

Roger Cadiergues

MémoCad nB03.a

CYCLES ET COÛTS DU CARBONE ET CO2

SOMMAIRE

mB03.1. La maîtrise de l'effet de serre

mB03.2. L'optimisation des choix énergétiques

mB03.3. L'évaluation des consommations

mB03.4. Des consommations au dégagement de CO2



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

mB03.1. LA MAÎTRISE DE L'EFFET DE SERRE

LES GAZ À EFFET DE SERRE

L'accroissement de l'effet de serre est dû, pour l'essentiel, à deux gaz :

- . le CO₂ (le dioxyde carbone),
- . et le CH₄ (le méthane),

sans qu'il soit très facile de définir le poids de chacun.

A ces deux gaz principaux il faut ajouter :

- . le protoxyde d'azote (N₂O), produit dans certaines combustions, mais généralement moins significatif,
- . l'ozone (O₃) à traiter pour de multiples raisons, en particulier pour l'action sur la couche d'ozone.

La suite de ce livret est uniquement consacrée aux sources carbonées (CO₂ et CH₄) et au bilan carbone.

MAÎTRISER LE DÉGAGEMENT DE GAZ À EFFET DE SERRE

Sans prendre parti sur l'importance du CO₂ et du CH₄ (dont la rémanence dans l'atmosphère est très différente), en tenant compte de notre situation de fait (nous ne sommes concernés que par les bâtiments) on aboutit aux conclusions suivantes lorsqu'on veut réduire l'effet de serre.

1. **Maîtriser le dégagement de méthane**, dû pour l'essentiel à l'élevage et aux décharges, ce qui - finalement - ne nous concerne pas ici directement.

2. **Maîtriser le dégagement de dioxyde de carbone**, (dû pour un quart aux activités nous concernant : voir table ci-dessous), une tâche qui relève par contre - au moins en grande partie - de nos responsabilités.

Il est bien évident que le développement durable dans les constructions neuves ou existantes ne réglera pas à lui tout seul les problèmes actuels d'évolution de l'atmosphère, mais cette action est néanmoins essentielle.

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS FRANÇAISES TYPES DE CO₂

- . **chauffage, éclairage, électro-ménager** : 25 %
- . **voitures particulières** : 12 %
- . **aliments** (y compris composants agricoles : engrais, pesticides, déjections animales) : 20 %
- . **produits de consommation courante** (transports compris) : 35 %
- . **traitement des ordures ménagères** : 3 %

LE CLASSEMENT FONDAMENTAL DES COMBUSTIBLES

L'accroissement de l'effet de serre, lié à l'accroissement de la concentration atmosphérique de CO₂, est dû en grande partie aux combustions, mais celles-ci n'ont pas toutes les mêmes répercussions. Ce qui conduit à distinguer :

- . les **combustibles minéraux** (solides, liquides ou gazeux),
- . et les **combustibles végétaux**, utilisés essentiellement à l'état solide (le bois sous toutes ses formes) ou parfois gazeux (biogaz), ces combustibles étant généralement classés dans les «énergies renouvelables» - ce qui n'est valable que dans les conditions suivantes.

L'UTILISATION DES COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX

Les végétaux (si l'on simplifie un peu) réalisent un véritable cycle fermé du carbone :

- (1) absorption du carbone transporté par le CO₂ de l'air assimilé par les végétaux vivants,
- (2) rejet du carbone par production de CO₂ lors de la combustion végétale ultérieure.

C'est un bilan un peu utopiste car il n'est pas totalement équilibré par suite des dépenses énergétiques annexes (les «énergies grises») liées à la récolte, à la préparation et au transport, sans compter les charges de reforestation.

mB03.2. L'OPTIMISATION DES CHOIX ÉNERGÉTIQUES

LES PRINCIPES DE BASE

Toute politique énergétique, qu'elle soit nationale ou individuelle, doit s'appuyer sur une **optimisation** économique (et environnementale) correcte.

S'agissant d'une évaluation se voulant économique elle devrait se baser :

- . sur une **analyse des coûts** des différentes options envisageables, coût des énergies grises inclus,
- . et sur une **actualisation** des dépenses lorsqu'elles s'échelonnent dans le temps.

Malheureusement nous sommes là dans un secteur qu'il est difficile de quantifier tant les incertitudes sont grandes. Deux recommandations peuvent néanmoins être utiles (voir plus loin).

1. La première consiste à introduire, dans les calculs, le «**coût du carbone**».
2. La deuxième consiste à équilibrer plus ou moins les différentes dépenses grâce au système dit de la «**compensation carbone**».

LE COÛT DU CARBONE

*Faire valablement du développement durable c'est **optimiser les choix**.* Cette optimisation peut être purement économique, mais il est souhaitable (dans le domaine qui nous intéresse) de faire intervenir le «**coût en carbone**». Ce devrait devenir un élément essentiel de décision dans les projets publics de notre pays. En France le Centre d'analyse stratégique (CAS) a d'ailleurs proposé les valeurs suivantes, que nous adopterons de façon générale, sauf évolution majeure :

- . 100 [€/tco₂] en 2030,
- . 200 [€/tco₂] en 2050.

Bien que ce soient des «prix politiques», rien ne s'oppose à leur généralisation hors décision publique, ce que nous recommanderons systématiquement. Dans le cas où les choix ne sont pas optimaux cette méthode permet, en tous cas, de caractériser l'écart à l'optimum.

L'APPLICATION DE CE COÛT

Les valeurs précédentes sont des valeurs de compromis, assez conventionnelles mais très commodes d'emploi. Bien adaptées à l'environnement français (chaque pays possède un peu le sien), elles aboutissent, lors de l'optimisation, à calculer les valeurs actualisées suivantes :

- . d'abord celle de l'investissement initial,
- . puis celles des consommations futures en énergie,
- . enfin celles des productions futures de carbone.

Pour ces calculs il faut que nous disposions :

- des données en matière d'investissement (probable ou prévu),
- des données et outils nécessaires pour l'évaluation des consommations d'énergie,
- des données et outils nécessaires pour l'évaluation des dégagements «de carbone».

L'APPLICATION DE CE COÛT

L'effet du CO₂ émis par chacun, lors de ses activités courantes, peut être pris en compte grâce au système de «**compensation carbone**», qui vise à compenser vos émissions au travers de financements de projets d'énergies renouvelables ou de reforestation dans les pays en voie de développement. La méthode consiste :

- . à calculer ses émissions «personnelles» de CO₂ et à tenter d'abord de les réduire,
- . à choisir un «site de compensation», ces sites étant les organisations acceptant de servir d'intermédiaire, opérant grâce à une compensation financière basée sur le tarif adopté par l'organisation.

Dans les opérations nous concernant cette méthode ne peut guère intervenir qu'assez rarement.

mB03.3. L'ÉVALUATION DES CONSOMMATIONS

Le développement de l'effet de serre, et le réchauffement climatique associé sont largement dus aux dégagements de CO₂ dans l'atmosphère, lesquels dépendent essentiellement des combustions. Nous allons examiner les différentes procédures permettant d'évaluer les actions correspondantes.

LES CONSOMMATIONS PRIMAIRES

Un certain nombre de procédures actuelles (RT 2005 par exemple) utilisent systématiquement comme critère de base la **consommation d'énergie**. Pour éviter certaines distorsions les consommations sont exprimées en «**énergie primaire**», celle qui est réellement utilisée pour produire l'énergie en cause. En général cette énergie s'obtient en multipliant la **consommation réelle** par un facteur appelé en France «**coefficient de transformation en énergie primaire**». Par convention, **en France**, il possède les valeurs suivantes (arrêté du 24 mai 2006) :

- . 2,58 pour les consommations et les productions d'électricité ;
- . 1 pour les autres consommations.

LES ÉNERGIES GRISES

Dans certains **pays européens** il est tenu compte de l'**énergie grise** qui traduit les charges énergétiques de préparation et fourniture des combustibles. Ce qui conduit à des résultats assez différents des précédents. C'est ainsi qu'en **Grande-Bretagne** on utilise les valeurs suivantes :

- . 1,03 pour le charbon ;
- . 1,07 pour le gaz naturel ;
- . 1,09 pour le fioul ,
- . 1,38 pour les combustibles solides manufacturés,
- . 1,42 pour le gaz de ville ;
- . 3,82 pour l'électricité.

Ces chiffres démontrent qu'il est difficile de choisir des valeurs «indépendantes». Nous allons voir, maintenant, que ces coefficients de transformation ne sont pas, non plus, indépendants du producteur.

L'EXEMPLE DE L'ÉLECTRICITÉ

L'écart le plus important dans les évaluations concerne l'**électricité**, où le **coefficient réel** de transformation **diffère des valeurs officielles et varie selon le fournisseur**. Ce deviendra d'autant plus complexe qu'il pourra exister, dans chaque pays, plusieurs distributeurs d'électricité avec des productions faisant plus ou moins appel aux énergies renouvelables ou nucléaires. En voici trois exemples pour la France en 2008.

Exemple 1 : producteur en développement . Production en grande partie éolienne, légèrement solaire, plus une utilisation de biomasse en combustion. Dans ce cas le coefficient de transformation vaut (énergie grise **négligée**) :

$$3,4 \times 0,00 = \mathbf{0,00}$$

Exemple 2 : producteur français traditionnel . La production électrique se répartit comme suit : pour une production globale annuelle de 545 TWh/an : 419 TWh/an en nucléaire, 71 en renouvelable (hydraulique et éolien surtout), et 55 en combustion, soit 10 % en combustion. D'où le coefficient de transformation suivant (au lieu de 3,4) :

$$3,4 \times 0,10 = \mathbf{0,34}$$

Exemple 3 : producteur français plus récent . Dans ce cas la production repose pour 65 % sur l'utilisation de combustibles (essentiellement du gaz), le reste étant hydraulique, nucléaire ou autre renouvelable. Le coefficient de transformation vaut alors :

$$3,4 \times 0,65 = \mathbf{2,21}$$

LES BASES ADOPTÉES DANS NOS COMPARAISONS

Au lieu d'utiliser ces coefficients de transformation, nous allons simplement partir des consommations (en énergies directes, mais grises comprises) adoptées comme *valeur intermédiaire de référence*. Etant bien entendu qu'il s'agira - pour l'essentiel - non pas de maîtriser les consommations, mais de

maîtriser les dégagements de gaz à effet de serre.

Il s'agit, alors, de s'exprimer **non pas en consommation** (Wh par an par exemple), mais **en dégagement de CO₂**. Encore s'agira t'il de prendre quelques précautions. Il est, en effet, possible d'évaluer les dégagements annuels de CO₂ à partir des consommations, mais cette évaluation ne va pas sans quelques conventions que nous allons examiner à la fiche suivante.

mB03.4. DES CONSOMMATIONS AU DÉGAGEMENT DE CO2

S'EXPRIMER EN CO2

Comme référence nous utiliserons, ici, la quantité de CO2 dégagée par unité d'énergie utilisée. Il existe deux modes de calcul, à ne pas confondre :

- . un mode simple, à base du CO2 dégagé uniquement par la combustion,
- . un mode plus élaboré (celui que nous choisirons) tenant compte de «**l'énergie grise**» liée à la préparation et l'approvisionnement en combustible ou énergie.

Dans ce dernier cas, en particulier pour la production d'électricité, il faut tenir compte des réalités, et non pas de chiffres a priori et sans références au réel.

LES VALEURS À PRENDRE EN COMPTE

Pour exprimer la masse de CO2 dégagée par unité d'énergie utilisée, nous utiliserons (compte-tenu des unités généralement adoptées) le kilogramme de CO2 par kilowatt-heure [kgCO2/kWh], même si d'autres unités sont parfois préférées.

Bien qu'une méthode plus fine soit envisageable vous pouvez utiliser les valeurs indiquées dans la table ci-dessous. Ce ne sont pas les chiffres «officiels» mais des chiffres déduits de nos connaissances actuelles, d'une précision d'ailleurs inévitablement limitée.

RATIO DE PRODUCTION DE CO2

[kg CO2/kWh]

- . électricité
 - . à partir du charbon type : 0,43
 - . à partir du gaz : 0,40
 - . cas général : *selon fournisseur*
- . charbon type : 0,29
- . fioul lourd : 0,26
- . fioul domestique : 0,22
- . gaz propane : 0,19
- . gaz naturel : 0,19

RETOURNER AUX CONSOMMATIONS

Le développement de l'effet de serre étant lié en grande partie à la croissance du CO2 dans l'atmosphère, ce gaz étant surtout produit lors des combustions, il est naturel que les consommations d'énergie jouent un rôle central sous réserve de se limiter aux consommations génératrices de CO2. Dans ces conditions, pour une source d'énergie donnée, **rechercher des consommations aussi faibles qu'il est rationnellement acceptable** constituera souvent le premier objectif, même si la recherche d'économies n'est pas - à proprement parler - l'objectif final. Afin de cibler les efforts il est souhaitable de classer les différentes consommations d'énergie prises ici en compte, celles de construction et d'investissement étant exclues). Ces consommations appartiennent à deux catégories : les **consommations générales**, et les **consommations de processus**, ces dernières étant très variées et liées aux activités professionnelles, y compris dans les bâtiments tertiaires (ex. hôpitaux). Pour évaluer l'importance actuelle des différentes catégories vous pouvez utiliser la table ci-dessous, qui ne vaut que pour 2000-2005 environ.

Cette table explique pourquoi les efforts mis en exergue ne concernent généralement que le chauffage, et accessoirement l'eau chaude dite «sanitaire». Vous verrez à la fiche suivante les raisons qui font qu'il ne faut pas se borner à cette simplification.

PARTS ARRONDIES DES CONSOMMATIONS

(Europe 2005, estimé : résidentiel + tertiaire)

- . chauffage : 50 %
- . climatisation (froid) : 5 %
- . eau chaude : 15 %
- . éclairage : 15 %
- . autres usages (cuisine, électronique, etc.) : 15 %

