



Guide énergie-carbone pour le patrimoine immobilier universitaire



REMERCIEMENTS

Ce guide a été élaboré à la demande du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, pour aider les équipes « projet » dans la mise en œuvre des contrats de partenariat public-privé dans la cadre du plan campus.

Sa rédaction a été pilotée au sein du MESR par le service des grands projets immobiliers et réalisée par Nobatek.

Guide énergie-carbone pour le patrimoine immobilier universitaire

Février 2013

Chef de projet :

Julie Crépin, Chef de projet construction durable, Nobatek

Rédaction :

Jérôme Lopez, Responsable du pôle Efficacité Energétique, Nobatek

Lucie Duclos, Chef de projet construction durable, Nobatek

Fabien Fillit, Ingénieur construction durable, Nobatek

Julie Crépin, Chef de projet construction durable, Nobatek

Coordination :

Catherine Chauffray, Chargée de mission, service des grands projets immobiliers

Comité de pilotage :

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, direction générale pour l'enseignement supérieur et l'insertion professionnelle /direction générale pour la recherche et l'innovation :

Alain Neveü, Chef du service des grands projets immobiliers

Catherine Chauffray, Chargée de mission, service des grands projets immobiliers

Jean-François Clerc, Chargé de mission, service des grands projets immobiliers

Michel Sitruk, Chargé de mission, service des grands projets immobiliers

Philippe Clemandot, Chargé de mission, service des grands projets immobiliers

Olivier Tixador, Responsable du service immobilier, Université Paris Diderot - Paris 7

Pierre Milliot, Chef de projet immobilier, Université de Grenoble

Christian Guillaume, Chargé de la qualité et du développement durable - Opération campus de Bordeaux

Avec la participation de :

Jean Minier, Coordination Maîtrise d'ouvrage Giant, CEA, Grenoble

Hélène Dessaux, Adjoint chef de projet GreEn-ER – CEA Grenoble

Nicolas Golovtchenko, Vice-président délégué à la reconstruction et au patrimoine immobilier Université de Toulouse Le Mirail

Philippe Pech, Chef de projet - Toulouse Le Mirail

François Pelisset, Directeur du Patrimoine immobilier et de la gestion du campus - Toulouse Le Mirail

Odile Blanchard, Maître de Conférences, Université Pierre Mendès France, Grenoble

Kleber Pinto Silva, Directeur du patrimoine immobilier et de l'environnement, Université de Versailles Saint-Quentin-en Yvelines,

François Montarras, Vice-président projets et aménagements immobiliers, Université Paris Diderot - Paris 7

Claude de Bretizel, Directeur du Pôle patrimoine, Université Paris Sorbonne – Paris IV.

GLOSSAIRE

ACV	Analyse de cycle de vie
AMO	Assistance à maîtrise d'ouvrage
APP	Assistance à personne publique
BBC	Bâtiment basse consommation
BEPOS	Bâtiment à énergie positive
BREEAM	BRE (British Research Establishment) Environmental Assessment Method
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
DEP	Déclaration environnementale de produits
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Building Council Allemand sur le dév. Durable)
EDF	Électricité de France
EF	Énergie finale
EnR	Énergies renouvelables
EP	Énergie primaire
FDES	Fiche de déclaration environnementale et sanitaire
FLJ	Facteur de lumière du jour
GES	Gaz à effet de serre
GTB	Gestion technique du bâtiment
GTC	Gestion technique centralisée
OPAH	Opération programmée d'amélioration de l'habitat
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MESR	Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
PADD	Projet d'aménagement et de développement durable
PDU	Plan de déplacement urbain
PEP	Profil environnemental produit
PLH	Programme local de l'habitat
PLU	Plan local de l'urbanisme
PNUE	Programme des Nations-Unies pour l'environnement
PPD	Proposition partenariale détaillée
PPP	Contrat de partenariat public privé
PPS	Proposition partenariale sommaire
RSIE	Retour sur investissement environnemental (ou écologique)
SCOT	Schéma de cohérence territoriale
STD	Simulation thermique dynamique
TRI	Temps de retour sur investissement
UFR	Unité de formation et de recherche
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VRD	Voirie et réseaux divers



SOMMAIRE

INTRODUCTION	11
1 Pourquoi un guide énergie-carbone ?	12
2 Quels en sont les objectifs ?	13
3 Pour qui ?	13
4 Comment a-t-il été élaboré ?	14
5 Les termes employés	14
6 Mode d'emploi	17
CONTEXTE	19
1 Les enjeux pour le patrimoine universitaire	20
2 L'énergie grise des matériaux et produits de construction	23
3 Les dispositifs réglementaires	24
4 Les labels et certifications	31
5 La performance « énergie-carbone » dans les contrats de partenariat	36
1 DÉFINITION DES PÉRIMÈTRES ÉNERGIE CARBONE	43
1.1 Quelles sont les missions incluses dans le contrat de partenariat ?	44
1.2 S'agit-il d'un projet de construction ou de rénovation ?	44
1.3 Quelle est l'échelle du projet ?	45
1.4 À quelles activités sont destinés les bâtiments ?	45
1.5 Quelles limites au périmètre énergie-carbone traité dans le guide ?	45
1.6 Quelle est l'influence de ces périmètres sur la fixation des objectifs énergie et carbone ?	46
2 DÉMARCHE ÉNERGIE-CARBONE DANS LES CONTRATS DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ	49
Présentation de la méthodologie	50
Étape 1 : La définition du projet	51
1.1 Mise en cohérence du projet avec les stratégies universitaire et territoriale	51
1.2 Définition du périmètre du PPP	54
1.3 Définition des compétences de la personne publique	55

1.4	Mise en place d'un comptage des consommations	56
1.5	Identification des filières locales de production de matériaux de construction	57
1.6	La planification des études	57
Étape 2 : Études et programmation		59
2.1	Déterminer les situations énergie et carbone de référence (en rénovation)	59
2.2	Déterminer les objectifs de performance « blanche »	63
2.3	Fixer les objectifs de performance « grise »	68
Étape 3 : Conception en dialogue compétitif		70
3.1	Elaboration du dossier de consultation	70
3.2	Les phases du dialogue compétitif	72
3.3	Les offres finales	76
3.4	Le contrat	78
Étape 4 : Conception post contractuelle		80
4.1	Suite de la conception initiée pendant le dialogue compétitif	80
4.2	Modalités de contrôle des engagements contractuels en phase conception	81
4.3	Décliner les engagements contractuels dans les CCTP à destination des entreprises	82
Étape 5 : Réalisation		82
5.1	Etape de déconstruction	82
5.2	Suivi de la qualité de mise en œuvre du chantier	83
5.3	Suivi du bilan carbone de chantier	84
5.4	Modalités de contrôle des engagements contractuels en phase travaux	85
5.5	Livraison	86
Étape 6 : Exploitation		88
6.1	Contrôle/mesure	88
6.2	Sensibilisation	90
6.3	Maintien des performances énergie-carbone en exploitation	91
6.4	Modalités de contrôle des engagements contractuels en phase exploitation	92
3 BOÎTE À OUTILS		95
1 Les outils transversaux, une double approche énergie grise et énergie blanche		97
1.1	Démarche « Négawatt »	97
1.2	L'analyse de cycle de vie et ses logiciels	98
1.3	Les prestations de contrôle en construction	106

2 Énergie blanche	109
2.1 Les campagnes de mesures énergie et confort : monitoring, protocole de mesure IPMVP	109
2.2 Les enquêtes (gestionnaires, usagers) : scenarii d'occupation, analyse des comportements, évaluation du confort.	111
2.3 Les audits énergétiques à l'échelle du bâtiment	112
2.4 Les évaluations énergétiques à l'échelle d'un patrimoine	115
2.5 Etude de faisabilité des énergies renouvelables, études d'approvisionnement énergétique	117
2.6 La simulation thermique dynamique : pour fixer des objectifs ou en conception avec prise en compte du confort thermique, présentation des logiciels	119
2.7 Les outils d'optimisation de l'éclairage	121
2.8 Les outils de calcul réglementaire	122
2.9 Les contrôles de la qualité de mise en œuvre : étanchéité à l'air, caméra infra-rouge, reporting	123
2.10 Les actions de sensibilisation : affichage des performances, carnet de vie du bâtiment	127
2.11 La gestion technique centralisée ou du bâtiment (GTC, GTB)	129
2.12 Les certificats d'économies d'énergie (CEE)	130
3 Énergie grise	133
3.1 Les bases de données	133
3.2 La prise en compte de l'énergie grise dans les référentiels environnementaux	140
3.3 Bilan carbone de chantier	142
3.4 Démarche chantier propre	143
4 RETOUR D'EXPÉRIENCE	147
1 Le suivi de 3 sites pilotes	148
2 Le retour d'expérience par site pilote	149
2.1 Université de Grenoble : Opération GreEn-ER	149
2.2 Université de Bordeaux : Opération campus – tranche sciences et technologies	153
2.3 Université de Toulouse : Opération Toulouse Campus Mirail	157
3 L'analyse croisée	160
ANNEXES	165
BIBLIOGRAPHIE	207



INTRODUCTION

INTRODUCTION

1 Pourquoi un guide énergie-carbone ?	12
2 Quels en sont les objectifs ?	13
3 Pour qui ?	13
4 Comment a-t-il été élaboré ?	14
5 Les termes employés	14
6 Mode d'emploi	17

1 Pourquoi un guide énergie-carbone ?

Le secteur du bâtiment consomme plus de 40% de l'énergie finale et contribue pour près du quart aux émissions nationales de gaz à effet de serre.

Suite à la dynamique suscitée par l'appel à projet de l'État dit « Opération Campus », de nombreux programmes de rénovation universitaire sont en cours d'élaboration ou de mise en œuvre. Dans le contexte de besoin urgent de réduire nos consommations d'énergie et notre impact sur le changement climatique (engagement national en faveur du facteur 4), le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche souhaite voir se réaliser des opérations campus exemplaires.

La prise de conscience progresse dans la prise en compte de la performance énergétique dans les projets immobiliers. Un débat national sur la transition énergétique a d'ailleurs été lancé fin 2012. La réglementation sur le patrimoine existant, le réel gisement d'économies d'énergie et de réduction de nos émissions de gaz à effet de serre (GES) est en passe d'être renforcée (directive européenne 2012/27/UE du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique et future RT sur l'existant). Alors que la conception et la rénovation de bâtiments au niveau basse consommation (BBC) commencent à être maîtrisées, un nouvel enjeu surgit : comment éviter de déplacer les consommations et impacts carbone de la phase exploitation vers la phase construction du cycle de vie du bâtiment ? En effet, pour des bâtiments atteignant une performance énergétique de niveau BBC, il devient indispensable de prendre en compte l'énergie grise des bâtiments sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Il existe aujourd'hui de nombreux guides qui traitent des contrats de performance énergétique ou de la question énergétique dans les contrats de partenariat. Cependant, on y traite plus souvent la partie contractuelle que les outils d'évaluation de la performance énergétique. De plus, la performance carbone prise en compte dans ce type de contrat est limitée aux émissions directement liées aux consommations énergétiques.

Ce guide est une première étape vers la prise en compte d'autres sources d'émissions carbone comme l'énergie grise des matériaux. Il reflète la volonté du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche de voir se réaliser des opérations où 21^e siècle rime avec sobriété énergétique et lutte contre le changement climatique.

2 Quels en sont les objectifs ?

L'objectif de ce guide est d'inclure un engagement de performance énergie-carbone dans les opérations de construction immobilières utilisant le contrat de partenariat.

L'approche proposée ne retenant que les indicateurs énergie et carbone, elle est donc bicritère. La limite de ce choix est bien identifiée et assumée. Il est complexe de vouloir prendre en compte l'ensemble des indicateurs environnementaux (souvent plus d'une dizaine) dans les critères d'orientation des projets immobiliers. Le critère énergie blanche ou de fonctionnement commence à bien être intégré dans les contrats de partenariat. Le but est d'étendre cette prise en compte au second indicateur qu'est le carbone d'une part, et aux autres phases du cycle de vie du bâtiment (construction, rénovation, démolition) d'autre part.

Ce guide propose une méthode et présente les outils disponibles pour gérer la question Énergie Carbone, de la définition du projet à la gestion du contrat en accordant une attention particulière à la procédure de dévolution de la préparation du dossier de consultation jusqu'aux engagements de l'opérateur partenaire privé.

Ce guide comprend tout d'abord une partie présentant différents éléments de contexte afin de bien comprendre l'origine de cette volonté d'aller plus loin dans la prise en compte des émissions carbone dans la conception de projets immobiliers. Ensuite, on trouvera le cœur du guide en 3 parties : la définition des périmètres énergie-carbone, la méthodologie appliquée aux contrats de partenariat et les outils. Pour finir, une dernière partie présente le retour d'expériences suite au test du guide sur trois opérations pilote.

3 Pour qui ?

Ce guide s'adresse en premier lieu à la Personne Publique universitaire qui porte la responsabilité de l'amélioration des performances énergétiques de son patrimoine, et celle des opérations immobilières universitaires. Mais il peut également être utile à l'ensemble des acteurs de la rénovation immobilière universitaire, en leur permettant de situer l'exigence du MESR en termes de performance énergie/carbone. Ce guide est organisé selon les étapes du contrat de partenariat, mode de commande initialement privilégié dans les Opérations Campus. Toutefois, la méthodologie pour fixer et assurer le maintien des performances énergétique et carbone peut tout à fait s'adapter à d'autres formes de contrats comme les marchés publics (Loi MOP), les contrats de conception/construction, les contrats globaux ou les CREM et REM institués par le décret du 25 août 2011 qui modifie le CMP (article 73).

4 Comment a-t-il été élaboré ?

Ce guide a été élaboré en trois temps. Tout d'abord une phase méthodologique exploratoire a été menée afin de délimiter le champ d'application du guide dans le contexte universitaire, les outils et méthodes existants et le contrat de partenariat.

La seconde étape a consisté en l'application de la méthodologie de manière fine aux étapes du contrat de partenariat, et a abouti à une première version rédigée du guide.

Afin de vérifier la pertinence du guide, celui-ci a été testé jusqu'à la phase de signature du contrat par trois sites pilotes : les universités de Bordeaux, Grenoble et Toulouse¹. Suite à ce test, le guide a fait l'objet d'améliorations et de mises à jour et une partie « retour d'expériences » a été ajoutée.

5 Les termes employés

Certains termes peuvent être interprétés différemment en fonction du contexte, les définitions suivantes permettent d'éviter toute ambiguïté quant à la signification des termes pour ce guide.

Analyse de cycle de vie

L'Analyse de Cycle de Vie communément appelée « ACV » est une méthode d'évaluation quantitative des impacts environnementaux. Reconnue et normalisée, elle est basée sur la prise en compte des impacts du produit ou matériau tout au long de son cycle de vie. Cette notion conduit à considérer le produit/matériau depuis sa naissance (fabrication) jusqu'à sa mort (mise au rebut).

Réaliser une ACV consiste à dresser rigoureusement l'inventaire des flux entrant et sortant du système étudié, qu'il s'agisse d'un produit, d'un procédé ou d'une activité. La quantification de ces flux va permettre d'effectuer un bilan des impacts environnementaux potentiels qui vont en découler.

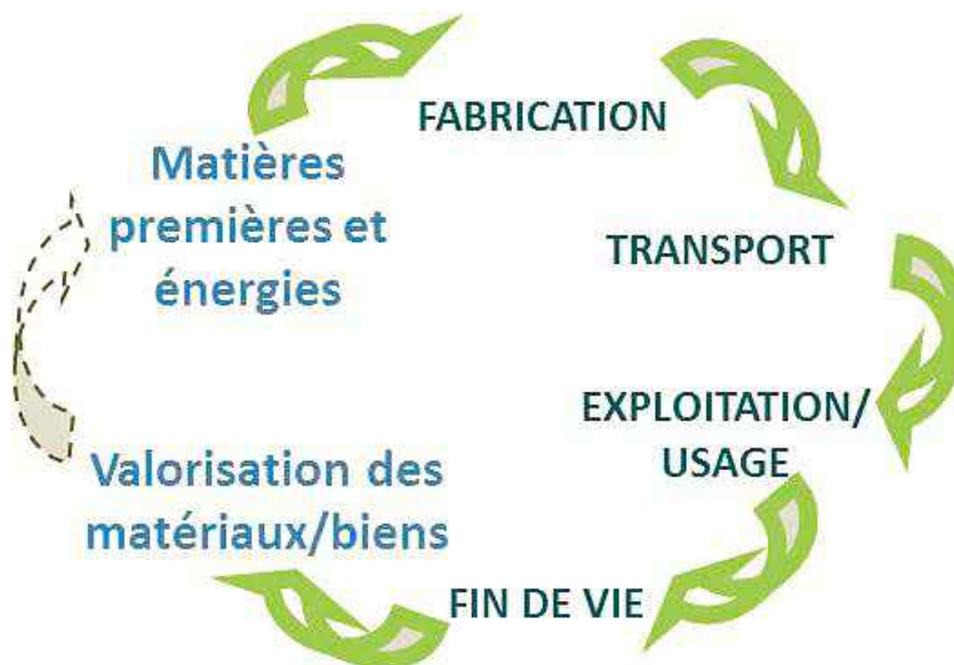
L'ACV permet d'évaluer des performances multicritères, il ne faut donc pas oublier que l'énergie grise (et donc les émissions carbone qui en découlent) n'est qu'un critère environnemental parmi de nombreux autres.

¹ La construction de l'école de l'énergie à Grenoble (GreEn-ER), la rénovation de 16 bâtiments (1^{ère} tranche de l'Opération campus de Bordeaux) et la rénovation du campus du Mirail à Toulouse.

Énergie grise²

Une optimisation de l'enveloppe du bâti et des performances des systèmes techniques permet de réduire les consommations énergétiques de l'ouvrage lors de son exploitation. Cependant, lorsque l'on regarde l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment, d'autres phases de vie apparaissent, elles aussi, impactantes en termes de consommations énergétiques et d'émissions de GES.

On parle ici d'**énergie grise**. L'énergie grise représente l'énergie primaire totale consommée par l'ensemble des processus liés à la production d'un bâtiment : l'acquisition de ressources naturelles (extraction des matières premières), la fabrication des matériaux, produits et équipements, le transport jusque sur le site du chantier, la construction (dont la préparation du chantier), l'entretien/maintenance et réparations tout au long de la vie du bâtiment, la démolition/déconstruction (dont l'élimination des déchets et remise en état du terrain).

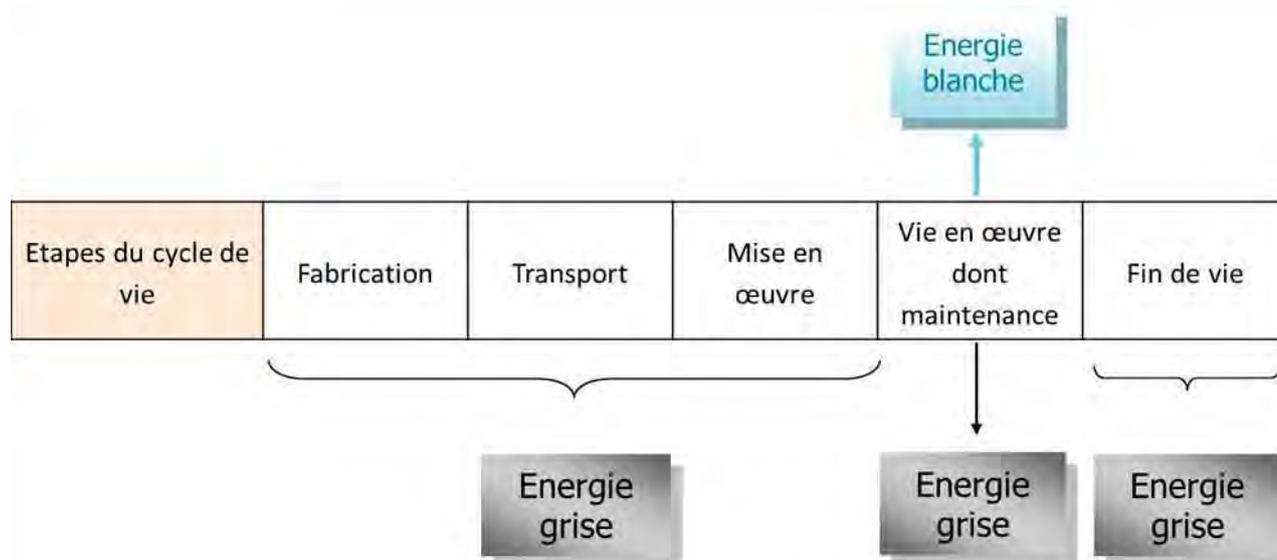


L'énergie *procédé* est l'énergie réellement consommée dans les machines pour fabriquer le produit. L'énergie *matière* correspond aux ressources énergétiques qui auraient pu servir à la production d'énergie (exemples : le pétrole dans les plastiques, le bois d'œuvre, la biomasse : fibres de chanvre, de lin). L'ADEME et le CSTB proposent à terme de ne conserver que l'énergie *procédé* dans l'indicateur consommation d'énergie, et de compter l'énergie *matière* dans un autre indicateur environnemental prenant en compte l'épuisement des ressources (en kg).

² Définition tirée de la présentation de Jacques Chevalier du CSTB du 31/03/2010.

Autrement dit, l'énergie grise peut être calculée pour un bâtiment en additionnant :

- Les énergies grises des différents composants de l'ouvrage ;
- Les dépenses d'énergie liées aux différentes phases de chantier (non déjà considérées dans les déclarations environnementales sur les composants) ;
- Les énergies grises des composants ajoutés pendant l'étape de vie en œuvre dans le cadre de la maintenance des systèmes et matériaux.



Énergie blanche

Par opposition à l'énergie grise, on parle d'énergie de fonctionnement ou d'énergie blanche pour qualifier l'énergie consommée en phase d'exploitation du bâtiment. Il s'agit donc des consommations d'électricité, chauffage et eau chaude sanitaire.

Émissions blanches

Il s'agit des émissions de gaz à effet de serre générées par les consommations d'énergie blanche.

Émissions grises

À l'instar de l'énergie grise, les émissions grises sont les émissions de GES générées lors de la construction, l'entretien/maintenance et la démolition des ouvrages.

Situation de référence

La « situation de référence » est la situation servant de base au calcul de la performance énergétique, en tant que situation réputée acquise en l'absence des actions à mener au titre du contrat.

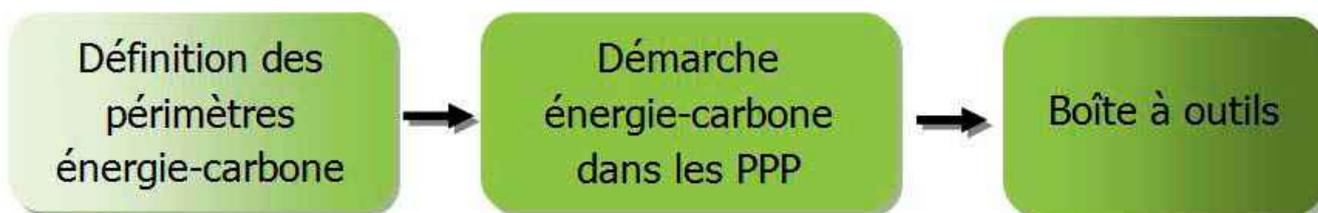
C'est à elle que vont « se référer » les cocontractants, à chaque évaluation périodique de la performance, pour calculer le différentiel de consommation d'énergie. Elle constitue une des pièces essentielles du contrat. La situation de référence correspond aux données historiques validées par les cocontractants.

Rénovation – réhabilitation

Il peut exister des nuances entre ces termes, ils sont toutefois considérés comme synonymes dans ce guide.

6 Mode d'emploi

Après une présentation du contexte, le cœur pratique du guide comporte trois parties :



- 1 La définition des périmètres présente les limites d'interventions au sein desquels des engagements contractuels énergie et carbone vont pouvoir être pris. Cette étape capitale pour la suite des démarches dépend en premier lieu du périmètre couvert par le contrat de partenariat. Elle doit tenir compte du type d'intervention envisagée (neuf ou rénovation), de la destination des bâtiments concernés (quelles activités hébergées), de l'échelle du projet (bâtiment ou patrimoine), des missions qui seront prises en charge par l'opérateur privé lors de l'exploitation du bâtiment.
- 2 La seconde partie présente la prise en compte de la performance énergie-carbone selon la chronologie du contrat de partenariat. Pour chaque étape sont indiqués les enjeux, les actions à réaliser et les différents outils et méthodes opportuns à utiliser.
- 3 La dernière partie est une « boîte à outils », ces outils pourront être utilisés tout au long de la démarche de contrat de partenariat depuis la définition des objectifs jusqu'aux moyens de contrôle des engagements énergie-carbone. Chaque outil y est présenté succinctement et s'accompagne parfois d'une fiche plus technique en Annexe.

C



ONTEXTE

CONTEXTE

1 Les enjeux pour le patrimoine universitaire	20
2 L'énergie grise des matériaux et produits de construction	23
3 Les dispositifs réglementaires	24
4 Les labels et certifications	31
5 La performance « énergie-carbone » dans les contrats de partenariat	36

1 Les enjeux pour le patrimoine universitaire

Facteur 4

Maitriser l'effet de serre excédentaire à un niveau d'élévation maximale de 2°C de la température moyenne de la planète revient à diviser par plus de deux les émissions globales, c'est-à-dire compte tenu des écarts dans les émissions par habitant, par plus de trois à cinq celles des pays industrialisés, vers la moitié de ce siècle.

Le facteur 4 correspond à un objectif de division par quatre de nos émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050, afin de contenir le réchauffement climatique à un niveau d'élévation de 2°C.

La France a fait sienne cette perspective avec deux rendez-vous majeurs : atteindre le facteur 2 en 2020 puis le facteur 4 en 2050. La politique de lutte contre le réchauffement climatique s'inscrit résolument dans le long terme. Dans les pays développés, le secteur du bâtiment, où beaucoup d'énergie est gaspillée, est l'un des secteurs économiques les plus favorables pour la réalisation du « Facteur 4 ». Ce secteur produit à lui seul un quart des émissions françaises de CO₂.

Bien que le facteur 4 soit beaucoup plus facile à atteindre dans le bâtiment neuf, l'enjeu majeur se situe au niveau de la rénovation thermique des bâtiments. La loi du 12 juillet 2010, dite « Grenelle 2 » prévoit que des travaux d'amélioration de la performance énergétique du parc tertiaire existant, public et privé, devront être réalisés dans un délai de 8 ans à compter du 1^{er} janvier 2012. Un décret à paraître début 2013, doit déterminer la nature et les modalités de cette obligation de travaux.

Cet enjeu du facteur 4 est d'autant plus réalisable sur le patrimoine universitaire que celui-ci est vétuste et offre un grand gisement d'économies d'énergie.

Un patrimoine universitaire vétuste

Le patrimoine immobilier universitaire français représentait au 31 décembre 2009 18,7 millions de m² de surface de plancher dont 15,3 millions de m² sont propriété de l'État répartis sur plus de 6350 bâtiments. 35% d'entre eux sont aujourd'hui considérés comme vétustes ou en mauvais état. L'état relativement dégradé de l'immobilier universitaire résulte notamment du fait que la maintenance n'a jamais été considérée comme un poste prioritaire³.

³ Rapport d'informations fait au nom de la commission des finances et de la commission de la culture, de l'éducation et de la communication sur la dévolution du patrimoine immobilier aux universités - Enregistré à la Présidence du Sénat le 23 juin 2010

Cette vétusté des locaux impacte à la fois l'image que donne l'enseignement supérieur français et les consommations énergétiques des campus. Or, le patrimoine bâti universitaire représente le tiers des bâtiments publics en France (hors hôpitaux)⁴.

Si l'État veut concrétiser son souhait d'être exemplaire en matière d'économies d'énergie, le patrimoine universitaire doit faire l'objet de rénovations et autres optimisations comme la mutualisation des locaux et équipements.

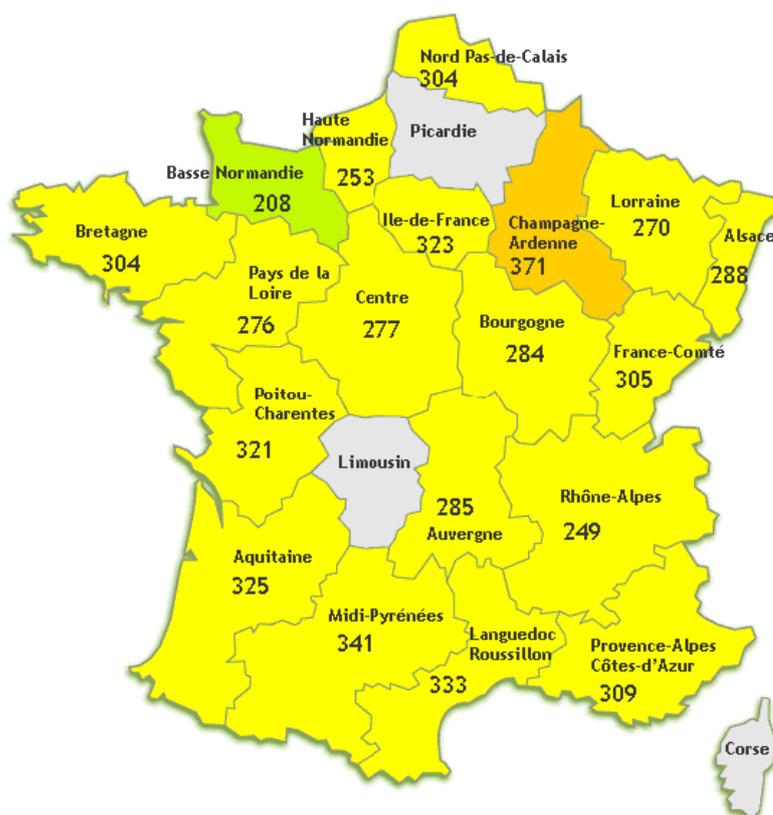
Les moyens accrus mis à la disposition des établissements d'enseignement supérieur et de recherche dans le cadre de la mise en œuvre de la loi relative aux libertés et responsabilités des universités (n° 2007-1199 du 10 août 2007) renforcent pour chacun d'entre eux l'enjeu de l'optimisation de l'emploi des ressources mises à leur disposition. Les économies d'énergie s'intègrent donc naturellement à la recherche d'économies de fonctionnement par les universités.

Le secteur résidentiel/tertiaire est à l'origine de 23,1% des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France d'après les dernières informations publiées par le CITEPA (publication Mai 2010). Ce chiffre est en hausse de 21,5% depuis 1990.

Une enquête réalisée par l'association Fondaterra et publiée en 2009 a permis d'établir des ratios moyens régionaux de performance énergétique (cf. Figure 1).

Une seconde enquête conduite par le MESR en 2011/2012 a permis de confirmer ces résultats. Sur la base des diagnostics de performance énergétique réglementaires (DPE) fournis par les établissements d'enseignement supérieur, l'enquête a conclu que 58% des bâtiments sont classés en catégorie D (151 à 230 kWhep/m².an) ou inférieur : 40% en D, 12% en E, 3% en F et 3% en G.

Il existe un important gisement d'économies d'énergie dans les bâtiments universitaires.



Comparaison des niveaux de performance énergétique entre régions, en kWhep/m².an⁵

⁴ Étude cartographie énergie-CO₂ http://www.caissedesdepots.fr/uploads/media/CPU_CDC_Note_de_presse-cartographie.pdf

⁵ <http://www.cartoco2campus.com/>

L'Opération Campus

L'opération vise à créer et fédérer les campus de demain et leur donner une forte visibilité internationale grâce à un effort exceptionnel d'investissement. Elle s'inscrit dans la logique de l'autonomie des universités et dans la politique de transition énergétique.

Au total, 21 sites sont concernés. Dix sites Campus, sélectionnés par un jury international, se sont vus attribuer une part d'une dotation de 5 milliards d'euros, dont les revenus de placement – de l'ordre de 200 millions annuels – sont utilisés pour financer la réalisation de leurs projets immobiliers. Deux sites campus supplémentaires (Lille et Lorraine) et neuf autres sites qualifiés de campus innovants ou prometteurs bénéficient d'investissements qui sont financés par le budget du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Il en va de même pour le campus du Mirail à Toulouse.

Le contrat de partenariat avait initialement été retenu pour être l'instrument privilégié de mise en œuvre des projets. La relance de l'Opération Campus par le Gouvernement au premier trimestre 2013 a diversifié les modalités de réalisation des opérations. Les nouveaux contrats globaux de conception – réalisation – exploitation – maintenance seront notamment utilisés. Contrats pluriannuels avec engagements de performance, ils relèvent également de l'approche de réduction des consommations et des émissions de gaz à effet de serre développée par ce guide.



Campus lauréats, prometteurs et innovants

Source : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, avril 2009.

Une crédibilité internationale qui passe par le développement durable

Depuis quelques décennies les entreprises font face au phénomène de mondialisation. Il en va de même de la recherche et, de plus en plus, de l'enseignement supérieur. En effet, avec l'apprentissage des langues étrangères et les facilités pour se déplacer d'un continent à l'autre, sans oublier les

télécommunications, la compétition entre universités est passée d'une échelle nationale ou continentale au niveau mondial. Il y avait 100 millions d'étudiants dans le monde en 2000, et il y en aura 200 millions en 2015⁶.

Les universités les plus compétitives seront celles qui répondront le mieux à l'ensemble des attentes des étudiants d'aujourd'hui, en termes de formation et de qualité de vie.

Le sondage de la Princeton Review révèle qu'un quart des étudiants américains prêtent « beaucoup d'attention » aux initiatives de développement durable d'un campus pour le choix de leur future université⁷. Aux Etats-Unis, il ne suffit plus d'être bien classé selon les résultats de ses étudiants pour une Université, mais il faut l'être aussi en fonction de ses engagements environnementaux. Les universités anglaises et américaines les plus prestigieuses multiplient leurs efforts dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Il existe plusieurs classements des campus les plus « verts » publiés annuellement comme celui de l'ONG Sierra Club, celui de la Princeton Review, du Sustainable Endowments Institute ou de l'association anglaise People and Planet.

2 L'énergie grise des matériaux et produits de construction

Une conception à haute performance énergétique suffit-elle à réduire l'impact carbone d'un bâtiment ?

L'enjeu de la prise en compte de l'énergie grise dans un bâtiment

L'analyse de cycle de vie nous permet de quantifier les consommations d'énergie et les émissions carbone durant toute la durée de vie du bâtiment.

Or, on constate que la part relative de l'énergie grise du bâtiment face à son énergie de fonctionnement ne sera pas la même en fonction de la performance de celui-ci.

M. Chevalier du CSTB dresse le constat suivant :

- **Bâtiment non isolé** : Energie grise négligeable devant l'énergie de fonctionnement.
- **Bâtiment RT 2005** : part relative de l'énergie grise faible (10 à 20 %) devant l'énergie de fonctionnement.

⁶ Pierre Tapie, Directeur Général de l'ESSEC, le 6 juin 2010

⁷ <http://www.princetonreview.com/green/press-release.aspx>

- **Bâtiment Basse Consommation ou RT 2012** : part relative de l'énergie grise du même ordre que l'énergie de fonctionnement (correspondant à 20 à 50 ans de consommations réglementaires) et a priori faible augmentation de l'énergie grise.
- **Bâtiment à énergie positive** : Energie grise prépondérante en relatif et quid de l'augmentation de la valeur absolue ?

Ainsi, plus on se dirige vers la conception de bâtiments performants, plus la prise en compte de l'énergie grise est pertinente. Elle devient même indispensable car aussi importante pour les bâtiments BBC, voire plus importante que l'énergie de fonctionnement pour les bâtiments à énergie positive.

C'est tout l'intérêt de ce guide de chercher à prendre en compte cette énergie grise dans les opérations immobilières universitaires qui, au moins pour les bâtiments à construire, devront respecter une performance BBC.

3 Les dispositifs réglementaires

Depuis quelques années, l'État met en place une législation de plus en plus rigoureuse en matière d'économies d'énergie, d'émissions de GES et plus largement de développement durable. De nombreux dispositifs réglementaires viennent appuyer cette stratégie nationale : les deux lois dites « Grenelle 1 » et « Grenelle 2 », le Plan Bâtiment Durable, les réglementations thermiques, les normes traitant de l'analyse de cycle de vie, etc.

Les Grenelle de l'environnement

Le Plan Bâtiment Durable

Le Plan Bâtiment Durable est un axe structurant de la stratégie nationale. Il s'inscrit résolument dans le long terme, dans la politique de lutte contre le réchauffement climatique, l'amélioration du pouvoir d'achat et l'acquisition de l'indépendance énergétique. Ses objectifs sont ambitieux : il s'agit de réduire nos consommations d'énergie de 38% et nos émissions de gaz à effet de serre de 50% d'ici 2020.

Pour aller plus loin, cf. textes législatifs relatifs au Plan bâtiment Durable en Annexe 1)

Pour atteindre ces objectifs, le Plan Bâtiment se décline en engagements clairs :

- Depuis le 1^{er} janvier 2013, tous les nouveaux bâtiments sont à « basse consommation » (BBC Effinergie).

- En 2020, ils seront tous « à énergie positive » (BEPOS) : les bâtiments produiront plus d'énergie qu'ils n'en consommeront.
- La loi Grenelle 1 fixe un rythme de 400 000 logements à rénover par an à compter de 2013, et 800 000 logements sociaux les plus énergivores d'ici 2020.
- À partir de 2013, la rénovation énergétique de tous les bâtiments de l'État et de ses établissements publics devra être engagée, avec comme phase préalable, la réalisation d'audits énergétiques pour l'ensemble de son patrimoine avant fin 2010. Un décret, dont une première version est annoncée pour février 2013, va déterminer la nature et les modalités de cette obligation de travaux, notamment les caractéristiques thermiques ou la performance énergétique à respecter.
- La loi Grenelle 2 instaure également l'obligation de réaliser un bilan des gaz à effet de serre ou BGES (à ne pas confondre avec le bilan carbone) qui est à présent obligatoire pour les personnes de droit privé de plus de 500 salariés, les personnes morales de droit public de plus de 250 personnes, pour les collectivités territoriales de plus de 50 000 habitants et pour l'État. Ces organisations doivent réaliser leur bilan des émissions de gaz à effet de serre tous les 3 ans à partir de 2012. Les émissions de GES incluent les émissions directes (sources fixes et mobiles nécessaires à l'activité) et les émissions indirectes (production et utilisation d'électricité, de vapeur et de chaleur). Le bilan peut constituer, en plus de répondre à l'exigence réglementaire, un élément contribuant à la mise en œuvre de la stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la personne morale⁸.

L'augmentation de l'utilisation du bois dans la construction

1 m³ de bois séquestre environ 1 tonne de CO₂. Dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique et du soutien à la filière bois française, l'augmentation de l'utilisation du bois dans la construction fait partie des solutions inscrites dans la loi Grenelle 1. Elle instaure une obligation de l'utilisation d'une quantité minimum du bois dans les constructions de bâtiments neufs, à l'exclusion de ceux pour lesquels le maître d'ouvrage justifie de l'incompatibilité de l'utilisation du bois avec le respect des exigences réglementaires de sécurité ou de santé ou avec une fonction du bâtiment. Les exigences de cette mesure sont posées par le décret (n°2010-273) du 15 mars 2010 et par la méthode de calcul du volume de bois incorporé dans certaines constructions par l'arrêté du 13 septembre 2010.

Cet engagement se traduit avec une révision des taux d'incorporation de bois en très forte hausse pour tous les bâtiments dont le permis de construire sera déposé à compter du 1^{er} décembre 2011. À titre d'exemple, un pavillon classique de 90 m² de surface habitable, doté d'une charpente en bois, aura l'obligation d'incorporer un minimum de 35 dm³ par mètre carré de surface de plancher, soit 3,8 m³ de bois contre 0,2 m³ actuellement.

⁸ Pour plus d'information sur le BGES, cf. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Bilans-des-emissions-de-gaz-a.html>

Pour les habitations dont la charpente n'est pas en bois, l'exigence sera moindre avec tout de même 10 dm³ par m² de surface de plancher, soit plus de 1 m³ de bois. Au-delà de l'habitat, les bâtiments à usage industriel, de stockage ou de transport, auront une obligation de 5 dm³ par m², tandis que tous les autres types de construction seront à 10 dm³.

Les mesures du Grenelle spécifiques aux universités

Les lois Grenelle invitent clairement les universités à moderniser leur patrimoine vers des bâtiments plus respectueux de l'environnement et des usagers, plus économes en énergie et moins émetteurs de GES. L'Annexe 2 présente en détails ces mesures du Grenelle qui touchent les universités sur les thèmes tels que la performance énergétique des bâtiments ou la politique de développement durable.

Les normes relatives à l'analyse de cycle de vie des matériaux de construction et des bâtiments

NF EN 15804 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction » (août 2012)

Venue en remplacement de la norme NF P01-010, cette norme a pour objet de définir les modalités de la délivrance d'une information objective, qualitative et quantitative sur les matériaux, information destinée aux concepteurs qui, au-delà de l'aptitude d'usage des matériaux, souhaitent prendre en compte des critères environnementaux. Elle définit notamment le contenu et le mode de réalisation de la déclaration environnementale des produits (DEP), dont fait partie la Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES), dans le cadre des produits de construction.

NF P01-020-1 - Qualité environnementale des bâtiments (2005)

Elle propose aux acteurs de la construction, maîtres d'œuvres, architectes et gestionnaires de parcs, un cadre méthodologique pour élaborer une démarche répondant aux objectifs de maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires liés aux bâtiments. La finalité du document est d'assurer la pertinence de la description de la qualité environnementale du bâtiment résultant d'une opération de construction de réhabilitation ou de déconstruction/reconstruction. Les deux normes, NF P 01-010 remplacée par la norme NF EN 15804 et NF P01-020-1, sont donc en fait emboîtées l'une dans l'autre.

NF EN 15978 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul » (mai 2012)

Substituée à la norme XP P01-020-3, elle définit et donne des méthodes de calcul des indicateurs environnementaux pour l'évaluation de la qualité environnementale d'un bâtiment. La norme s'applique aux bâtiments neufs et aux bâtiments existants, ainsi qu'aux projets de réhabilitation.

Le cadre normatif de l'ACV bâtiment est détaillé dans le tableau suivant (mis à jour sur la base d'un travail du CSTB) :

Echelle	France	Europe	International
Cadre méthodologique et principes généraux	<p>NF EN 15643-1 (2011) Évaluation de la contribution au développement durable des bâtiments</p> <p>NF EN 15643-2, 3 et 4 pour évaluer les performances environnementales, sociales, et économiques</p>		<p>ISO 15392 (2008) Principes généraux du développement durable dans la construction</p> <p>ISO TS 21929-1 (2006) Indicateurs</p>
Normes à l'échelle produit (Déclaration environnementale des produits de construction)	<p>NF EN 15804 (2012)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contribution des ouvrages de construction au développement durable • Déclarations environnementales sur les produits • Règles régissant les catégories de produits de construction 		<p>ISO 21930 (2007) Déclaration environnementale des produits de construction</p>
Normes à l'échelle de l'ouvrage (Évaluation de la performance du bâtiment)	<p>NF P01-020-1 (2005) Qualité environnementale des bâtiments</p>	<p>WI 00350011 (2010)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustainability of construction works • Assessment of environmental performance of buildings • Calculation methods 	<p>ISO 21931-1 (2010)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cadre méthodologique de l'évaluation de la performance environnementale des ouvrages de construction • Partie 1 : Bâtiments
	<p>NF EN 15978 (2012)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contribution des ouvrages de construction au développement durable • Évaluation de la performance environnementale des bâtiments • Méthode de calcul 		

Une tendance à l'harmonisation internationale des indicateurs environnementaux est en cours avec par exemple les travaux de la Sustainable Building Alliance intitulés « common set of indicators⁹ ». La Sustainable Building Alliance (SB Alliance) est une initiative internationale à but non lucratif qui rassemble des centres nationaux de recherche sur le bâtiment, des organismes d'évaluation, et des parties prenantes intéressées

⁹ <http://sballiance.org/>

par l'évaluation de la qualité environnementale du cadre bâti. Elle regroupe les plus grands certificateurs (LEED, BREEAM, DGNB, etc.) et est soutenue par l'UNESCO Chair for sustainable buildings et par l'initiative bâtiment et construction durable du Programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUE).

Les réglementations thermiques

Réglementation thermique en vigueur pour les bâtiments neufs

Depuis le 1^{er} janvier 2013, c'est la réglementation thermique 2012 qui s'applique à l'ensemble des bâtiments neufs. Les premiers textes portant sur la Réglementation Thermique 2012 ont été publiés le 27 octobre 2010 au Journal Officiel. L'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments et le décret 2010-1269 du 26 octobre 2010, actent ainsi la maîtrise globale de la consommation énergétique prévue par le Grenelle de l'Environnement.

D'autres textes sont venus compléter et préciser ces dispositifs notamment l'arrêté du 20 juillet 2011 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E et le décret n° 2012-1530 du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions de bâtiments.

Les grands principes qui ne changent pas par rapport à la RT 2005 :

- Les exigences à respecter seront de deux types : des exigences de performances globales (consommation d'énergie et confort d'été) et des exigences minimales de moyens.
- La RT 2012 s'articule toujours autour de cinq usages énergétiques : chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires (ventilation, pompes...).

Les nouveaux grands principes :

- Les exigences de performance énergétique globales seront uniquement exprimées en valeur absolue de consommation pour plus de clarté : niveau moyen très performant exigé, à 50 kWh/(m².an) (et non plus en valeur relative par rapport à une consommation de référence recalculée en fonction du projet). Cette valeur est modulée selon les régions climatiques.
- L'introduction d'une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel. Cette exigence a pour objectif de promouvoir la conception bioclimatique.
- La suppression de nombreux garde-fous n'ayant plus lieu d'être dans le nouveau cadre technique fixé.
- L'introduction de nouvelles exigences minimales traduisant des volontés publiques fortes : obligation de recours aux énergies renouvelables, obligation de traitement des ponts thermiques (fuites de chaleur), obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements neufs, etc.

La Réglementation Thermique 2012 repose sur deux coefficients : le Besoin Bioclimatique (B Bio) et la Consommation (C).

De manière simplifiée, le coefficient BBio correspond aux déperditions (pertes naturelles et besoin des usagers) moins l'apport gratuit (chaleur humaine, du soleil, etc.), Ce coefficient représente la qualité intrinsèque du bâtiment. Le coefficient C correspond aux consommations d'énergie pour le chauffage évalué à partir des besoins de chauffage et des caractéristiques des équipements (rendement, puissance, etc.). Les coefficients BBio et C seront calculés grâce aux logiciels de calcul réglementaire qui intègrent le moteur de calcul développé par le CSTB. La liste des logiciels validés est disponible à l'adresse suivante : <http://www.rt-batiment.fr/batiments-neufs/reglementation-thermique-2012/logiciels-dapplication.html>.



Afin d'être conforme à la RT 2012, un bâtiment neuf doit respecter 3 exigences globales :

- **Exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti Bbiomax** : exigence de limitation du besoin en énergie pour les composantes liées au bâti (chauffage, refroidissement et éclairage) ;
- **Exigence de consommation maximale Cepmax** : exigence maximale de consommation d'énergie primaire à 50 kWhEP/m².an en moyenne ; 5 usages pris en compte : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilateurs, pompes) ;
- **Exigence de confort d'été Tic** : exigence sur la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds inférieure à une température de référence (Tic) ;

Quelques exigences de moyens viennent compléter les exigences globales :

- Recours aux énergies renouvelables en maison individuelle
- Traitement des ponts thermiques
- Traitement de l'étanchéité à l'air (test de la porte soufflante)
- Surface minimale de baies vitrées (1/6 de la surface des murs)
- Mesure ou estimation des consommations d'énergie par usage
- Information des usagers sur leur consommation
- Prise en compte de la production locale d'électricité en habitation (Cepmax + 12 kWhEP/m²/an).

Le tableau ci-contre représente les exigences (consommation d'énergie) prévues pour la RT 2012, comparativement aux exigences de la RT 2005 en logement :

Au niveau des émissions carbonées, une modulation (uniquement en cas d'énergie principale) de la consommation maximale en fonction des émissions de gaz à effet de serre existe en cas de chauffage ou de production d'ECS au bois ou à biomasse utilisés localement (modulation de 30%)

Zones climatiques	RT2005 (Cmax en logement)		RT2012
	Chauffage par combustibles fossiles	Chauffage électrique (dont pompes à chaleur)	Valeur moyenne *
H1	130	250	60
H2	110	190	50
H3	80	130	40

ou en cas de raccordement à un réseau de froid et/ou de chaleur (modulation de 10 à 30%).

Le bien-fondé du concept architectural, ainsi que la qualité et la précocité des échanges entre les architectes et les bureaux d'études, prendront de plus en plus d'importance.

La RT 2012 confirme la volonté d'aller vers une obligation de construction de bâtiments à énergie positive (BEPOS) en 2020. Un groupe de travail intitulé « Réglementation Bâtiment Responsable 2020 » (RBR 2020) mis en place début 2012 est chargé de préparer la future RT 2020.

Rénovation de l'existant, « par élément » 2007 et « globale » 2008

La loi du 12 juillet 2010, dite « Grenelle 2 » prévoit que des travaux d'amélioration de la performance énergétique du parc tertiaire existant, public et privé, devront être réalisés dans un délai de 8 ans à compter du 1^{er} janvier 2012. Un décret doit déterminer la nature et les modalités de cette obligation de travaux, notamment les caractéristiques thermiques ou la performance énergétique à respecter. Les dernières annonces prévoient une première version du décret qui sera soumise à concertation pour le premier trimestre 2013. Philippe Pelletier, président du comité stratégique du Plan bâtiment Grenelle, précise que « le décret sur la rénovation énergétique du parc tertiaire public et privé est une des pièces maîtresses de Grenelle 2. Son contenu est très attendu et il devra être à la fois volontaire, ambitieux et réaliste ».

Dans le cadre de la mise en ligne du présent guide, c'est donc la Réglementation Thermique des Bâtiments Existants qui s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage. Elle repose sur les articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application.

Cette réglementation est une déclinaison de celle dédiée aux bâtiments neufs, elle a pour but d'assurer une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment existant lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend des travaux susceptibles d'apporter une telle amélioration. Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- Pour les rénovations considérées comme lourdes (coût des travaux de rénovation thermique supérieur au quart de la valeur du bâtiment) de bâtiments achevés après 1948 et de plus de 1 000 m², la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové. Elle impose aussi d'effectuer une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire. Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008. On parle alors de « RT globale ».
- Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1^{er} novembre 2007. On parle alors de « RT élément par élément ».

4 Les labels et certifications

Labels de performance énergétique en rénovation et neuf

Dans le cadre de la réglementation thermique en vigueur, RT 2012 pour le neuf et la Réglementation Thermique des Bâtiments Existants, des labels de performance cités ci-après ont été ou vont être mis en place.

Il existe un label Bâtiment basse consommation (BBC) Rénovation dont les exigences sont les suivantes :

- L'objectif de consommation maximale en énergie primaire est fixé à 80 kWh_{ep}/m².an, à moduler selon la zone climatique et l'altitude.
- La consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage des locaux est inférieure de 40% à la consommation conventionnelle de référence définie dans la réglementation thermique. $C_{projet} \leq (C_{ref} - 40\%)$
- En complément, une mesure de perméabilité à l'air est obligatoire pour tout logement BBC-Effinergie Rénovation. Aucune valeur cible n'est préconisée par contre, la perméabilité mesurée, exprimée par le coefficient Q4Pa-surf, doit être inférieure ou égale à la valeur utilisée dans le calcul de la consommation. La mesure de la perméabilité est effectuée conformément aux règles et processus de la mesure de l'étanchéité à l'air des bâtiments édictés par l'Association Collectif Effinergie. Une mesure de perméabilité à l'air n'est pas obligatoire pour un bâtiment à usages autres que d'habitation mais est fortement recommandée.

Pour la construction neuve, les labels réglementaires de performance énergétique ne sont pas encore en vigueur dans le cadre de la RT 2012.

La nouvelle réglementation thermique RT 2012 ayant été généralisée à l'ensemble des bâtiments neufs à compter du 1^{er} janvier 2013, les labels correspondant à l'ancienne réglementation (notamment le label BBC) ne sont plus délivrés.

Pour définir les nouveaux labels liés à la RT 2012, une concertation a été engagée, rassemblant l'ensemble des acteurs du secteur de la construction. Les conclusions des travaux réalisés par le Ministère de l'Égalité des territoires et du Logement, en lien avec le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, ont été présentées lors de deux conférences consultatives, les 15 octobre et 21 novembre 2012.

La proposition présentée prévoit en particulier deux niveaux de label : un niveau « haute performance énergétique » (HPE) et un niveau « très haute performance énergétique » (THPE). Ils prévoient une réduction de la consommation d'énergie primaire (de 10% pour le premier, et de 20% pour le second) ainsi que le renforcement de quelques exigences de moyen.

Les labels HPE et THPE de la RT 2012 seront finalisés à l'issue de la concertation qui doit s'achever au premier semestre 2013.

D'autre part, il existe une autre initiative de label énergétique non réglementaire portée par l'association Effinergie. Celle-ci avait déjà mis au point le label Effinergie qui a été repris dans le cadre du label BBC de la RT 2005 pour devenir la base de la RT 2012. L'association Effinergie a défini les labels **Effinergie+** et **BEPOS-Effinergie 2013**.

Le label Effinergie+ se présente comme intégrant 3 progrès par rapport au label Effinergie :

- Progrès n° 1 : concevoir des bâtiments consommant encore moins d'énergie, le 50 du BBC devient 40 kWh/m².an.
- Progrès n° 2 : mobiliser les occupants sur la totalité des consommations d'énergie, calcul prévisionnel et affichage des consommations.
- Progrès n°3 : développer la production locale d'énergie renouvelable.

À noter également que le label Effinergie+ recommande l'évaluation des consommations d'énergie liées :

- aux cycles de vie des matériaux de construction - Calcul de la consommation d'énergie grise,
- aux déplacements des utilisateurs du bâtiment - Calcul du potentiel de mobilité du bâtiment.

Un tableau en annexe 3 présente un comparatif détaillé des modalités d'application de la RT 2012 et des labels BBC-Effinergie et Effinergie+.

L'objectif du label Bepos-effinergie 2013 est de préfigurer les engagements pris dans la loi Grenelle II pour 2020 en matière de bâtiment à énergie positive qui sont exprimés comme suit : « Toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter de la fin 2020 présentent, sauf exception, une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces constructions, et notamment le bois-énergie ».

Pour obtenir le label Bepos-effinergie 2013, le projet doit en préalable être conforme à la Réglementation thermique 2012 et aux exigences du label Effinergie+. De plus, il doit avoir fait l'objet d'une évaluation du potentiel d'écomobilité (un outil est disponible sur le site : www.effinergie-ecomobilite.fr) et d'une évaluation de la consommation d'énergie nécessaire à la mise à disposition des matériaux de construction. Concernant le calcul en énergie grise, le label se limite à contraindre le maître d'ouvrage à délivrer une évaluation qu'il pourra réaliser avec le logiciel de son choix. Il ne précise pas de protocole à respecter et aucune exigence de résultat n'est établie.

Enfin, les procédures de commissionnement permettant de s'assurer que les équipements fonctionnent comme prévus doivent être mises en place. Le mode d'organisation permettant un commissionnement des installations techniques doit être défini.

L'exigence principale du label est définie ainsi : la consommation d'énergie primaire non renouvelable entrant dans le projet, diminuée de la production locale d'énergie sortant du projet doit être inférieure ou égale à un écart autorisé.

Ceci s'écrit : $\text{Bilan}_{\text{epnr}} \leq \text{Ecart}_{\text{autorisé}}$ avec

- $\text{Bilan}_{\text{epnr}}$ est le bilan d'énergie primaire non renouvelable. C'est la différence entre l'énergie primaire non renouvelable entrant et l'énergie primaire sortant.
- $\text{Ecart}_{\text{autorisé}}$ est l'écart à l'énergie positive accepté.

Le rapprochement entre labels Effinergie et labels réglementaires est plus qu'envisagée. Une convergence entre le label réglementaire THPE présenté par l'administration et le label Effinergie+ est déjà annoncée.

Les certifications environnementales

La démarche HQE® mise en œuvre par l'association HQE® permet d'appliquer une politique environnementale à la construction d'un bâtiment. Ce label permet aux maîtres d'ouvrages de spécifier des objectifs environnementaux à atteindre sur la base de 14 cibles qui définissent le profil de leur futur bâtiment. Cette démarche s'appuie en outre sur une démarche managériale en intégrant un système de management de l'opération pour trouver des réponses concrètes aux enjeux environnementaux de notre planète. Elle vise à obtenir des bâtiments confortables, sains et plus respectueux de l'environnement que les bâtiments de la même génération.

Les 14 cibles de la démarche HQE®

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 Relations des bâtiments avec leur environnement immédiat | 7 Gestion de l'entretien-maintenance |
| 2 Choix intégré des procédés et produits de construction | 8 Confort hygrothermique |
| 3 Chantier à faibles nuisances | 9 Confort acoustique |
| 4 Gestion de l'énergie | 10 Confort visuel |
| 5 Gestion de l'eau | 11 Confort olfactif |
| 6 Gestion des déchets d'activité | 12 Qualité sanitaire des espaces |
| | 13 Qualité sanitaire de l'air |
| | 14 Qualité sanitaire de l'eau |

La démarche de certification H&E (Habitat & Environnement), mise en place par l'association QUALITEL et élaborée en articulation avec les travaux de l'association HQE, vise à améliorer la qualité environnementale des opérations de construction de logements. Cette certification est uniquement destinée aux opérations de constructions neuves du secteur résidentiel puisque seuls les immeubles d'habitation collectifs et les logements individuels groupés sont concernés par cette démarche.

Le tableau ci-dessous présente un classement des différentes certifications et labels français par type de bâti, niveau de certification et neuf ou rénovation.

Bâti	Niveau opération		Niveau organisme	Labels énergie pour le neuf	Labels énergie en rénovation
	Certifications neuf	Certifications existant			
Maison individuelle 				 	Label « haute performance énergétique rénovation » • HPEréno • BBCréno
Logement collectif Individuel groupé 	 	 		En cours d'élaboration suite à la parution de la RT2012	Renovation 150 HPE renovation Effinergie renovation BBC effinergie renovation
Bâtiment tertiaire 			  		BBC rénovation 

Il existe de nombreux ponts entre les certifications environnementales et les labels énergétiques notamment au travers des thématiques de gestion de l'énergie, de réduction de l'effet de serre et du confort hygrothermique.

Ainsi lorsqu'un projet immobilier suit une démarche environnementale, celle-ci devra être mise en cohérence voire intégrer les mesures énergie-carbone recommandées dans ce guide. En effet, des préoccupations de la démarche HQE traitent de ces questions : cible 4 gestion de l'énergie, choix des produits de construction afin de limiter les impacts environnementaux de l'ouvrage sous-cible 2.3, cible 7 entretien et maintenance.

La démarche HQE fournit également un système de management de l'opération qui permet un meilleur suivi des performances environnementales visées afin de garantir le résultat escompté : planification, responsabilités, maîtrise documentaire, pilotage, etc.

D'autre part, elle permet d'amener des compétences techniques et de contrôle en matière d'énergie-carbone. En effet, lorsqu'un projet fait l'objet d'une certification, un auditeur indépendant et habilité réalise des audits en phase programmation, conception et réalisation pour des bâtiments neufs, en réhabilitation lourde et en rénovation. Cet auditeur HQE peut contribuer à contrôler les engagements énergie-carbone. L'organisme Certivea propose les référentiels HQE suivants¹⁰ : référentiel Générique Neuf NF Bâtiments Tertiaires, Référentiel Générique Rénovation NF Bâtiments Tertiaires, Référentiel NF Équipements Sportifs, Référentiel Exploitation, Référentiel Etablissement de santé.

Le label bâtiment biosourcé

Les exigences et des modalités d'attribution du label « bâtiment biosourcé » sont définies par un arrêté publié le 23 décembre 2012 au Journal officiel. Ce texte complète le décret du 19 avril 2012 à l'origine de la création de ce label.

La mise en place de ce label a pour objectif de promouvoir l'utilisation de ressources de proximité, de dynamiser le tissu économique local et de favoriser le développement et la structuration d'éco-industries dans les territoires, et d'offrir un choix plus large de matériaux et de produits pour les maîtres d'ouvrage.

Le label atteste la conformité des bâtiments neufs à un référentiel qui intègre trois éléments :

- le respect d'un taux minimal d'incorporation au bâtiment de produits de construction biosourcés et mobiliers fixes, dotés de caractéristiques minimales,
- des exigences de mixité relatives à la fonction des produits de construction biosourcés ou à la famille de produits biosourcés mis en œuvre,
- les modalités minimales de contrôle définies dans l'annexe I de l'arrêté.

L'arrêté définit trois niveaux de label. Chaque niveau requiert un taux minimal d'incorporation de matière biosourcée. Sachant qu'une « matière biosourcée » est définie comme étant « une matière issue de la bio-

¹⁰ Liste des référentiels disponible sur <http://www.certivea.fr/nos-certifications/certifications-batiments-non-residentiels>

masse végétale ou animale pouvant être utilisée comme matière première dans des produits de construction et de décoration, de mobilier fixe et comme matériau de construction dans un bâtiment ». Le taux minimal d'incorporation dépend de l'usage principal auquel le bâtiment est destiné : maisons individuelles, bâtiments à usage industriel, de stockage ou de transport, et bâtiments destinés à d'autres usages.

Le label est délivré uniquement à un bâtiment ayant fait l'objet d'une certification qui porte sur la qualité globale du bâtiment, en particulier sur sa performance énergétique et sur l'aptitude à l'usage des produits qui le composent. Il est délivré à la demande du maître d'ouvrage par un organisme ayant passé une convention spéciale avec l'État et accrédité par le Cofrac. Les frais de procédure sont à la charge du demandeur.

5 La performance « énergie-carbone » dans les contrats de partenariat

Quelques définitions

Le contrat de performance énergétique

La Directive Européenne 2012/27/CE du 25 octobre 2012, relative à l'efficacité énergétique, modifiant les directives 2009/125/CE et 2010/30/UE et abrogeant les directives 2004/8/CE et 2006/32/CE, précise les termes suivants :

- L'efficacité énergétique est le rapport entre les résultats, le service, la marchandise ou l'énergie que l'on obtient et l'énergie consacrée à cet effet. Une amélioration de l'efficacité énergétique consiste en un accroissement de l'efficacité énergétique à la suite de modifications d'ordre technologique, comportemental et/ou économique ;
- Le Contrat de performance énergétique est un accord contractuel entre le bénéficiaire et le fournisseur d'une mesure visant à améliorer l'efficacité énergétique, vérifiée et surveillée pendant toute la durée du contrat, aux termes duquel les investissements (travaux, fournitures ou services) dans cette mesure sont rémunérés en fonction d'un niveau d'amélioration de l'efficacité énergétique qui est contractuellement défini ou d'un autre critère de performance énergétique convenu, tel que des économies financières.

Le contrat de performance énergétique peut prendre la forme d'un contrat de partenariat ou d'un marché public.

Le contrat de partenariat

Les contrats de partenariat sont des contrats administratifs par lesquels l'État ou un établissement public de l'État confie à un tiers, pour une période déterminée en fonction de la durée d'amortissement des investissements ou des modalités de financement retenues, une mission globale relative au financement d'investissements immatériels, d'ouvrages ou d'équipements nécessaires au service public, à la construction ou transformation des ouvrages ou équipements, ainsi qu'à leur entretien, leur maintenance, leur exploitation ou leur gestion, et, le cas échéant, à d'autres prestations de services concourant à l'exercice, par la personne publique, de la mission de service public dont elle est chargée.

L'ordonnance du 17 juin 2004 énonce qu'il faut démontrer, via une évaluation préalable, la complexité et/ou l'urgence du projet immobilier pour avoir recours à un contrat de partenariat. La loi du 28 juillet 2008 a introduit un troisième critère : la comparaison avantages/inconvénients par rapport aux autres types de contrats de la commande publique. Cette comparaison repose sur 3 analyses : financière, économique du projet et analyse des sensibilités et des risques.

Ainsi on peut rencontrer deux cas de figure :

- Un contrat de partenariat peut avoir pour unique objet la performance énergétique d'un ou plusieurs bâtiments, dans ce cas on pourra l'appeler contrat de partenariat énergétique.
- Dans la majorité des cas par contre, la question de la performance énergétique est un sujet parmi de nombreux autres : accessibilité, confort, services, délais, architecture, etc. Pour ne pas faire de confusion, on peut parler de contrat de partenariat « à volet énergétique ».

Ce guide porte sur l'approche énergie-carbone dans les contrats de partenariat c'est la forme de contrat qui a été initialement privilégiée dans les opérations Campus. Toutefois, la méthodologie et les clauses qui en découleront peuvent tout à fait être adaptées à un marché public.

Les premiers contrats de partenariat : une performance « carbone » qui reste globale et peu explicitée

Dans les contrats de partenariat traitant de la performance énergétique, une clause de réduction des émissions de gaz à effet de serre existe dans la plupart des cas. Pourtant, alors que les émissions carbone peuvent provenir de plusieurs catégories (énergie, transports, achats, déchets, etc.), la clause de performance carbone reste ici limitée aux émissions dues à l'énergie. Elle permet dans ce cas d'encourager l'utilisation des énergies moins émettrices en GES.

On voit tout de même apparaître ponctuellement des thèmes comme les déplacements ou le choix des matériaux, mais sous forme d'exigence qualitative. Voici quelques retours d'expérience de contrats de partenariats signés entre juillet et décembre 2009.

Construction : Universités Paris 4, 7 et Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

Ces trois universités ont contracté un contrat de partenariat dans le cadre de constructions neuves. Ces contrats présentent un volet énergétique.

Carte d'identité des PPP			
Organisme public	Université Paris 4 Sorbonne	Université Paris 7 Diderot	USVQ
Patrimoine concerné	Centre de Clignancourt, ensemble de bâtiments	4 nouveaux bâtiments	UFR de Médecine
Type de projet	Démolition-construction	Construction	Construction
Surface correspondante	21 000 m ²	45 000 m ²	13 400 m ²
Date de signature	Le 24 juillet 2009	Le 24 juillet 2009	Le 20 novembre 2009
Durée du contrat	28 ans	30 ans	25 ans
Budget construction	44 millions d'€ HT	108 millions d'€ HT	44,1 millions d'€ HT
Performance énergétique annoncée	THPE, RT 2005 -20%	THPE, RT 2005 -20%	BBC, RT 2005 -50%

Pour les contrats de partenariat des Universités Paris 4 et 7, la performance énergétique visée dans les futurs bâtiments est le niveau de très haute performance énergétique (20% inférieur à la réglementation). Ces contrats traitent exclusivement de la consommation d'énergie liée à l'utilisation des bâtiments. Ils comprennent toutefois des exigences qui vont dans le sens de limiter l'énergie grise des matériaux et d'encourager les matériaux sains (refus d'utiliser la laine de roche, la mousse de polyuréthane, les sols PVC par exemple).

Dans son contrat de partenariat pour l'UFR de médecine, l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines a poussé plus loin la réflexion environnementale et aborde clairement la performance carbone : démarche HQE en conception puis en exploitation, niveau énergétique BBC visé, choix de matériaux à faible énergie grise. Le projet affiche également un programme d'actions pédagogiques : plan de déplacements entreprise, affichages des performances énergétique et carbone dans le hall d'accueil du bâtiment, sensibilisation aux économies d'énergies et visite de la chaufferie bois, présentation du fonctionnement du bâtiment à toute nouvelle promotion d'étudiants. Il est également clairement annoncé que le projet présentera un bilan carbone exemplaire (300 tonnes de carbone par an) et le plan de déplacements est cité en justification de ce bon résultat.

Réhabilitation : un CPE pour 14 lycées alsaciens

Carte d'identité du PPP	
Organisme public	Conseil régional d'Alsace
Patrimoine concerné	14 lycées
Type de projet	Réhabilitation énergétique
Surface correspondante	190 000 m ²
Date de signature	Le 22 décembre 2009
Durée du contrat	20 ans
Budget	77,3 millions d'€ HT
Gain énergétique annoncé	35% de l'énergie primaire
Gain carbone annoncé	65% des émissions de GES

Ce contrat de performance énergétique, sous la forme d'un contrat de partenariat, a pour objet la réhabilitation de 14 lycées en Alsace. Il comprend le financement, la conception et la réalisation de prestations de service, travaux et fournitures assurant à la fois des économies d'énergie et une réduction des émissions de gaz à effet de serre des 14 lycées, ainsi que, d'autre part, l'exploitation technique, la maintenance et le gros entretien des équipements réalisés.

Voici repris intégralement ci-dessous, les deux articles tirés du contrat de partenariat et traitant des performances énergie et carbone :

Article 3 Garantie de performance énergétique

Le titulaire garantit à la Région l'amélioration de la performance énergétique des établissements par rapport à la situation de référence définie à l'article 5. A cet effet, il s'engage à respecter, pour chaque établissement, et pour chaque année, un objectif de Consommation, exprimé en quantité d'énergie primaire.

L'amélioration de la performance énergétique sera obtenue par :

- des actions portant sur la réalisation de Travaux,
- des actions portant sur la maintenance et la conduite des installations,
- une sensibilisation des usagers.

La performance énergétique est vérifiable et mesurée.

Article 4 Garantie de réduction des émissions de gaz à effet de serre

Le titulaire garantit à la Région une réduction des gaz à effet de serre par rapport à la situation de référence définie à l'article 5. La garantie porte sur des objectifs définis en Annexe qui comprend notamment un échéancier faisant apparaître les réductions prévues chaque année.

La diminution de la production des gaz à effet de serre sera obtenue par :

- des actions portant sur la réalisation de Travaux,
- des actions portant sur la maintenance et la conduite des installations,
- une sensibilisation des usagers.

L'engagement du titulaire ne fait pas l'objet d'une pénalisation distincte de celle applicable à l'engagement de réduction des consommations d'énergie.

La performance énergétique est annoncée comme vérifiable et mesurée alors qu'il n'y a pas de contrôle prévu pour la performance carbone. Les émissions de GES sont uniquement liées à l'énergie consommée dans le cadre de l'utilisation des bâtiments. Pour 35% d'économies d'énergie visées, il est prévu une réduction des émissions de GES de 65%. Cet écart est permis par la réalisation de travaux permettant de diminuer la consommation d'énergies fossiles : création de six nouvelles chaufferies bois, d'une pompe à chaleur sur nappe, installation de centrales de production d'énergie photovoltaïque sur les toitures des lycées (environ 5 000 m²).

1



DÉFINITION DES PÉRIMÈTRES ÉNERGIE CARBONE

- | | |
|---|----|
| 1.1 Quelles sont les missions incluses dans le contrat de partenariat ? | 44 |
| 1.2 S'agit-il d'un projet de construction ou de rénovation ? | 44 |
| 1.3 Quelle est l'échelle du projet ? | 45 |
| 1.4 À quelles activités sont destinés les bâtiments ? | 45 |
| 1.5 Quelles limites au périmètre énergie-carbone traité dans le guide ? | 45 |
| 1.6 Quelle est l'influence de ces périmètres sur la fixation des objectifs énergie et carbone ? | 46 |

1

DÉFINITION DES PÉRIMÈTRES ÉNERGIE-CARBONE

Le périmètre est déterminant dans la fixation des engagements contractuels en général et donc en termes de performance énergie-carbone. Il est indispensable de commencer par identifier sur quels paramètres l'opérateur privé sera en mesure d'agir et donc pourra prendre des engagements. Ce périmètre pourra varier en fonction de l'indicateur choisi énergie ou carbone.

Voici une liste de critères à bien identifier au début de tout projet immobilier.

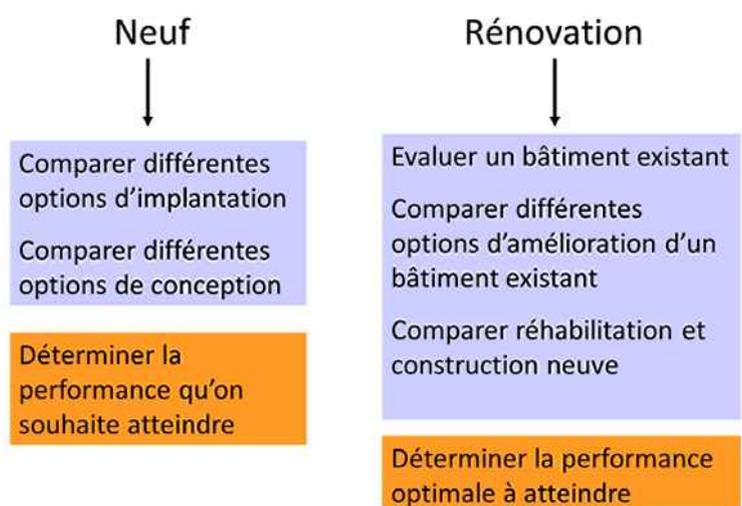
1.1 Quelles sont les missions incluses dans le contrat de partenariat ?

La première condition pour pouvoir aborder la question de la performance énergie-carbone au sein d'une mission est que l'opérateur privé ait la maîtrise de tous les paramètres de cette mission. Le périmètre énergie-carbone est donc délimité en premier lieu par le périmètre contractuel. Il est important de bien identifier ce qui restera de l'autorité de l'université de ce qui deviendra de la responsabilité de l'opérateur.

1.2 S'agit-il d'un projet de construction ou de rénovation ?

Dans le cas d'un projet de construction, l'enjeu sera de concevoir un bâtiment le plus performant possible en limitant son énergie grise. On n'a pas de situation de référence sur laquelle se baser.

Par contre, dans le cas d'un projet de rénovation, en plus de viser un objectif de performance en valeur absolue, il est possible de viser un objectif de réduction des consommations par rapport à une situation historique. Cela suppose de pouvoir déterminer une situation de référence. Ensuite, cette rénovation peut être plus ou moins importante en fonction du budget disponible et des contraintes techniques. Ainsi, une rénovation qui ne porterait que sur les menuiseries et les revêtements intérieurs peut prétendre à un gain énergétique moindre face à une rénovation lourde de l'ensemble du clos couvert. De même concernant l'impact de l'énergie grise, une opération avec démolition/reconstruction consommera beaucoup plus d'énergie que si l'on peut conserver tout ou partie du (des) bâtiment(s) existant(s).



1.3 Quelle est l'échelle du projet ?

La performance énergétique des bâtiments pourra être abordée différemment selon qu'il s'agit d'un bâtiment seul ou d'un groupe de bâtiments alors dénommé patrimoine immobilier. À l'échelle d'un patrimoine, on peut en effet fixer un objectif de réduction des consommations énergétiques global. On peut alors viser une performance plus importante sur des bâtiments présentant un plus fort potentiel d'économies d'énergie et ainsi compenser des bâtiments où il y aurait de plus fortes contraintes techniques (complexité architecturales, bâtiments inscrits ou classés). Lorsque l'on est en présence d'un patrimoine homogène, cette échelle peut également être l'occasion de mettre en place une méthodologie par extrapolation. Nous verrons qu'il faut vérifier plusieurs conditions de similarité entre les bâtiments, au niveau de la conception architecturale bien entendu mais également de la destination et/ou des usages de ces bâtiments (enseignement, administration, laboratoires, etc.).

1.4 À quelles activités sont destinés les bâtiments ?

Les consommations énergétiques varient en effet en fonction de la destination des bâtiments au niveau de leur volume et du type d'énergie (électricité, gaz, fioul). Il est donc important de caractériser ces consommations en fonction de l'usage des bâtiments : enseignement, recherche, administration, restauration, logements, équipements sportifs...

D'autre part, si l'on souhaite sortir certains usages du périmètre, il est nécessaire de pouvoir quantifier la part des consommations relative à cet usage. Par exemple, si l'on souhaite exclure les consommations des équipements de laboratoire, cela suppose de pouvoir comptabiliser celles-ci.

1.5 Quelles limites au périmètre énergie-carbone traité dans le guide ?

Ce guide se concentre sur la réduction des émissions carbone liées aux consommations d'énergie blanche et grise. Toutefois, il existe d'autres missions susceptibles d'être incluses dans le contrat de partenariat et émettrices de CO₂. Ainsi il est possible de prendre en compte les émissions de GES dues à la gestion des déchets ou des espaces verts si ces missions sont assignées à l'opérateur. Le présent guide ne traite pas de ces missions mais rien n'empêche la personne publique de demander à l'opérateur de réduire les émissions carbone relatives à celles-ci.

Le tableau ci-dessous présente les postes qui sont traités ou non dans ce guide. L'énergie blanche est représentée en bleu, l'énergie grise en vert et les postes émetteurs non traités dans ce guide sont en rouge.

Postes /Phases de vie	Construction	Exploitation	Rénovation	Démolition
Energie	Consommations du chantier	Consommations : Part réglementaire Part comportement Part activité	Consommations du chantier	Consommations du chantier
Fret	Fret matériaux de chantier	Fret achats	Fret matériaux de chantier	Fret matériaux de chantier
Déplacements des personnes	Personnel de chantier	Usagers de l'université	Personnel de chantier	Personnel de chantier
Achats	/	Achats usages	/	/
Déchets	Déchets de chantier	Déchets d'activité	Déchets de chantier	Fin de vie des matériaux
Immobilisations	Matériaux	Autres amortissements (informatique, ameublement) Matériaux dans le cadre de la maintenance	Matériaux	/

1.6 Quelle est l'influence de ces périmètres sur la fixation des objectifs énergie et carbone ?

Le périmètre contractuel peut même avoir une influence sur les objectifs de réduction énergie et carbone. En effet, il existe trois grands types d'action pour réaliser des économies d'énergie primaire ou d'émissions carbone :

- La réduction des besoins par la conception architecturale d'ensemble et l'amélioration de la performance de l'enveloppe
- L'amélioration de l'efficacité des systèmes
- La substitution d'énergies fossiles par des énergies renouvelables.

Si le périmètre contractuel limite la possibilité d'actions sur ces catégories, les objectifs de réduction devront être revus en conséquence à la baisse.

Par exemple, dans une opération de rénovation avec objectif de réduction des consommations énergétiques, on ne pourra exiger une réduction des émissions de GES dissociée des économies d'énergie si l'opérateur n'a pas la maîtrise de la production d'énergie. Par contre, si la fourniture d'énergie est gérée par l'opérateur, il lui sera alors possible de substituer l'énergie en place par une énergie moins émettrice de CO₂. L'objectif de réduction des émissions de GES pourra alors être plus important que la réduction de consommation énergétique associée.

La personne publique devra déterminer des objectifs de performance énergie-carbone qui tiennent compte des périmètres qu'elle a définis et en cohérence avec le niveau d'intervention contractuelle établi.

2



DÉMARCHE ÉNERGIE-CARBONE DANS LES CONTRATS DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ

Présentation de la méthodologie	50
Étape 1 : La définition du projet	51
Étape 2 : Études et programmation	59
Étape 3 : Conception en dialogue compétitif	70
Étape 4 : Conception post contractuelle	80
Étape 5 : Réalisation	82
Étape 6 : Exploitation	88

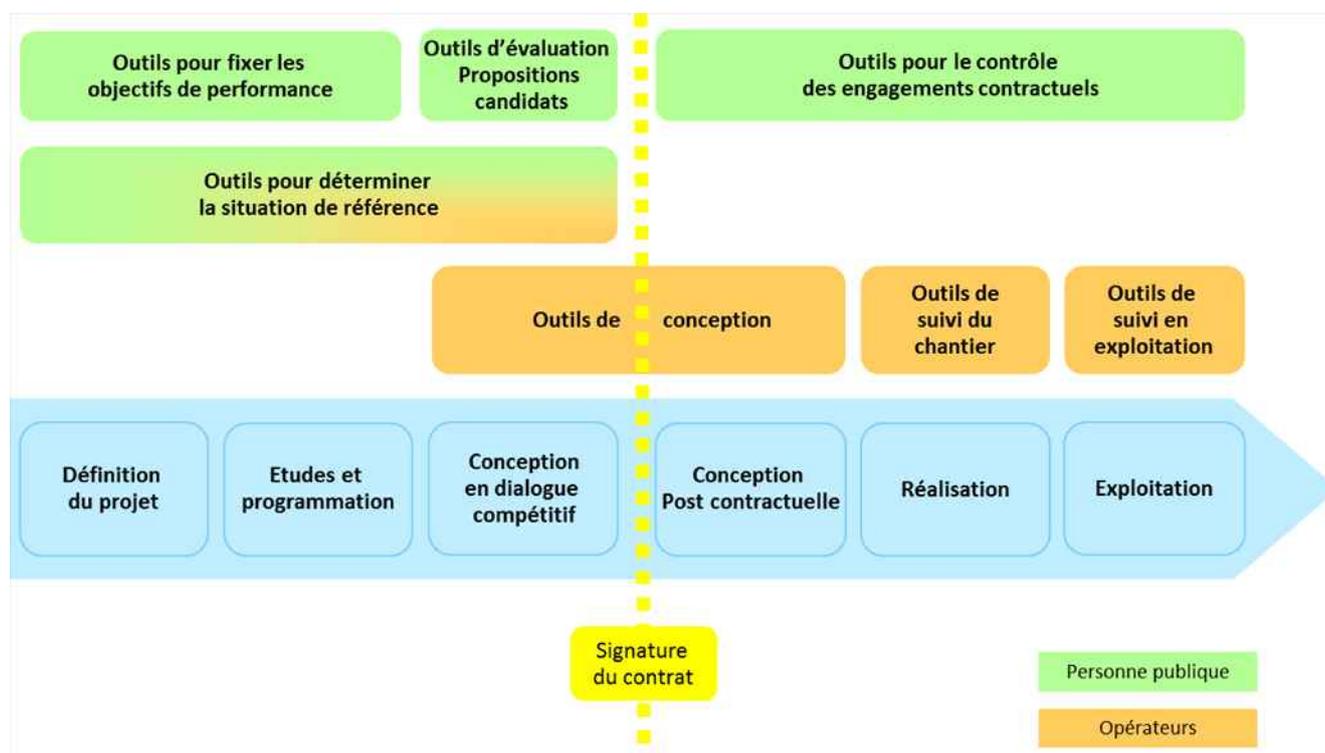
Présentation de la méthodologie

Le déroulement du contrat de partenariat est ici structuré en 6 étapes principales :

- 1 Définition du projet
- 2 Etudes et programmation
- 3 Conception dans le dialogue compétitif
- 4 Conception post contractuelle
- 5 Réalisation
- 6 Exploitation

Cette dernière partie du guide propose une méthode structurée selon ces 6 étapes afin de prendre en compte la performance carbone dans les projets immobiliers universitaires. Elle retrace à chaque étape l'ensemble des enjeux à identifier, des questions à se poser, des points à éclaircir et des outils disponibles pour y parvenir.

Le schéma suivant illustre la répartition chronologique des outils présentés selon les 6 étapes du contrat de partenariat.



Les grands choix de conception ont lieu durant le dialogue compétitif. Mais il existe également une étape de conception post-contractuelle où les projets sont définis en détails. Ainsi, les outils de conception servent durant les deux étapes de dialogue compétitif et de Conception post contractuelle.

Afin de visualiser plus facilement les acteurs principalement concernés par chaque étape ou sous-étape, des petites icônes apparaissent en début de chaque section à côté du titre :

				
La personne publique	Les partenaires privés	Les entreprises	Les usagers	Contractualisation

Étape 1 : La définition du projet

Cette première étape correspond à la mise en place du projet immobilier à tous les niveaux : identification des besoins auxquels va répondre ce projet, sa stratégie, identification des acteurs en interne qui vont suivre celui-ci, état des lieux sur les compétences et les données disponibles, définition des besoins en compétence de la personne publique.

En termes d'énergie-carbone, cette étape comprend la définition des ambitions du projet et permet de planifier en conséquence les compétences et études qui seront requises pour atteindre ces objectifs. Le périmètre doit également être déterminé dès cette première étape.

1.1 Mise en cohérence du projet avec les stratégies universitaire et territoriale

Dans un souci de cohérence générale entre les différentes démarches qui sont menées par les diverses structures publiques, il convient d'adopter des ambitions cohérentes avec les politiques environnementales et énergétiques en place. Que ce soit au niveau de l'université ou des collectivités territoriales, il est nécessaire de commencer par dresser l'état des lieux des différentes politiques et initiatives existantes.

Au niveau de l'université, on vérifiera l'existence des éléments suivants :

Politique environnementale	L'université a-t-elle adopté une charte ou une politique environnementale ? Ces documents d'engagement politique peuvent contenir des orientations générales en termes de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre.
Agenda 21	Ce plan d'action pour le 21 ^{ème} siècle qui décline les principes du développement durable en plan d'actions comprend généralement un chapitre sur la lutte contre le réchauffement climatique en y abordant la performance énergétique des bâtiments.
Plan vert campus	Cette obligation législative du Grenelle de l'environnement a été renforcée par l'édition d'un référentiel développement durable pour les campus. Sa catégorie « énergie » comprend une série de mesures sur la performance énergétique des bâtiments.
Politique d'achats durable	Une politique d'achats durable vise à inclure des critères environnementaux aux côtés des critères économiques et de qualité technique. Elle peut toucher des produits qui entreront dans le périmètre du contrat de partenariat tels que les matériaux de construction ou le mobilier.
Plan de déplacement	Si l'université possède un plan de déplacement, une mise en cohérence peut par exemple s'effectuer au niveau de la réduction du nombre de places de parking ou de la présence de parking à vélo à l'entrée des bâtiments.
Bilan carbone	Le bilan carbone consiste à réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre sur une année, d'identifier les sources d'émissions les plus importantes puis d'élaborer un plan d'actions hiérarchisées afin de réduire ces émissions.
Plan climat	Le plan climat est un plan d'actions ayant pour objectif la lutte contre le réchauffement climatique. Alors que le bilan carbone est plus axé sur l'état des lieux des émissions de GES, le plan climat se focalise quant à lui sur les mesures à prendre et s'étale sur plusieurs années.
DPE, audits énergétiques, suivi énergétiques	Des données de performance énergétique des bâtiments sont peut-être déjà disponibles suite à la réalisation de diagnostics des bâtiments ou d'une gestion technique centralisée déjà en place.
Schéma directeur immobilier	Tout projet immobilier doit bien sûr être en cohérence avec le schéma directeur immobilier du site s'il existe. On sera particulièrement attentif au volet environnemental et/ou énergétique.
Initiatives internes réalisées en termes d'efficacité énergétique et de développement durable	Le périmètre concerné par le contrat de partenariat doit faciliter la continuité d'initiatives vertueuses sur l'ensemble du patrimoine universitaire : système de tri des déchets, actions de sensibilisation, mise en place de systèmes hydro-économiques, etc. Des étudiants réalisent parfois des diagnostics énergétiques ou des bilans carbone campus présentant des données intéressantes pour la situation de référence.

Chaque projet immobilier doit s'inscrire dans une stratégie énergétique globale du patrimoine immobilier qui comprend une suite logique d'étapes :

1	Des réseaux adaptés au comptage	Possibilité de séparer le comptage des différents postes (chauffage, éclairage, ECS, ventilation, etc.) notamment la part réglementaire et non réglementaire.
2	Un comptage fin	Installation de compteurs au moins par bâtiment et par fluide, dans l'idéal par zone fonctionnelle principale (séparation enseignement, laboratoires et administration par exemple) et par poste de consommation.
3	Une remontée des données	GTB
4	Un traitement des données	Formation, ingénieur qualifié et missionné.
5	Un suivi des factures	Négociation contrats de fourniture d'énergie.
6	Un portage politique	Prise de décision.
7	Des usagers vertueux	Sensibilisation /communication /image de marque.
8	Une exploitation vertueuse	Contrats d'exploitation.
9	Amélioration du patrimoine : financement	CPER, dotation, CEE, tiers financeur.
10	État des lieux	Diagnostics énergétiques, Schémas directeurs énergétiques.
11	Travaux	Programmation, conception, suivi chantier, AMO.
12	Contrat de performance énergétique (CPE°)	Modalités d'engagement, négociations.

L'ordre de cette proposition de « parcours du combattant » n'a pas été déterminé au hasard. Ainsi, l'opération immobilière relève des dernières étapes de la liste : financement, état des lieux, travaux et CPE. Toutefois, elle s'inscrit dans une stratégie plus vaste à l'échelle d'une université et il serait préjudiciable de négliger les étapes précédentes.

Ainsi, la mise en place d'un CPE performant ne sera pas possible s'il n'y a pas une bonne connaissance des données de consommation et de confort des bâtiments en amont. De même, tout l'effort d'amélioration du patrimoine fourni lors d'une opération à grande ampleur ne sera pas valorisé à sa juste valeur si les contrats de fourniture d'énergie et d'exploitation ne sont pas optimisés.

Dans ce contexte, les recommandations de ce guide contribuent à une politique énergétique universitaire, mais en aucun cas elles ne pourront empêcher une dérive des consommations s'il n'y a pas une réelle stratégie à l'échelle de l'ensemble du patrimoine.

En plus de devoir être en cohérence avec la politique universitaire, le projet immobilier devra être en cohérence avec les démarches énergétiques et environnementales territoriales. Il est alors intéressant de dresser un état des lieux à l'échelle de la région, du département, de la collectivité locale et de la commune.

Dans ce but, on pourra identifier le contenu des éléments suivants :

<p>Documents d'urbanisme : SCOT, PLU, PADD, PDU, PLH, OPAH</p>	<p>A travers leurs documents d'urbanisme et en particulier du projet d'aménagement et de développement durable, les entités territoriales affichent les grandes orientations qu'elles souhaitent prendre en termes d'habitat, de transport durable et de protection de l'environnement.</p>
<p>Plan Climat, agenda 21 et autres référentiels ou initiatives en faveur de la performance énergétique des bâtiments</p>	<p>Les entités territoriales sont très nombreuses aujourd'hui à posséder un plan climat et/ou un agenda 21. Certaines possèdent des référentiels propres sur les critères de construction durable. La construction de bâtiments performants est même parfois encouragée par l'attribution d'aides financières.</p>

Se reporter à la partie contexte de ce guide pour un aperçu des différents enjeux qui touchent cette démarche énergie-carbone pour le patrimoine immobilier universitaire.

1.2 Définition du périmètre du PPP

Même si le périmètre du contrat de partenariat est susceptible d'évoluer jusqu'à la signature, la définition du projet aboutit à une première identification de celui-ci : localisation et périmètre géographique, nombre de bâtiments concernés, missions envisagées, etc. Les questions essentielles à se poser pour déterminer le périmètre du PPP sont exposées dans la partie périmètre énergie-carbone du guide :

- S'agit-il d'un projet de construction ou de rénovation ?
- Quelle est l'échelle du projet ?
- Quelle est la destination des bâtiments ?
- Un périmètre énergie et un périmètre carbone ?
- Quelles sont les missions incluses dans le contrat de partenariat ?

Une définition claire et figée du périmètre est essentielle pour une bonne approche énergie-carbone, et pour le bon déroulement du projet en général. En effet, on n'abordera pas de la même manière un projet

avec un seul ou une vingtaine de bâtiments, avec une source d'énergie imposée ou à choisir, en neuf ou en rénovation par exemple.

Si le périmètre devait changer en cours de route, certaines études devraient être refaites ou ajoutées, d'autres pourraient s'avérer devenues inutiles. Le risque est une perte de qualité et/ou un gaspillage d'investissement.

1.3 Définition des compétences de la personne publique

Il est en tout premier lieu nécessaire d'identifier les personnes clés en interne de l'université qui formeront le comité de pilotage du projet : le Président, le directeur du patrimoine immobilier, le responsable développement durable, les représentants des entités concernées par le projet (UFR, laboratoires, services administratifs, etc.)

Parmi les personnes ressources, un bilan des compétences nécessaires pour mener à bien l'élaboration du contrat de partenariat permet d'identifier les besoins à associer à la personne publique universitaire. Ces compétences manquantes pourront être amenées par :

- le recrutement de chargés de mission qui intègrent l'équipe projet universitaire,
- et/ou l'adjonction d'un assistant à maîtrise d'ouvrage ou d'un assistant à personne publique spécialisé.

Les compétences nécessaires pour la démarche énergie/carbone sont les suivantes :

- Maîtriser les différentes stratégies et initiatives énergie-carbone existantes en interne des universités et en externe (entités territoriales).
- Savoir accompagner l'université dans la définition du périmètre, bien maîtriser dans ce but toutes les composantes des consommations énergétiques, énergie grise et émissions carbone.
- Maîtriser le contexte réglementaire et normatif relatif à la performance énergétique des bâtiments et à leurs impacts environnementaux.
- Savoir rédiger les cahiers des charges pour la réalisation d'audits énergétiques de qualité et interpréter les résultats de telles études en tirant les conclusions pertinentes vis-à-vis des ambitions à afficher par la suite.
- Savoir quantifier l'énergie grise et réaliser l'analyse de cycle de vie d'un bâtiment.
- Etre capable de cibler les familles de matériaux par lots les plus impactants et de comparer les différents projets au vu de leur ACV.

Il est pertinent que la personne publique se dote de ces compétences très tôt afin de pouvoir intégrer les exigences énergie-carbone le plus en amont possible dans le projet. Plus le sujet arrive tard dans la

définition des objectifs, plus il risque d'être subi comme une contrainte supplémentaire. L'enjeu étant de hisser la thématique énergie-carbone comme une composante à part entière du projet, elle doit être bien identifiée dès la définition du projet.

Il est conseillé de cumuler les compétences en recrutant un APP ayant les compétences HQE et énergie-carbone.

Les compétences énergie-carbone sont susceptibles de recouper celles nécessaires pour mener à bien une démarche environnementale. Il est alors intéressant de cumuler les compétences voisines dans le recrutement. L'intérêt est bien sûr de réduire les coûts mais aussi de faciliter la communication et la cohésion de l'équipe projet en réduisant le nombre d'intervenants.

1.4 Mise en place d'un comptage des consommations

Dans le cas d'une réhabilitation, il faut aborder la détermination de la situation énergétique et carbone de référence dès le lancement du projet. On cherchera alors à faire l'état des lieux des données disponibles le plus tôt possible afin de remédier aux manques identifiés.

En réhabilitation, l'historique des consommations énergétiques est essentiel. Le comptage est à mettre en place le plus tôt possible dans le projet.

S'il n'existe pas déjà, il est alors utile de mettre en place un comptage des consommations énergétiques à l'échelle du projet dès cette première étape. En effet, la constitution de la situation de référence nécessite de disposer d'une période significative d'instrumentation du ou des bâtiments concernés par l'opération de rénovation. En fonction du périmètre du contrat de partenariat, le niveau de comptage pourra varier du bâtiment au local.

Il devra également permettre de comptabiliser séparément les postes réglementaires des autres usages. En effet, les postes réglementaires feront l'objet d'engagements contractuels sur la performance énergétique alors que ce ne sera pas forcément le cas pour les autres usages spécifiques (informatique, équipements de laboratoires, etc.).

L'échelle du bâtiment est le minimum à connaître afin de pouvoir correctement évaluer les économies d'énergie réalisées par la suite. S'il y a plusieurs entités ou activités dans un même bâtiment, il convient

d'organiser le comptage par étage ou par zone. On peut par exemple vouloir différencier les activités d'enseignement, de recherche et d'administration ou encore de logement et de restauration. Dans le cadre de la construction de logements universitaires, il peut même être judicieux de descendre jusqu'au comptage par chambre afin de responsabiliser les futurs usagers.

Cette instrumentation peut servir dans un autre registre. Réalisée en temps réel (de type GTC ou équivalent) pour l'éclairage, elle permet d'estimer le taux d'occupation des locaux. Ce renseignement peut être utile par exemple dans le cadre de la mise en place d'une mutualisation de locaux.

Le retour d'expérience capitalisé sur les sites pilotes a confirmé ce besoin essentiel de comptage des consommations. L'absence de données suffisamment précises peut empêcher la mise en place d'un engagement énergétique des groupements ou avec des facteurs de sécurité tellement importants que la performance énergétique n'est pas garantie.

1.5 Identification des filières locales de production de matériaux de construction

Une part importante de l'énergie grise de la production d'un matériau est issue de son transport sur site. Ainsi, il est intéressant pour l'université de connaître les filières locales de production de matériaux. S'il est illégal d'imposer un type de matériau dans les projets des candidats, il est en revanche intéressant d'avoir l'information afin de valoriser les projets qui auraient fait un effort dans ce sens.

Les filières locales de production de matériau identifiées par la personne publique ne seront ainsi pas mentionnées dans le cahier des charges à destination des candidats mais conservées par la personne publique.

1.6 La planification des études

La stratégie pour arriver au programme performanciel se prépare pendant cette étape de définition du projet. Le tableau suivant résume les différentes études qui seront à réaliser. Le déroulement des opérations est détaillé dans l'étape suivante baptisée « Études et programmation ».

Études à réaliser	Objectifs
Bilan du contexte	
Synthèse du contexte externe et interne.	<ul style="list-style-type: none"> • Lier l'opération aux démarches engagées dans les collectivités voisines du campus • Affirmer la volonté performancielle de l'université • Intégrer l'opération au cadre réglementaire en vigueur • Définir précisément le cadre/périmètre de l'opération.
Synthèse du périmètre du contrat de partenariat.	
Contexte réglementaire.	
Synthèse du schéma directeur immobilier.	
Déterminer la situation de référence	
Enquête comportements, usages et usagers	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer l'évolution de l'usage des locaux • Intégrer l'utilisateur et son comportement
Audit énergétique patrimonial (en rénovation).	<ul style="list-style-type: none"> • Définition de l'état de référence.
Mise en place de compteurs, campagne de mesure énergie et confort.	
Définition des objectifs	
<p>Audit énergétique</p> <p>Etude de potentiel et d'approvisionnement énergétique</p> <p>Schéma directeur énergétique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation des gisements d'économie d'énergie • Évaluation du niveau de performance énergétique atteignable (lien économie- faisabilité technique) • Mutation en termes d'approvisionnement énergétique • Évaluer le potentiel EnR de l'opération
Simulation thermique dynamique.	<ul style="list-style-type: none"> • Approche énergie/confort. • Test de différents scénarii de réhabilitation pour définir les objectifs atteignables
Etude simplifiée bioclimatique (en neuf)	<ul style="list-style-type: none"> • Tirer le meilleur parti des ressources naturelles gratuites (vent, eau, soleil, sol)
ACV « bicritère » énergie-carbone des différentes variantes issues du schéma directeur immobilier.	<ul style="list-style-type: none"> • Fixer les objectifs de performance énergie grise • Disposer des informations afin de pouvoir évaluer les propositions des candidats



Étape 2 : études et programmation

Les études qui composent cette seconde étape ont pour double enjeu de déterminer la situation de référence (d'où l'on part) et les objectifs de performance (où l'on veut aller) qui seront exprimés dans le programme.

2.1 Déterminer les situations énergie et carbone de référence (en rénovation)

La « situation de référence » est la situation servant de base au calcul de la performance énergétique, en tant que situation réputée acquise en l'absence des actions à mener au titre du contrat. Cette démarche de détermination de la situation de référence n'est pas nécessaire dans le cas d'une construction neuve.

À l'instar des contrats de performance énergétique, la situation de référence dans le volet énergétique des contrats de partenariat est déterminée par la personne publique et par l'opérateur privé. Il convient alors de distinguer l'audit patrimonial, qui relève de la personne publique, et le diagnostic complémentaire, qui est de la responsabilité de chacun des candidats.

Les audits réalisés doivent être de qualité afin de bien renseigner les données historiques nécessaires à la situation de référence. Un DPE ou un pré-diagnostic ont pu apporter un premier niveau d'information avant ou au début du projet. Pour déterminer la situation de référence, on laissera de côté ces deux outils afin de réaliser un diagnostic énergétique complet.

À la charge de la personne publique, l'audit patrimonial

L'audit patrimonial doit figurer dans le dossier de consultation du PPP. Cette mission d'études a pour objet de décrire l'ouvrage sur le plan de son enveloppe, de ses équipements techniques et de son mode de fonctionnement. Il fournit un état des lieux, une analyse fonctionnelle, urbanistique, architecturale, technique et thermique du bâti existant et de ses équipements. Il indique en particulier les consommations énergétiques. L'audit patrimonial peut porter, comme le contrat lui-même, sur un seul bâtiment ou sur un parc de bâtiments.

L'audit patrimonial peut être réalisé en interne ou par un prestataire externe (tel qu'un AMO), auquel cas cet audit fait l'objet d'un marché préalable indépendant du PPP.

Le premier objectif de l'audit patrimonial est de renseigner la personne publique sur la nature et l'importance des gisements d'économie d'énergie, le second objectif est de renseigner les opérateurs répondant à la consultation, afin qu'ils puissent déterminer de façon adéquate les conditions de leur offre.

L'audit patrimonial comporte au minimum les données historiques, qui permettront d'établir la situation de référence figurant au contrat. Il comporte également, sauf justification contraire et de manière non exhaustive, les éléments suivants, qu'il convient de réactualiser avant la signature du contrat :

- La description du bâti et de son état, y compris les éléments de structure, ainsi que les informations sur les travaux effectués sur les cinq dernières années. Cette description est étendue le cas échéant aux VRD (Voirie et Réseaux Divers) et aux espaces intérieurs.
- La description technique et le mode de fonctionnement des équipements relatifs au chauffage, à la ventilation, à la climatisation, à la production d'eau chaude sanitaire, à l'éclairage, ainsi qu'à tous les autres usages consommateurs d'énergie du bâtiment (informatique, ascenseurs...). Cette description inclut les puissances installées des matériels et équipements de consommation d'énergie, ainsi que les informations sur les travaux effectués sur les cinq dernières années.
- Les modalités et les coûts de gestion du site : contrats d'exploitation, de maintenance, de fourniture d'énergie ; pratiques d'utilisation du chauffage, de la ventilation, de la climatisation, de l'eau chaude sanitaire et de l'éclairage par les occupants du site.
- La vérification de la conformité réglementaire du bâtiment (sécurité incendie, ascenseurs, installations électriques), sans préjudice des autres dispositions de droit commun applicables (notamment celles relatives à l'amiante et au plomb).

Afin que l'audit patrimonial puisse être effectué dans les meilleures conditions, la personne publique doit mettre à la disposition de l'auditeur interne ou externe sélectionné pour le réaliser les levés géométriques aux échelles convenables, les plans des réseaux, les études de sol ainsi que les éléments d'expertise technique tels que les notes de calcul et les plans en sa possession. Si ces documents ne peuvent être fournis par la personne publique, leur établissement pourra être confié à l'auditeur interne ou externe sélectionné pour réaliser l'audit, à charge pour lui de recourir, si nécessaire, à un ou des prestataires spécialisés.

Les données de consommations historiques peuvent être obtenues à partir de différentes sources :

- sur factures,
- sur relevés des compteurs manuels,
- auprès des exploitants de chauffage ou distributeurs d'électricité (ex : télérelève EDF),
- sur relevé d'une GTB/GTC.

Si aucune source n'est disponible ou que les données ne sont pas assez précises au niveau des bâtiments concernés par l'opération de réhabilitation, il convient de combler ces manques par une mise en œuvre de mesures de consommations à l'échelle souhaitée (bâtiment, étage, zone déterminée) et/ou par type d'énergie.

Il est possible soit de mettre en place de nouveaux compteurs (énergie, électricité), soit de réaliser une campagne de mesure sur une période définie. Cette campagne complètera donc les données de consommation globale issue des factures d'énergie, elle pourra permettre d'avoir une vision approfondie des consommations de chaque bâtiment, et le cas échéant pour chaque bâtiment d'avoir la proportion de consommation poste par poste.

Des capteurs d'ambiance renseignent quant à eux sur le niveau de confort effectif et par exemple l'efficacité des systèmes de chauffage (temps d'atteinte d'une nouvelle température de consigne).



Les candidats seront vraisemblablement amenés à effectuer un diagnostic complémentaire afin d'affiner leur offre. En conséquence, il est recommandé à la personne publique de le prévoir dans la procédure.

Une enquête d'opinion des usagers permet d'évaluer la qualité des bâtiments où ils travaillent, ainsi que leur propre comportement et sensibilité aux problèmes environnementaux, récolter l'opinion et la satisfaction des personnes, de pouvoir croiser les mesures de confort thermique effectuées sur les bâtiments avec le ressenti des usagers qu'ils abritent, essayer d'identifier des usages responsables des performances ou contre-performances observées, ainsi que de montrer quels pourraient être les leviers, techniques ou comportementaux, d'une amélioration de ces usages. L'enquête peut prendre la forme de questionnaire « papier » ou internet.

Pour plus de détails sur les enquêtes, cf. chapitre 2.2 de la boîte à outils

De l'audit patrimonial à la situation carbone de référence

A partir de la situation énergétique de référence, on peut convertir les données de consommations énergétiques historiques afin de déterminer les émissions de gaz à effet de serre qu'elles génèrent. Il s'agit alors d'appliquer les facteurs d'émissions adaptés en fonction du type d'énergie utilisé.

On retiendra comme données de conversion les valeurs d'émissions fournies par la réglementation du diagnostic de performance énergétique¹¹ :

11 Sources : Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine, <http://www.economiedenergie.fr/les-emissions-de-co2-par-energie.html>

Combustible	Emissions de CO ₂ en g/kWh EF
Bois, biomasse	13 *
Gaz naturel	234
Fioul domestique	284
Autres combustibles fossiles	320
Gaz propane ou butane	274
Réseau de chaleur	20 à 373 **
Électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0
Électricité (Eau Chaude Sanitaire et Refroidissement)	40
Électricité (chauffage)	180

* On considère ici que le CO₂ émis par la combustion du bois est recyclé par la biomasse en croissance.

L'émission de CO₂ sans replantation est de 355g/kWh.

** Les émissions diffèrent selon la localisation du réseau, par département.

Les émissions de CO₂ du parc électrique varient très fortement en fonction du mode de production utilisé car certains modes de production sont moins émetteurs en CO₂ que d'autres. Les différents usages de l'électricité font ainsi appel à différentes sources de production plus ou moins émettrices de carbone¹².

Pour effectuer la conversion entre énergie primaire et énergie finale, il est conseillé d'utiliser les facteurs de conversion issus de l'ADEME et du cadre réglementaire :

Type d'énergie	Ratio Énergie primaire / Énergie finale vendue
Électricité	2,58
Énergie fossile (gaz, fioul, charbon) et bois	1,00

La production d'énergies renouvelables est valorisée en étant retranchée aux consommations dans le calcul réglementaire.

¹² Pour plus de détails, cf. <http://www.economiedenergie.fr/le-contenu-en-co2-du-kwh-electrique.html>

2.2 Déterminer les objectifs de performance « blanche »

Pour le neuf :

La durée de vie des bâtiments universitaires est de l'ordre de 50 à 60 ans, ainsi les réhabilitations et constructions d'aujourd'hui doivent permettre d'atteindre les objectifs fixés à horizon 2020 puis 2050. L'enjeu est d'anticiper les futures réglementations afin de ne pas se retrouver avec des bâtiments obsolètes alors que le monde universitaire aspire à être exemplaire.

Pour les constructions neuves, la personne publique visera donc au minimum le niveau BBC qui est l'exigence réglementaire retenue pour la RT 2012. Dans l'idéal, on cherchera à promouvoir le niveau passif, « zéro énergie » et BEPOS (bâtiment à énergie positive). Le niveau BEPOS deviendra l'exigence réglementaire avec la RT 2020.

Sur le même principe de la réglementation thermique qui fixe des seuils maximaux en kWhEP/m².an, il est possible de fixer une limite en kg eqCO₂/m².an. Ce seuil éliminera indirectement le choix des énergies les plus émettrices de carbone. Par exemple, un appel à projet aquitain avait fixé une limite de 10 kg eqCO₂/m².an pour les émissions de GES comme critère de sélection.

Pour visualiser l'impact de la source d'énergie sur la performance énergie et carbone globale d'un bâtiment, cf. exemple en Annexe 4.

Attention, il existe un fort couplage entre les performances en termes d'efficacité énergétique et :

- le confort thermique d'été,
- la qualité de l'air intérieur (via les systèmes de ventilation),
- le confort visuel (via l'éclairage naturel et artificiel),
- le confort acoustique.

Il est donc souhaitable d'accompagner l'expression d'exigences fortes en matière d'efficacité énergétique par des exigences performanciennes portant sur chacun de ces quatre éléments.

Ci-dessous à titre d'exemple, les critères de performance exigés dans le cadre des appels à projets PRE-BAT de la Région Aquitaine.

Indicateurs	Définition	Valeur cible « Exigeant »
Critère de consommation	Consommation en énergie primaire pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la ventilation (en kWh EP/m ² /an) Système de refroidissement interdit	45 kWhEP/(m ² .an)
Critère GES	Emissions de CO ₂ annuelles (mêmes postes de consommation) [kgCO ₂ /(m ² .an)]	Emission CO ₂ ≤ 10 kgCO ₂ /(m ² .an)
Critère de confort thermique	Taux d'inconfort : % du temps d'occupation pour le quel la température « ressentie » se situe en dehors d'une plage de valeur dite « zone de confort »	Tic ≤ Tic-réf Et Tic ≤ 28° C Et Taux d'inconfort ≤ 8 %
Critère de confort visuel	Facteur Lumière Jour (FLJ) : rapport entre le niveau d'éclairage intérieur et le niveau d'éclairage extérieur	FLJ > 1,5 % pour au moins 80 % de la surface des logements

Pour la rénovation :

Dans le cas d'une réhabilitation, la personne publique doit faire figurer dans le dossier de consultation des opérateurs un programme performanciel prévisionnel d'amélioration de l'efficacité énergétique. Ce programme performanciel prévisionnel comporte **a minima** un objectif de réduction garantie de la consommation énergétique globale par rapport à la situation de référence, pour un niveau de service défini, et tenant compte de l'évolution prévisible de la superficie et de l'évolution prévisible des conditions factuelles d'utilisation des bâtiments par rapport aux conditions existantes, sachant que le contrat doit prévoir des modalités d'ajustement si la réalité s'avère différente des prévisions. L'objectif de réduction de la consommation énergétique est exprimé en pourcentage, sous forme de plancher ou de fourchette, et porte sur l'énergie primaire. En fonction du périmètre du projet et de l'ampleur des travaux prévus, peut s'adjoindre un objectif de performance énergétique en valeur absolue pour aller plus loin en termes d'exigence.

Le couplage entre les objectifs d'amélioration de la performance énergétique et les enjeux de confort énumérés ci-dessus revêt une acuité particulière en rénovation. Les gains sur le premier plan ne doivent en aucun cas être obtenus au prix de pertes de confort sur les sujets liés. Des performances doivent être exigées conjointement sur tous ces thèmes.

> Quels objectifs viser ?

Le PPP doit contribuer à la réalisation des objectifs de la loi Grenelle I pour les bâtiments publics, dont font partie les universités.

Au niveau de la performance énergétique, la réduction doit être de 20% des consommations d'énergie des bâtiments de l'État et de ses établissements publics d'ici 2015, et d'au moins 40% d'ici 2020. Afin de pas « tuer » le gisement d'économies d'énergies, il est fortement recommandé que le contrat de partenariat comporte un engagement de réduction- à conditions identiques - de la consommation d'énergie du ou des bâtiments concernés d'au minimum 40%.

Toutefois, un objectif d'économies inférieur peut être retenu si :

- le niveau de performance déjà atteint par le ou les bâtiments concernés ne le justifie pas, notamment du fait de son (ou leur) état d'origine, ou à la suite d'interventions précédentes ;
- au regard des critères de rentabilité ou compte tenu des contraintes budgétaires, le seuil de 40% paraît difficile à atteindre ;
- les protections patrimoniales dont bénéficie le bâtiment concerné s'avèrent incompatibles avec un tel objectif.

Pour aller plus loin, il est possible d'ajouter à cet objectif de réduction en pourcentage, un objectif de performance absolu suite à la rénovation. La réglementation thermique sur l'existant a introduit le label BBC rénovation (contexte § 3 les dispositifs réglementaires).

Concernant les émissions de gaz à effet de serre, les rénovations réalisées sur des bâtiments publics auront pour objectif de réduire d'au moins 50% ces émissions d'ici 2020. On gardera également à l'esprit l'objectif facteur 4 d'ici 2050 soit une réduction de 75% des émissions de gaz à effet de serre. L'objectif de réduction des émissions de GES « blanches » ne pourra être plus important que l'objectif de réduction de consommation d'énergie que dans le cas où le contrat de partenariat inclut la mission de fourniture d'énergie. L'opérateur doit avoir la possibilité de substituer tout ou partie de la production d'énergie existante par une production d'énergie moins émettrice de carbone.

Le cas du contrat de performance énergétique pour les lycées alsaciens peut être cité en exemple (contexte § 5 la performance énergie-carbone dans les contrats de partenariat).

En complément d'un objectif de réduction global, plusieurs objectifs peuvent être combinés afin d'orienter les choix de conception.

Objectifs tenant compte des différentes activités des bâtiments universitaires :

- Objectif (de réduction) de consommation d'énergie global à l'échelle du parc.
- Objectif (de réduction) des émissions GES à l'échelle du parc.
- Objectif (de réduction) de consommation d'énergie sur les postes réglementaires par typologie de bâtiment : locaux d'enseignement, locaux de recherche, locaux administratifs et autres typologies de locaux.
- Objectif (de réduction) de consommation d'énergie sur les postes réglementaires par type d'énergie : gaz, bois, fioul, électricité, etc.
- L'objectif de consommation pourra être exigé sans recours à une compensation par un système de production d'électricité (photovoltaïque par exemple) afin de promouvoir des démarches vertueuses de conception de bâtiments optimisés et performants ; l'idée n'étant pas d'exclure les projets intégrant ce type de système, mais plutôt de promouvoir la performance intrinsèque des bâtiments.

Objectifs de niveau de performance du clos couvert :

- Exigence en besoins de chauffage pour favoriser une démarche vertueuse (démarche passive) qui vise à réduire prioritairement les besoins de chauffage.
- Exigence en besoins de chauffage pour favoriser les apports passifs en introduisant une conception bioclimatique (taux d'ouverture important au Sud et faible au Nord). Cela permet d'« imposer » implicitement l'utilisation de la simulation thermique dynamique : cet indicateur correspond au Bbio de la RT 2012.
- Exigence en termes d'étanchéité à l'air, ce qui doit se traduire par une conception du système constructif optimale, ainsi que par une coordination et une attention en phase chantier. Une mesure en phase chantier doit être exigée.

Objectif de niveau de confort : neuf au stade conception, rénovation au stade audit/conception.

- Exiger une approche énergie/confort afin de ne pas aboutir à des bâtiments performants mais inconfortables. L'idée étant d'utiliser la polyvalence des outils de simulation thermique dynamique qui permettent très tôt dans les processus de conception de valider la performance énergétique, ainsi que la notion de confort thermique.
- Exiger des solutions de rafraîchissement autres que des climatiseurs classiques (protection solaire, free-cooling, matériau à changement de phase, climatisation solaire, tour de rafraîchissement, réseau de froid, géothermie, etc.) pour les locaux sans contraintes particulières (autres que les serveurs informatiques, les salles blanches, etc.). Là encore l'utilisation de la simulation thermique dynamique permet de valoriser les choix architecturaux et les choix de ventilation pour traiter la notion de confort et donc les besoins énergétiques en rafraîchissement.

Objectif d'amélioration du comportement des usagers

- Le contrat peut prévoir une formation ou une sensibilisation des usagers aux économies d'énergie.

- Ces objectifs sont alors basés sur une obligation de moyens. Ex : réaliser une action de sensibilisation à grande échelle par semestre (conférence, concours d'idée, campagne d'affichage, etc.)

> Comment fixer ces objectifs ?

En accompagnement de l'audit patrimonial, d'autres études peuvent apporter les informations nécessaires pour fixer les objectifs de réduction énergie et carbone :

- Approvisionnement énergétique
- (Pré)étude de faisabilité
- Conseil d'Orientation Énergétique
- Schéma directeur énergétique

Ces études permettent d'estimer le potentiel de fourniture d'énergie à partir d'énergies renouvelables ou de façon mutualisée et d'élaborer un programme d'efficacité énergétique à l'échelle d'un patrimoine.

La simulation thermique dynamique pour fixer des objectifs

La simulation thermique dynamique à ce stade « études et programmation » permet à la personne publique de vérifier la pertinence des objectifs qu'elle souhaite inscrire dans la consultation en termes de faisabilité technique et de budget.

Pour plus de détails sur l'étude menée sur le projet de l'université de Bordeaux, cf. Annexe 5.

Cette méthode utilisée dans le cadre du projet de l'université de Bordeaux consiste à réaliser des simulations thermiques dynamiques du ou des bâtiments à réhabiliter avec des matériaux courants et des systèmes bien maîtrisés. Plusieurs scénarii de rénovation peuvent être étudiés en faisant varier les matériaux, les épaisseurs d'isolant et les systèmes. En la couplant à une analyse économique (investissement, exploitation et maintenance), il est alors possible d'évaluer la performance énergétique atteignable avec le budget prévu pour l'opération et qui sera donc exigée dans le programme.

Une autre particularité de la méthode d'évaluation du programme performanciel de l'université de Bordeaux a été la mise en place (sur l'université Bordeaux 1) d'une méthodologie basée sur une analyse fine de deux bâtiments représentatifs du parc immobilier (un bâtiment d'enseignement et un bâtiment recherche), puis d'effectuer une extrapolation des résultats obtenus pour mettre en œuvre un schéma directeur immobilier, qui a servi à élaborer le niveau de performance exigée à l'échelle du parc. Les analyses fines réalisées à l'échelle des deux bâtiments représentatifs sont : un audit énergétique, l'utilisation

de la simulation thermique dynamique pour étudier différentes variantes, une analyse de cycle de vie sur les matériaux d'isolation et les sources d'approvisionnement énergétique.

Contrairement à l'audit patrimonial, il n'y a pas d'obligation de voir figurer les conclusions de la simulation thermique dynamique ou de toute autre étude ayant servi à évaluer la performance exigée dans le dossier de consultation. Ces informations peuvent être conservées par la personne publique afin d'évaluer les offres des candidats en connaissance de cause.

2.3 Fixer les objectifs de performance « grise »

On manque aujourd'hui de recul concernant l'énergie ou les émissions grises pour pouvoir fixer des objectifs chiffrés de seuils à ne pas dépasser. En effet, les valeurs de références en la matière étant encore rares, il n'est pas évident d'évaluer une performance.

Certaines expériences ont toutefois eu lieu avec une quantité d'énergie grise par m² fixée comme critère à respecter dans le cadre d'une consultation (cf. retour d'expérience de Grenoble en partie 4 de ce guide).

À titre d'exemple, l'Annexe 10 présente des ordres de grandeur pour les facteurs d'émissions carbone génériques pour divers types de bâtiments.

Par contre, l'énergie grise peut être affichée dans le dossier de consultation comme critère d'optimisation des projets et la réalisation d'une analyse de cycle de vie focalisée sur les indicateurs énergie-carbone peut être exigée. Il est alors recommandé à la personne publique de préciser plusieurs paramètres :

- la durée de vie programmée de l'ouvrage (DVP), notion détaillée au [chapitre 1.2 de la boîte à outils](#).
- si le périmètre physique d'étude comprend tous les ouvrages de bâtiment et génie civil situés sur la parcelle,
- la liste des composants à prendre en compte dans le calcul, soit au moins l'ensemble des éléments de gros œuvre et de second œuvre nécessaires à l'usage du bâtiment (cf. liste complète ci-dessous, tirée de l'Annexe technique HQE performance).

Des exigences techniques sur les matériaux peuvent être indiquées en déconseillant par exemple l'utilisation de matériaux très consommateurs d'énergie et de carbone gris comme le polystyrène extrudé.

Afin de préparer l'analyse des offres des candidats durant le dialogue compétitif, la personne publique peut réaliser différentes études :

- Une analyse de cycle de vie grossière des scénarii/préconisations (matériaux, systèmes, voiries) proposés dans le schéma directeur énergétique (limitée aux critères énergie primaire et carbone),

- Une estimation de l'impact carbone et de consommation d'énergie grise de la démolition des bâtiments ou parties à déconstruire,
- Une analyse de cycle de vie des différents scénarii de systèmes constructifs étudiés par simulation thermique dynamique afin de déterminer les objectifs de performance énergétique (cf. exemple de l'Université de bordeaux en Annexe 5).

La liste des éléments est l'ensemble des éléments de gros œuvre et second œuvre nécessaires à l'usage du bâtiment et peut être basée sur la suivante :

Source : Annexe technique Bâtiments neufs – HQE Performance. Version du 04/10/2010.

- | | |
|--|---|
| • Fondations (y compris l'adaptation au sol) ^{13*} | • Équipements sanitaires (douches, toilettes, baignoires, lavabos...) y compris robinetterie |
| • Planchers et dalles* | • Équipements de production locale d'électricité (photovoltaïque, éolien...) ¹⁴ |
| • Murs extérieurs (y compris fenêtres)* | • Équipements de production de chaleur et de froid (chaudières, pompes à chaleur, poêles à bois, Solaire thermique, climatiseur, échangeurs, ballons thermodynamiques, émetteurs de chaleur...) |
| • Autres éléments de structure verticaux (piliers...)* | • Équipements de ventilation, filtration et épuration de l'air |
| • Charpente et couverture * | • Équipements de traitement des eaux sur la parcelle |
| • Murs intérieurs et cloisonnement* | • Équipements de stockage de l'eau (ECS, eaux pluviales...) |
| • Revêtements de sols* | • Équipements électriques et électroniques de régulation |
| • Revêtements muraux | • Équipements d'éclairage (dont éclairage de sécurité) |
| • Portes et menuiseries extérieures (y compris portes de garage) | |
| • Portes et menuiseries intérieures | |
| • Escaliers | |
| • Équipements de transport internes (ascenseurs, escaliers mécaniques...) | |
| • Réseaux (eau, ventilation, gaz, distribution d'électricité, télécommunication) | |

Afin de pouvoir entamer sereinement l'étape de conception en dialogue compétitif, la personne publique doit, à la fin de cette étape d'études, disposer d'un programme performanciel clair en termes d'énergie et d'émissions carbone blanches et, de critères et de base de comparaison pour l'énergie et les émissions grises.

Une fois que le programme est déterminé, la personne publique doit ensuite anticiper sur toutes les phases ultérieures en prévoyant les modalités de contrôle des engagements contractuels. Ces dernières devront pour les grandes lignes figurer dès le dossier de consultation.

¹³ Les éléments marqués d'un astérisque sont ceux dont la prise en compte est obligatoire dans le référentiel « common metrics SBA 2009 »

¹⁴ La méthode de prise en compte des productions locales d'énergie doit être explicitée et justifiée. Elle doit être cohérente avec la méthode de calcul thermique réglementaire.

Étape 3 : Conception en dialogue compétitif



Au niveau énergie-carbone, le dialogue compétitif doit permettre de sélectionner des projets immobiliers respectant les objectifs de performance énergétique exigés dans le programme performanciel tout en limitant leur impact carbone. Les émissions carbone dues à la fabrication et au transport des matériaux doivent être connues et entrer dans les critères de choix du projet.



3.1 élaboration du dossier de consultation

À la fin de l'étape « études et programmation », la personne publique doit disposer des éléments à inclure dans le dossier de consultation du PPP :

- l'audit patrimonial,
- le programme performanciel prévisionnel,
- éventuellement une orientation de scénarii pour les matériaux.

Le dossier de consultation doit également indiquer tous les éléments que les opérateurs devront fournir dans le cadre du dialogue compétitif.

Exemples d'objectifs quantitatifs

- Les réductions de consommation énergétique et d'émissions de GES blanches à l'échelle du parc,
- Les consommations des postes réglementaires de chaque bâtiment inclus dans l'opération,
- Les consommations et émissions grises du projet,
- La performance des solutions « clos couvert ».

Des exigences de confort peuvent aussi être fixées comme par exemple un nombre d'heures maximal où la température dépasse un certain seuil.

Exemples d'objectifs qualitatifs

- Type de systèmes chauffage-production d'ECS et ventilation,
- Type de solution pour la gestion du confort d'été,
- Les modalités de mise en œuvre du protocole de mesure des performances,
- Les modalités de contrôle de l'exécution (en conception et en exploitation, cf. étapes 5 et 6)
- La démarche qualité « chantier », notamment pour justifier le niveau d'étanchéité à l'air envisagé,
- Les actions de sensibilisation (moyens et fréquence).

Vu les exigences de performance énergétique et de confort des bâtiments, la simulation thermique dynamique est indispensable en conception et doit être exigée.

Afin d'harmoniser le contenu des réponses et de pouvoir comparer objectivement les résultats des études de conception des différents opérateurs participant au dialogue compétitif, il est conseillé de mettre à disposition les fichiers, les bases de données et les hypothèses à prendre en compte pour effectuer les simulations thermiques et les analyses de cycle de vie :

- Pour la simulation thermique dynamique : scénarii d'usage, scénarii de puissance dissipée, ainsi que les fichiers météorologiques. Il est même intéressant de prévoir des scénarii d'usages en mode « dégradé » que ce soit pour fixer des engagements de consommations énergétiques les plus réalistes possibles ou simplement pour étudier leur impact sur les consommations. Ces simulations en mode « dégradé » permettent aussi de mettre en avant des risques d'inconfort thermique en lien avec un mauvais usage des équipements par exemple.
- Pour les analyses de cycles de vie : le dossier de consultation devra fixer les bases de données à utiliser pour les facteurs de conversion en énergie primaire et en émissions de GES.

Les calculs utiliseront par ordre préférentiel : les FDES disponibles sous INIES et les facteurs d'émissions ADEME, les PEP et les autres FDES, les valeurs par défaut (fournies par les outils ou la base INIES), d'autres sources de données (à préciser dans la documentation du projet).

La transparence des données doit être exigée afin de pouvoir vérifier les calculs : hypothèses de densité, surfaces, ratios, facteurs de correction ou d'extrapolation.

Toujours dans l'objectif de pouvoir comparer les réponses des groupements, des cadres de réponses peuvent être fournis (sous format Excel par exemple) ou l'utilisation d'un logiciel en particulier peut être demandé. Elaborés par les APP, les cadres de réponses obligent les groupements à la transparence et clarifient la donnée demandée par la personne publique.

Comme indiqué dans le [chapitre 3.1 de la boîte à outils](#), les FDES ne sont pas encore disponibles pour tous les produits mais sont en passe de devenir la norme en France. Les outils les utilisant sont à privilégier (Elodie, Team bâtiment, bientôt EQUER). Toutefois, en attendant le développement de ces outils, des logiciels comme Simapro exploitant la base de données Ecoinvent sont intéressants.

Il doit être clairement indiqué dans la consultation sur quels (sous-)critères la performance énergie-carbone sera évaluée et quelle pondération elle aura vis-à-vis d'autres critères comme le coût ou la qualité esthétique et fonctionnelle.

Les logiciels ACV préconisés : Elodie, Team bâtiment, EQUER, Simapro.

Dès le dossier de consultation, la personne publique est amenée à définir les modalités d'engagement énergétique dans son programme. Ces modalités comprennent le dispositif d'intéressement bonus/malus, les conditions de correction annuelle de la consommation d'engagement ainsi que les conditions de réajustement de l'engagement.

Une grande attention doit être apportée lors de la rédaction de ces modalités. Les conditions de réajustement doivent être particulièrement bien cadrées. Tout en étant juste par rapport à des cas de variations des hypothèses de départ (nombre d'occupants, activité hébergée), elles sont formulées de manière à empêcher toute déresponsabilisation du partenaire privé face à une éventuelle dérive des consommations à périmètre égal.

3.2 Les phases du dialogue compétitif

La justification de la prise en compte de ces impacts énergie-carbone dans les propositions des candidats doit s'étoffer progressivement au cours du dialogue compétitif. Voici ci-dessous les principes de cette prise en compte dans un dialogue compétitif à deux phases par les opérateurs :

1^{ère} phase : Montrer que les grands choix pour l'élaboration du projet, pour une phase équivalente à la phase esquisse d'un projet classique, sous tous ses aspects (travaux, services, valorisation) ont pris en compte les objectifs de l'université en matière de consommations énergétiques (sur le périmètre « énergie »), ainsi que les objectifs de l'université en matière d'émissions de gaz à effet de serre (sur le périmètre « carbone »).

2^{ème} phase : Donner une première évaluation des consommations énergétiques et des émissions carbone sur chacun des périmètres définis par l'université et montrer qu'il y a eu des arbitrages sur les choix de conception au niveau des critères énergie-carbone en plus des aspects techniques et économiques en argumentant les choix effectués.

Parallèlement à l'élaboration des projets, les candidats peuvent réaliser un diagnostic complémentaire qui viendra compléter l'audit patrimonial pour la définition de la situation de référence. Ce diagnostic complémentaire a pour objet, d'une part de vérifier les données historiques, techniques et chiffrées figurant dans l'audit patrimonial, et d'autre part d'affiner en tant que de besoin l'analyse technique. Un temps suffisant doit être attribué aux candidats pendant la phase de dialogue pour procéder à ce diagnostic.



Élaboration des propositions par les candidats

La part la plus déterminante de la conception du projet se joue durant cette phase d'élaboration des propositions par les opérateurs privés.

Dans le contexte de performance énergétique exigée, il est indispensable de passer par de la simulation thermique dynamique pour la conception. Celle-ci permet notamment :

- la conception bioclimatique du clos couvert par simulation thermique dynamique pour minimiser les besoins énergétiques,
- la gestion de l'implantation des bâtiments en fonction des masques proches,
- l'approche du confort thermique, gérer les surchauffes d'été par l'intégration de protections solaires et des systèmes de ventilation,
- l'intégration de l'utilisateur et de son comportement dans les scénarii de conception,
- le choix et l'optimisation des systèmes climatiques.

En parallèle, la conception suppose également en complément des études fournies par la personne publique et en fonction du périmètre des missions des opérateurs :

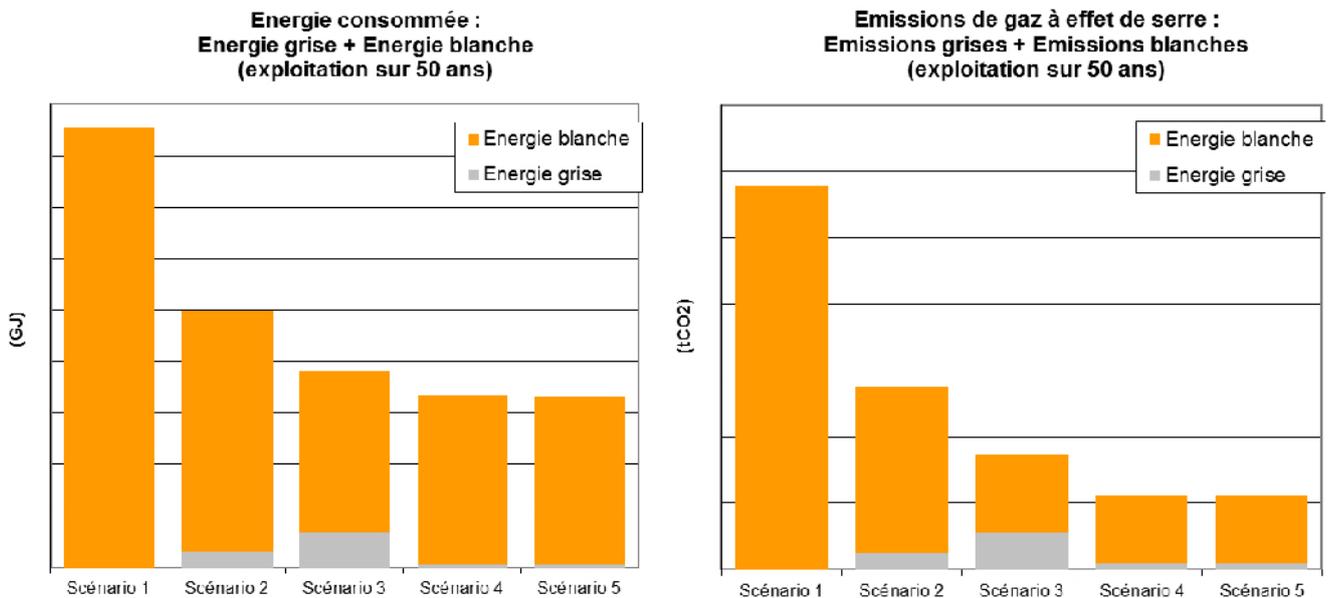
- une étude de l'approvisionnement énergétique et du mix énergétique, obligatoire pour les bâtiments neufs et fortement recommandée en rénovation.
- une étude de l'intégration EnR, énergie fossile vers énergie renouvelable ou moins polluante,
- en supplément pour la rénovation, l'évolution de l'utilisation des chaufferies existantes en fonction des diminutions des besoins énergétiques.

Il convient de différencier les « sous-critères » - dont la pondération doit être fixée et qui doivent être indiqués aux candidats dans le règlement de consultation – et la grille d'analyse des propositions qui demeure propre à la personne publique et n'a pas à être communiquée.

Les propositions des candidats doivent permettre de valoriser les scénarii de rénovation qui présentent les émissions carbone dues à la fabrication et au transport des matériaux les plus faibles.

Il est recommandé aux candidats d'utiliser un logiciel de simulation thermique dynamique accompagné d'un logiciel d'analyse de cycle de vie. On gagne du temps lorsque ce dernier est directement couplé au premier. Il est ainsi possible de simuler différents scénarii en obtenant rapidement les besoins de chauffage, le niveau de confort atteint et les émissions grises associées.

Voici présenté ci-dessous un exemple de schéma qui permet de comparer différents scénarii. Le cumul global de la consommation d'énergie ou d'émissions carbone est ainsi visualisé. De plus, on peut estimer la part de consommations ou d'émissions grises de chaque scénario.



- Le scénario 1 représente la consommation d'énergie blanche du bâtiment avant rénovation.
- Le scénario 2 représente les gains en énergie blanche d'une rénovation au niveau des standards « RT 2005 » ainsi que le coût en énergie grise associé à cette rénovation.
- Le scénario 3 correspond à une rénovation avec un niveau de performance « BBC rénovation ». On observe que les consommations en énergie blanche en phase exploitation sont significativement diminuées par rapport aux deux scénarii précédents. Cependant, les coûts en énergie grise et émissions grises deviennent significatifs et représentent une part importante des consommations et des émissions totales.
- Les deux derniers scénarii comparent deux bouquets de solutions de rénovation compatibles avec le niveau de performance « BBC rénovation » et basés sur des matériaux biosourcés qui sont faibles consommateurs d'énergie grise et faibles émetteurs gris.



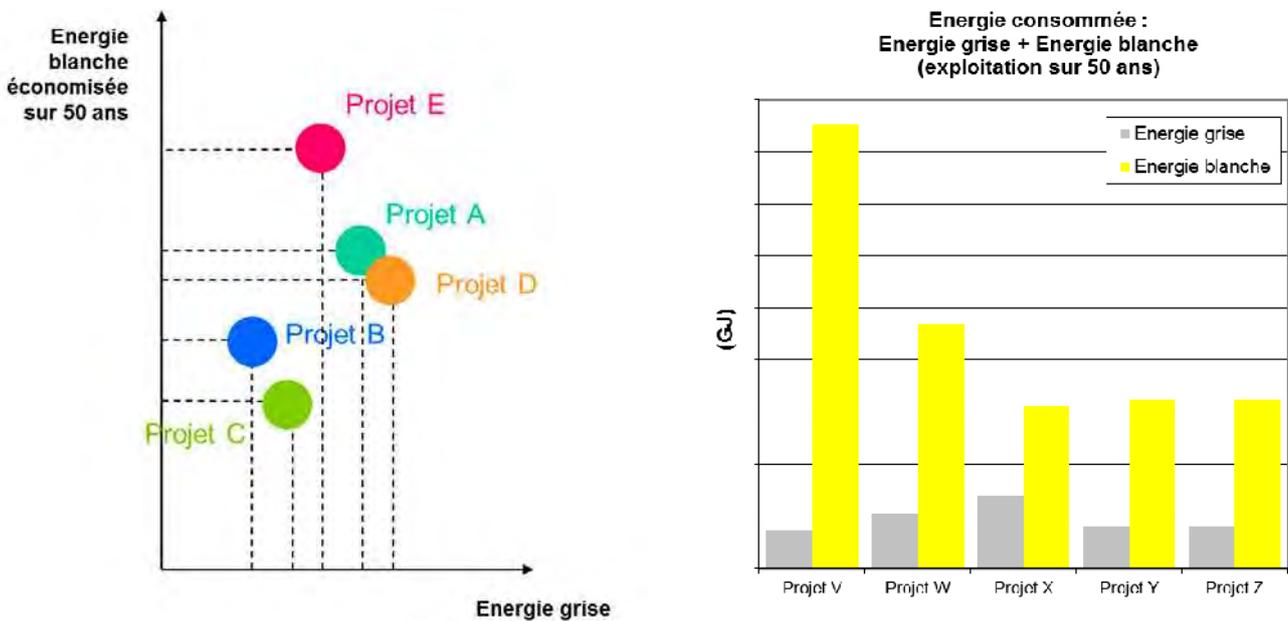
Analyse des propositions par la personne publique

La personne publique doit mettre en place une grille d'analyse des propositions des différents groupements. Cet outil permet d'apprécier les projets en cohérence avec les critères et sous-critères du règlement de consultation, soit selon un crible arithmétique (performance énergétique, ACV), soit sous forme d'appréciation littéraire (charte chantier, sensibilisation).

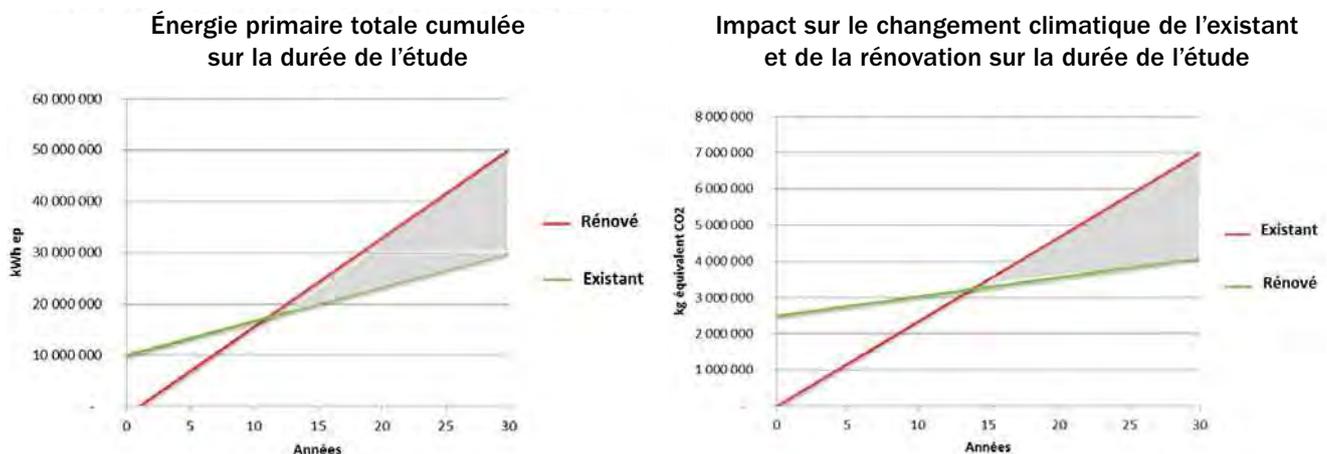
Afin de comparer l'efficacité énergie-carbone d'un projet et, en complément des valeurs absolues, on peut établir les ratios suivants :

- Énergie grise/énergie blanche économisée sur la DVT (durée de vie totale) du bâtiment
- Émissions grises/émissions GES économisées sur la DVT du bâtiment

Voici deux exemples de présentation graphique de ce ratio permettant de mieux comparer les propositions des différents candidats.



On voit également apparaître la notion de Retour sur Investissement environnemental (RSIE) dans les études proposées par les candidats. Il s'agit de l'équivalent environnemental de l'indicateur économique de temps de retour sur investissement (TRI), son unité est donc également en nombre d'années. Dans la même logique que les schémas présentés ci-dessus, son principe est donc de comparer le coût environnemental engendré par la réalisation de travaux au coût environnemental évité sur la durée de vie du bâtiment.



Les graphiques ci-dessus proposés par un groupement présentent le RSIE sur la rénovation d'un bâtiment en énergie primaire et en émissions de GES pour une durée de vie de 30 ans.

Ainsi le fait de rénover ce bâtiment existant permet de « rembourser » la consommation d'énergie grise en 12 ans et l'émissions de gaz à effet de serre en 15 ans.



3.3 Les offres finales

Lors de la remise des offres finales, les opérateurs précisent leurs engagements contractuels sur la performance énergie-carbone de l'opération et sur les documents qu'ils devront fournir à la personne publique après la signature du contrat. Ces engagements de résultats combinent des engagements substantiels (ex : niveaux de consommation) et des engagements procéduraux (ex : production d'un document établi selon une méthodologie prédéfinie attestant qu'une action a été menée ou des résultats intermédiaires obtenus).

Le tableau ci-dessous présente les engagements substantiels et procéduraux qui doivent être obtenus au stade de la remise des offres finales, selon leurs échéances de mise en œuvre tout au long de la vie du contrat :

Phase du projet	Engagements contractuels
Étape 3.4 : Mise au point du contrat	Engagements substantiels
	En neuf et en rénovation, un objectif de consommation de ressources énergétiques (en kWh _{ep} /m ² .an) pour les postes réglementaires du ou des bâtiments neufs issue de la méthode de calcul établie (Simulation thermique dynamique et/ou calcul réglementaire) doit aussi être exigé.
	En rénovation, cet objectif peut être complété par une exigence d'amélioration des consommations énergétiques globales (postes réglementaires et autres usages tels que parc informatique, équipements de laboratoire, etc.).
	La performance énergétique globale peut être accompagnée d'engagements complémentaires comme ceux proposés p. sur la performance du clos couvert, la performance énergétique en fonction de l'activité du bâtiment, niveau de confort.
	Engagement sur les émissions de gaz à effet de serre (en kg éq.CO ₂) correspondant à l'énergie grise du bâtiment ou du projet immobilier retenu contractuellement sur la base de l'analyse de cycle de vie de l'opération (énergie grise des matériaux, du chantier et de la maintenance) issue de la méthode de calcul établie (logiciels et normes). On distingue deux sous engagements : bilan à mise à disposition, bilan pendant la période d'exploitation.

Phase du projet	Engagements contractuels
Étape 3.4 : Mise au point du contrat	Engagements procéduraux
	Les modalités de mise à jour de l'analyse de cycle de vie du bâtiment, de la simulation thermique dynamique et du calcul réglementaire (fréquence, transparence des données).
	Mesures prises pour réduire l'impact carbone du chantier et de la maintenance en phase exploitation.
	Les modalités de contrôle des engagements contractuels en conception post contractuelle, chantier et exploitation
Étape 4 : Conception post contractuelle (cf. étape 4)	La note de calcul réglementaire finale qui est mise à disposition par l'opérateur aux bureaux de contrôle.
	Si le contrat évoque différentes options pour un matériau ou système, aucune ne devra impacter significativement le bilan carbone global de l'opération par rapport à l'option de base.
	ACV mise à jour
	1 ^{er} audit de conformité des processus en phase conception.
Étape 5 : Réalisation (cf. étape 5)	Transmission du plan d'organisation du chantier.
	La rédaction d'un rapport régulier (mensuel par exemple) d'avancement de chantier qui traite notamment des éléments clés de la performance (pose des isolants, traitement de l'étanchéité à l'air, mesures d'étanchéité, etc.).
	Contrôle de l'étanchéité à l'air (test blower-door) par un organisme agréé. Modalités à définir clairement dans le contrat.
	Transmission du bilan carbone final du chantier à la livraison.
	2 ^{ème} audit de conformité des processus à la réception du bâtiment qui permet de juger si le premier stade de l'engagement carbone a bien été respecté. <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la conformité contractuelle des matériaux et systèmes posés. • Contrôle de la méthode suivie pour réaliser le bilan carbone. • Contrôle de la réalisation de l'analyse de cycle de vie du bâtiment pour la partie conception-construction.
Étape 6 : Exploitation (cf. étape 6)	Mise à disposition de comptes rendus d'exploitation réguliers (annuels par exemple).
	Mise à jour de l'ACV lors des opérations de renouvellement d'équipements ou de matériaux dans le cadre de la maintenance.
	Mise à disposition d'un compte rendu régulier des actions de sensibilisation (annuel par exemple).
	Audits de conformité des processus en exploitation. Possibilité de faire appel de manière prédéfinie ou ponctuellement à un cabinet d'audit spécialisé et indépendant pour vérifier les engagements contractuels : modalités de calcul de la performance énergétique et carbone blanche, ainsi que de l'énergie et émissions grises de la maintenance.

3.4 Le contrat

La synthèse de tous les engagements proposés dans les offres finales puis à inscrire dans le contrat est présentée dans le tableau précédent.

Le contrôle de la tenue de ces engagements suppose dans tous les cas le recours à des conventions de calcul et des outils de modélisation.

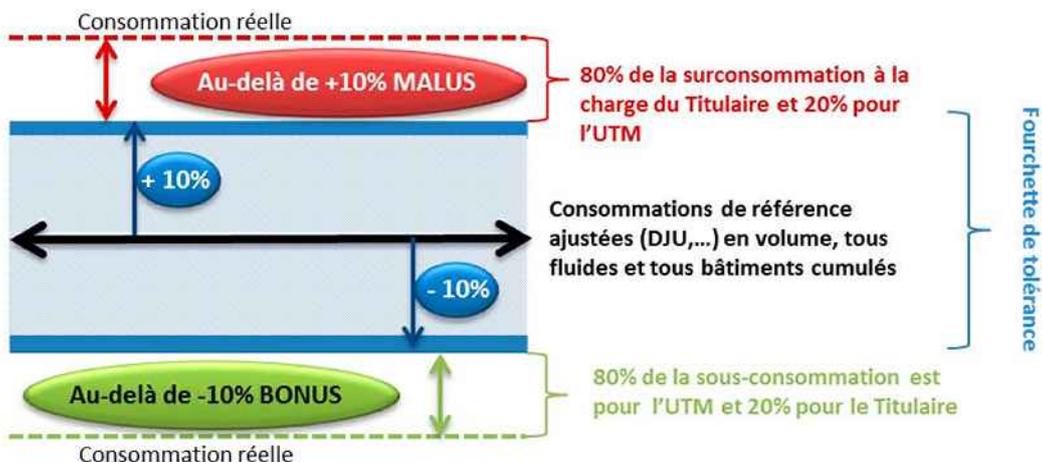
En matière de consommation d'énergie blanche, l'engagement du titulaire porte sur des valeurs seuil définies contractuellement. Il est nécessaire de bien définir dans le contrat les modalités d'ajustement de cette valeur seuil en fonction de variables exogènes (conditions climatique, périmètre du bâtiment et ses conditions factuelles d'utilisation, etc.). Durant la phase exploitation, il sera donc vérifié que les consommations réelles mesurées par des compteurs sont bien inférieures aux valeurs seuils fixées.

En plus des performances à atteindre, le contrat doit également être très précis sur les modalités de contrôle de ces engagements et bien définir qui en a la responsabilité.

Les engagements substantiels sur la consommation d'énergie blanche portent sur les 5 postes réglementaires. Il est important de pouvoir mesurer de façon distincte les consommations réglementaires et celles relatives aux autres usages.

Le dispositif d'engagement énergétique comprend plusieurs paramètres :

- Le principe d'intéressement ou bonus/malus : le tunnel de neutralisation est à déterminer (il est souvent de 10%) de même que la répartition entre titulaire et personne publique en cas de bonus ou de malus. Le schéma ci-dessous illustre le principe mis en place sur l'opération de Toulouse Le Mirail.



- La détermination de la consommation de référence : la consommation de référence doit être basée sur des prévisions au plus proche de la réalité. Ainsi, l'outil le plus pertinent est la simulation thermique dynamique à laquelle on viendra appliquer des facteurs prenant en compte le rendement des installations de production et de distribution de chauffage. L'existence de mesures de consommations d'énergie dans l'existant est primordiale pour comparer les simulations à la réalité notamment sur les consommations d'électricité qui alimentent de nombreux postes (ventilation, éclairage, bureautique, ascenseurs, etc.) De plus, un facteur de correction supplémentaire peut être appliqué afin de prendre en compte un usage imparfait du bâtiment. Le fait de prendre en compte des cas raisonnables de dérives d'usage permet de limiter les ajustements par la suite.
- L'ajustement de la consommation de référence : on trouvera obligatoirement la correction annuelle en fonction de la rigueur climatique (DJU de l'année). Les autres cas d'ajustement doivent être clairement encadrés et limités aux modifications de périmètre ou d'hypothèses prises dans la définition de la consommation de référence (modification du périmètre de prestations, temps d'occupation des bâtiments, modification de l'activité hébergée, changement des températures de consigne, etc.) Toute modification ne doit pas entraîner un ajustement automatique mais faire l'objet d'une rencontre du titulaire et de la personne publique afin d'évaluer au préalable l'impact sur les consommations d'engagement.

En matière d'émissions carbone liées à l'énergie grise, les engagements sont basés sur les résultats de l'analyse de cycle de vie du projet retenu contractuellement. Le prestataire s'engage alors sur une quantité d'émissions de GES pour chaque étape du cycle de vie : fabrication, transport et mise en œuvre des matériaux, maintenance et démolition. Cet engagement peut se subdiviser en deux parties : la première relative à la construction contrôlée à la mise à disposition du bâtiment, l'autre relative à la période d'exploitation avec un suivi selon un rythme à déterminer (annuel, quinquennal) lié aux opérations couvertes (GER et maintenance).

Il n'y a bien sûr pas de compteur des émissions carbone, leur calcul repose entièrement sur des conventions. Celles-ci permettent d'établir et contrôler les engagements et doivent être définies précisément dans le contrat à défaut d'être déjà réglementairement définies (notion d'engagements procéduraux). La personne publique doit se donner les moyens de vérifier par des audits effectués au bon moment que ces conventions contractuellement définies ont bien été respectées (audits en phase conception, réalisation et exploitation). Les audits de conformité des processus ne vérifient pas les chiffres produits. Ils vérifient que les méthodes annoncées ont bien été mises en œuvre de manière honnête et rigoureuse, ce qui permet d'attester de la fiabilité des chiffres obtenus.

L'enjeu lors de la réalisation du contrat est de rédiger les clauses relatives à la performance énergie-carbone de manière à éviter toute dérive de cette performance après la contractualisation.

- Ainsi, si le contrat comporte des options pour différents matériaux, systèmes constructifs ou énergétiques, on veillera à ce qu'aucune option ne vienne impacter significativement le bilan carbone global de l'opération.
- Ce bilan carbone portant sur toute la durée de vie du bâtiment, y compris l'exploitation, le contrat doit également permettre d'éviter les dérives lors de l'entretien-maintenance du bâtiment. Les systèmes et matériaux de remplacement devront être à performance énergétique et carbone équivalentes ou supérieures par rapport à ceux d'origine.
- Une attention particulière doit enfin être portée au risque de dérive de cet engagement qui se situe au niveau de l'écart entre performance conventionnelle et performance réelle. Cet écart peut être dû à la prise en compte de la rigueur climatique, de la superficie, des usages autres que réglementaires, des conditions d'utilisation et du comportement des usagers.



Étape 4 : Conception post contractuelle

La conception se poursuivant au-delà de l'engagement contractuel, la personne publique a intérêt à avoir suffisamment verrouillé les engagements contractuels en termes de consommations énergétiques et d'émissions de GES blanches et grises.

Durant cette étape, l'enjeu pour la personne publique sera donc de contrôler le respect des engagements contractuels concernant la performance énergétique du ou des futurs bâtiment(s) et leur analyse de cycle de vie à un stade où cette vérification ne peut s'opérer que sur des modélisations théoriques mettant en œuvre des conventions de calcul. Ces vérifications ne pourront avoir une portée que si le contrat a fixé les méthodes et conventions selon lesquelles ces calculs seraient effectués :

- soit en se référant aux textes réglementaires qui les définissent ;
- soit en les définissant dans une Annexe au contrat (d'où l'importance des engagements procéduraux évoqués à l'étape précédente).



4.1 Suite de la conception initiée pendant le dialogue compétitif

Après la contractualisation où le projet en est généralement à un stade APD, la conception se poursuit par les phases PRO/DCE. Le candidat lauréat met à jour l'ensemble des documents fournis à la personne publique lors de la contractualisation (calcul réglementaire, simulation thermique dynamique, ACV, etc.)



4.2 Modalités de contrôle des engagements contractuels en phase conception

La personne publique vérifie que l'ensemble des documents mis à jour respectent toujours les engagements contractuels. Pour ce faire, elle s'appuie sur les compétences de son APP technique mais peut également recourir à un cabinet d'audit compétent indépendant.

Si le projet fait l'objet d'une certification HQE et que les exigences énergie-carbone y sont intégrées, l'auditeur HQE peut également jouer un rôle dans le contrôle des préoccupations environnementales.

Pour la certification HQE dans les PPP, la personne publique est maître d'ouvrage lors de l'audit en phase programmation, alors que c'est le partenaire privé pour les stades conception-réception.

Attention, la personne publique doit vérifier que les résultats annoncés par le partenaire privé respectent les engagements contractuels (substantiels et procéduraux) mais elle n'a pas vocation à vérifier les moyens mis en œuvre pour y arriver. Elle doit veiller à ne pas se placer en situation d'immixtion et donc de partage de responsabilités.

Le calcul réglementaire

Pour vérifier l'atteinte des objectifs de consommations énergétiques et émissions GES blanches, la personne publique doit exiger le calcul réglementaire. Il représente la preuve de l'atteinte de la performance énergétique absolue en phase conception. Il permet à la personne publique de vérifier le niveau de consommation d'énergie des postes réglementaires et les émissions de gaz à effet de serre associées. Cette note permet aussi de vérifier les matériaux et les systèmes retenus finalement en phase conception. La personne publique peut exiger contractuellement la dernière version de la note de calcul réglementaire, celle qui est fournie au bureau de contrôle ou à l'organisme certificateur dans le cadre d'une opération labellisée et/ou certifiée (BBC, HQE, H&E, etc.).

L'analyse de cycle de vie

Pour vérifier l'atteinte des objectifs de consommations énergétiques et émissions GES grises, la personne publique doit exiger l'ACV mise à jour selon les outils et méthodes contractuellement définis.

Contrôler la cohérence des données utilisées dans le calcul réglementaire et l'ACV est également un moyen efficace de vérifier l'intégrité des calculs (matériaux et systèmes identiques, hypothèses, scénarii d'occupation, etc.)



4.3 Décliner les engagements contractuels dans les CCTP à destination des entreprises

Afin de respecter au plus près les engagements contractuels énergie-carbone, les CCTP devront être très précis quant à la performance des matériaux et systèmes à employer et quant aux procédures à suivre en phase de chantier.

Pour les systèmes énergétiques, il est nécessaire de clairement préciser les consommations attendues à l'usage pour éviter toute mauvaise surprise (consommation de la ventilation par exemple).

Concernant l'énergie grise des matériaux, il devra être clairement inscrit dans les CCTP que les entreprises devront fournir les FDES ou PEP de chaque produit utilisé au moins pour les indicateurs énergie primaire totale, énergie primaire renouvelable, énergie primaire non renouvelable et réchauffement climatique. Si la donnée n'est pas disponible, l'opérateur devra alors appliquer une valeur générique par défaut au produit concerné.

Les CCTP devront également comporter les exigences concernant les démarches de chantier propre, bilan carbone de chantier et étanchéité à l'air. Toutes ces démarches nécessitent du temps supplémentaire et doivent donc être comptabilisées en temps et rémunérées.

Étape 5 : Réalisation



Le chantier est une étape clé tant au niveau de la performance énergétique des bâtiments que de l'impact des consommations grises du chantier et des matériaux. Il s'agira pour l'opérateur de mettre en place une démarche de qualité de la mise en œuvre des matériaux et systèmes, et pour la personne publique de vérifier que ces matériaux et systèmes soient bien conformes au projet qui a fait l'objet d'engagements contractuels.

5.1 Étape de déconstruction

Dans le cas de chantiers impliquant une partie de déconstruction, celle-ci devra être intégrée au bilan carbone du chantier, même si elle est temporellement distincte du reste de l'opération.

Une démarche de déconstruction sélective permettra de réduire l'impact carbone du chantier si les déchets sont évacués vers des filières de traitement adaptées.



5.2 Suivi de la qualité de mise en œuvre du chantier

Charte chantier propre (ou vert)

La mise en œuvre d'une procédure chantier propre vise à assurer :

- la mise au point de l'organisation de chantier avec l'entreprise générale ou titulaire du lot principal,
- la mise au point de la communication de chantier,
- la sensibilisation des entreprises,
- la vérification de la qualité de la mise en œuvre des matériaux et systèmes,
- le respect de règles communes sur le tri des déchets et la propreté du chantier.

Démarche « étanchéité à l'air »

Une démarche « étanchéité à l'air » implique :

- pour les constructions neuves, un souhait d'atteindre l'exigence minimale de $0,6 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ de parois déperditives sous 4 Pa pour le logement, $1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ pour les bâtiment collectif d'habitation et $1,7 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ pour le tertiaire. Ce dernier seuil n'est pas suffisamment contraignant pour réellement garantir une bonne mise en œuvre. Dans le cadre de projets énergétiquement ambitieux, il est plus judicieux de viser au-delà de la réglementation un niveau de $0,6$ à $1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ de parois déperditives sous 4 Pa.
- a minima deux mesures d'infiltrométrie devront être effectuées par bâtiment :
 - une fois la mise hors d'eau-hors d'air et avant les finitions pour pouvoir réagir.
 - une fois le bâtiment livré pour vérifier le niveau d'étanchéité final.
- La vérification de la qualité de mise œuvre des isolants avec des mesures par caméra Infra-Rouge.

Le test d'étanchéité est réalisé sous la responsabilité de l'entreprise titulaire dans le cadre de sa démarche qualité pendant le chantier pour une vérification intermédiaire, et par un bureau de contrôle indépendant et habilité à la réception du bâtiment.

Sur les opérations de grande envergure comptant de multiples bâtiments, il peut être intéressant de mener une démarche d'amélioration avec un chantier pilote comme support expérimental pour mettre au point les savoir-faire.

Vérification des matériaux posés

C'est l'opérateur, titulaire du PPP, qui est garant de la conformité de l'énergie grise des matériaux avec ce qui a été contractualisé. Il doit donc vérifier avec soin la correspondance entre les matériaux posés par les entreprises et les exigences inscrites dans les CCTP. Il vérifiera le contenu carbone des matériaux et de leur transport.



5.3 Suivi du bilan carbone de chantier

Le Bilan Carbone appliqué à un chantier permet de quantifier les émissions carbone globales pour les postes suivants : énergie, matériaux, fret, déplacements, déchets directs, et immobilisations (matériel). La comptabilisation de l'ensemble des données permet d'évaluer les performances carbone de la phase de construction.

Les données suivantes sont à récupérer par l'opérateur dans le but de la réalisation du bilan carbone de chantier :

- Consommations d'énergie : relevés de compteur, monitoring
- Consommations de carburant des machines et engins sur le chantier
- Déplacements des personnels de chantier : relevés des déplacements pour chaque entreprise
- Traitement des déchets de chantier

Plus le tri sur site et la sélection des filières de traitement sont optimisés dans un objectif de valorisation des déchets générés, plus faibles seront les consommations d'énergie grise liées au chantier. C'est pourquoi il est important d'agir sur la prévention de production, mais aussi sur le tri sur site. L'inventaire des déchets générés sur site, en termes de catégories de déchets du bâtiment et de masses, va permettre de quantifier les émissions carbone issues de leur évacuation vers les centres de traitement adéquats.

Mener un bilan carbone de chantier nécessite de la rigueur de la part de chaque entreprise, tant la récolte d'information fait appel à tous les intervenants du chantier. Nommer un responsable bilan carbone par entreprise peut être un élément facilitateur.



5.4 Modalités de contrôle des engagements contractuels en phase travaux

Documents transmis par le titulaire à la personne publique durant le chantier

En l'absence de méthode réglementaire, le contrôle des engagements contractuels en phase chantier ne peut reposer que sur les engagements procéduraux prévus au contrat. Ceux-ci peuvent combiner :

- *Avant démarrage du chantier, la fourniture d'un document méthodologique précis* : il peut être prévu que le partenaire privé, qui assure entièrement la maîtrise d'ouvrage, transmette au partenaire public, avant la réalisation de l'équipement public, le plan d'organisation du chantier.
- *Pendant le déroulement du chantier, des points intermédiaires périodiques* : des réunions spécifiques de suivi peuvent également être prévues entre la personne publique et l'opérateur, des bilans intermédiaires de chantier pouvant être présentés à ces occasions.

Le contrat peut également imposer au partenaire privé de rédiger un rapport mensuel de l'avancement des travaux adressés au partenaire public. Ce rapport pourra contenir un bilan carbone intermédiaire du chantier et les résultats des tests d'étanchéité à l'air intermédiaires (pouvant être réalisés par le titulaire). Le contrat devra être très précis sur la liste des éléments à fournir au partenaire public et la fréquence de transmission.

En fin de chantier, un bilan comparant les consommations d'énergie et/ou émissions de gaz à effet de serre réelles aux engagements contractuels substantiels correspondants devra être produit selon les conventions contractuellement définies.

Contrôle externe final de la phase réalisation

Le titulaire ou la personne publique missionne un auditeur externe et indépendant des deux parties signataires du contrat, sur la base d'un cahier des charges techniques. Ce cahier des charges doit lister l'ensemble des points de contrôle fixés préalablement dans le contrat, relatifs à la performance énergie-carbone. Le contenu du cahier des charges ainsi que le choix de l'auditeur externe et indépendant sont réalisés en accord entre les deux parties. Le contrat de partenariat devra prévoir les modalités de réalisation de ce contrôle externe, notamment qui a la charge de missionner l'auditeur.

Pour plus d'informations sur les prestations de contrôle en construction, cf. « Les prestations de contrôle en construction » chapitre 1.3 de la boîte à outils.

Le rapport d'audit certifie que les conventions de calcul et méthodologies convenues ont bien été régulièrement mises en œuvre, et que les chiffres produits sont sincères et véritables au regard de ces engagements contractuels :

- Conformité des matériaux et équipements climatiques posés par rapport à ceux utilisés dans les logiciels de simulation en termes de performance thermique et d'énergie/émissions grises,
- Données récoltées pour établir le bilan carbone de chantier,
- La mesure finale d'infiltrométrie à réception du chantier,

- Traçabilité du traitement des déchets de chantier
- Utilisation du ou des logiciels et bases de données contractuellement retenus conforme aux règles de l'art.

Ces différents contrôles permettent alors de vérifier la conformité des engagements sur la performance carbone jusqu'à la réception du bâtiment :

- Le bilan carbone de chantier final
- L'ACV mise à jour avec les matériaux et les résultats du bilan carbone de chantier

Pour vérifier le bilan carbone de chantier et l'ACV mis à jour, la personne publique et le titulaire pourront s'appuyer sur un organisme auditeur indépendant et/ou à nouveau sur l'auditeur HQE dans le cadre de l'audit au stade réalisation.

Le ou les rapports d'audit correspondants doivent alors être remis par le titulaire à la personne publique aux échéances prévues.

Dans le cas où une exigence est prévue sur le niveau d'étanchéité à l'air, il sera nécessaire de réaliser un test au moment de la livraison pour confirmer la valeur retenue dans les notes de calcul et pour vérifier la conformité du bâtiment sur cet élément technique. Comme mentionné précédemment, il est important de mettre en place des méthodes de mise en œuvre, ainsi que des tests plus tôt dans le processus de réalisation afin d'éviter une non-conformité sur cet aspect, car il est souvent difficile de trouver des solutions techniques peu onéreuses et efficaces à ce stade.

5.5 Livraison

Documents spécifiques à produire

Afin de soigner la transition vers l'exploitation du bâtiment, des documents à destination des usagers des équipes de maintenance devront être produits :

- Le carnet d'entretien-maintenance
Le carnet d'entretien s'adresse au responsable et gestionnaire (ou exploitant) de l'ouvrage pour lui permettre de maintenir l'ouvrage en bon état et détecter les usures et détériorations prévisibles. Il permet également de maintenir la performance énergie-carbone de l'ouvrage en maintenant la performance énergétique des systèmes et le faible impact carbone des équipements et matériaux mis en œuvre dans le cadre de la maintenance et du GER.

- Le carnet de vie des bâtiments à destination des usagers

Ce carnet destiné aux usagers sert à expliquer le fonctionnement du bâtiment et ses caractéristiques environnementales. Il est un des supports privilégiés pour faire le lien entre ce qui a été prévu en conception, les gestionnaires du contrat (côté entreprise et côté personne publique) et les usagers.

Commissioning¹⁵

Les bâtiments performants sont complexes et leurs systèmes hautement interactifs. Cette interactivité accrue, ajoutée à l'omniprésence de systèmes de contrôle perfectionnés, se répercute sur le fonctionnement général du bâtiment de telle façon que des problèmes apparemment négligeables peuvent nuire considérablement à son rendement.

Même si tout le soin voulu a été apporté à la conception du bâtiment, si les systèmes, l'équipement et les matériaux ne sont pas installés et exploités comme prévu, le bâtiment ne fonctionnera pas correctement et son bilan énergétique et carbone en pâtira.

La démarche de commissioning garantit l'atteinte en exploitation des performances programmées en conception.

À la livraison du bâtiment, l'opérateur devra s'assurer du bon fonctionnement des systèmes énergétiques (par exemple le bon équilibrage du système de ventilation, la bonne gestion des ambiances intérieures par la GTB, etc.)

Cette vérification peut s'insérer dans une démarche de commissioning où l'on réalise des tests de performance et de fonctionnement sur les postes suivants :

- les systèmes de ventilation, climatisation, chauffage,
- la gestion technique du bâtiment (contrôle et régulation),
- les réseaux d'eau,
- les systèmes électriques,
- l'enveloppe thermique.

Pour en savoir plus, cf. Guide de commissioning des nouveaux bâtiments de CanmetÉNERGIE.

¹⁵ Cf. Guide de commissioning des nouveaux bâtiments de CanmetÉNERGIE, téléchargeable sur http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fichier.php/codectec/Fr/2010-039/RNCan_Guide_Cx.pdf

Étape 6 : Exploitation



La vérification des performances en phase exploitation est le cœur de la démarche énergie-carbone dans un contrat de partenariat.

6.1 Contrôle/mesure

Pour suivre en continu l'exécution de la partie énergétique du contrat de partenariat, selon les critères contractuels de confort, de consommation et de qualité de maintenance, il convient d'avoir fixé au préalable les moyens de contrôle. La pratique du suivi des contrats de performance énergétique met en évidence la difficulté d'ajuster le curseur entre simplicité et fiabilité pour l'élaboration des indicateurs de bonne exécution du contrat. Sa garantie repose sur un volume d'économie qui ne se mesure pas directement. Il faut donc le reconstituer à partir de la consommation effective et de la consommation de référence ajustée.

La qualité et le coût des données sont donc au cœur du PPP. Le prestataire est en effet tenté de multiplier les compteurs et les points de mesure pour maîtriser son risque. La collecte et l'analyse des informations représentent alors un coût. De plus, l'information brute ne suffit pas toujours comme le démontre la logique de la consommation de référence ajustée.

Pour que la finalité de l'évaluation soit une économie et non un surcoût, il convient de questionner la place des outils informatiques, des composants de mesure automatique tels que les capteurs et la fréquence des contrôles du système d'évaluation :

- **Systèmes d'information** : L'évaluation doit s'appuyer sur un système d'information dont l'architecture doit être conçue pour éviter les doubles saisies et faciliter les éditions de tableau de bord de suivi énergie-carbone. Il faut également veiller à ce que la solution « logiciel » soit suffisamment ouverte et simple pour être utilisée par un autre prestataire.
- **Périodicité des contrôles** : La périodicité des remontées d'information, des enquêtes ou des visites est à ajuster en fonction de la sensibilité et de la latence de l'indicateur.
- **Système de mesure** : L'installation de capteurs tels que des sondes de température ou des compteurs d'énergie constituent un progrès certain du point de vue de l'accessibilité à l'information. Cette avancée a cependant un coût, le compteur coûtant de 500 à 1000 € par unité installée. Sa pose est donc à décider à l'aune du bilan économique et du risque de dérive par rapport à l'objectif. Pour des économies sur l'éclairage, il est par exemple judicieux de s'appuyer sur des valeurs type de consommation à l'heure de fonctionnement plutôt que d'installer du comptage.

La base du système de remontée d'information doit reposer sur une gestion technique centralisée (GTC) ou sur une gestion technique de bâtiment (GTB). La GTB est un système électronique et numérique permettant de gérer les équipements techniques du bâtiment. La GTB est composée d'automates, et autres concentrateurs numériques de fonctions tels que régulations de températures, gestions des périodes d'inoccupation, renvois d'alarmes ou de scénarios prévus, détection incendie, etc. La supervision s'effectue au niveau d'un poste de contrôle ou à distance.

La GTB est le niveau supérieur de la GTC dite Gestion Technique Centralisée, qui gère particulièrement les équipements de confort (chauffage, climatisation, traitement de l'air, éclairage), par distinction des autres équipements de sécurité. GTC ou GTB sont des systèmes particulièrement adaptés à des bâtiments tertiaires.

Pour d'avantage de renseignements, cf. [chapitre 2.11](#) de la boîte à outils.

ATTENTION : un suivi précis nécessite d'avoir une conception et une mise en œuvre des réseaux (électriques et hydrauliques) fines pour pouvoir faire des comptages poste par poste.

Les méthodes mises en place pour mesurer et vérifier les performances des actions d'améliorations s'appuient sur de l'instrumentation et sur des procédures qualité. Il est possible, le cas échéant, de s'appuyer sur le protocole de mesure et de vérification (International Performance Measurement and Verification Protocol) qui a été développé pour les contrats de performance énergétique.

La personne publique peut imposer ce protocole dans le but de normaliser la mesure, et dans le cadre de la rénovation, d'avoir une comparaison dans des conditions identiques entre l'état de référence et le patrimoine rénové.

IPMVP : International Performance Measurement and Verification protocol

Géré par l'association EVO (organisation non gouvernementale à but non lucratif), ce protocole est diffusé gratuitement et donc accessible à tous. Le protocole IPMVP permet d'ajuster la période de référence mesurée en intégrant des corrections liées au niveau de service (modification incluse dans le contrat et à la charge du groupement) et aux conditions de fonctionnement (météo, superficie et conditions d'utilisation, comportement des usagers).

Un ajustement de la situation de référence, base de comparaison, est alors possible.

Pour en savoir plus, cf. [chapitre 2.1](#) de la boîte à outils et [Annexe 13](#) pour le contenu détaillé du protocole IPMVP.

6.2 Sensibilisation

Dans l'efficacité énergétique, la question des usages est centrale et c'est par la proximité entre gestionnaire et occupants que les gisements pourront développer leur potentiel. Même si les actions du PPP reposent sur les normes constructives les plus exigeantes pouvant conduire à une rupture technologique, il convient d'anticiper et d'accompagner les changements organisationnels et sociaux indissociables d'une approche globale de l'efficacité énergétique en appliquant plusieurs règles :

- Organiser la concertation avec les usagers le plus en amont possible,
- Expliquer plus largement aux utilisateurs les enjeux en impliquant les comités techniques paritaires et les commissions consultatives des services publics locaux,
- Clarifier les objectifs et les incitations adossées aux performances réalisées,
- Faire participer l'utilisateur en le mettant au centre des préoccupations,
- Informer l'utilisateur pour pérenniser sa contribution aux résultats,
- Accompagner les investissements par de l'accompagnement aux utilisateurs et par des actions de sensibilisation pendant toute la durée du contrat de performance énergétique.

Plus d'information sur les actions de sensibilisation au [chapitre 2.10](#) de la boîte à outils.

Cette démarche peut être articulée à des projets pédagogiques. Informer et motiver les usagers (étudiants, enseignants, chercheurs, personnels administratifs) représente par ailleurs un levier important. L'intéressement des entités par une redistribution à leur budget d'une partie des bonus contractuels en cas de dépassement des objectifs contractuels de consommation constitue aussi une piste d'incitation à explorer. La maîtrise de l'information est donc vitale dans l'efficacité énergétique, à la fois dans sa collecte, mais aussi dans sa restitution vers les utilisateurs et vers les décideurs.

Il devra être clairement indiqué dans le contrat la répartition des responsabilités en matière d'actions de sensibilisation. Celle-ci est en effet partagée entre la personne publique par l'intermédiaire de sa politique de développement durable par exemple et l'opérateur sur des actions très ciblées touchant aux consommations énergétiques du ou des bâtiments inclus dans le périmètre du PPP.

Obligation de moyen minimal

- Actions de sensibilisation des usagers pour une appropriation du bâtiment et de ses équipements.
- Mise à disposition d'un carnet de vie/guide d'utilisation du bâtiment en lien avec les travaux de rénovation ou les équipements de bâtiment neuf.
- Plan d'amélioration des comportements
- Campagne d'affichage des consommations

Actions ciblées optionnelles

- Soit sur un thème d'intérêt général tout public confondu (pc informatique, mise en œuvre de logiciel de veille, etc.).
- Soit des actions vers les laboratoires et leurs équipements spécifiques (hotte chimie, calculateur pc informatique, etc.).

6.3 Maintien des performances énergie-carbone en exploitation

Plan prévisionnel d'entretien et de maintenance ou Carnet d'entretien

Le carnet d'entretien s'adresse au responsable et gestionnaire (ou exploitant) de l'ouvrage pour lui permettre de maintenir l'ouvrage en bon état et détecter les usures et détériorations prévisibles.

Son objectif est quadruple :

- lister les interventions à effectuer ainsi que leur périodicité,
- mettre l'accent sur l'entretien particulier que nécessitent certains éléments ou appareillages concernant la sécurité incendie,
- offrir un cadre de clauses contractuelles applicables aux marchés d'entretien et d'exploitation du bâtiment,
- anticiper les évolutions des exigences et les solutions qui peuvent être apportées.

Le suivi de la performance énergie-carbone doit complètement intégrer la maintenance. Lors de l'entretien d'un système énergétique ou le remplacement d'un matériau, la performance énergétique blanche et l'impact carbone gris doivent être pris en compte. Pour chaque produit, le carnet d'entretien-maintenance devra préciser l'impact énergie-carbone sur l'ensemble de la durée de vie que devra respecter celui-ci et donc son éventuel remplaçant.

Si le produit est remplacé plus tôt que prévu, le défaut de fréquence devra être enregistré et l'analyse de cycle de vie du bâtiment modifiée en conséquence.

Commissioning

Dans le même esprit, le commissioning initié à la réception du bâtiment se poursuit pendant son exploitation. Il doit être particulièrement méticuleux pendant la première année d'exploitation. Des tests saisonniers tout au long de l'exploitation permettent de continuer à surveiller le bon fonctionnement et le rendement des installations.



6.4 Modalités de contrôle des engagements contractuels en phase exploitation

Organisation de la personne publique

Désigner un (ou une équipe) responsable interne à l'université qui suit la phase exploitation. Les compétences requises pendant les phases de conception-réalisation doivent être en partie maintenues afin de pouvoir vérifier la tenue des engagements contractuels à toutes les échéances prévues et appliquer les dispositifs incitatifs du contrat : pénalités ou bonus.

Bilan annuel d'exploitation

Des bilans réguliers doivent permettre de suivre les résultats du contrat de partenariat. C'est pourquoi, il y a lieu de définir au préalable :

- La fréquence des mesures,
- La fréquence des rapports sommaires (au minimum 1 par facture),
- La structure des tableaux de bord,
- Le contenu du rapport annuel d'exploitation.

Un rapport annuel d'exploitation est rendu obligatoire par l'article R1414-8 du Code Général des Collectivités Territoriales en cas de recours au contrat de partenariat. Les universités ne sont pas directement concernées mais cet article donne un bon aperçu de ce que doit contenir un bilan annuel d'exploitation. Il stipule qu'une synthèse des données comptables, économiques et financières doit être transmise à l'exécutif de la collectivité dans les quatre mois suivant la fin de la période retracée par le rapport. Il comprend donc la ventilation par site des consommations d'énergie, des travaux et des interventions de maintenance.

- 1** Données économiques et financières,
- 2** Consommations d'énergie,
- 3** Bilan énergétique et environnemental,

- 4 Analyse du compte travaux et modifications,
- 5 Exploitation-maintenance et satisfaction des utilisateurs.

Cf. Annexe 11 pour le détail de chaque partie.

Contrôle externe

Comme en période de chantier, la personne publique peut avoir intérêt à prévoir, pendant la période d'exploitation la possibilité d'audits des dispositifs et procédures contractuelles.

Un prestataire peut être sollicité à une fréquence définie contractuellement ou ponctuellement afin de vérifier :

- Les performances énergie et carbone blanches : fiabilité du système de mesures, de l'instrumentation, de la GTC, des calculs de conversion en émissions de GES.
- L'énergie et les émissions grises : contrôle des matériaux et systèmes changés en maintenance et de leur conformité avec le plan de maintenance et l'ACV (nature, fréquence).

Cf. chapitre 1.3 de la boîte à outils.

3



BOÎTE À OUTILS

1 Les outils transversaux, une double approche énergie grise et énergie blanche	97
2 Énergie blanche	109
3 Énergie grise	133

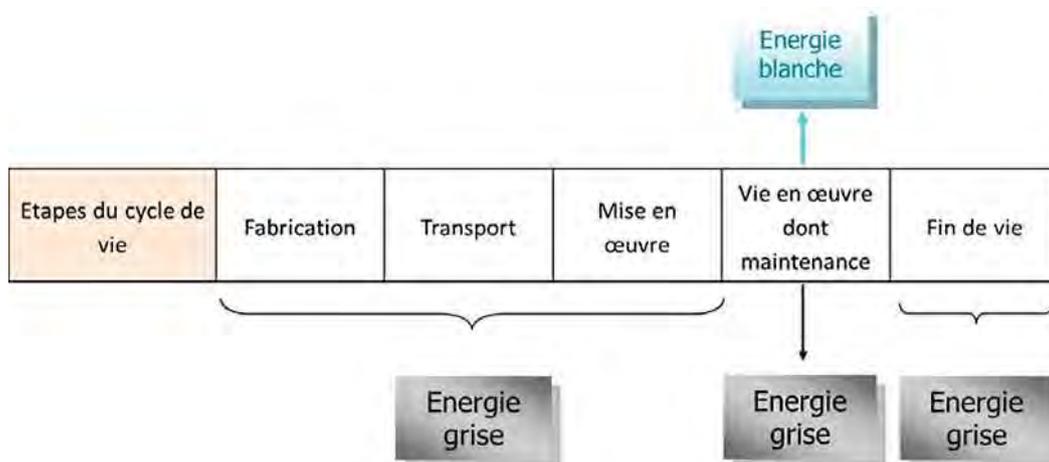
La démarche énergie-carbone proposée dans ce guide comprend divers outils et méthodes à utiliser à différentes étapes du projet. Le schéma ci-dessous reprend les différents types d'outils en fonction de leur rôle et de l'acteur auquel il est destiné.



Ainsi pour la personne publique, il existe des outils pour déterminer la situation de référence, fixer les objectifs de performance, évaluer les propositions des candidats et contrôler les engagements contractuels.

Les opérateurs quant à eux ont besoin d'outils pour éventuellement déterminer la situation de référence (en complément de la personne publique), concevoir les bâtiments, suivre le chantier puis gérer l'entretien/maintenance des constructions.

Avant de dérouler la démarche énergie-carbone dans les contrats de partenariat, cette partie présente les différents outils qui sont susceptibles de répondre aux besoins de la démarche. Ces outils sont classés par thématique : outils transversaux, énergie blanche, énergie grise des matériaux et énergie grise du chantier.



1 Les outils transversaux, une double approche énergie grise et énergie blanche

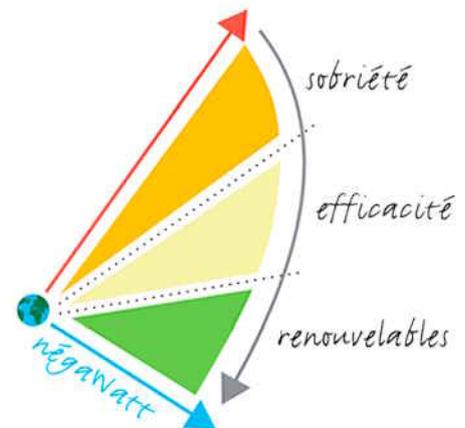
1.1 Démarche « Négawatt »

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter les consommations énergétiques superflues par une conception intelligente
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 3 : Conception en dialogue compétitif • Étape 4 : Conception post contractuelle

Le Watt étant une unité de puissance, le négawatt quantifie une puissance «en moins», c'est-à-dire la puissance économisée par un changement de technologie ou de comportement.

La démarche NégaWatt, instaurée par l'association du même nom, se décline en 3 temps :

- la sobriété énergétique, qui consiste à supprimer les gaspillages et les besoins superflus,
- l'efficacité énergétique, qui permet de réduire les consommations d'énergie pour un besoin donné,
- les énergies renouvelables, qui répondent à nos besoins énergétiques avec un faible impact sur notre environnement et une gestion décentralisée.



Cette démarche est également valable pour les confort acoustique, visuel, olfactif ou encore la qualité de l'air... Une disposition architecturale bien pensée permet d'éviter de recourir à des systèmes ou matériaux supplémentaires.

Appliquée au bâtiment, cette démarche consiste à penser la conception architecturale de manière à éviter toute consommation d'énergie supplémentaire. Il s'agit de ne pas consommer grâce à une bonne conception. Cette logique s'applique aussi bien pour la réduction des consommations d'énergies blanches (conception bioclimatique) que grises (favoriser le décloisonnement, la mutualisation de locaux pour consommer moins d'espaces par exemple).

Pour aller plus loin, cf. www.negawatt.org.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ► Permet de limiter les consommations à moindre coût
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Ne fonctionne réellement que si la démarche est initiée dès le début du projet et pas en cours de route

1.2 L'analyse de cycle de vie et ses logiciels

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter les consommations énergétiques superflues par une conception intelligente
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 3 : Conception en dialogue compétitif • Étape 4 : Conception post contractuelle

L'analyse de cycle de vie permet de fournir une évaluation globale des impacts environnementaux. L'évaluation se fait selon le cas sur tout le cycle de vie (« du berceau à la tombe ») ou sur une section du cycle de vie (variable suivant les bases de données). Elle s'appuie généralement sur des logiciels qui utilisent des bases de données complètes sur les matériaux, les modes de fabrication et les ressources nécessaires et cela tant au niveau de la mise en œuvre (construction du bâtiment) qu'au niveau de son utilisation (gestion, entretien, maintenance). Cette méthode est de plus en plus répandue dans le secteur de la construction.

La norme XP P01-020-3

La norme XP P01020-3 (Définition et méthodes de calcul des indicateurs environnementaux pour l'évaluation de la qualité environnementale d'un bâtiment - Juin 2009) concerne l'évaluation des performances environnementales d'un bâtiment. Ce projet de norme porte sur la méthodologie d'évaluation des performances environnementales et sanitaires des bâtiments en énonçant des recommandations relatives au processus d'évaluation et définit les indicateurs. Cette norme permet à l'ensemble des acteurs du bâtiment d'adopter des règles de calcul communes pour évaluer la qualité environnementale d'un bâtiment sur l'ensemble des étapes de son cycle de vie. Elle s'appuie, pour la contribution des produits de construction, sur les FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire des produits de construction) conformes à la norme NF P 01 010.

La norme XP P010-020-3 (voir § 1.1) définit quatre processus majeurs liés à l'évaluation environnementale d'un ouvrage, comme suit¹⁶ :

- **Mise à disposition du bâti** (construction/réhabilitation et démolition) : processus liés aux opérations de construction, réhabilitation et déconstruction des bâtiments. Ils incluent également les processus amont liés à la mise à disposition des produits et matériaux de construction. Ces processus incluent aussi les procédés de gestion des déchets de chantier, les processus de préparation du site avant construction et de remise en état du site en fin de vie du bâtiment.
- **Fonctionnement du bâtiment** : processus permettant d'assurer le fonctionnement (pour un usage conforme au programme) d'un bâtiment quelle que soit l'activité dont il est le support. Il s'agit notamment de processus de chauffage, refroidissement, ventilation et auxiliaires, production d'eau chaude sanitaire, éclairage des locaux ainsi que l'entretien et la maintenance. Les flux liés à ces processus ne peuvent être estimés qu'en tenant compte de l'activité dont le bâtiment est le support.
- **Activité dont le bâtiment est le support** : Outre les processus de fonctionnement, le bâtiment est le support d'autres activités. Ces processus sont spécifiques à chaque bâtiment.
- **Déplacements des personnes** : Ces processus sont ceux liés aux différents transports des usagers.

Depuis 2012, la norme EN 15978 (Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul) s'est substituée à la XP P010-020-3, les mêmes principes y sont décrits, avec une idée d'harmonisation des méthodes à l'échelle européenne.

L'unité fonctionnelle

Le choix de l'unité fonctionnelle au cours d'une ACV est une étape essentielle, qui permet de définir les bases sur lesquelles vont être comparés différents projets. Dans le cas d'un bâtiment, cette unité fonctionnelle recouvre de nombreux aspects, notamment : une quantité, par exemple la surface utile : l'unité fonctionnelle peut correspondre au bâtiment entier, ou être ramenée à 1 m² de surface utile de manière à comparer le projet à des références.

La norme XP P01-020-3 remplace quant à elle la notion d'unité fonctionnelle par celle d'unité de référence et de description du système.

¹⁶ Extrait du paragraphe 6.3.2 de la norme

La durée de vie

La durée de vie d'un produit ou d'un bâtiment est un élément important dans une ACV. Elle est liée à l'étape « phase d'usage » du cycle de vie. Pour les produits, on parle de DVT (Durée de Vie Typique). La définition de la durée de vie de l'ouvrage est importante puisqu'elle conditionne le nombre de fois où seront prises en compte les émissions annuelles d'exploitation ainsi que les opérations de maintenance, entretien, réhabilitation et renouvellement des équipements (durée d'étude de référence).

Si la durée de vie d'un matériau (exemple : bardage) est plus courte que la DVT du bâtiment considéré, il faudra intégrer dans l'analyse le remplacement du bardage et donc considérer une quantité plus importante de matériau.

La durée de vie programmée (DVP) sera retenue pour calculer les émissions carbone d'un bâtiment. Elle correspond à la durée de vie du bâtiment spécifiée dans le programme (durée de vie de conception). Si cette information n'est pas disponible, la durée de vie choisie pour le calcul de structure pourra être retenue. De plus le calcul des diverses consommations liées à la phase d'usage du bâtiment (consommation d'eau potable, consommation énergétique...) s'effectue pour la DVP.

Énergie renouvelable

La production d'énergie renouvelable, notamment d'électricité, si elle est consommée par l'ouvrage permet de diminuer la quantité d'énergie non renouvelable, consommée par le bâtiment en fonctionnement. Si cette énergie est redistribuée sur le réseau public, il n'est pas tenu compte de cette production d'énergie ; en aucun cas elle ne peut être soustraite des consommations liées au fonctionnement du bâtiment.

Séquestration carbone

La prise en compte de la séquestration carbone par la méthode Bilan Carbone® (« bois d'oeuvre », par exemple) est effective pour des durées de vie de produit et d'ouvrage supérieures à 100 ans. D'une manière générale la durée de vie des produits et/ou la durée de vie programmée de l'ouvrage sont inférieures à 100 ans, ce qui conduit à ne pas prendre en compte de séquestration carbone (flux CO₂ biomasse).

Dans le cas où l'on est amené à revendiquer un stockage carbone par les produits de construction, on s'assurera que celui-ci n'est pas déjà comptabilisé dans le facteur d'émission du produit.

Recyclage/valorisation

Les règles d'affectation retenues sont issues de la méthode des stocks, méthode de référence de la norme NF P 01-010 (aujourd'hui remplacée par la norme NF EN 15804).

Cette méthode permet de répartir les impacts environnementaux d'un procédé de valorisation matière ou énergie d'un déchet entre le producteur du déchet et l'utilisateur de la matière ou de l'énergie valorisée. Le stock doit être défini par convention entre les deux systèmes (producteur et utilisateur). Le stock ne peut accepter que des flux de matières stockables. Le système producteur se voit donc affecté les impacts environnementaux des procédés de transport et de conditionnement de la matière jusqu'au stock. Le flux de déchets valorisés représente alors pour le système producteur une réduction de la masse de déchets éliminés. Ce flux de déchets valorisés apparaîtra dans le bilan environnemental comme un flux de « matière récupérée » ou « énergie récupérée ».

Dans le cas d'une valorisation énergétique, le flux « énergie récupérée » correspond au pouvoir calorifique inférieur (PCI) du flux matière (en MJ).

Par exemple, dans le cas d'un déchet de béton armé qui fait l'objet d'une séparation béton/armature acier, les impacts environnementaux des processus de démolition, de transport des déchets de béton armé, de broyage, séparation béton/acier et conditionnement dans le stock sont affectés au bâtiment (système producteur) qui a généré ce déchet. Les impacts environnementaux des processus liés au recyclage de l'acier à partir de l'acier trié sont affectés au système utilisateur de cet acier recyclé. C'est cette règle qui est déjà retenue d'un point de vue général dans le Bilan Carbone®.

Si les règles d'affectation de la NF P 01-010 évoluent, le présent guide adoptera les nouvelles règles d'affectation définies par cette norme.

Les outils ACV bâtiment multicritères

Les outils utilisés pour évaluer l'impact environnemental d'un bâtiment en suivant la logique d'Analyse de Cycle de Vie sont principalement : Elodie, Equer, Team bâtiment et SimaPro 7.1.

Pour plus d'informations sur les logiciels d'ACV, cf. fiches détaillées en Annexe 6.

Il existe également de nombreux outils à l'échelle internationale :

- ENVEST (Royaume-Uni)
- LEGEP (Allemagne)
- ECO QUANTUM (Pays Bas)
- ATHENA (Canada)
- BEES (USA)
- BUILDING DESIGN ADVISOR (USA)
- ECOEFFECT (Suède)
- ECOSOFT (Autriche)
- GreenCalc+ (Allemagne)
- ECOTECH (Australie)
- GBTool (Canada)
- LCAid (Australie)
- LISA (Australie)

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Par sa transversalité et ses nombreux indicateurs, l'ACV permet de ne pas passer à côté d'impacts environnementaux et de ne pas déplacer les pollutions
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode complexe, difficulté de prendre une décision face à de nombreux indicateurs

Les outils monocritères

La méthode Bilan Carbone®

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer et comparer l'impact carbone de différents scénarii de projets immobiliers
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 3 : Conception en dialogue compétitif • Étape 4 : Conception post contractuelle

La méthode Bilan Carbone® de l'ADEME est une méthode de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre à partir de données facilement disponibles pour parvenir à une bonne évaluation des émissions directes ou induites par une activité ou un territoire. Cette méthode développée par l'ADEME est compatible avec la norme ISO 14064, l'initiative GHG Protocol et les termes de la Directive « permis » n° 2003/87/CE relative au système d'échanges de quotas de CO₂.

Le tableur Bilan Carbone® retient deux approches pour le calcul des émissions relatives aux constructions : l'approche par les ratios (kg éq.C/m² construit, de type...) et l'approche par les matériaux mis en œuvre. Ces approches sont destinées à évaluer les immobilisations (bureaux, magasins, constructions...) de l'entité qui réalise son bilan carbone®. Ces facteurs d'émissions sont grossièrement construits. Ils permettent généralement d'obtenir un ordre de grandeur pour un poste secondaire du bilan carbone®.

Des précisions sur la méthode Bilan Carbone® et les autres outils monocritères sont données en Annexe 7.

Le Bilan Carbone® appliqué au bâtiment

Des conventions ont été retenues récemment pour l'évaluation d'un bâtiment à l'aide de la méthode Bilan Carbone®. La méthodologie du Bilan Carbone® bâtiment est détaillée dans le Guide d'application du Bilan Carbone® au bâtiment V1, novembre 2010, CSTB – ADEME.

Dans le Bilan Carbone® de bâtiment, il ne faut pas oublier de comptabiliser les fuites de gaz frigorigène (qui peuvent être estimées par la quantité de gaz à réinjecter dans le système à chaque entretien). Le module de calcul de la méthode Bilan Carbone® peut être utilisé pour estimer ces fuites et donc ces consommations. Les émissions prises en compte dans la méthode sont précisées en annexe 8.

Des outils monocritères ont également été développés par les 3 principaux groupes de BTP français. Les opérateurs potentiels sont donc préparés à ce type de démarche. Ils ont anticipé la demande avec le développement d'outils personnalisés d'évaluation carbone de projets immobiliers :

- CarbonEco® de Bouygues Construction,
- Calculette ACV Produits® d'Eiffage,
- et CO₂NCERNED® de Vinci.

Un tableau comparatif d'une sélection de ces outils d'ACV est présenté ci-dessous.

	Elodie	Equer	SimaPro	Team	Bilan carbone®
Développeur	CSTB	Armines - Izuba	Pré-consultants	Ecobilan	ADEME
Format	Interface en ligne	Module de Comfie	Logiciel	Outil Web	Tableur Excel
Accessibilité	Gratuite pour la partie matériaux, payante pour l'accès aux modules Eau et Énergie pendant la phase usage (sous forme de formation, 1 710€ HT)	Payante. Diffusé depuis 2002 www.izuba.fr	Payante	Accès grand public (avec enregistrement), et accès payant pour la partie détaillée de l'évaluation (étape par étape, flux par flux), réalisation des comparaisons d'inventaires et d'impacts avec l'outil	Formation payante. La Licence est attribuée à toute structure qui comporte une personne formée à la méthode Bilan Carbone® de l'ADEME
Données	FDES Valeurs par défaut Permet également de gérer sa propre base de données de caractéristiques environnementales PEP à terme	Ecoinvent, bientôt FDES. Inventaires comportant plusieurs centaines de substances, pour les matériaux et les procédés. (...)	Base de données Ecoinvent	Propre base de FDES constituée à partir de la base INIES, de sites web de fédérations ou de FDES provenant directement des fabricants. (...)	Ratios ou FDES (cf. annexe 8 qui donne les principaux facteurs d'émission de produits de construction utilisés dans un bilan carbone)

	Elodie	Equer	SimaPro	Team	Bilan carbone®
Données (suite)		(...) Un inventaire pour un nouveau produit peut être ajouté dans la base Ecoinvent puis exporté vers EQUER.		(...) L'outil stocke l'ensemble des données du fascicule AFNOR énergies et transports ainsi que de sa base DEAM. En absence de FDES, pour décrire certains produits, l'outil permet d'utiliser des modélisations simples (à partir d'ACV publiques, ou des calculs d'ingénieurs). Permet de gérer sa propre base de données de caractéristiques environnementales.	
Avantages	Données représentatives du cycle de vie réel des produits mis en œuvre en France. Bien pour un usage récurrent en ACV de bâtiment ou en réponse à une certification. Forte augmentation des FDES en ce moment (580 existent à ce jour)	Chaînage à l'outil de simulation dynamique PLEIADES-COMFIE. Plusieurs variantes peuvent être comparées. Les résultats peuvent être exprimés en équivalent habitant année (profil normalisé). Les résultats sont fournis dans un fichier gérable par Excel pour des analyses spécifiques. Une comparaison graphique entre projets permet de visualiser rapidement l'importance des impacts environnementaux par rapport à une variante ou un projet de référence. Evolutions en cours (cf. fiche Equer en Annexe 6).	Modélisation assez fine, permettant de remonter à la source des impacts pour identifier des leviers d'amélioration. Permet l'exportation de résultats pour les analyser. SimaPro est livré avec plusieurs méthodes standard d'évaluation d'impacts. Possibilité de créer sa propre méthode d'évaluation en prenant des indicateurs de diverses méthodes, ou en créant de nouveaux indicateurs. Possibilité de créer de nouveaux matériaux et processus, en rentrant tous les flux entrants et sortant, ou en modifiant des processus préexistants.	La vie en œuvre est prise en compte (les résultats des simulations thermiques doivent être rentrés). Possibilité de modéliser et comparer plusieurs bâtiments ou quartiers. Possibilité de comparer les résultats avec des ordres de grandeurs de la vie courante.	S'applique à toute activité : entreprises industrielles ou tertiaires, administrations, collectivités et même au territoire géré par les collectivités

	Elodie	Equer	SimaPro	Team	Bilan carbone®
Inconvénients	De nombreux produits n'ont pas encore de FDES. La déconstruction du bâtiment ne peut pas être modélisée	Les bâtiments abritant des procédés industriels sont exclus	Logiciel non spécifique au bâtiment ; les données sur les matériaux de construction sont parfois limitées	Peu d'informations à ce sujet	Monocritère
Nombre d'indicateurs	18 (FDES)	12 En cours d'évolution (cf. fiche Equer en Annexe 6)	10 à 20 selon les méthodes	10	1
Phases considérées	Cycles de vie complets des matériaux (production, transport, mise en œuvre, vie en œuvre, fin de vie). La vie en œuvre du bâtiment est également considérée avec le remplacement de matériaux et les consommations (eau et énergie) liées à l'usage du bâtiment	Construction, utilisation, rénovation, démolition	Toutes	Toutes (production, mise en œuvre, vie en œuvre, fin de vie).	Toutes
Prise en compte du chantier	Valeur moyenne fournie par les FDES	Oui	Oui si données connues	Valeur moyenne fournie par les FDES	Si les consommations et émissions sont connues : à ajouter dans les différents onglets
Prise en compte du transport des matériaux	Valeur moyenne fournie par les FDES	Oui	Oui	Valeur moyenne fournie par les FDES	Oui
Précisions sur le calcul de l'indicateur CO₂	Facteurs de la norme NF P01 010		Calculable notamment avec la méthode IPCC Global Warming Potential 100	Facteurs de la norme NF P01 010	Méthode développée par l'ADEME, compatible avec la norme ISO 14064, l'initiative GHG Protocol et les termes de la Directive « permis » n°2003/87/CE relative au système d'échanges de quotas de CO ₂

1.3 Les prestations de contrôle en construction

Les missions de contrôle technique de la construction

C'est la Loi Spinetta du 4 janvier 1978 qui a instauré et donné un cadre juridique au métier de contrôleur technique dans la construction en France. Cette mission est confiée à des sociétés appelées bureaux de contrôle. Tout contrôle technique obligatoire ne peut être effectué que par un organisme agréé par l'État.

Le contrôle technique des constructions est rendu obligatoire selon le décret n° 78-1146 du 7 décembre 1978, pour les travaux de certains bâtiments, notamment les établissements recevant du public des trois premières catégories et les immeubles de grande hauteur. À partir du 1er avril 2006, cette obligation est étendue à certains immeubles situés dans les zones de sismicité.

Actuellement, ce sont les articles L111-23 à L111-26 du Code de la Construction et de l'Habitation qui définissent notamment les missions, les responsabilités et les conditions d'exercice de ces activités.

Le contrôle technique ne se limite pas aux bâtiments cités ci-avant. Le contrôleur technique est le plus souvent mandaté par les maîtres d'ouvrage souhaitant s'assurer une assistance technique permettant de limiter les risques de sinistres ou à la demande des assureurs (notamment dans le cadre de l'assurance dommage-ouvrage qui constitue une garantie décennale).

Voici la liste des missions de contrôle technique les plus courantes :

L :	Solidité des ouvrages indissociables	SEI :	Sécurité des personnes dans les établissements recevant du public
LP :	Solidité des ouvrages indissociables et dissociables	HAND :	Accessibilité des personnes handicapées
LE :	Solidité des existants	BRD :	Passage du brancard
PV :	Récolement des procès-verbaux COPREC des installations techniques	TH :	Isolation thermique et énergies renouvelables
PS :	Sécurité des personnes dans les constructions en cas de séisme	PHh :	Isolation acoustique dans les bâtiments d'habitation
SH :	Sécurité des personnes dans les bâtiments d'habitation	F :	Fonctionnement des installations
STI :	Sécurité des personnes dans les bâtiments relevant du code du travail		

Ces missions se déroulent généralement dès la conception des ouvrages et jusqu'à la fin des travaux. Le contrôleur technique rédige des avis sur ouvrages lors des phases suivantes :

- Conception des ouvrages > Rapport initial de contrôle technique (RICT)
- Elaboration des documents d'exécution WZ > Avis sur documents d'exécution (ADEX)

- Réalisation des ouvrages (chantier) > Compte rendu de contrôle technique (CRCT)
- Vérifications finales > Rapport Final de Contrôle Technique (RFCT) ou Rapport de Vérification Après Travaux (RVRAT) dans le cadre d'un Etablissement recevant du Public.

Certains bureaux de contrôle proposent des prestations sur la thématique énergie-carbone complémentaires aux contrôles réglementaires : commissioning de bâtiment, contrôle de GTC, inspection de chantier à faible impact environnemental, audit déchets avant démolition, conformité à la réglementation thermique des bâtiments neufs et existants, contrôle de démarche de réduction des émissions de GES, mesure de la perméabilité à l'air de l'enveloppe d'un bâtiment par un test d'infiltrométrie.

Les labels énergétiques et la certification HQE

L'organisme certificateur Certivéa gère la délivrance des labels énergétiques et de la certification Haute qualité environnementale (HQE) pour les bâtiments tertiaires.

Ces distinctions sont accordées suite à trois audits réalisés par des auditeurs habilités par Certivéa en phases programmation, conception et réalisation.

Suite à chaque audit, un rapport d'étude de conformité est transmis. Il présente en fonction de l'étape où il est réalisé : la revue documentaire, les observations terrain, la liste des points conformes et les écarts. Ces derniers doivent bien sûr être levés pour atteindre le label ou la certification.

La certification de système de management environnemental

Les normes de la série ISO 14000 traite du système de management environnemental qui désigne les méthodes de gestion d'une entité visant à prendre en compte l'impact environnemental de ses activités, à évaluer cet impact et à le réduire. L'ensemble de ces normes forme un outil visant à harmoniser l'approche des organisations en ce qui concerne la gestion environnementale.

Le système de management environnemental (ou SME) est défini comme « composante du système de management global qui inclut la structure organisationnelle, les activités de planification, les responsabilités, les pratiques, les procédures, les procédés et les ressources pour établir, mettre en œuvre, réaliser, passer en revue et maintenir la politique environnementale.»¹⁷

Une organisation (terme normatif pouvant désigner une entreprise, un service, une association, une collectivité, une entité...) peut faire certifier son système de management environnemental suivant cette norme par des organismes tierce partie accrédités par le Comité français d'accréditation (COFRAC). L'auditeur doit vérifier la conformité du système avec les exigences de la norme. Si une non-conformité majeure est notifiée, le système ne peut pas être certifié tant qu'elle n'est pas levée. L'auditeur porte

¹⁷ Norme ISO 14050 qui définit le SME.

ensuite son rapport d'audit devant une commission qui va décider de la certification ou non du système audité. La certification se déroule par cycle de 3 ans : audit complet en année 1 (durée 2 à 3 jours) et audit de suivi les années 2 et 3.

L'audit environnemental de conformité réglementaire

Il existe deux principales normes en matière d'audit environnemental, plutôt adapté au secteur industriel :

- la norme ISO 19011:2002, définissant des « lignes directrices pour l'audit des systèmes de management de la qualité et/ou de management environnemental » ;
- les normes ASTM E1527-05 et E1528-06, plus particulièrement réservées aux audits dans le cadre de fusion d'entreprises ou d'acquisition.

Bien qu'elles contiennent certains éléments intéressants, ces deux normes ne sont pas directement applicables dans le cas des audits de conformité réglementaire. En France, il n'y a pas de norme concernant spécifiquement ce type d'audit, les sociétés spécialisées dans ce domaine possèdent chacune leurs méthodes de travail.

Les thèmes typiquement abordés lors de l'audit environnemental de conformité réglementaire sont :

- les divers permis, déclarations et autorisations nécessaires au titre de la protection de l'environnement : la situation administrative ;
- la consommation en eau et les rejets aqueux (eaux industrielles, eaux pluviales, eaux résiduaires) ;
- les émissions atmosphériques et les odeurs ;
- la gestion des déchets ;
- la gestion des produits chimiques : conditions de stockage et de transport des produits chimiques, hydrocarbures et autres produits dangereux pour l'environnement ; les substances réglementées telles que les substances appauvrissant la couche d'ozone, les polychlorobiphényles, les substances radioactives et l'amiante ;
- le bruit et les vibrations émis dans l'environnement (bruit de voisinage) ;
- la gestion des énergies ;
- l'insertion paysagère ;
- la problématique sites et sols pollués ;
- les accidents et incidents ;
- la gestion des situations d'urgence (incendie, explosion et pollution accidentelle).

2 Énergie blanche

2.1 Les campagnes de mesures énergie et confort : monitoring, protocole de mesure IPMVP

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Établir la situation de référence • Contrôler les engagements contractuels
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne publique
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 2 : Études et programmation • Étape 6 : Exploitation

Les moyens de mesure énergie/confort

En fonction du périmètre et en fonction des objectifs de l'opération, il existe un grand nombre de capteurs pouvant être mis en œuvre pour établir l'état de référence.

Ces capteurs peuvent être divisés en trois grandes catégories :

- **Compteurs énergie** qui permettent de faire un suivi des consommations d'énergie thermique. Ils se positionnent généralement en sortie de chaufferie ou au niveau de chaque sous-station sur un patrimoine.
- **Compteurs électricité** qui permettent d'évaluer les consommations électriques. Il est toujours possible de connaître la consommation totale d'un bâtiment. En fonction de l'installation électrique et du périmètre visé, il pourra être nécessaire de mettre en œuvre plus de compteurs de ce type pour isoler différents usages (exemple séparer l'électricité qui sert à alimenter les équipements climatiques de celle qui alimente les usages spécifiques de l'électricité).
- **Capteurs d'ambiance** (température, CO₂, hygrométrie, éclairage, etc.) qui permettent de mieux appréhender le confort des locaux existants.

Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique

Compte tenu de la filiation commune des quelques protocoles de mesure et de vérification de la performance énergétique existant actuellement sur le marché, le recours au protocole connu sous le nom d'IPMVP, dénominateur commun de la plupart des protocoles actuellement utilisés, est fortement recommandé.

L'IPMVP, International Performance Measure and Verification Protocol, est un protocole géré par l'Association EVO, organisation internationale non gouvernementale d'origine américaine sans but lucratif, entièrement dédiée à créer des protocoles portant sur la mesure et la vérification du rendement d'un projet en efficacité énergétique. L'emploi et le téléchargement du protocole IPMVP sont totalement gratuits.

Ce protocole est un document d'appui, décrivant les pratiques communes en termes de mesure, de calcul, et de suivi des économies réalisées par des projets d'efficacité énergétique ou d'eau chez l'utilisateur final. L'IPMVP présente une structure et quatre options de Mesure et Vérification (M&V) pour évaluer les économies d'un projet de façon transparente, fiable et cohérente. Il ne définit pas les activités de M&V pour toutes les applications. Chaque projet doit être conçu individuellement pour répondre aux besoins de tous les lecteurs des rapports de suivi des économies d'énergie ou d'eau.

La « Mesure et la Vérification » (M&V) est le processus d'utilisation du mesurage pour déterminer, de façon fiable, les économies réelles générées dans un établissement individuel par un projet de gestion de l'énergie. Les économies réalisées ne peuvent pas être directement mesurées, puisqu'elles représentent l'absence de consommation d'énergie. Les économies sont plutôt déterminées en comparant la consommation mesurée avant et après la réalisation d'un projet, tout en faisant des ajustements appropriés pour prendre en compte les changements de conditions.

$$(E) \text{ Économies} = (\text{consommation durant la base de référence} \\ - \text{consommation ou demande de période de suivi}) \\ \pm \text{Ajustements}$$

Pour documenter correctement l'impact de l'action d'amélioration de l'efficacité énergétique, son effet énergétique doit être séparé de celui appartenant à l'augmentation de la production. On utilise en plus un terme « ajustements » qui correspond à l'ajustement de la consommation ou de la demande de la base de référence et des périodes de suivi, utilisant un ensemble de conditions d'utilisation communes.

Les quantités d'énergie indiquées dans l'équation (E) peuvent être mesurées par une ou plusieurs des techniques suivantes :

- 1** Les factures du fournisseur d'électricité ou de carburant ou la lecture des compteurs en faisant les mêmes ajustements aux lectures que fait le fournisseur d'énergie.
- 2** Des compteurs isolant des actions d'efficacité énergétique (AEE) ou une partie d'un site du reste du site.
- 3** Mesures séparées des paramètres utilisés dans le calcul de la consommation d'énergie.
- 4** Mesure d'indicateur prouvé pour la consommation d'énergie.
- 5** Simulation sur ordinateur calibrée à des données de performance pour le système ou le site modélisé.

Chaque option est décrite précisément dans le « Volume 1 : Concepts et options pour l'évaluation des économies d'énergie et d'eau » du protocole IPMVP. La conception du protocole M&V est basée sur quatre points :

- 1** Prendre en considération les besoins de l'utilisateur du/des rapport(s) planifié(s) de M&V.
- 2** Lors du développement des actions d'efficacité énergétique (AEE) ou mesures de conservation de l'énergie (MCE), choisir l'option de l'IPMVP la plus conforme.
- 3** Recueillir les données d'énergie et de fonctionnement appropriées de la période de la base de référence.
- 4** Préparer un Plan de M&V contenant les résultats des trois étapes précédentes.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Un protocole de mesure et de vérification de la performance qui est opposable à chacun des cocontractants pendant et à la fin du contrat. > Protocole de mesure reconnu au niveau international.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Procédure assez lourde, adaptée pour des opérations à périmètre assez large.

2.2 Les enquêtes (gestionnaires, usagers) : scénarii d'occupation, analyse des comportements, évaluation du confort

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Établir la situation de référence • Évaluer les besoins et le niveau de confort des usagers
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne publique
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 2 : Études et programmation

Une enquête d'opinion des usagers est fortement conseillée en amont de la conception du projet immobilier. Elle permet d'évaluer la qualité des bâtiments où ils travaillent, ainsi que leur propre comportement et sensibilité aux problèmes environnementaux, de récolter l'opinion et la satisfaction des personnes, de pouvoir croiser les mesures de confort thermique effectuées sur les bâtiments avec le ressenti des usagers qu'ils abritent, d'essayer d'identifier des usages responsables des performances ou contre-performances observées, ainsi que de montrer quels pourraient être les leviers, techniques ou comportementaux, d'une amélioration de ces usages. L'enquête peut prendre la forme de questionnaire « papier » ou internet.

Aux travers d'entrevues avec les différents acteurs concernés par la gestion énergétique, l'auditeur définit la place de la problématique énergétique dans la politique générale de la collectivité, et complète la collecte des données en relation avec l'énergétique (consommations, travaux effectués, tarification

énergétique, gestion de l'énergie, formation des agents ...). Cette analyse organisationnelle fait partie des étapes du Conseil d'Orientation Energétique.

Des enquêtes de satisfaction peuvent également être menées en exploitation afin d'identifier les inconforts, dysfonctionnements et points d'améliorations. Une procédure doit alors permettre de mettre en place des actions correctives.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Permet de mieux appréhender le contexte et l'usage des locaux. > Permet d'évaluer le type de comportement : les dérives et les actions efficaces.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'écart entre évaluation subjective et mesure objective.

2.3 Les audits énergétiques à l'échelle du bâtiment

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Établir la situation de référence • Estimer le potentiel d'économies d'énergie
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne publique • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 2 : Études et programmation

Pré-diagnostic énergétique

Le pré-diagnostic énergétique, décrit dans un cahier des charges ADEME, doit permettre, à partir d'une analyse des données disponibles sur le site, de dresser une première évaluation des gisements d'économie d'énergie envisageables pour le bâtiment considéré et d'orienter le maître d'ouvrage vers des interventions simples à mettre en œuvre et/ou vers des études plus approfondies.

Ce « pré-diagnostic sur l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments » est entrepris dans le but d'effectuer une évaluation rapide du potentiel d'économies d'énergie du site et de définir l'opportunité de procéder à certains travaux simples et/ou de préparer une ou plusieurs études approfondies (diagnostic énergie, étude de faisabilité solaire ou autre énergie locale, diagnostic acoustique, analyse QAI, confort d'été...). Cette étude simplifiée est courte et ne vise pas à réaliser des calculs (de consommations, d'économie..) mais doit néanmoins emprunter une démarche d'analyse énergétique permettant d'expliquer les raisons des choix de propositions. Les éléments quantitatifs descriptifs du bâtiment et de son

usage seront également enregistrés, car ils pourront être utiles pour des analyses futures comme pour le suivi des actions immédiates ou prioritaires mises en œuvre.

Cette approche nécessite des mesures et/ou une instrumentation de base (mesures de combustion, éclairage moyen, températures...). Elle s'appuie également sur les données existant dans l'établissement et sur la compétence et l'expérience du technicien qui réalise l'étude. L'étude est toujours composée des étapes suivantes :

- Collecte préalable de renseignements,
- Visite et investigations,
- Rapport d'étude.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Étude simple et rapide. > Éléments réutilisables dans des études plus approfondies (audit énergétique, COE et Schéma directeur énergie).
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Faible niveau de précision.

Audit énergétique

L'audit énergétique décrit dans un cahier des charges ADEME, doit permettre, à partir d'une analyse détaillée des données du site, de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programme(s) d'économie d'énergie et amener le maître d'ouvrage à décider des investissements appropriés ou, inversement, à partir d'un budget prévisionnel d'investissement, l'audit énergétique doit permettre d'évaluer quelles sont les meilleures solutions à mettre en œuvre pour effectuer le maximum d'économies d'énergie.

L'audit énergétique est un préalable. Préalable à l'avant-projet sommaire, préalable à la mission d'ingénierie, préalable à la mise en place d'une comptabilité énergétique, il aide le maître d'ouvrage à décider, en connaissance de cause, chiffres en main, le programme des interventions que nécessite son bâtiment. Loin d'être une analyse sommaire d'améliorations évidentes, l'audit est une méthode d'étude qui doit être déroulée dans sa totalité et qui se décompose en trois phases indissociables.

- **Visite et audit du site** : La visite des locaux sert à l'investigation des lieux. Il s'agira pour l'ensemble du site de réaliser un relevé précis et une description minutieuse des bâtiments et de leurs équipements. Cette phase permet de recueillir un maximum d'informations sur le comportement énergétique des bâtiments et de leurs usagers, et ainsi de détecter les points à forts enjeux énergétiques. Elle permet d'établir un état des lieux de « l'existant » qui servira de base pour la réalisation des phases suivantes de l'étude.

- Analyse des données** : Cette étape consiste en l'analyse des factures énergétiques, des contrats de maintenance ainsi que des comportements des usagers, qui ont une influence significative sur les consommations d'énergie. Ensuite, à partir des informations recueillies pendant les visites, l'état des bâtiments, de leurs composantes et des systèmes énergétiques, sera décrit et critiqué. Une évaluation de la performance actuelle de chaque bâtiment sera réalisée par le biais d'outils de simulation thermique (outil réglementaire, selon les règles de THC-E-ex du CSTB, outils de diagnostic, outils de simulation thermique dynamique, etc.), et décomposée par poste et par énergie en fonction des informations disponibles. Ainsi une vision globale sur la performance énergétique des bâtiments, à l'état existant, aidera à déterminer les réels gisements d'économie d'énergie. Une fois les bâtiments analysés selon l'état actuel et leur bilan énergétique effectué, l'ensemble des préconisations adaptées au cas étudié et permettant d'atteindre les objectifs du maître d'ouvrage sont recensées. Chacune de ces préconisations sera alors précisément décrite et évaluée selon des critères tels que le gain énergétique, l'économie d'émissions carbone ou le temps de retour sur investissement.
- Hiérarchisation des préconisations et proposition cohérente de travaux** : A partir de l'étude décrite précédemment, il sera proposé un ou plusieurs programmes cohérents de travaux techniquement envisageables pour le bâti, les installations thermiques et les autres équipements ou usages spécifiques. Ces programmes donnent également des actions d'améliorations sur l'exploitation et l'usage du bâtiment. Ils comprennent une description des travaux à réaliser, l'enveloppe financière correspondante, une comparaison entre la consommation avant et après travaux en tenant compte de l'ensemble du programme proposé, un calcul de rentabilité adapté au maître d'ouvrage et si nécessaire, une proposition d'études plus détaillées pour des interventions complexes.

Les outils utilisés par les auditeurs en phase de visite peuvent être des outils de mesure de consommation d'énergie et d'ambiance intérieure (température, éclairage, hygrométrie, etc.), des systèmes de mesure de perméabilité à l'air et de rendement de combustion pour connaître le niveau initial, ainsi que la thermographie infra-rouge pour qualifier le bâti.

En phase d'étude, il existe plusieurs outils aidant à la préconisation énergétique, notamment développés par l'ADEME ou par les bureaux d'études. Il existe aussi des boîtes à outils telle que celle développée par Promodul.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Étude approfondie et précise. > Permet d'établir une stratégie de rénovation et/ou d'évaluer, pour un budget donné, le niveau de performance énergétique atteignable dans le cadre d'une opération de réhabilitation.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> > En fonction des outils utilisés, l'approche confort peut ne pas être abordée.

2.4 Les évaluations énergétiques à l'échelle d'un patrimoine

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Établir la situation de référence • Évaluer les besoins et le niveau de confort des usagers
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne publique
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 2 : Études et programmation

Le Conseil d'Orientation Énergétique :

Dans le cadre de la politique de maîtrise d'énergie, l'ADEME a structuré la démarche du « Conseil d'Orientation Énergétique » (COE). Cette approche a pour objectif d'analyser la situation énergétique d'un patrimoine bâti quelles que soient les réalisations antérieures dans le domaine énergétique, afin de préciser et hiérarchiser l'ensemble des actions pouvant être réalisées. Cette étude peut porter sur un échantillon représentatif du parc ou sur tout le patrimoine. Le COE se déroule en trois étapes :

- 1** Entretiens avec le maître d'ouvrage : aux travers d'entrevues avec les différents acteurs concernés par la gestion énergétique, l'auditeur définit la place de la problématique énergétique dans la politique générale de l'université, et complète la collecte des données en relation avec l'énergétique (consommations, travaux effectués, tarification énergétique, gestion de l'énergie, formation des agents ...)
- 2** Visites des sites et traitement des données recueillies : parallèlement à la visite des sites, l'auditeur réalise le traitement des données collectées afin d'évaluer les sites disposant d'un gisement d'économies d'énergies.
- 3** Rapport de synthèse : sur la base des éléments précédemment collectés, l'auditeur s'attache à hiérarchiser l'ensemble des actions organisationnelles et technico-financières pouvant être engagées par le gestionnaire du patrimoine (cellule énergie, renégociation/optimisation des contrats ...).

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Étude rapide à mettre en œuvre.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Parfois manque de précision.

Le schéma directeur énergie :

Le schéma directeur énergie a pour objet un patrimoine immobilier, composé de plusieurs bâtiments, qui peut être diffus ou concentré sur un territoire donné. Sur la base d'un Conseil d'Orientation Énergétique¹⁸, complété par des audits énergétiques de sites représentatifs (tel que décrit précédemment), le schéma directeur énergie a pour objectif d'apporter à la collectivité des éclairages techniques et économiques permettant de bâtir une politique de gestion énergétique à court, moyen et long terme.

Cette étude doit comporter trois phases distinctes :

1 Situation énergétique globale du patrimoine : Basée sur le bilan énergétique, cette première section synthétise les éléments énergétiques, économiques et environnementaux du patrimoine.

2 Contexte énergétique : Conjointement aux orientations environnementales que le maître d'ouvrage souhaite impulser à son patrimoine, un travail doit être mené pour intégrer les multiples facteurs exogènes (évolution du prix de l'énergie et du coût des matières premières) et endogènes (évolutions d'activité) entrant en compte dans la définition d'un programme énergétiquement et économiquement cohérent. Les tendances affichées par le bilan énergétique se traduisent par un coût de la fourniture énergétique que la collectivité doit analyser pour juger des domaines d'interventions prioritaires.

3 Prospective énergétique du patrimoine : Élément central du schéma directeur, la prospective intègre divers critères énergétiques et financiers pour définir les scénarii d'améliorations environnementales du patrimoine :

- L'évolution du prix de l'énergie ;
- Les niveaux de consommations du patrimoine étudié ;
- Les investissements de la collectivité : Les audits permettent d'estimer une enveloppe budgétaire nécessaire à l'amélioration énergétique des bâtiments. Une extrapolation est réalisée sur le parc lorsqu'un échantillonnage de sites étudiés a été réalisé. Généralement, plusieurs trajectoires sont simulées. Ainsi trois à quatre scénarii allant d'un programme peu ambitieux avec une dérive des performances où aucune action n'est entreprise à une politique vertueuse d'amélioration des performances énergétiques sont étudiés. Basé sur une prospective à moyen terme (10 ans), il s'agit d'évaluer les conséquences des divers scénarii tant du point de vue des consommations d'énergie, des investissements, des coûts de fonctionnement (exploitation et maintenance) et des émissions de gaz à effet de serre. Ces informations ont pour objectif de faire émerger la stratégie la plus adaptée aux attentes du gestionnaire de patrimoine et d'arbitrer en matière de politique environnementale et de contrat de performance énergétique.

¹⁸ Cette approche a pour objectif d'analyser la situation énergétique d'un patrimoine bâti quelles que soient les réalisations antérieures dans le domaine énergétique, afin de préciser et hiérarchiser l'ensemble des actions pouvant être réalisées. Cette étude peut porter sur un échantillon représentatif du parc ou sur tout le patrimoine.

- **Politique de gestion de l'énergie** : La réussite d'une politique environnementale est aussi déterminée par la capacité du maître d'ouvrage à anticiper et à mettre en œuvre un plan d'actions, ce qui nécessite une structure de management impliquée dans les projets. Chaque composante et chaque acteur a son rôle dans la réussite de cette démarche. Ebauche d'un audit managérial, cette partie a pour objectif d'évaluer la structuration des équipes, leurs complémentarités et les outils mis à leurs dispositions, afin de mettre en évidence les points sensibles et les pratiques adaptées à cette démarche. Il s'agit également d'apprécier les besoins éventuels en AMO (assistance à maîtrise d'ouvrage), APP (assistance à personne publique) technique, juridique et financière.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Dans le cadre d'une opération de réhabilitation d'un parc immobilier important, le schéma directeur énergie permet d'évaluer le potentiel d'économie en fonction de divers scénarii (budget, usage, coût de l'énergie). Il permet donc de fixer les ambitions énergétiques de cette opération. > Dans le cadre d'un patrimoine avec des typologies et des usages proches, il est possible de mettre en place une méthode d'extrapolation des résultats issus d'une analyse fine.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • RAS

2.5 étude de faisabilité des énergies renouvelables, études d'approvisionnement énergétique

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer le potentiel de production énergétique sur site, de mutualisation des moyens de production ou d'approvisionnement à un réseau collectif
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne publique
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 2 : Études et programmation

À partir du 1^{er} janvier 2008, le maître d'ouvrage d'une opération de construction de surface hors œuvre nette supérieure à 1 000 m² doit réaliser, avant le dépôt du permis de construire, une étude de faisabilité technique et économique des diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la construction (art L.111-9 du code de la construction et de l'habitation introduit par la loi du 13 juillet 2005). Cette mesure est destinée à favoriser les recours aux énergies renouvelables et aux systèmes les plus performants. Le maître d'ouvrage a la liberté de choisir la ou les sources d'énergie de la construction, guidé par les conclusions de cette étude qui visent notamment à raisonner selon des indicateurs énergétiques, environnementaux et économiques. Les modalités d'application de ces études de faisabilité sont définies par le décret n°2007-363 du 19 mars 2007 et l'arrêté du 18 décembre 2007.

Cette étude concerne l'énergie utilisée pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude et l'éclairage. Elle compare plusieurs solutions techniques, dont la solution initialement proposée par la maîtrise d'œuvre. En particulier, **neuf** types de systèmes sont à traiter :

- les systèmes solaires thermiques ;
- les systèmes solaires photovoltaïques ;
- les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse ;
- les systèmes éoliens ;
- le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif ou urbain, s'il existe à proximité du terrain d'implantation de l'immeuble ou de l'opération ;
- les pompes à chaleur géothermiques ;
- les autres types de pompes à chaleur ;
- les chaudières à condensation ;
- les systèmes combinés de production de chaleur et d'électricité.

Dans le cas d'une **rénovation** portant uniquement sur le clos couvert, l'étude peut être simplifiée. Le maître d'ouvrage a seulement l'obligation d'étudier la faisabilité d'un système solaire thermique, d'un système solaire photovoltaïque et d'un système éolien.

Pour chaque système, l'étude doit présenter :

- le coût d'investissement ;
- la consommation d'énergie globale, en MWh/an, et la consommation d'énergie par m² SHONRT, en kWhEP/(m².an) ;
- l'émission globale et annuelle de gaz à effet de serre, en tCO₂/an, et l'émission annuelle de gaz à effet de serre par m², en t éq.CO₂/(m².an) ;
- la classe d'énergie et la classe climat atteintes par le système ;
- le coût annuel d'exploitation ;
- les avantages et inconvénients du système (conditions de mise en œuvre, conditions de gestion et de maintenance, etc.).

L'intérêt de l'étude réside dans la comparaison des différents systèmes, notamment les différences de coût et d'émissions de gaz à effet de serre entre la solution proposée initialement et les autres solutions techniques. Elle incite en outre à calculer les temps de retour, ce qui devrait encore faciliter la prise de décision. L'émission globale et annuelle de gaz à effet de serre, la classe énergie et la classe climat sont établies suivant les mêmes règles que le diagnostic de performance énergétique. Le coût d'investissement intègre tous les coûts impliqués par une variante, tels que ceux d'un renforcement de la structure, de l'aménagement d'un accès ou de la construction de locaux supplémentaires. Le coût annuel d'exploitation comprend les dépenses de consommation d'énergie, les abonnements, les frais de maintenance, hors remplacements, et les recettes, en cas de vente de l'énergie produite.

À la fin de l'étude, le maître d'ouvrage a l'obligation de préciser les raisons du choix de la solution retenue. Il n'est pas obligé de retenir la solution la plus performante au regard des émissions de gaz à effet de serre ou du temps de retour.

Dans le contexte universitaire, il est également important d'étudier les possibilités de mutualisation des moyens de production énergétiques avec des entités voisines (écoles, CROUS, laboratoires, etc.)

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Étude qui permet d'aider à la décision sur le choix des systèmes énergétiques.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> Étude sommaire qui nécessite d'être approfondie pour une conception optimisée, notamment pour les systèmes énergétiques mutualisés à plusieurs bâtiments.

2.6 La simulation thermique dynamique : pour fixer des objectifs ou en conception avec prise en compte du confort thermique, présentation des logiciels

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> Fixer les objectifs de performance énergétique Prendre en compte le confort thermique des usagers
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> Personne publique Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> Étape 2 : Études et programmation Étape 3 : Conception en dialogue compétitif Étape 4 : Conception post contractuelle

Indicateurs	Descriptif
B_{th}	Besoins thermiques (de chauffage et de refroidissement), exprimés en kWhEF/(m ² .an)
T_{int}	Température intérieure de chaque zone thermique simulée exprimée en °C

Une modélisation fine du comportement de bâtiment est nécessaire pour optimiser sa conception au regard des besoins de chauffage et du confort d'été. En effet, des phénomènes auparavant négligeables dans les bâtiments énergivores, construits avant la réglementation thermique RT 2005, deviennent prépondérants dans les bâtiments à haute efficacité énergétique (telle que ceux correspondant aux labels BBC ou à la prochaine réglementation) : le traitement des ponts thermiques, la gestion des apports solaires et internes, l'impact des usagers, l'étanchéité du bâtiment...

De plus, la logique de sur-isolation des bâtiments pour limiter les déperditions l'été, ainsi que de larges ouvertures vitrées sur les façades sud peuvent aboutir à des surchauffes estivales importantes. Il est alors essentiel d'optimiser le bâtiment, notamment par un travail de conception sur les protections solaires, de maximiser l'inertie et de mettre en place une stratégie de ventilation efficace avant de proposer des systèmes de rafraîchissement actif.

Il devient donc nécessaire de quantifier à l'avance les impacts de la conception architecturale, ainsi que des choix de matériaux et d'équipements sur les besoins de chauffage et le confort d'été. C'est là l'intérêt de la simulation thermique dynamique (STD).

La simulation thermique dynamique permet donc de simuler le comportement dynamique d'un bâtiment (ou d'un ensemble de bâtiments) neuf ou à rénover en fonction de données d'entrée (localisation, plan du bâtiment, orientation, masques proches, masques lointains, etc..) et de scénarii d'usage (nombre d'occupants, puissances dissipées, scénarii de ventilation, scénarii d'occultations, etc.). Les résultats des simulations permettent d'analyser les besoins énergétiques (ou les consommations selon les logiciels) de chauffage et les températures de chaque zone thermique représentée. Couplée à une analyse économique de différentes variantes possibles, l'utilisation de la STD permet alors d'effectuer une étude de sensibilité aux divers paramètres de conception pour évaluer l'optimum « énergie/confort/économique ».

Ce type d'outil est de plus en plus utilisé en phase de conception de bâtiment neuf à forte efficacité énergétique. Un autre usage intéressant est son utilisation en phase amont du projet, par la personne publique lors des audits énergétiques, en quantifiant les objectifs énergie/confort atteignables sur son patrimoine à partir de solutions techniques intégrables.

Il existe une multitude d'outils sur le marché. Chaque outil permet d'évaluer à minima les besoins thermiques de chauffage et de refroidissement, ainsi que les températures intérieures (Pléiades+Comfie, TAS, etc.), d'autres permettent d'aller jusqu'à la modélisation des systèmes énergétiques (Energy Plus, TRNSYS, etc.).

<p>Avantages</p>	<ul style="list-style-type: none"> > Il est possible d'avoir une représentation fine du comportement du bâtiment. > C'est un outil d'aide à la conception qui permet de valoriser notamment les choix architecturaux (orientation, taux de vitrage par orientation, protection solaire, etc.). > L'accès au comportement dynamique, notamment les puissances d'appel et les températures intérieures.
<p>Défauts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les résultats peuvent dépendre fortement des hypothèses et des scénarii d'usage saisis. D'où la nécessité de mettre à disposition ces hypothèses aux opérateurs privés pour avoir une base commune de comparaison et d'analyse. • La STD n'est pas un calcul réglementaire...

2.7 Les outils d'optimisation de l'éclairage

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiser l'éclairage naturel afin de réaliser des économies d'énergie au niveau de l'éclairage artificiel • Prouver le respect d'une exigence sur l'éclairage naturel
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 3 : Conception en dialogue compétitif • Étape 4 : Conception post contractuelle

Indicateurs	Descriptif
FLJ	Facteur de Lumière Jour exprimé en %

L'utilisation d'outils de simulation de niveau d'éclairement en phase conception permet de compléter les résultats de la simulation thermique dynamique du point vue de l'éclairage. En effet, ces outils permettent d'évaluer la quantité et la qualité de l'éclairage naturel apporté par les ouvrants, et par conséquent d'évaluer les besoins électriques nécessaires pour compléter cet éclairage. Pour quantifier le niveau d'éclairement naturel, est utilisé, de manière générale, le Facteur Lumière Jour (FLJ). Ce dernier représente la proportion (en pourcentage) de l'éclairement naturel extérieur (soit le rapport entre l'éclairement intérieur mesuré en un point et à un instant donné, sur l'éclairement extérieur au même instant).

Les logiciels existants sur le marché international et utilisés comme outil de conception en éclairage peuvent être classés en différentes familles.

- Les logiciels basés sur des formules de base de calcul en éclairage naturel ou sur des données empiriques. Ces logiciels sont souvent utilisés dans les phases préliminaires de la conception d'un projet (APS/APD) : Dial, Sodalight, etc.
- Les logiciels capables de calculer l'éclairage direct uniquement. Leur objectif est souvent limité à l'amélioration du rendu graphique d'un projet : Archicad ou équivalents.
- Les logiciels dits d'éclairement global. Ils utilisent des algorithmes de calcul physique plus complets : Dialux, Daysim, etc.

Il est assez rare que le confort visuel fasse l'objet d'une exigence dans un programme performanciel. Cependant, même si ce critère n'est pas spécifiquement demandé, il est de plus en plus pris en compte par les architectes, en particulier pour la réalisation de locaux d'enseignement, et lorsque l'opération fait l'objet d'une démarche HQE®. Ce critère n'est donc pas nouveau pour les bureaux d'études et les architectes et peut donc être appréhendé.

Le référentiel de la démarche HQE® donne des valeurs cibles pour le Facteur Lumière Jour. Il est par exemple exigé, pour être au niveau performant de la cible 10, que la valeur de FLJ soit supérieure à 2% pour au moins 80% de la surface d'occupation, pour les bâtiments d'enseignement.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Permet de valoriser la conception architecturale du point ouverture. > Complémentaire de l'approche énergie/confort de la simulation thermique dynamique. > Outil demandé par les référentiels HQE®.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Outil demandant une expertise élevée.

2.8 Les outils de calcul réglementaire

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Donne un cadre réglementaire aux calculs grâce à l'uniformité des outils, des hypothèses et des indicateurs.
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 4 : Conception post contractuelle

Indicateurs	Descriptif
Cep	Consommation en énergie primaire (pour les postes chauffage, refroidissement, éclairage, ventilation, production d'eau chaude sanitaire et leurs auxiliaires), exprimés en kWhEP/(m ² .an)
Cep	Consommation en énergie finale (pour les postes chauffage, refroidissement, éclairage, ventilation, production d'eau chaude sanitaire et leurs auxiliaires), exprimés en kWhEF/(m ² .an)
E	Émission de gaz à effet de serre associée aux consommations des six postes réglementaires, exprimée en tonne équivalent carbone
Tic	Température intérieure conventionnelle exprimée en °C
U_{bât}	Coefficient de déperdition thermique du bâtiment exprimé en W/(m ² .K)

La consommation globale d'énergie du bâtiment pour les postes de chauffage, eau chaude sanitaire, refroidissement, auxiliaires, ainsi que d'éclairage dans le cas d'un bâtiment tertiaire, doit être inférieure à la consommation de référence de ce bâtiment. Celle-ci correspond à la consommation qu'aurait ce même bâtiment pour des performances imposées des ouvrages et des équipements qui le composent.

La réglementation laisse donc au concepteur la possibilité d'utiliser des équipements ou matériaux de performance inférieure à la référence, dans la limite des garde-fous, et sous réserve d'être plus performant que la référence dans les autres postes de déperdition.

La RT 2005 introduit également une limite supérieure de consommation pour les logements. La consommation d'énergie de ces bâtiments pour le chauffage, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire doit en effet être inférieure à une valeur limite qui dépend du type de chauffage et du climat.

La température intérieure conventionnelle atteinte en été doit être inférieure à la température de référence. Elle dépend notamment des équipements, de l'orientation et de l'inertie.

Des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...). Introduites par la RT 2000, ces performances minimales ont été renforcées par la RT 2005, notamment au niveau des déperditions par les ponts thermiques.

Conformément à l'arrêté du 24 mai 2006, la vérification de la conformité d'un bâtiment à la RT 2005 est réalisée soit par calcul, soit par application d'une solution technique agréée par arrêté. Dans tous les cas, cette vérification donne lieu à l'établissement d'une synthèse d'étude thermique standardisée. Ce document doit être fourni à la personne chargée d'établir le diagnostic de performance énergétique à la construction. Sur demande, il doit aussi être fourni aux personnes habilitées à contrôler l'application de la RT 2005.

Plusieurs développeurs informatiques proposent des logiciels de calcul réglementaire évalués par le CSTB (ClimaWin et Perrenoud notamment).

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Outil maîtrisé par les bureaux d'études. > Les hypothèses et les scénarii d'usage sont fixés par les règles de calcul TH-CE.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • L'outil est complémentaire de la simulation thermique dynamique.

2.9 Les contrôles de la qualité de mise en œuvre : étanchéité à l'air, caméra infra-rouge, reporting

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler les engagements contractuels au niveau du chantier
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 4 : Conception post contractuelle

Il existe plusieurs techniques de contrôle de la qualité de la mise en œuvre des matériaux et des systèmes énergétiques lors de la phase de réalisation des travaux ou lors de la phase de livraison du bâtiment construit ou rénové.

Le contrôle de l'étanchéité à l'air par mesure d'infiltrométrie :

Indicateurs	Descriptif
I4	Coefficient de perméabilité à l'air sous 4 Pascal $m^3/(h.m^2)$

La perméabilité à l'air des ouvrages a été identifiée comme un enjeu important en termes d'efficacité énergétique. La réglementation thermique en cours exige déjà des performances d'étanchéité élevées et la prochaine va renforcer ces exigences. Le niveau de performance en terme d'étanchéité dépend fortement de l'effort de conception au niveau des systèmes constructifs pour minimiser le nombre de percements des films d'étanchéité au niveau des jonctions de parois, de la présence de câbles ou réseaux, etc. Et bien sûr par la qualité de mise en œuvre, des matériaux utilisés, des menuiseries et par les différents éléments qui peuvent être intégrés à la paroi dans le doublage (boîtiers et prises électriques, fixation de meuble).

Ces entrées d'air incontrôlées peuvent entraîner différents problèmes au niveau de l'habitat : une surconsommation énergétique au niveau du chauffage, une pollution de l'air intérieur des locaux, une dégradation de l'enveloppe du bâtiment.

Pour contrôler le niveau de performance à l'étanchéité à l'air, il existe un système de mesure dit de la « porte soufflante » qui est basée sur la mise en surpression (ou en dépression) du bâtiment pour mesurer l'indice de perméabilité à l'air.



Dans le cadre du label BBC-Effinergie, un test est exigé à la livraison du bâtiment. Il est fortement conseillé d'en effectuer au moins un lorsque le bâtiment est « hors d'air » et avant que les éléments de parement soient mis en œuvre afin de laisser une flexibilité d'intervention pour rectifier les défauts éventuellement relevés.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Permet un contrôle rapide de la performance en termes d'étanchéité (environ 1/2 journée pour effectuer un test sur un local). > Possibilité quand le bâtiment est en surpression ou dépression, d'utiliser un gaz traceur ou des poires à fumer pour isoler les défauts. > Le test est pédagogique (vers les entreprises de mise en œuvre) et permet de progresser. > Si un test est effectué en phase hors d'air, une intervention corrective est possible. > Dans le cas d'une opération de réhabilitation, où le clos couvert est réhabilité, si un test est effectué lors de l'audit énergétique contractuel, il est possible de connaître la situation de référence.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Difficultés techniques à effectuer des tests sur des bâtiments de grand volume. • Difficultés techniques à effectuer le test en période de vent.

Le contrôle de la mise en œuvre des isolants et du traitement des ponts thermiques :

Indicateurs	Descriptif
RAS	Qualitatif

Le contrôle par thermographie Infrarouge permet de compléter la mesure de perméabilité à l'air dans son rôle de contrôle de la qualité de mise en œuvre de l'enveloppe du bâti ou permet d'évaluer la qualité d'un bâti à rénover lors d'un audit énergétique. Elle permet de mettre en évidence les défauts de conception (pose des vitrages, de l'isolation). Sans permettre de donner une performance de l'ensemble d'un local comme le test d'étanchéité à l'air, la caméra infrarouge met en évidence par l'image des défauts de conception ponctuels.



Si des anomalies sont détectées lors de ce contrôle par thermographie infrarouge, un second contrôle sera réalisé en même temps que le second test d'étanchéité à l'air. Il permettra de vérifier que les éventuelles corrections apportées ont été correctement mises en œuvre.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dans le cas d'une opération de réhabilitation, où le clos couvert est réhabilité, si un test est effectué lors de l'audit énergétique contractuel, il est possible de qualifier l'état de la paroi du point de vue isolation, infiltration et pont thermique. ➤ Le test est simple, rapide et permet de recenser les éventuels défauts de mise en œuvre d'isolant, de réseau hydraulique pour le chauffage, etc.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode qualitative et non quantitative • Test réalisable qu'en période de gradient de température important entre le milieu intérieur du bâtiment et l'extérieur.

Le contrôle des équipements de chauffage, de ventilation et d'éclairage

Indicateurs	Descriptif
Q	Débit de ventilation exprimé en m ³ /h
L	Éclairage exprimé en lux
–	Rendement de combustion exprimé en %

Il existe plusieurs équipements de mesure permettant de vérifier la conformité de mise en œuvre et l'efficacité des équipements climatiques. Ces tests peuvent être effectués au moment de la livraison du bâtiment. On peut citer :

- 1** Toutes les installations fonctionnant avec une énergie fossile connaissent une baisse de leur rendement de production en vieillissant, ce qui impacte les consommations. Afin de quantifier cette dégradation des performances, il est possible d'effectuer une mesure de combustion de chaque générateur de chaleur. Cette mesure permet d'une part de définir le taux de CO₂ dans les fumées et d'autre part de calculer le rendement de l'installation.
- 2** Un luxmètre est un capteur permettant de mesurer simplement et rapidement l'éclairage réel, et non subjectif. Il permet d'établir des indices quantitatifs de pollution lumineuse ou de l'intrusion lumineuse afin de les réduire par des matériels et stratégies d'éclairage adaptés.
- 3** Une mesure de vitesse de l'air par anémomètre au niveau de chaque bouche de soufflage, d'extraction et/ou dans les réseaux aérauliques permet dans le cadre d'un audit d'évaluer la performance du réseau et, quand le test est fait au moment de la livraison du bâtiment, il permet de vérifier le bon équilibrage du réseau.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ce sont des tests simples.
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe souvent peu de possibilité d'intervention corrective simple car ce type de test est réalisé à la livraison.

2.10 Les actions de sensibilisation : affichage des performances, carnet de vie du bâtiment

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Inciter les usagers à avoir un comportement qui favorise la performance énergétique des bâtiments qu'ils occupent. • Sensibiliser les usagers au respect de l'environnement et de ses ressources de manière générale.
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 6 : Exploitation

Un contrat de partenariat avec engagement de performance énergétique peut inclure des mesures sur différents niveaux. Au-delà des mesures techniques à mettre en œuvre, des changements de comportement peuvent également engendrer un potentiel d'économies d'énergie important à faible coût. Ceci peut être réussi à l'aide d'outils de sensibilisation. Informer et motiver les usagers pour les économies d'énergie représente un levier important.

Le champ des thèmes sur lesquels des actions de sensibilisation peuvent être mis en œuvre est vaste, surtout dans un établissement d'enseignement et de recherche. On peut citer la mise en place d'un livret d'utilisation du bâtiment quand il comporte des équipements particuliers, des actions de sensibilisation autour de l'usage de la bureautique, etc.

Pour exemple, dans le cadre du projet européen « IEA ECBCS Annex 36 : Retrofitting in Educational Buildings – Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures » sur la rénovation énergétique de bâtiments scolaires, l'auteur précise qu'il est important d'intégrer tous les acteurs du bâtiment dans les actions d'efficacité énergétique, c'est-à-dire les gestionnaires techniques, les enseignants et les élèves. Ceci peut être assuré par des formations, de l'information (fiches sur les bonnes pratiques, présentations lors de réunions) et par l'intégration du sujet dans l'emploi du temps. Le guide « Energy and Water Management » (2002) préconise également l'intégration des actions d'efficacité énergétique dans l'enseignement et propose des actions concrètes.

Plan d'amélioration des comportements

Les comportements des usagers peuvent être améliorés grâce à des formations aux éco-gestes, à la manière optimale d'utiliser leur bâtiment. Des démarches spécifiques, basées sur le changement des comportements, sont mises en place dans ce but.

Ces démarches sont souvent une déclinaison pour l'environnement de méthodes développées pour améliorer les comportements sécurité des opérateurs. Elles comprennent par exemple les actions suivantes :

- analyse préliminaire des activités,
- interviews du management et des personnels,
- animation de groupes de travail durant lesquels les collaborateurs identifient les bonnes pratiques comportementales vis-à-vis des économies d'énergie et de la protection de l'environnement,
- élaboration d'une grille de mesure,
- vérification régulière de l'application des bonnes pratiques pour garantir la pérennité des résultats.

Carnet de vie du bâtiment

Destiné aux usagers pour expliquer le fonctionnement du bâtiment et ses caractéristiques environnementales, il comprend notamment :

- des recommandations et bonnes pratiques à suivre sur les dispositions constructives et les particularités techniques et environnementales de l'opération (fonctionnement des équipements de chauffage, ventilation, éclairage, énergies renouvelables, équipements économes en eau, recommandations sur les économies d'énergie, précautions à prendre en cas de double réseau d'eau, etc.)
- des informations sur les dispositions et particularités environnementales de l'opération,
- des informations sur les bons comportements et les bonnes pratiques non liés au bâti (énergie, bruit, eau, air, déchets),
- des informations sur l'organisation des règles communes de vie des usagers du bâtiment (règles de vie, règlement intérieur, etc.)

Ce document sera à destination des usagers du bâtiment, c'est-à-dire des personnes amenées à travailler dans le bâtiment, ou à l'occuper de façon permanente.

Campagne d'affichage des consommations

La campagne d'affichage peut s'appuyer sur les étiquettes DPE ou Display qui informent sur le niveau de performance énergétique global d'un bâtiment (cf. exemple d'affiche Display en Annexe 12).

L'affichage peut également se baser sur un affichage des consommations en temps réel sur un écran. Il en existe de petits modèles pour un usage résidentiel et de plus grands pour les lieux publics. On peut

alors informer les usagers sur les consommations de leurs bâtiments ou encore sur la production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques par exemple.

Comme on peut le voir sur la photo ci-contre, c'est ce que l'Université Autonome de Barcelone a mis en place sur son campus. Etudiants, enseignants et chercheurs peuvent ainsi observer au quotidien la production solaire des panneaux photovoltaïques du campus sur un écran situé dans un lieu de passage.



Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Actions peu onéreuses > Levier important pour une meilleure prise en main des équipements et un meilleur usage des bâtiments
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Certains sujets peuvent être hors périmètre du PPP

2.11 La gestion technique centralisée ou du bâtiment (GTC, GTB)

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer les systèmes à distance (chauffage, éclairage, volets) afin d'adapter au plus près les consommations énergétiques aux besoins des usagers • Réaliser un suivi des consommations en temps réel
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 6 : Exploitation

La GTB désigne la Gestion Technique du Bâtiment, soit un système électronique et numérique permettant de gérer les équipements techniques du bâtiment tels que chauffage, climatisation, ventilation, électricité, mais également tous les équipements tels que les ascenseurs, les alarmes, contrôle d'accès, vidéo surveillance, etc. La GTB est composée d'automates, et autres concentrateurs numériques de fonctions tels que régulations de températures, gestions des périodes d'inoccupation, renvois d'alarmes où de scénarios prévus, détection incendie... La supervision s'effectue au niveau d'un poste de contrôle ou à distance la plupart du temps par internet de n'importe quel terminal ou PC. La GTB est le niveau supérieur de la GTC dite Gestion Technique Centralisée, qui gère particulièrement les équipements de confort (chauffage, climatisation, traitement de l'air, éclairage,...), par distinction des autres équipements de sécurité. GTC ou GTB sont des systèmes plus particulièrement adaptés à des immeubles tels que bureaux, hôtels, centres commerciaux, hôpitaux... Dans le cas d'habitations, le terme de domotique est plus approprié, la gestion des fonctions de confort et de sécurité étant incluse dans la domotique.

Un système de gestion technique du bâtiment (GTB) est un système informatique permettant de visualiser, de contrôler et de piloter l'état complet d'une installation en temps réel. La GTB prend en compte les équipements mécaniques et électriques, s'assurant qu'ils fonctionnent de la façon la plus efficace et la plus économique. Un large éventail de fonctions est couvert : gestion du confort (température, humidité relative, etc.), sécurité (alarmes incendies, contrôle d'accès, etc.), conduite et exploitation du site (marche/arrêt et régulation des systèmes, détection des défaillances, etc.) et gestion de la performance énergétique des bâtiments.

La GTB se compose d'une partie hardware (capteurs, actionneurs, automatismes programmés, intelligence centrale et réseau) et d'une partie software (logiciel). Selon l'utilisation d'un bâtiment, une GTB couvre typiquement quelque 40% de sa consommation énergétique (jusqu'à 70% lorsque l'éclairage est inclus).

Dans le cas des bâtiments publics, l'implantation d'une GTB est particulièrement adaptée pour les bâtiments du secteur hospitalier, du secteur culturel et scolaire ainsi qu'aux bureaux et aux installations sportives. Le prix d'une installation varie fortement selon la taille de l'installation et le nombre de points à gérer. Une formation technique de l'utilisateur est en outre nécessaire.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Donne une vue générale des consommations > Permet un pilotage des installations > Permet d'éditer simplement des rapports d'exploitation sur une période donnée
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Lourd à mettre en œuvre • Nécessite du personnel formé pour le pilotage et le suivi

2.12 Les certificats d'économies d'énergie (CEE)

Présentation du dispositif

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE), créé par la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE), est un instrument de maîtrise de la demande énergétique. En effet, ce dispositif repose sur une obligation triennale de réalisation d'économies d'énergie en CEE (1 CEE = 1 kWh cumac d'énergie finale) imposée par les pouvoirs publics aux fournisseurs d'énergie (les «obligés»). Ceux-ci sont ainsi incités à promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès de leurs clients : ménages, collectivités territoriales ou professionnels.

Les CEE sont attribués, sous certaines conditions, par les services du ministère chargé de l'énergie, aux acteurs éligibles (obligés mais pas uniquement) réalisant des opérations d'économies d'énergie. Ces actions peuvent être menées dans tous les secteurs d'activité (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, transport, etc.), sur le patrimoine des éligibles ou auprès de tiers qu'ils ont incités à réaliser des économies d'énergie. Les obligés ont également la possibilité d'acheter des CEE à d'autres acteurs ayant mené des actions d'économies d'énergie, en particulier les éligibles non obligés.

Des fiches d'opérations standardisées définies par arrêtés, ont été élaborées pour faciliter le montage d'actions d'économies d'énergie. Elles sont classées par secteur (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, transport, réseaux) et définissent, pour les opérations les plus fréquentes, les montants forfaitaires d'économies d'énergie en kWh cumac. Les économies d'énergie réalisées en dehors des opérations standardisées correspondent à des opérations spécifiques.

Les certificats délivrés sont exclusivement matérialisés par leur inscription sur un compte individuel ouvert dans le registre national des certificats d'économies d'énergie, dont la tenue peut être déléguée à une personne morale. Le registre doit également enregistrer l'ensemble des transactions (ventes et achats) de certificats et fournir une information publique régulière sur le prix moyen d'échange des certificats. Ce registre est accessible sur le site www.emmy.fr.

Par ailleurs, le dispositif des CEE contribue, en plus de la maîtrise de la demande énergétique, au développement des énergies renouvelables. Il est ainsi prévu que l'installation d'équipements permettant le remplacement d'une source d'énergie non renouvelable par une source d'énergie renouvelable pour la production de chaleur consommée dans un local à usage d'habitation ou d'activités agricoles ou tertiaires donne lieu à la délivrance de CEE.

En fin de période, les vendeurs d'énergie obligés doivent justifier de l'accomplissement de leurs obligations par la détention d'un montant de certificats équivalent à ces obligations. En cas de non-respect de leurs obligations, les obligés sont tenus de verser une pénalité libératoire de deux centimes d'euro par kWh manquant.

Résultats

Sur la première période, entre 2006 et 2009, les objectifs ont été largement dépassés puisque 65,2 TWh d'économies d'énergie ont été réalisés en 3 ans (contre une cible de 54 TWh), soit l'équivalent de 80 % de la production annuelle d'un réacteur nucléaire, représentant 3,9 milliards d'euros d'investissements dans des travaux d'économies d'énergie.

Si on ajoute la période du 1^{er} juillet 2009 au 31 décembre 2010, le dispositif des certificats d'économies d'énergie a représenté 173,7 TWh cumac délivrés, soit 12,3 TWh d'énergie finale économisée (21% électricité, 79% combustibles), soit 1,5% de la consommation annuelle du secteur résidentiel-tertiaire ; Le dispositif des certificats d'économies d'énergie est à présent dans une phase de maturité et d'accélération, avec un objectif de 345 TWh en 3 ans sur la période 2009-2012, soit une multiplication par plus de six des ambitions de la première période.

Application à un projet immobilier universitaire

Peu de maîtres d'ouvrage universitaires connaissent le mécanisme des certificats d'économies d'énergie et pensent à les valoriser sur leurs opérations. De plus, ils ne visualisent pas l'ordre de grandeur économique de ce qu'ils sont susceptibles de pouvoir récupérer grâce à la valorisation de ces CEE. A titre d'exemple, une simulation a été faite ci-dessous sur un bâtiment de la tranche sciences et technologies de l'opération campus de Bordeaux. Il s'agit d'un bâtiment d'enseignement d'environ 2500 m² SHON. L'opération de réhabilitation prévoit essentiellement un traitement de clos couvert avec une isolation thermique par l'extérieur et le changement des menuiseries qui ne répondent plus à l'exigence thermique. Au niveau des systèmes énergétiques, il est prévu la mise en place d'une ventilation mécanique double-flux, le changement des luminaires et l'installation de robinets thermostatiques sur les radiateurs existants. Le niveau BBC rénovation est visé sur cette opération.

Fiche	Nom	Coût total moyen	MWh cumac	Valorisation des CEE	Taux de couverture	
BAT-EN-07	Isolation des toitures terrasses et couvertures de pente < 5% (PT)	35451 € HT	1818,0	7217 € HT	20,4%	
BAT-EN-04	Fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant (PT)	30106 € HT	229,5	911 € HT	3,0%	
BAT-EN-04	Fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant (PT)	93524 € HT	957,8	3802 € HT	4,1%	
BAT-EN-05	Isolation des murs par l'extérieur (PT)	163025 € HT	4266,0	16936 € HT	10,4%	
BAT-EQ-09	Luminaire pour lampe fluorescente compacte à ballast électronique séparé (PT)	18338 € HT	75,5	300 € HT	1,6%	
BAT-EQ-01	Luminaire pour tube fluorescent T5 avec ou sans dispositif de contrôle (PT)	47033 € HT	118,8	472 € HT	1,0%	
BAT-TH-04	Robinet thermostatique sur radiateurs existants appartenant à un système de chauffage central à combustible (PT)	4117 € HT	80,5	320 € HT	7,8%	
BAT-TH-26	Ventilation mécanique contrôlée double flux avec échangeur (PT)	32693 € HT	1093,0	4339 € HT	13,3%	

Fiche	Nom	Coût total moyen	MWh cumac	Valorisation des CEE	Taux de couverture
BAT-TH-25	Ventilation mécanique contrôlée simple flux autoréglable (PT)	3 684 € HT	26,3	104 € HT	2,8%
BAT-EN-03	Isolation d'un plancher (PT)	44 458 € HT	3 794,4	15 064 € HT	33,9%
TOTAL		472 428 € HT	12 459,7	49 465 € HT	10,5%

■ Coût total de l'opération (€ HT) déduction faite de la valorisation CEE
 ■ Valorisation CEE (€ HT)

Le prix de valorisation des CEE utilisé pour cette simulation est de 3,97 €/MWh cumac, prix moyen début 2013 affiché sur le site du Registre national des CEE (www.emmy.fr).

Il faut toutefois nuancer ce taux de couverture car il existe des frais au montage administratif des dossiers pour la valorisation des CEE. Ce montage peut être internalisé si la maîtrise d'ouvrage possède les compétences en interne, mais le coût doit venir en réduction du gain si elle externalise.

Le taux de couverture est propre à chaque opération et dépend de la performance des solutions mises en place. Cet exemple est donné à titre indicatif mais chaque opération doit faire l'objet d'une estimation et aura son taux de couverture propre.

3 Énergie grise

Les outils présentés sous le thème énergie grise concernent l'énergie grise liée aux matériaux de construction et au chantier.

3.1 Les bases de données

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Fournir les données nécessaires à la réalisation d'une analyse de cycle de vie de bâtiment
Acteur(s) concerné(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne publique • Opérateur
Étape(s) du PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Étape 2 à 6 : Études et programmation à l'exploitation

Près de 40 bases de données sont identifiées aujourd'hui pour la fourniture de données ACV.

Types de données

Deux approches se confrontent : des données de matériaux et de process (par exemple Ecoinvent), ou des données sur des produits de construction (par exemple la base INIES).

La première catégorie s'adresse à des pratiquants plus aguerris de l'ACV, qui vont pouvoir construire le cycle de vie du bâtiment en assemblant des matériaux et des process génériques. Cette pratique permet de spécifier chaque paramètre du cycle de vie du bâtiment étudié et de personnaliser l'étude. En revanche les données utilisées sont le plus souvent génériques et il est indispensable de bien maîtriser leur contenu afin de faire les assemblages opportuns entre matériaux et processus. L'information sur les données est donc cruciale dans ce cas pour maîtriser au mieux les incertitudes de l'analyse dues aux extrapolations et aux hypothèses.

La seconde catégorie de données est basée le plus souvent sur les systèmes de déclaration environnementale de produit (ISO 14025, EPD), tel que les FDES en France, mis en place dans chaque pays (ainsi qu'à l'échelle européenne depuis peu). Les informations correspondent à des produits spécifiques disponibles sur le marché et les déclarations sont le plus souvent réalisées suivant un cadre normalisé clairement défini (et renvoyant aux normes de l'ACV de la série ISO 14040).

Certains éléments incluent le cycle de vie complet du produit ou ne précisent que les impacts jusqu'en sortie d'usine. Certaines bases de données incluent des informations complémentaires sur les impacts sanitaires et de confort des produits concernés : bien qu'inutilisées dans l'ACV aujourd'hui, ces informations pourraient s'avérer utiles dans des versions futures des outils d'ACV bâtiment.

Ces données sont déclarées par des industriels ou groupements d'industriels, avec des systèmes de vérification proposés mais pas systématiquement obligatoires. Elles permettent une lecture plus aisée aux pratiquants de l'ACV pour identifier le produit correspondant à leur besoin. Cependant, le peu de données encore disponibles, comparativement à la multitude de produits sur le marché, et les champs d'application très précis des informations existantes peuvent imposer des extrapolations hasardeuses lorsque la donnée ne correspond pas exactement au produit recherché.

Trois types de Fiches de Déclaration Environnementale ont fait l'objet de textes normatifs :

- Les Ecolabels, ou Déclarations Environnementales de Type I,
- La Déclaration Environnementale de type II est celui des auto-déclarations,
- Enfin, la Déclaration Environnementale de type III ou écoprofiles est une auto-déclaration encadrée couvrant un ensemble d'impacts précis, complet et constant.

	Écolabels officiels	Autodéclarations environnementales	Écoprofiles
Étiquetage	Type I	Type II	Type III
Normes	ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025
Intervention d'une tierce partie	Suivi tous les ans Renouvellement tous les 3 à 5 ans du cahier des charges	Pas d'intervention d'un tiers	Pas de suivi
Objectif	Reconnaissance officielle de la qualité écologique et d'usage	Affichage d'un effort en faveur de l'environnement	Comparaison des produits entre eux
Représentation	NF environnement Écolabel européen	Texte, symbole ou pictogramme	Déclaration environnementale du produit
Portée	Ensemble du cycle de vie	1 seul aspect environnemental	Ensemble du cycle de vie
Produits concernés	Produits dont le référentiel existe	Tous produits	Tous produits

Source : La norme ISO 14021, <http://www.bivi.qualite.afnor.org/>

La Déclaration de type III favorise une communication de progrès en permettant à toutes les entreprises de communiquer des informations et ceci, même quand un produit est issu d'une filière spécifique ou possède des impacts spécifiques. Ce système est, en ce sens, plus pratique et plus consensuel que le type I. De plus, et contrairement à la déclaration de type I, la déclaration de type III permet de communiquer sur tous les produits et non plus seulement sur les meilleurs.

Origine des données

Ces bases de données ont des origines diverses :

- travaux de production de données réalisés par des instituts de recherche ou des centres spécialisés dans l'ACV,
- déclarations d'industriels ou de groupements d'industriels,
- compilation d'ACV réalisées de façon dispersée.

La base INIES et les FDES

La FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire) est un cadre commun de présentation des caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction selon la norme NF P01 010 (décembre 2004).

La totalité des fiches existantes est disponible dans la base INIES (<http://www.inies.fr/>).

L'objet de la FDES est de fournir des informations fiables sur un produit, en ce qui concerne :

- Son impact environnemental à chaque étape de son cycle de vie
- L'évaluation du risque sanitaire et sa contribution à la qualité sanitaire de l'eau
- Les informations relatives à l'évaluation du confort intérieur.

Pour ce qui concerne l'empreinte environnementale des produits de construction, la FDES présente l'inventaire du cycle de vie du produit récapitulé dans les tableaux de la norme NF P01-010.

Ensuite des indicateurs d'impacts du cycle de vie du produit permettent d'évaluer la contribution environnementale du produit en compilant certains flux de l'inventaire. Ils sont les véritables critères environnementaux d'aide au choix du produit.

Indicateurs environnementaux NF P 01-010	
Impact environnemental	Unité
1- Consommation de ressources énergétiques: Énergie primaire totale, énergie renouvelable, énergie non renouvelable	MJ/UF
2- Épuisement de ressources (ADP)	kg équivalent antimoine/UF
3- Consommation d'eau totale	litre/UF
4- Déchets solides : Déchets valorisés total Déchets éliminés : dangereux, non dangereux, inertes, radioactifs	kg/UF
5- Changement climatique	kg équivalent CO ₂ /UF
6- Acidification atmosphérique	kg équivalent SO ₂ /UF
7- Pollution de l'air	m ³ /UF
8- Pollution de l'eau	m ³ /UF
9- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg CFC équivalent R11/UF
10- Formation d'ozone photochimique	kg équivalent éthylène/UF

La base INIES existe depuis 2004. Jusqu'à 2007, le nombre de FDES stagnait, mais une forte augmentation est actuellement observée (plus d'une vingtaine de nouvelles FDES est publiée chaque mois). Il existe à ce jour environ 1052 FDES, soit plus de 10 700 références commerciales.

La tendance est à la généralisation de l'affichage des impacts environnementaux des produits et le nombre de FDES devrait se multiplier. La convention d'engagement volontaire pour l'affichage environnemental et sanitaire des produits de construction¹⁹ prévoit qu'à la fin 2012, au moins 90% des familles de produits

¹⁹ Signée en mars 2009 par l'AIMCC, le MEEDDM, l'association HQE, l'AFNOR, le CSTB et QUALITEL.

soient couvertes par au moins une FDES. Les industriels de l'AIMCC (Association des Industries des Produits de Construction) s'engagent à produire des FDES en plus grande quantité et de meilleure qualité.

Avantages	+ Données représentatives du cycle de vie réel des produits mis en œuvre en France
Défauts	• De nombreux produits n'ont pas encore de FDES

Les DES

Les DES (Déclaration Environnementale de Service) sont l'équivalent d'une FDES mais pour un service, soit la distribution d'eau ou d'énergie.

Ecoinvent

La base de données Ecoinvent v2.1 compile des données internationales de cycles de vie de plus de 4000 procédés, produits ou services industriels (énergie, matières premières, substances chimiques, agriculture, déchets, transport...). Ecoinvent est une des bases de données d'écobilan les plus connues, elle existe depuis une quinzaine d'années. D'origine Suisse, elle comprend des inventaires de cycle de vie pour l'énergie, les matériaux, le traitement de déchets, les trafics et de différents produits et processus (agricoles, électroniques, usinage des métaux et ventilation de bâtiment). Ainsi, contrairement aux FDES qui fournissent directement l'ACV d'un produit donné, Ecoinvent contient les données qui permettront de réaliser des ACV, donc également des déclarations environnementales, mais aussi des bilans CO₂, du management de cycle de vie, du design environnemental et d'autres applications. Cependant il n'y a pas d'accès public à cette base de données, puisqu'elle est payante. La dernière mise à jour date de 2003. Pour gérer plus facilement toutes ces données, qui sont disponibles au format XML ou Excel, il existe par exemple le logiciel Simapro, qui permet de réaliser aisément des ACV.

Avantages	+ Inventaires comportant plusieurs centaines de substances, pour les matériaux et les procédés
Défauts	• Données pas forcément représentatives du contexte national

Écobilans de la KBOB

KBOB²⁰ (« conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrages publics suisses ») est une des associations suisses qui gère les écobilans.

Les écobilans KBOB permettent d'établir une analyse des matériaux de construction (fabrication et élimination), au niveau de l'énergie grise et des émissions CO₂.

²⁰ www.kbob.ch

Ils contiennent aussi une évaluation en scores UBP (UmweltBelastungPunkten), également appelés « Éco-points », qui quantifient les charges environnementales. Il s'agit d'un indicateur de type « end point » au sens où il ne correspond pas à une unique catégorie d'impacts, mais représente l'ampleur globale de différentes catégories d'impacts agrégées par un système de pondération puis de normalisation.

Les données ont été mises à jour en janvier 2009, et sont téléchargeables sous la forme d'un tableur sur le site <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=fr>

Avantages	+ Inventaires comportant plusieurs centaines de substances, pour les matériaux et les procédés
Défauts	• Données pas forcément représentatives du contexte national

Les EPD ou DEP

En Europe, il existe les EPD (Environmental Product Declaration) ou DEP en français (déclaration environnementale de produits), qui se rapprochent des FDES mais concernent tout type de produit, et dont l'utilisation est plutôt vouée à des fins interentreprises, pour comparer des produits remplissant la même fonction et satisfaire la demande pour les produits qui génèrent moins d'impacts. L'EPD (Environmental Product Declaration) est en fait le précurseur européen des FDES, établi sur la norme ISO 14025 (Déclarations environnementales de Type III). Il concerne n'importe quel produit en général, mais est principalement destiné à une communication interentreprises, afin de comparer des produits remplissant la même fonction. Ainsi, l'objectif des EPD est d'encourager et de satisfaire la demande pour les produits qui génèrent moins d'impacts sur l'environnement, alors que les FDES ne sont pas une fin en soi, mais doivent servir à l'échelle de tout un ouvrage. Les EPD ne renseignent pas forcément le cycle de vie complet du produit. Il faut souvent rajouter les phases suivantes : transport sur chantier, entretien-maintenance, fin de vie.

Avantages	► Donne une vue générale des consommations
Défauts	• Cycle de vie pris en compte incomplet

Les PEP

Les PEP (Product Environmental Profile) sont des auto-déclarations pour les équipements électriques, électroniques, et de génie climatique. Ils sont basés sur le référentiel du programme d'auto-déclaration PEP écopasseport développé en 2010 et conforme à la norme ISO 14025-2006 (Déclarations environnementales de Type III).

Les déclarations de type III sont également appelées éco-profils, elles comprennent les PEP, mais aussi les FDES, les DES (Déclarations Environnementales de Service) et les EPD (Environmental Product Declaration).

Les PEP se présentent sous la forme de synthèse ACV de 3 à 10 pages. Huit indicateurs environnementaux décrivent le profil environnemental du produit : épuisement des matières premières (Y-1), épuisement de l'eau (dm³), réchauffement climatique (géq CO₂), épuisement de la couche d'ozone (géq CFC-11), création d'ozone photochimique (géq C₂H₄), acidification de l'air (géq H+), production de déchets dangereux (kg).

Un PEP est donc un document qui décrit les caractéristiques environnementales d'un nouveau produit ou d'un produit modifié. Le document typique de PEP comprend 6 parties :

- Identification et description du produit
- Information sur l'énergie liée au produit
- Information sur la composition du produit
- Information sur les consommables et l'emballage du produit
- Information sur la conception et les attributs environnementaux du produit
- Information sur les émissions et la conformité aux normes

À la différence des déclarations environnementales de type I (éco-labels) et II (autodéclarations) qui portent généralement sur des produits de grande consommation, les PEP (autodéclarations plus abouties que celles du type II) portent sur des produits destinés à l'industrie (« Business to Business »).

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> > Multicritère > Cadre européen (programme EPD)
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Plutôt destinés à l'industrie (« Business to Business ») • Format non adapté pour l'instant pour communiquer selon la norme NF P01 010 « Qualité environnementale des produits de construction »

Un tableau comparatif d'une sélection d'outils d'évaluation et de leurs bases de données associées est présenté à la fin du chapitre 1.2 de la boîte à outils.

3.2 La prise en compte de l'énergie grise dans les référentiels environnementaux

France – HQE : Référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments

Dans le référentiel HQE, l'énergie grise est abordée dans la cible 2 « choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction » et en particulier à travers la sous-cible « choix des produits de construction afin de limiter les impacts environnementaux de l'ouvrage ».

La prise en compte de l'énergie grise des matériaux s'effectue à deux niveaux.

Tout d'abord par la connaissance de la contribution des produits de construction aux impacts environnementaux de l'ouvrage. La performance est alors évaluée en fonction du niveau de connaissance atteint : nombre d'indicateurs et de produits renseignés. L'objectif ultime visé est une analyse de cycle de vie complète avec la connaissance des 10 indicateurs environnementaux de la norme NF P01-010 pour l'ensemble des produits envisagés.

Critère d'évaluation	Performance	
	Niveau	Points en TP
<p>2.3.1. Connaître les impacts environnementaux des produits de construction</p> <p>Connaissance des indicateurs d'impact environnementaux des produits de construction, selon la norme NF P01-010 [A] ou une norme européenne équivalente :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pour au minimum 50% des éléments d'au moins deux familles de produits <u>de second œuvre</u> ET une famille de produits de gros œuvre et/ou de voirie ▪ Pour au minimum 50% des éléments d'au moins quatre familles de produits <u>de second œuvre</u> ET deux familles de produits de gros œuvre et/ou de voirie ▪ Pour au minimum 80% des éléments d'au moins quatre familles de produits <u>de second œuvre</u> ET deux familles de produits de gros œuvre et/ou de voirie ▪ Pour au minimum 80% des éléments de toutes les familles de produits (<u>gros œuvre et/ou voirie, et second œuvre</u>) ▪ Pour 100% des éléments de toutes les familles de produits (<u>gros œuvre, et second œuvre</u>). 	<p>B</p> <p>P</p> <p>TP</p> <p>TP</p> <p>TP</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>

Une fois qu'on a connaissance de ces impacts environnementaux, la seconde étape consiste à intégrer ces données comme critère de choix dans les différents scénarii de matériaux étudiés. On cherche alors à limiter l'impact environnemental de l'ouvrage.

<p>2.3.2. Choisir les produits de construction pour limiter les impacts environnementaux de l'ouvrage</p> <p>Utilisation a minima des connaissances des éléments retenus en 2.3.1:</p> <p>Calculer les impacts environnementaux globaux de l'ouvrage selon la norme XP P 01-020-3 [6] ou une norme européenne équivalente :</p> <p>Différents scénarii de contribution des produits aux impacts à l'échelle de l'ouvrage ont été étudiés selon la norme XP P 01-020-3 [6] ou une norme européenne équivalente pour le gros œuvre OU pour le second œuvre : Prise en compte de ces scénarii dans le choix des produits et des principes constructifs mis en œuvre.</p> <p>Différents scénarii de contribution des produits aux impacts à l'échelle de l'ouvrage ont été étudiés selon la norme XP P 01-020-3 [6] ou une norme européenne équivalente pour le gros œuvre ET pour le second-œuvre : Prise en compte de ces scénarii dans le choix des matériaux et des principes constructifs mis en œuvre.</p>	<p>P</p> <p>TP</p>	<p>4</p>
---	--------------------	----------

USA-Canada – LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

Le référentiel LEED aborde l'impact environnemental des matériaux de manière pragmatique suivant les critères de la catégorie « matériaux et ressources ». La notion d'énergie grise est exprimée dans le crédit 6.

- Crédit 1 Réutilisation des bâtiments
- Crédit 2 Gestion des déchets de construction
- Crédit 3 Réutilisation des ressources
- Crédit 4 Contenu recyclé
- Crédit 5 Matériaux régionaux
- Crédit 6 Matériaux rapidement renouvelables
- Crédit 7 Bois certifié
- Crédit 8 Bâtiment durable

Royaume-Uni – BREEAM : BRE (British Research Establishment) Environmental Assessment Method

BREEAM aborde spécifiquement la thématique de l'énergie grise dans la catégorie « matériaux » qui se divise elle-même en 7 critères :

- Mat 1 Spécification des matériaux (éléments de construction majeurs)
- Mat 2 Aménagement paysager et délimitation de parcelle
- Mat 3 Réutilisation de la façade du bâtiment
- Mat 4 Réutilisation de la structure du bâtiment
- Mat 5 Approvisionnement responsable des matériaux
- Mat 6 Isolation
- Mat 7 Conception pour la robustesse

Il s'agit pour l'ensemble de ces critères d'encourager la réalisation d'analyse de cycle de vie et de promouvoir le choix de produits de construction ayant un faible impact environnemental.

Allemagne – DGNB: German Sustainable Building Certificate

Le référentiel allemand est basé sur la logique d'analyse de cycle de vie. Il traite donc de la réduction de la consommation de l'énergie et des émissions de GES en général, en y incluant l'énergie grise. Trois critères touchent à cette problématique :

Critère **1** TPotentiel de réchauffement global

Critère **10** TDemande en énergie primaire non renouvelable

Critère **11** TDemande en énergie primaire totale et proportion d'énergie primaire renouvelable

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permet d'intégrer la prise en compte de l'énergie grise dans une démarche environnementale plus globale
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Selon les exigences requises pour être certifié, les critères promouvant l'ACV et la prise en compte de l'énergie grise peuvent ne pas être traités

L'énergie grise relative à la phase de chantier va comprendre en premier lieu les consommations d'énergie sur site (électricité, carburants des engins et machines, etc.), le transport des personnels (transit entre le siège de l'entreprise et le site du chantier), mais aussi l'énergie consommée par les processus de traitement des déchets de chantier.

3.3 Bilan carbone de chantier

Le Bilan Carbone appliqué à un chantier permet de quantifier les émissions de carbone globales pour les postes suivants : énergie, matériaux, fret, déplacements, déchets directs, et immobilisations (matériel). La comptabilisation de l'ensemble des données permet d'évaluer les performances « carbone » de la phase de construction.

Des éléments sur la mise en œuvre des produits et équipements et sur la gestion des déchets de chantier sont déjà inclus dans les FDES. Il s'agit ici de chiffrer les éléments de chantier communs à plusieurs systèmes et non pris en compte dans les FDES ou les PEP :

- Consommation d'eau et d'énergie des cantonnements de chantier
- Amortissement matériel des équipements lourds (grues fixes...)
- Consommation d'eau hors cantonnements
- Consommation d'énergie hors cantonnements
- Consommation des engins de chantier pour le terrassement, le forage de puits, l'évacuation des terres et la démolition (électricité, combustible et/ou consommables)
- Quantité de déblais et remblais quittant ou entrant sur la parcelle
- Déplacements des personnels de chantier.

Pour ces postes, il s'agit de collecter des quantités d'eau, électricité, fioul et matériaux consommés et de multiplier ces données par les profils environnementaux associés à chaque type de consommation (voir norme XP P01-020-3).

La liste des postes pris en compte doit être explicitée.

Si le site nécessite une dépollution avant construction, les impacts liés à la dépollution sont pris en compte mais doivent être clairement différenciés dans la présentation des résultats.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prise en compte de l'énergie grise réelle et non pas à partir de données moyennes
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • Attention à l'articulation avec les autres données (FDES) pour l'intégration à l'ACV

3.4 Démarche chantier propre

Les chantiers dits « propres » ou encore appelés « chantiers à faibles nuisances » gèrent les nuisances et les pollutions environnementales générées par les différentes activités liées aux chantiers. Les objectifs de ce type de démarches sont les suivantes :

- la limitation des nuisances sonores et visuelles,
- la limitation des pollutions du sol, de l'air, des eaux,
- et surtout la gestion des déchets.

La finalité reste la même : réduire les impacts, et d'une manière primordiale les impacts carbone.

Charte « chantier à faibles émissions carbone » : la rédaction d'une charte permet de formaliser les engagements respectifs de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'œuvre et des entreprises. Elle peut être indexée directement au DCE pour informer et sensibiliser celles-ci à la démarche mise en place.

DCE : un chapitre environnement intégré au CCTP : il est possible de demander des références en matière de chantiers ayant fait l'objet d'une démarche similaire (chantier vert/propre/à faibles nuisances, etc. démarche HQE...)

Plan Assurance Environnement (PAE) : document opérationnel élaboré par le coordinateur environnement ou par le maître d'ouvrage. Chaque entreprise du chantier doit le compléter, avant le démarrage des travaux en indiquant les dispositions qu'elle va mettre en œuvre pour limiter les émissions carbone liées à la production des déchets et leur traitement. Ce document constitue une réponse de l'entreprise à la charte élaborée par le maître d'ouvrage.

Le SOGED : mise en place d'un schéma d'organisation et de gestion de l'élimination des déchets. Il doit être rédigé par l'entreprise et soumis au maître d'œuvre pour validation. Il permet au maître d'ouvrage de s'assurer de la bonne mise en décharge ou de la valorisation des déchets générés par les entreprises. Le SOGED intègre : les choix des filières d'élimination des différentes catégories de déchets, les dispositions prises pour optimiser le tri des déchets, les moyens de contrôle, de traçabilité et de suivi mis en œuvre sur le chantier.

Bordereaux de suivi de l'élimination des déchets

Le bordereau de suivi des déchets est un document qui fait partie du dispositif de contrôle des circuits de traitement des déchets. Il a pour but de regrouper de nombreuses informations sur le déchet concerné, son élimination et tous les intermédiaires qui vont le prendre en charge au cours de son circuit d'élimination. Ce bordereau s'inscrit dans le principe de la responsabilité du producteur et constitue une preuve de l'élimination du déchet. Il permet d'assurer sa traçabilité et identifie tous les acteurs de la filière : producteur, transporteur, installation de stockage ou de traitement...

Le Plan départemental de gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics (appelé Plan BTP) peut apporter des éléments de réponse quant à l'organisation de la gestion des déchets du bâtiment et notamment la présence de filières de valorisation à proximité. Les objectifs fixés par cette circulaire sont : le respect de la réglementation, la mise en place d'un réseau de collecte/traitement avec organisation des circuits financiers, la réduction des déchets à la source, la réduction de la mise en décharge, le développement de la valorisation, l'utilisation des matériaux recyclés dans les chantiers de BTP, la prise en compte des coûts dans les contrats de la commande publique (soit l'implication des personnes publiques dans l'élimination des déchets de chantier).

Localisation des filières de traitement les plus proches

Des bases de données facilement accessibles et régulièrement actualisées permettent d'identifier et de localiser les déchèteries et centres de recyclage les plus proches du chantier acceptant les différentes catégories de déchets des professionnels. Le site de la fédération du bâtiment <http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr> est en libre accès et permet l'identification des centres de traitement et de recyclage les plus proches du chantier. Une localisation par carte des centres de la région du chantier est disponible, ainsi que les coordonnées, les contacts, les horaires, les conditions d'accès, etc. Le Système d'INformation et d'Observation de l'Environnement (SINOE®) est une base de données du même registre (<http://www.sinoe.org/>). Il s'agit d'un portail permettant l'accès à un ensemble de données relatives à la gestion des déchets en France (territoire français hors TOM). Cet outil permet notamment une exportation des données sous format Excel.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permet de limiter l'impact environnemental du chantier
Défauts	<ul style="list-style-type: none"> • La démarche chantier propre nécessite une rigueur et une organisation spécifiques parfois lourdes à mettre en place en plus de la gestion classique du chantier

4



RETOUR D'EXPÉRIENCE

1 Le suivi de 3 sites pilotes	148
2 Le retour d'expérience par site pilote	149
3 L'analyse croisée	160

1 Le suivi de 3 sites pilotes

L'objectif de cette phase de test était de capitaliser un retour d'expérience sur l'applicabilité concrète de la méthode développée dans ce guide dont la première version a été diffusée en Mars 2011.

Ainsi cette partie présente de manière synthétique et en respect de la confidentialité des projets, les principales conclusions observées lors de la mise en pratique de la démarche énergie-carbone. D'autre part, des constats importants ont également engendré un enrichissement de la méthode et des outils présentés.

La période de test a eu lieu sur une période de deux ans, de janvier 2011 à décembre 2012 où 3 opérations ont été suivies. La sélection des sites pilotes par le MESR a été effectuée tout d'abord par rapport aux contraintes calendaires, des sites suffisamment avancés dans leur opération ont été privilégiés.

D'autre part, la diversification de la nature des opérations a été appréciée :

- Sur Grenoble, il s'agit d'une opération de construction neuve d'un unique bâtiment de 22 000 m²,
- Sur Bordeaux, l'opération consiste en la rénovation de 16 bâtiments soit environ 90 000 m²,
- Sur Toulouse, l'opération est mixte avec 32 500 m² SU dont une partie (potentiellement 1/3) de rénovation et une autre (potentiellement 2/3) de déconstruction/reconstruction.

Le suivi a été réalisé depuis la phase de programmation jusqu'à la signature du contrat. Il aurait bien sûr été très intéressant de poursuivre ce suivi au-delà de l'étape de contractualisation mais un compromis a dû être trouvé entre les délais des opérations et une diffusion du retour d'expérience qui puisse profiter aux autres opérations.

Le tableau ci-dessous présente le détail du suivi réalisé aux différentes étapes : DCE, offres initiales, offres finales, mise au point du contrat, contrat signé.

	Étapes de la procédure	Grenoble : Green-ER		Bordeaux : sience et technologies		Toulouse : Mirail	
		Calendrier	Interventions de NOBATEK	Calendrier	Interventions de NOBATEK	Calendrier	Interventions de NOBATEK
LANCEMENT CONSULTATION	AAPC	déc-10		déc-10		mars-11	
	Présentation test du guide sur site pilote	janv-11	Cf. 11012011CR_Application Guide MESR_Grenoble_01.pdf	janv-11	Cf. 110119 CR_Application Guide MESR_Bordeaux_01.pdf	mars-11	Cf. 140311 CR_Application Guide MESR_Toulouse_01.pdf
	Envoi du DCE	mars-11	Avis de Nobatek intégration du guide au DCE Echanges par mail avec M. Minier des 13/01/2011 et 18/01/2011	juin-11	Travail amont de Nobatek dans le cadre d'une autre convention : STD + ACV sous EQUER.	juin-11	Avis de Nobatek intégration du guide au DCE - Echanges téléphoniques et par mail avec M. Pech des 31/05/2011 et 01/06/2011
DIALOGUE COMPETITIF	Offres initiales	juin-11	Participation au GT d'analyse des PPS le 09/06/2011	nov-11	Participation au GT d'analyse des offres initiales le 18/11/2011	oct-11	Participation au GT d'analyse des offres initiales le 29/11/2011
	Deuxièmes propositions (si 2 tours)	oct-11	Participation aux GT d'analyse des PPD le 26/10/2011				
	Offres finales	avr-12	Participation au GT d'analyse des offres finales le 12/04/2012	juin-12	Participation au GT d'analyse des offres finales le 29/06/2012	juil-12	Participation au GT d'analyse des offres finales les 09 et 10/07/2012

	Etapas de la procédure	Grenoble : Green-ER		Bordeaux : sience et technologies		Toulouse : Mirail	
		Calendrier	Interventions de NOBATEK	Calendrier	Interventions de NOBATEK	Calendrier	Interventions de NOBATEK
CONTRAT	Choix de l'attributaire	mai-12	--	juil-12	Préparation de la commission de choix	sept-12	--
	Mise au point des engagements	juin-12	Echange téléphonique avec M.Chenier d'AMOES le 25/02/2013	Aout/Nov-12	Suivi des négociations des termes du contrat	Oct/déc-12	Echange téléphonique avec M. Pech le 22/11/2012
	Signature du contrat	juil-12	Analyse du contrat (Eiffage)	nov-12	Analyse du contrat (Bouygues)	déc-12	Analyse du contrat (Vinci)

2 Le retour d'expérience par site pilote

2.1 Université de Grenoble : Opération GreEn-ER

Présentation de l'opération

Nom de l'opération	GreEn-ER – Grenoble Energie Enseignement recherche
Personne publique	PRES Université de Grenoble
Type d'opération	Construction neuve
Surface	21 540 m ² SHON
Type de contrat	PPP
Coût de l'opération	52 Millions d'euros HT (études et travaux)
Groupement retenu	Eiffage construction
Date signature	Juillet 2012



Programmation

Le pôle GreEn-ER (Grenoble Energie - Enseignement Recherche) a vocation à rassembler la majorité des activités de recherche et de formation dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie sur Grenoble. L'opération immobilière GreEn-ER a donc pour objectif d'incarner cet enjeu et d'être exemplaire en termes de gestion de l'eau et de l'énergie.

La dimension énergétique est un élément véritablement fondateur du projet et s'est traduite par le recours à un APP énergétique et environnemental AMOES avec la collaboration du bureau d'études Enertech.

Quelques exigences programmatiques sur les consommations en énergie blanche sont résumées ici :

- Objectif de consommation de 2200 MWhep/an sur un ensemble de postes de consommation,
- bâtiment à énergie positive avec des besoins de chauffage très faibles (niveau passif),
- comptages poste par poste, entité par entité (refacturation interne des consommations),
- pas d'engagement de performance sur les laboratoires, mais des obligations de moyens,
- pas d'engagement des groupements sur le poste bureautique mais mise en place d'un réseau vert dédié.

De plus, l'équipe projet a mené une démarche précurseur en matière d'énergie grise en fixant une limite quantifiée à respecter complétée par des exigences plus qualitatives :

- limite en énergie grise de 1 500 kWhEP/m²SRE²¹.an fixée sur la base d'un retour d'expérience du bureau d'études Enertech,
- éviter les matériaux à forte énergie grise : aluminium/PVC pour les menuiseries et PSE en isolant sont déconseillés, filières de recyclage,
- usage du bois fortement recommandé avec pour objectif d'aller au-delà du décret du 17 mars 2010,
- préférer des essences de bois naturellement durables, sans traitement, du bois le plus local possible ou certifié FSC/PEFC.

Suivi du dialogue compétitif

La prise en compte du sujet énergie carbone dans le dossier de consultation est rendue complexe par l'existence de diverses sources qui se superposent sans se correspondre : les exigences législatives et réglementaires, le cahier des charges de la ZAC, le référentiel développement durable de l'établissement, le référentiel énergie carbone du MESR.

Au stade PPS, le calcul d'ACV (analyse de cycle de vie) a été rendu facultatif à la demande des groupements qui se plaignaient d'avoir trop de pièces à fournir. L'approche a donc été qualitative et assez généraliste à cette étape. Cette exigence a toutefois influencé la conception de certains projets qui valorisent des systèmes constructifs en bois et des isolants biosourcés. Sur les aspects d'énergie blanche, les groupements ont eu du mal à prendre connaissance des éléments très détaillés qui leur ont été communiqués et à les maîtriser.

Pour les offres PPD, la stratégie adoptée a été d'imposer un logiciel commun à utiliser (Cycleco) pour les ACV, mais il y a eu un loupé administratif et le logiciel n'a pas été mis à disposition à temps. Certains groupements ont donc réalisé le calcul avec leurs propres outils, d'autres ont utilisé le constat de contretemps pour ne pas le faire.

²¹ SRE : surface de référence énergétique inspirée du label allemand Passivhaus, soit la surface nette au sol devant être chauffée pour son usage.

Parmi les 3 sites pilotes, Grenoble est le site où la tentative de cadrage de la méthode a été la plus poussée avec un objectif chiffré à atteindre par les 4 groupements et un logiciel imposé (à partir des offres finales). Malgré ces paramètres de cadrage, les groupements sont partis sur des périmètres différents. En effet, plusieurs critères sont restés flous :

- La durée de vie sur laquelle est basé le calcul,
- Les indicateurs pris en compte (énergie non renouvelables, énergie primaire totale),
- L'unité de surface (SHON, SHONRT, SHOB, SHAB, SU, SDO, SRE, surface de plancher),
- Les phases de vie prises en compte dans le calcul (fabrication matériaux, transport des matériaux, chantier, maintenance, fin de vie).

Projets	En EP totale [kWh]	Périmètre non uniforme
Bleu	29 855 331	Phase construction : production et transport des matériaux
Jaune	36 628 752	Phase construction : production et transport des matériaux, chantier
Rouge	27 743 000	Phase construction : production des matériaux
Vert	29 673 921	Phase construction : production des matériaux

Les études d'ACV ne sont donc pas encore complètement comparables en l'état.

Des écarts importants ont été constatés d'un groupement à l'autre pour la projection des consommations d'énergie blanche du bâtiment. Comme pour les calculs d'ACV, le périmètre des données d'entrée est primordial. Dans ce cas, il existe une différence dans le périmètre des locaux chauffés, ainsi certains espaces comme les atriums n'ont pas été traités de la même manière par tous.

Le dialogue compétitif a été « musclé » sur les engagements énergétiques (énergie blanche), mais a accordé peu d'importance à l'énergie grise.

La question de l'instrumentation du bâtiment est au centre d'enjeux importants. Les groupements proposent une approche visant à limiter la portée de leurs engagements par la mise en avant des effets de comportement. Il faut prendre les choses dans le sens inverse en utilisant l'instrumentation et les comptages comme support d'un dialogue avec les utilisateurs leur permettant de faire évoluer leurs comportements en vue d'une réduction des consommations. Pour garder un équilibre entre le coût de l'instrumentation et le bénéfice qu'on peut en attendre, il a été demandé d'instrumenter par secteur homogène d'usage.

Le point le plus délicat est celui du confort d'été. Les groupements ont demandé à la personne publique de préciser l'usage du bâtiment pendant la période critique. Les utilisateurs sont réticents à admettre une

utilisation partielle du bâtiment et de ses équipements pendant cette période. L'équipe projet a dû prendre position sans s'être appuyée sur leur accord. Elle a opté pour un abattement forfaitaire du coefficient d'utilisation des locaux. Elle a de même dû prendre une position sur la consommation des ordinateurs.

Les niveaux de consommation ne peuvent être définis que par rapport à un confort acceptable pour les usagers. Sous cet aspect, il apparaît souhaitable de ne pas se limiter à une température de consigne réglementaire (19°) mais de prévoir aussi une hypothèse plus élevée (20°). La question de la prise en compte d'un indicateur qualitatif de confort (zone de confort définie par un taux de satisfaction de 80%) mérite d'être évoquée.

Contenu du contrat

Concernant la limite chiffrée en matière d'énergie grise, il est difficile de comparer le projet du groupement retenu aux autres car les phases de vie à prendre en compte n'étaient pas précisées. Bien que le projet retenu affiche la plus faible valeur en énergie grise sur la phase de construction, il n'est donc pas garanti que ce soit le projet le moins impactant.

Le projet retenu n'atteint pas l'objectif initial de consommations énergétiques de 2200 MWh/an. D'autres critères pesant plus lourds dans la pondération ont orienté le choix du projet. Il présente par ailleurs de nombreux points forts sur le plan énergétique comme le free cooling (ventilation naturelle) ou la récupération des énergies « fatales » perdues (celles dégagées par les équipements informatiques et les groupes froids des cuisines).

La mise au point du contrat n'a pas permis de ramener l'engagement énergétique du groupement à l'objectif fixé mais des prestations immobilières ont été négociées comme par exemple la mise en place d'une isolation en laine de bois ou l'augmentation des épaisseurs d'isolant.

Postes de consommation énergétique de l'ensemble 1	Conso. Prévisionnelle CR [MWh/an]
Chauffage du bâtiment	132
Préchauffage de l'air de compensation des sorbonnes et autres extractions spécifiques des laboratoires	28
Préchauffage de l'air de compensation des hottes de la cuisine collective	29
Rafraîchissement du bâtiment	39
Refroidissement du réseau de refroidissement process	40
Refroidissement des chambres froides et autres locaux de la cuisine collective	11
Refroidissement des autres locaux très spécifiques hors salle serveurs	140
Eau chaude sanitaire hors cuisine collective	34
Eau chaude sanitaire de la cuisine collective	52
Auxiliaires de chauffage, de rafraîchissement, de refroidissement (hors part liée à la salle serveurs)	420
Auxiliaires de ventilation (ventilateurs, dégivrage...) liés au renouvellement d'air courant du bâtiment	815
Auxiliaires de ventilation des sorbonnes et autres extractions spécifiques des laboratoires	51
Auxiliaires de ventilation des hottes de la cuisine collective	37
Appareils élévateurs	36
Eclairage de tous types	505
Total engagement de Consommation macro-poste 1	2 367

Les consommations d'énergie blanche font l'objet d'un engagement assorti de pénalité. Le cadre de réponses est détaillé finement par poste (postes réglementaires et non réglementaires) mais l'engagement porte sur la consommation générale.

Une durée de 2 ans après réception a été fixée pour caler l'engagement de consommations avant que les pénalités n'entrent en vigueur.

- Le bonus sera applicable à partir de la 3^{ème} année suivant la réception du bâtiment,
- Le malus sera applicable à partir de la 2^{ème} année suivant la réception du bâtiment.

Le recalage éventuel de la consommation de référence n'est envisagé que dans le cas où les modalités d'utilisation du bâtiment ou les usages énergétiques sont modifiés, des travaux réalisés et que ces modifications sont susceptibles d'avoir un impact sur les performances énergétiques. Dans ce cas, titulaire et personne publique se rencontrent dans les meilleurs délais pour évaluer par tout moyen (calcul thermique, simulation dynamique, etc...) l'impact des modifications sur les engagements de performance énergétique.

La méthode définie maintient donc l'engagement initial sauf à apporter la preuve d'une modification du périmètre et de son impact sur les consommations.

2.2 Université de Bordeaux : 1^{ère} tranche – domaine sciences et technologies

Présentation de l'opération

Nom de l'opération	Phase 1 - Sciences et technologies
Personne publique	PRES Université de Bordeaux au travers de la SRIA
Type d'opération	Réhabilitation
Surface	90 000 m ² SHON
Type de contrat	CREM - Montage innovant
Coût de l'opération	120 millions d'euros (études et travaux)
Groupement retenu	DV construction
Date signature	Novembre 2012



Programmation

La réhabilitation énergétique des bâtiments est un des axes forts de la tranche Sciences et technologies de l'opération campus de Bordeaux. Afin de déterminer la performance énergétique atteignable après rénovation, l'Université de Bordeaux s'est adjoint les compétences du centre de ressources technologiques Nobatek. Il a ainsi été démontré que le niveau BBC rénovation pouvait être visé. En complément, une analyse comparative sur la nature de l'isolation utilisée a permis de démontrer l'impact en énergie grise par rapport aux consommations énergétiques globales du projet (cf. annexe 5).

Afin de laisser jouer son rôle au dialogue compétitif, le niveau BBC rénovation a été demandé dans le programme pour « un maximum de bâtiments ». De plus, le niveau BBC doit être obtenu sans prendre en compte ni le recours au photovoltaïque ni la future évolution du réseau de chaleur.

En complément de cet objectif de performance globale des bâtiments, les consommations de chauffage font l'objet d'un engagement de performance énergétique. Faute d'une instrumentation des consommations d'électricité par bâtiment disponible suffisamment tôt dans l'opération, il n'a pas été possible d'étendre cet engagement aux autres postes de consommation.

Afin que le critère énergie grise soit pris en compte par les équipes de conception, le dossier de consultation ne comportait pas d'objectif chiffré mais une attente d'optimisation et déconseillait l'utilisation de matériaux à forte densité carbone. Il était notamment demandé une analyse de cycle de vie détaillée sur deux bâtiments parmi les 16, et le bilan carbone de l'opération sur l'ensemble du cycle de vie comprenant les postes définis dans le tableau suivant :

Postes/Phases de vie	Travaux	Exploitation	Démolition
Energie	Consommations du chantier	Consommations : Part réglementaire, comportement, activité	Consommations du chantier
Fret	Fret matériaux de chantier		Fret matériaux de chantier
Déplacements des personnes	Personnel de chantier		Personnel de chantier
Achats	/		/
Déchets	Déchets de chantier		Fin de vie des matériaux
Immobilisations	Matériaux	Matériaux liés à la maintenance	/

Suivi du dialogue compétitif

L'université a choisi de ne pas divulguer l'existence de ses études énergétiques programmatiques poussées aux candidats, mais d'en utiliser les éléments comme aide à l'analyse des propositions des groupements.

Au niveau des offres initiales, le bilan carbone avait été demandé dans le programme mais n'était pas expressément mentionné dans les pièces attendues. Un seul groupement sur les 3 l'a fourni. L'étude d'analyse de cycle de vie est déjà bien aboutie pour un groupement, reste à un niveau qualitatif pour le second et se cantonne à un tableau de chiffres sans interprétation pour le dernier. Un rendu ne comportant que les résultats bruts du calcul sans explication s'avère moins intéressant qu'une simple note d'approche qualitative.

Pour l'énergie blanche, une Simulation Thermique Dynamique (STD) a été demandée sur 2 bâtiments représentatifs. Les rendus ont été très inégaux. Un seul candidat a développé son approche de manière utilisable et vérifiable. Pendant le dialogue, l'énergie blanche a pris beaucoup plus de place que l'énergie grise. La question de la formalisation des engagements de performance énergétique et des pénalités n'est pas évidente.

Pour la phase des offres finales, le logiciel Elodie a été imposé afin d'harmoniser les réponses des candidats sur la réalisation de l'ACV sur 2 bâtiments et le bilan carbone a été demandé plus clairement dans le règlement de consultation. Ce cadrage entre les 2 phases de dialogue ne semble toutefois pas avoir été suffisant car les 3 groupements ont encore appréhendé la demande selon une logique différente. L'un d'eux a réalisé un bilan carbone uniquement sur le poste fabrication des matériaux et a poussé l'ACV, un autre n'a effectué l'ACV que pour l'optimisation de 3 matériaux de second-œuvre, le troisième a plutôt développé le bilan carbone et survolé l'étude ACV.

Deux groupements ont fait un calcul de **RSIE « retour sur investissement environnemental ou écologique »** qui peut se voir comme l'équivalent du temps de retour sur investissement économique. Cette approche est très intéressante car elle permet de comparer l'énergie grise de l'opération immobilière aux gains énergétiques engendrés. On obtient ainsi le nombre d'années au bout desquelles l'intervention se justifie écologiquement.

Contenu du contrat

Le groupement retenu est celui qui proposait le projet le plus performant en énergie blanche, et faute de pouvoir comparer la performance en énergie grise, celui qui a été au plus proche de la demande de l'Université sur ce thème.

Le projet retenu propose 12 bâtiments rénovés au niveau BBC rénovation, 4 bâtiments démolis/reconstruits en respectant le niveau RT 2012 -10% dont un bâtiment BEPOS.

L'engagement sur les consommations de chauffage s'élève à 2900 MWh/an. La consommation d'engagement (C_{eng0}) est établie à partir des besoins de STD (C_{thSTD}) auxquels est appliqué un facteur de correction (X). Ce facteur prend en compte le rendement global de l'installation de chauffage ainsi qu'une étude de sensibilité des usages. Les différentes valeurs sont indiquées dans le tableau ci-contre. Malgré ce facteur de correction, le projet retenu présentait la consommation d'engagement énergétique la plus basse.

Bilan du projet	$C_{eng0} + C_{thSTD}^* (1 + X)$
Surface SHON	84 000 [m^2_{SHON}]
Besoins STD (C_{thSTD})	1 159.5 [MWh]
Conso engagement (C_{eng0})	2 900.4 [MWh]
Conso engagement ramenée à la surface	34.5 [kWh/ m^2_{SHON}]
Coefficient de correction des données STD (X)	1.5

L'étude de sensibilité sur les usages, détaillée dans le tableau en page suivante, permet de prendre en compte dans l'engagement énergétique un fonctionnement en mode dégradé de l'usage du bâtiment par rapport à la théorie. Cela permet d'être plus proche de la réalité en intégrant des usagers qui n'ont jamais un usage parfaitement vertueux. Cela peut éviter que le groupement reporte trop vite la responsabilité de la non-atteinte de ses engagements sur le comportement des usagers.

Paramètres de l'étude de sensibilité		Variation simulée	Pondération	Test de sensibilité
Usage	Infiltrations dues à la circulation des occupants, aux personnes laissant des portes ouvertes, etc.	+0,5 vol / h	1.00	15%
Usage	Fermeture des stores l'hiver par les occupants	fermés à 70%	0.50	16%
Usage	Réduction de la densité des équipements installés	base -20%	1.00	3%
Usage	Diminution du nombre d'occupants, par exemple liée à l'absentéisme	base -15%	0.50	9%
Exploitation	Plage de fonctionnement réduit raccourcie en raison d'une augmentation de la plage d'occupation	sans réduit la nuit hiver	0.05	130%
Exploitation	Augmentation de la température de consigne en hiver	21°C occupation 16°C réduit	0.50	47%
			TOTAL :	59%

Les modalités d'engagement énergétique ont fait l'objet de modifications au moment de la mise au point du contrat.

En effet, la formulation originale prévoyait un recalage automatique de la consommation de référence au bout de trois années. Le titulaire n'était donc dans ce cas tenu à s'engager que pour 3 ans, la consom-

mation de référence étant ensuite recalée sur la base des consommations réelles. Cette logique serait ainsi avantageuse en cas de consommation moindre par rapport à la consommation d'engagement mais très risquée car peu engageante en cas de dépassement.

Les modalités de recalage de la Consommation d'Engagement ont ainsi été conditionnées et ne s'appliquent que « s'il est justifié par une modification des hypothèses prévues par le Titulaire dans ses études de simulations thermiques dynamiques telles qu'elles figurent en Annexe au contrat ou dans son facteur d'ajustement des besoins de la STD ». La logique appliquée sur Grenoble de ne modifier la consommation d'engagement qu'en cas de modification avérée du périmètre a pu être intégrée au contrat de l'opération de Bordeaux.

2.3 Université de Toulouse : Opération Toulouse Le Mirail

Présentation de l'opération

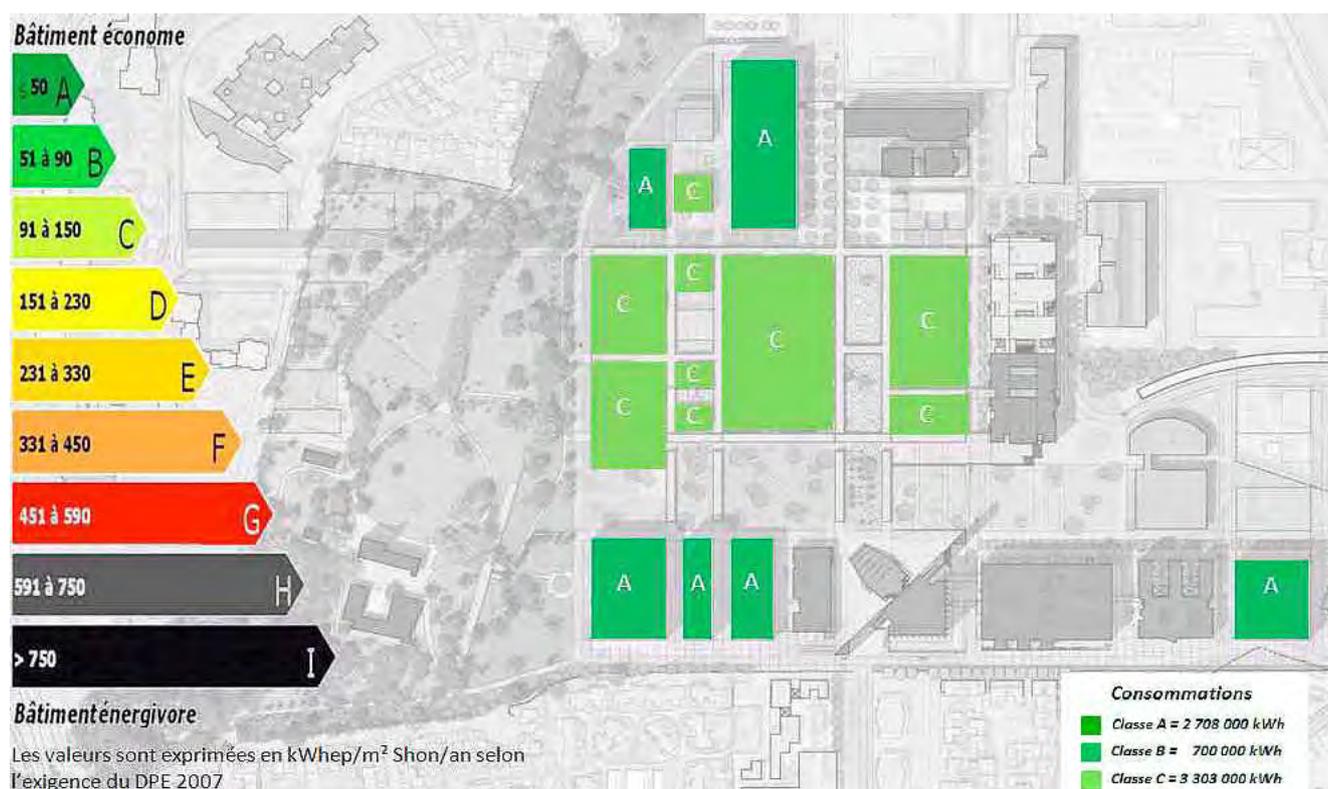
Nom de l'opération	Reconstruction /Réhabilitation du campus principal de l'Université de Toulouse II - Le Mirail
Personne publique	Université de Toulouse II - Le Mirail
Type d'opération	Reconstruction /Réhabilitation
Surface	58400 m ² SHON
Type de contrat	PPP
Coût de l'opération	175 millions d'euros (études et travaux)
Groupement retenu	Vinci construction
Date signature	21 décembre 2012

Programmation

Pour ses enjeux de développement durable sur l'opération, l'équipe projet s'est adjoint les compétences du bureau d'étude ADDENDA au sein d'un groupement d'APP jusqu'à la phase d'analyse des offres finales. Les exigences programmatiques ont été traduites selon une démarche originale sous format cartographique.

Les enjeux énergétiques se traduisent selon un parti pris fort d'atteindre un campus à énergie positive basé sur 2 priorités :

- Une performance énergétique des bâtiments avec une performance visée de 50kWhep/m².an pour le neuf (RT2012) et 129 kWhep/m².an pour la rénovation, avec l'intégration de production photovoltaïque pour compenser les consommations.
- Une mise en valeur du réseau de chaleur, considéré comme énergie renouvelable.



Concernant l'énergie grise, le programme demande de prendre en compte en plus de l'énergie, un second indicateur qu'est le carbone d'une part, et les autres phases du cycle de vie du bâtiment (construction, rénovation, démolition) d'autre part.

Dans le guide de rédaction des offres finales, cela s'est traduit par une demande plus restreinte de fournir un calcul des émissions de gaz à effet de serre générées par le projet en 2 volets : dues aux travaux, dues aux consommations énergétiques.

Suivi du dialogue compétitif

Dans leurs propositions initiales, les candidats ont remis des bilans carbone, du fait d'une utilisation de ce terme par l'université dans une séance de questions réponses alors que cet élément n'était pas formellement demandé dans la liste des pièces à fournir. Une approche qualitative intéressante sur

les aspects énergie grise en proposition initiale peut être rapidement remise en cause par le candidat lui-même dès qu'il prend la mesure de son impact sur le coût du projet (ex : abandon des matériaux biosourcés sous contrainte budgétaire).

Comme à Grenoble et Bordeaux, le dialogue se focalise sur l'énergie blanche et pas sur l'énergie grise.

Les groupements sont très frileux sur le sujet du photovoltaïque. Sur Toulouse, la stratégie adoptée est d'essayer de mettre en lien les groupements avec les promoteurs de photovoltaïque qui recherchent des surfaces de toiture à exploiter.

Les STD fournies par les groupements ne sont pas comparables, un recadrage a été nécessaire afin de partir sur une base commune. Sur l'engagement de performance énergétique, grande frilosité des groupements. L'un d'eux a été jusqu'à prendre une marge d'incertitude de 50%.

Le dossier de consultation des offres finales de Toulouse demandait « un calcul des émissions de gaz à effet de serre générées par le projet en 2 volets : dues aux travaux, dues aux consommations énergétiques. » Ainsi dans ce cas, les phases de vie à prendre en compte étaient clairement précisées.

Quatre méthodes différentes ont été suivies (cf. comparaison des approches en annexe 14) avec des hypothèses non homogènes sur la durée de vie (20, 50 et 80 ans) et les postes pris en compte (transport des personnes, gestion des déchets, etc.). **Les résultats ne sont donc pas comparables.**

Il est intéressant de constater que dans le contexte de l'opération mixte du Mirail réhabilitation/construction, le choix stratégique de privilégier la réhabilitation ou la démolition/reconstruction a été laissé libre aux groupements. En l'absence d'une définition de la durée de vie des bâtiments par l'Université, les bilans carbone ont été orientés afin de justifier un choix stratégique du groupement : vers la réhabilitation ou vers le neuf selon le cas.

Ainsi, une durée de vie courte favorisera une réhabilitation légère alors qu'une durée de vie longue orientera le choix vers une démolition/reconstruction.

Contenu du contrat

Le projet retenu est l'un de ceux qui ont proposé une forte tendance à la démolition/reconstruction. **L'intérêt en énergie grise de ce choix a été valorisé dans l'analyse de cycle de vie réalisée par le choix d'une durée de vie longue** de 80 ans. Une logique différente aurait peut-être été suivie si une durée de vie plus courte avait été définie.

La démolition-reconstruction a par ailleurs permis au projet de présenter une performance en énergie blanche élevée avec un ratio moyen sur l'opération aux alentours de 43 kWh/m².an.

Sur Toulouse Le Mirail, l'engagement porte sur les postes de consommations suivants :

- Poste « Chaud » en kWh énergie finale : chauffage et ECS,
- Poste « Electricité » en kWh énergie finale : production de froid, ECS, ventilation, auxiliaires, éclairage (hors éclairage extérieur), appareils de lavage.
- Poste « Eau » en m³ : sanitaires, maintenance/nettoyage des locaux.

Comme sur Bordeaux, la formulation originale du recalage du programme prévoit un recalage automatique de la consommation de référence au bout de trois années. La mise au point du contrat n'a pas permis dans ce cas de rectifier cette modalité de recalage. L'engagement du titulaire n'est donc dans ce cas tenu contraignant que sur la première période de 3 ans, la consommation de référence étant ensuite recalée sur la base des consommations réelles. Cette logique peut être avantageuse en cas de consommation moindre par rapport à la consommation de référence **mais demeure risquée car peu engageante en cas de dépassement.**

3 L'analyse croisée

Au regard des trois retours d'expérience présentés ci-dessus, les principales réflexions et conclusions sont rassemblées dans ce dernier chapitre.

Remarques d'ordre général

De **nombreuses erreurs de calculs**, de facteurs de conversion ou de report de chiffres ont été rencontrés dans l'ensemble. Les groupements doivent être attentifs à la **rigueur de leurs études** afin de fournir des chiffres fiables.

Une question transversale (plus large que l'objet du guide énergie-carbone) concerne les disparités d'interprétation du programme par les groupements. La rédaction doit être la moins ambiguë possible, la qualité rédactionnelle est donc en ce sens essentielle. La lecture d'un même programme donne lieu, y compris sur ces sujets, à des interprétations diverses de la part des candidats. **Il faut progresser sur la manière dont la personne publique exprime ses attentes dans un programme.**

Selon la même logique, il est nécessaire d'être très précis dans la description des pièces à rendre et de mettre en cohérence programme et guide de rédaction.

Remarques concernant l'énergie grise

Malgré un logiciel imposé, un objectif chiffré ou les phases de vie ciblées, les différences de périmètres empêchent la comparaison. La complexité des études d'ACV est telle qu'il **est nécessaire de cadrer finement** les hypothèses à utiliser par les groupements : durée de vie, indicateur très précis, phases et postes pris en compte.

De plus, la personne publique doit **bien avoir identifié l'objectif qu'elle recherche dans sa demande d'étude ACV** : optimisation intrinsèque de chaque projets, choix de l'offre la moins impactante en énergie grise, choix stratégique entre construction ou réhabilitation, validation de l'intérêt environnemental d'une opération. En fonction de l'objectif recherché, il sera ainsi possible de préciser d'avantage l'outil et le périmètre à utiliser : ACV complet, ACV uniquement sur les matériaux, Retour sur investissement environnemental (RSIE), etc.

Une approche simple et précise est plus propice à une bonne appréhension par les groupements : un type d'étude (ACV ou bilan carbone), un indicateur (choisir énergie primaire, énergie finale ou émissions carbone) dans un but précis (cf. remarque paragraphe précédent). Des cadres de réponse sont fortement recommandés afin d'harmoniser les études des candidats.

La réflexion de la personne publique sur la durée de vie des bâtiments est essentielle dans une logique d'analyse de cycle de vie. En fonction de la durée de vie souhaitée, ce n'est pas le même type d'intervention qui sera privilégiée entre réhabilitation légère, réhabilitation lourde ou démolition/reconstruction.

Remarques concernant les modalités d'engagement en énergie blanche

Les recommandations méthodologiques pour comparer les consommations en énergie grise des projets sont tout à fait valables pour les consommations en énergie blanche. Ainsi, les hypothèses utilisées pour réaliser les simulations thermiques dynamiques doivent être imposées aux groupements afin de favoriser la comparaison des résultats des études. L'APP énergétique/environnemental dès le stade de programmation peut définir ces hypothèses et les cadres de réponse à remplir par les candidats.

Les cadres de réponses doivent être suffisamment détaillés pour obliger les candidats à la **transparence des résultats**. Pour éviter les confusions, il est nécessaire de bien indiquer les unités dans les cadres de réponse : surfaces SU, surfaces de planchers ou autres, énergie primaire ou finale à préciser. Il est de plus recommandé de demander les résultats de consommation en ratio et en absolu à l'échelle du bâtiment voire de l'opération si plusieurs bâtiments sont concernés. S'ils comportent des imprécisions, les cadres de réponses peuvent être améliorés entre les deux tours du dialogue compétitif.

Afin de surmonter ces difficultés de comparaison des études, on voit aujourd'hui apparaître des consultations de missions d'assistant à maîtrise d'ouvrage qui prévoient dans leurs missions la réalisation des STD de chaque projet des équipes de maîtrise d'œuvre amenées à concourir.

Enfin le dispositif d'engagement énergétique doit faire l'objet d'une grande attention dès le montage du dossier de consultation. Les modalités de recalage doivent prévoir des cas où l'ajustement de la consommation de référence est possible mais uniquement lorsqu'il y a une modification avérée du périmètre (surfaces, usages, horaires, etc.). Les hypothèses utilisées dans les études, notamment simulations thermiques dynamiques et analyses de cycle de vie, font donc partie de l'engagement énergétique et doivent être facilement identifiables et inscrites au contrat. Les facteurs de sécurité pris par les groupements permettent de prendre en compte d'éventuels paramètres non maîtrisés comme le comportement des usagers mais ils doivent être explicités et raisonnables afin de ne pas rendre l'engagement inutile. Il faut faire la distinction entre un groupement qui intègre un facteur de correction sur la base d'études théoriques comme la STD, et un groupement qui propose une consommation d'engagement auquel il applique un facteur de sécurité parfois totalement arbitraire.

Bilan

Ce retour d'expérience nous permet de conclure qu'en l'absence d'approche normative sur la manière d'évaluer et de fixer une performance en énergie grise à atteindre, la personne publique est invitée à définir sa propre conception de la performance en énergie grise et sa propre méthode.

La description de ce qu'attend la personne publique et de l'ensemble des paramètres à utiliser dans les études doit faire l'objet d'une grande exhaustivité, clarté et rigueur. Et une fois la méthode clairement définie, il faut contrôler son application à toutes les étapes du projet du dossier de consultation jusque durant la phase d'exploitation. La présence des compétences énergie/environnement tout au long du projet est donc essentielle.

Le nouveau label BEPOS requiert la réalisation d'un calcul en énergie grise. Mais le label se limite à contraindre le maître d'ouvrage à délivrer une évaluation qu'il pourra réaliser avec le logiciel de son choix. Il ne précise pas de protocole à respecter et aucune exigence de résultat n'est établie. L'analyse de cycle de vie est un outil de conception qui s'intègre peu à peu dans les projets. Toutefois, la définition d'un seuil en énergie grise à respecter est encore très rarement ne serait-ce qu'évoqué.

Deux conditions sont donc indispensables pour intégrer la recherche de performance énergie-carbone dans les projets immobiliers universitaires :

- **une forte implication du pouvoir adjudicateur** – sans portage politique, la performance énergie-carbone peut être reléguée au second plan en cas d'arbitrage.
- **les ressources humaines et les compétences adaptées tout au long du projet** – compte tenu de la complexité de la matière, il est nécessaire de réunir ces compétences en interne et/ou en externe en s'adjoignant des assistants à personne publique.

A



NNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Lois, décrets, arrêtés et autres textes relatifs à l'activité du Plan Bâtiment Durable	166
Annexe 2 : Les mesures du Grenelle spécifiques aux universités	168
Annexe 3 : Tableaux comparatifs du nouveau label Effinergie+, Effinergie et RT2012 (effinergie.org)	171
Annexe 4 : Exemple de l'influence de la source d'énergie sur le bilan énergétique et d'émissions de GES	172
Annexe 5 : Université de Bordeaux, la simulation thermique dynamique pour fixer des objectifs	173
Annexe 6 : Logiciels ACV multicritères	176
Annexe 7 : Logiciels ACV monocritères CO ₂	181
Annexe 8 : Facteurs d'émission « Produits »	184
Annexe 9 : Émissions prises en compte dans un bilan carbone	192
Annexe 10 : Résultat des FE bâtiment	194
Annexe 11 : Contenu détaillé du rapport annuel d'exploitation dans le cadre d'un contrat de partenariat	197
Annexe 12 : Exemple d'affiche de la campagne DISPLAY	198
Annexe 13 : Présentation du protocole IPMVP (Source COMOP 4)	199
Annexe 14 : Comparaison détaillée des approches énergie-carbone des groupements durant le dialogue compétitif	200
BIBLIOGRAPHIE	207

Annexe 1 Lois, décrets, arrêtés et autres textes relatifs à l'activité du Plan Bâtiment Durable

Les lois

- > **Loi n° 2010-788** du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite Grenelle 2
- > **Loi n° 2009-967** du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite Grenelle 1
- > **Art 244 Quater U** du code des impôts instituant le l'éco-prêt à taux zéro
- > **Loi n° 2008-1425** du 27 décembre 2008 de finances pour 2009
- > **Art L.1111-9, R.1111-6 et R.1111-20** du Code de la construction et de l'habitation définissant la réglementation thermique 2005

Les décrets

- > **Décret n° 2012-518** du 19 avril 2012 relatif au label « bâtiment biosourcé »
- > **Décret n° 2011-829** du 11 juillet 2011 relatif au bilan des émissions de gaz à effet de serre et au plan climat-énergie territorial
- > **Décret 2010-1269** du 26 octobre 2010, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions, stipule que la RT 2012 s'appliquera «à tous les permis de construire déposés plus d'un an après la date de publication du décret pour les bâtiments neufs à usage de bureaux ou d'enseignement, les établissements d'accueil de la petite enfance et les bâtiments à usage d'habitation construits en zone ANRU».
- > **Décret n° 2010-273** du 15 mars 2010 relatif à l'utilisation du bois dans certaines constructions
- > **Décret n° 2009-344** du 30 mars 2009 relatif aux avances remboursables sans intérêt destinées au financement de travaux de rénovation afin d'améliorer la performance énergétique des logements anciens (Éco-prêt à taux zéro).

- > **Décret n° 2007-363** du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique
- > **Décret n° 2007-161** du 6 février 2007 relatif au livret de développement durable
- > **Décret n° 2006-1147** du 14 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique et à l'état de l'installation intérieure de gaz dans certains bâtiments
- > **Décret n° 2006-592** du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions (RT 2005).

Les arrêtés

- > **Arrêté du 19 décembre 2012** relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé »
- > **Arrêté du 26 octobre 2010** relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments. Il expose, entre autres, le domaine d'application, l'obligation d'usage d'énergie renouvelable, la norme d'étanchéité et les critères applicables à l'isolation thermique. Par ailleurs, le document précise les coefficients de modulation selon le type de bâtiment, la localisation géographique, l'altitude, la surface moyenne des logements du bâtiment et les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées.
- > **Arrêté du 13 septembre 2010** fixant la méthode de calcul du volume de bois incorporé dans certaines constructions
- > **Arrêté du 30 mars 2009** relatif aux conditions d'application de dispositions concernant les avances remboursables sans intérêt destinées au financement de travaux de rénovation afin d'améliorer la performance énergétique des logements anciens (Éco-prêt à taux zéro).
- > **Arrêté du 18 décembre 2007** relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants
- > **Arrêté du 24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RT 2005).

Les conventions

- > Convention sur la mise en œuvre de l'Éco-prêt à taux zéro pour la rénovation thermique des logements
- > Convention d'engagement volontaire pour l'affichage environnemental et sanitaire des produits de construction dans le cadre du Grenelle Environnement
- > Convention sur la mise en œuvre de l'« Éco-prêt logement social » pour l'amélioration de la performance énergétique des logements sociaux
- > Convention sur la mise en œuvre du programme d'amélioration de la performance énergétique de 800 000 logements sociaux
- > Convention sur le déploiement du programme ÉCO Artisans

Annexe 2 Les mesures du Grenelle spécifiques aux universités

L'État français a pris conscience du rôle que ses établissements, et en particulier les universités, ont à jouer dans la transformation vers une société plus durable. Il veut être un état « exemplaire ». Cette volonté s'est concrétisée dans la Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (dite « loi Grenelle 1 »), puis dans la Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (dite « Grenelle 2 »). Cette dernière complète, applique et territorialise la première.

Voici quelques extraits de la loi Grenelle 1 qui concernent de près ou de loin les universités.

- **Article 5 :** « Tous les bâtiments de l'État et de ses établissements publics seront soumis à un audit d'ici à 2010. L'objectif est, à partir du diagnostic ainsi établi, d'engager leur rénovation d'ici à 2012 avec traitement de leurs surfaces les moins économes en énergie. ». « Cette rénovation aura pour objectif de réduire d'au moins 40% les consommations d'énergie et d'au moins 50% les émissions de gaz à effet de serre de ces bâtiments dans un délai de huit ans. »
- **Article 6 :** « L'État incitera les acteurs de la formation professionnelle initiale et continue à engager un programme pluriannuel de qualification et de formation des professionnels du bâtiment et de l'efficacité

énergétique dans le but d'encourager l'activité de rénovation du bâtiment, dans ses dimensions de performance thermique et énergétique, acoustique et de qualité de l'air intérieur. ». « Les programmes publics de recherche dans le domaine du bâtiment seront orientés vers les nouvelles générations de bâtiments faiblement consommateurs d'énergie, ceux producteurs d'énergie à partir de sources renouvelables et les techniques de rénovation performantes en matière d'économie d'énergie. ».

- **Article 7** : « Le rôle des collectivités publiques dans la conception et la mise en œuvre de programmes d'aménagement durable doit être renforcé. À cet effet, l'État incitera les régions, les départements et les communes et leurs groupements de plus de 50 000 habitants à établir, en cohérence avec les documents d'urbanisme, des « plans climat-énergie territoriaux » avant 2012. »
- **Article 48** : État exemplaire « Les administrations de l'État entreprendront au plus tard en 2009 un bilan de leurs consommations d'énergie et de leurs émissions de gaz à effet de serre et engageront un plan pour améliorer leur efficacité énergétique avec un objectif d'amélioration de 20% en 2015. »

« L'État se donne pour objectifs :

- a. De n'acquérir que des véhicules éligibles au « bonus écologique »
 - b. De développer l'utilisation des TIC et la vidéoconférence
 - c. De n'acheter que du bois certifié ou issu de forêts gérées de manière durable
 - d. De réduire de façon significative la consommation de papier, de généraliser le recyclage du papier utilisé et d'utiliser exclusivement du papier recyclé ou issu de forêts gérées de manière durable
 - e. De recourir, pour l'approvisionnement de ses services de restauration collective, à des produits biologiques, des produits saisonniers, produits à faible impact environnemental, pour une part représentant 15% des commandes en 2010 et 20% en 2012
 - f. De favoriser la mise en place du covoiturage. »
- **Article 55** : « L'éducation au développement durable est portée par toutes les disciplines et intégrée au fonctionnement quotidien des établissements scolaires. Elle contribue, à travers ses dimensions éthiques et sociales, à la formation citoyenne. ».

« Les établissements d'enseignement supérieur élaboreront, pour la rentrée 2009, un « Plan Vert » pour les campus. Les universités et grandes écoles pourront solliciter une labellisation sur le fondement de critères de développement durable ».

La notion de « Plan Vert » est un dispositif opérationnel en deux parties :

1. Le canevas de Plan Vert pour définir la politique développement durable de l'établissement,
2. Le référentiel Plan Vert pour évaluer la mise en œuvre de cette politique de développement durable.

Canevas de Plan Vert

Ce document rédigé par la CGE, la CPU, le REFEDD, le MEEDDAT (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) et le MESR (Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche) décrit le plan vert comme une stratégie de développement durable qui sera élaborée par chaque université. Ce canevas plan vert décline les neuf défis de la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD) en les adaptant au contexte de l'enseignement supérieur :

- 1 Changement climatique et énergie propre.
- 2 Transports et mobilités durables.
- 3 Consommation et productions durables.
- 4 Conservation et gestion durable de la biodiversité et des ressources naturelles.
- 5 Santé publique, prévention et gestion des risques.
- 6 Insertion sociale, démographie et immigration.
- 7 Défis internationaux en matière de développement durable et pauvreté dans le monde.
- 8 Société de la connaissance : Education et formation, Recherche et développement.
- 9 Gouvernance et territoires.

Le Référentiel national Plan Vert et future labellisation

Rédigé conjointement au canevas de Plan Vert, ce référentiel a vocation à devenir l'outil de pilotage du Plan Vert. Cet outil permet d'évaluer l'état d'avancement et la pertinence des actions menées en matière de développement durable dans l'établissement. Il constitue à la fois un guide d'autodiagnostic, un tableau de bord, un guide stratégique et une base pour la certification. Il peut être la première étape d'un processus de labellisation. Il a été élaboré par le groupe Développement Durable de la CGE, la Commission Développement Durable de la CPU, les associations étudiantes (REFEDD, Solar Generation), Fondaterra et Campus Responsables ainsi que le MESR et le MEDDAT.

Dans un souci d'opérationnalité, ce référentiel, commun aux universités et grandes écoles, prend en considération les composantes essentielles de leurs activités : stratégie et gouvernance, politique sociale et ancrage territorial, gestion environnementale, enseignement et formation, activités de recherche. Ces 5 thématiques recouvrent l'intégralité des éléments qui composent les 9 défis du plan vert. Le référentiel permet ainsi à chaque établissement de répondre de sa responsabilité sociale et sociétale.

Annexe 3 Tableau comparatif du nouveau label Effinergie+, Effinergie et RT2012 (effinergie.org)

	BBC-effinergie	RT 2012	Effinergie+
Règlementation de référence	RT 2005	RT 2012	RT 2012
Coefficient conversion énergie finale / primaire	Électricité : 2,58 30% 0,5	Électricité : 2,58 Autres consommations : 1	Électricité : 2,58 Autres consommations : 1
Consommation d'énergie Cep	5 usages de la réglementation en prenant en compte la production locale d'électricité Méthode : THCE 2005 Cep < 50 % x CepRef	5 usages de la réglementation en prenant en compte la production locale d'électricité Méthode : TH-BCE 20.2 - Définition des Coefficients = RT20.2 Cep <= 50 x McType x (McGéo - McAlt + McSurf + McGES)	5 usages de la réglementation en prenant en compte la production locale d'électricité Méthode : TH-BCE 2012 - Définition des Coefficients = RT20.12, sauf McType ace Cep <= 40 x McType x (McGéo + McAlt + McSurf + McGES)
Usat	Usat < Usat max : 30% à Production locale d'électricité	Non applicable	Non applicable
Reson biométrique Bio	Non applicable	TH-BCE 2012 - Définition des Coefficients = RT2012* Bio max < Bio max moyen x (McGéo - McAlt + McSurf)	TH-BCE 2012 - Définition des Coefficients = RT2012* Bio max < 0,8 x Bio max moyen x (McGéo - McAlt + McSurf)
Perréabilité à l'air du bâtiment	Non obligatoire		QHPa_Surf < = 1,2 m3/hyr_m2 surface de référence < 3 000 m2
Airtage	Consommation annuelle en énergie primaire de chaque usage et son équivalence en émission CO2. Besoins couverts par une énergie renouvelable pour chaque usage		Consommations des usages électriques Cape par usage et pour chaque étage / abc Cape réparé par usages Production locale d'énergie d'origine renouvelable et taux de couverture Emission de GES
Fermeabilité à l'air des réseaux	Non applicable		Cas 1: Mesure de perméabilité à l'air des réseaux aéariques à réception suivant les normes définies ou Cas 2: Démarche quel que agréée par le Ministère en charge de la Construction Étanchéité des réseaux aéariques : CLASSE B
Débits de ventilator	Non applicable		Entrées d'air, bouches de soufflage et extraction: présentes et conformes aux spécifications Portes d'atmosphère pour les systèmes fonctionnant sur le principe de balayage: Débits d'air extrais et soufflés conformes aux débits prévus
Consommation pour usage de l'énergie non comprise dans le calcul réglementaire CPLE	Non applicable		Évaluation obligatoire du Cape = Cep mob + Cep au Cep au: Usages mobiliers Cep au mob: Autres usages immobiliers
Mesures	Non applicable	- chauffage / refroidissement / éclairage / réseau des prises de courant: par tranche de 500 m2 de SURT concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct ; - production d'eau chaude sanitaire ; - circulation de ventilation : par centrale ; - par départ direct de plus de 80 ampères.	Chauffage Refroidissement ECS Réseaux prises électriques Autres
Informations aux utilisateurs	Non applicable		Option: Mise à disposition d'un guide d'usage
Autres qualités du bâtiment	Non applicable		Attention particulière au confort: visuel, acoustique, d'été et qualité de l'air
Matériaux	Non applicable		Recommandation: Évaluation des consommations d'énergies liées au cycle de vie des matériaux NF P01-010 et NF P01-020
Mobilités	Non applicable		Recommandation: Évaluation des consommations d'énergies liées aux déplacements des utilisateurs

Annexe 4 Exemple de l'influence de la source d'énergie sur le bilan énergétique et d'émissions de GES

Voici l'exemple fictif d'un bâtiment de 1 000 m² pour lequel on a uniquement fait varier la source d'énergie utilisée pour le chauffage dans un logiciel de réalisation de DPE. Les autres caractéristiques restant inchangées, les étiquettes énergie primaire et émissions de GES pour les quatre variantes sont présentées : chauffage de source électrique, au gaz, au fioul et enfin au bois (granulés).

On peut ainsi observer qu'à besoins en chauffage identiques, la source d'énergie influe la quantité d'émissions de GES induites. Par conséquent, la mise en place d'un seuil en $\text{eqCO}_2/\text{m}^2.\text{an}$ à respecter peut permettre de disqualifier certaines sources d'énergie d'entrée comme dans cet exemple le fioul.

Estimation des émissions :		eqCO ₂ /m ² .an			
Faible émission de GES		Electricité	Gaz	Fioul	Bois
≤ 5 kg	A				3
6-10 kg	B	6	8		
11-20 kg	C			11	
21-35 kg	D				
36-55 kg	E				
56-75 kg	F				
> 80 kg	G				
Forte émission de GES					

Pour information, voici les niveaux de performance en énergie primaire correspondants :

Consommation conventionnelle :		kWh _{EP} /m ² .an			
Logement économe		Electricité	Gaz	Fioul	Bois
≤ 50 kWh	A				
51-90 kWh	B				
91-150 kWh	C				
151-230 kWh	D				
231-330 kWh	E				
331-450 kWh	F				
> 450 kWh	G				
Logement énergivore					

Annexe 5 Université de Bordeaux, la simulation thermique dynamique pour fixer des objectifs

Le développement durable est une priorité affichée par l'Université de Bordeaux. À travers l'Opération Campus, elle recherche en particulier une transformation radicale des performances énergétiques des bâtiments et de leurs conditions de confort thermique.

L'université de Bordeaux entend fixer sur tous ses projets des objectifs énergétiques ambitieux mais réalistes en confortant ses choix par des études techniques détaillées.

Avec le partenariat du CRT NOBATEK, elle a conduit au stade de la programmation de la première tranche immobilière (secteur Université Bordeaux 1 – Sciences et technologie) une analyse énergie/confort/économie des 23 bâtiments concernés (105 000m²).



La première phase de l'étude a consisté à réaliser des simulations thermiques dynamiques sur deux bâtiments caractéristiques du parc : le bâtiment B18 consacré aux activités de recherche et le bâtiment A9 consacré aux activités d'enseignement.

À partir de cette analyse détaillée de l'existant et des solutions d'améliorations envisageables, une méthodologie a été développée pour étendre les résultats obtenus à l'échelle du parc.

Bien que les 23 bâtiments possèdent de grandes similitudes en termes d'architecture et de mode constructif, ils possèdent



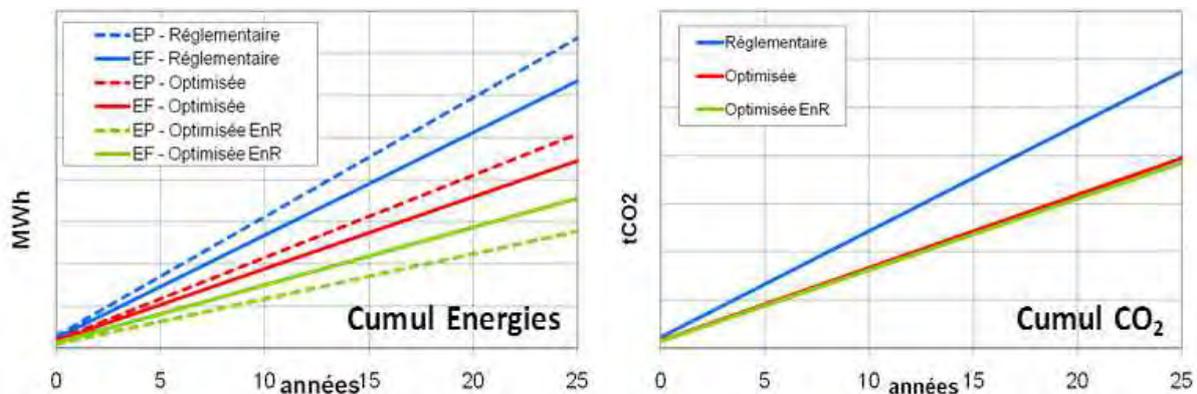
chacun des particularités qui auraient rendu trop imprécise une extrapolation par simple multiplication des surfaces. Une récolte d'information rendue fructueuse par le travail de l'exploitant (caractéristiques de chaque bâtiment, détail des travaux récents...) a permis de développer une méthodologie beaucoup plus fine intégrant au mieux les spécificités de chaque bâtiment.

- Chauffage : extrapolation des résultats obtenus sur B18 et A9 basée sur des modèles issus de la physique du bâtiment
- Éclairage : extrapolation linéaire (ratio/m² suivant type de bâtiment)
- Ventilation : extrapolation linéaire (ratio/m² suivant le type de bâtiment et le système de ventilation : double flux ou simple flux)
- Refroidissement : consommation négligée (si l'on considère la mise en place des préconisations formulées pour le B18 et A9 : protections solaires et sur-ventilation nocturne efficaces).

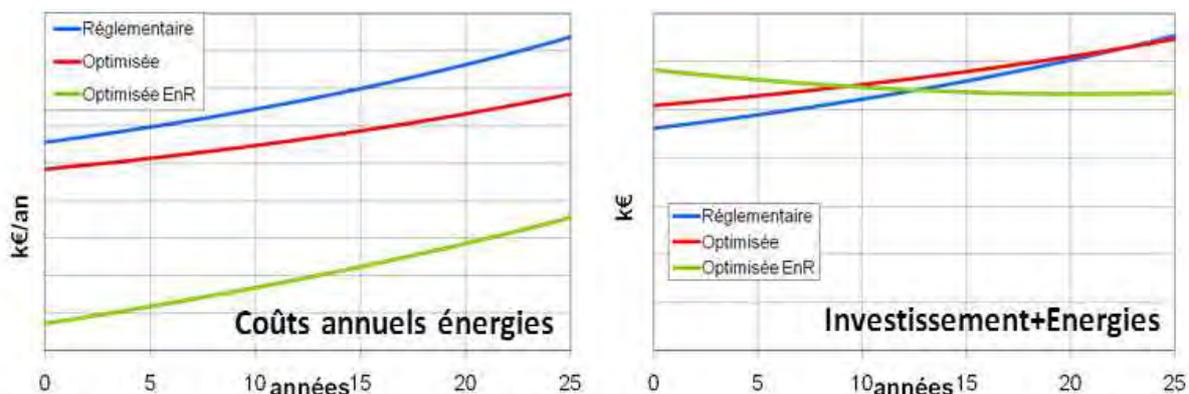
L'étude globale ainsi réalisée a permis de comparer plusieurs alternatives de réhabilitation :

- **Rénovation réglementaire** : la rénovation du clos couvert est limitée au respect des performances thermiques réglementaires pour les différents éléments de l'enveloppe. Le scénario testé considère une isolation par l'extérieur, qui conduit à une performance légèrement supérieure à la réglementation.
- **Rénovation optimisée** : la performance du clos couvert est optimisée et dépasse les exigences réglementaires.
- **Rénovation optimisée et énergies renouvelables (EnR)** : la performance du clos couvert est optimisée et la rénovation est complétée par l'intégration de systèmes photovoltaïques.

Critère environnemental

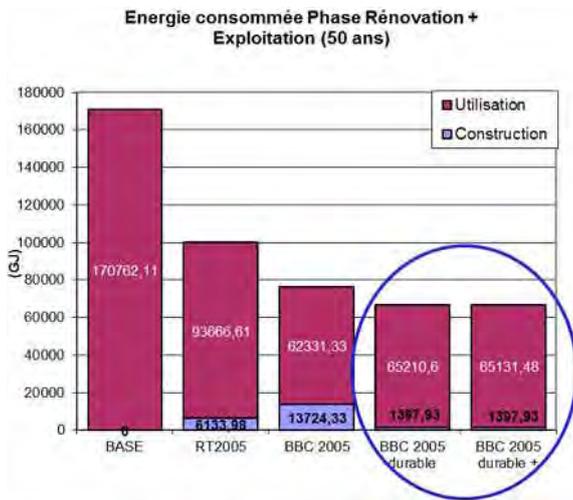


Critère économique



Exemple de résultats obtenus

En complément, l'analyse ACV de plusieurs familles de matériaux a permis de montrer l'incidence de certains choix de conception en termes de catégorie de matériaux.



- Modèle Base : pas de rénovation thermique ; pas de démarche environnementale,
- Modèle RT2005 : rénovation thermique niveau RT2005 ; pas de démarche environnementale,
- Modèle BBC : rénovation thermique niveau BBC ; pas de démarche environnementale,
- Modèle BBC durable : rénovation thermique niveau BBC ; choix environnemental matériaux et chauffage,
- Modèle BBC durable + : modèle BBC durable avec gestion économe de l'eau et tri des déchets.

Plus la performance énergétique est élevée, moins la phase « rénovation » est négligeable dans le bilan environnemental cumulé « rénovation + exploitation ».

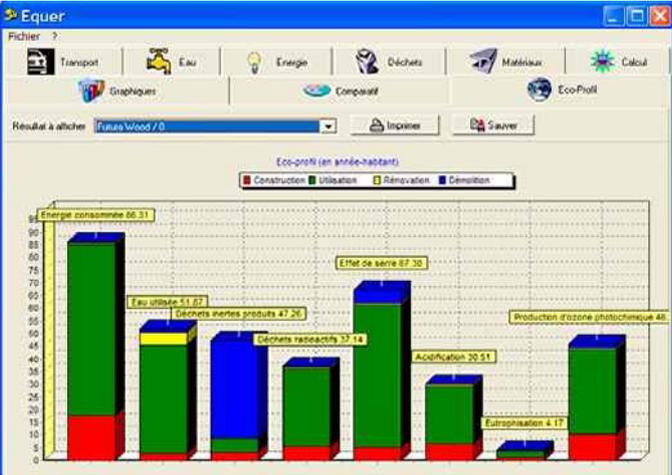
Ce résultat pousse à rechercher des solutions d'amélioration environnementale en phase « exploitation » mais aussi en phase « rénovation ». Le choix de matériaux d'isolation moins impactants d'un point de vue environnemental fait partie des points qu'il devient difficile de négliger.

L'étude conduit à prescrire, à travers des analyses et des outils d'évaluation environnementale, une analyse multicritères plus riche qu'une simple analyse énergétique/économique et de prendre en compte les impacts des choix initiaux sur toute la durée de vie du bâtiment.

Annexe 6 Logiciels ACV multicritères

Nom du logiciel :	ELODIE	Concepteur :	CSTB
<p>ELODIE (pour Evaluation à L'échelle de l'Ouvrage Des Impacts Environnementaux) a été développé dans l'objectif d'utiliser les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire des produits (FDES) de construction. C'est un outil d'aide à la décision pour le choix des produits de construction à l'échelle des composants du bâtiment ou de parties d'ouvrages (on compare des unités fonctionnelles). On considère des données produit « cradle to grave » à l'échelle du bâtiment. Le logiciel est seulement utilisable pour l'étude de bâtiments neufs.</p> <p>Les données du bâtiment à renseigner sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • métré quantitatif du bâtiment à homogénéiser avec les UF des FDES • DVT (Durée de Vie Théorique) et DVE (Durée de Vie Estimée) des produits de construction (si la DVT par défaut ne convient pas et est trop faible, il faut renseigner une DVE supérieure à la DVT, de façon à éviter des renouvellements inutiles de matériaux au cours de la vie du bâtiment). • surface du bâtiment <p>Les données utilisées pour modéliser les impacts des composants sont au format de la norme NF P01-010 « Qualité environnementale des produits de construction » (avec dix indicateurs) et proviennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • soit de la base INIES (FDES extraites automatiquement, www.inies.fr). La base recense aujourd'hui 580 FDES, et plus d'une vingtaine est rajoutée chaque mois. • soit de Fiches « Elodie » éditées par le CSTB. Il y en a une soixantaine actuellement, et leur nombre est en augmentation constante • soit de données personnelles. Il y a en effet la possibilité de créer une nouvelle fiche, mais cela implique de connaître les résultats d'impacts environnementaux du produit, et donc d'en avoir réalisé l'ACV. <p>Les impacts environnementaux analysés correspondent à l'impact des cycles de vie des différents matériaux utilisés ; et depuis peu la phase d'usage du bâtiment est également prise en compte avec deux nouveaux modules : consommations d'eau (calcul réalisable directement sur le logiciel), et consommations énergétiques (donnée à renseigner, provenant d'un calcul réglementaire ou d'une simulation thermique dynamique ; le type d'énergie consommée est également à renseigner). Les</p>			 <p>Vers une conception de bâtiments durables Coût global, santé, confort, usages...</p> <p>Contraintes et opportunités • environnementales • économiques • réglementaires • socio-politiques</p> <p>RESSOURCES Energie Matériaux Eau Foncier</p> <p>NUISANCES</p> <p>POLLUTIONS Air Eau Sol Déchets</p> <p>Qualité d'usage Qualité de l'eau Qualité de l'air Sécurité Confort acoustique</p> <p>CSTB</p>

Nom du logiciel :	ELODIE	Concepteur :	CSTB
<p>données renseignées sur les consommations énergétiques sont couplées à des DES (Déclarations Environnementales de Service) pour le calcul des impacts. Il n'y a pas de prise en compte du traitement du bâtiment en fin de vie (déconstruction, démolition). Pour les résultats pour l'ensemble du bâtiment, les unités des résultats peuvent être choisies parmi les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • totaux pour toute la durée de vie du bâtiment, • totaux par m² et pour toute la durée de vie du bâtiment, • totaux par m² et par annuité. <p>ELODIE met à disposition des fonctions de comparaison de solutions constructives ; il est donc possible de comparer plusieurs bâtiments. Pour chacun des indicateurs environnementaux, un graphique donne la répartition des impacts imputable à chaque zone.</p> <p>Remarque : Elodie fait apparaître un double affichage des consommations d'énergie primaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • consommation d'énergie primaire liée au fonctionnement du bâtiment selon les calculs conventionnels (cela permet notamment de vérifier que l'information qui a été saisie pour l'énergie finale consommée est correcte) • consommation d'énergie primaire totale (qui prend également en compte l'énergie grise liée aux matériaux et à leur mise en œuvre). <p>On peut également noter que l'énergie « procédé » apparaît dans Elodie mais elle n'est pas forcément renseignée dans les FDES.</p> <p>Évolutions à venir sur le logiciel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le module de calcul de la consommation d'eau sera prochainement disponible pour les bâtiments tertiaires, • le transport des usagers sera également intégré dans le futur, • une évaluation environnementale simplifiée avec environ 20 composants représentatifs sera possible, et un calcul rapide des impacts environnementaux pourra être effectué par application d'un ratio, • l'intégration des PEP. <p>Il y a une volonté de faire d'Elodie un outil consensuel et partagé, constituant une plateforme de logiciels intégrant d'autres aspects, tels que les critères sanitaires, de confort, les aspects sociaux, etc. Une cotation environnementale est également envisagée, avec un système de note unique sur la base des indicateurs et d'une pondération de ceux-ci, définie par une priorisation selon les volontés et sensibilités du maître d'ouvrage, ou de l'entité concernée.</p>			

Nom du logiciel :	EQUER	Concepteur :	ARMINES, IZUBA Énergies ARMINES
<p>Le logiciel EQUER permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un bâtiment par analyse de cycle de vie, et de comparer diverses variantes de conception. Il est relié à la base Ecoinvent et va prochainement intégrer les FDES. Il intègre la consommation d'eau froide et d'eau chaude et est couplé à l'outil de simulation dynamique PLEIADES-COMFIE pour l'énergie. Le traitement de la fin de vie intègre : mise en décharge, incinération (inventaires différents pour bois, plastiques...), recyclage (verre, acier, béton, aluminium).</p>			
<p>Présentation des résultats : Plusieurs variantes peuvent être comparées à l'aide d'un diagramme radar. Les résultats pour l'ensemble du bâtiment peuvent être exprimés en équivalent habitant année (profil normalisé). Les variantes sont comparées sur l'ensemble du cycle de vie. La contribution des différentes phases peut être visualisée par un histogramme pour chaque indicateur.</p>			
<p>Le développement d'EQUER se poursuit, le nombre d'indicateur d'impact variable n'est pas encore finalisé (dans leur version finale, les bases Ecoinvent ont 12 indicateurs et les bases FDES 18).</p>			
<p>Les fonctionnalités sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plusieurs types de radar et choix des valeurs de référence (effectué) • consommation d'eau selon les préconisations du CSTB (effectué) • prise en compte des COP et rendements des chaudières (déjà dans la version commerciale) • possibilité de visualiser et modifier le besoins de chauffage, de climatisation (et de lumière) générés par P+C et pris en compte dans les calculs EQUER (effectué) • gestion des correspondances par base EQUER • apparition d'un onglet Bâtiment permettant de : <ul style="list-style-type: none"> • consulter les quantités récupérées du projet P+C (effectué, visible avec une licence développeur dans la version commerciale) • ajouter des quantités de matériaux... en provenance des bibliothèques P+C ou directement de la bibliothèque EQUER (les correspondances ne sont plus à faire dans ce cas) au travers d'une zone supplémentaire du bâtiment. (en cours) 			

Nom du logiciel :	EQUER	Concepteur :	ARMINES, IZUBA Énergies ARMINES
--------------------------	--------------	---------------------	--

- suppression des limites d'EQUER pour la représentation interne du bâtiment (les vitrages en toiture, menuiseries internes et toutes les parois internes sont prises en compte) (effectué)
 - prise en compte d'un nombre d'indicateurs variable. (en cours)
- Reprise de la génération des bases EQUER à partir des données Ecoinvent ou FDES.

Nom du logiciel :	TEAM BÂTIMENT	Concepteur :	Ecobilan
--------------------------	----------------------	---------------------	-----------------

Le logiciel TEAM Bâtiment utilise également les données des FDES. Les résultats des simulations thermiques doivent être rentrés pour pouvoir être utilisés. Il n'y a pas de prise en compte du traitement de la fin de vie.



Produit	Étiquettes	Famille	Année	Classe
Isolant Panneau PSE Maxisimo 3P	Procédure/Coopert France	Isolation	2008	France
Accessoires Fibrés Coriant	Elamat	Amenagement éditeur	1999	France
Bandage acier simple peau	OTUA	Structure	1999	France
Bandage en contreplaqué	CFBA	Structure	1999	France
Bloc thermoplaste - 25 cm	SIBC	Structure	1999	France
Bloc thermoplaste - 30 cm	SIBC	Structure	1999	France
Brique de 20 rectifiée collée à joint mort	Procédure/Coopert France	Maçonnerie	2001	France
Brique de cloison	CTMNC	Amenagement éditeur	1999	France
Canaillonnage PVC	BTR PVC	VRO - Assainissement	1999	France
Canaillonnage de plâtre	SMP	Amenagement éditeur	1999	France
Cloison de distribution 90/48	SMP	Amenagement éditeur	1999	France

Nom du logiciel :	SIMAPRO 7.1	Concepteur :	PRé Consultant
--------------------------	--------------------	---------------------	-----------------------

SimaPro est un outil scientifique d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) de produits qui a été développé par PRé Consultant, bureau d'études basé aux Pays Bas.

Ce logiciel contient plusieurs méthodes d'évaluation des impacts environnementaux et plusieurs bases de données. Il permet de comparer et d'analyser plusieurs produits. Aide à la décision en éco-conception. Les atouts de SimaPro sont les suivants :

- basé sur le principe d'une « nomenclature de produit »



Nom du logiciel :	SIMAPRO 7.1	Concepteur :	PRé Consultant
<ul style="list-style-type: none"> • nombreuses données permettant de simuler des changements de conception • nombreuses méthodes pré-définies, consensuelles dans le monde (CML), ou spécifiques à certains pays (EDIP: pays nordiques), compréhensibles par le grand public (Eco-indicateurs...) • paramétrage de l'ACV permettant de trouver des seuils («quelle augmentation de masse maximale du produit A pour continuer à être moins consommateur en énergie que le produit B»). • facilité d'extraction des graphes <p>SimaPro contient plus de 6000 modules de données matériaux et process. La base de données principale est Ecoinvent V2 (5000 données périmètre Europe). Des données complémentaires si besoin sont présentes dans les autres bases de données (Idemat, MEEUP, Buwal 250, LCA Food, ETH-ESU, Industry data, Franklin).</p>			

Nom du logiciel :	COCON	Concepteur :	Luc Floissac
<p>Le logiciel COCON, édité par Luc Floissac, conseiller environnemental et chercheur à l'école d'architecture de Toulouse, sert à estimer la qualité environnementale et technique de bâtiments. Il permet d'analyser, à l'échelle de parois ou de bâtiments composés par l'utilisateur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • leurs performances thermiques, • leur positionnement en regard avec les exigences de différents labels ou réglementations, • leurs impacts environnementaux, • la taxe carbone, • l'impact des transports des usagers. <p>L'analyse peut être menée pour des logements neufs, des immeubles tertiaires, de la réhabilitation, etc.</p> <p>Le logiciel utilise des données issues de nombreuses sources dont les FDES consignées pour partie dans la base de données INIES mais aussi pour une autre part chez les fabricants de produits de construction.</p>			

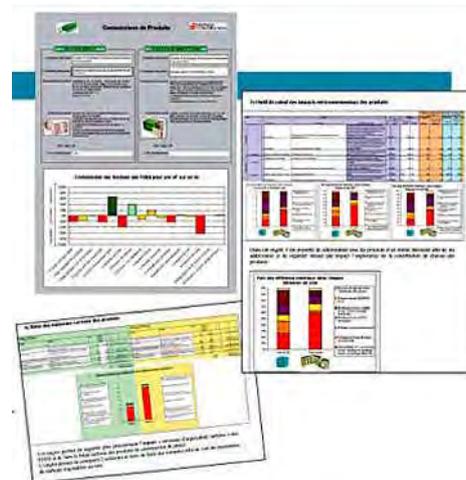


Annexe 7 Logiciels ACV monocritères CO₂

Nom du logiciel :	BILAN CARBONE®	Concepteur :	ADEME
<p>Le bilan carbone® est une méthode de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre à partir de données d'activité dans le but d'évaluer les émissions directes et indirectes liées à une activité ou un territoire.</p>  <p>Elle s'applique à toute activité : entreprises industrielles ou tertiaires, administrations, collectivités et territoire géré par les collectivités. Cette méthode développée par l'ADEME est compatible avec la norme ISO 14064 et l'initiative GHG Protocol.</p> <p>L'outil Bilan Carbone®, version 6.1 de juin 2010, se décline en 2 versions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La version « entreprises » permet d'évaluer les émissions nécessaires au fonctionnement d'une activité industrielle ou tertiaire ; • La version « collectivités » qui se décompose en deux modules : <ul style="list-style-type: none"> • le module « patrimoine & services » qui évalue les émissions de fonctionnement de la collectivité pour ses propres activités ; • le module « territoire » qui évalue les émissions de toutes les activités (industrie, tertiaire, résidentiel, agriculture transport...) prenant part sur le territoire de la collectivité. • Chaque version ou module du Bilan Carbone® se compose : <ul style="list-style-type: none"> • d'un tableur Excel principal dit tableur-maître prêt à l'emploi pour effectuer le calcul des émissions, comparer entre elles les émissions d'une année sur l'autre et évaluer le potentiel de diverses actions de réduction, • d'utilitaires de calculs pour aider l'utilisateur à formaliser des données d'activités dans certains domaines (par exemple sur le transport routier de marchandise ou sur les fuites de fluides frigorigènes liées aux installations de froid, • d'un utilitaire ayant pour vocation de permettre à l'utilisateur d'évaluer l'impact économique lié à la hausse du prix des énergies fossiles ou à l'introduction d'une taxe carbone. • les manuels d'utilisation de ces différents tableurs. <p>L'ensemble des facteurs d'émissions utilisés dans cet outil sont transparents et décrits dans le guide des facteurs d'émissions téléchargeable sur :</p> <p>http://www.associationbilan carbone.fr/le-bilan-carbone%C2%AE/telechargements</p>			

Nom du logiciel :	CARBONECO®	Concepteur :	Bouygues Construction
<p>Conçu avec Bouygues Immobilier et Colas et en partenariat avec Carbone 4, le logiciel CarbonEco® permet aux maîtres d'ouvrage de connaître précisément les émissions de gaz à effet de serre de leurs projets, de la conception jusqu'à la démolition, en passant par la phase d'exploitation. Adapté de la méthode de l'Ademe, ce logiciel permet d'indiquer, en amont de chaque projet, l'empreinte carbone de celui-ci, donnant ainsi aux maîtres d'ouvrage les moyens de choisir les meilleures options de conception et de construction. Il s'applique à tous les projets en bâtiment et travaux publics, que ce soit en construction ou en rénovation : habitat, bureaux, scolaire, industrie, ouvrages d'art, tunnels, etc. Le logiciel peut également être utilisé en phase d'exploitation des ouvrages livrés. En 2009, CarbonEco® a été testé et utilisé sur environ 30% des projets de Bouygues Construction.</p>			

Nom du logiciel :	Calculette ACV Produits®	Concepteur :	Eiffage
<p>Eiffage Construction a développé un outil permettant d'utiliser les données des FDES (fiches de déclaration environnementales et sanitaires) pour comparer la qualité environnementale des produits de construction entre eux et de calculer l'impact environnemental et carbone de ces produits au niveau d'un projet : la Calculette ACV Produits®, récompensée par le prix de l'innovation environnementale. Le logiciel comprend les impacts de plus de 450 produits ou famille de produits sur dix indicateurs différents (émissions de CO₂, énergie, déchets, eau, etc.). S'agissant d'un outil d'analyse et de comparaison de la performance environnementale des produits de construction, ce logiciel permet de comparer la composition des produits (ex : isolant en polystyrène ou en laine minérale ?) et les solutions pour un même projet en faisant varier les hypothèses. Il est également possible de saisir les consommations du bâtiment afin d'évaluer les impacts de construction par rapport à ceux de fonctionnement. Enfin, ce logiciel dispose d'une fonctionnalité « Bilan Carbone® des matériaux ». La calculette ACV Produits® est destinée à l'ensemble des acteurs intervenant dans le choix des produits de construction. Déjà opérationnelle, la Calculette ACV Produits® est actuellement utilisée pour la construction du futur siège du major à Vélizy, projet certifié NF Bâtiments tertiaires - Démarche HQE® et BBC Effinergie®.</p>			



Nom du logiciel :	CO2NCERNED®	Concepteur :	VINCI
<p>CO2NCERNED® est l'outil intégré de VINCI pour effectuer un bilan CO₂ d'un projet de concession construction dès le stade de l'appel d'offre. Il a été construit en réunissant l'expertise CO₂ des pôles construction, route, énergies et concessions de VINCI. CO2NCERNED® permet de quantifier l'impact des variantes de projet de génie civil et de bâtiments en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Son point fort est de prendre en compte l'ensemble des phases de vie du projet : la conception et la construction, ainsi que l'exploitation et l'utilisation du projet. Cet outil a fait l'objet d'une revue d'analyse et d'une validation par PricewaterhouseCoopers. L'outil CO2NCERNED® est compatible avec l'outil EQUER d'analyse cycle de vie co-développé avec l'Ecole des Mines de Paris et utilisé par VINCI. CO2NCERNED® permet de saisir toutes les données relatives à la réalisation du projet et de mieux détailler la phase construction du logiciel EQUER pour le critère « émissions de CO₂ ».</p>			

Annexe 8 Facteurs d'émission « Produits »

Facteurs d'émission « Produits sortie d'usine »

Ces facteurs sont les facteurs d'émission des produits en sortie d'usine. Ces valeurs sont issues de la base de données INIES. Les FDES étant mises à jour périodiquement, il convient de se référer à la base INIES avec les FDES en vigueur. Note sur les FE de produits bois : Les chiffres originaux présents dans les FDES, dont la majorité a été vérifiées par des vérificateurs agréés, restent la référence dans le cadre de l'évaluation de la qualité environnementale du bâtiment. Dans le cadre de l'évaluation d'un bâtiment selon la méthodologie du bilan carbone (guide d'application du Bilan Carbone® au bâtiment, décembre 2010, CSTB – ADEME), les facteurs d'émissions ont été recalculés à partir des FDES de produits bois qui sont présentes dans la base de données INIES en supprimant le prélèvement de CO₂ inhérent à la constitution du matériau bois.

	Unité	Description	Durée de vie	Indicateur simplifié CO ₂ & méthane/annuité	Indicateur sur la phase production/annuité	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT (en kg éq.CO ₂)	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT(en kg éq. C)	Incertitude relative (en %)
Béton	m ²	Béton dosé à 300kg/m ³ de ciment de type CEM1 (FDES Mur en BPS C 25/30 CEM II XF1 - 04/2006)	100	2.09E+00		2.09E+02	5.70E+01	10
Enduit minéral	m ²	Mortier d'enduit minéral - 01/2007	50	9.31E-02		4.65E+00	1.27E+00	10
Blocs béton	m ²	Mur en maçonnerie de blocs en béton - 09/2006	100		1.07E-01	1.07E+01	2.93E+00	10
Tuiles béton	m ²	Tuiles en béton - 05/2005	100	9.69E-02		9.69E+00	2.64E+00	10

	Unité	Description	Durée de vie	Indicateur simplifié CO ₂ & méthane/annuité	Indicateur sur la phase production/annuité	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT (en kg éq.CO ₂)	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT(en kg éq. C)	Incertitude relative (en %)
Béton cellulaire	m ²	Mur en maçonnerie de blocs en béton cellulaire d'épaisseur 36,5cm - 11/2007	100		5.66E-01	5.66E+01	1.54E+01	10
Monomur	m ²	Monomur Terre Cuite rectifié pour pose à joint mince (37,5cm) - ITC - 10/2009	150	3.27E-01		4.90E+01	1.34E+01	10
Brique de structure	m ²	Brique de 20 rectifiée collée à joint mince POROTHERM GFR 20 Th + - 06/2010	100	2.14E-01		2.14E+01	5.84E+00	10
Tuiles en terre cuite	m ²	Tuiles en terre cuite - 05/2005	100	8.01E-02		8.01E+00	2.18E+00	10
Acier de structure	m ²	Acier de construction : Poutrelle acier - 11/2008	100	1.27E+01		1.27E+03	3.48E+02	10
Bardage acier	m ²	Bardage acier simple peau - 08/2006	50	1.95E-01		9.76E+00	2.66E+00	10
Couverture acier	m ²	Couverture acier simple peau - 08/2006	50	1.87E-01		9.35E+00	2.55E+00	10
Zinc de couverture	m ²	Couverture à joint debout VMZINC - 07/2009	100	1.93E-01		1.93E+01	5.26E+00	10

	Unité	Description	Durée de vie	Indicateur simplifié CO ₂ & méthane/annuité	Indicateur sur la phase production/annuité	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT (en kg éq.CO ₂)	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT(en kg éq. C)	Incertitude relative (en %)
Etanchéité complexe mixte	m ²	Revêtement d'étanchéité : complexe mixte pour parking - 09/2009	30	2.82E-01		8.47E+00	2.31E+00	10
Etanchéité monocouche asphalte	m ²	Etanchéité monocouche asphalte pour toiture terrasse bâtiment - 09/2009	60	8.44E-02		5.06E+00	1.38E+00	10
Bois de structure	m ²	Charpente bois traditionnelle (BMR et résineux) - juin 2009	50	2.83E+00		1.41E+02	3.85E+01	10
Bois de structure	m ²	Charpente bois Traditionnelle (100% résineux) - juin 2009	50	1.80E+00		9.02E+01	2.46E+01	10
Plaque de plâtre	m ²	Plaque Knauf KS BA13 - 10/2007	50	4.05E-02		2.02E+00	5.52E-01	10
Plaque de doublage	m ²	Panneau Isolant XTherm Ultra 32 BA10+100 - Knauf - 04/2009	50	1.22E-01		6.11E+00	1.67E+00	10
Brique de cloison grand format	m ²	Brique de cloison grand format - 01/2005	100	4.14E-02		4.14E+00	1.13E+00	10

	Unité	Description	Durée de vie	Indicateur simplifié CO ₂ & méthane/annuité	Indicateur sur la phase production/annuité	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT (en kg éq.CO ₂)	Indicateur sur la phase production pour toute la DVT(en kg éq. C)	Incertitude relative (en %)
Cloison séparative distributive	m ²	Cloison distributive D98/62dB constituée de 2 parements de Pregyplac BA18 Standard d'épaisseur 18 mm sur ossature métallique avec insertion d'une laine minérale de 60mm -05/2009	50	1.99E-01		9.94E+00	2.71E+00	10
Isolant laines minérales	m ²	Isolant en Laine Minérale ISOVER Isoconfort 35 Epaisseur 220 mm - 01/2006	50	6.02E-02		3.01E+00	8.20E-01	10
Isolant biosourcés	m ²	Isolant mural à base de plumes de canard BATIPLUM Mur 110 mm - 01/2006	50	9.89E-02		4.94E+00	1.35E+00	10

Le tableau suivant, extrait du Guide d'application du Bilan carbone® au bâtiment, décembre 2010, CSTB – ADEME, présente les facteurs d'émissions utilisés pour le calcul des FE d'émission génériques « Bâtiment » de la méthode bilan carbone. Ils couvrent les phases de production, transport sur le chantier et mise en œuvre des produits.

Produit	Unité	Descriptif	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. CO ₂)	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. C)	Incertitude relative (en %)
Béton prêt à l'emploi (BPE)	m ²	BPS C25/30 XF1 : Béton dosé à 300kg/m ³ de ciment de type CEM II. Béton d=2,3	226.7	61.8	15
Béton de propreté, réagrégé	m ²	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ de ciment de type CEM2	150.4	41.0	15
Acier	tonnes	Acier de ferrailage	2156.0	588.0	15
Ciment CEM II - AL 42,5	tonnes	Infociment	769.0	207.0	15
Ciment CEM I 52,5	tonnes	Infociment	866.0	236.2	15
Plancher en béton sur poutrelle et entrevous en PSE	m ²	Plancher en béton sur poutrelle et entrevous en PSE	29.8	8.1	15
Enduit minéral	m ²		5.1	1.4	15
Monomur	m ²	Mur en monomur en terre cuite, rectifié pour pose à joint mince (37 cm)	52.2	14.2	15
Blocs béton	m ²	Mur en maçonnerie de blocs en béton (20 cm)	17.3	4.7	15
Bloc Béton cellulaire	m ²	Mur en maçonnerie de blocs en béton cellulaire (36.5 cm)	58.5	15.9	15
Brique de 20 rectifiée collée à joint mince	m ²	Brique de structure, rectifiée collée à joint mince (20 cm)	19.5	5.3	15

Produit	Unité	Descriptif	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. CO ₂)	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. C)	Incertitude relative (en %)
Bois de structure massif	m ²	Ossature en bois massif – Poteaux et poutres toutes sections (résineux)	2.8	0.8	15
Bois de bardage massif	m ²	Bois bardage (résineux)	0.1	0.0	15
Panneaux osb	m ²	Panneau OSB de type OSB 3 – 16 mm	7.9	2.1	15
Bois de bardage contreplaqué	m ²	Bardage en contreplaqué okoumé	42.8	11.7	15
Plaque de parement	m ²	Plaque Placoplatre® BA13	1.7	0.5	15
Tuile Terre cuite	m ²		9.1	2.5	15
Tuile béton	m ²		10.2	2.8	15
Plaque de doublage	m ²	Type Th 32 BA10+100 (100 mm isolant en polystyrène)	6.2	1.7	15
Isolant de synthèse (sol)	m ²	Isolant thermique support de couverture type TMS 47 mm	7.6	2.1	15
Isolant de synthèse (mur, toiture)	m ²	Panneaux rigides isolants en polyuréthane (80 mm)	12.7	3.5	15
Isolant laines minérales (sol)	m ²	Panneau de laine de roche dense (30 mm)	7.3	2.0	15
Isolant laines minérales	m ²	Rouleau d'isolant en laine minérale (200 mm)	2.7	0.7	15
Isolant bio-sourcés (origine animale)	m ²	Panneau d'isolant mural à base de plumes de canard (80 mm)	3.7	1.0	15

Produit	Unité	Descriptif	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. CO ₂)	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. C)	Incertitude relative (en %)
Isolant bio-sourcés (origine végétale)	m ²	Panneau d'isolant mural à base de chanvre et coton (100 mm)	5.4	1.5	15
Isolant bio-sourcés (origine végétale)	m ²	Ouate de cellulose en vrac soufflée ép. 40 mm pour R=1	1.2	0.3	15
Aluminium dont recyclé 30 %	tonnes	ADEME	8505.7	2319.7	15
PVC	tonnes	ADEME	2048.0	558.6	15
Zinc	m ²	Elément de couverture à joint debout en zinc laminé (5,43 kg)	19.7	5.4	15
Zinc	tonnes	ADEME	3059.6	834.4	15
Cuivre	tonnes	ADEME	3059.6	834.4	15
Verre plat	tonnes	ADEME (MIES)	1671.3	455.8	15
Enrobés	m ²	Asphalte de voirie - chaussée	12.7	3.5	15
Agrégats, granulats, sable, remblais de carrière...	tonnes	ADEME- Distance de transport 30 km	16.5	4.5	15
Cloison séparative distributive	m ²	Cloison distributive : rail métallique, BA13 et laine de verre 60	10.5	2.9	15
Tube d'évacuation en fonte	MI	Système de canalisations en fonte PAM destinées à la collecte et à l'évacuation des eaux usées, des eaux vannes et des eaux pluviales dans les bâtiments	12.6	3.4	15
Tube d'assainissement en béton	MI	Tube en béton, diamètre 400 mm	32.5	8.9	15
Tube d'évacuation PVC	MI	Canalisations PVC destinées à la collecte et à l'évacuation des eaux usées et des eaux vannes	2.5	0.7	15

Produit	Unité	Descriptif	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. CO ₂)	Indicateur sur la phase mise à disposition pour toute la DVT (en eq. C)	Incertitude relative (en %)
Tube d'alimentation en eau cuivre	MI	Tube de cuivre pour distribution d'eau sanitaire chaude ou froide et chauffage dans une habitation	0.7	0.2	15
Ballon	1 unité	Ballon de stockage d'eau chaude solaire acier 600 L	863.0	235.4	15
Etanchéité	m ²	Revêtement d'étanchéité bicouche bitume-polymère autoadhésif	22.9	6.2	15
Revêtement de sol PVC	m ²	Revêtement de sol PVC homogène	6.1	1.7	15
Carrelage de sol	m ²	Grès cérame	22.7	6.2	15
Moquette	m ²	Moquette touffetée en lé à velours 100 % polyamide	7.5	2.0	15
Parquet stratifié	m ²	Revêtement de sol stratifié classe 32	11.5	3.1	15
Parquet massif	m ²	Parquet rapporté bois massif brut	6.1	1.7	15
Menuiseries (PVC)	m ²	Fenêtre et porte-fenêtre en PVC - Double vitrage	63.0	17.2	15
Menuiseries (Alu)	m ²	Fenêtre en aluminium - double vitrage	147.7	40.3	15
Menuiseries (Bois)	m ²	Fenêtre et porte-fenêtre en pin sylvestre - double vitrage	15.0	4.1	15
Menuiseries (Bois + Alu)	m ²	EcolInvent	98.5	26.9	15
Peinture murale	m ²	Peinture murale garnissante mate	0.3	0.1	15
Bardage acier	m ²	Bardage acier simple peau, masse surfacique moyenne égale à 6,57 kg/m ²	14.2	3.9	15
Panneaux sandwichs isolants en acier	m ²	2 tôles de parement acier (15 kg/m ²) et panneau laine de roche 40 mm	33.3	9.1	15

Annexe 9 Émissions prises en compte dans un bilan carbone

Lors de la réalisation d'un Bilan Carbone®, différentes sources d'émissions de GES peuvent être prise en compte et ventilées selon les quatre processus.

Mise à disposition du bâti

> Conception de l'ouvrage et construction :

- fabrication des produits,
- transport des produits jusqu'au chantier,
- transport des engins jusqu'au chantier,
- transports des intervenants sur le chantier,
- process de mise en œuvre des produits,
- gestion des déchets de chantier (transport, valorisation, élimination),
- amortissement des installations, baraquements de chantier, des engins et du matériel de chantier,
- fuites de fluides frigorigènes,
- consommation d'énergie hors process de mise en œuvre (chauffage des baraquements, par exemple).

> Exploitation : Entretien et réhabilitation (prévus à la conception) et renouvellement des produits et équipements si leur durée de vie typique est inférieure à la durée de vie programmée pour l'ouvrage :

- fabrication des produits,
- transport des produits jusqu'au chantier,
- transport des engins jusqu'au chantier,
- transports des intervenants sur le chantier,
- process de mise en œuvre des produits,
- gestion des déchets de chantier (transport, valorisation, élimination)
- amortissement des installations, des engins et du matériel de chantier,
- fuites de fluides frigorigènes lors de la mise en œuvre et installations des équipements.

> Démolition :

- amortissement des installations, des engins et du matériel de chantier,
- process de démolition,
- gestion des déchets de chantier (transport, tri, valorisation, élimination),
- transport des engins,
- transport des intervenants sur le chantier.

Fonctionnement du bâtiment

> Exploitation :

- consommations d'énergie (chauffage, ECS, refroidissement, ventilation et auxiliaires, éclairage) et production énergie,
- fuites de fluides frigorigènes.

Activité

> Exploitation :

- consommations énergétiques de base : quote-part forfaitaire des consommations spécifiques inclus dans le Bilan Carbone[®],
- consommations d'énergie spécifiques à l'activité,
- fret de marchandises.

Déplacement des usagers

> Exploitation :

- transport domicile/travail : quote-part forfaitaire des émissions liées aux déplacements domicile/travail inclus dans le Bilan Carbone[®]
- transport des autres usagers : visiteurs, usagers des services...

Ne sont généralement pas comptabilisées :

- Les émissions liées à l'approvisionnement et aux consommations d'eau potable et au traitement collectif des rejets d'eaux usées.
- Les émissions directes de l'activité dont le bâtiment est le support (activité hébergée).
- Les émissions des consommations d'énergie liées à l'activité hébergée (machines industrielles, équipements de santé...). Cependant une quote-part forfaitaire de ces consommations spécifiques sera incluse dans le Bilan Carbone[®] comprenant notamment le gros électroménager, l'informatique et l'audiovisuelle pour les logements et la bureautique pour les bâtiments du tertiaire.
- Les émissions liées au transport et traitement (tri, valorisation, élimination) des déchets générés par l'activité hébergée (y compris effluents liquides) : OM, DND, DD, DASRI...
- Les émissions liées à la fabrication et au transport de matières consommées par l'activité hébergée, mis à part dans certains contextes particuliers comme le choix de la localisation du site par exemple où l'on prendra en compte les émissions liés au transport des marchandises et des personnes.

22 Il est important de noter que pour ce type d'ouvrage, la variabilité du FE peut être importante, notamment du fait du type d'ouvrage (plain-pied, immeuble) et de la présence ou non de parkings aériens ou en sous-sols.

Annexe 10 Résultat des FE bâtiment

Le tableau suivant regroupe des données de facteurs d'émissions « bâtiment » extraites du Guide d'application du Bilan carbone® au bâtiment V1, novembre 2010, CSTB – ADEME. Ces facteurs sont donnés à titre indicatif comme ordre de grandeur, et non pas comme des valeurs de référence à atteindre.

Ces facteurs d'émission génériques sont calculés sur la base du processus de mise à disposition du bâtiment, pour la phase de conception et construction neuve. Les ouvrages ont été modélisés à partir de l'inventaire des produits de construction entrant dans l'ouvrage. Le périmètre des produits contributeurs correspond aux produits de structure et d'enveloppe, de partition et de revêtements de sol. Les équipements sanitaires, les équipements de chauffage, de climatisation et de production ECS, les revêtements muraux ne sont pas inclus.

Typologie	Structure	FE générique moyen (en kg éq. CO ₂ /m ² SHON)	Incertitude relative	Précisions
Logement collectif (...)	Voile porteur béton	190	15%	La structure est composée de voiles porteurs en béton armé. L'isolation des murs est soit rapportée par l'intérieur soit extérieure. Le calcul a été réalisé à partir de 24 projets de bâtiments de logements collectifs (FE compris entre 130 et 390 kg éq. CO ₂ /m ² SHON).
	Point porteur/ façade maçonnée	210	15%	La structure est composée de points porteurs en béton armé. Les façades sont maçonnées soit en briques creuses, blocs béton ou panneaux préfabriqués en béton. L'isolation des murs est soit rapportée par l'intérieur soit extérieure. Le calcul a été réalisé à partir de 5 projets de bâtiments. Ces 5 projets ont un FE compris entre 205 et 215 kg éq. CO ₂ /m ² SHON). Un sixième projet a été simulé et présente un FE égal à 550 kg éq. CO ₂ /m ² SHON). Ce projet comportait 2 bâtiments de 40 logements sur un parking commun en sous-sol de 2 niveaux. Il n'a pas été inclus dans le calcul du FE générique.

Typologie	Structure	FE générique moyen (en kg éq. CO ₂ /m ² SHON)	Incertitude relative	Précisions
(...) Logement collectif	Structure Monomur terre cuite	270	35%	<p>Le calcul a été réalisé à partir de deux projets (FE = 320 et 220 kg éq. CO₂/m² SHON). La structure est composée par du monomur terre cuite de 37,5 cm.</p> <p>Le premier projet comporte 26 logements pour une surface SHON de 1690 m².</p> <p>La SHON du second projet est égale à 1 296 m².</p>
	Structure acier - façade maçonnée	non déterminé	–	<p>Un projet d'une SHON totale de plus de 36 750 m² a été simulé. La structure est en acier et les façades sont maçonnées en blocs béton. Pour cet ouvrage, près de 97% des émissions de GES sont dus à la consommation d'acier.</p> <p>La valeur du facteur d'émission générique du bâtiment n'ayant pas été jugée représentative du système constructif (FE=1010 kg éq. CO₂/m² SHON - 275 kg éq. C /m² SHON), le projet n'a pas été inclus dans le calcul du FE générique.</p>
Bâtiment bureau administratif ²²	Voile porteur béton	220	25%	<p>La structure est composée de voiles porteurs en béton armé.</p> <p>Le calcul a été réalisé à partir de 7 projets de bâtiments. Ces 7 projets ont un FE compris entre 105 et 380 kg éq. CO₂/m² SHON.</p> <p>Un huitième projet a été simulé et présente un FE d'environ 800 kg éq. CO₂/m² SHON. Ce projet est caractérisé par une consommation très importante de béton armé. Il n'a pas été inclus dans le calcul du FE générique.</p>
	Structure béton & acier - façade verre	1 125	50%	<p>Le calcul a été réalisé à partir d'un seul projet d'une SHON totale de plus de 44 000 m².</p> <p>Pour cet ouvrage, près de 65% des émissions de GES sont dus à la consommation de verre plat pour les façades, 13% sont imputables aux bétons et 12% à l'acier.</p>
	Structure mixte béton & acier	300	50%	<p>Le calcul a été réalisé à partir d'un seul projet, d'une SHON de 5 000 m².</p> <p>Pour cet ouvrage, près de 70% des émissions de GES sont dus à la consommation d'acier et 15% sont imputables aux bétons.</p>

Typologie	Structure	FE générique moyen (en kg éq. CO ₂ /m ² SHON)	Incertitude relative	Précisions
Bâtiment à vocation sanitaire et sociale	Voile porteur béton	225	50%	<p>La structure est composée de voiles porteurs en béton armé.</p> <p>Le calcul a été réalisé à partir du projet de construction d'un hôpital d'une SHON de plus de 75000 m².</p> <p>Pour cet ouvrage, près de 45% des émissions de GES sont dus à la consommation de béton et près de 30% sont imputables à l'acier.</p>
Bâtiment de stockage (entrepôt, logistique)	Structure acier – façade acier	200	20%	<p>La structure est en acier et les façades sont en bardage acier.</p> <p>Le calcul a été réalisé à partir de 5 projets (FE compris entre 150 et 265 kg éq. CO₂/m² SHON) pour des SHON comprise entre 970 et 8650 m².</p> <p>Pour ces ouvrages, 15 à 25% des émissions de GES sont dus à la consommation de béton, 20 à 50% sont imputables aux aciers de structure et 20 à 30% sont dus aux aciers utilisés en bardage et couverture.</p>
Équipement sportif et culturel (centre nautique)	Voile porteur béton	300	50%	<p>La structure est composée de voiles porteurs en béton armé.</p> <p>Le calcul a été réalisé à partir du projet de construction d'un centre nautique d'une SHON de 6000 m².</p> <p>Pour cet ouvrage, près de 37% des émissions de GES sont dus à la consommation de béton et près de 33% sont imputables à l'acier. Les menuiseries pèsent 8% et les carrelages 5%.</p>
Commerce	Structure acier – façade acier	190	15%	<p>La structure est en acier et les façades sont en bardage acier.</p> <p>Le calcul a été réalisé à partir de 4 projets (FE compris entre 145 et 230 éq. CO₂/m² SHON) pour des SHON comprise entre 540 et 4200 m².</p> <p>Pour cet ouvrage, 20 à 25% des émissions de GES sont dus à la consommation de béton et 25 à 45% sont imputables aux aciers de structure et 20 à 30% sont dus aux aciers utilisés en bardage et couverture.</p>

Annexe 11 Contenu détaillé du rapport annuel d'exploitation dans le cadre d'un contrat de partenariat

1 Données économiques et financières

- Coûts de fonctionnement,
- Coûts des travaux réalisés dans l'année,
- Écart par rapport aux facturations de base,
- État du compte d'intéressement,
- Synthèse des avenants.

2 Consommations d'énergie

- Électricité (achat/revente), cumul mensuel,
- Gaz, réseau de chaleur, etc.

3 Bilan énergétique et environnemental

- Consommation d'énergie finale constatée, en kWh, en kWhEF/(m².an)...
- Consommation d'énergie finale ajustée totale et par usage (correction DJU, plages de fonctionnement de l'année...),
- Écarts par rapport à la consommation de référence, justificatifs,
- Consommation d'énergie primaire et bilan CO₂,
- Consommation d'eau,
- Renouvellement d'air mesuré dans les locaux,
- Température d'ambiance,
- Autres indicateurs contractuels.

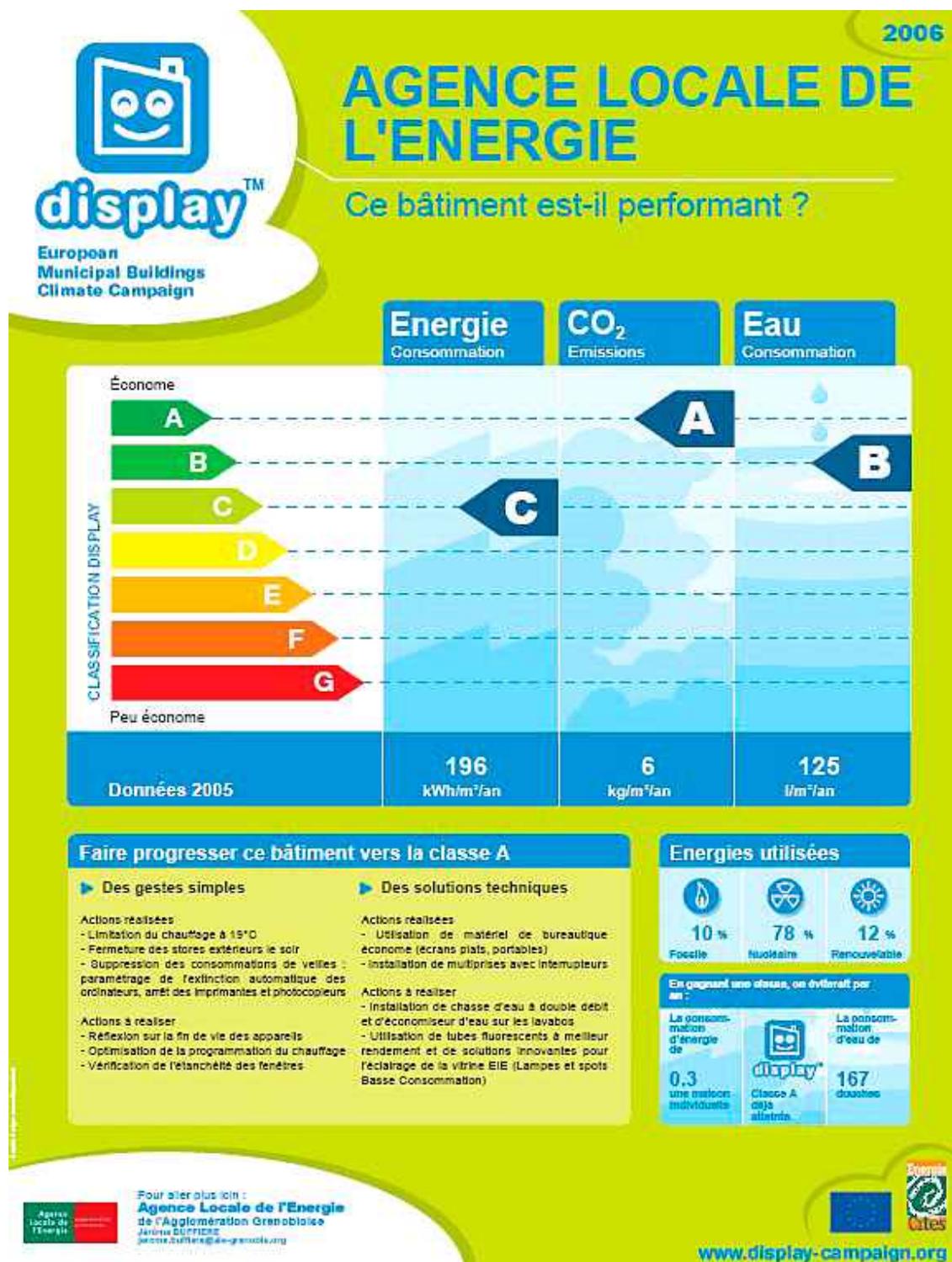
4 Analyse du compte travaux et modifications

- Travaux engagés sur l'année, avancement,
- Provisions pour remplacement, état du compte travaux,
- Modifications demandées, ajout de matériel par le collège ou le lycée.

5 Exploitation-maintenance et satisfaction des utilisateurs

- Nombre d'interventions, durées, anomalies, comparatifs A-1,
- Actions d'optimisation (ajustement des lois de régulation, des débits de renouvellement d'air...),
- Nombre de sessions de sensibilisation organisées pour les utilisateurs,
- Satisfaction des utilisateurs.

Annexe 12 Exemple d'affiche de la campagne DIPLAY



Annexe 13 Présentation du protocole IPMVP (Source COMOP 4)

MESURE DES PERFORMANCES

La présente Annexe présente notamment le protocole de mesure recommandé par les pouvoirs publics et par les professionnels, à savoir le protocole IPMVP. Ce protocole répond aux prérequis obligatoires suivants :

- 1 Décrire les Actions d'amélioration de l'efficacité Énergétique, le résultat attendu**, les procédures de mise en service employées pour vérifier le succès de l'implantation de chacune d'elles. Identifier les changements prévus quant aux conditions décrites dans la situation de référence.
- 2 Identifier l'option sélectionnée dans l'IPMVP (A, B, C ou D) et le périmètre des mesures** pour la détermination des gains. Décrire la nature des effets interactifs et de leurs impacts possibles au-delà de celui-ci.
- 3 Documenter la situation de référence du site**, à l'intérieur du périmètre des mesures : données de consommation d'énergie de référence, assorties des conditions dans lesquelles elles sont observées. Un Audit énergétique, destiné à établir les objectifs d'un programme d'économie ou les termes d'un CPE, fournit, en général, la plus grande partie de la documentation relative à la situation de référence, nécessaire au Plan de M&V.
- 4 Identifier la période de suivi**, de durée variable selon l'option et les paramètres retenus.
- 5 Définir les conditions d'ajustement** des mesures de consommation d'énergie.
- 6 Spécifier la procédure exacte d'analyse des données**, les algorithmes et les hypothèses à formuler pour chaque rapport de suivi des gains.
- 7 Indiquer les prix de l'énergie utilisables** pour évaluer les économies financières et, le cas échéant, leurs formules de révision.
- 8 Spécifier les points de mesure** et les procédures garantissant leur fiabilité, la /les période(s) si la mesure n'est pas effectuée en continu.
- 9 Assigner les responsabilités du suivi** et de l'enregistrement des données d'énergies, des variables indépendantes, des facteurs statiques, à l'intérieur du périmètre des mesures, pendant la période de suivi.
- 10 Évaluer la précision attendue** dans l'expression du gain d'efficacité énergétique, en intégrant les erreurs relatives aux mesures, aux échantillonnages et à la modélisation.
- 11 Définir le budget et les ressources requis** pour les travaux préparatoires, l'établissement du Plan de M&V pendant la période de suivi.
- 12 Fournir un /des modèle(s) de rapports** pour documenter et rendre compte des résultats des M&V.
- 13 Indiquer les procédures d'assurance de qualité** utilisées dans la démarche de M&V.

Annexe 14 Comparaison détaillée des approches énergie-carbone des groupements durant le dialogue compétitif

Opération Grenoble Energie Enseignement Recherche

Calcul énergie grise	PPS	Approche qualitative par choix des matériaux : utilisation forte du bois, limitation du métal et peu de plastique	Approche qualitative par choix des matériaux	Annonce d'utilisation d'un outil ACV, estimation à 1 469 kWh/m ²	Ossature bois pour une partie du projet
	PPD	Calcul à 728 kWh/m ²	Approche qualitative par choix des matériaux Outil utilisé ?	Calcul à 1 795 kWh/m ² avec engagement sur écomatériaux et ACV utilisé dans choix des matériaux	Méthode annoncée + objectif démarche interne
	OF	Calcul sous Cycleco à 25 037 Mwhep ou 1 100 kWh/m ² SHON	Calcul sous Cycleco, 25 671 Mwhep	Calcul sous Cycleco : 24 743 Mwhep Et sous EGIS : 25 073 Mwhep soit 1043 kWh/m ² SDO	Calcul sous Cycleco : 36 629 Mwhep soit 1 553 kWh/m ² SHON
Volume de bois (...)	PPS	22 dm ³ /m ² SHON Ossature bois + isolant en FDB + bardage bois + menuiseries bois	-	11 dm ³ /m ² SHON	-
	PPD	19 dm ³ /m ² SHON	9 dm ³ /m ² SHON pour la façade	-	-

(...) Volume de bois	OF	42 dm ³ /m ² SHON	10,3 dm ³ /m ² SHON : 27% façades ext. en bardage bois, 18% gradins, 18% huisseries et portes	Non indiqué	Non indiqué
Énergie blanche	PPS	-	-	-	69 kWh/m ² .an
	PPD	3714 MWhep/ an	4314 MWhep/ an	8313 MWhep/ an	4116 MWhep/ m ² .an
	OF	2192 MWhep/ an	2321 MWhep/ an, 2200 après question	2367 MWhep/ an	2654 MWhep/ an 2200 après question
Modalités d'engagement énergétique	PPS	-	-	-	-
	PPD	-	-	-	-
	OF	Tunnel de neutralisation X1 = 9% et X2 = 6%	Tunnel de neutralisation X1 = 5% et X2 = 3%	Tunnel de neutralisation X1 = 10% et X2 = 10%	Tunnel de neutralisation X1 = 12,3% et X2 = 10%
Outil de STD	PPS	TRNSYS	P + C	P + C	DIAL +
	PPD	TRNSYS	P + C	P + C	P + C
	OF	TRNSYS	P + C	IES	P + C

Opération campus de Bordeaux : 1^{ère} tranche domaine sciences et technologie

		1	2	3
Bilan carbone	OI	-	-	Bilan GES, impact énergie consommée, consommation annuelle, phase utilisation et construction, traitement des déchets. Étude d'une variante extension B18.
	OF	Bilan carbone avec outil interne CarbonEco™ 12346 tonnes éq. CO ₂ (uniquement matériaux entrants)	Pas de bilan carbone des bâtiments étudiés.	Bilan carbone via CO2NCERNED Niveau Argent atteint pour l'ensemble En base : A9 = 242 et B18 = 826 tonnes éq. CO ₂ / B18 variante : 1567 tonnes éq. CO ₂ . RSIE de 3 à 6 ans.
ACV	OI	Présentation de la démarche interne - Utilisation logiciel ELODIE- Études de deux configurations. Consommations de ressources énergétiques (primaire, renouvelable, non renouvelable, primaire procédé), énergie grise en phase chantier et phase exploitation	Présentation succincte des orientations envisagées, choix de bois local, traitement autoclave, laine de roche, aluminium recyclé. Réalisation du calcul ACV sous logiciel ELODIE ultérieurement.	Démarche interne Calcul réalisé sur EQUER
	OF	ACV avec Elodie Approche RSIE sur 30 ans A9 • c. climatique : 26 ans • énergie grise : 16 ans B18 • c. climatique : 15 ans • énergie grise : 12 ans	ACV avec ELODIE Calcul des impacts environnementaux (HQE sur GO et SO) et optimisation énergie grise de 3 produits sur leur durée de vie : cloison, faux plafonds, revêtements de sols.	ACV avec Elodie : tableau des impacts pour les bâtiments A9, B18 et son extension réunis. Résultats bruts sans interprétation.

		1	2	3
Volume de bois	OI	Ossature bois pour extension B18, non quantifié	Envisagé sur extension B18 et bâtiments bas (protection solaire, bardage, ...) non quantifié	Bois écarté
	OF	Calcul non réalisé, sera fait en phase PRO	14 dm ³	A10=11dm ³ /m ² SHON et 10 pour les B
Énergie blanche	OI	BBC sur tous les bâtiments : 38 à 40 kWh/m ² .an sur 25 ans.	BBC pour 10 bâtiments sur 16	BBC sur tous les bâtiments et un bâtiment BEPOS
	OF	<ul style="list-style-type: none"> • 13 BBC réno • 1 RT2012 -10% BEPOS • 3 BBC RT2005 2960918 kWh/an	9 BBC réno <ul style="list-style-type: none"> • 1 BBC neuf RT2005 4298327 kWh/an	<ul style="list-style-type: none"> • 16 BBC réno • 1 RT 2012 3913491 kWh/an
Outil de STD	OI	Design Builder, TRNSYS, P + C,	Clima-Win 2.0 build 3.0.3.38	Design Builder, Version 2.4.2.026
	OF	Design Builder	TAS	TAS

Opération Toulouse Le Mirail

		J. Lennon	G. Harisson	P. Mac Cartney	R. Starr
Bilan carbone	OI	Outil interne CarbonEco® sur émissions travaux et émissions des consommations énergétiques. Annonce d'ACV plus poussé avec Elodie pour offres finales.	Présentation démarche interne + reprise ordre de grandeur ADEME, pas de calcul.	Méthode BC ADEME, autres sources ADEME sources : BC entreprise V6, FDES, Ecoinvent, bilanproduit, GEMIS, UNFCCC, GIEC.	Bilan GES sur consommations du chantier et des bâtiments.
	OF	Outil interne CarbonEco® sur émissions travaux et émissions des consommations énergétiques.	ACV sous EQUER avec sélection de 6 critères environnementaux. Analyse comparative entre déconstruction/reconstruction et réhabilitation. Valorisation du neuf.	Méthode BC ADEME. Bilan émission GES construction et exploitation. Analyse non comparative.	Bilan GES (apparemment méthode BC ADEME) sur consommations du chantier et des bâtiments en exploitation. Valorisation de la réhabilitation mais sans calculs comparatifs.
Volume de bois Volume de bois	OI	Ossature bois sur rénovation Candilis Contreventement OSB	Panneaux bois décoratifs acoustiques	-	Pas de charpente
	OF	Ossature bois sur rénovation Candilis Contreventement OSB Panneaux décoratifs muraux + parquet massif en salle du conseil	R+2 en structure bois Panneaux bois décoratifs acoustiques Sièges en hêtre dans 2 amphis	Plan de travail en bois stratifié Revêtement mural bois acoustique Paillasse en bois stratifié	Plafond en bois dans le hall de la gouvernance Revêtement mural bois salle de tir à l'arc

		J. Lennon	G. Harisson	P. Mac Cartney	R. Starr
Énergie blanche	OI	Neuf : 45 kWh/m ² .an Réno. : 70 kWh/m ² .an	Neuf : entre 39 et 66 kWh/m ² .an Réno. : 130 kWh/m ² .an	-	Neuf : 42 kWh/m ² .an Réno. : 80 kWh/m ² .an
	OF	Neuf : 51 kWh/m ² .an Réno. : 130 kWh/m ² .an	Neuf et rénové : entre 31 et 66 kWh/m ² .an	Neuf : 50 kWh/m ² .an Réno. : 82 kWh/m ² .an	Neuf : 47 kWh/m ² .an Réno. : 68 kWh/m ² .an
Outil de STD	OI	IES – Virtual Environnement	TAS	IES – Virtual Environnement	Non indiqué
	OF	IES – Virtual Environnement	TAS	IES – Virtual Environnement	DesignBuilder

	J LENNON	G HARRISON	P MCCARTNEY	R STARR
Outil	Outil interne CarbonEco® basé sur la méthode ADEME.	ACV sous EQUER.	Méthode Bilan Carbone ADEME.	Bilan GES, apparemment méthode Bilan Carbone ADEME mais non précisé.
Contenu	Sur la phase chantier, stratégie de réduction des émissions GES par conservation de l'existant et utilisation de bois. Valorisation de la réhabilitation par une analyse comparative avec un projet de construction neuve. Sur les consommations énergétiques, valorisation du projet par rapport au niveau réglementaire.	Sélection de 6 critères. Analyse comparative entre déconstruction/reconstruction et réhabilitation. Méthode et hypothèses fournies. Analyse sur 80 ans	Bilan des émissions GES sur les phases construction et exploitation. En plus des consommations énergétiques, le transport, les eaux usées et les déchets ont été comptabilisés pour la phase exploitation. Durée de 50 ans.	Evaluation des émissions relatives aux consommations des bâtiments en exploitation et au chantier (avec GER). La méthodologie et les hypothèses ne sont pas explicitées. Durée de 50 ans.
Résultats chiffrés	Emissions GES des conso énergétiques : <ul style="list-style-type: none"> • Annuel : 229 t eq CO2/an • Sur 20 ans (durée PPP): 4 590 t eq CO2 Emissions GES des travaux : <ul style="list-style-type: none"> • 22 117 t eq CO2 Emissions GES totales sur 20 ans : <ul style="list-style-type: none"> • 26 707 t eq CO2 	Emissions GES des conso énergétiques : <ul style="list-style-type: none"> • Annuel : 835 t eq CO2/an • Sur 80 ans : 66 782 t eq CO2 Emissions GES des travaux : <ul style="list-style-type: none"> • 24 011 t eq CO2 Emissions GES totales sur 80 ans : <ul style="list-style-type: none"> • 90 792 t eq CO2 	Emissions GES des conso énergétiques : <ul style="list-style-type: none"> • Annuel : 107 t eq CO2/an • Sur 50 ans : 5340 t eq CO2 Emissions GES des travaux : <ul style="list-style-type: none"> • 33516 t eq CO2 Emissions GES totales sur 50 ans : <ul style="list-style-type: none"> • 38856 t eq CO2/an 	Emissions GES des conso énergétiques : <ul style="list-style-type: none"> • Annuel : 103 t eq CO2/an • Sur 50 ans : 5 135 t eq CO2 Emissions GES des travaux : <ul style="list-style-type: none"> • 24 120 t eq CO2 Emissions GES totales sur 50 ans : <ul style="list-style-type: none"> • 29 255 t eq CO2
Conclusion	Valorisation de la réhabilitation par rapport à la construction neuve avec analyse comparative mais uniquement sur la phase chantier.	Conclusion sur un impact carbone moins important pour la construction neuve.	Conclusion sur la partie exploitation qui est plus impactante que la phase chantier.	Valorisation de la réhabilitation par rapport à la construction neuve mais uniquement sur la phase chantier, pas de réflexion à l'échelle de l'ensemble du cycle de vie.
Analyse	Domage que l'analyse comparative n'ait pas pris en compte la phase exploitation en plus de la phase chantier (RSIE?) Une réflexion intéressante dans l'ensemble avec la logique de compensation.	Attention, la durée de vie influence le résultat d'une analyse comparative. Plus la durée de vie est longue, plus on a intérêt à construire neuf. Laine de chanvre dans ossature bois du R+2 du LPM ? Pas de précisions sur les données d'entrée.	Souci de report de chiffres pour les émissions GES du chantier (33 516 contre 2 735 t eq CO2). La conclusion est inversée en prenant le bon résultat. Hypothèses et données d'entrée décrites.	Une réflexion donnée à la fin sur la valorisation de la réhabilitation mais des calculs collés à la demande du guide de rédaction, sans analyse, sans description méthodologique et sans hypothèses utilisées. La phase chantier est plus impactante.

Bibliographie

> Réglementations thermiques

Information généraliste sur l'ensemble des réglementations thermiques <http://www.rt-batiment.fr/>

RT 2012 Caractéristiques thermiques et performance énergétique des bâtiments neufs. Le moniteur, cahier détaché n°2 du 5 novembre 2010 (n°5580).

Décret n°2010-1269 et arrêté du 26 octobre 2010 – JORF du 27 octobre 2010.

Comprendre la Réglementation Thermique 2012, article datant du 01/12/2010. Consultable sur : <http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr/index.php/actualites-du-plan/grands-dossiers/121-comprendre-la-reglementation-thermique-2012>

Plan bâtiment Grenelle

<http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr/index.php/g-presentation-du-plan/objectifs>

Labels énergétiques

Association Effinergie <http://www.effinergie.org/>

Article du Moniteur sur le nouveau label BEPOS

<http://www.lemoniteur.fr/201-management/article/actualite/20263135-exit-le-bbc-place-au-bepos-le-nouveau-label-devoile>

Incorporation du bois dans la construction

http://www.univers-nature.com/inf/inf_actualite1.cgi?id=4163

Décret n° 2010-273 du 15 mars 2010 relatif à l'utilisation du bois dans certaines constructions

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021979658>

Arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé »

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026810976&dateTexte=&categorieLien=id>

Guides PPP-CPE

Optimisation de la performance énergétique des bâtiments publics par la mise en œuvre des Contrats de Partenariat - Guide à l'usage des acheteurs publics, Gimelec - Mars 2007. Consultable sur :

http://www.grenelle-batiment-certuf.fr/IMG/pdf/GuideGimelec_ContratPerfEnergetique1_cle1119dd.pdf

Guide pour le montage et le suivi des contrats de performance énergétique dans les collèges et lycées, CSTB – ADEME – Ecocampus. Février 2010. Consultable sur :

http://www.cstb.fr/fileadmin/documents/telechargements/Guide_CPE_V1_15_02_10.pdf

Contrat de partenariat performance énergétique entre la région Alsace et Ecolya signé le 22 décembre 2009.

Consultable sur : <http://www.ppp.bercy.gouv.fr/>

Le contrat de performance énergétique dans le secteur public : marchés publics ou contrats de partenariat, FG3E. Mars 2008. Consultable sur :

<http://www.apogee-perigee.com/apogee/pdf/docext/fg3e.pdf>

Premiers enseignements des dialogues compétitifs menés dans le cadre de contrat de partenariat pour des opérations menées par des établissements universitaires.

Le guide opérationnel des PPP, Bergère et Al. Editions le Moniteur, Troisième édition - Janvier 2010.

ISBN : 978-2-281-12718-8

ACV et bilan carbone

CSTB – ADEME. Bilan carbone appliqué au bâtiment guide méthodologique V1, Novembre 2010.

Consultable sur : <http://www.ademe.fr/internet/Flash/bilan-carbone-et-batiment/index.html>

Annexe technique du label HQE Performance, bâtiments neufs, version du 22/12/10 (Association HQE).

Consultable sur :

http://assohqe.org/hqe/IMG/pdf/Annexe_technique_HQE_performance_-_batiment_neuf_221210.pdf

Supports de formation CSTB « Optimiser la performance environnementale des bâtiments avec Elodie », session du 18 janvier 2011.

Base Inies : www.inies.fr

Elodie : www.elodie-cstb.fr

Simapro : www.pre.nl

Equer : www.izuba.fr

Team bâtiment : www.ecobilan.com

Travaux en cours du projet COIMBA (Connaissance de l'impact environnemental des bâtiments). Projet de recherche ANR PREBAT 2008-2011 visant au développement des outils d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments par analyse de cycle de vie. Partenaires : Nobatek, CSTB, Armines, Izuba, Enertech.

Référentiels environnementaux

Sustainable Building Alliance : <http://www.sballiance.org/>

BRE : Grande-Bretagne <http://www.bre.co.uk/>

CSTB : France <http://www.cstb.fr/>

DGNB : Allemand <http://www.dgnb.de/en/>

USGBC, US Green Building Council : USA/Canada <http://www.usgbc.org/>

Commissioning

Guide de commissioning des nouveaux bâtiments, 1^{ère} édition - Ressources naturelles Canada, Canmet-ÉNERGIE. MARS 2010. Téléchargeable sur :

http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fichier.php/codectec/Fr/2010-039/RNCan_Guide_Cx.pdf

Déchets

Extrait de l'Annexe II de l'article R. 541-8 codifiant dans le code de l'environnement

Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 (JO du 20 avril 2002)

Circulaire interministérielle du 15 février 2000 - Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, non publiée au JO

Classements des universités

Sustainable Endowments Institute : <http://www.greenreportcard.org/>

PrincetonReview : <http://www.princetonreview.com/>

Sierra club : <http://www.sierraclub.org/sierra/200909/coolsschools/>

People and planet : <http://peopleandplanet.org/greenleague>

Ressources campus durables

Campus responsables : <http://www.campusresponsables.com/>

Campus durables : www.campus-durables.org

Memento eco-campus : http://www.cpu.fr/uploads/tx_publications/Memento_eco-campus_fev10.pdf

http://www.campus-durables.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1&lang=fr

Initiatives campus verts : <http://www.univ-bordeaux.fr/>

Plateforme : <http://evaddes.com/>

Bilan carbone campus : <http://www.bilancarbonecampus.org/>

Straténergie CO₂ :

http://www.developpementdurable.cpu.fr/img/documents/Guide_de_presentation_et_utilisation_de_StratEnergieCO2.pdf

<http://www.g2e-campus.fr/>

<http://www.t-eco.org/>

Cahiers des charges ADEME

<http://www.diagademe.fr/diagademe/vues/accueil/documentation.jsf>

Protocole IPMVP

http://www.evo-world.org/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=279

http://www.evo-world.org/index.php?option=com_content&view=article&id=469&Itemid=510&lang=fr

Certificats d'économie d'énergie

Nombreuses ressources sur le site de l'ADEME dont plusieurs guides et le calculateur de CEE

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15024>

Registre national des Certificats d'économie d'énergie : <https://www.emmy.fr/>

COLLECTION « Les référentiels » :

- Signalétique extérieure des campus. Le guide pratique
- Guide méthodologique destiné à assister les porteurs de projets du Plan Campus du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche dans la rédaction des clauses juridiques de leurs contrats de partenariat
- Guide de rédaction des cahiers des charges des missions d'assistance à la personne publique
- Guide pour l'élaboration d'un programme d'exploitation-maintenance sur performances adapté aux Opérations Campus
- Bibliothèques universitaires Learning centres
Guide pour un projet de construction
- Guide Organisation projets

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
Direction générale pour l'enseignement supérieur et l'insertion professionnelle
Direction générale pour la recherche et l'innovation
Service des grands projets immobiliers

Réalisation : opixido

Février 2013