

## FLASH N°39 – Avril 2014

### [Au sommaire de ce numéro](#)

L'effet de serre atmosphérique.....1  
La ville durable : mythe ou réalité ?.....5

## L'effet de serre atmosphérique

Par Christiane Drevet (ECN 65) et Cédric Ringenbach (ECN 86)

Réagissez à ces articles sur le forum de [www.centrale-energie.fr](http://www.centrale-energie.fr), Pôles « GEE » et « bâtiments, architecture, urbanisme »

Rejoignez-nous sur les réseaux sociaux ! Centrale-Energies dispose d'un groupe sur LinkedIn, Viadeo et Facebook.



### Dates à retenir

par Christiane DREVET (ECN 65)

**10 avril 2014 :**

**ASIEM**

« Bâtiments : propositions pour accélérer (et financer) la rénovation énergétique »

**15 mai 2014 :**

**ASIEM**

« L'Hydrogène : carburant du futur ? »

**ASIEM :**

6, rue Albert de Lapparent, 75007 Paris, Métros : Ségur ou Sèvres-Lecourbe

L'inscription s'opère à partir des invitations insérées au site de Centrale-energies

[www.centrale-energie.fr](http://www.centrale-energie.fr)

**Prochain Flash (N°40) juin 2014**

[Comité de relecture et de mise en page :](#)  
Aurélien Déragne  
Christiane Drevet  
Claude Poirson

Nous reprenons ici l'excellente étude didactique de Jean-Louis Dufresne et Jacques Treiner relative à l'effet de serre atmosphérique (réf 1).

Dans cet article, les auteurs montrent par un raisonnement simple que, malgré la saturation de l'absorption des infrarouges réémis par la planète par les molécules de gaz à effet de serre (GES), cet effet de serre continue cependant de croître (élévation de la température de surface terrestre), lorsque la concentration de ces GES augmente (c'est le cas du CO<sub>2</sub> dans les conditions actuelles). Le mécanisme principal à l'œuvre est le gradient vertical négatif des températures de bas en haut de l'atmosphère, qui y est régi par des échanges convectifs adiabatiques (c'est à dire sans échange thermique avec l'air environnant, l'échelle de temps de la convection étant bien inférieure à celle de la conduction thermique). Le modèle simple utilisé ici permet de « toucher du doigt » le mécanisme physique qui est à l'œuvre dans les codes de calcul radiatifs détaillés « maille à maille » des spécialistes du climat, repris dans les rapports successifs du GIEC.

### I) Modèle de l'effet de serre atmosphérique parfait

Dans ce premier modèle, destiné à montrer la nature et la réalité de l'effet de

serre terrestre, plusieurs hypothèses simplificatrices ont été prises :

- L'atmosphère est à température homogène et laisse passer l'essentiel du rayonnement solaire incident et réfléchi par la terre.

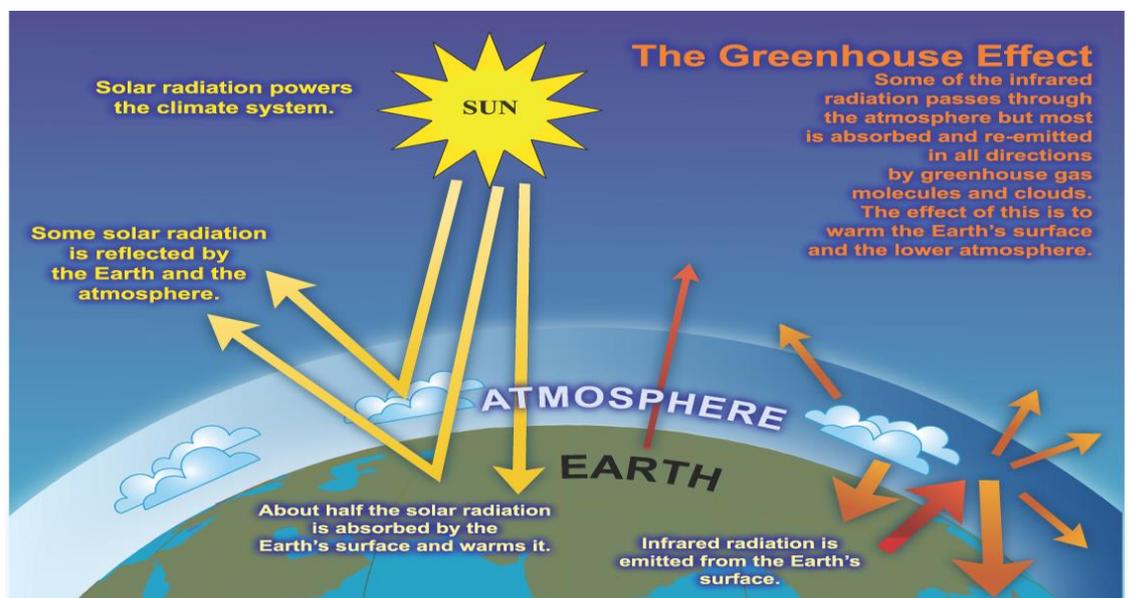
- les gaz à effet de serre dans l'atmosphère (GES) absorbent la totalité du rayonnement infrarouge réémis par la terre.

- les molécules de GES renvoient à leur tour vers la terre et l'espace leur propre rayonnement infrarouge, sans atténuation.

- les émissions infrarouges de la terre vers l'atmosphère et des GES de l'atmosphère vers l'espace et la terre se font selon la loi de puissance du corps noir en  $\sigma T^4$ , avec T température des zones émissives en °K (Kelvin) et  $\sigma$  constante de Stefan-Boltzmann.

Si S est la puissance émise par le soleil et arrivant sur le système atmosphère-terre ;

Si A est l'albédo mesuré de la terre pour le rayonnement solaire incident (rapport entre la puissance réfléchie vers l'espace et la puissance incidente), AS étant ainsi la puissance réfléchie par la terre vers l'espace ;



Et si  $T_a$  et  $T_s$  sont les températures respectives de l'atmosphère et de la surface terrestre, on a, à l'équilibre, égalité des puissances aux interfaces :

-à l'interface atmosphère-espace

$$(1-A) S = \sigma T_a^4$$

-à l'interface atmosphère-surface terrestre

$$(1-A) S + \sigma T_a^4 = \sigma T_s^4, \text{ soit } 2 \sigma T_a^4 = \sigma T_s^4$$

La température d'équilibre de surface terrestre  $T_s$  est  $2^{1/4}$  fois plus élevée que celle de l'atmosphère  $T_a$ .

Application numérique :

La valeur généralement admise pour la puissance moyenne incidente solaire est :  $S = 342 \text{ W/m}^2$ . L'albédo de la terre  $A$  a été mesuré et est pris égal à 0,30. Il en résulte  **$T_a = -18^\circ\text{C}$ ,  $T_s = 30^\circ\text{C}$** .

Cette élévation de température d'équilibre de la surface de la terre est ce que l'on appelle communément **effet de serre dû à l'atmosphère**. En effet, en l'absence d'atmosphère,  $T_s = T_a = -18^\circ\text{C}$ , pour un même albédo terrestre de 0,30. On constate qu'à ce stade, n'interviennent ni la nature et les concentrations des divers GES, ni la hauteur de l'atmosphère. La valeur de  $30^\circ\text{C}$  est surestimée du fait des hypothèses simplificatrices prises (elle est plus exactement de  $15^\circ\text{C}$  environ), mais elle permet de comprendre **qualitativement** la nature du phénomène.

En réalité, l'atmosphère n'est pas totalement transparente aux rayonnements solaires incident et réfléchi, elle n'est pas opaque complètement au rayonnement terrestre infrarouge, sa température n'est pas homogène, car elle diminue lorsque l'altitude augmente. Ce sont ces principaux effets qui vont être maintenant repris, après un retour sur les propriétés d'absorption des molécules  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CO}_2$ , premières responsables comme nous allons le voir de l'effet de serre atmosphérique.

## II) Principaux gaz à effet de serre de l'atmosphère terrestre – $\text{H}_2\text{O}$ et $\text{CO}_2$

Les résultats des codes radiatifs complets mis en œuvre par les spécialistes du climat montrent que les deux principaux gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère terrestre sans nuages sont la vapeur d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  (pour 60%) et le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  (pour 26%). Les autres contributions sont celles de l'Ozone (pour 8%) et de l'ensemble protoxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}$  et méthane  $\text{CH}_4$  (pour 6%). Les auteurs se sont donc focalisés à juste titre dans leur étude sur les molécules  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CO}_2$ .

## III) Propriétés d'absorption par $\text{H}_2\text{O}$ et $\text{CO}_2$ du rayonnement infrarouge émis par la terre

### 1) Dépendance spectrale de l'absorptivité des molécules $\text{H}_2\text{O}$ et $\text{CO}_2$

Les figures 1 et 2 représentent la dépendance spectrale de l'absorptivité de  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CO}_2$  dans une atmosphère actuelle et sans nuages, dans la gamme spectrale de l'essentiel de l'émission infrarouge de la terre (4 à 40  $\mu\text{m}$ ). Les variables y sont également les concentrations en  $\text{CO}_2$  (en ppm) et en vapeur d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{kg/m}^2$  (moyennée sur toute la hauteur de l'atmosphère et par unité de surface terrestre).

On y constate trois faits :

- Pour le  $\text{CO}_2$  en rouge (fig1), l'absorptivité est totale ou saturée (égale à 1) dans 2 bandes autour de 5 et 15  $\mu\text{m}$ . Ailleurs, elle est quasi-nulle. Elle ne varie pas avec la concentration de  $\text{CO}_2$ , de 180 ppm (valeur en vigueur

lors des périodes glaciaires) à 720 ppm, qui est presque deux fois la concentration actuelle (400 ppm).

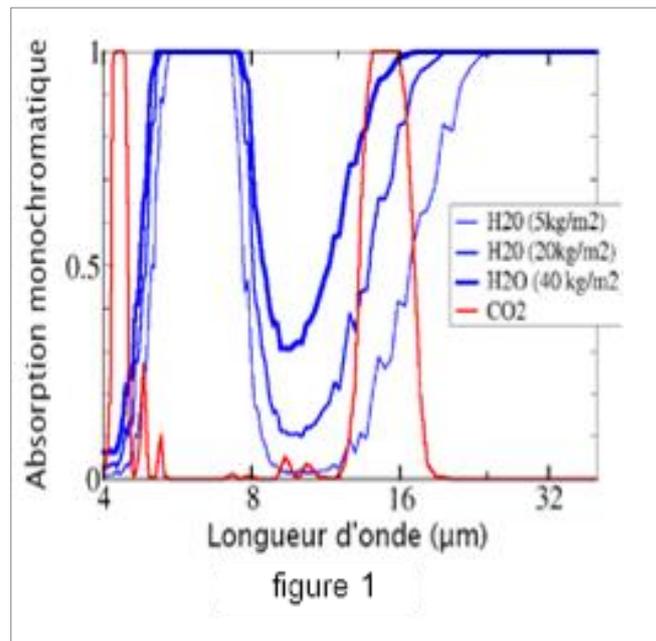


figure 1

Pour la vapeur  $\text{H}_2\text{O}$  en bleu (fig 1), l'absorptivité est totale dans la plage 5-8  $\mu\text{m}$ , et au-delà d'environ 16  $\mu\text{m}$ . Ailleurs, dans la plage 8-16  $\mu\text{m}$ , elle est largement inférieure à 1 mais varie avec la concentration de vapeur d'eau dans l'atmosphère terrestre (cette valeur est actuellement de  $25 \text{ kg/m}^2$ ). En faisant varier (fig2) cette moyenne de 5 à  $40 \text{ kg/m}^2$ , qui couvre la gamme des valeurs observées entre les différentes latitudes, on constate en effet un accroissement de l'absorptivité, permettant un accroissement de l'effet de serre dû à ce gaz, dans cette gamme de fréquence des infrarouges.

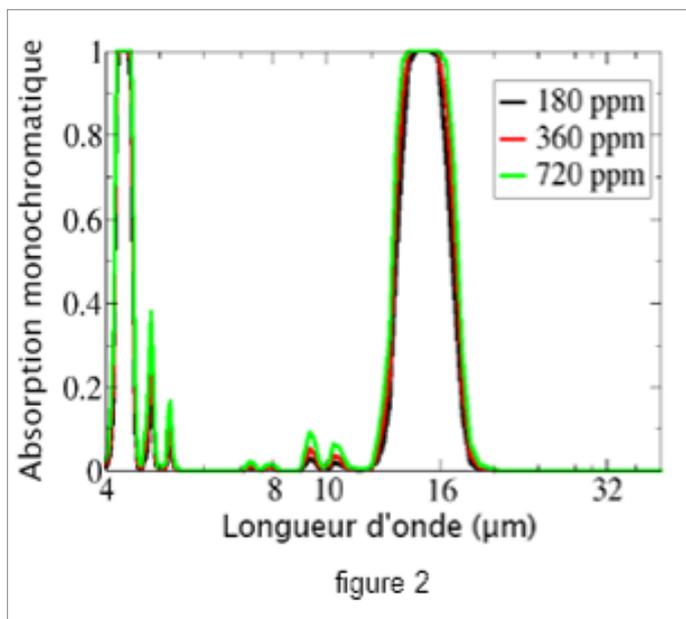


figure 2

- L'examen des absorptivités comparées de  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CO}_2$  (fig 1) montre bien que c'est  $\text{H}_2\text{O}$  qui est dominant dans l'effet de serre résultant. Par contre, c'est bien le  $\text{CO}_2$  qui est la cause de l'augmentation **anthropique** de l'effet de serre, le  $\text{H}_2\text{O}$  n'augmentant en proportion que très peu avec les activités humaines, par rapport aux valeurs pré-industrielles.

### 2) Absorptivités de $\text{H}_2\text{O}$ et $\text{CO}_2$ intégrées sur le spectre d'émission infrarouge de la terre

Les figures 3 et 4 représentent les absorptivités de  $\text{H}_2\text{O}$  et de  $\text{CO}_2$  en fonction de leur concentration dans l'atmosphère, obtenues en pondérant l'absorptivité à

chaque longueur d'onde par le flux du rayonnement émis par la surface de la terre à cette longueur d'onde. Le spectre d'émission terrestre par mètre carré de sol est représenté par une courbe en cloche de corps noir à 25°C, d'émission maximum à 10 µm.

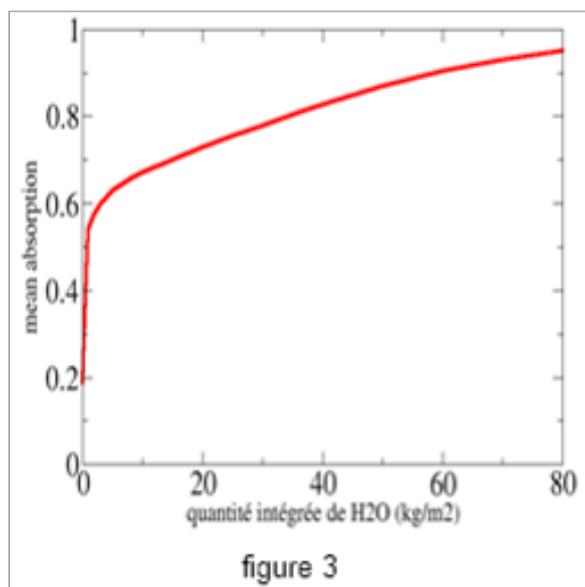


figure 3

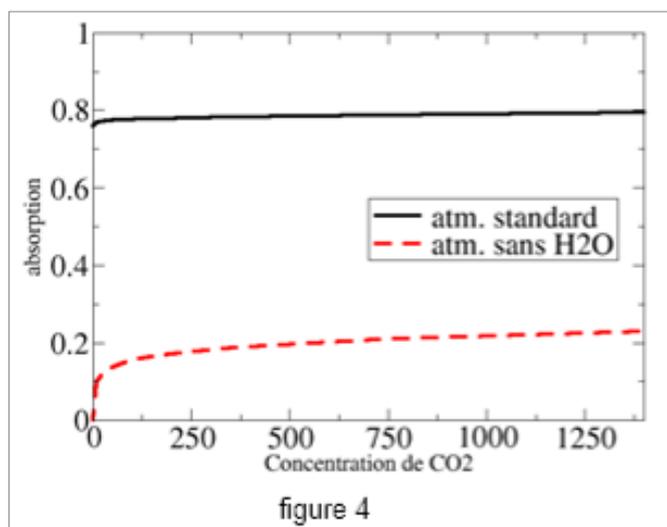


figure 4

- Pour H<sub>2</sub>O, la figure 3 montre que l'absorptivité intégrée augmente avec la quantité moyennée sur la verticale de la vapeur d'eau, exprimée en kg/m<sup>2</sup>, grâce à l'augmentation de l'absorptivité dans la fenêtre d'absorption faible de la gamme 8-16 µm. En deçà des 2 kg/m<sup>2</sup>, où les bandes d'absorption entre 6 et 8 µm et au-delà des 16 µm ne sont pas encore saturées, la pente est encore plus forte. Il en résulte de toute façon une augmentation de l'effet de serre avec la concentration en vapeur d'eau, comparable à celle que l'on obtient avec les modèles radiatifs détaillés.

- Pour le CO<sub>2</sub>, la figure 4 montre qu'au-delà de la valeur à laquelle l'absorption par la bande à 15 µm devient saturée (quelques dizaines de ppm), l'absorptivité intégrée n'augmente plus avec la concentration de CO<sub>2</sub>, alors que les modèles radiatifs détaillés montrent une augmentation de l'effet de

serre. Nous verrons plus loin où est l'erreur.

#### IV) Accroissement de l'effet de serre pour une atmosphère dont l'absorptivité est saturée

Pour raisonner simplement, les auteurs ont choisi le cas d'école d'une atmosphère où l'absorptivité des GES est saturée dans tout le domaine spectral de l'émission infrarouge terrestre, et où ce rayonnement infrarouge émis par la terre est totalement absorbé par les basses couches de l'atmosphère.

##### 1) Notion d'altitude d'émission de l'atmosphère

Prenons le cas de référence où l'atmosphère peut être décomposée en 2 grandes couches, comme sur la figure 5 a) : la première aux basses altitudes où le rayonnement infrarouge réémis par les GES n'atteint jamais l'espace, car il est absorbé totalement par les couches situées au-dessus. Cette zone est dite aveugle pour l'espace. Dans la 2<sup>de</sup> partie, les rayonnements élémentaires réémis par les différentes sous-couches atteignent l'espace de façon partielle, mais d'autant moins atténués que ces sous-couches sont proches de l'espace. La somme de ces rayonnements, F<sub>ir</sub>, constitue le rayonnement global infrarouge, envoyé par l'atmosphère vers l'espace, c'est celui qui est vu par les radiomètres à bord des satellites. A cette puissance F<sub>ir</sub>, on peut associer une température T<sub>e</sub> d'émission de corps noir, et définir ainsi « l'altitude d'émission » Z<sub>e</sub> comme celle où la température de l'atmosphère est justement T<sub>e</sub>. Sur terre, cette altitude d'émission est de 3 à 8 km pour les domaines spectraux correspondant aux bandes saturées de H<sub>2</sub>O et du CO<sub>2</sub>.

##### 2) Accroissement de l'altitude d'émission avec la concentration de GES

Sur la figure 5 b), du fait de l'augmentation de concentration des GES par rapport au cas de référence, le rayonnement infrarouge réémis par ces GES est absorbé sur des distances plus courtes que précédemment. La partie de l'atmosphère aveugle augmente, et l'altitude d'émission augmente. En raison du gradient thermique de l'atmosphère (imposé par les mouvements convectifs adiabatiques), la température d'émission diminue, ainsi que la puissance du rayonnement infrarouge réémis vers l'espace.

##### 3) Accroissement de l'effet de serre avec la concentration de GES

Nous sommes maintenant prêts à réécrire l'équilibre des puissances, comme dans le chapitre II) relatif à l'effet de serre atmosphérique parfait, mais cette fois aux

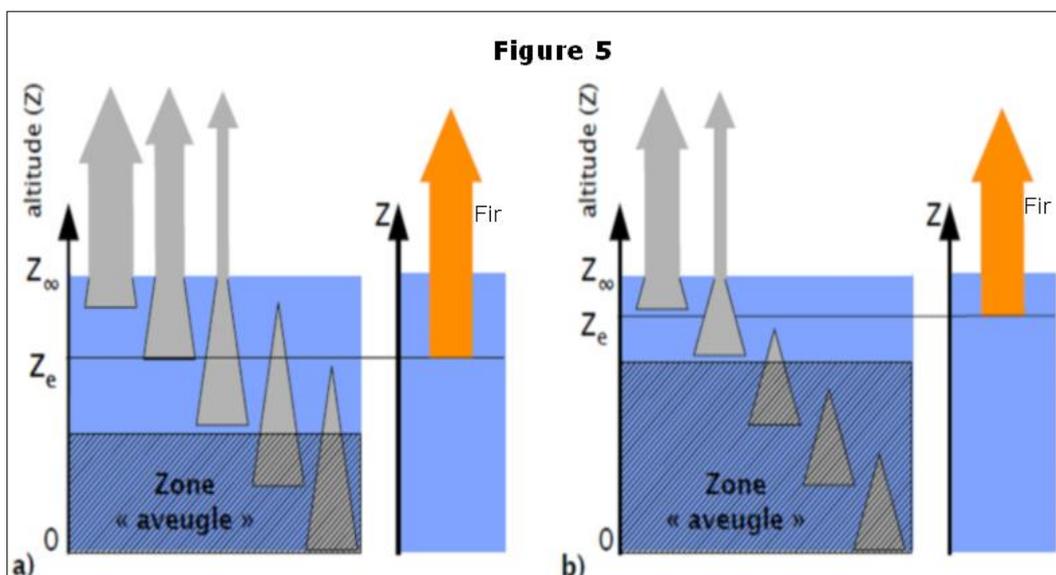
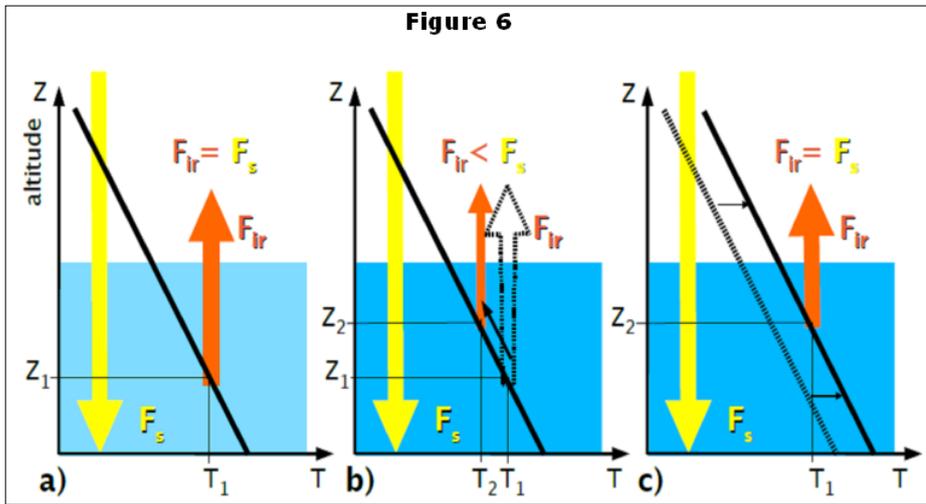


Figure 6



altitudes d'émission de l'atmosphère à l'équilibre.

- Dans le cas de référence, on peut ainsi écrire à l'équilibre :  $F_s = (1-A) S = F_{ir1} = \sigma T_1^4$ . On retrouve alors le résultat  $T_1 = -18^\circ\text{C}$ , du cas de l'effet de serre atmosphérique parfait, mais cette fois correspondant à l'altitude  $Z_1$  de l'atmosphère, qui n'est plus homogène (figure 6 a).

- Dans le cas où la concentration de GES augmente, on a vu que l'altitude d'émission change, prenant une valeur  $Z_2$  supérieure à  $Z_1$ , alors que la température d'émission diminue, prenant une valeur  $T_2$  inférieure à  $T_1$ . A cette altitude, la puissance incidente  $F_s = (1-A) S$  devient alors supérieure à la puissance infrarouge réémise vers l'espace  $F_{ir2} = \sigma T_2^4$ , et on a maintenant à l'altitude  $Z_2$  un déséquilibre des puissances (figure 6 b). En conséquence, le haut de l'atmosphère se réchauffe, et du fait des mouvements de convection adiabatique, ce réchauffement se propage à toute l'atmosphère, y compris à la surface terrestre, tout en conservant constant le gradient vertical de température, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre des puissances soit atteint (figure 6 c).

Il y a bien dans ce cas augmentation de l'effet de serre, puisque toutes les couches de l'atmosphère, y compris la surface terrestre (à l'altitude zéro) voient leur température augmenter.

## V) Conclusion

**Nous venons d'expliquer physiquement pourquoi l'effet de serre anthropique dû au  $\text{CO}_2$  croît quand sa concentration augmente dans l'atmosphère, alors que son absorptivité aux fréquences infrarouges de réémission terrestre y est saturée.**

L'absorptivité du  $\text{CO}_2$  émis dans l'atmosphère par les activités humaines (origine dite anthropique) étant saturée aux conditions actuelles, une analyse au premier degré aurait pu conclure à une saturation de son émissivité, et partant, de l'effet de serre, lorsque sa concentration augmente. Mais ceci est en contradiction avec les calculs radiatifs détaillés maille à maille élaborés par les spécialistes du climat.

**Jean-Louis Dufresne et Jacques Treiner ont alors réussi à montrer, grâce au modèle simplifié qu'ils ont établi dans une publication récente (réf 1) et repris ici, que le mécanisme physique à l'œuvre expliquant cette réalité physique est bien la convection adiabatique dans les couches de l'atmosphère, résultant en un gradient de température vertical négatif constant des hautes pressions (la surface terrestre) vers les basses pressions (la haute atmosphère).**

Dans les évaluations numériques radiatives complètes des codes prospectifs d'évaluations de l'effet de serre, codes repris dans les rapports du GIEC, bien d'autres facteurs ignorés sciemment dans le modèle simplifié des auteurs rentrent cependant en ligne de compte. Citons quelques-uns de ces facteurs :

- Les GES  $\text{H}_2\text{O}$  (d'origine naturelle) et  $\text{CO}_2$  (d'origine anthropique), principaux responsables de l'effet de serre, sont en mélange et leurs spectres d'absorption se recouvrent.

- Le gradient vertical de température change de signe dans la stratosphère vers 20 km ; Des considérations plus complètes des auteurs montrent que globalement, la stratosphère a un comportement neutre sur l'effet de serre lorsque le taux de  $\text{CO}_2$  varie.

- Des phénomènes de rétroaction (positive ou négative) de l'effet de serre existent, tels que :

- l'augmentation de la teneur en vapeur d'eau dans l'atmosphère avec la température, renforçant l'effet de serre.
- la modification du gradient vertical de température avec la teneur en vapeur d'eau, diminuant l'effet de serre.
- le changement des nuages, de la couverture de neige et de glace, l'effet des aérosols, modifiant l'effet de serre.
- la diminution des puits de carbone avec la température, en particulier celui de l'océan.

Notons que parmi tous ces facteurs, les principales causes d'incertitudes, chiffrées dans les calculs radiatifs complets, à émissions de GES anthropiques données, restent le rôle des nuages, des aérosols et de la concentration en vapeur d'eau.

**Il n'est pas inutile de rappeler que la plus grande incertitude, et de loin, des codes prospectifs du climat, repris dans les rapports du GIEC, porte sur le comportement futur de l'humanité relativement à ses émissions de GES, et principalement de  $\text{CO}_2$ , directement reliées à l'utilisation des énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon).**

Les principales voies de diminution de l'utilisation des énergies fossiles sont :

- la diminution des consommations énergétiques d'origine « fossile ».
- l'amélioration de l'efficacité énergétique des combustions « fossiles ».
- le recours aux énergies plus faiblement émettrices en  $\text{CO}_2$  (renouvelables et nucléaire).

Et ceci dans toutes les composantes des activités humaines (chauffage, isolation des bâtiments, transports, processus industriels, électricité,...). Notons également l'augmentation des puits de carbone par reforestation, apte à diminuer la concentration de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère.

(réf 1) : *l'effet de serre atmosphérique : plus subtil qu'on ne le croit !*, de Jean-Louis Dufresne (Institut Pierre-Simon Laplace) et Jacques Treiner (université Pierre et Marie Curie), paru en février 2011, dans le n° 72 de La Météorologie.

# La Ville durable : mythe ou réalité ?

Par Etienne VEKEMANS (ECLI 89) et Patrice COTTET (ECP 74)

La ville durable est une utopie. La notion est d'ailleurs paradoxale puisque le qualificatif de « durable » a été conçu à l'origine pour définir les visées d'un mode de développement et non pour caractériser un territoire proprement dit<sup>1</sup>. C'est sans doute un raccourci de la pensée qui estime que ce que l'on rêve tout haut peut se réaliser tout bas : que les villes qui depuis 2007 abritent 50% de l'humanité, couvrent 2% de la surface de la planète et engloutissent 75% de ses ressources<sup>2</sup> puissent d'un coup d'un seul se transformer en parangon de vertus durables...

On avait vu dans un précédent article (flash N° 36) combien la définition de la ville durable était hasardeuse. Sans même vouloir être durable, le concept de ville était à géométrie variable. Imaginez celui de ville durable ! Concept issu du Sommet pour la Terre de Rio en 1992<sup>3</sup>, la ville durable est néanmoins dans tous les espoirs. Selon les acceptations, qui ne rêverait pas que sa ville soit destinée à un avenir radieux ?

La ville durable sans définition est un thème porteur. C'est bien ce que les politiques ont compris très vite. En cette année d'élections municipales en France, les textes et autres colloques sur la ville durable se succèdent à un rythme soutenu. Sommet mondial de la ville durable à Nantes<sup>4</sup>, le gouvernement « repense la ville dans la société postcarbone »<sup>5</sup>, lancement du label « éco-quartiers »<sup>6</sup>, etc.

Greenwashing aidant, les industriels ont rapidement réorganisé leurs départements utilities en département « ville durable ». Jamais le dernier, Siemens a récemment inauguré son centre pour la ville durable dans les bureaux futuristes du « Crystal » à Londres et pour l'occasion s'est payé une analyse des villes les plus durables de la planète<sup>7</sup>. D'autres ont imaginé des simulateurs de ville durable<sup>8</sup>.

Mais la mondialité des villes durables n'est pas en reste ! A tout seigneur tout honneur, les pétro-dollars sont en bonne position sur la ville pétro-durable. A ce titre Masdar City<sup>9</sup> (en construction à Abu Dhabi depuis 2008) s'est déjà taillée une solide réputation. Au-delà, la

concurrence ne dort pas. Les pays du nord inventent la « DigiEcoCity » en Finlande, l'« InnovationCity » dans la Ruhr, ou encore la « Symbiocity » en Suède. Toutes villes durables, bien entendu.

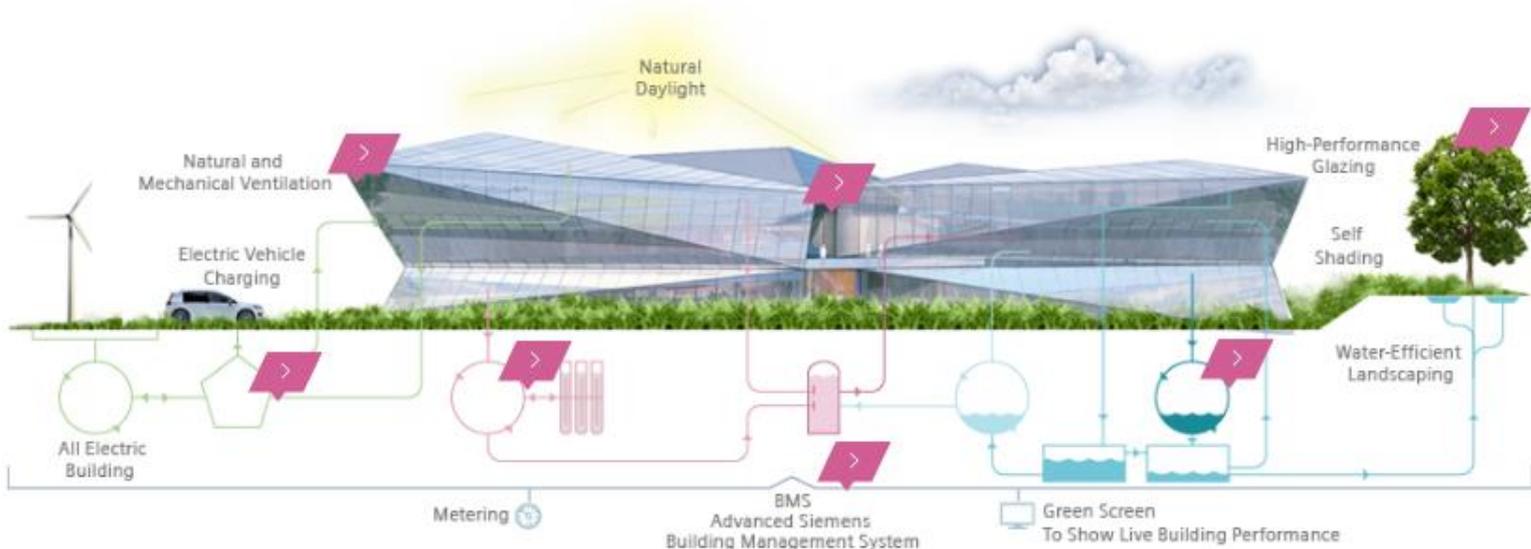
## Qu'en est-il réellement ?

Finalement quand on se penche sur les critères qui déterminent la ville durable, on retrouve souvent une grille d'analyse semblable dans les études. Ci-joints ceux utilisés pour « l'étude Siemens »<sup>7</sup> :

- La population moyenne de la ville
- Le PIB moyen par habitant
- Les émissions de CO<sub>2</sub>
- les espaces verts
- la densité de population
- la modalité des transports
- les fuites du système d'adduction d'eau
- la consommation d'eau
- la production de déchets
- le taux de recyclage
- les émissions de dioxyde de soufre
- les émissions de dioxyde d'azote

Rank	City	Score
1	Copenhagen	87.31
2	Stockholm	86.65
3	Oslo	83.98
4	Vienna	83.34
5	Amsterdam	83.03
6	Zurich	82.31
7	Helsinki	79.29
8	Berlin	79.01
9	Brussels	78.01
10	Paris	73.21
11	London	71.56
12	Madrid	67.08

Le ranking Siemens : l'Europe



## Le Crystal, Siemens, Londres. Vaisseau amiral de la ville durable selon Siemens

Maintenant, il ne faut pas croire qu'il y ait unanimité sur ces critères. Pour l'exemple on n'en prendra qu'un seul : la densité de l'habitat. Le journaliste du Guardian, bien connu pour ses positions en faveur de l'environnement, Mr Monbiot, s'est vu vertement tancé pour ses positions pour un habitat dense : « Pourquoi Monbiot a tort quand il parle des villes : d'abord, il n'y a pas d'évidence sur le lien entre l'utilisation de l'énergie et les densités. Ensuite, les villes à l'avenir devront produire pour subvenir à leurs propres besoins. Enfin, l'homme a besoin de la nature. Alors, arrêtons de prêcher une solution pour les riches (vert, horticulural, calme) et autre chose pour les pauvres (béton, dépendant, aliénation)<sup>10</sup>. »

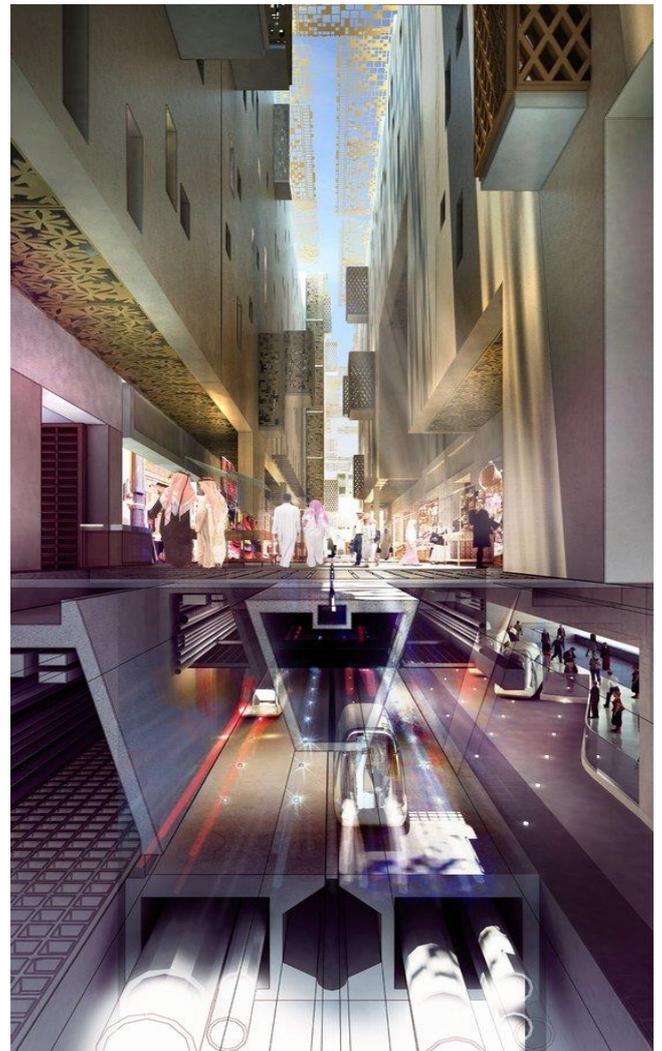
Evidemment d'autres critères influent aussi sur la capacité des villes à se repenser : la gouvernance, une approche réaliste, l'engagement civique de ses citoyens, la technologie, les agendas<sup>11</sup>, etc. Certains proposent une approche très différente. Se basant sur le principe que les villes d'hier sont par définition durables, puisqu'elles sont arrivées jusqu'à nous, l'avenir leur paraît résider davantage sur un modèle plus modeste, « villes en transition ou transition towns<sup>12</sup> » où alimentation, travail et repos sont disponibles dans un circuit ultra court, ce qui -vous vous en souvenez- avait été relevé comme un avantage pour réduire l'impact de la ville, cela en rupture totale avec les mégapoles actuelles.

Bref, la ville durable est loin d'être une science exacte, même si elle souhaiterait l'être. Quand Terraeco<sup>13</sup> (palmarès des villes durables, Mars 2014) dit de Nice que ce n'est pas une ville durable contrairement à ce que son maire, Christian Estrosi, affirme, celui-ci répond au magazine que Nice est une ville durable par ce qu'il y fait bon vivre. Finalement la ville durable chacun peut la voir comme midi à sa porte... Et elle reste une utopie en mouvement, qui ne saura sans doute si elle est suffisamment durable et suffisamment résiliente que face aux épreuves, et ce qu'a posteriori...

8. <http://www.greenunivers.com/2014/02/les-simulateurs-de-la-ville-durable-a-la-francaise-en-ordre-de-marche-premium-108766/>
9. <http://www.lemoniteur.fr/133-amenagement/article/actualite/23630861-astainable-le-simulateur-ville-durable-du-groupement-eiffage-egis-et-gdf-suez>
10. <http://www.masdar.ae/en/>
11. <http://www.neweconomics.org/blog/entry/why-monbiot-is-wrong-on-cities>
12. <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&catid=13350>
13. <http://villesentransition.net/http://www.transitionfrance.fr/>
14. <http://www.terraeco.net/Le-palmares-des-villes-durables,53911.html>

### Références citées :

1. <http://www.cstb.fr/fileadmin/documents/publicationsScientifiques/doc00006246.pdf>
2. Müller N., Werner P., 2010 "Urban biodiversity and the case for implementing the convention on biological diversity in towns and cities"
3. <http://www.un.org/french/events/rio92/>
4. <http://www.ecocity-2013.com/>
5. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Repenser-les-villes-dans-la.html>
6. <http://www.territoires.gouv.fr/les-ecoquartiers>
7. <http://www.siemens.com/entry/cc/en/greencityind ex.htm>



**Masdar City**

