



Etudes, Conseil, Formation & Logiciels

ACV - Eco-Conception - Achats Durables - Stratégie Carbone

Bilan environnemental de solutions constructives

Evolution des impacts environnementaux selon les constructions dans l'ancien et dans le neuf

ASSOCIATION
CHAUFFAGE
FIOUL

Janvier 2012

Dominique LOIR-MONGAZON



1. Contexte et objectifs de l'étude

Le terme "Facteur 4" qualifie l'engagement, pris en 2003 devant la scène internationale par la France, de diviser par 4 les émissions nationales de gaz à effet de serre d'ici 2050. Cet objectif a été successivement inscrit dans sa "Stratégie nationale de développement durable" en juin 2003, dans son "Plan climat" de juillet 2004 et dans la "Loi de programme fixant les orientations de sa politique énergétique" en juillet 2005, avec confirmation en 2007 dans le Grenelle de l'Environnement,

Le secteur du Bâtiment est particulièrement et explicitement concerné par les objectifs 2020 relatifs à la sobriété énergétique, à la réduction des émissions et au développement des énergies renouvelables. Plus gros consommateur d'énergie finale de tous les secteurs économiques (plus de 40%), il produit à lui seul un quart des émissions nationales de gaz à effet de serre. Il constitue ainsi l'une des clés du défi environnemental, et permet l'exploration d'importantes pistes afin d'améliorer les consommations énergétiques ainsi que les rejets inhérents à des choix de déconstruction ou de réhabilitation.

Actuellement un faible taux de renouvellement du parc résidentiel ainsi qu'un faible rythme de réhabilitations, ne permet pas d'entrevoir d'amélioration de ce secteur à courte échéance et donc de respecter les engagements pris.

En plus de l'application prochaine de la nouvelle réglementation thermique (RT2012), il semble nécessaire de lancer dès aujourd'hui, une campagne de réhabilitation massive et exigeante des bâtiments existants. A ce titre, la rénovation énergétique des bâtiments est le chantier numéro 1 pour lutter contre le changement climatique et pour atteindre le "Facteur 4" d'ici à 2050.

Le secteur résidentiel a une importance prépondérante dans le bilan énergétique total avec près de 70% de la consommation énergétique finale. Il représente à lui tout seul près des $\frac{3}{4}$ de la surface construite. La plus grande part de ce secteur est constituée par les maisons individuelles qui constituent à elles seules environ 15 millions de logement à titre de résidence principale (soit 56% du parc).

L'apparition de la première réglementation thermique en 1974 scinde ce parc en 2 grandes parties:

- Les bâtiments d'avant 1974 (environ 58%) pas ou très peu isolés, ventilés de façon naturelle et comportant de nombreux ponts thermiques.
- Les bâtiments après 1974 (environ 42%) obligatoirement isolés mais extrêmement hétérogènes quant à leur mode constructif et à leurs équipements thermiques. Les performances de ces bâtiments évoluent régulièrement au fur et à mesure de l'évolution des exigences réglementaires (1982, 1988, 2000, 2005 et 2012).

Depuis le début de l'industrialisation des matériaux constituant l'enveloppe des bâtiments vers 1850, de nombreux choix constructifs ont vu le jour pour améliorer le rendement de la construction.

Afin de pouvoir comparer les principales évolutions depuis la première réglementation thermique il est nécessaire de faire un choix parmi les types constructifs les plus usuellement utilisés ainsi que parmi les niveaux d'exigence thermiques et environnementales (HPE, HQE, BBC...).

2. Définition du champ de l'étude

1. Méthodologie utilisée

Ce rapport a été rédigé en conformité avec les exigences de transparence des normes françaises et Internationales :

ISO 14040

« Management environnemental, Analyse du cycle de vie, Principes et cadres »

ISO 14044

« Management environnemental, Analyse du cycle de vie, Exigences et lignes directrices ».

Cette étude a été réalisée à partir de :

- Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire établies suivant la norme NF P 01-010,
 - Base de données INIES
- Modélisations simplifiées par écoeff sur le logiciel SimaPro 7.3
- Modélisation thermique avec le logiciel Kephi 2.2 développé à partir du logiciel PHPP en utilisant la réglementation française et en particulier les règles du Th-CE-ex

1.1 Méthodologie utilisée pour la modélisation thermique:

Le logiciel Kephi 2.2 utilise le calcul réglementaire selon les règles Th-CE-ex pour l'affichage des résultats en consommation d'énergie primaire (Cep). Il prend en compte pour ce calcul:

- le chauffage ;
- le refroidissement ;
- la production d'eau chaude sanitaire ;
- la ventilation ;
- les auxiliaires ;
- l'éclairage des locaux.
- Les vecteurs en énergie primaire utilisés sont ceux de BBC Effinergie soit 1 pour le fioul et le gaz; 2.58 pour l'électricité et 0.6 pour la biomasse ligneuse.
- La température de consigne pour la période de chauffe (218 jours sur la zone climatique H1a) est de 19° ce qui correspond à la méthode de calcul. Il est à noter que les DPE sont basées sur une température de 18° qui sous estime les déperditions thermique et que celle du PHI (20°) correspond plus aux températures enregistrées réellement.
- Les apports de chaleur gratuite sont pris réglementairement à 5 W/m². Le calcul plus précis lié aux dégagements thermiques de l'éclairage, des auxiliaires et de l'électroménager pour un équipement standard d'une famille de 4 personnes donne 2.1 W/m² ce qui correspond exactement au calcul réglementaire du PHI. Ce paramètre a peu d'influence sur les maisons très consommatrices d'énergie (environ 4%) pour la maison type mais a un très fort impact pour les maisons économes type BBC (jusqu'à 60% de consommation théorique en chauffage en plus en utilisant la valeur plus réaliste du PHI)
- Pour le calcul des déperditions aérauliques, le logiciel utilise la valeur n50 du test d'infiltrométrie en volume/heure sous 50 pascals pondéré par un coefficient d'incidence pris arbitrairement à 7% (protection moyenne au vent). Pour être en concordance avec la réglementation française qui prend en compte le Q4, déperdition surfacique des parois

froides sous 4 pascals, la valeur Q4 est traduite en n50 en tenant compte du rapport entre le volume «thermiquement utile» (volume de l'ensemble des pièces du bâtiment que l'on souhaite protéger des déperditions thermiques calculé sur la base des dimensions extérieures) et les surfaces déperditives.

- Pour le calcul des besoins thermiques pour l'eau chaude sanitaire (ECS) prend en compte les pertes de distribution et de stockage ainsi que les rendements des types de chauffage. Trois situations ont été prises en compte:
 - a. ECS sur chaudière fioul
 - b. ECS sur ballon électrique
 - c. ECS production solaire 7.2 m² de capteurs orientés plein sud et couvrant 53% des besoins avec complément électrique ou fioul.
- Pour tous les cas les calculs ont été basés sur une consommation journalière de 40 litres par personne d'eau à 60° sur une base de 3 puisages/jour/personne. La longueur du réseau de distribution a été prise forfaitairement à 12m avec une hypothèse de déperdition de chaleur par m de conduite de 0.14 W/(mK) et une déperdition du ballon situé dans le volume chauffé de 2 W/K. La contenance du ballon a été prise de 300 litres sans solaire et de 550 litre avec solaire (ce qui correspond aux préconisations de 75 litres/m² en solaire)
- La couverture solaire a été dimensionnée sur la base de capteurs plan ayant les caractéristiques suivantes: rendement optique 78% (coef B) et déperditions thermiques (coef K): 4.25 W/(m²K)

2. Définition des systèmes étudiés

Avant de démarrer la collecte des données, un certain nombre de conditions doivent être définies. Cela permet d'organiser et de gérer efficacement la nature et la quantité des flux nécessaires. Les trois points qui doivent faire l'objet d'une attention spéciale lors de la réalisation de ce diagramme de flux sont l'identification :

- des limites géographiques du système : l'emplacement des différents processus élémentaires,
- des étapes du cycle de vie à considérer : les limites spécifiques au système,
- des limites naturelles du système : les frontières entre la technosphère et la biosphère.

La fixation des limites géographiques du système est un choix délibéré de la zone géographique pour laquelle l'étude doit être représentative. Chaque zone géographique est caractérisée par ses politiques environnementales, ses réglementations, son mode de production d'énergie. Les données de l'inventaire aussi bien que l'interprétation des impacts sont ainsi fortement dépendantes de la situation géographique.

Deux catégories de difficultés sont généralement identifiées lors de la collecte des données :

- les difficultés "techniques" : relatives à la récupération, la pertinence, la précision et la fiabilité des données nécessaires à l'étude ACV,
- les difficultés "organisationnelles" : relatives à l'accès à l'information bloquée pour des raisons de confidentialité.

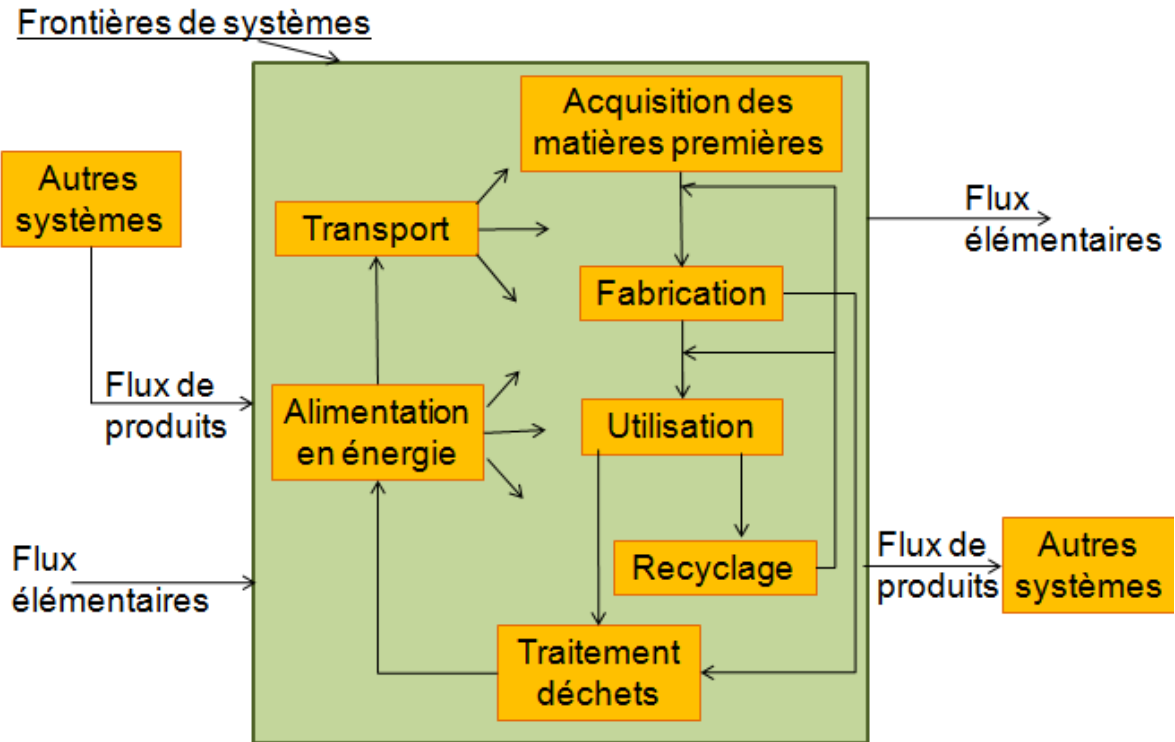


Figure 1 : Cadre général d'une analyse de cycle de vie

3. Unité fonctionnelle et systèmes étudiés

3.1 Unité fonctionnelle

Pour chacune des solutions constructives, l'unité fonctionnelle est "d'assurer la fonction d'habitation" pendant une durée de vie de 100 ans.

- Objectif à atteindre en neuf et en rénovation en fonction de la zone climatique:
Zone climatique H1a avec coefficient de modulation zone de 1.3 soit:

Pour une rénovation HPE : $150 \times 1.3 = 195$ kWh d'énergie primaire / m³ SHON

Pour une rénovation BBC : $80 \times 1.3 = 104$ kWh d'énergie primaire / m³ SHON

Pour du BBC en neuf: $50 \times 1.3 = 65$ kWh d'énergie primaire / m³ SHON

Le calcul en énergie primaire se fera de façon réglementaire selon les règles Th C-E ex.

Le calcul précis des consommations se fera en utilisant les apports internes calculés, avec un facteur d'intermittence standardisé à 0.9 pour tenir compte des périodes sans occupation (vacances, week-end...), de l'inertie du bâtiment, et de l'évolution des rendements des différents équipements.

3.2 Description des systèmes étudiés

De façon à ne pas biaiser les résultats, la comparaison au sein de l'échantillon proposé portera sur un bâtiment type: la maison des années 1970 de plein pied 10x13.5m = 135 m² de SHON pour une surface de référence énergétique (SHAB) de 120 m² avec toit 4 pans en tuile mécanique (terre cuite) en pente de 35° (charge charpente 75 kg/m² - hauteur faitière 3.5 m soit 166m² de toiture en œuvre et 176 m² de surface totale avec un débord de 20 cm). Pour tenir compte de la situation du marché de la construction, les calculs et métrés pour le BBC neuf ont été pris sur la base de 100m² de SHAB.

La répartition des baies vitrées prises en compte se fera sur la base des préconisations bioclimatiques soit: 10% N – 25% E et O et 40% S soit (2 fenêtres de 1.5x0.75 au Nord – 2 fenêtres de 1.5x1.3 + 1 porte vitrée de 2.2x1.8 au Sud – 2 fenêtres de 1.5x1.2 + 1 de 1.2x1.2 à l'Est et à l'Ouest). Le rapport des parois vitrées / SHAB est de 16% soit 20 m².

Caractéristiques prises en compte pour la maison témoin:

- Situation: **région parisienne**: 48.9 ° Latitude Nord et 2.3 ° longitude Est
- Altitude 40 m – G_t = 69300 °h/an – t° base de -5°C
- Rayonnement solaire en fonction de l'orientation (voir tableau 1)

nord	116	kWh/(m ² an)
est	252	kWh/(m ² an)
sud	429	kWh/(m ² an)
ouest	255	kWh/(m ² an)
horizontal	402	kWh/(m ² an)

Tab1: rayonnement pris en compte en région parisienne

- Enveloppe thermique lourde (plancher haut et bas en béton de granulats 20 cm avec plancher bas sur terre plein et plancher haut sous combles perdus soit respectivement U plancher bas = 3 W/m²K et U plancher haut = 3.3 W/m²K) + murs en parpaings de béton creux de 27.5 cm ou en brique alvéolée de 22.5cm ou en moellons calcaire de 40cm (U=2.6 W/m²K) (dallage en béton plein continu jusqu'au droit extérieur du mur). La valeur U corrigé par la conductivité du terrain sur une épaisseur active de sol de 0.8 m (conductivité du sol prise = 2.3 W/(mK)) est de 0.79 W/m²K.
- Valeur de l'inertie thermique: C_{th} = 300 Wh/m²K et 160 Wh/m²K pour BBC ossature bois.
- Périmètre dalle: 47 m et hauteur sous plafond de 2.5 m
- Menuiserie PVC ou bois dur variant de 50 à 150 mm soit un U_f en W/m²K défini par le tableau ci-dessous en fonction de l'épaisseur

Epaisseur (mm)	50 (1970)	80 (1980)	100 (1990)	150 (2000)	150 (BBC)
U _f en W/m ² K	2.5	2.1	1.8	1.5	1.3

- Vitrages: du simple vitrage au double vitrage à isolation renforcé (IR). Le facteur solaire du vitrage (G) est donné en dernière ligne

Année	1974	1982	1994	2005	2005 BBC
Type de vitrage	6mm	4/6/4	4/12/4	4/16/4	4/16/4 IR
Ug en W/m ² K	5.8	3.3	2.9	2.7	1.2
G en %	87	75	77	77	60

- Les ponts thermiques seront calculés en fonction:
 - ✓ Du type de liaison: façade – planchers bas et hauts; refends – planchers bas et haut; façade – refends; liaisons murs (angles); liaison encadrement des baies.
 - ✓ Du type d'isolation: intérieur, extérieur ou répartie.

Les différences sont importantes et vont d'environ 0.02 à plus de 1 W/m.K

- Typologie des habitations

	Enveloppe	Type d'isolation	Type vitrage + châssis	Type de ventilation	Infiltrométrie en Q4	Chauffage + ECS
Unité	W/m ² K	-	W/m ² K	-	M ³ /h/m ² de surfaces froides	rendement: pleine charge/ charge 30%
1970 120 m ² SHON	U mur = 2.6 U Pb = 3 U Ph = 3.3	sans	Simple 6 mm Châssis 50 mm Uf/Ug : 2,5/5,8	naturelle	1,6	70/65 ECS électrique
1980 120 m ² SHON	U mur = 1.2 U Pb = 1,2 U Ph = 0,9	Par l'intérieur	Double 4-6-4 Châssis 80 mm Uf/Ug : 2,0/3,3	Hygro A	1,8	75/70 ECS électrique
1990 120 m ² SHON	U mur = 0,8 U Pb = 0,9 U Ph = 0,66	Par l'intérieur	Double 4-12-4 Châssis 100 mm Uf/Ug : 1,8/2,9	Hygro B	1,7	80/75 Couplé à l'ECS
HPE rénovation 120 m ² SHON	U mur = 0,29 U Pb = 0,32 U Ph = 0,3	Par l'extérieur	Double 4-16-4 Châssis 150 mm Uf/Ug : 1,6/2,7	Hygro B régulé	1,3	80/75 ECS électrique
BBC rénovation 120 m ² SHON	U mur = 0,28 U Pb = 0,25 U Ph = 0,26	Par l'extérieur	Double 4-16-4 IR Châssis 150 mm Uf/Ug : 1,3/1,2	Double flux	0,8	95/90 ECS solaire complément électrique
BBC Neuf 100 m ² SHON	U mur = 0,19 U Pb = 0,25 U Ph = 0,16	Par l'extérieur	Double 4-16-4 IR Châssis 150 mm Uf/Ug : 1,3/1,2	Double flux HP	0,6	94/93 ECS solaire complément fiou

ITI: isolation par l'intérieur – ITE isolation par l'extérieur – IR isolation renforcée (argon ou krypton) – F: fioul

- Autres critères à prendre en compte:

Outre le travail important fait sur l'enveloppe du bâtiment depuis 1974 pour améliorer son isolation et son étanchéité, d'autres évolutions ont permis au fil du temps d'abaisser le niveau des consommations. (remplacement de convecteurs, de radiateurs et/ou de chaudières par des équipements de plus en plus performants, amélioration des consommations des appareils électroménagers (classe A voir AA+), apparitions des lampes économes, régulation de plus en plus sophistiquée des appareils de chauffage.

Pour pouvoir comparer ces évolutions, l'étude définira un niveau d'équipement moyen avec des comportements standards (nombre de lessives et de séchages/an, utilisation annuelle du téléviseur, type de cuisson gaz/électricité etc...). L'étude se fera sur la base d'une occupation de 4 personnes (1 couple et 2 enfants avec une consommation d'ECS de 40 litres/pers/jour)

Ces données permettront d'affiner les apports internes d'énergie à prendre en compte en plus des apports solaires. Les données pourront être également utilisées dans l'analyse cycle de vie, l'habitation comprenant également l'équipement utilisé pour le confort et donc renouvelé et recyclé ou mis en décharge.

Deux types d'isolant seront utilisés un industriel (polystyrène expansé (EPS) avant 2000 puis polystyrène extrudé (XPS) et un naturel (laine de bois).

4. Éléments du bâtiment se rapportant à l'unité fonctionnelle

Les solutions constructives ont été décomposées en 6 parties (le détail des métrés correspondant est précisé en partie 3) :

- Infrastructure
- Superstructure et cloison
- Couverture
- Menuiserie
- Consommation énergie
- Équipement

Les éléments constitutifs des solutions constructives varient selon le type de logement.

5. Frontières des systèmes étudiés

5.1 Cycle de vie des systèmes étudiés

La modélisation du cycle de vie des solutions constructives étudiées est basée sur les étapes du cycle de vie des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire :

- **Production** : de l'extraction des matières premières jusqu'à la sortie du site de fabrication du produit manufacturé ;
- **Transport** : de la sortie du site de fabrication à l'arrivée sur le chantier de construction ;
- **Mise en œuvre** : de l'arrivée sur le chantier de construction à la réception de l'ouvrage ;
- **Vie en œuvre** : de l'occupation de l'ouvrage par les occupants, entretien et réparations, jusqu'au départ des derniers occupants, ainsi que l'énergie nécessaire (chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et ventilation) ;
- **Fin de vie** : de la destruction de l'ouvrage au traitement de fin de vie.
Cette décomposition en cinq étapes est issue de la norme NF P 01 – 010.

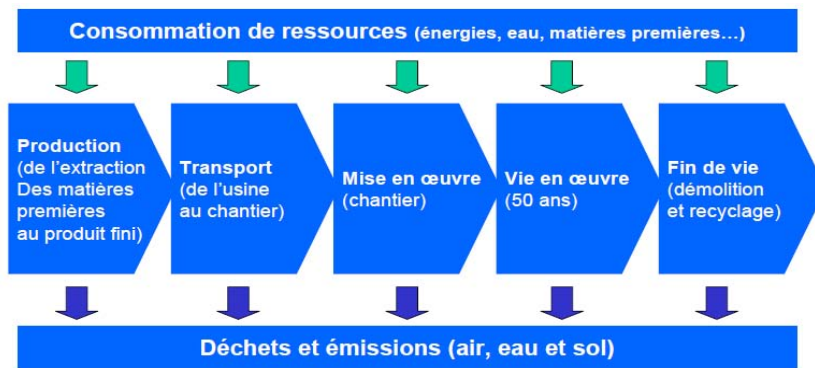


Figure 2 : Cycle de vie d'un matériau de construction

5.2 Modalités de collecte des données

Les données ont été collectées via différentes publications et hypothèses. La collecte de données à été réalisé entre les mois d'Octobre et Décembre 2011.

Les données ont été collectées et les valeurs relatives à l'unité fonctionnelle ont été ensuite calculées par Ecoeff. Cette collecte de données concerne toutes les étapes industrielles incluses dans le périmètre de l'étude (matières premières, énergie consommée, transport, utilisation, fin de vie du produit).

Pour la réalisation de ce rapport, plusieurs hypothèses ont été faites pour pallier à des données manquantes. Les inventaires de cycle de vie (ICV) des différents matériaux et procédés ont été extraits de la base de données INIES et des bases de données EcoInvent, lorsque celles-ci étaient disponibles.

5.3 Description des indicateurs d'impacts sur l'environnement

L'évaluation des impacts constitue actuellement le véritable aspect différenciant des grandes méthodes ACV. Le degré d'exhaustivité des catégories d'impacts sélectionnées dépend de l'objectif de l'étude.

Les indicateurs retenus font références aux impacts environnementaux présentés dans la norme NF P 01 – 010. Ils sont pertinents pour évaluer la contribution des produits de construction à la qualité environnementale des ouvrages. Le tableau ci-dessous liste ces indicateurs retenus.

Indicateurs	unités
1. Energie primaire totale	MJ
2. Réchauffement climatique (GWP100)	kg équivalent CO ₂
3. Consommation d'eau	litre
4. Epuisement des ressources abiotiques	kg équivalent Sb

Tableau 1 : Indicateurs pris en compte dans cette étude

Consommations de ressources naturelles énergétiques et indicateurs énergétiques

Cet indicateur recense toutes les ressources qui servent de sources d'énergie dans le cycle de vie du produit (pétrole, gaz naturel, uranium, bois, charbon). Ces consommations sont exprimées sous forme de flux matière en kg et sous forme de flux énergétique en MJ (indicateurs énergétiques). Les indicateurs fournissent des informations complémentaires sur la part d'énergie renouvelable (issue de ressources non épuisables pour simplifier) et également sur la part de l'énergie stockée (énergie matière) par le produit (cas des produits contenant du bois, des polymères...) par rapport à l'énergie totale consommée.

L'énergie primaire totale représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles telles que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent, la géothermie.

L'énergie primaire totale est divisée en énergie non renouvelable et énergie renouvelable d'une part ; et en énergie procédé et énergie matière d'autre part.

L'équation suivante illustre cette définition :

Énergie primaire totale = énergie non renouvelable + énergie renouvelable.
= énergie procédé + énergie matière.

Indicateur « Epuisement des ressources abiotiques »

Cet indicateur tient compte des consommations de ressources énergétiques ou non énergétiques (sauf l'eau) en pondérant chaque ressource par un coefficient correspondant à un indice de rareté (l'antimoine a une valeur de 1 par convention). Une valeur supérieure à 1 pour une ressource indique que l'on consomme une ressource plus rare que l'antimoine. Les ressources dont la valeur de l'indicateur est très faible (inférieure à 0,001) sont considérées comme non épuisables à l'échelle humaine. L'indicateur est calculé en faisant la somme pondérée (par les coefficients de rareté) des quantités consommées par le produit pendant tout son cycle de vie. Donc, plus cet indicateur est grand plus le produit "épuise" les ressources. Il s'exprime donc en kg antimoine équivalent.

Indicateur « Changement climatique »

Le changement climatique est dû à l'augmentation de la température moyenne de la terre, induite par l'augmentation de la concentration atmosphérique de diverses substances d'origine anthropique.

Le rayonnement solaire arrive à la surface terrestre sous forme de rayonnement infrarouge, qui est lui-même partiellement absorbé par diverses espèces chimiques présentes dans l'atmosphère. La présence de ces substances « à effet de serre » engendre une température compatible avec la vie sur terre (sans ce phénomène, la température serait de l'ordre de -15°C).

Le déséquilibre écologique provient donc non pas de l'existence de l'effet de serre, indispensable à la survie de toute espèce, mais de l'augmentation de celui-ci. Le GWP (Global Warming Potential) d'une substance gazeuse est le potentiel d'effet de serre de l'émission instantanée d'un gramme ou d'un kilogramme de la substance par rapport au CO₂.

Plusieurs aspects vont être pris en compte pour cerner la problématique du changement climatique. Ainsi, l'impact « changement climatique » tiendra compte de la force radiative et du temps de résidence des six gaz « à effet de serre » concernés par le protocole de Kyoto :

- Le dioxyde de carbone (CO₂),
- Le méthane (CH₄),
- L'oxyde nitreux (N₂O),
- Les hydrofluorocarbures (HFCs),
- Les hydrocarbures perfluorés (PFCs),
- L'hexafluorure de soufre (SF₆).

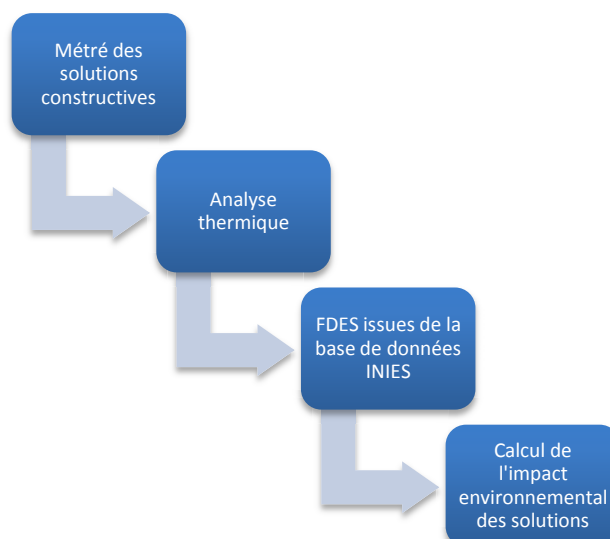
On utilise pour cela les facteurs d'équivalence GWP du GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat). Cet impact modélise le fait que l'émission de CO₂ est liée à une augmentation des températures dans le temps, il est mesuré en kg équivalent CO₂.

Indicateur « Épuisement des ressources en eau »

L'eau est une ressource difficile à caractériser. Elle peut être une ressource limitée dans certaines parties du monde, alors qu'elle sera très abondante dans d'autres lieux, et il n'existe pas un marché global qui permette sa distribution. Même si l'extraction d'eau dans des endroits secs va provoquer des dommages sur les écosystèmes et la santé humaine, à l'heure actuelle il est très difficile de modéliser cet impact qui se mesure en litres d'eau.

3. Principe de calcul des impacts environnementaux des solutions Constructives

Les données d'impacts environnementaux de l'ensemble des produits et matériaux de construction utilisés pour les différents ouvrages de l'étude et décrits dans les métrés sont issues des résultats nomenclature des FDES



1. Source des données

Les données ont été collectées à plusieurs niveaux :

- Pour les produits dont les impacts environnementaux étaient déjà présents dans la base de données de l'INIES, aucune opération de collecte de données n'a été nécessaire.
- Pour les produits dont les impacts environnementaux n'étaient pas présents dans la base INIES mais pour lesquels il existait des produits semblables à une dimension près (ex : épaisseur de l'isolant) et faisant l'objet d'une FDES, les impacts environnementaux ont été recalculés et les impacts environnementaux ont été ressaisi par la suite dans SimaPro.
- Pour les produits pour lesquels aucune donnée publique n'était disponible, une modélisation simplifiée du cycle de vie a été réalisée sous SimaPro à partir de recherches bibliographiques et d'hypothèses faites par le bureau d'étude Kephir-environnement. Les impacts environnementaux correspondants ont été calculés et inclus dans SimaPro.

2. Détail des métrés

Maison 1970	Type	Unité	Quantité	facteur démission pris en compte	Unité	Quantité unitaire / dosage	Total
1	Infrastructures						
101	Travaux de terrassement (fouille)	heures	9	consommation GO	litre/h	5	45
102	Travaux de terrassement (transport matériaux)	heures	12	consommation GO	litre/h	4	48
103	Raccordement réseaux	heures	9	consommation GO	litre/h	5	45
104	Coulage semelle béton armé avec transport	heures	3	consommation GO	litre/h	4	12
105	Semelle béton armé à 2%	m ³	21	consommation ciment	T/m ³	0,5	10,5
106	Fondation béton armé à 2%	m ³	1	consommation ciment	T/m ³	0,5	0,5
107	Ferailage	m ²	150	consommation acier	kg/m ²	2	300
108	Isolant PSE	m ³	0	Résistance thermique R	kg/m ³	34	0
109	Chape ciment de finition bap	m ³	6,5	consommation ciment	T/m ³	0,35	2,275
110	Treillis pour chappe	m ²	135	quantité acier	kg/m ²	1	135
111	Finition carrelage	m ²	135	quantité céramique	m ²	1	135
2	Superstructures et cloisons						
201	Paroi extérieure en bloc béton creux collés	m ²	95	Surface de parpaing de 20 cm	m ²	1	95
202	Paroi intérieure porteuse en bloc béton creux	m ²	45	Surface de parpaing de 20 cm	m ²	1	45
204	Isolation extérieure (20cm laine roche ou bois)	m ³	0	Quantité d'isolant	kg/m ³	70	0
205	Pare pluie (pavatex en 2 cm)	m ³	0	Quantité matériau	kg/m ³	140	0
206	Enduit extérieur à la chaux (NHL5) en 15 mm	m ²	100	Quantité matériau	m ² /m ²	1	100
207	Solivage extérieur en poutre en T (BE 18 + base DE60)	ml	200	Quantité bois	m ³ /ml	0,008	1,6
208	Plancher haut entrevous béton + chape (150 mm)	m ²	135	Quantité matériaux	m ²	1	135
209	Poutrelle béton précontraint	ml	234	Quantité matériaux	ml	1	234
210	Isolation plancher (1.5cm laine roche ou bois)	m ²	135	Quantité d'isolant	M2/m ³	1	135
211	Parement intérieur BA13 plancher + mur)	m ²	230	Quantité matériau	m ²	1	230
212	Film d'étanchéité à l'air (type intelo)	m ²	275	Quantité film	m ² /m ²	1,1	302,5
213	Linteau et appui de fenêtre béton	ml	48	Quantité matériaux	ml	1	48
214	Cloisons intérieures en placoplâtre	m ²	85	Quantité BA13	m ²	2	170
215	Rail et montants acier galvanisé	m ²	85	Quantité acier galva	kg/m ²	1,92	163,2