

Roger Cadiergues

MémoCad nB02.a

LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

- nB02.1.** La pratique du développement durable
- nB02.2.** Le principal défi du développement durable
- nB02.3.** Le rôle essentiel de la combustion
- nB02.4.** Le critère «consommation»
- nB02.5.** Les autres critères du développement durable



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».

nB02.1. LA PRATIQUE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

AU-DELÀ DES THÉORIES

Les principes du développement durable sont présentés dans le livret :

nB01. Le développement durable.

Il s'agit essentiellement des dispositions normatives appliquées au plan international. Sur le plan pratique il est nécessaire de mieux segmenter les actions.

SEGMENTER LES ACTIONS

Quand on examine les problèmes posés par le développement durable dans le domaine nous concernant, on aboutit aux conclusions pratiques pouvant se résumer de la manière suivante.

1. Assurer, globalement, le caractère durable du site construit, et plus particulièrement :

2. Gérer convenablement et économiser l'eau ;
3. Gérer convenablement et économiser l'énergie ;

tout ceci en assurant :

4. la qualité de l'environnement, surtout intérieur ;

l'ensemble veillant :

5. à prendre en compte l'action de nos choix sur l'atmosphère ;
6. et les conséquences de nos choix quant aux réserves de matériaux et de ressources diverses.

PREMIÈRE ACTION PRÉDOMINANTE: LA GESTION DE L'ÉNERGIE

En pratique on constate que la majorité des actions, en France ou ailleurs, concerne essentiellement la **gestion énergétique** : d'où notre choix d'y consacrer surtout le suite du livret (voir fiche **nB02.2**).

DEUXIÈME ACTION PRÉDOMINANTE: LA GESTION DE L'EAU

Au thème majeur de l'énergie il est important d'ajouter le thème de la **gestion de l'eau**. Vous trouverez ce terme traité dans de nombreux livrets de la famille **nJ**, et en particulier dans le livret suivant :

nJ00. La gestion des eaux

UNE PREMIÈRE ACTION COMPLÉMENTAIRE

Deux thèmes complémentaires sont traités dans de multiples livrets spécialisés, le premier de ces thèmes étant celui de la **qualité de l'environnement** : c'est une obligation majeure pour ce qui nous concerne, au-delà même des lois et règlements.

UNE DEUXIÈME ACTION COMPLÉMENTAIRE

A l'action concernant la qualité de l'environnement il faut ajouter celle couvrant la **gestion durable du site et des «milieux» qui lui sont liés** (l'atmosphère, les ressources).

AU-DELÀ DES LIMITES ACTUELLES

La législation et la réglementation françaises accordent, aujourd'hui, une grande importance au développement durable, mais mettent en jeu des procédures qui souffrent d'un certain nombre de défauts, aussi bien quant au choix des critères que sur l'articulation et la programmation des démarches conseillées. Ce qui a conduit l'auteur à développer un ensemble, moins contraignant et plus performant, classé sous le titre de «**développement dynamique**». Vous en trouverez tous les détails dans le livret :

nB04. Le développement dynamique.

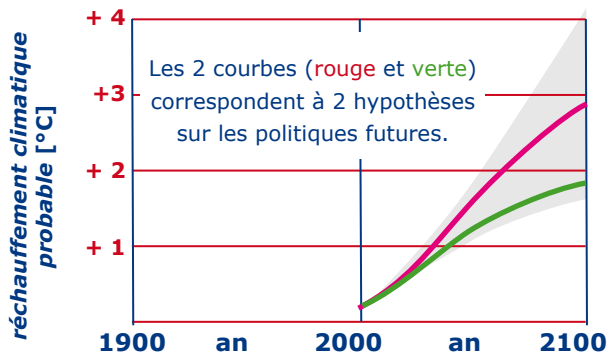
nB02.2. LE PRINCIPAL DÉFI DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Dans notre secteur le développement durable se heurte à deux défis essentiels : la destruction de *la couche d'ozone* stratosphérique, le *réchauffement climatique* de l'atmosphère.

- . Le premier aspect (la destruction de la couche d'ozone) est traité dans le livret qui sera consacré aux fluides frigorigènes ;
- . Le deuxième aspect (le réchauffement climatique) est traité ci-après.

LE DÉFI DÉSORMAIS ESSENTIEL : LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Le rayonnement solaire, arrivant directement du soleil ou diffusé par le ciel, est absorbé par le sol, qui - en retour - émet un rayonnement infra-rouge vers l'espace, l'ensemble aboutissant à un certain équilibre des températures atmosphériques. **Cet équilibre est essentiel pour nos climats.** Il se trouve que le rayonnement infra-rouge de la terre renvoyé vers l'espace est en partie absorbé par certains gaz contenus dans l'atmosphère, ce qui provoque ce qu'il est convenu d'appeler «**l'effet de serre**», les gaz en cause étant dénommés «**gaz à effet de serre**». Or ces gaz voient leur concentration, et en conséquence le réchauffement, croître avec le temps. A terme, sauf mesures efficaces, cette augmentation de concentration des gaz à effet de serre devrait provoquer un réchauffement climatique de l'ordre de 3 à 6 [K] au milieu de ce siècle, les prévisions actuelles étant celles du *schéma ci-dessous*.



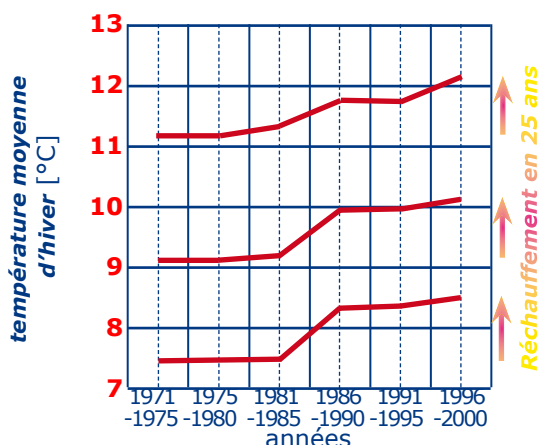
Réchauffement climatique prévu par l'organisation internationale d'étude sur les climats (GIEC)

LES GAZ À EFFET DE SERRE

Les **gaz à effet de serre** sont les suivants :

- . le **dioxyde de carbone** (CO₂), qui résulte en grande partie des combustions, comme nous allons le voir au paragraphe suivant,
- . le **méthane** (CH₄). qui résulte de certaines activités, énergétiques ou agricoles,
- . les halocarbones, les **fluides frigorigènes** en fait pour nous, fluides à séquestrer pour de multiples raisons (voir le Guide sur **Le confinement des fluides frigorigènes**),
- . le **protoxyde d'azote** N₂O, produit dans certaines combustions.

C'est l'accroissement des concentrations atmosphériques de ces gaz qui accélère l'effet de serre et provoque le réchauffement. C'est un phénomène qui est parfois contesté, mais toutes les données dont nous disposons le démontrent (*voir ci-dessous*), même si l'urbanisation croissante en est probablement en partie responsable.



Evolution des températures moyennes d'hiver (d'après les degrés-jours calculés chaque année par le COSTIC dans les mêmes observatoires météorologiques)

nB02.3. LE RÔLE ESSENTIEL DE LA COMBUSTION

LE RÔLE DE LA COMBUSTION

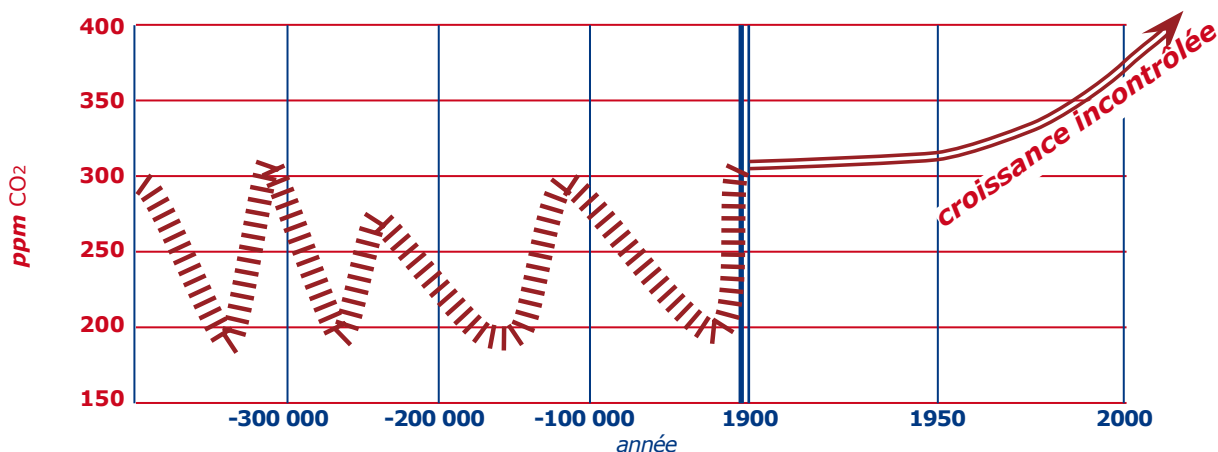
L'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère est due, en grande partie, à la **combustion**. Il s'agit surtout de la combustion des *combustibles classiques* qui rejettent à l'atmosphère des fumées contenant majoritairement du **dioxyde carbone** (CO₂). De ce fait les politiques énergétiques d'un grand nombre de pays ont désormais un double objectif :

- . se prémunir contre les **risques futurs du manque de ressources énergétiques**,
- . en même temps **lutter contre le développement de l'effet de serre** par réduction des processus de combustion.

Le **premier objectif** (maîtrise de l'énergie) joue partout, en Europe et souvent ailleurs, un rôle généralement majeur, mais le **second objectif** (à travers la réduction des dégagements de CO₂) est de plus en plus prédominant dans les décisions publiques.

L'ACCROISSEMENT DE LA TENEUR EN CO₂

La concentration d'un gaz dans l'air est ici mesurée par sa *fraction volumique* (rapport du nombre de molécules du gaz en cause au nombre total de molécules d'air auxquelles il est mélangé). Lorsque cette fraction est faible on la mesure en «millionnièmes», ou «**ppm**» (partie par million). C'est le mode d'expression que nous allons utiliser pour les gaz (CO₂ et CH₄), le CO₂ étant généralement l'indice principal. Comme l'indiquent les relevés courants le schéma ci-dessous la concentration en dioxyde de carbone est assez longtemps restée comprise entre 180 et 300 ppm, avec une valeur type de 300 ppm en 1940. Depuis lors cette concentration s'est emballée, et continue à croître de façon assez «inexorable», avec une perspective de dépassement rapide des 400 ppm. C'est cet accroissement de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère provoque l'accroissement de l'effet de serre et le réchauffement climatique.



Perspectives d'évolution des concentrations atmosphériques en CO₂

DES DIRECTIVES ET RÈGLEMENTS AUX MESURES LIBRES MAIS EFFICACES

Face au défi que nous venons de décrire un certain nombre de mesures ont déjà été prises au plan gouvernemental. C'est donc d'abord vers les politiques énergétiques qu'il faut se retourner, politiques pilotées :

- . en premier lieu par les *décisions européennes*, au travers de **directives** ou décisions communautaires,
- . en second lieu par les **décisions françaises** issues des différentes lois de 2005 et 2008 fixant les orientations énergétiques, que nous examinerons par la suite,
- . en troisième lieu par les *décisions françaises* issues du «**Grenelle de l'Environnement**» (2007-2008), fixant de nouvelles orientations énergétiques que nous examinerons également dans d'autres livrets.

Nous chercherons, ici, à dépasser ces dispositions réglementaires, en nous appuyant d'abord sur la recherche d'un *véritable développement durable* grâce à une bonne maîtrise de l'effet de serre, c'est-à-dire à une bonne maîtrise de production des deux «polluants» que sont :

- . le **CO₂**, surtout dégagé lors des combustions,
- . le **CH₄** aux multiples origines (décharges, etc.).

Nous ne nous limiterons pas ici au simple respect des textes réglementaires, que nous considérerons souvent comme des éléments de contrôle plutôt que comme des éléments de décision.

nB02.4. LE CRITÈRE «CONSOMMATION»

LA MÉTHODE LA PLUS ÉVIDENTE

C'est celle qui s'articule comme suit :

1. Chercher d'abord à limiter les émissions de CO₂ en réduisant les **combustions de combustibles minéraux** le plus possible, et ce dans des limites qu'il faut chercher à **optimiser** au mieux, *ce qui sera finalement l'axe de notre stratégie.*

2. Tenir compte, lors des choix précédents, des **bilans CH₄**, pour l'essentiel en choisissant convenablement nos sources d'énergie.

Avec cette stratégie, les objectifs se résument à la maîtrise raisonnable des consommations, exprimées par exemple en kilowattheures par an [kWh/an].

Il reste, néanmoins, à définir ce que sont ces consommations, ce qui implique - contrairement à ce qu'on pourrait croire - de sérieuses conventions.

LE RECOURS À L'ÉNERGIE PRIMAIRE

Un certain nombre de procédures actuelles, *en particulier françaises* (RT 2005 par exemple) utilisent systématiquement comme critère de base :

- . non pas la simple *consommation* correspondant au combustible utilisé,
- . mais une consommation exprimée en «**énergie primaire**», cette dernière tenant compte - surtout pour l'électricité - du bilan faisant qu'un kilowatt distribué exige plus d'un kilowatt de combustible si la centrale productrice est thermique.

C'est, **en France**, la convention généralement adoptée jusqu'ici, les consommations étant alors exprimées en kilowattheure d'énergie primaire par an [kWh_{ep}/an]. Cette dernière s'obtient en multipliant la **consommation réelle** par un facteur appelé «**coefficient de transformation en énergie primaire**». En France, en septembre 2009, ce coefficient possédait jusqu'ici (arrêté du 24 mai 2006) les valeurs suivantes (très critiquables) :

- . 2,58 pour l'électricité, très erroné dans bien des cas pour la production française ;
- . 1 pour les combustibles courants (hors biomasse).

LES ÉNERGIES GRISES

Il est tenu compte dans certaines méthodes (ce que nous recommandons), de tenir compte de ce que nous appelons l'**énergie grise**, cette dernière correspondant aux charges énergétiques de préparation et livraison des combustibles. Pour ce faire certains pays utilisent un «**coefficient de transformation en énergie complète**» (*tenant compte de l'énergie grise*), ce coefficient étant supérieur à 1. C'est ainsi qu'en **Grande-Bretagne** on utilise les coefficients de transformation suivants en énergie complète :

- . 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.

RETOUR AUX CONVENTIONS FRANÇAISES

En France, dans la méthode adoptée officiellement pour les diagnostics, les consommations sont exprimées en *pouvoir calorifique inférieur* (PCI) avec les coefficients indiqués ci-contre. Il s'agit là d'une convention qui peut souffrir quelques difficultés d'application, mais qui fournit bien des ordres de grandeur assez précis.

Nous allons voir maintenant (page suivante) que ces critères de consommation ne sont peut-être pas la meilleure solution en matière de développement durable.

COEFFICIENTS DE CONSOMMATION (DPE)

- . Bois, plaquettes d'industrie : 2200 kWh/t
- . Bois, plaquettes forestières : 2760 kWh/t
- . Bois, granulés et briquettes : 4600 kWh/t
- . Bûches : 1680 kWh/st
- . Gaz propane : 13800 kWh/t
- . Gaz butane : 12780 kWh/t (6,9 kWh/L)
- . Pétrole brut, gazole, fioul domestique : 9,97 kWh/L
- . Charbon, houille : 7222 kWh/t
- . Charbon, coke de houille : 7778 kWh/t
- . Agglomérés/briquettes de lignite : 8889 kWh/t
- . Lignite/produits de récupération : 4722 kWh/t.

nB02.5. LES AUTRES CRITÈRES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

LE SYSTÈMES DES IDENTIFICATEURS

Dans tous les pays comme au plan international, on se pose de plus en plus la question suivante :
 . **comment quantifier le développement durable, et quels indicateurs faut-il choisir.**

Les concepts principaux utilisés sont les suivants :

le **coût du carbone**, le **bilan carbone**, la **compensation carbone**, l'**empreinte écologique**.
 critères revus au livret suivant : **nB03. Cycles et coût du carbone.**

L'APPLICATION AUX CHOIX ÉNERGÉTIQUES

Toute politique énergétique, qu'elle soit nationale ou individuelle, devrait s'appuyer sur une **optimisation économique et environnementale** valable. S'agissant d'une évaluation se voulant économique elle devrait, en plus, s'appuyer :

- . 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 le secteur est difficile à quantifier mais deux techniques peuvent être utiles sur ce plan : l'utilisation du «**bilan carbone**» et du «**coût du carbone**» d'une part, l'équilibrage des différentes dépenses grâce à la technique de la «**compensation carbone**» d'autre part.

LE BILAN 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 «**bilan carbone**», traduit par ce qu'on peut appeler le «**coût du 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.

L'APPLICATION DU BILAN CARBONE

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 les siennes), 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 (prévisibles) en matière d'investissements, en matière de consommations d'énergie, et des conclusions en matière de dégagements «de carbone».

LA COMPENSATION CARBONE

L'effet du CO₂ émis par chacun, lors de ses activités courantes, peut être pris en compte grâce au système de la «**compensation carbone**». Cette méthode consiste à compenser nos 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,
- . à tenter d'abord de les réduire,
- . puis à choisir un «site de compensation», ces sites étant les organisations acceptant de servir d'intermédiaire, avec compensation financière selon le tarif adopté par l'organisation.

Dans les opérations nous concernant cette méthode de compensation ne peut guère intervenir que très rarement.

L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE

Le thème des indicateurs du développement durable a fait l'objet – surtout depuis 1990 - de très nombreux travaux, visant en particulier à définir un indicateur national ou régional valable pour tous les pays. Jusqu'ici on n'a pas abouti à un critère unique accepté par tous, mais il existe un indicateur plus cité que tous les autres, et qui ne date que des années 90 :

l'empreinte écologique (*ecological footprint*).

*Il s'agit là de l'indicateur le plus riche, probablement d'avenir mais difficile à quantifier, donnant d'ailleurs lieu à de multiples controverses. Souvent présenté comme le «produit national brut du XXI^e siècle», ce critère reste difficile à définir quantitativement, même si l'on a proposé une unité. Quand on veut en numériser l'emploi il faut souvent faire intervenir des concepts supplémentaires, et en particulier celui de **biodiversité**,*