UNE APPLICATION DU PRG DU METHANE À UN HORIZON DONNÉ TH

Bernard Laponche, Global Chance, 5 décembre 2020[1]

Mots clefs : Climat, Méthane, Réduction des émissions de GES

*

1. LE POTENTIEL DE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL (PRG) DU MÉTHANE (CH4)

Il existe de très nombreux gaz dont les émissions sont responsables du renforcement de l'effet de serre. Chacun de ces « gaz à effet de serre » (GES) présente des caractéristiques propres d'absorption du rayonnement (efficacité radiative) et de durée de vie dans l'atmosphère après son émission. Chaque émission est exprimée en kg ou en tonne (t) du GES concerné.

Afin de permettre une simplification de l'appréciation globale de l'incidence des émissions des différents GES, il a été décidé (sommet de Kyoto en 1997) de définir une règle d'équivalence entre les émissions des différents gaz et celles du plus important, le gaz carbonique CO2. Les émissions seraient alors exprimées en « tonne équivalent CO2 » et l'on raisonnerait alors sur un seul gaz, « équivalent CO2 », cela permettant, outre la simplification, le traitement de ce gaz unique en termes économiques[2].

Sur proposition du GIEC, le choix de la règle d'équivalence s'est porté sur l'utilisation du « potentiel de réchauffement global », le PRG, qui indique la contribution au réchauffement de l'atmosphère à un horizon donné d'une émission ponctuelle en début de période d'un kg d'un GES particulier par comparaison avec la contribution sur la même période d'une émission ponctuelle d'un kg de CO2[3]. Le PRG du gaz CH4 à l'horizon TH et pour une émission ponctuelle l'année 0 est le rapport de l'intégrale de 0 à TH de la fonction de décroissance dans le temps du CH4, multipliée par l'efficacité radiative du CH4, à l'intégrale de 0 à TH de la fonction de décroissance du CO2 sur la même période, multipliée par

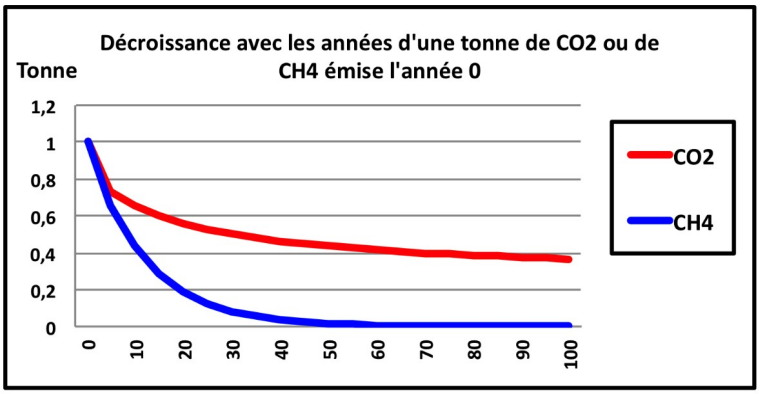
[1] Références :
« Effet de serre, n'oublions pas le méthane », B. Dessus, B. Laponche, H. Le Treut, La Recherche, mars 2008.
« Quelles émissions de gaz à effet de serre faut-il réduire », B. Dessus, B. Laponche, Hervé Le Treut, La Recherche, février 2013.

[2] Ne considérer qu'un seul gaz, eqCO2, permet entre autres de mettre en place des mesures de type « taxe » sur les émissions, ou de donner une valeur à la teqCO2 économisée.

[3] La « tonne équivalent CO2 », teqCO2 qui en résulte dépend par conséquent de l'horizon choisi TH et n'est donc pas comparable dans son concept même, à la tep (tonne équivalent pétrole), confusion que l'on rencontre souvent.

l'efficacité radiative du CO2.
Le GIEC fournit les valeurs du PRG pour différentes valeurs de TH et on peut les calculer soi-même à partir des courbes de décroissance du CO2 et de chaque autre GES et de leurs efficacités radiatives respectives.
Afin de permettre la simplification recherchée, il a été choisi de prendre comme coefficient d'équivalence le PRG à 100 ans : la valeur en teqCO2 d'une émission ponctuelle de 1 kg une année n est donnée par la valeur du PRG de ce GES à l'horizon n+100. Pour l'émission d'un GES de chaque année, son effet pris en compte est celui ressenti 100 ans plus tard. Ainsi, une émission en 2020 est comptabilisée par son effet en 2120, une émission en 2030 en 2130, etc. Par cette méthode, l'équivalence réelle avec une émission de CO2 n'est correcte que dans le cas d'une émission ponctuelle se produisant précisément 100 ans avant l'année horizon considérée comme intéressante.
Chaque GES est caractérisé par son efficacité radiative et sa décroissance dans l'atmosphère qui est de type exponentiel. A partir de ces deux données, le GIEC calcule le PRG de chacun de ces gaz et en publie les valeurs aux horizons de 20 ans et de 100 ans[4].
La valeur en tonne équivalent CO2 (teqCO2) de l'émission l'année 0 d'un GES autre que le CO2 à un horizon donné est le produit de sa valeur en kg multipliée par la valeur du PRG à cet horizon.

Figure 1 – Décroissances du gaz carbonique et du méthane après une émission ponctuelle l'année 0



Le tableau 1 présente les demi-vies[5] et les valeurs du PRG à ces deux horizons pour le gaz carbonique (CO2) et le méthane (CH4) qui sont les deux GES les plus importants, le CO2 étant la référence pour la comptabilité en teqCO2 et le CH4 un bon exemple de l'utilisation du PRG.

Tableau 1 – Décroissance et PRG (GIEC)

	Demi-vie	**PRG**		
	Année	**Horizon 20 ans**	**Horizon 100 ans**	**Facteur (20/100)**
CO2	*	1	1	1
CH4	12,4	84	28	3

* La courbe de décroissance du CO2, pour une émission de 1 l'année 0 : 0,217+ exponentielles de demi-vies : 173 ans (26%), 18,5 ans (34%), 1,2 ans (2%).Voir Figure 1.

[4] Référence : WGIAR5_Chapter08_FINAL.pdf (page 714).
[5] Demi-vie : nombre d'années après émission où il ne reste dans l'atmosphère que la moitié de la valeur initiale.

2. Valeurs du PRG du CH4 en fonction de l'année d'émission et de l'année horizon

Pour chaque année d'émission et pour une année horizon choisie (2050 ou 2100), on a une valeur du PRG. Le tableau 2 présente la valeur du PRG du méthane aux différents horizons pour une émission ponctuelle l'année 0, par pas de cinq ans.

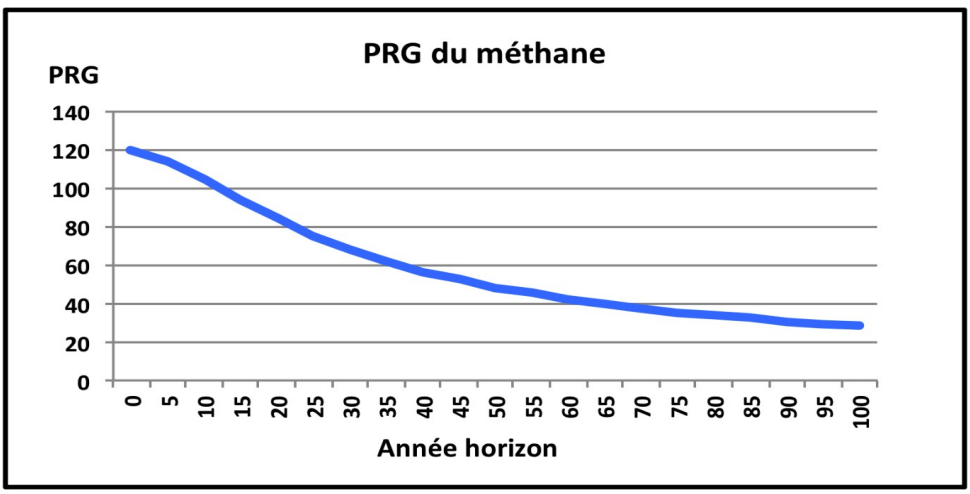
Tableau 2 – PRG du CH4 à horizon TH

TH	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
PRG	119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4
TH	**55**	**60**	**65**	**70**	**75**	**80**	**85**	**90**	**95**	**100**	
PRG	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9	29,6	28,5	

On retrouve bien la valeur de 84 pour le PRG à 20 ans et 28,5 pour le PRG à 100 ans, valeur très voisine de la valeur du GIEC (28).

A partir de ces valeurs, on établit l'abaque (en Annexe) qui donne la valeur du PRG en fonction de l'année d'émission et de l'année horizon.
L'abaque donne les valeurs tous les 5 ans et si on veut des valeurs annuelles, il suffit de faire une variation linéaire entre deux valeurs à 5 ans.
Si on veut raisonner sur un programme de réduction pour une période de 5 ans par exemple, on peut soit raisonner par année ou bien prendre la valeur moyenne du PRG sur cette période.

Figure 2 – Le PRG du méthane en fonction de l'année horizon



3. DEUX ÉTUDES DE CAS

3.1 Un programme de réduction des émissions sur la période 2020-2050

Arthur Riedacker a proposé d'étudier un programme de réduction d'une émission de méthane de 4 Gt de CH4 en 2020 à 2 Gt CH4 en 2050, exprimées GtCO2eq, avec l'utilisation « officielle » du PRG à 100 ans du CH4, soit 28 pour le GIEC, par un programme de réduction de ces émissions de 0,4 GT tous les 5 ans.

La première étape a consisté à calculer les émissions physiques du méthane pour chaque année, en multipliant les émissions en t CO2eq par le PRG à 100 ans.
Puis nous avons calculé les émissions de chaque année en prenant le PRG à 20 ans.
Ensuite, nous avons calculé les émissions de chaque année, en utilisant l'abaque, à l'horizon TH à 2050 et l'horizon TH à 2100.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 – Valeurs des émissions du programme de réduction avec différents PRG

Émission	CH4	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Réduc.
Physique	**Gt**	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,08	0,07	0,07
PRG à 100 ans	**Gt CO2eq**	4	3,67	3,33	3	2,67	2,34	2	2
PRG à 20 ans	**Gt CO2eq**	11,75	10,99	9,98	8,98	7,97	6,96	6,04	5,71
PRG à TH 2050	**Gt CO2eq**	9,53	9,88	9,98	10,02	9,9	9,48	8,61	0,92
PRG à TH 2100	**Gt CO2eq**	4,75	4,66	4,47	4,26	4,02	3,74	3,49	1,26

Ces résultats sont intéressants:

- La ligne PRG à 20 ans est sans surprise: le PRG (valeur fixe) étant presque le triple à 20 ans qu'à 100 ans, on trouve des valeurs doubles chaque année et donc une réduction double en 2050.

- La ligne avec PRG à horizon 2050 tient compte du fait que si la valeur de l'émission physique diminue, sa valeur en GtCO2eq augmente avec la proximité de l'année d'émission à l'année horizon.
La compensation est telle que la baisse de la valeur de l'émission est beaucoup plus faible: seulement 0,9 GtCO2eq.

- A la ligne PRG à horizon 2100, qui nous paraît la plus significative car c'est bien à cet horizon que l'on s'intéresse (les 1,5°C), on retrouve le même effet que précédemment mais atténué car la distance entre l'année d'émission et l'année horizon est plus grande. La réaction d'émission est un peu plus forte (1,26 Gt CO2eq) mais reste plus faible que pour le calcul avec PRG à 100ans.

3.2 Une émission constante de méthane sur la période 2020-2050

Nous avons fait les mêmes calculs, cette fois-ci avec une émission constante de méthane sur la période 2020-2050, de 4 Gt CO2eq avec le PRG « officiel » à 100 ans.
Les résultats figurent dans le tableau 4.

Tableau 4 – Valeurs des émissions considérées comme constantes avec différents PRG

Emission	CH4	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Réduc.
Physique	**Gt**	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0
PRG à 100 ans	**Gt CO2eq**	4	4	4	4	4	4	4	4
PRG à 20 ans	**Gt CO2eq**	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	0
PRG à TH 2050	**Gt CO2eq**	9,53	10,56	11,75	13,1	14,59	15,99	16,74	7,21
PRG à TH 2100	**Gt CO2eq**	4,75	4,98	5,26	5,57	5,92	6,31	6,78	2,03

Ces résultats peuvent surprendre :

- Émission constante en physique et évidemment en PRG à 100 ans et PRG à 20 ans.
- En PRG à horizon 2050, la valeur de l'émission de CH4 en GtCO2eq augmente considérablement. L'augmentation de l'émission de CO2 équivalent de 9,5 Gt en 2020 à 16,7 Gt en 2050.
- Même phénomène en PRG à horizon 2100, évidemment amoindri : augmentation de l'émission de CO2 équivalent de 4,8 en 2020 à 6,8 Gt en 2050.

Si l'on généralise ce raisonnement et que l'on suppose que l'on réduise à 0 les émissions de CO2 en 2050 et que l'on réduise de moitié les émissions de CH4 en 2050 mais que l'on ne les réduise pas par la suite, l'effet en 2100 des émissions constantes de méthane entre 2050 et 2100 (si on y arrive) sera considérable.

4. UN SCÉNARIO MONDIAL

Imaginons maintenant un scénario mondial d'une baisse linéaire des émissions de CO2 à partir de 2020 pour arriver à 0 en 2050, accompagnée par une baisse linéaire des émissions de CH4 de moitié sur la période 2020-2050, puis une valeur constante des émissions annuelles de 2050 à 2100.
Nous prenons comme valeurs initiales en 2020 celles de 2016[6] :
- Avec PRG à 100 ans (28) : 39 Gt CO2eq de CO2 et 10,64 Gt CO2eq de CH4.
- En valeurs physiques : 39 Gt de CO2 et 0,38 Gt de CH4.

A partir de ces données, nous calculons les valeurs des émissions de ces deux gaz dans le cas du scénario proposé. Le tableau 5 présente les résultats.

Tableau 5– Emissions de CO2 et CH4 suivant différents PRG

Emissions	Unité	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050			
CO2	**Gt**	39	32,5	26	19,5	13	6,5	0			
CH4	**Gt**	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,2			

[6] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-05/datalab-46-chiffres-cles-du-climat-edition-2019-novembre2018.pdf

PRG à 100 ans	**Gt CO2eq**	10,64	9,8	8,96	8,12	7,28	6,44	5,6			
PRG à 20 ans	**Gt CO2eq**	31,92	29,4	26,88	24,36	21,84	19,32	16,8			
PRG à TH 2100	**Gt CO2eq**	12,88	12,46	12,03	11,54	11	10,37	9,68			
Emissions	**Unité**	**2055**	**2060**	**2065**	**2070**	**2075**	**2080**	**2085**	**2090**	**2095**	**2100**
CO2	**Gt**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH4	**Gt**	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
PRG à 100 ans	**Gt CO2eq**	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32
PRG à 20 ans	**Gt CO2eq**	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96
PRG à TH 2100	**Gt CO2eq**	9,92	10,77	11,76	12,94	14,33	15,94	17,78	19,8	21,7	22,72

La comptabilité « officielle » des émissions de méthane traduites en émissions de CO2 avec le PRG à 100 ans du CH4 (28) nous donne bien des émissions constantes du CH4 de 5,32 Gt CO2eq sur la période 2050-2100, considérées come « équivalentes » par leur effet sur le réchauffement de l'atmosphère à des émissions annuelles de 5,32 Gt de CO2, selon la définition même du PRG et considérées comme telles par de nombreuses publications d'information sur les politiques de lutte contre le changement climatique.
L'utilisation du PRG à 20 ans, dont les résultats apparaissent dans certaines publications (dont celles du gouvernement français), donne sans surprise une valeur trois fois plus élevée, mais toujours constante sur la période. Cela peut permettre une sensibilisation sur les effets des émissions de méthane sur le court terme mais n'est pas plus logique que le choix à 100 ans et souffre des mêmes défauts.

Nous avons vu que le respect de la définition même du PRG conduit à calculer sa valeur, pour chaque année d'émission, en fonction de la distance temporelle entre l'année de l'émission et l'année horizon qui nous intéresse pour la situation climatique, soit 2100.
Les résultats obtenus en calculant l'émission de chaque année avec le PRG à horizon 2100 (et non pas à horizon de 100 ans) sont impressionnants : les équivalences en Gt de CO2 augmentent de presque 10 Gt en 2020 (le PRG vaut alors 33,9) à près de 23 Gt en 2100, soit les deux-tiers des émissions de CO2 en 2020.

S'il n'est pas concevable de modifier la comptabilité internationalement admise des émissions des autres gaz à effet de serre en équivalent CO2 en utilisant le PRG à 100 ans, on pourrait recommander de faire également figurer, non pas des émissions calculées avec un PRG à 20 ans comme c'est quelquefois le cas mais ne représente pas une amélioration, mais plutôt la valeur des émissions calculées avec le PRG à l'horizon 2100, en utilisant l'abaque en annexe.

Annexe

Abaque PRG CH4

Valeurs du PRG du méthane CH4 permettant d'exprimer la valeur d'une émission de 1 tonne de CH4 en teqCO2, en fonction de l'allée d'émission n et de l'année horizon TH

Année	Horizon TH																								
Emission n	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**	**2055**	**2060**	**2065**	**2070**	**2075**	**2080**	**2085**	**2090**	**2095**	**2100**	**2105**	**2110**	**2115**	**2120**
2000	119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9	29,6	28,5				
2005		119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9	29,6	28,5			
2010			119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9	29,6	28,5		
2015				119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9	29,6	28,5	
2020					**119,6**	**114,2**	**104,2**	**93,6**	**83,9**	**75,4**	**68,1**	**61,9**	**56,7**	**52,2**	**48,4**	**45,1**	**42,3**	**39,8**	**37,6**	**35,6**	**33,9**	**32,3**	**30,9**	**29,6**	**28,5**
2025						119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9	29,6
2030							119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3	30,9
2035								119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9	32,3
2040									119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6	33,9
2045										119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6	35,6
2050											119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8	37,6
2055												119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3	39,8
2060													119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1	42,3
2065														119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4	45,1
2070															119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2	48,4
2075																119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7	52,2
2080																	119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9	56,7
2085																		119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1	61,9
2090																			119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4	68,1
2095																				119,6	114,2	104,2	93,6	83,9	75,4
2100																					119,6	114,2	104,2	93,6	83,9
2105																						119,6	114,2	104,2	93,6
2110																							119,6	114,2	104,2
2115																								119,6	114,2
2120																									119,6