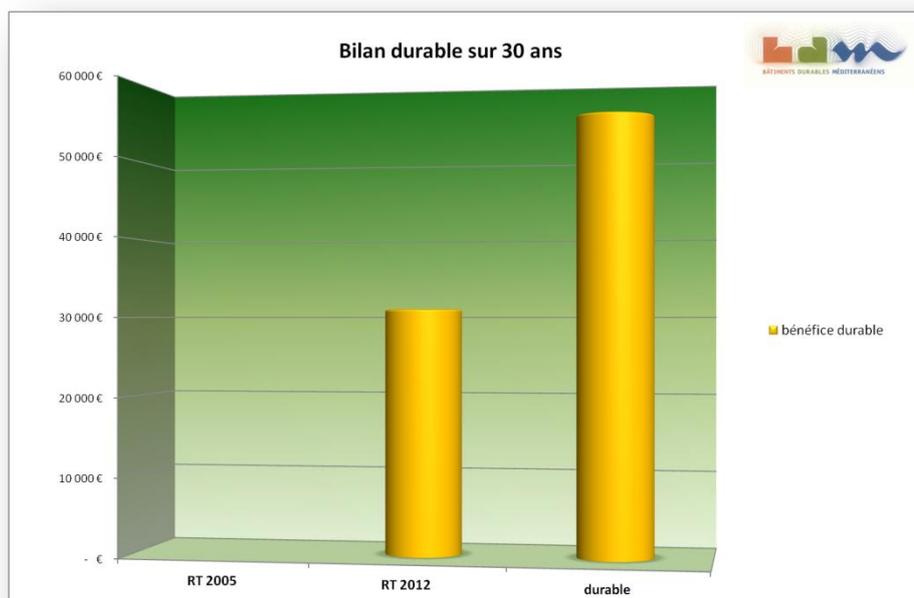
Ce bénéfice durable est la mesure du gain économique direct que peut apporter à la société un projet durable.

Qu'il s'agisse uniquement d'externalités assumées par le maître d'ouvrage, où également de celles transférées à la charge de la société, celles-ci peuvent représenter à elles seules un coût supérieur à celui de l'investissement de départ.

### 8.6. Bilan de bénéfice durable

Le graphe de bénéfice durable présente en simultanée des valeurs positives et négatives.

Le « bilan », présente le cumul net, positif ou négatif, permettant de mieux visualiser le bénéfice global, mais sans en présenter les raisons.

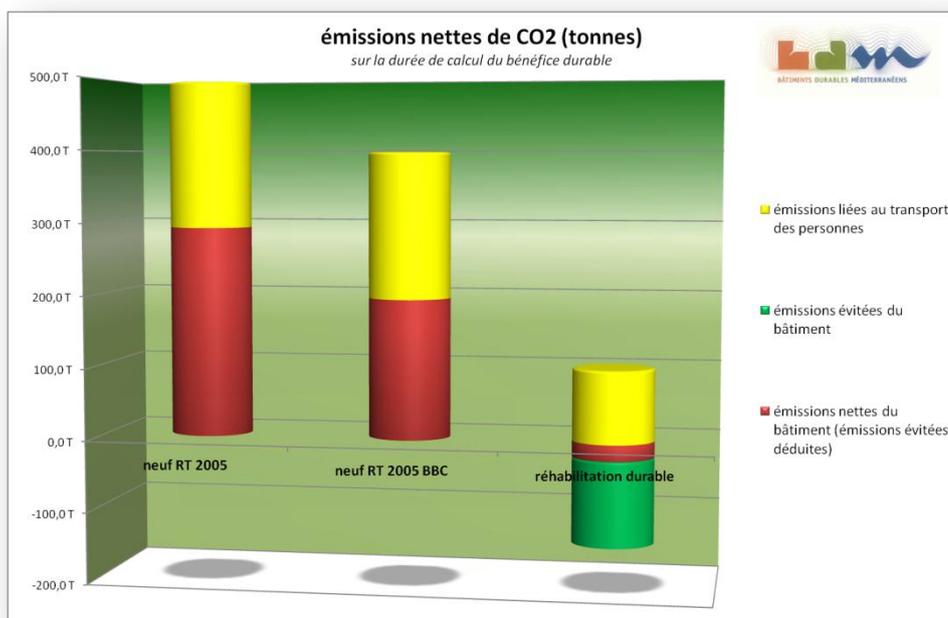


## 8.7. Gaz à effet de serre

Ce dernier graphique permet de visualiser de manière simple les émissions de gaz à effet de serre générées par le projet, en fonction des scénarios, et donc l'impact environnemental du projet.

Les émissions de gaz à effet de serre prises en compte sont :

- Celles provenant du déplacement des personnes vers le site
- Celles provenant de la consommation d'énergie du bâtiment
- En déduction (en vert), celles stockées dans l'enveloppe du bâtiment



A noter que l'outil simplifié n'évalue pas la totalité des émissions de gaz à effet de serre du projet. Ne sont en particulier pas pris en compte pour l'instant les GES induits par le fonctionnement du bâtiment (matière consommée, intrants et déchets), ni par l'énergie grise incorporée dans la construction.

Pour donner quelques ordres d'idée :

- l'énergie grise incorporée dans une construction de niveau RT 2012, construite selon un schéma conventionnel, est généralement supérieure à celle consommée par le bâtiment durant 30 ans.
- Le bilan Carbone d'une cantine scolaire tient en priorité à l'origine et à la saisonnalité des aliments (un repas génère en moyenne 3 kg de CO<sub>2</sub>, soit l'équivalent d'un litre de fioul consommé – Bilan Carbone des Lycées de la Région Rhône-Alpes réalisé en 2009)
- Le Bilan Carbone d'une salle de spectacle ou d'une école tient essentiellement dans les capacités ou non d'accès depuis les logements des élèves, à pied ou via les transports en commun

## 9. Annexes

Les annexes précisent un certain nombre de valeurs et de sources utilisées pour la réalisation de cet outil, ou ayant inspiré le travail effectué.

### 9.1. Ressources associatives et documentaires

- ✚ Pôle Régional d'Innovation et de Développement Économique Solidaire « Bâtiments Durables Méditerranéens » (pôle de compétitivité de la Région PACA), et démarche du même nom - <http://www.polebdm.eu/>
- ✚ Association Envirobat méditerranée - [www.envirobat-med.net/](http://www.envirobat-med.net/)
- ✚ Réseau Écobâtir - <http://reseau-ecobatir.org/>
- ✚ Association négaWatt - <http://www.negawatt.org/>
- ✚ Association ResoBAT - <http://www.europeetenvironnement.eu/association-resobat>
- ✚ Sustainable Building Alliance (SBA) - <http://www.sballiance.org/>
- ✚ Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – US Green Building Alliance - <http://www.usgbc.org/>
- ✚ Conseil du bâtiment durable du Canada - <http://www.cagbc.org/>
- ✚ Green Building Council of Australia (GBCA) - [www.gbca.org.au/](http://www.gbca.org.au/)
- ✚ KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren) - <http://www.bbl.admin.ch/kbob/index.html?lang=fr>
- ✚ Bâtir pour la santé des enfants - Docteur Suzanne Déoux - (éditions MEDIECO - novembre 2010) - [www.medieco.info/](http://www.medieco.info/)
- ✚ MIQCP – Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques – « Ouvrages Publics et Coût Global » - [www.archi.fr/MIQCP](http://www.archi.fr/MIQCP)
- ✚ Calcul du Coût Global - Objectifs, méthodologie et principes d'application selon la Norme ISO/DIS 15686-5 - MEDDAT/CGDD/SEEI – février 2009
- ✚ The Costs and Financial Benefits of Green Buildings (les coûts et bénéfices financiers des bâtiments durables) - A Report to California's Sustainable Building Task Force - octobre 2003. Cette étude a été conduite pour la « Sustainable Building Task Force, regroupant plus de 40 agences fédérales de Californie.

### 9.2. Coûts de l'énergie

- ✚ Chiffres clés de l'énergie 2012 - Service de l'observation et des statistiques – Gouvernement français : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_energie.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_energie.pdf)
- ✚ Gouvernement français - chiffres clés énergie-air-climat : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Publications-et-chiffres-cles-.html>

### 9.3. Main d'œuvre

Europe : structure du coût de la main-d'œuvre

Europe : structure du coût de la main-d'œuvre pour les entreprises (source Eurostat)				
Pays	Coût horaire moyen de la main-d'œuvre (en euros)	Répartition du coût		
		Salaires et traitements	Cotisations sociales à la charge des employeurs	Autres
Moyenne UE	22,70	75,7 %	21,5 %	2,8 %

Allemagne	26,54	75,4 %	22,6 %	2,1 %
Autriche	23,60	72,1 %	23,7 %	4,2 %
Danemark	27,10	87,7 %	8,0 %	4,3 %
Espagne	14,22	74,5 %	24,4 %	1,1 %
Finlande	22,13	77,8 %	20,5 %	1,7 %
France	24,39	68,1 %	27,7 %	4,3 %
Grèce	10,40	74,1 %	25,5 %	0,4 %
Irlande	17,34	85,0 %	12,4 %	2,6 %
Luxembourg	24,23	84,2 %	14,2 %	1,6 %
Pays-Bas	22,99	78,0 %	20,4 %	1,6 %
Portugal	8,13	79,8 %	19,3 %	0,9 %
Royaume-Uni	23,85	81,5 %	15,6 %	2,9 %
Suède	28,56	66,5 %	29,6 %	3,9 %

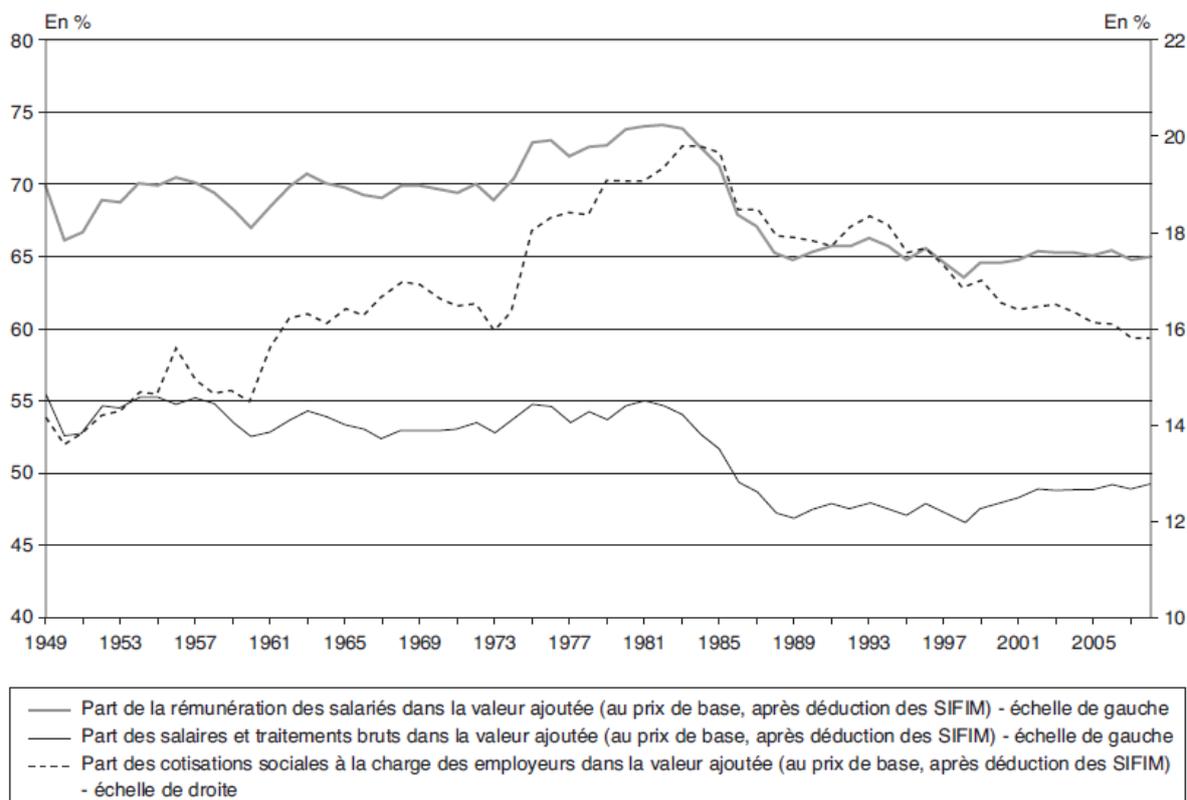
Europe : comparaison du coût annuel moyen d'un salarié pour un employeur (sources ECMO, Paternoster)

Europe : le coût salarial annuel		
Pays	Coût annuel par salarié (en euros)	Coût rapporté à la valeur produite (*)
Allemagne	45.228	76 %
Autriche	42.408	67 %
Danemark	42.960	69 %
Finlande	35.832	51 %
France	37.941	71 %
Italie	31.776	68 %
Luxembourg	37.380	61 %
Pays-Bas	38.940	60 %
Portugal	11.880	62 %
Royaume-Uni	43.968	61 %
Suède	48.084	68 %

\* : le coût rapporté à la valeur produite correspond au coût unitaire de la main d'œuvre divisé par la valeur ajoutée par salarié (production diminuée des consommations intermédiaires). On obtient ainsi le coût de la main d'œuvre en pourcentage de la valeur ajoutée. Ce chiffre montre la corrélation entre les coûts de main d'œuvre et la valeur ajoutée.

#### 9.4. Valeur ajoutée

Part des **salaires bruts et des cotisations sociales à la charge des employeurs** dans la valeur ajoutée des SNF (sociétés non financières) :



Source : *Le partage de la valeur ajoutée en France, 1949-2008* - Pierre-Alain Pionnier - INSEE

**Valeur ajoutée** : production créée et vendue par une entreprise.

L'expression "valeur ajoutée française" = **PIB français** = somme des valeurs ajoutées des entreprises implantées en France.

**Répartition de la valeur ajoutée brute en France depuis 1980 (en %) :**

	1980	1990	2000
Rémunération des salariés	60,6	56,0	57,0
Revenus mixtes bruts	12,1	10,6	8,3
E.B.E.	25,0	30,6	31,1
Impôts sur la production	2,3	2,6	3,6
<b>Valeur ajoutée brute</b>	100,0	100,0	100,0
en millions d'€ à prix courants	407,3	943,0	1288,3

Source : INSEE, *Tableaux de l'Économie française 2001-2002*, p. 109.

**PIB France en 2010** (source FMI) : 2 555 M\$ (~ 1 825 Milliards €)

33 434 \$ / habitant (~ 23 880 €)

## 9.5. Éducation nationale

**Coût de l'éducation nationale en France :**

Montant (en milliards d'€ et, entre parenthèses, en % du PIB) : 1975 : 15,3 (6,5) ; 80 : 28,9 (6,4) ; 95 : 89,3 (7,3) ; 96 : 91,9 (7,3) ; 97 : 94,4 (7,3) ; 98 : 96,7 (7,2) ; 2000 : 98,2 (7,1) ; 01 : 105,1 ; 02 : 108,1 ; 04 : 116,3 (7,1)

**Dépense moyenne par élève** (en €, 2003) : 1er degré : préélémentaire 4 240, élémentaire 4 540 ; d'AIS 10 150 ; 2d degré : 1er cycle 7 150 ; 2e cycle général et techn. 9 750 ; professionnel 10 130, apprentis 6 120 ; STS 11 990, CPGE 13 170, université (hors IUT) 6 820, IUT 9 320

Dépenses moyennes par élève et par étudiant en France (2007)			
Niveaux d'enseignement	Effectifs	Dépense moyenne par élève (euros)	Dépense globale (milliards d'euros)
Enseignement pré-élémentaire	2 569 300	4 970	12,8
Enseignement élémentaire	4 033 000	5 440	22,0
Collège	3 143 000	7 930	24,9
Lycée général et technologique	1 527 800	10 240	15,6
Lycée professionnel	813 100	10 740	8,7
Classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE)	81 000	13 880	1,1

Source : Ministère de l'éducation nationale, "Repères et références statistiques", 2009.

**9.6. Assurance maladie en France**

Chaque semaine près de 680 000 personnes sont absentes de leur emploi au moins une journée pour raison de santé (3,6 % des salariés), les conditions de travail étant la cause principale de l'absentéisme, selon une étude de la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) (<http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/2013-009.pdf>)

L'organisation non "biocompatible" impacte 1 salarié sur 4, selon l'IME (Institut de Médecine Environnementale).

La « biocompatibilité » est ce qui rend le poste, l'organisation et le management compatibles avec le fonctionnement humain. - L'ESTIME : Etude sur le Stress au Travail – IME - <http://www.estimate-stress.com/>

Le budget de la Sécurité sociale (montant des dépenses), toutes branches confondues, a été en 2005 de 265,5 milliards d'euros pour le régime général et de 363,7 milliards d'euros pour l'ensemble des régimes obligatoires de base. La ventilation par branches était la suivante pour le régime général (en milliards d'euros) :

	Recettes	Dépenses	Solde
Maladie	121,0	129,0	-8,0
Vieillesse	78,8	80,7	-1,9
Famille	50,0	51,4	-1,3
Accidents du travail et maladies professionnelles	9,0	9,4	-0,4
Toutes branches (hors transferts entre branches)	253,9	265,5	-11,6

Source : Loi n° 2006-1640 du 21 décembre 2006 de financement de la sécurité sociale pour 2007

En 2009, la part des dépenses de santé en France représente environ 11 % du PIB

Évolution du solde de la branche maladie (en milliard d'Euros)

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Solde	-2,4	-0,7	-1,6	-2,1	-6,1	-11,1	-11,6	-8	-5,9	-4,6	-4,4	-10,6

Source : Chiffres clés de la Sécurité sociale, édition 2010

## 9.7. Accidents du travail

En 1999, le taux de fréquence des accidents avec arrêt (nombre d'accidents ayant entraîné un arrêt de travail par million d'heures travaillées dans l'entreprise) était de 24 en moyenne dans l'ensemble des secteurs économiques, dont :

- 58 dans la construction (bâtiments et travaux publics)
- 40 dans le transport
- 12 dans la chimie

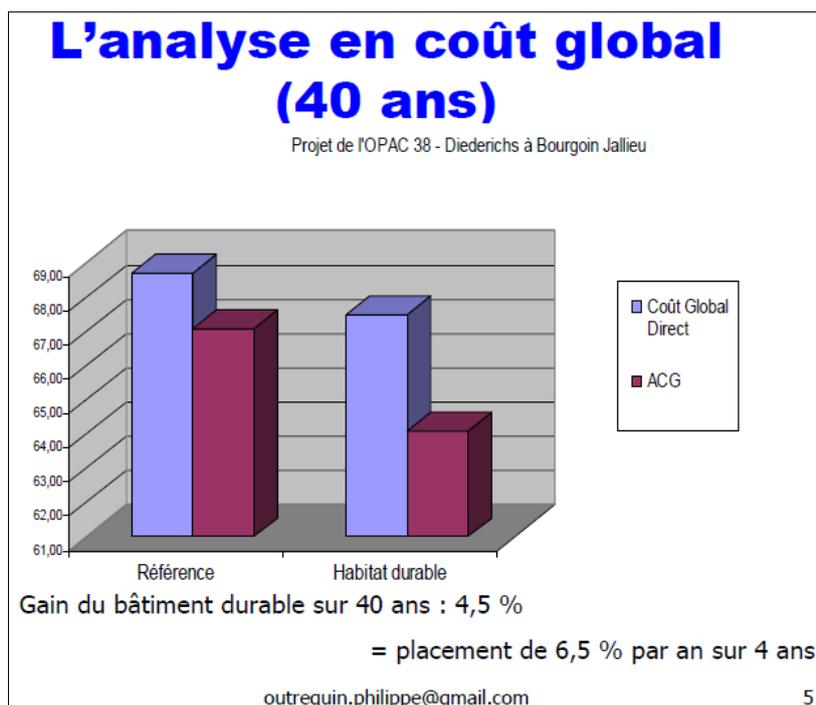
En 2003, pour le régime général, il y a eu 759 980 accidents du travail dont 48 874 avec incapacité permanente et 661 décès (chiffres : Caisse nationale d'assurance maladie).

Accidents du travail en France	2007	2008	2009
Salariés	18 263 645	18 508 530	18 108 823
Accidents avec arrêt	720 150	703 976	651 453
Accidents avec IP (hors décès)	46 426	44 037	43 028
Décès	622	569	538

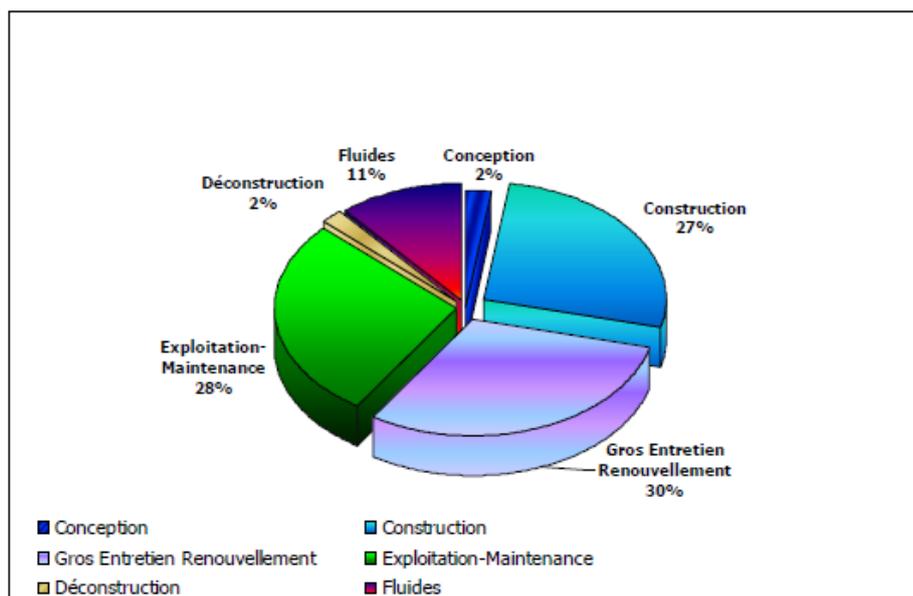
En 2001, les accidents de la route ont représenté 61,2 % des accidents du travail mortels (accidents de parcours compris), avec 836 accidents, selon les données de la Caisse nationale d'assurance maladie

Source: [www.risquesprofessionnels.ameli.fr](http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr)

## 9.8. Coût global



Source : Philippe Outrequin – « Le coût global comme outil d'accompagnement des collectivités territoriales »



**Figure 1 : Répartition du coût global d'un bâtiment sur 50 ans, exemple d'un lycée<sup>1</sup>**

Calcul du Coût Global - Objectifs, méthodologie et principes d'application selon la Norme ISO/DIS 15686-5 - MEDDAT/CGDD/SEEI – février 2009

### 9.9. Gain en bénéfice cumulé

BÉNÉFICES CUMULÉS SUR 20 ANS POUR DES BÂTIMENTS TERTIAIRES	La valeur actuelle nette (taux d'actualisation de 5%/an) des gains cumulés sur 20 ans pour des bâtiments tertiaires (bureaux, écoles) est plus de 10 fois supérieure au surcoût par rapport à un bâtiment classique (Moyenne calculée après analyse des données portant sur 33 bâtiments ayant obtenu la certification américaine LEED à un niveau moyen; ramené sur une base annuelle, le bénéfice net total serait de 21 €/m <sup>2</sup> et le bénéfice sur les seules dépenses de fonctionnement de 5 €/m <sup>2</sup> ):		
		Valeur actuelle	Part des gains
	Gains sur les dépenses de fonctionnement		
	Energie	51,0 €/m <sup>2</sup>	11%
	Eau	4,5 €/m <sup>2</sup>	1%
	Déchets	0,3 €/m <sup>2</sup>	0%
	Entretien et maintenance, réception des travaux	74,5 €/m <sup>2</sup>	16%
	<b>Sous total</b>	<b>130,3 €/m<sup>2</sup></b>	<b>28%</b>
	Gains sur émissions de polluants atmosphériques	10,4 €/m <sup>2</sup>	2%
	Gains sur dépenses de santé et productivité	324,6 €/m <sup>2</sup>	70%
	<b>Gain total</b>	<b>465,3 €/m<sup>2</sup></b>	<b>100%</b>
	Surcoût	35,2 €/m <sup>2</sup>	
	<b>Bénéfice net</b>	<b>430,1 €/m<sup>2</sup></b>	

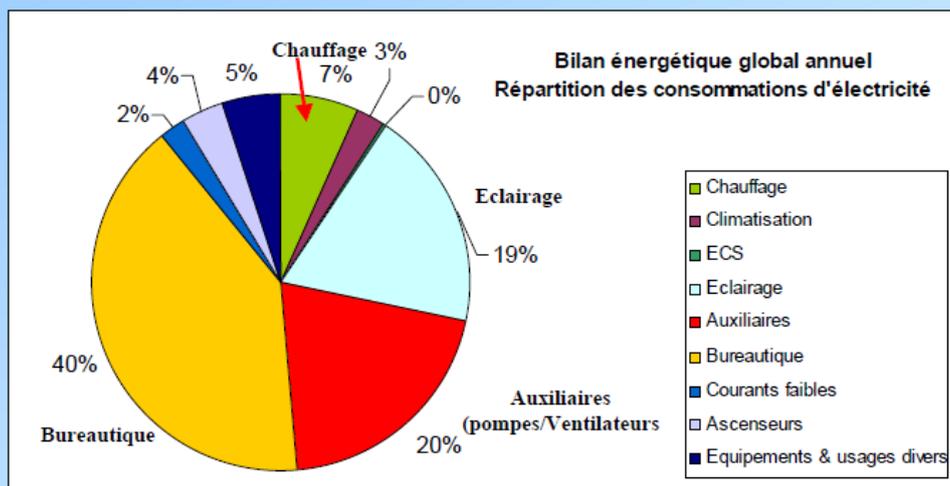
Source : résultats, convertis en €/m<sup>2</sup>, de l'étude "The costs and financial benefits of Green buildings, a report to California's Sustainable Building Task Force", October 2003

Source : ARENE IdF - "Instruments économiques et construction durable" (février 2004)

## 9.10. Énergie spécifique

### POURQUOI REDUIRE LES CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE ?

**3 - Envisager l'avenir sous l'angle de l'efficacité énergétique** concerne toutes les énergies sans exception. Les consommations d'électricité doivent aussi être divisées par 4. **Dans les bâtiments à très basse consommation, les usages spécifiques de l'électricité représentent plus de 90 % de la consommation tous usages confondus....**

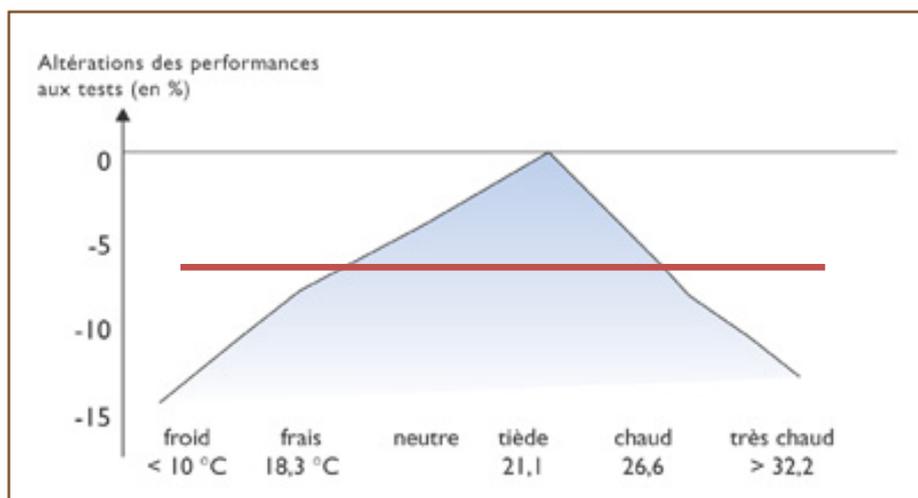


*Ecole des Ponts et Chaussées – Bâtiment « Descartes + » (BEPOS)*

ENERTECH

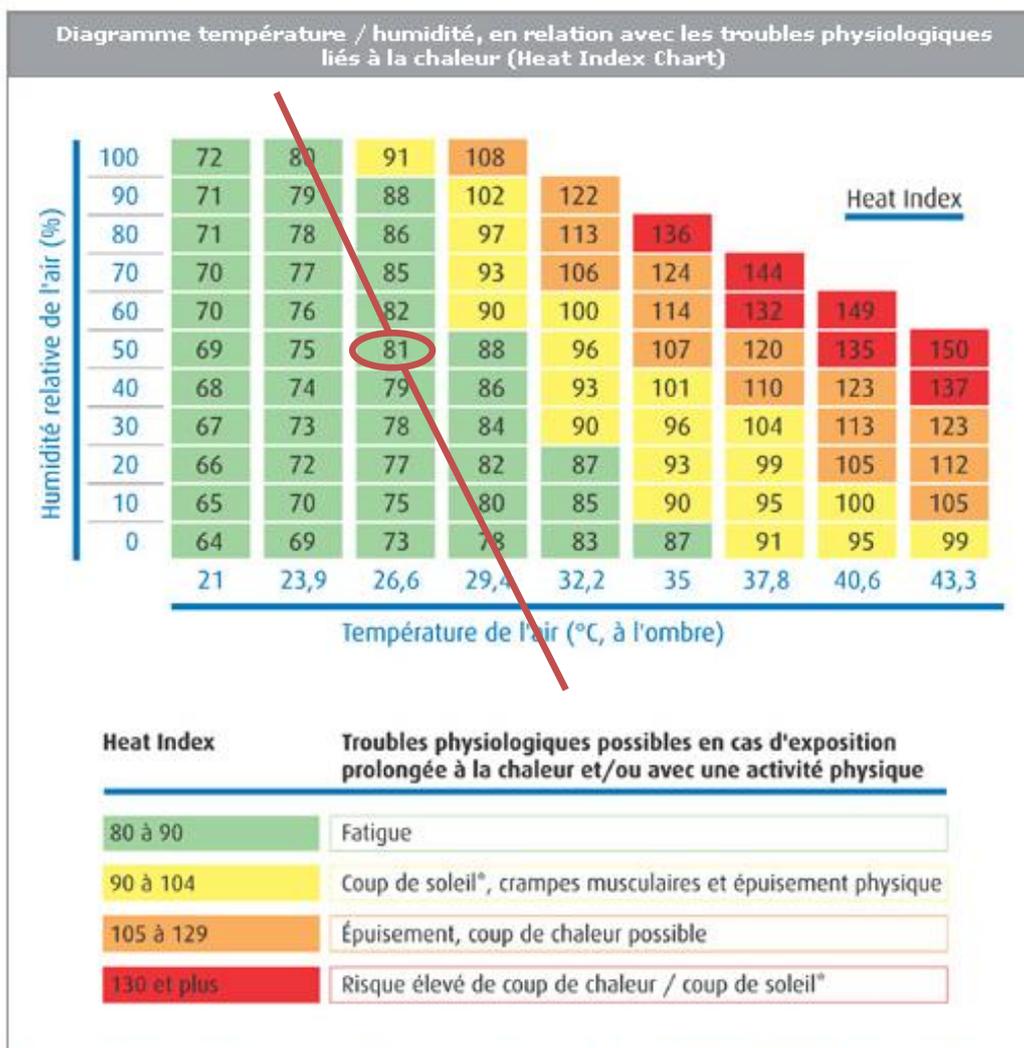
Source : ENERTECH - " Le rôle de l'électricité dans les bâtiments sobres en énergie" (Université négaWatt 2010)

## 9.11. Confort thermique



*Altérations des capacités neuromusculaires (temps de réaction) et cognitives (test mentaux) exprimées en % des performances, en situation de référence neutralité (d'après Pilcher et al., 2002)*

### Heat index



d'après le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1985). Afin de faciliter sa lecture et son utilisation, les valeurs absolues des indices (sans unité) ont été conservées. Seule l'échelle des températures a été convertie en °C.

\* Consécutif à une exposition au soleil (rayonnements ultraviolets)

Températures de confort thermique (en °C) pour différentes activités et deux types de vêtements		
Nature de l'activité	Tenue légère (chemisette et pantalon léger)	Tenue courante (pantalon et chemise)
Repos complet	28,2	27,7
Travail léger	23 à 24,2	20,9 à 22,5
Travail modéré	17	15
Travail lourd	14,5	11,3
Travail très lourd	10,5	6 (extrapolée)

Source : INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)