


3.1.1	Les métriques pour la quantification de l'impact des gaz à effet de serre sur le changement climatique	
-------	--	---

Rédacteurs : Armelle Gac (Institut de l'Élevage), avec la relecture et les propositions d'Aurélié Tailleur (Arvalis) et de Robert Bellini (ADEME)

Cette fiche a pour objet de faire le point sur les différentes manières de traduire l'effet des gaz à effet de serre sur le changement climatique. Des alternatives existent en effet au Pouvoir de Réchauffement Climatique à 100 ans, qui est le convertisseur le plus couramment utilisé, et des travaux récents proposent de nouvelles voies pour prendre en compte l'effet des GES à courte durée de vie dans l'atmosphère, dont le méthane, sur les changements de températures.

Contenu

- 1. Introduction..... 2
 - 1.1. Contexte et questions posées 2
 - 1.2. Quelques fondamentaux sur les GES : durée de vie, interactions et lien au réchauffement global 3
- 2. Panorama des différentes métriques existantes 5
 - 2.1. Indicateur de la perturbation du bilan radiatif de l'atmosphère : le PRG..... 5
 - 2.2. Indicateur de l'effet résultant sur la température : Le GTP 6
 - 2.3. Comparaison des effets sur le changement climatique mesurés par le PRG et le GTP 7
 - 2.4. GWP* 9
- 3. Préconisations 10
 - 3.1. GIEC 10
 - 3.2. Inventaires nationaux d'émissions 10
 - 3.1. En ACV 11
 - 3.1.1. Les recommandations du Life Cycle Initiative 11
 - 3.1.2. Dans la pratique, quelles sont les métriques utilisées ? 12
- 4. Conclusions..... 13
- 5. Références bibliographiques 13

1. Introduction

1.1. Contexte et questions posées

Pour quantifier et comparer l'impact sur le changement climatique des différents gaz à effet de serre (GES) émis (pour l'agriculture majoritairement du N₂O, CH₄ et CO₂), des coefficients, propres à chaque gaz, sont utilisés. Ils sont mobilisés à la fois pour comptabiliser les GES de secteurs et de territoires (inventaires nationaux d'émissions) et pour des bilans environnementaux par ACV, à l'échelle de systèmes fournisseurs de produits ou services.

Les Potentiels de Réchauffement Global (PRG, ou GWP pour Global Warming Potential) à 100 ans, publiés par le GIEC en 2006, sont majoritairement utilisés. Ils permettent d'exprimer l'impact de chaque gaz sur l'effet de serre en équivalent CO₂ (eq CO₂). Des PRG à d'autres horizons de temps (20, 500 ans) existent également. Périodiquement, au travers de ses différents rapports, le GIEC réévalue la valeur des PRG, en fonction de l'évolution des connaissances sur les comportements et effet des gaz de l'atmosphère sur le climat. Dans son rapport de 2013, le PRG du méthane a ainsi été revu à la hausse et celui du N₂O à la baisse.

Plusieurs publications (Fuglestvedt et al. 2003; Fuglestvedt et al. 2010; Shine et al. 2005; Shine 2009; Shine et al. 2007, Bowerman et al. 2013; Manning and Reisinger 2011; Shine 2009; Smith et al. 2012; Tanaka et al. 2010, Gasser et al. 2017), ainsi que le 5^{ème} rapport du GIEC (2013) soulignent que le PRG 100 ans n'est pas la seule possibilité. La principale métrique alternative mise en avant est le GTP (Global Temperature Potential).

Des travaux récents (Allen et al., 2018) proposent également un facteur de conversion alternatif, le GWP* (GWP « star » ou PRG « étoile »), permettant de corriger les PRG actuels pour tenir compte du fait que certains gaz à effet de serre, dont le méthane, ont une durée de vie courte dans l'atmosphère.

Ces différentes métriques se perfectionnent et de nouvelles apparaissent au fur et à mesure de l'évolution des connaissances sur les mécanismes climatiques. Toutefois, un fossé existe toujours entre les connaissances climatiques qui évoluent et les pratiques de l'évaluation environnementale avec des méthodes d'évaluation de l'impact sur le climat qui restent majoritairement centrées sur le PRG, métrique retenue par défaut dans les années 1990 (Cherubini et al., 2016). En évaluation environnementale, il est en effet parfois plus important de respecter un cadre méthodologique donné par convention, pour assurer une homogénéité dans les calculs et permettre la comparaison des résultats (benchmark, suivi de progrès, affichage), que de représenter finement les phénomènes physico-chimiques ou biologiques en lien avec l'environnement. Le choix de l'une ou l'autre des métriques peut pourtant avoir une incidence forte sur les résultats finaux et sur les conclusions apportées, surtout quand il s'agit de décisions concernant l'orientation de systèmes de production ou le choix d'options de réduction.

Il importe donc de bien comprendre ce que représente chaque métrique pour sélectionner la manière la plus appropriée de quantifier les effets sur le changement climatique en fonction des objectifs poursuivis. La présente fiche propose un éclairage sur ces points.

1.2. Quelques fondamentaux sur les GES : durée de vie, interactions et lien au réchauffement global

Les principaux gaz à effet de serre sont : la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), l'ozone (O₃), les hydrochlorofluorocarbures, les chlorofluorocarbures, le tétrafluorométhane et l'hexafluorure de soufre. Chacun de ces gaz à une **durée de vie** différente dans l'atmosphère, de quelques jours à quelques années pour les GES à durée de vie courte (CH₄ et NTCFs¹ ; certains d'entre eux sont précurseurs d'ozone, aérosols ou précurseurs d'aérosols) à plusieurs années pour les GES à durée de vie moyenne et longue (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CFC, etc.).

Avec une durée de vie de 12 ans, le CH₄ est classé plus généralement dans les GES à durée de vie courte, mais peut aussi être considéré comme GES à durée de vie longue. La durée de vie du N₂O est de 120 ans pour le N₂O, et celle du CO₂ de 500 à 200 ans.

Ces gaz, de différents types au niveau moléculaire, en mélange dans l'atmosphère entraînent un **ensemble d'interactions physiques et chimiques**, non linéaires, dont des changements de durée de vie du CH₄ ou la formation de couches de nuages et autres phénomènes atmosphériques (GIEC, 2013).

Environ 95% du CH₄ est détruit dans l'atmosphère dont 84% dans la troposphère (atmosphère basse) par réaction avec des radicaux hydroxyl (OH). En fin de réaction, le CH₄ est réduit en CO₂ (mais des incertitudes persistent sur les quantités concernées). Dans le cas des émissions de CH₄ d'origine agricole, il s'agit de CH₄ biogénique qui vient de la transformation de la biomasse. Le CO₂ qui en est issu par réaction dans l'atmosphère est donc également du CO₂ biogénique². Par ailleurs, la réaction entre le CH₄ et les radicaux OH produit de l'ozone et de la vapeur d'eau, qui sont des gaz à effet de serre. Munoz et Schmidt (2016) ont proposé une amélioration sur ce point par rapport au 5^{ème} rapport IPCC (2013).

Par ailleurs, le changement du climat lui-même modifie le cycle du carbone : c'est un effet rebond, ou une boucle de rétroaction (appelé Climate-carbon feedback en anglais). Ainsi, un accroissement global d'émissions de CO₂ va générer une augmentation de la température, qui va elle-même réduire le phénomène de puits de carbone au niveau local, ce qui va entraîner du déstockage de carbone séquestré et de nouvelles émissions de CO₂... Cet effet a été introduit dans le 5^{ème} rapport IPCC de 2013, avec une première prise en compte, mais imparfaite (basée sur une publication régionale). Depuis, Gasser et al. (2017) ont fait de nouvelles propositions méthodologiques pour tenir compte de cet effet sur le CO₂ et également sur les autres gaz.

Il existe donc un ensemble de réactions consécutives à une émission de gaz, conduisant à des impacts environnementaux de différentes natures, à différentes échelles de temps. Les GES à durée de vie courte vont plutôt être impliqués dans des effets à court terme, sur la santé humaine, et les GES à durée de vie moyenne et longue vont impacter la qualité des écosystèmes, puis les ressources naturelles et les services écosystémiques (voir Figure 1).

¹ les NTCFs, pour Near Term Climates Forcers (gaz à effet court terme), sont les NO_x, CO, SO_x, COV...

² Voir fiche Prise en compte des flux induits par la photosynthèse dans les bilans GES et énergie

3. Exploration méthodologique

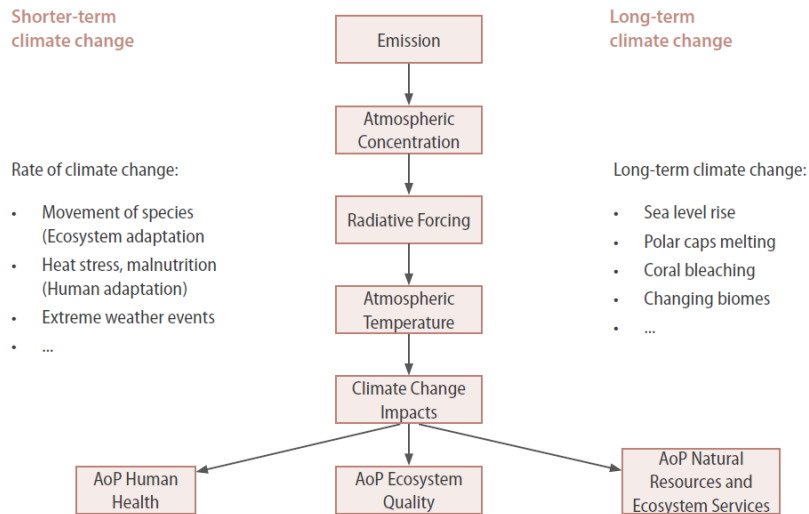


Figure 3.1: Simplified impact pathway for climate change (AoP: Area of protection)

Figure 1 : Relation de cause à effet simplifiée pour le changement climatique (AoP : Aire de Protection). UNEP, 2016

Par ailleurs, chaque gaz à effet de serre est caractérisé par son forçage radiatif. Le GIEC (2013) explique que *les substances émises et les processus qui affectent le bilan énergétique de la Terre (entre le rayonnement solaire entrant et les rayonnements infrarouge sortants) sont des facteurs de changement climatique. Le forçage radiatif (FR) quantifie les changements de flux d'énergie causés par ces facteurs, en 2011 par rapport à l'ère préindustrielle. Un FR positif entraîne un réchauffement et un FR négatif un effet refroidissant. Les FR sont estimés sur la base de mesures in-situ et d'observations, des propriétés des GES et aérosols, et de modélisations représentant les processus observés.*

Il est également défini comme « le taux de transfert d'énergie par unité de surface, mesuré dans les hautes couches de l'atmosphère », exprimé en watt par mètre carré (W/m²) » (GIEC, 2013).

La Figure 2 présente l'estimation du forçage radiatif global en 2011, par rapport à ce qu'on peut modéliser de l'ère préindustrielle (l'année de référence ici retenue est 1750), ainsi que sur les années intermédiaires 1980 et 1950. La contribution de chaque composé émis, ainsi que des facteurs dont il est précurseur est donnée. Le niveau d'incertitude associé est indiqué sur la droite (VH : très élevé H : élevé, M : Moyen, L : bas).

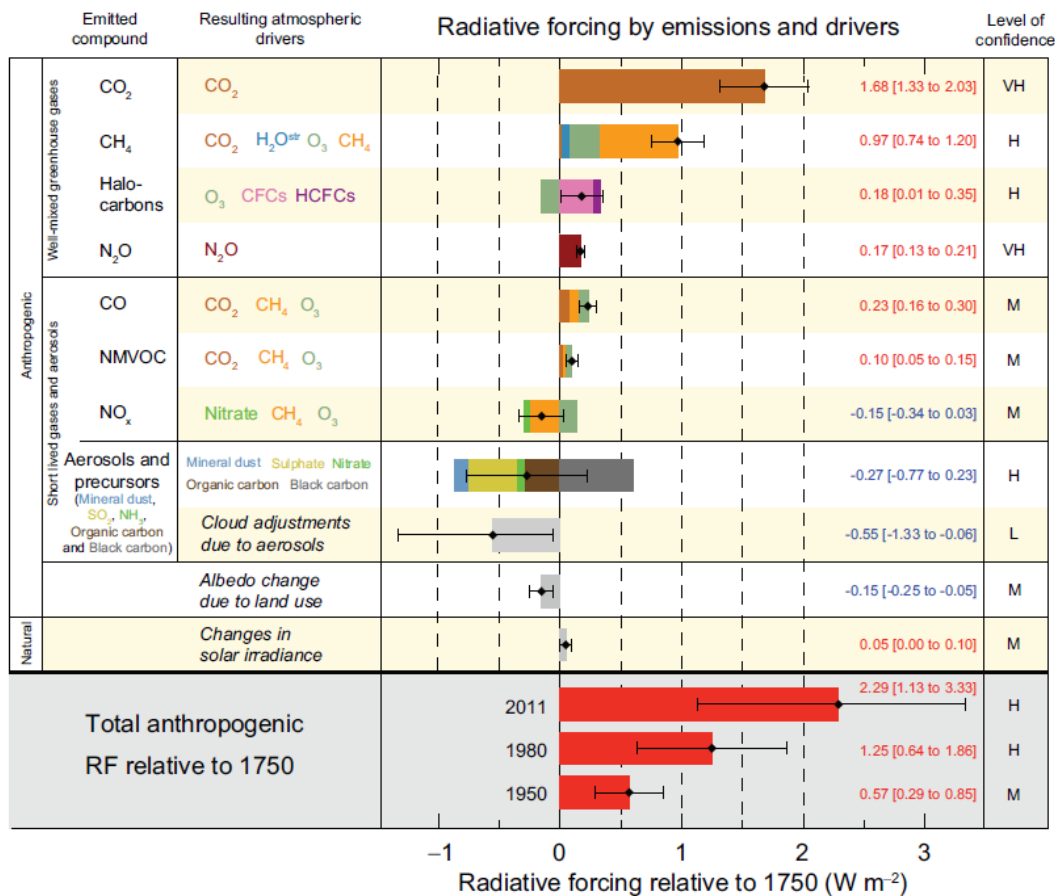


Figure 2 : Forçage radiatif des émissions anthropogéniques de GES entre 1750 et 2011 (GIEC., 2013)

2. Panorama des différentes métriques existantes

Les modèles climatiques utilisent directement les concentrations des GES : ils n'ont pas besoin d'un indicateur commun aux GES. Par contre, pour une raison de synthèse et de praticité, la comptabilité de GES utilise un indicateur commun qui permet de ramener les émissions de chacun des gaz à des « tonnes équivalent CO₂ », calculées à l'aide de métriques, dont les principales sont présentées ci-dessous.

2.1. Indicateur de la perturbation du bilan radiatif de l'atmosphère : le PRG

Le PRG (Potentiel de Réchauffement Global, ou GWP pour Global Warming Potential) est une mesure intégrée, définie comme le **forçage radiatif intégré d'un gaz** (comparativement au CO₂), entre le moment de l'émission et un horizon de temps choisi. Il traduit donc l'effet cumulé d'une émission d'un GES, jusqu'à un horizon de temps (même poids pour toutes les années).

Par convention, le PRG du CO₂ est défini à 1 et celui des autres GES est donné relativement à celui du CO₂.

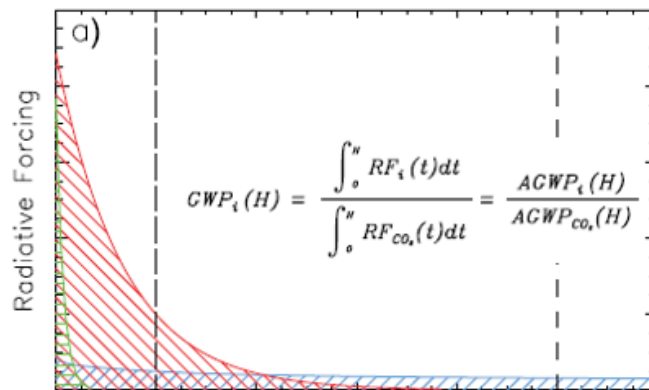


Figure 3 : Principe de calcul du PRG d'un gaz (IPCC, 2013)

Le **PRG à 100 ans** est la principale métrique utilisée pour quantifier les GES. C'est la métrique généralement considérée par défaut, par convention depuis le rapport IPCC de 1990. Ce rapport donnait déjà quelques avertissements quant à ce choix : « Il convient de souligner qu'il n'existe pas de méthodologie universellement acceptée pour combiner tous les facteurs pertinents en un seul potentiel de réchauffement global pour les émissions de gaz à effet de serre. Une approche simple a été adoptée ici pour illustrer les difficultés inhérentes au concept » (Houghton et al. 1990).

Cette métrique du PRG à 100 ans a également été retenue par l'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) pour les inventaires des émissions de gaz à effet de serre des pays signataires, dans le cadre des accords internationaux sur le climat. Son usage est également généralisé dans les bilans environnementaux et les analyses de cycle de vie, pour quantifier l'impact sur le changement climatique.

2.2. Indicateur de l'effet résultant sur la température : Le GTP

Le GTP (Global Temperature change Potential ; Shine et al. 2005) représente le **changement de température moyenne** de la surface de la terre à un horizon de temps choisi, induit par l'émission d'un gaz, comparativement à celui du CO₂ (référence). Il représente ainsi la réponse climatique en tenant compte de la force radiative et des durées de vie atmosphériques. Il traduit la température potentielle à une année donnée (sans poids pour les années antérieures ou postérieures).

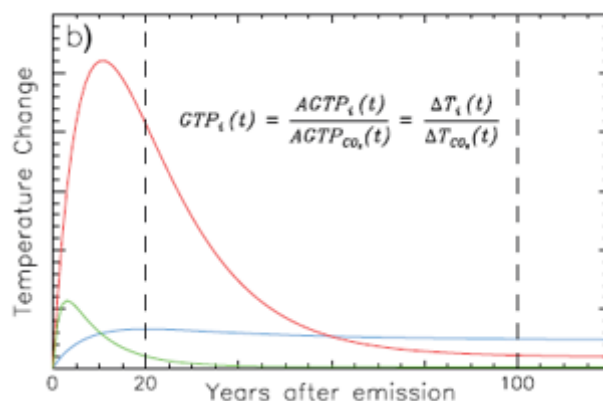


Figure 4 : Principe de calcul du GTP d'un gaz (IPCC, 2013)

2.3. Comparaison des effets sur le changement climatique mesurés par le PRG et le GTP

La Figure 5 permet de comparer l'effet des émissions des différents gaz à effet de serre en fonction de la métrique et de l'horizon de temps utilisés. Sur une échelle de temps courte, certains NTCF, en particulier le CH₄, ont des effets proches de celui du CO₂, que ce soit mesuré par le PRG ou le GTP. Sur les échelles de temps plus longues, quelle que soit la métrique, l'effet du CO₂ domine. La contribution du N₂O est quant à elle peu variable en fonction de la métrique retenue.

Cela suppose que les secteurs d'activité qui émettent beaucoup de CH₄ (élevage, déchets) apparaissent comme des contributeurs importants lorsque l'on considère une période de temps courte (10 ou 20 ans). Il faut noter que les secteurs qui ont le plus fort impact à long terme (énergie, industrie, transport) ont un effet de refroidissement à court terme (surtout par les émissions de SO₂). Il existe donc des effets contraires à court et long termes.

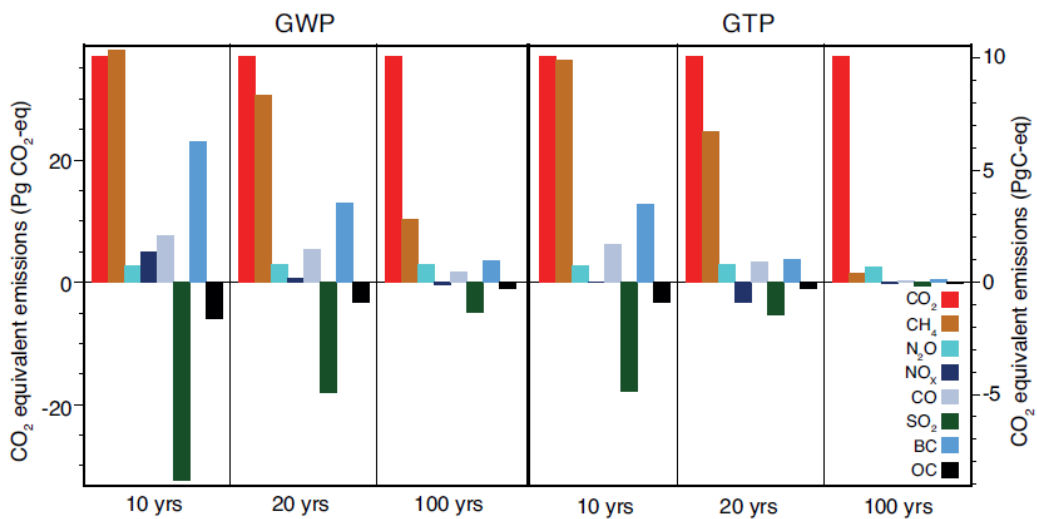


Figure 5 : Effet sur le changement climatique des principaux GES émis, en fonction de la métrique utilisée : GWP et GTP à 3 horizons de temps donnés (GIEC, 2013)

Le Tableau 1 compile les valeurs des GWP et GTP rencontrés au travers des différents rapports du GIEC et publications qui ont suivi. Ainsi, le JRC, dans sa dernière méthode de caractérisation des impacts en ACV, EF 3.0 (pour Environmental Footprint) propose des adaptations du PRG par rapport aux coefficients du GIEC 2013 (Fazio et al., 2018).

PRG

	IPCC 2007			IPCC 2013				IPCC 2013 as updated by Gasser et al., 2017			Gasser et al., 2017 (complete update)						Munoz & Schmidt (2016)		Fazio et al., 2018
	20		500	20		100		20	50	100	20		50		100		20	100	100
	avec / sans CCF	sans CCF	sans CCF	sans CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	avec CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	sans CCF	avec CCF
CO2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N2O	289	298	153	264	268	265	298	269	289	283	257	255	275	273	269	267	-	-	298
CH4	72	25	7.6	84	86	28	34	86	52	31	96	96	57	57	34	34	-	-	-
CH4 fossile	-	-	-	85	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85.40	30.50	36.75
CH4 biogenic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.65	27.75	34

GTP

	IPCC 2013						IPCC 2013 as updated by Gasser et al., 2017			Gasser et al., 2017 (complete update)						Munoz & Schmidt (2016)			
	20		50		100		20	50	100	20		50		100		20	50	100	
	avec / sans CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	avec CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	avec CCF	sans CCF	sans CCF	sans CCF	
CO2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-
N2O	277	284	282	-	234	297	285	304	258	282	279	286	283	244	241	-	-	-	
CH4	67	70	14	-	4	11	70	18	5	65	66	16	18	8	9	-	-	-	
CH4 fossile	68	-	15	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.90	16.80	6.80	
CH4 biogenic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.15	14.05	4.05	

Tableau 1 : Valeur des PRG et GTP avec et sans Carbon-Climate Feedback (CCF), selon les différents rapports du GIEC (2007, 2013), Munoz & Schmidt (2016) et Gasser et al. (2017)

Le 5^{ème} rapport du GIEC (Myrhe et al., 2013) précise que PRG et GTP peuvent être utilisés pour **quantifier** et **communiquer** les contributions absolues et relatives au changement climatique des émissions de différents gaz, et de secteurs ou pays. Il existe cependant une **grande incertitude** sur chacune des mesures (plus grande pour GTP) et aucune des deux métriques ne rend compte du phénomène de manière complète. Des limites persistent en effet (effets indirects, effet rebonds).

Ainsi, le choix de la métrique et de l'horizon de temps dépendent de l'objet de la quantification, et de l'effet du changement climatique à considérer. Ce choix est donc fonction des objectifs politiques ou stratégiques de l'évaluation réalisée, en lien avec le type d'effet considéré et la période de temps.

2.4. GWP*

L'effet de réchauffement du CO₂ et du N₂O (durée de vie longue) est déterminé par l'effet cumulatif des émissions jusqu'à une date donnée, alors que celui du CH₄ (durée de vie courte) est plutôt déterminé par le niveau d'émissions de méthane au cours d'une décennie que par son historique. Des travaux récents de l'université d'Oxford (Allen et al., 2018, Lynch J., 2019), proposent ainsi une alternative au PRG et au GTP, avec le GWP* (GWP-star) qui reflète l'équivalence entre un niveau d'émission de méthane et les émissions cumulatives de CO₂ en termes de réponse sur la climat.

Les auteurs ne remettent pas en cause le fait qu'une molécule de CH₄ dans l'atmosphère a un impact de réchauffement global plus important que le CO₂ (forçage radiatif). Ils expliquent cependant, qu'en raison de leur durée de vie très différentes, la relation entre une émission donnée de méthane et sa concentration dans l'atmosphère est très différente de celle existant pour le CO₂ : schématiquement, à niveau d'émissions constant, il y a un effet cumulatif beaucoup plus important pour le CO₂, qui va mener à des concentrations plus importantes et donc à un plus fort effet sur le climat.

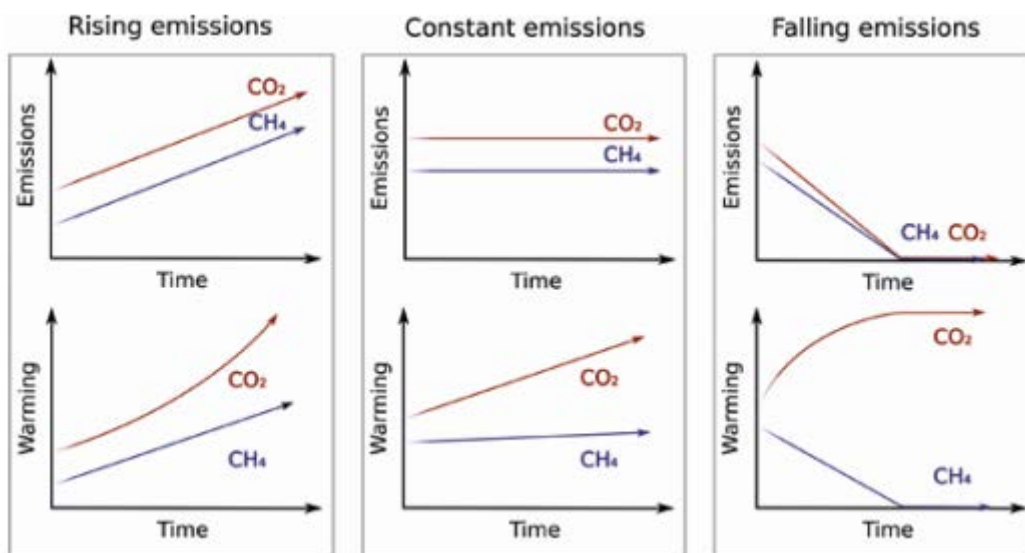


Figure 6 : Evolutions des émissions de CO₂ et CH₄ et réponse sur le réchauffement climatique (Allen et al., 2018)

Le GWP* s'intéresse à un changement de niveau d'émission de méthane dans l'atmosphère, comparativement à une quantité totale de CO₂ (et autres GES de long terme). Cela suppose que les

émissions actuelles de CH₄ ne génèrent pas d'effet de serre supplémentaire. Les secteurs agricoles concernés sont les productions animales et en particulier les ruminants, et la culture de riz.

Bien que plusieurs communications récentes aient été faites sur ce nouveau concept et les fondements du calcul (y compris lors d'un symposium spécialisé dans le domaine agricole³), les nouveaux coefficients de correspondance entre les GES et le CO₂ n'ont pas été diffusés. Cette nouvelle métrique ne semble pas donc mûre pour une mise en application opérationnelle.

Précédemment, Sekiya & Okamoto (2010) avaient déjà proposé un indicateur alternatif au PRG, le CEWN (Carbon Dioxide Equivalent Warming Number), pour tenir compte de la durée de vie des gaz à effet de serre.

3. Préconisations

3.1. GIEC

Dans ses guidelines parues en 1996 et 2006, le GIEC préconisait d'utiliser le PRG 100 ans, en rappelant qu'il s'agit d'une convention, et qu'il n'y a pas de raison objective de retenir cette métrique plutôt qu'une autre.

Dans ses nouvelles lignes directrices, le GIEC (2019) ne recommande plus de métrique spécifique pour calculer les émissions en équivalents CO₂. Il est estimé que le fait de choisir une métrique en particulier relève de décisions politiques, prises par exemple dans le cadre d'accords internationaux.

Methods are provided for estimating emissions (and removals as appropriate) for each gas in mass units. It does not recommend any specific metrics (e.g., GWP values) to calculate emission estimates in CO₂ equivalent units. Some guidance (e.g., key category analysis) suggests calculation of emission estimates in CO₂ equivalent, for which inventory compilers may use any metrics that are designed to convert greenhouse gas emissions into CO₂ equivalent

Dans le rapport de 2013, il était déjà précisé que :

- Various metrics can be used to compare the contributions to climate change of emissions of different substances. The most appropriate metric and time horizon will depend on which aspects of climate change are considered most important to a particular application. No single metric can accurately compare all consequences of different emissions, and all have limitations and uncertainties. The Global Warming Potential is based on the cumulative radiative forcing over a particular time horizon, and the Global Temperature Change Potential is based on the change in global mean surface temperature at a chosen point in time. Updated values are provided in the underlying Report. {8.7}

Toutefois, dans le rapport du GIEC 2019, les quantifications ont été réalisées en retenant les PRG de 2013 à 100 ans sans effet rebond (CO₂ = 1 ; N₂O = 265 ; CH₄ = 28 ; CH₄ fossile = 30).

3.2. Inventaires nationaux d'émissions

Selon les décisions prises à ce jour par la Conférence des Parties (COP) et conformément à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CNUCC ; lignes directrices

³ The role of ruminants is sustainable diets - Correctly assessing the nutritional and environmental implications of ruminant livestock. Organized by the Belgian Association of Meat Science and Technology & International Dairy Federation. 21 June, Brussels, Belgium

relatives à l'établissement des communications nationales des Parties visées par l'annexe I de la Convention, document FCCC/CP/2013/10), les émissions anthropiques de GES des pays signataires des accords internationaux sont reportées en équivalent CO₂ en utilisant les PRG de ces différents gaz tels que définis par le GIEC dans son rapport de 2007 (CO₂ = 1 ; N₂O = 298 ; CH₄ = 25).

Les nouvelles valeurs de PRG produites par le 5e rapport du GIEC (2013), ne sont pas encore entérinées par la COP pour la comptabilisation des émissions de GES dans le cadre des inventaires des Parties à la CCNUCC.

3.1. En ACV

3.1.1. Les recommandations du Life Cycle Initiative

Le Life Cycle Initiative, partenariat multi-acteurs publics et privés, coordonné par l'ONU-Environnement, constitue une interface entre les experts et utilisateurs de l'approche cycle de vie. Dans ses guidelines (Levasseur et al., 2016, UNEP, 2016), il est recommandé pour l'évaluation des impacts sur le changement climatique :

- de considérer 2 types de catégories d'impact :
 - l'une représentant les impacts à l'échelle d'une décennie (plus court terme), en utilisant le **PRG à 100 ans**
 - l'autre représentant les impacts à l'échelle du siècle (plus long terme), en utilisant le **GTP à 100 ans** ;
- d'utiliser comme métriques les PRG et GTP à 100 ans du 5^{ème} rapport de l'**IPCC (2013)** ;
- d'utiliser les métriques qui incluent le **Climate-Carbon Feedback (CCF) pour tous les GES** ;
- de s'intéresser aux impacts sur le changement climatique liés aux gaz ayant un effet de court terme (NTCFs), dont les gaz de courte durée de vie (tel que le CH₄) au travers d'une **analyse de sensibilité** ; les PRG à 20 ans peuvent alors être utilisés comme métrique alternative pour évaluer les effets à court terme.

Table 7.1: Characteristics of the environmental life cycle impact category indicators recommended, their domain of applicability and the level of recommendation

Impact category and subcategory	Cause-effect description	Indicator retained - Position in the cause effect chain Metric Unit	Factors of influence - Considered, spatial resolution Archetypes Time horizon	Domain of applicability	Level of recommendation
Climate change impacts					
Shorter-term climate change (rate of climate change, impacts related to the adaptation capacity of humans and ecosystems)	Cumulative radiative forcing	Global warming potential (GWP) kg CO ₂ e (short)	Global 100 years	No restrictions	Strongly recommended
Long-term climate change (long-term temperature increase and related impacts on ecosystems and humans)	Instantaneous temperature	Global temperature change potential (GTP) kg CO ₂ e (long)	Global 100 years	No restrictions	Strongly recommended

Figure 7 : Extrait des recommandations du Life Cycle Initiative pour l'évaluation de l'impact sur le changement climatique (UNEP, 2016)

3.1.2. Dans la pratique, quelles sont les métriques utilisées ?

Quelques publications font état de travaux d'ACV intégrant une analyse de sensibilité concernant l'impact sur le changement climatique, sur l'horizon de temps considéré et/ou sur le type de métrique (PRG et GTP).

Peters & al. (2011), dans leur étude sur le secteur du transport ont conclu que :

- changer de métrique conduit à des conclusions différentes sur les stratégies de réduction à privilégier (entre GES, entre long/court terme)
- la question des métriques est un point qui devrait être discuté dans la communauté ACV, aussi important que d'autres choix méthodologiques

Iordan et al. (2016) ont réalisé ce type d'analyse sur un cas de production de biogaz et Mourra et al. (2013) sur la capture de CO₂ dans une centrale à charbon.

Lynch (2019), sur le cas de la production de viande bovine, préconise que les ACV de produits agricoles présentent des émissions de GES de manière désagrégée, plutôt qu'un indicateur unique en équivalent CO₂. Sur la base d'une revue bibliographique, il observe que trop peu de publications permettent de remonter à l'inventaire des GES. Le changement de métrique, en passant de PRG 100 ans à GTP 100 ans, peut donner des positionnements différents d'un système de production à l'autre. Ici, des différences (non significatives statistiquement) apparaissent entre les systèmes d'alimentation basés sur l'herbe et les autres : ils sont moins performants avec le PRG 100 et deviennent plus performants avec le GTP 100.

Ces changements de positionnement entre systèmes alimentaires lors d'une modification de métrique (PRG 100 et GTP 100) ne sont pas observés par Reisinger et al. (2017) pour les élevages laitiers en Nouvelle Zélande. Cependant, des différences de positionnement importantes apparaissent entre systèmes de production dans certains cas, notamment en fonction du niveau de dépendance aux intrants. Ces auteurs souhaitent plus de transparence quant à l'effet des métriques utilisées, qui peuvent orienter des choix de décideurs politiques ou de consommateurs vers des options inappropriées.

De manière plus générale, dans d'autres études sur les évaluations de quantités de GES émises, par un territoire ou un secteur, il est davantage d'usage d'utiliser les PRG à 100 ans qui sont utilisés pour la réalisation des inventaires nationaux au moment des quantifications. Ainsi, dans l'étude nationale sur les réductions des GES de l'agriculture, Pellerin et al. (2013) ont utilisé les PRG à 100 ans du GIEC datant de 1995, qui étaient alors utilisés par le Citepa pour la réalisation des inventaires français d'émissions. Actuellement, le Citepa utilise la version de 2007 des PRG à 100 ans. Ils sont également intégrés dans plusieurs outils de calculs de bilans en agriculture (dont l'outil de Climagri de l'ADEME et le logiciel CAP2ER pour les bilans environnementaux en élevage de ruminants).

4. Conclusions

On observe actuellement que différentes métriques sont utilisées en fonction du domaine d'application : PRG à 100 ans, version 2007, dans des outils de bilans GES et dans les inventaires nationaux ; PRG à 100 ans, version 2007 ou 2013, dans les méthodes ACV et références d'ACV publiées. D'un strict point de vue méthodologique, il serait souhaitable de converger vers une même version du PRG à 100 ans pour assurer la comparabilité des données. Toutefois, dans le cadre de décisions relevant des politiques publiques, il peut être intéressant d'évaluer les effets à plus court terme, ou au moins de vérifier dans quelle mesure les décisions et orientations peuvent être amenées à évoluer en fonction de la métrique utilisée.

Par ailleurs, les notions de GTP, de boucles de rétroaction et d'effet différencié pour le CH₄ biogénique semblent peu connues et peu intégrées dans les évaluations. Des échanges pourraient être engagés sur ces points entre les acteurs de la R&D française pratiquant l'ACV. Il serait utile de tester de manière exploratoire les nouvelles manières de faire et se les approprier, s'accorder sur un cadre commun, des bonnes pratiques et systématiser les calculs avec les différentes métriques permettant une analyse potentiellement différente des résultats. Cela pourrait se faire par exemple au travers de projets de recherche multi partenariaux, via des réseaux tels que les RMT ou la plate-forme Agribalyse.

5. Références bibliographiques

Allen R. M., Shine K. P., Fuglestvedt J. S., Millar R. J., Cain M., Frame D. J., Macey A. H., 2018. A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *npj Climate and Atmospheric Science* volume 1, Article number: 16 (2018)

Cherubini F., Fuglestvedt J., Gasser T., Reisinger A., Cavalett O., Huijbregts M.A.J., Johansson D.J.A., Jørgensen S.V., Raugei M., Schivley G., Strømman A., Tanaka K., Lasseur A., 2016. Bridging the gap between impact assessment methods and climate science. *Environmental Science & Policy*, Volume 64, October 2016, Pages 129-140

Fazio S., Biganzioli F., De Laurentiis V., Zampori L., Sala S., Diaconu E., 2018. Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, version 2, from ILCD to EF 3.0, EUR 29600 EN, European Commission, Ispra, 2018, ISBN 978-92-79-98584-3, doi:10.2760/002447, PUBSY No. JRC114822.

Gasser, T., Peters, G. P., Fuglestvedt, J. S., Collins, W. J., Shindell, D. T., and Ciais, P.: Accounting for the climate-carbon feedback in emission metrics, *Earth Syst. Dynam.*, 8, 235-253, <https://doi.org/10.5194/esd-8-235-2017>, 2017.

Houghton J.T., Jenkins G.J., Ephraums J.J. (Eds.), 1990. *Climate change: the IPCC scientific assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, UK (1990), pp 365.

Iordan C., Lousselet C., Cherubini F., 2016. Life-cycle assessment of a biogas power plant with application of different climate metrics and inclusion of near-term climate forcers. *Journal of Environmental Management*, Volume 184, Part 3, 15 December 2016, Pages 517-527

IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. & Tanabe K. (eds). Publié : IGES, Japon.

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I of the Fifth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Overview chapter. 15 p.

Levasseur A., Cavalett O., Fuglestvedt J.S., Gasser T., Jørgensen S.V., Raugei M., Reisinger A., Schivley G., Strømman A., Tanaka K., Cherubini F., 2016. Enhancing life cycle impact assessment from climate science: Review of recent findings and recommendations for application to LCA. Ecological Indicators, Volume 71, December 2016, Pages 163-174

Lynch J., 2019. Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production: A systematic review. Environmental Impact Assessment Review, Volume 76, May 2019, Pages 69-78.

Moura M.C.P., Castelo Branco D.A., Peters G.P., Salem Szklo A., Schaeffer R., 2013. How the choice of multi-gas equivalency metrics affects mitigation options: The case of CO₂ capture in a Brazilian coal-fired power plant. Energy Policy, Volume 61, October 2013, Pages 1357-1366

Munoz, I. and Schmidt, J.H., 2016. Methane oxidation, biogenic carbon, and the IPCC's emission metrics. Proposal for a consistent greenhouse-gas accounting. The International Journal of Life Cycle Assessment, 21:1069-1075.

Reisinger A., Ledgard S.F., Falconer S.J., 2017. Sensitivity of the carbon footprint of New Zealand milk to greenhouse gas metrics. Ecological Indicators, Volume 81, October 2017, Pages 74-82

Sekiya A., Okamoto S., 2010. Evaluation of carbon dioxide equivalent values for greenhouse gases: CEWN as a new indicator replacing GWP. Journal of Fluorine Chemistry, Volume 131, Issue 3, March 2010, Pages 364-368

UNEP, 2016. Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators. Volume 1. UNEP STAC Life Cycle Initiative. UNEP, Paris, France, 166 p.