

**EVALUER SIMPLEMENT L'IMPORTANCE POUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE  
DES PRINCIPAUX GAZ À EFFET DE SERRE DANS LES SCÉNARIOS MONDIAUX  
À PARTIR DES ENSEIGNEMENTS DU DERNIER RAPPORT DU GIEC**

Benjamin Dessus, Bernard Laponche, Hervé Le Treut – 240717

\*

## **INTRODUCTION**

La sortie des Etats-Unis des accords de Paris vient de remettre spectaculairement sur l'avant de la scène la question du climat. On savait en effet déjà que les contributions des Etats actuellement associées à ces accords, même avec une présence active des Etats-Unis, ne sont pas suffisantes pour espérer maintenir l'augmentation de la température de la surface terrestre en dessous de 2° à l'horizon 2100 par rapport à la période préindustrielle, et donc a fortiori pour la maintenir en dessous de 1,5°C, valeur considérée par un très grand nombre d'acteurs, comme nécessaire pour éviter des phénomènes trop dangereux pour l'humanité.

Bien entendu, le défaut des Etats-Unis dont les émissions représentent 15% des émissions totales de gaz à effet de serre rend l'équation encore plus difficile à résoudre. Dans ce contexte il devient nécessaire, avant le dialogue de facilitation de 2018, de voir à quelles conditions, chacun pourrait aller plus vite et plus loin dans la limitation de ses émissions de gaz à effet de serre.

Depuis le début des années 1990, les préoccupations de la communauté scientifique et des négociateurs sur la lutte contre le changement climatique ont porté principalement sur la question de la réduction des émissions de gaz carbonique.

Il y avait et il y a encore en effet d'excellentes raisons à cette priorité. :

- Le CO<sub>2</sub> est le premier gaz à effet de serre par l'importance de ses émissions et de ses conséquences dans le réchauffement. Dans son dernier rapport<sup>1</sup>, le GIEC estime en effet que de 1750 à 2010 le forçage radiatif attribuable aux émissions de CO<sub>2</sub> représente 56 % du forçage radiatif imputable à l'ensemble des gaz à effet de serre .
- Sa durée de vie dans l'atmosphère dépasse largement la centaine d'années, une longévité qui donne aux politiques (ou à l'absence de politiques) concernant ce gaz un caractère d'irréversibilité, critère majeur du risque encouru, qui doit à juste titre faire réfléchir.
- On sait enfin quantifier avec une précision raisonnable les quantités d'émission des principales sources de CO<sub>2</sub>.

Il est donc bien normal que les objectifs de réduction d'émission de CO<sub>2</sub> aient toujours occupé le devant de la scène scientifique et politique. Le phénomène a été amplifié par l'habitude qui s'est rapidement instaurée chez les économistes d'user d'un vocabulaire de substitution aux quantités physiques des autres gaz à effet de serre « la tonne équivalent CO<sub>2</sub> (teqCO<sub>2</sub><sup>2</sup>) » pour comptabiliser leurs émissions par référence au gaz dominant CO<sub>2</sub>, comme on le fait pour la production d'énergie avec la tonne équivalent pétrole, « la tep » où le pétrole (dominant depuis plus de 50 ans) sert de référence pour les autres sources d'énergie.

Cette attention compréhensible commence à porter ses fruits. Depuis quelques années on assiste à un ralentissement de la progression des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales. D'autre part, les politiques affichées au titre de l'accord de Paris, les premiers effets des campagnes de

---

<sup>1</sup> Changement climatiques 2014, Rapport de synthèse, Résumé pour les décideurs : AR5\_SYR\_FINAL-SPM\_fr

<sup>2</sup> La teqCO<sub>2</sub> tout comme la tep pour l'énergie, ambitionne de fournir une information dans une unité commune sur les effets sur le climat à un horizon donné de l'émission ponctuelle une année donnée d'une tonne d'un gaz à effet de serre quelconque en le comparant à l'effet de l'émission ponctuelle d'une tonne de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) sur ce même climat, la même année et au même horizon.

désinvestissement du charbon engagées par de grandes ONG et une série d'initiatives locales portant sur le désengagement des énergies fossiles et le développement des renouvelables peut faire raisonnablement espérer une décroissance significative des émissions de CO<sub>2</sub> d'origine énergétique dans la décennie qui vient.

## 1- QU'EN EST-IL DES GAZ À EFFET DE SERRE AUTRES QUE LE CO<sub>2</sub> ?

Les deux autres principaux gaz à effet de serre, le méthane CH<sub>4</sub> et l'oxyde nitreux N<sub>2</sub>O ne bénéficient pas de la même attention.

Pour ce qui est du méthane, le rapport du GIEC déjà cité nous rappelle pourtant son importance puisqu'il serait responsable, de manière directe ou indirecte, et sur la même période 1750–2010, de **32,3%** du forçage radiatif total.

Le méthane présente une série de caractéristiques qui peuvent expliquer l'importance moindre qu'on lui accorde dans la plupart des analyses économiques :

- Sa durée de vie dans l'atmosphère est beaucoup moins élevée que celle du CO<sub>2</sub>, de l'ordre d'une douzaine d'années<sup>3</sup>. Au terme de réactions complexes, il se transforme en effet en différents gaz (vapeur d'eau, ozone, CO<sub>2</sub>), qui sont eux-mêmes à l'origine de réchauffement climatique.
- Par contre, son efficacité radiative par unité de poids est de l'ordre de 120 fois plus élevée que celle du CO<sub>2</sub>.

La combinaison de ces deux particularités conduit à une variation importante de l'effet du CH<sub>4</sub> sur le climat en fonction du temps qui s'écoule entre l'instant de l'émission et l'horizon des effets auquel on s'intéresse. Pour en tenir compte, les climatologues ont développé un indicateur « le Pouvoir de réchauffement Global » qui permet de comparer tout au long du temps qui s'écoule après une émission ponctuelle d'une tonne d'un GES déterminé son influence sur le climat par rapport à l'émission, à la même date d'une tonne de CO<sub>2</sub>.<sup>4</sup>

L'amplitude de variation des valeurs du Pouvoir de réchauffement global du méthane (PRG), très particulière à ce gaz, en est l'illustration (un facteur 4 sur 100 ans). L'abaque en annexe montre par exemple qu'une émission d'1 tonne de méthane en 2020 « vaut », en teqCO<sub>2</sub> : 28,5 pour l'année horizon 2120 (100 ans plus tard), 48,4 pour l'horizon 2070, 68,1 pour l'horizon 2050, 104,2 pour l'horizon 2030 et 119,6 pour l'horizon 2020.

Il n'est donc évidemment plus possible d'utiliser un coefficient d'équivalence CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> fixe pour caractériser les efficacités relatives de mesures portant sur le méthane et le CO<sub>2</sub> selon l'horizon des conséquences auquel on s'intéresse.<sup>5</sup>

- L'origine de ses émissions est beaucoup moins bien renseignée que celle du CO<sub>2</sub>. Rares sont ceux qui savent que si l'agriculture et l'élevage sont effectivement responsables de l'ordre de 40% des émissions mondiales de méthane, les 60% qui restent se partagent entre les émissions du système énergétique (grisou des mines de charbon, fuites des puits de pétrole

---

<sup>3</sup> Cela ne veut pas dire, comme on le comprend souvent à tort, qu'au bout de 12 ans tout le méthane émis a disparu mais que sa décroissance suit une loi exponentielle du type  $e^{-t/12}$ . Il ne reste que 37% du CH<sub>4</sub> douze ans après son émission, mais encore 19% vingt ans plus tard et 1,6% cinquante ans plus tard.

<sup>4</sup> Le PRG d'un GES autre que CO<sub>2</sub> est défini comme le rapport entre la perturbation du bilan radiatif de la terre pendant un temps déterminé qui suit l'émission ponctuelle d'un kg de ce GES et la perturbation sur la même période qui suit l'émission ponctuelle au même instant d'un kilogramme de CO<sub>2</sub>.

<sup>5</sup> En conséquence les plaidoyers sur l'intérêt relatif du choix d'un horizon de 20 ou de 100 ans pour la détermination du PRG d'un gaz comme le méthane n'ont pas grand intérêt. Le seul horizon qui compte est celui auquel on souhaite estimer l'influence de l'émission ponctuelle de ce GES. D'où la nécessité d'utilisation d'une abaque dans l'étude de scénarios prospectifs qui permet d'attribuer à chaque émission ponctuelle réalisée une année donnée l'influence réelle qu'elle aura par rapport au CO<sub>2</sub> à l'horizon d'observation choisi.

et de gaz, en particulier gaz de schistes, fuites de transport et distribution), les déchets ménagers et agricoles, les feux de forêt.

Le méthane est donc victime d'une image brouillée : sa dangerosité est vite oubliée au motif de sa faible durée de vie, ses émissions sont associées dans l'esprit du public et des media à l'alimentation (en particulier carnée), un secteur tabou, et la quantification de ses émissions reste un mystère pour la plupart d'entre nous. La notion de PRG est généralement restée incomprise et conduit à des erreurs d'interprétation qui peuvent être importantes. Cette complexité et cette incompréhension assez générale expliquent largement par exemple pourquoi la croissance des émissions anthropiques de méthane à un rythme inquiétant depuis 2005 (de 318 Millions de tonnes à 360 Mt en huit ans) ne suscite guère de commentaires ni de recherche sur les déterminants sectoriels ou technologiques de cette hausse.

Il persiste un profond décalage entre les efforts des chercheurs sur le climat consacrés à la compréhension, à la fois expérimentale et théorique, du comportement du méthane<sup>6</sup> et sa prise en compte en tant que tel dans les études économiques comme dans les messages envoyés aux décideurs, et donc dans l'élaboration de politiques de réduction des émissions spécifiques à ce gaz.

Le N<sub>2</sub>O quant à lui trouve l'essentiel de son origine dans les pratiques agricoles avec un recours souvent excessif aux engrais azotés. Son efficacité radiative est très élevée (de l'ordre de 300 fois celle du CO<sub>2</sub>) mais comme sa durée de vie dans l'atmosphère est élevée, cette efficacité reste pratiquement constante sur 100 ans. Entre 1750 et 2010 sa contribution au forçage radiatif global n'est que de 5,9%. Au total CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O contribuent à près de 95% du forçage radiatif des gaz à effet de serre qui se mélangent de façon homogène dans l'atmosphère,

Mais les chiffres précédents mettent bien en évidence l'importance particulière du méthane, sur la période qui s'étend de 1750 à 2010, même si elle reste encore très en deçà de celle du CO<sub>2</sub>, surtout dans une période d'explosion de l'utilisation des fossiles et en particulier du charbon. Cette période semble aujourd'hui dépassée et les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine énergie fossile vont décroître fortement dans les décennies à venir si les efforts entrepris sont couronnés de succès. Sans effort spécifique de réduction, le méthane, va donc mécaniquement devenir rapidement prépondérant, d'autant qu'on a découvert récemment que sa nocivité était plus importante qu'on ne l'imaginait. Myhre Etminan, Highwood, Shine et al<sup>7</sup> ont en effet montré récemment que l'impact de l'absorption dans les courtes longueurs d'onde infra-rouge (1-5 $\mu$ ) sur le forçage radiatif produit par une élévation de concentration de méthane atmosphérique, augmentait de l'ordre de 30% le forçage radiatif attribuable à l'absorption des grandes longueurs d'onde (aux alentours de 1300 cm<sup>-1</sup>).

---

<sup>6</sup> Notamment projet du satellite MERLIN (« *Methane remote Lidar sensing mission* » - En français : « Mission de télédétection du méthane »), développé par l'Allemagne et la France, qui a pour objet de mesurer la distribution spatiale et temporelle des émissions de méthane pour l'ensemble de la planète.

<sup>7</sup> <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016GL071930/abstract;jsessionid=91B669BD19C890A5FF94387648C593F2.f03t01>

## 2- COMMENT APPRÉCIER SIMPLEMENT L'IMPACT DES GAZ AUTRES QUE LE CO<sub>2</sub>, ET EN PARTICULIER DU MÉTHANE, SUR L'ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'ATMOSPHÈRE DANS LES SCÉNARIOS PROSPECTIFS ÉLABORÉS SOUS L'ÉGIDE DU GIEC ?

### 2.1 Les trajectoires d'émission de GES à l'horizon 2100

Les climatologues ont développé une série de familles de modèles qui permettent d'estimer la température de l'atmosphère à partir d'une description de l'évolution en termes physiques des émissions des gaz à effet de serre<sup>8</sup> aux différents horizons de scénarios contrastés, non seulement en termes de quantité globale des GES émis annuellement mais aussi de proportion des différents gaz dans cette évolution.

Les figures 1, 2 et 3 sont des exemples<sup>9</sup> de ces scénarios de trajectoires d'émission des trois principaux GES (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) qui servent aujourd'hui de référence à de nombreuses études.

Figure 1 : Evolution des émissions de CO<sub>2</sub> dans les scénarios du GIEC

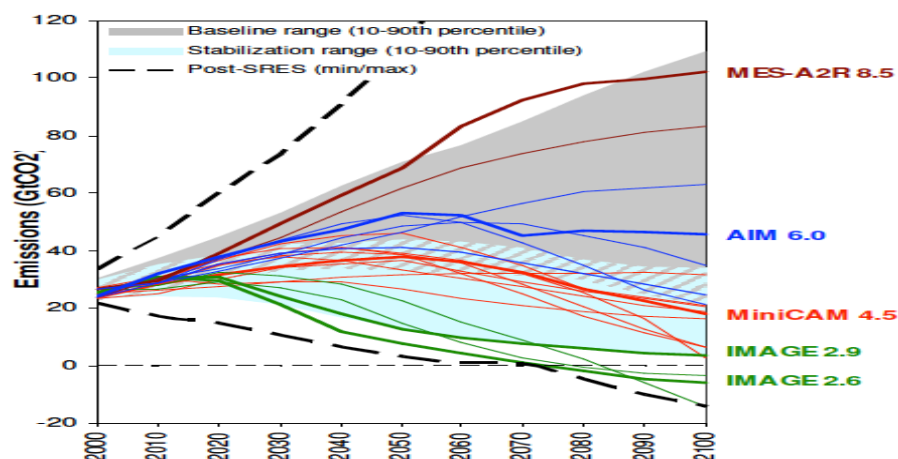
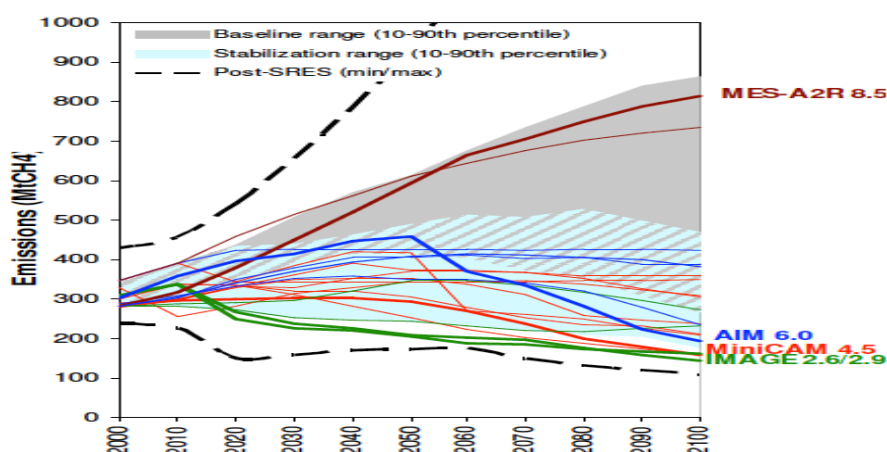


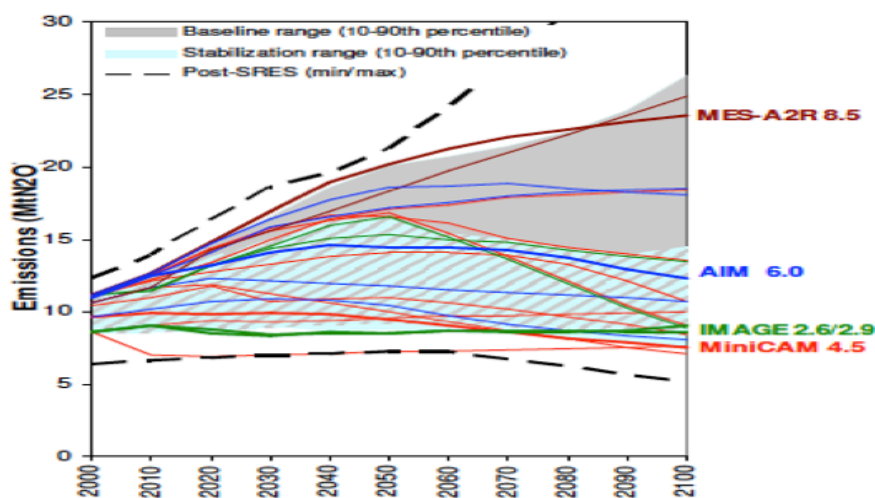
Figure 2 : Evolution des émissions de CH<sub>4</sub> dans les scénarios du GIEC



<sup>8</sup> Les émissions de GES sont exprimées généralement en Gt (gigatonne ou milliard de tonnes) pour le CO<sub>2</sub> et Mt (mégatonne ou million de tonnes) pour CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O.

<sup>9</sup> « <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/docs/IPCC.meetingreport.final.pdf> » - Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts and response strategies », IPCC expert meeting report 19-21 September 2007. Pages 45 et suivantes.

Figure 3: Evolution des émissions de N<sub>2</sub>O dans les scénarios du GIEC



## 2.2 Des trajectoires d'émissions au réchauffement climatique

A partir de ces données, des propriétés physiques et chimiques de ces gaz et des constantes de temps qui gouvernent leur évolution dans l'atmosphère, les climatologues reconstituent l'évolution des concentrations de chacun des GES considérés, accèdent à une « concentration équivalente CO<sub>2</sub> »<sup>10</sup> (exprimée en ppm eqCO<sub>2</sub>) définie comme la concentration en CO<sub>2</sub> qui produirait les mêmes effets à tout instant sur le climat que le mix de GES étudié, et enfin aux températures de l'atmosphère au cours du temps pour chacun des scénarios envisagés.

Le rapport du GIEC a présenté une synthèse de ces travaux sous la forme d'un graphique<sup>11</sup> (figure 4<sup>12</sup>) comparant quatre classes de scénarios considérés comme des scénarios de référence qui aboutissent à des concentrations, des forçages radiatifs et des augmentations de température contrastés en 2100 présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Les familles de scénarios du GIEC

Scénarios RCP <sup>13</sup>	2,6–2,9 W/m <sup>2</sup> **	4,5 W/m <sup>2</sup>	6 W/m <sup>2</sup>	8,5 W/m <sup>2</sup>
Concentrations en ppm eqCO <sub>2</sub>	430 à 530	530 à 720	720 à 1000	1000
Augmentations de température* en °C	1,5 à 2	2 à 3	3 à 4	5

\* Par rapport aux années 1880.

\*\* Forçage radiatif

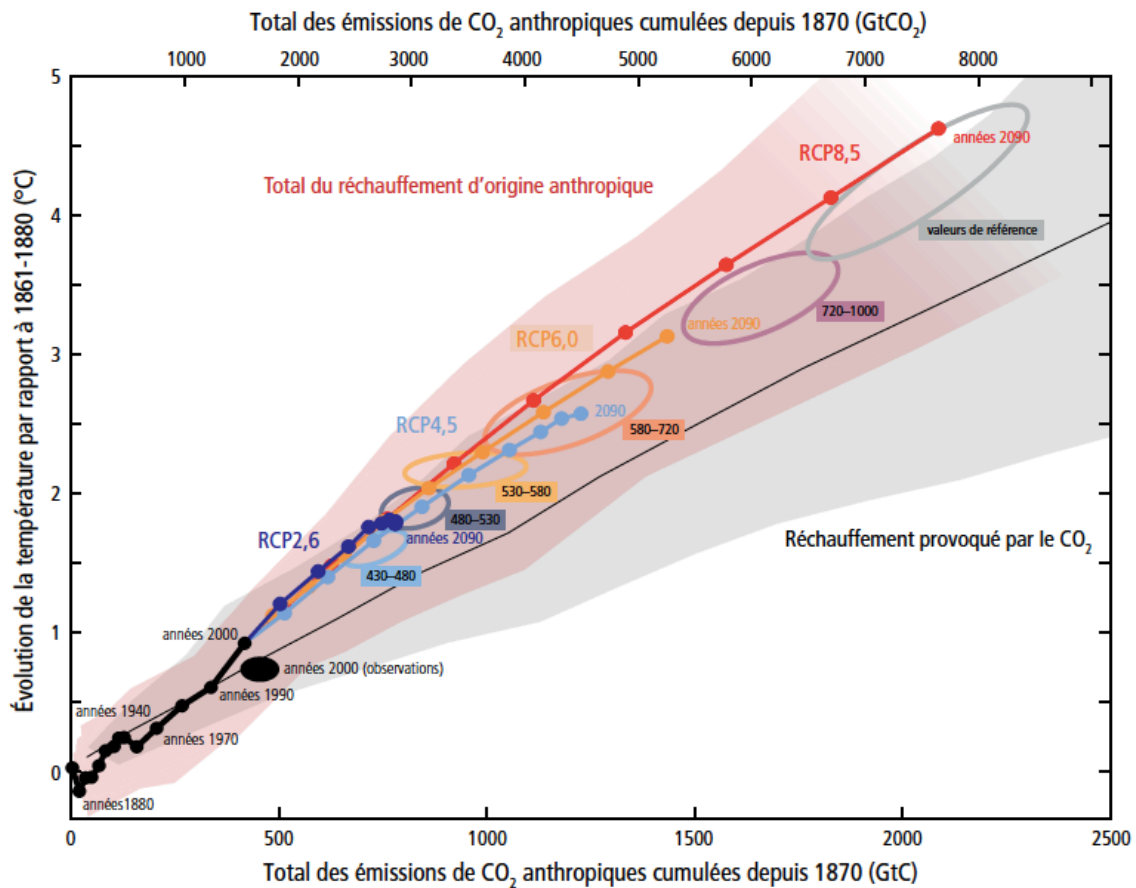
<sup>10</sup> L'équivalence CO<sub>2</sub> en concentration, exprimée en ppm eqCO<sub>2</sub> est à ne pas confondre avec l'équivalence en émissions, exprimée en teqCO<sub>2</sub>. Ce sont deux grandeurs différentes.

<sup>11</sup> [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf) - Page 68

<sup>12</sup> La figure 4 reproduit la figure 2.3 du document de référence.

<sup>13</sup> RCP : *Representative Concentration Pathway*. En français : « Profil représentatif d'évolution de concentration ».

**Figure 4 : Réchauffement en fonction du cumul des émissions de CO2**



**Figure 2.3 |** Augmentation de la température moyenne à la surface du globe en fonction du total cumulé des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans le monde, calculé à partir de plusieurs sources de données. Les résultats de différents modèles climatiques et cycle du carbone sont représentés pour chaque scénario RCP jusqu'en 2100 (lignes de couleur). Les résultats de modèles sur la période historique (1860-2010) sont indiqués en noir. La zone colorée représente la dispersion des différents modèles pour les quatre scénarios RCP et s'estompe à mesure que le nombre de modèles disponibles diminue dans le RCP8,5. Les points correspondent aux moyennes décennales, certaines décennies étant indiquées. Les ellipses illustrent le réchauffement total d'origine anthropique en 2100 par rapport aux émissions cumulées de CO<sub>2</sub> entre 1870 et 2100. Elles sont établies à partir d'un modèle climatique simple (réponse médiane du climat) et pour les catégories de scénarios employées par le GT III. Les changements de températures sont toujours indiqués par rapport à la période 1861-1880 et les émissions sont cumulées depuis 1870. L'ellipse noire pleine illustre les émissions observées jusqu'en 2005 et les températures observées au cours de la décennie 2000-2009, avec les incertitudes connexes. (GT I RID E.8, RTAT.8, figure 1, RT.SM.10, 12.5.4, figure 12.45, GT III tableau RID.1, tableau 6.3)

Cette figure est assortie des commentaires suivants : « le cumul des émissions de CO<sub>2</sub> détermine dans une très large mesure la moyenne du réchauffement mondial à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle et au delà. De nombreux éléments d'observation attestent d'une relation étroite et systématique, quasi linéaire dans l'ensemble des scénarios étudiés entre les émissions cumulées nettes et le changement prévu de température en 2100. Les émissions passées et le réchauffement observé confirment cette relation dans la marge des incertitudes. ».

La courbe noire « Réchauffement provoqué par le CO<sub>2</sub> » quasi linéaire qu'on observe sous les courbes de couleur associées aux différents scénarios atteste de l'étroitesse de cette liaison cumul CO<sub>2</sub>-température.

**On peut donc considérer que la droite  $y = 0,444/1000 \cdot x$ , y étant exprimé en degrés C et x en Gt de CO<sub>2</sub> représente avec une bonne marge de certitude l'évolution de la température moyenne à la surface du globe en fonction du cumul des émissions de CO<sub>2</sub> des différents scénarios.**

Nous appelons cette droite « droite CO2 » dans la suite de la note.

La même figure 4 montre également que les trajectoires de température associées aux différents scénarios se situent systématiquement au dessus de la courbe CO2/ cumul CO2.

C'est a priori logique puisque les scénarios en question cumulent à la fois un historique d'émissions de CO2 et des historiques d'émission des autres gaz à effet de serre, en particulier de CH4 et de N2O.

### 2.3 Calcul des augmentations de température pour cinq scénarios représentatifs

Nous avons entrepris de calculer les augmentations de température entre les « années 2000 » et les « années 2090 » de la figure 4 pour les cinq scénarios de trajectoires présentés au paragraphe 2.1 en utilisant la « droite CO2 », de la façon suivante :

a) Les figures 1, 2 et 3 fournissent les valeurs en unités physiques (Gt et Mt) des émissions de chacun des trois GES pour chaque scénario.

b) Ces valeurs en unités physiques sont ensuite traduites en GteqCO2, directement pour CO2, avec un PRG constant pour N2O et, en ce qui concerne CH4, en utilisant l'abaque en annexe qui donne la valeur du PRG, par pas de cinq ans, pour chaque émission de 2000 à 2120 et chaque année horizon de 2000 à 2120.

c) On calcule ensuite les cumuls en GteqCO2 pour chaque gaz, entre « années 2000 » et « années 2090 ».

d) Ayant ainsi calculé ces cumuls, on en déduit les augmentations de température causées par les émissions de chacun de ces gaz selon le scénario étudié par la formule :

Augmentation de température (en °C) =  $0,444 * \text{Cumul de « années 2000 » à « année 2090 »} / 1000$  (en GteqCO2).

Les tableaux 2 et 3 présentent les résultats de ces calculs.

**Tableau 2 : Cumuls des émissions de GES, en teqCO2, entre « années 2000 » et « années 2090 »**

GteqCO2	Image 2,6	Image 2,9	MiniCAM 4,5	AIM 6,0	MES-A2R 8,5
CO2	802	1273	2776	3982	6483
CH4	987	987	1825	1584	3445
N2O	234	234	244	375	539
CO2+CH4+N2O	2023	2493	4844	5941	10467
Part CH4-%	49	40	38	27	33

**Tableau 3: Augmentations de température, en °C, entre « années 2000 » et « années 2090 »**

°C	Image 2,6	Image 2,9	MiniCAM 4,5	AIM 6,0	MES-A2R 8,5
CO2	0,36	0,57	1,23	1,77	2,88
CH4	0,44	0,44	0,81	0,7	1,53
N2O	0,1	0,1	0,11	0,17	0,24
CO2+CH4+N2O	0,9	1,11	2,15	2,64	4,65
Part CH4 - %	49	40	38	27	33

On constate en particulier l'importance du rôle du CH4 dans l'augmentation de la température à l'horizon 2100. Cette importance est d'autant plus grande que les scénarios affichent des réductions ambitieuses de CO2.

## 2.4 Calcul d'une variante adaptée aux conditions de la figure 4

Nous avons effectué le calcul précédent en utilisant pour CH<sub>4</sub> les valeurs les plus récentes données par le GIEC pour les PRG entre l'année d'émission et l'année horizon (par exemple, valeur de 28,5 à 100 ans).

Par contre la figure 4 a été établie sur la base de propriétés du méthane telles qu'elles étaient connues au début des années 2000, correspondant à des valeurs du PRG inférieures à celles de l'abaque utilisée précédemment, avec un PRG à 100 ans de 21 au lieu de 28,5 dans celle-ci.

En utilisant les valeurs de cet abaque multipliées par 21/28,5 pour calculer les cumuls de CH<sub>4</sub>, nous avons pu vérifier de façon approximative que notre méthode de calcul respecte la règle de la figure 4 qui indique que l'augmentation de température pour les trois GES est une fonction quasi linéaire du cumul des émissions de CO<sub>2</sub> seul.

Effectivement, pour les cinq scénarios étudiés, la droite « Température en °C = 0,677\*Cumul des émissions CO<sub>2</sub> en 1000 Gt » est respectée avec un écart maximum de + ou - 0,24°.

## 3. UN ALGORITHME SIMPLE D'APPRÉCIATION DES CONSÉQUENCES CLIMATIQUES DE SCÉNARIOS DIVERSIFIÉS

### 3.1 Une relation linéaire entre cumuls et augmentation des températures

Sur la base mêmes des conclusions et des commentaires effectués par le GIEC dans son dernier rapport, il est donc possible de mettre en place un algorithme d'une grande simplicité d'usage qui permet d'apporter une première appréciation des conséquences climatiques de stratégies de lutte contre le changement climatiques diversifiées à des horizons de temps également diversifiés, sans avoir besoin d'engager des campagnes de calcul ambitieuses fondées sur l'exploitation de différents modèles climatiques. L'algorithme en question fondé sur une moyenne des résultats d'un très grand nombre de modèles consiste simplement en une fonction linéaire liant l'augmentation de température moyenne à la surface du globe à une date donnée au cumul des différents gaz à effet de serre émis jusqu'à cette date, comptabilisé en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> avec la règle des PRG entre l'année d'émission et l'année horizon à laquelle on s'intéresse :

$$Y = 0,444/1000 * X$$

où X est mesuré en GteqCO<sub>2</sub> à partir des PRG des différents gaz disponibles sous forme d'abaques. En pratique, seul le CH<sub>4</sub> présente un pouvoir de réchauffement global qui varie significativement dans le temps (un rapport 4 en 100 ans). C'est donc l'abaque en annexe relatif au CH<sub>4</sub> qui est utilisé.

### 3.2 Un exemple d'utilisation

On se propose de comparer au scénario Image 2,6 un scénario analogue en tous points, à ceci près que les émissions de méthane qui atteignent aujourd'hui déjà 0,36 Gt restent constantes à ce niveau tout au long de la période. Cette hypothèse n'a rien de déraisonnable dans un contexte de croissance constante des émissions anthropiques de méthane depuis le début des années 2000 et d'absence de politique mondiale volontariste de réduction de ce gaz.

Le tableau 4 permet la comparaison des cumuls de CH<sub>4</sub> dans les années 2090 et des augmentations de température qui y sont associées.



**Tableau 4 : scénario Image 2,6 et Image 2,6 bis à émissions constantes de CH4 : années 2000 - années 2090.**

Trajectoires	Image 2,6	Image 2,6 bis	Delta
<b>Cumul (GteqCO2)</b>			
CO2	802	802	0
CH4	987	1980	993
N2O	234	234	0
CO2+CH4+N2O	2023	3016	993
CH4 en %	49	66	17
<b>Augmentation de la température (°C)</b>			
CO2	0,36	0,36	0
CH4	0,44	0,88	0,44
N2O	0,1	0,1	0
CO2+CH4+N2O	0,9	1,34	0,44
CH4 en %	49	66	17

Dans la variante « CH4 constant » on voit que l'augmentation de température entre les années 2000 et 2090 provient principalement du CH4. L'augmentation de température depuis 1860 qui était limitée dans le scénario Image 2,6 à 1,70 degré environ (dont 0,8 déjà acquis en 2020) atteint alors 2,15 degrés, et dépasse nettement la limite de deux degrés considérée comme un objectif majeur par les climatologues.

On voit que les très considérables efforts consentis sur la réduction des émissions de CO2 dans le scénario Image 2,6 pourraient être ainsi totalement remis en cause par l'absence d'une politique suffisamment volontariste de réduction du CH4 sur la même période.

#### **ELÉMENTS DE CONCLUSION**

L'analyse à laquelle nous venons de nous livrer, entièrement fondée sur les résultats mis en évidence dans les rapports les plus récents du GIEC, nous conduit à mettre en avant plusieurs points.

Il apparaît tout d'abord qu'on peut, à travers un algorithme d'une grande simplicité, apprécier les augmentations de température à l'horizon 2100 d'une grande variété de scénarios comportant des mix de gaz à effet de serre également diversifiés en attribuant à chacun de ces gaz sa part dans le réchauffement attendu. La relation entre cette augmentation de température et le cumul en GteqCO2 sur l'ensemble de la période s'écrit :  $y = 0,444 \sum x_i / 1000$ , où  $x_i$  représente le cumul en GteqCO2 sur la période considérée du gaz  $i$ .

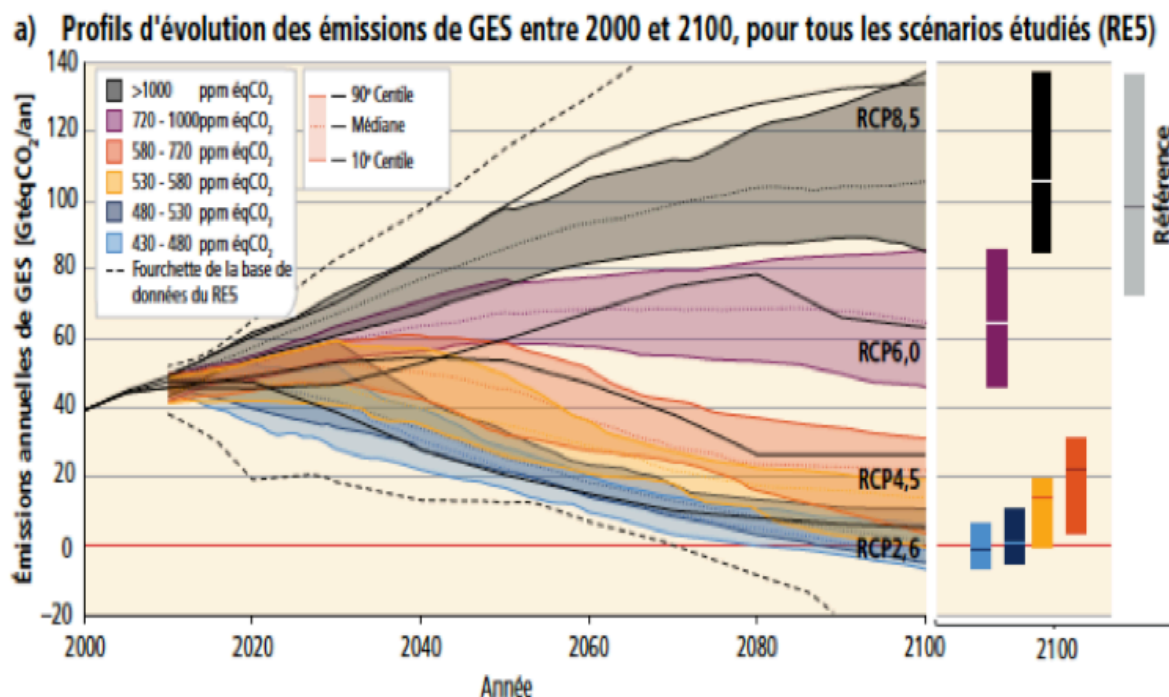
L'analyse effectuée qui permet de discriminer la responsabilité des chacun des gaz à effet de serre dans l'augmentation de température attendue d'un scénario d'émission déterminé, met au jour l'importance majeure à attribuer aux réductions d'émission de méthane dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Il est d'autant plus nécessaire d'être vigilant à cette question que la présentation retenue par le GIEC dans le rapport déjà cité, illustrée par la figure 5 ci dessous basée sur une comptabilité des différents gaz à effet de serre à 100 ans et non pas à une date déterminée (2050 ou 2100 par exemple) masque largement le phénomène.

A la lecture de cette figure les décideurs peuvent en effet très bien choisir en toute bonne foi des stratégies qui s'expriment par un scénario d'émissions respectant le tracé figurant sur le graphique 5, sans se rendre compte que le mix de gaz à effet de serre qu'ils ont choisi conduit en

réalité à des résultats très différents de ceux attendus à l'horizon 2100. L'algorithme dont nous préconisons l'usage devrait permettre d'éviter ce type de confusion et de garantir aux décideurs la cohérence de leur stratégie par rapport aux objectifs affichés.

**Figure 5 : Evolution des émissions globales de GES exprimées en teqCO2 par an des quatre classes de scénarios de référence du GIEC<sup>14</sup>**



Cet outil pourrait enfin, dans la perspective du dialogue de facilitation de 2018, contribuer à mettre mieux en avant, en les comptabilisant à leur juste valeur les efforts de réduction des émissions de méthane souvent entreprises par certains pays, en particulier du monde en développement, et dont l'importance n'est pas aujourd'hui reconnue.

<sup>14</sup> Référence : « changements climatiques 2014, Rapport de synthèse, Résumé pour les décideurs : AR5\_SYR\_FINAL-SPM\_fr.