Académie Agriculture – 4 novembre 2026

Effets multiples du méthane sur l'atmosphère : ses sources d'émissions, son évolution atmosphérique et ses impacts, les limites des métriques pour représenter cette complexité

Sophie Szopa

Directrice de recherche CEA au LSCE

Auteure Principale Coordinatrice GIEC AR6 WGI chapitre sur les composés à courte durée de vie

Membre du *Scientific Advisory Panel* de la (Climate and Clean Air Coalition CCAC)

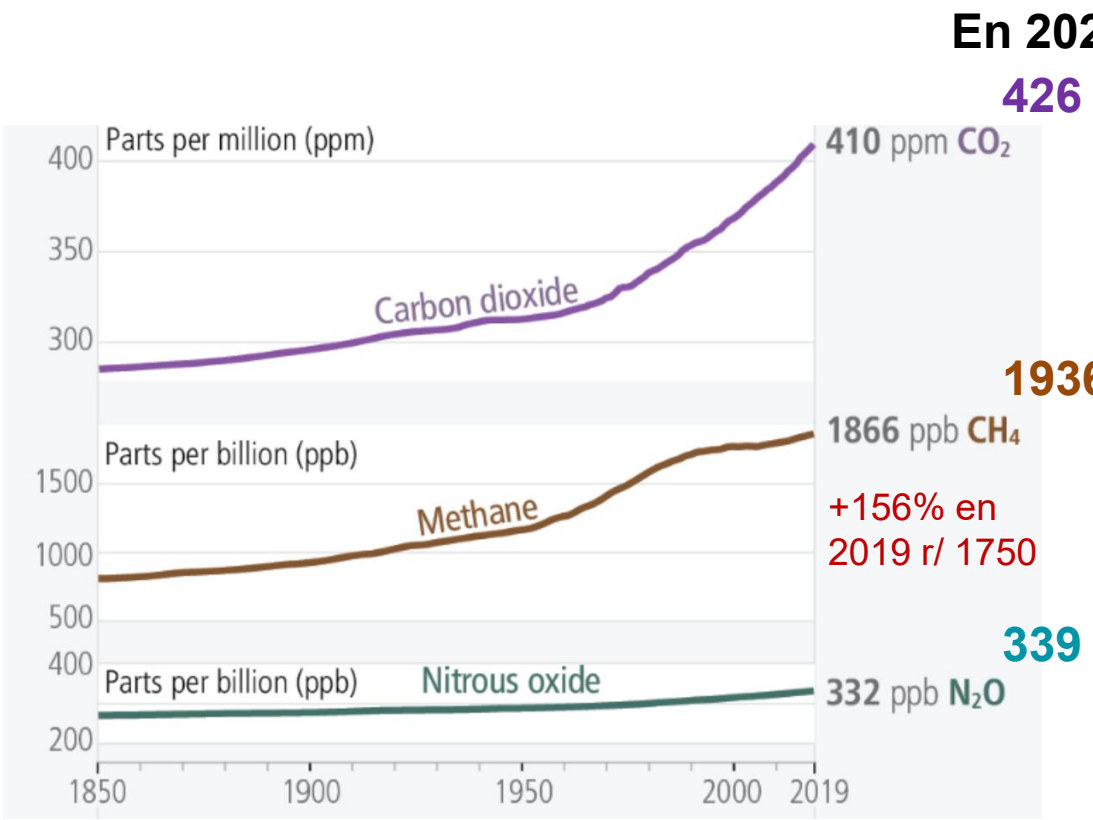
Co-présidente du rapport d'évaluation international de l'ozone troposphèrique (TOAR)

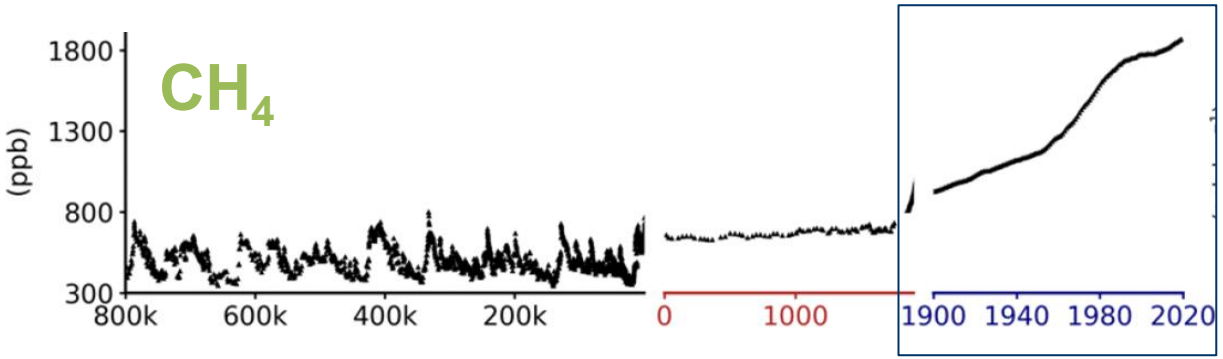
Co-présidente du comité national français sur les changements globaux (CNFCG)

LSCE

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

Les activités humaines sont responsables du réchauffement planétaire





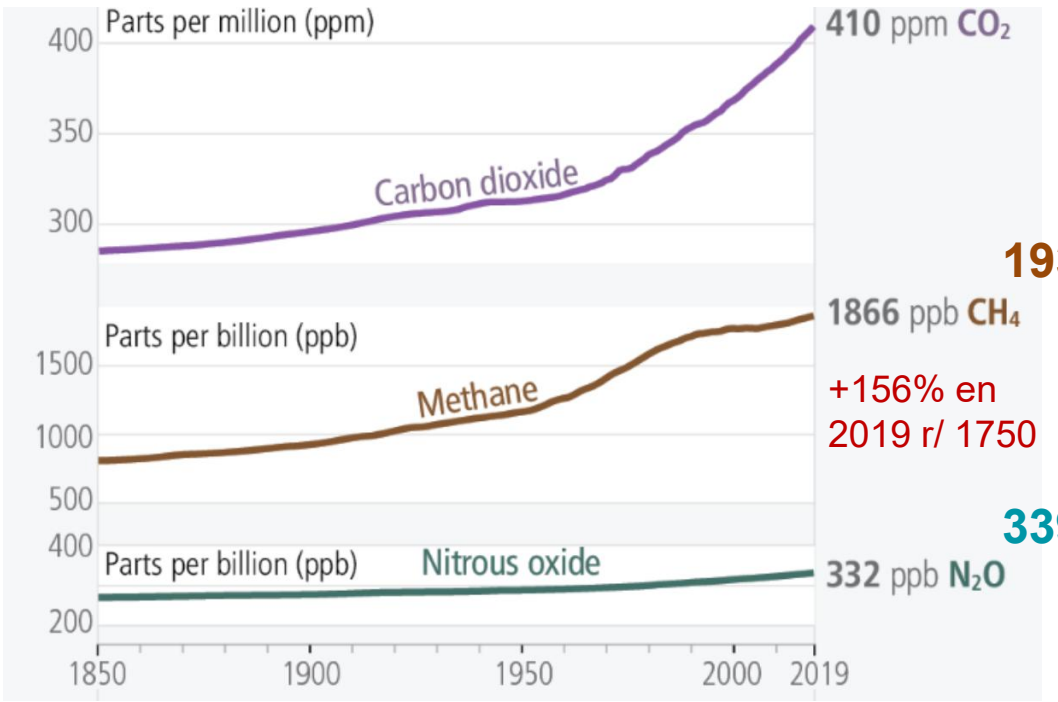
L'augmentation de la concentration en GES est inédite sur de longues échelles de temps

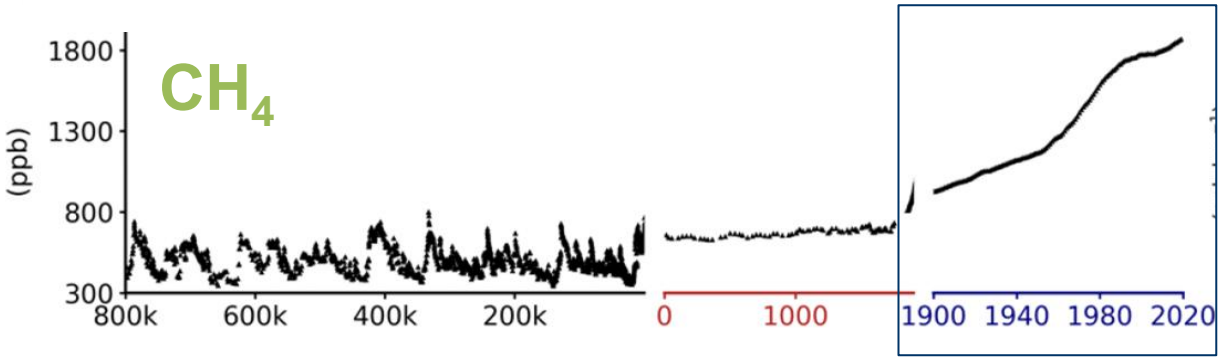
Source: IPCC AR6 WGI et Forster et al. 2026

Les activités humaines sont responsables du réchauffement planétaire

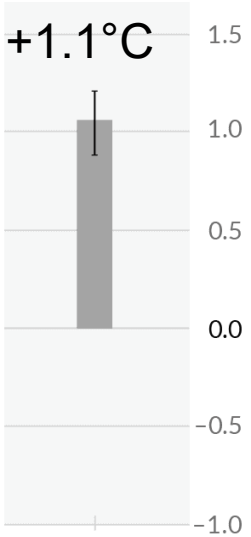
En 2025

426





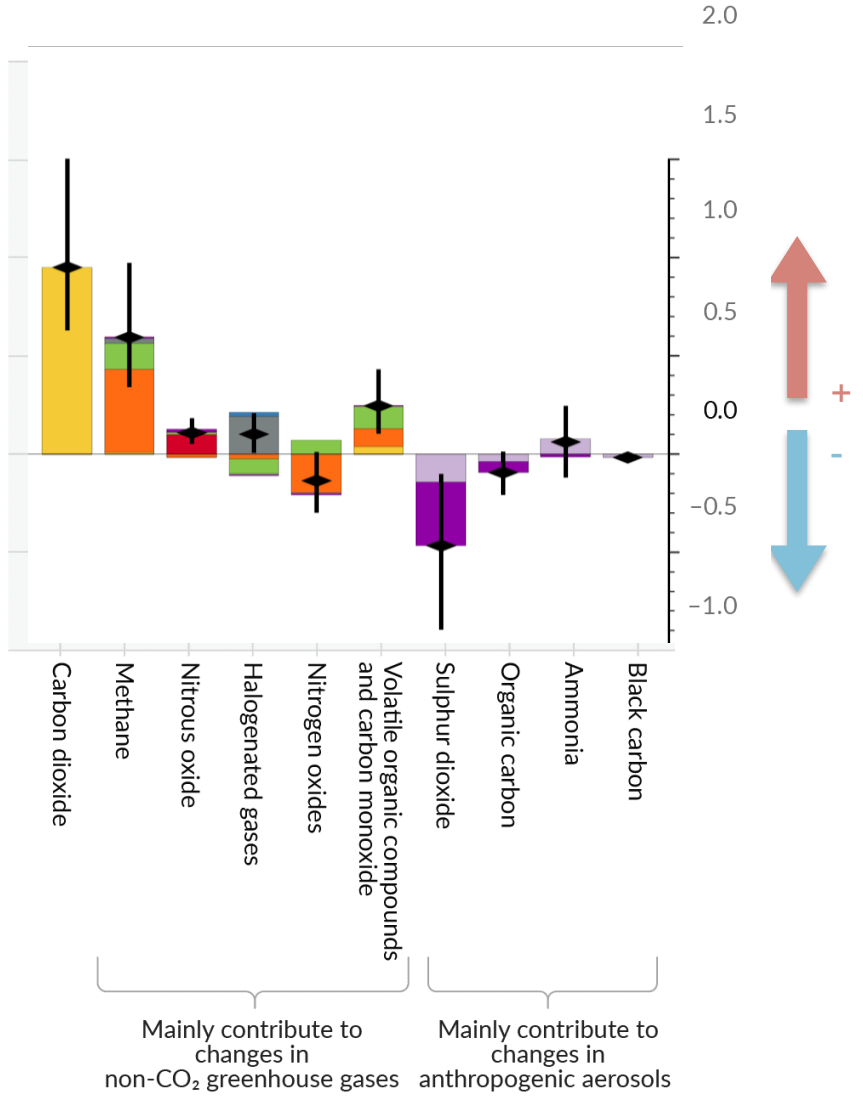
Pour le réchauffement observé sur la décennie 2010-2019



Contributions au réchauffement actuel des différents changements liés aux activités humaines

Lors de sa destruction chimique, le méthane produit de l'ozone qui contribue au réchauffement et détruit le radical à l'origine de son oxydation, augmentant son propre temps de vie

Contributions au réchauffement actuel des différents changements liés aux activités humaines entre 1750 et 2019

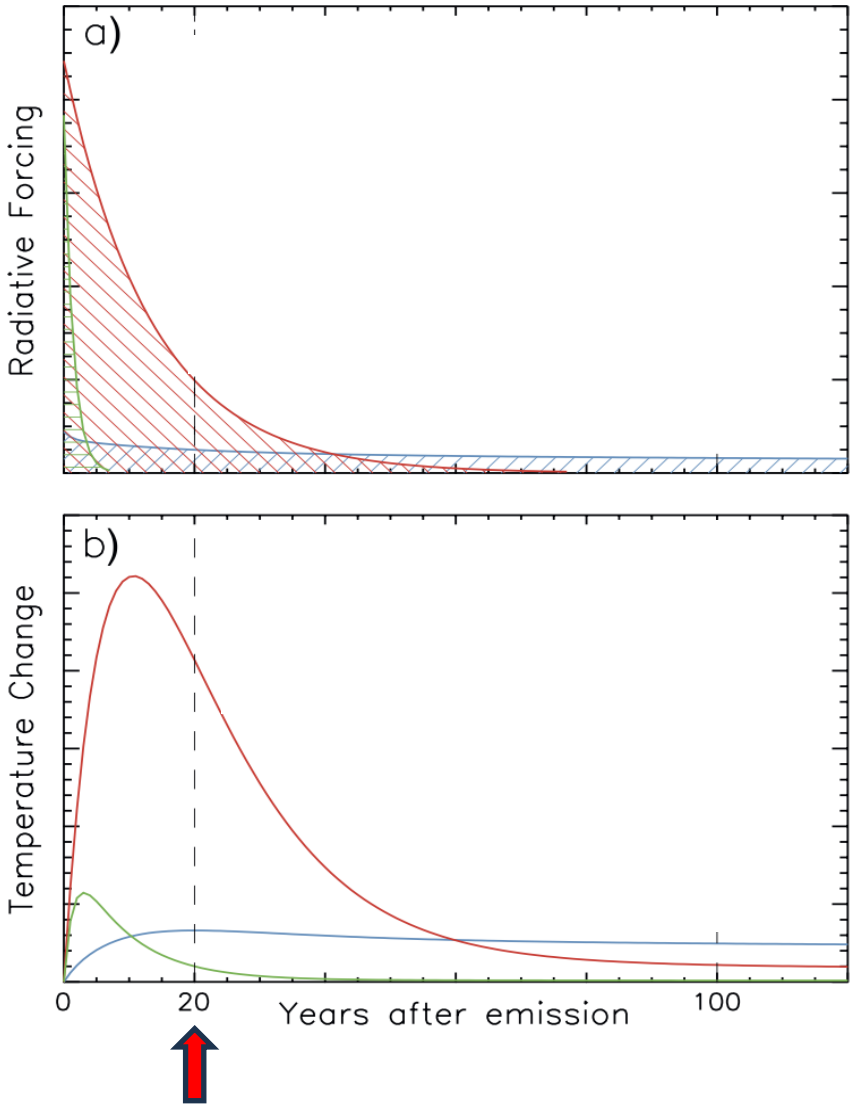


E-folding lifetime (chimie+sols) = 9,1 ans

Perturbation lifetime (inclus le changement des OH) = 11,8 ans

Source: IPCC AR6 WGI

L'effet sur la température perdure bien plus longtemps que le temps de vie d'un composé



20 ans après émission

Evolution du **forçage radiatif** de composés ayant des pouvoirs radiatifs et temps de vie différents (1,5 ans, **13 ans** ou CO_2) après un pulse d'émissions

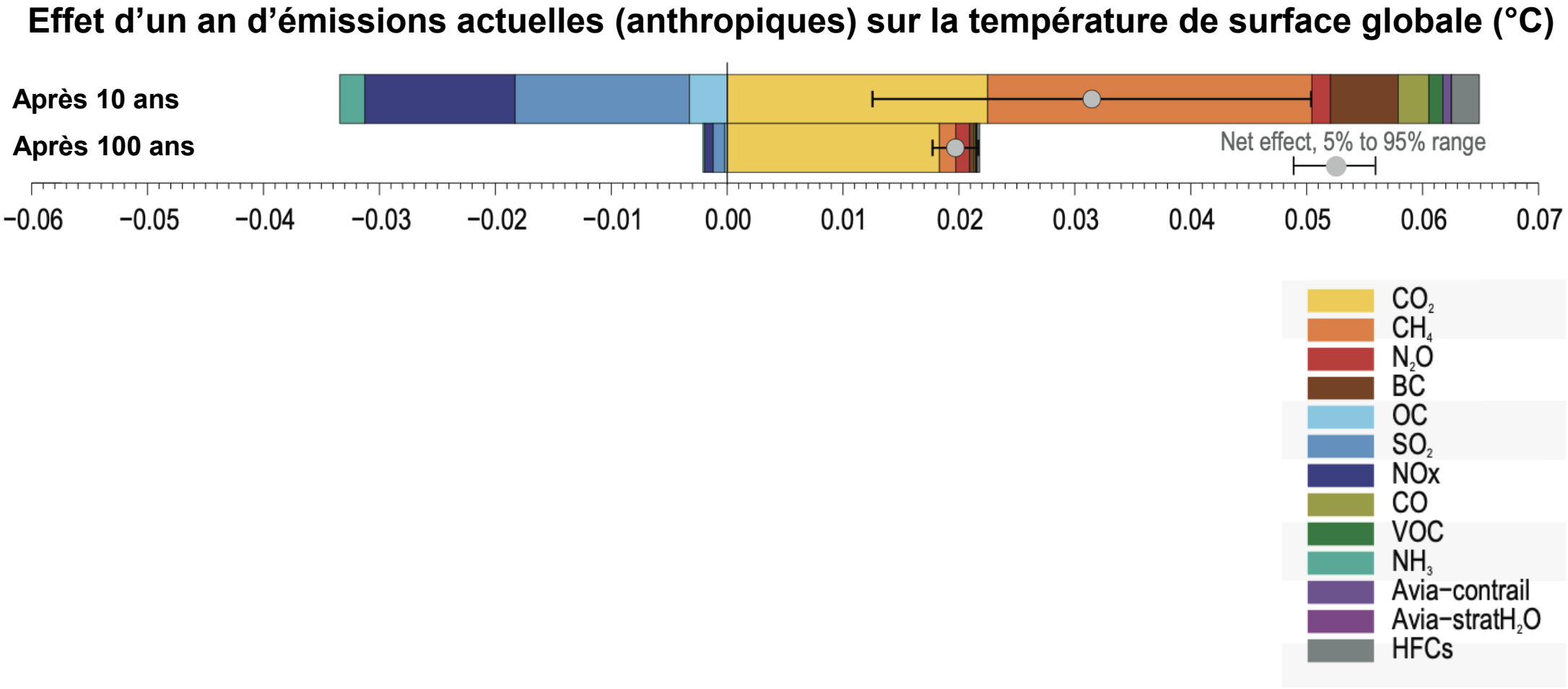
NB : le forçage s'exerce plus longtemps que le temps de vie

Evolution de leur **effet sur la température** de surface

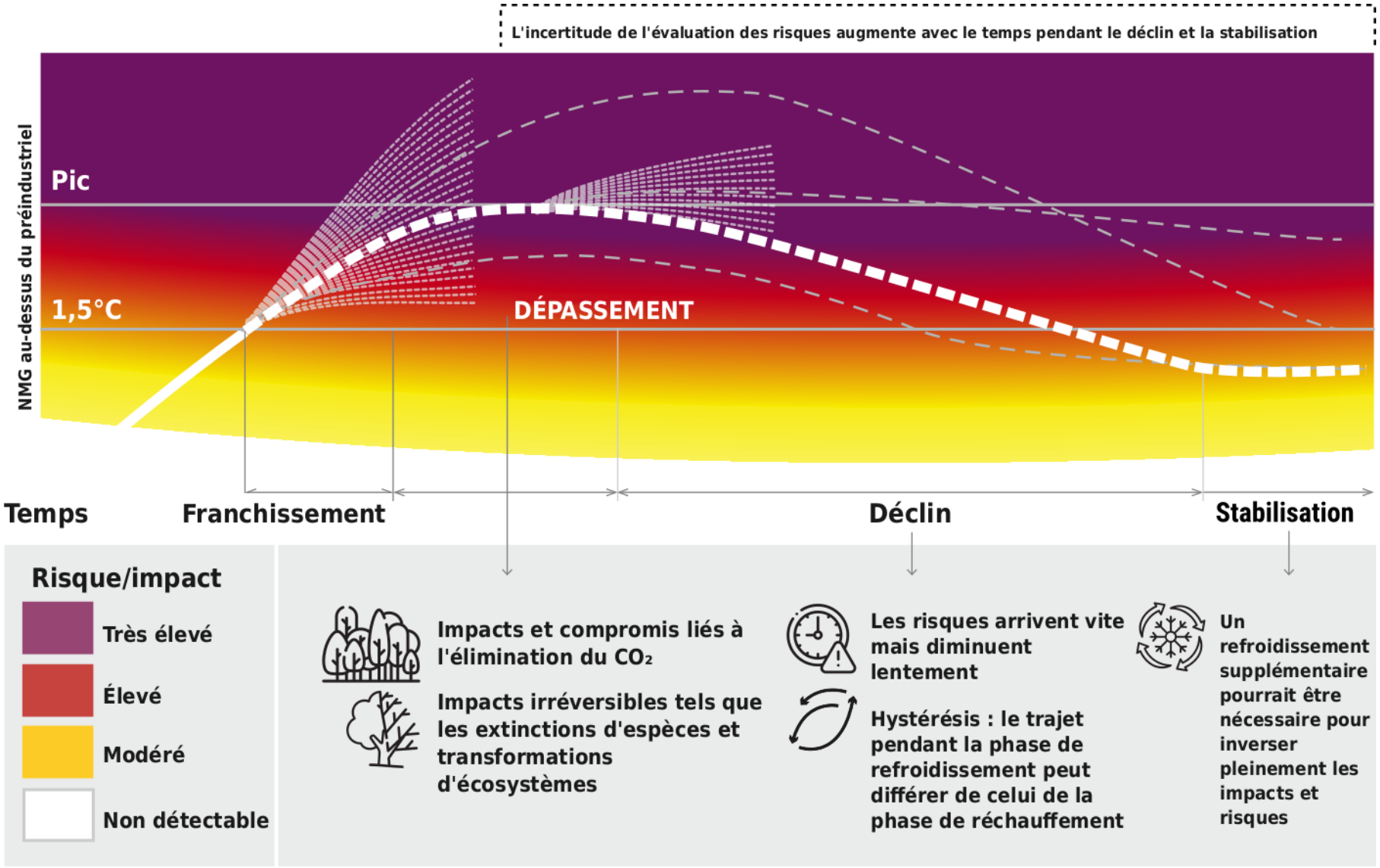
Pour espèce à temps de vie court, effet maximum ~équivalent au temps de vie mais un effet perdure bien au delà et dure plus longtemps que le forçage radiatif lui-même

Source: IPCC AR5 WGI Chapter 8

Le méthane a une durée de vie courte mais un fort pouvoir réchauffant



Agir sur le méthane permet de limiter le réchauffement à court terme

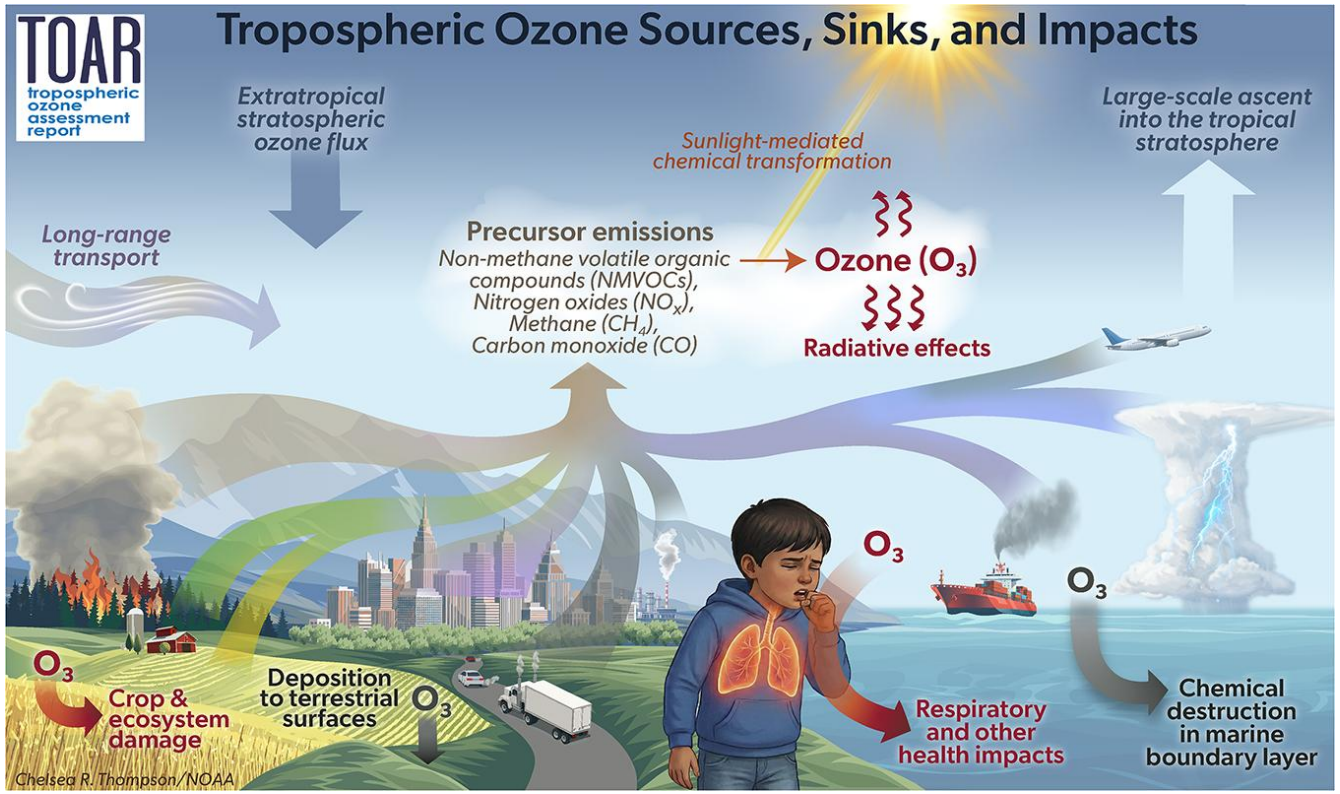


Essentiel pour limiter le « pic de réchauffement » avant stabilisation

Credit: Limiting Overshoot, UNEP 2026
Traduction non officielle

Le méthane affecte la qualité de l'air

Au travers de l'**ozone** qu'il produit lors de sa destruction chimique



Worden et al. 2026

L'ozone cause plus d'un million de morts prématurées par an et des millions de personnes sont affectées par des maladies chroniques

> L'ozone serait responsable de près de 17 000 morts prématurées en Europe chaque année. (Agence européenne de l'environnement)

L'ozone cause des pertes de rendements agricoles

> En 2010, la perte de rendement pour le blé tendre en France a été estimée à 15%.
> Près d'1 milliard d'euros pour le blé tendre, plus d'1 milliard d'euros pour les prairies et plus de 200 millions d'euros pour les pommes de terre (chiffres annuels). (INERIS)

L'ozone réduit la séquestration du carbone

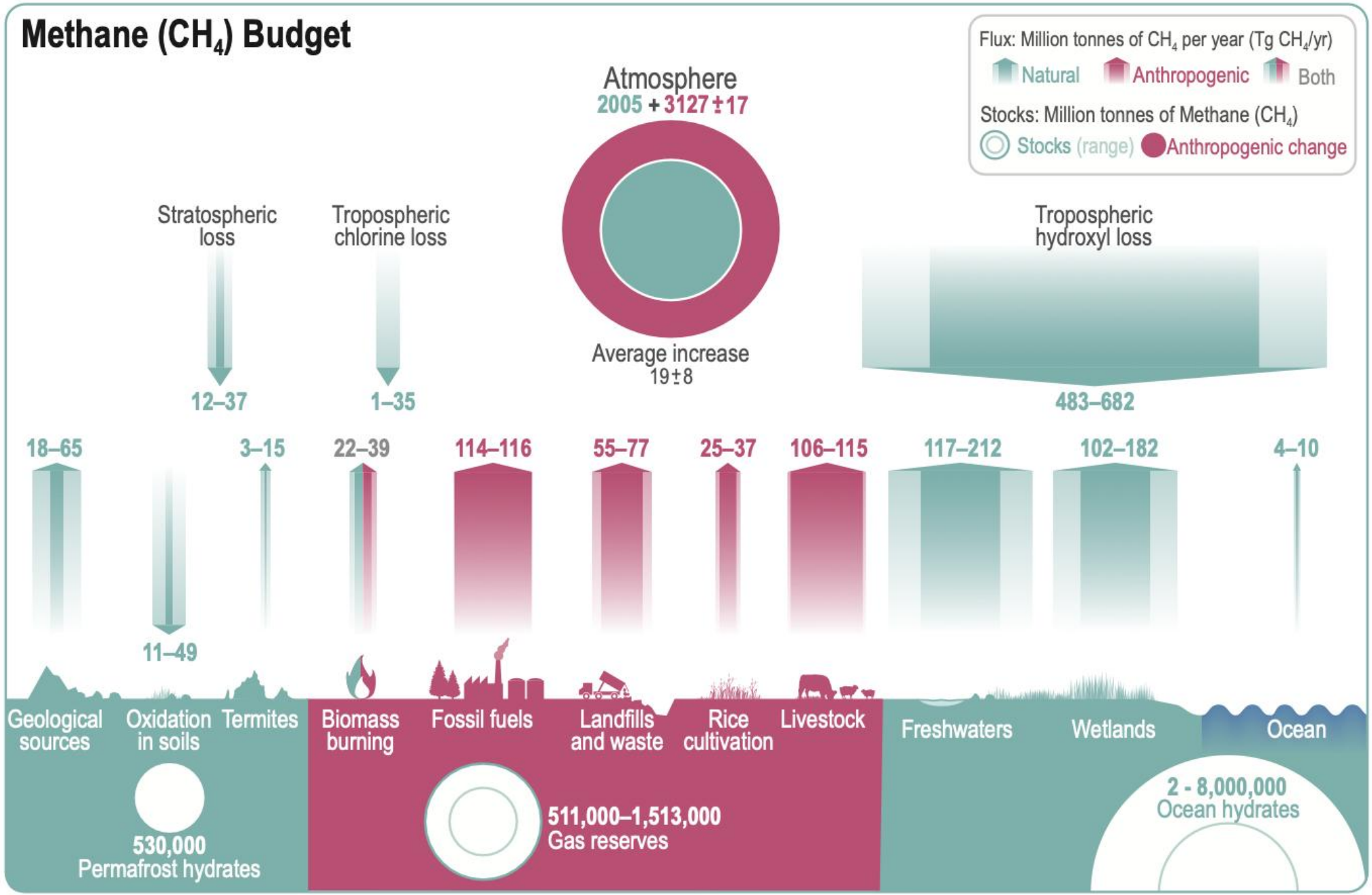
> En réduisant la photosynthèse des plantes il entraîne une réduction de la biomasse végétale et de la séquestration du C

L'ozone affecte l'efficacité des engrais et la teneur en azote des céréales

L'ozone réduit la qualité du fourrage pour le bétail

En France, l'ozone est l'un des rares polluants réglementés dont la concentration (de fond) ne baisse pas

Quelles sont les sources et puits de méthane?

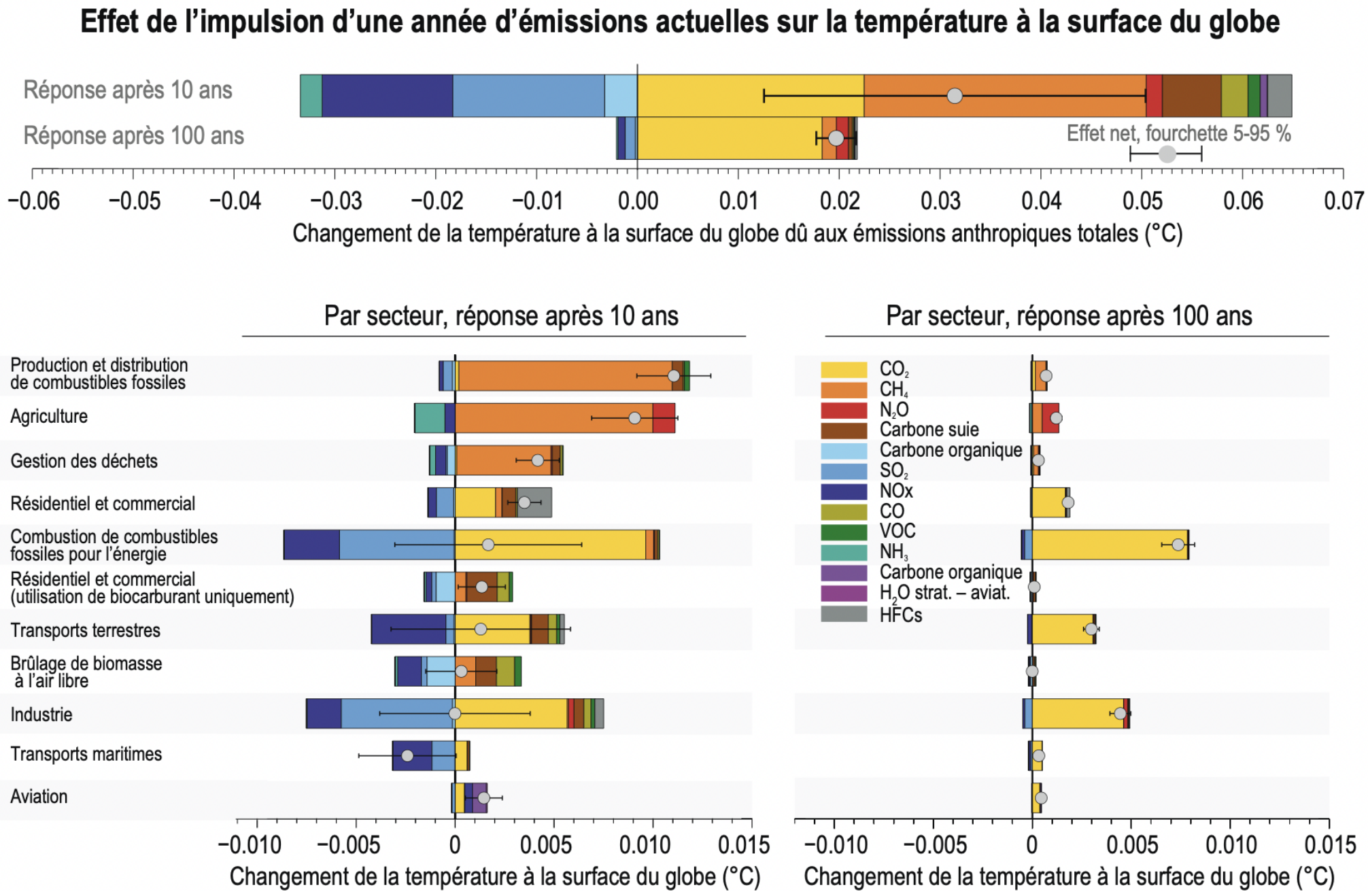


Budget mondial de methane (2008-2017)
GIEC, 2021

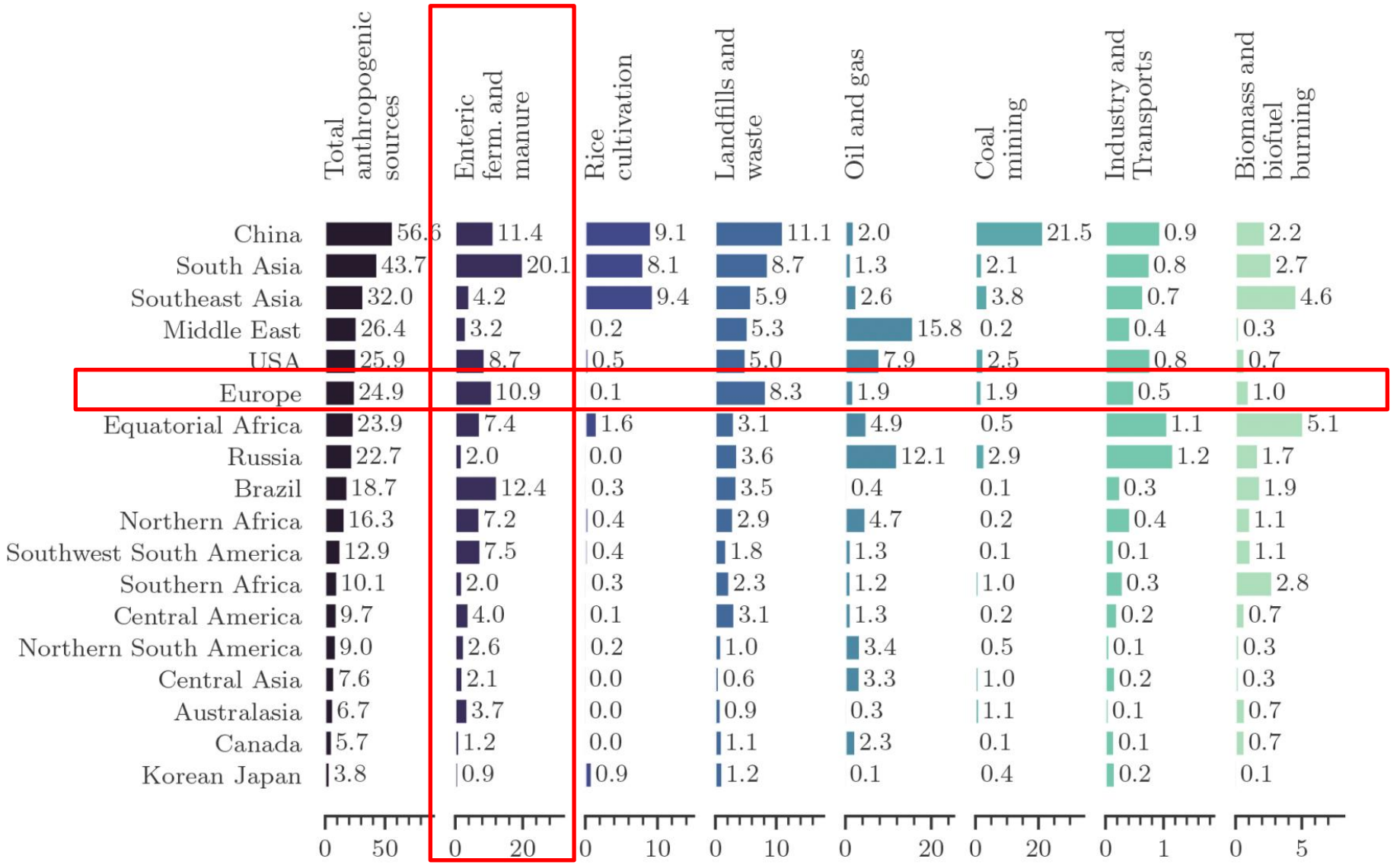
Emissions :
~40% naturelles

~ 60% anthropiques

Le méthane a une durée de vie courte (10 ans) mais un fort pouvoir réchauffant



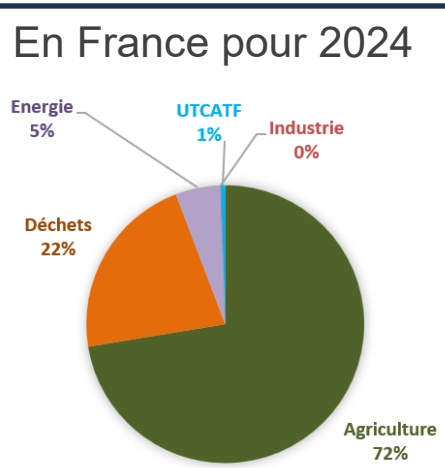
Emissions anthropiques de méthane par régions et secteurs



(Tg CH_4 par an) pour la décennie 2010-2019

(chaque catégorie a sa propre echelle)

Saunois et al. 2024

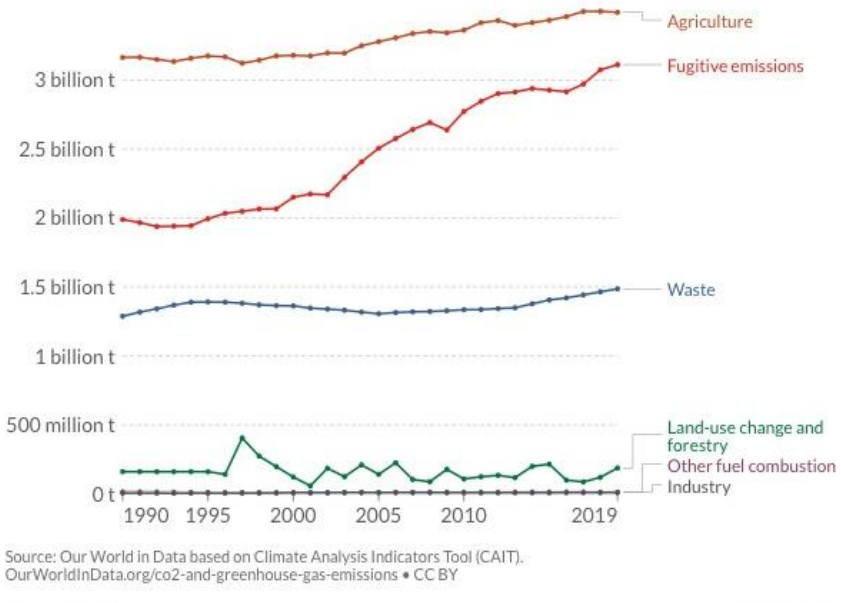


Source : Citepa, inventaire édition 2026

L'évolution des émissions sectorielles de CH_4 varie d'une région à l'autre

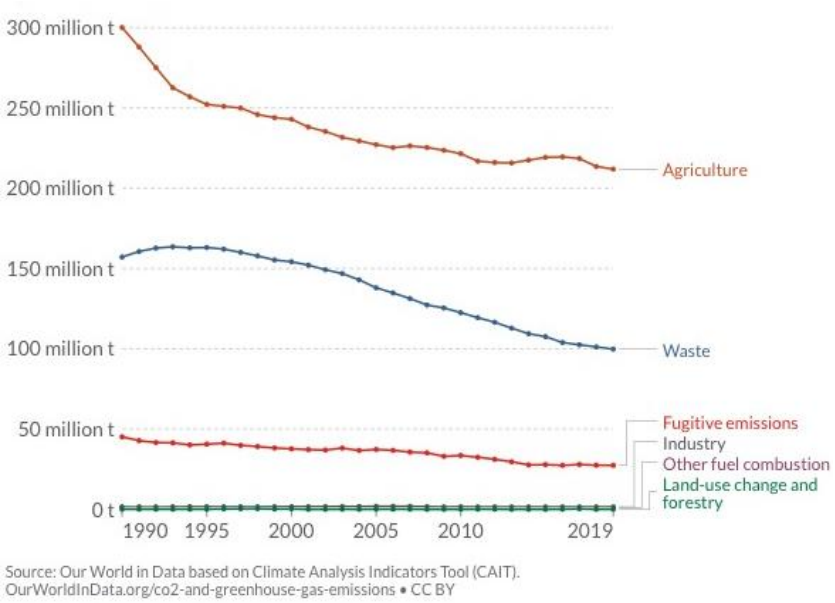
émissions méthane exprimées en equivalent CO_2)

Monde



Source: Our World in Data based on Climate Analysis Indicators Tool (CAIT).
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

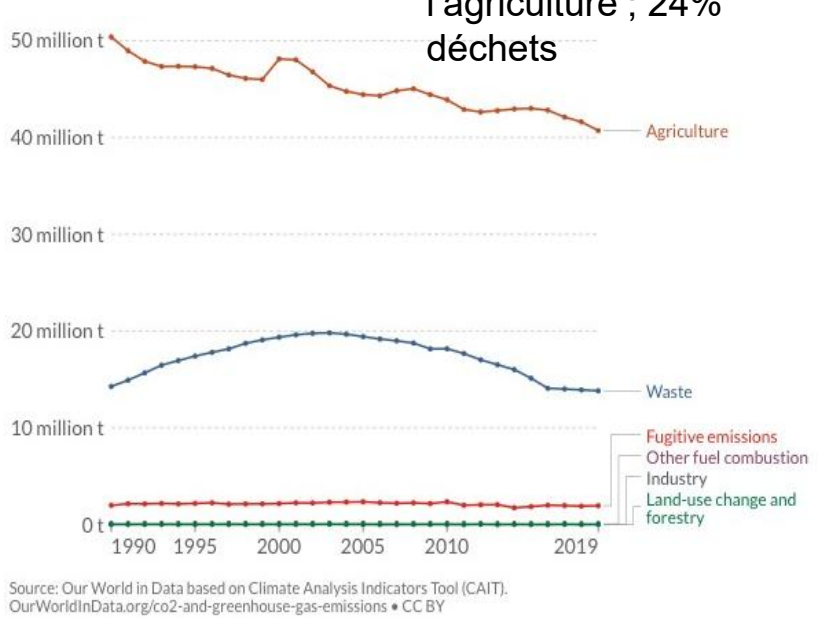
EU 27



Source: Our World in Data based on Climate Analysis Indicators Tool (CAIT).
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

France

2020 : 68% des émissions viennent de l'agriculture ; 24% déchets



Source: Our World in Data based on Climate Analysis Indicators Tool (CAIT).
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Forte augmentation des émissions liées à l'extraction des énergies fossiles +50% (2000)

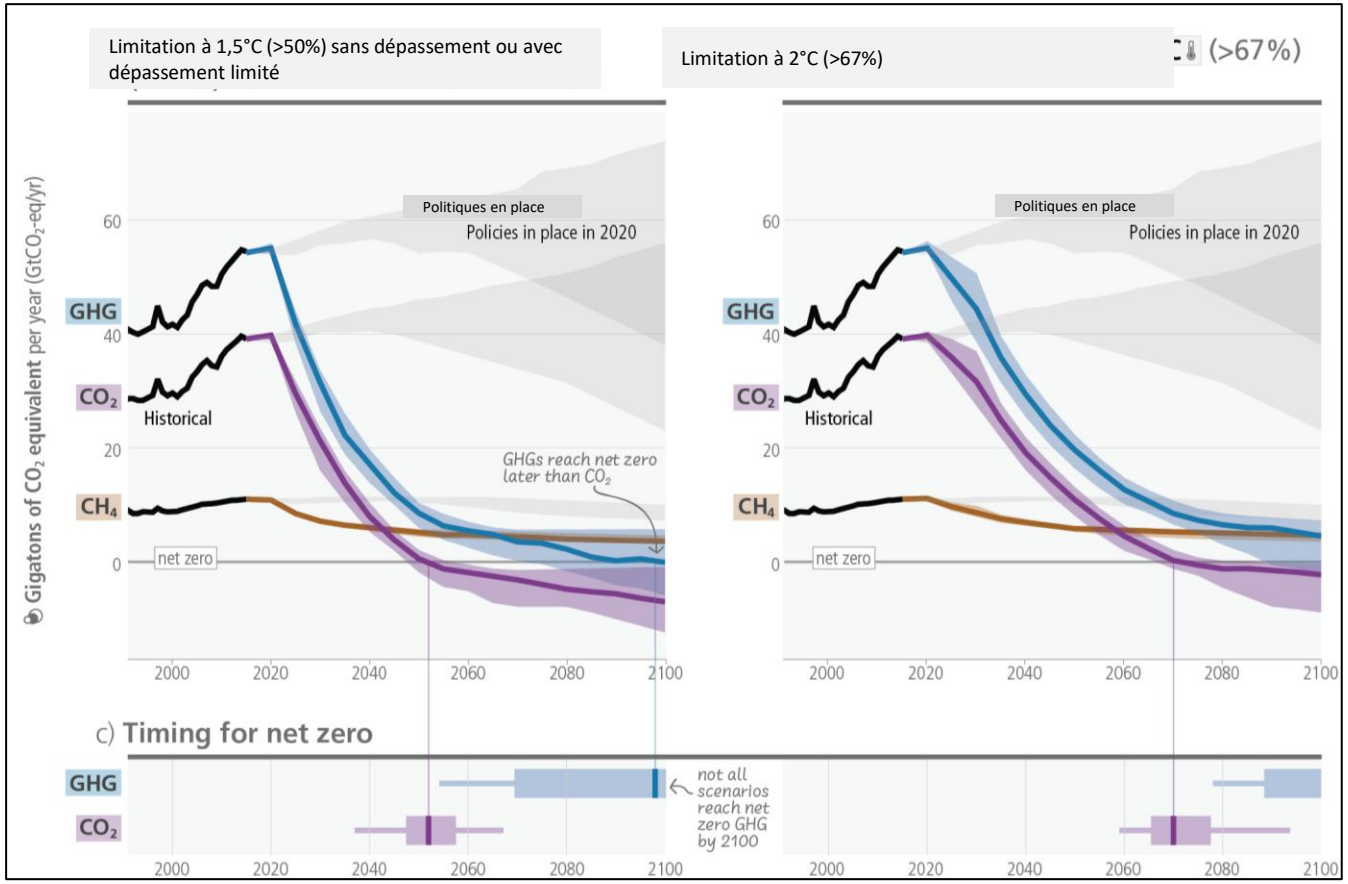
Augmentation continue dans le secteur agricole

Diminution des émissions (une des rares régions dans le monde)
Agriculture : -50% (PAC – intensification - diminution des cheptels)
Déchets : - 33% (Directive européenne 1999/31/EC sur la mise en décharge)
Energies fossiles : diminution exploitation charbon, remplacement réseaux distributions de gaz)

Agriculture : -20% (raisons idem EU)
Déchets : -30% depuis 2003 (raisons idem EU)
Energies fossiles : -10% (raisons idem EU)

Limiter le réchauffement à 2°C ou proche de 1,5°C demande des réductions immédiates, rapides et profondes des émissions de gaz à effet de serre

Les trajectoires qui limitent le réchauffement à des valeurs proches de 1,5°C atteignent net zero CO2 autour de 2050



-34% en 2030 r/ 2019 et - 44% en 2040

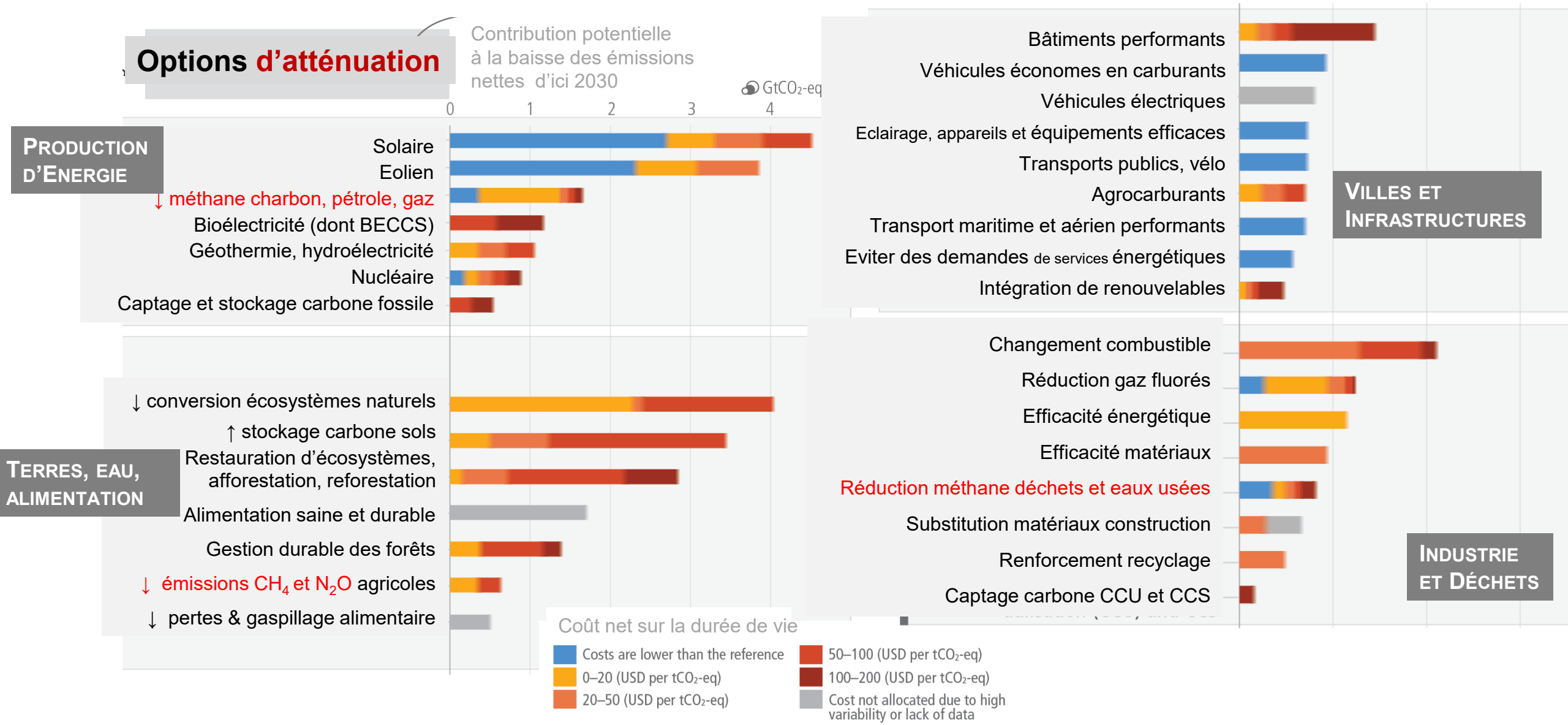
-24% en 2030 r/ 2019 et -37% en 2040

Les réductions des émissions de méthane, réduisent la probabilité de dépassement des limites de réchauffement

CH_4 emissions

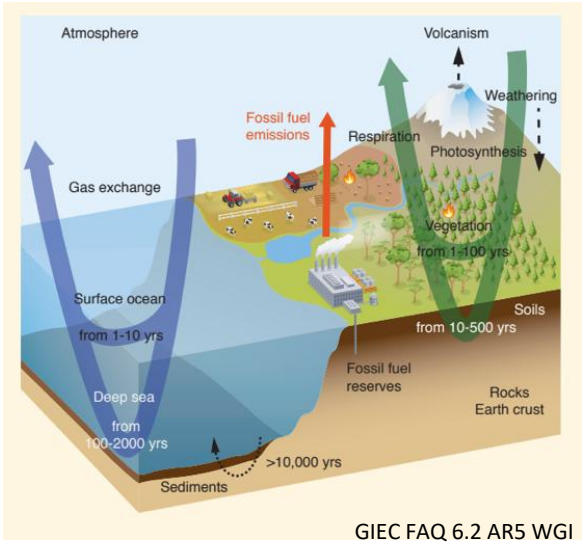
Dépasser un certain niveau de réchauffement induit un plus grand recours ultérieur aux émissions nettes négatives de CO_2
Ces émissions négatives reposent sur le déploiement de méthodes d'éliminations qui pose des questions de faisabilité, de soutenabilité et de risques

De nombreuses options d'actions faisables, efficaces et abordables sont disponibles maintenant pour réduire les émissions mondiales



Les métriques doivent capturer des réalités complexes mais différentes pour CO_2 et méthane (CH_4)

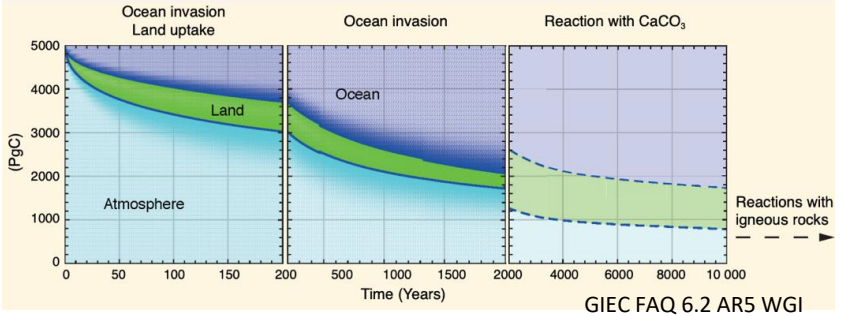
CO_2



GIEC FAQ 6.2 AR5 WGI

Temps de vie atmosphérique

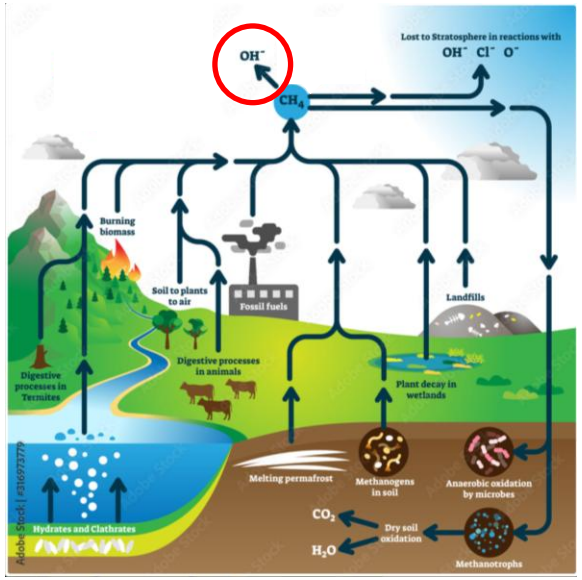
Décroissance atmosphérique de 5000 PgC de CO2 émis au temps zero et redistribution du CO_2 dans les réservoirs océan et terre



GIEC FAQ 6.2 AR5 WGI

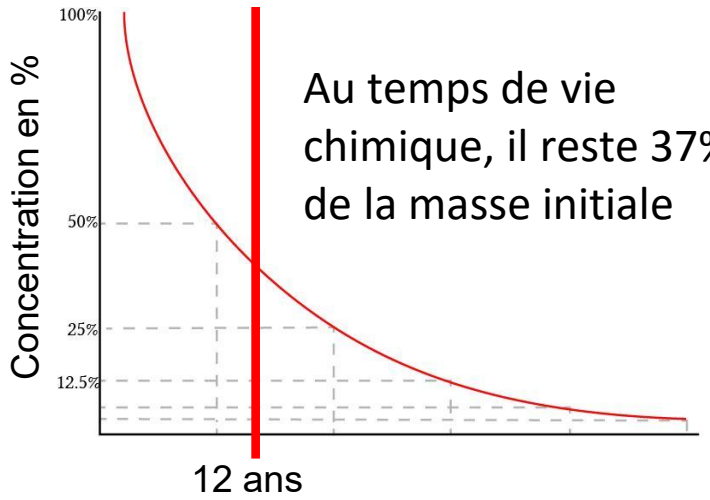
CO_2: Multiples temps caractéristiques
=> effet cumulatif : des émissions constantes conduisent à son accumulation dans l'atmosphère

CH_4



Méthane puits chimiques essentiellement OH
(et l'augmentation de méthane affaiblit son puits chimique)

Cinétique chimique d'ordre 1



Au temps de vie chimique, il reste 37% de la masse initiale

CH_4: temps de vie chimique : 12 ans
=> des émissions constantes maintiennent sa concentration constante dans l'atmosphère

Efficacité radiative

en W m^{-2}/ppb

1.3×10^{-5}

1 tonne de CH_4 capture 44x plus d'énergie dans l'atmosphère qu'1 tonne de CO_2

5.7×10^{-4}

L’usage de certains métriques peut conduire à proner un statu quo en en terme d’émissions de méthane

Species	Lifetime (Years)	Radiative Efficiency (W m^{-2} ppb^{-1})	GWP-20	GWP-100	GWP-500	GTP-50	GTP-100
CO_2	Multiple	$1.33 \pm 0.16 \times 10^{-5}$	1.	1.000	1.000	1.000	1.000
CH_4-fossil	11.8 ± 1.8	$5.7 \pm 1.4 \times 10^{-4}$	82.5 ± 25.8	29.8 ± 11	10.0 ± 3.8	13.2 ± 6.1	7.5 ± 2.9
CH_4-non fossil	11.8 ± 1.8	$5.7 \pm 1.4 \times 10^{-4}$	79.7 ± 25.8	27.0 ± 11	7.2 ± 3.8	10.4 ± 6.1	4.7 ± 2.9

Une distinction entre méthane fossile et non-fossile

Les métriques GWP* permettent de convertir une trajectoire d’émissions en trajectoire de réchauffement avec plus de fiabilité MAIS permettent de faire croire qu’une stagnation d’émissions revient à une baisse de CO_2 et sont utilisés pas les secteurs/pays les plus polluants pour justifier de leur stratégie de baisses réduites (voire stagnation) des émissions de méthane.



Illustration Rapport du Haut Conseil pour le Climat
ttps://www.hautconseilclimat.fr/publications/accelerer-la-transition-climatique-avec-n-systeme-alimentaire-bas-carbone-resilient-et-juste/

Conclusion

Le changement climatique impacte déjà de manière généralisée les systèmes humains et notamment l'agriculture et l'élevage (sècheresses, zoonoses, hyperthermie)

Au delà de 2°C de réchauffement mondial, la culture vivrière ne sera plus possible dans de nombreuses régions

Réduire le pic de réchauffement est essentiel et réduire les émissions de méthane est clé dans ce contexte

⇒ **La réduction du méthane est une stratégie gagnant-gagnant**

« Des réductions fortes, rapides et soutenues des émissions de méthane peuvent limiter le réchauffement à court terme et améliorer la qualité de l'air en réduisant l'ozone à la surface de la planète (*degré de confiance élevé*). » GIEC, WGI, SPM

Maintenir une ambition forte dans la réductions des GES est nécessaire pour limiter les effets du changement climatique et ses impacts

- Adopter des objectifs en matière de méthane alignés sur l'objectif de 1,5 °C de l'Accord de Paris, (réduction mondiale des émissions de méthane d'au moins 47 à 60 % d'ici 2050) et poursuivre « l'ambition la plus élevée possible »

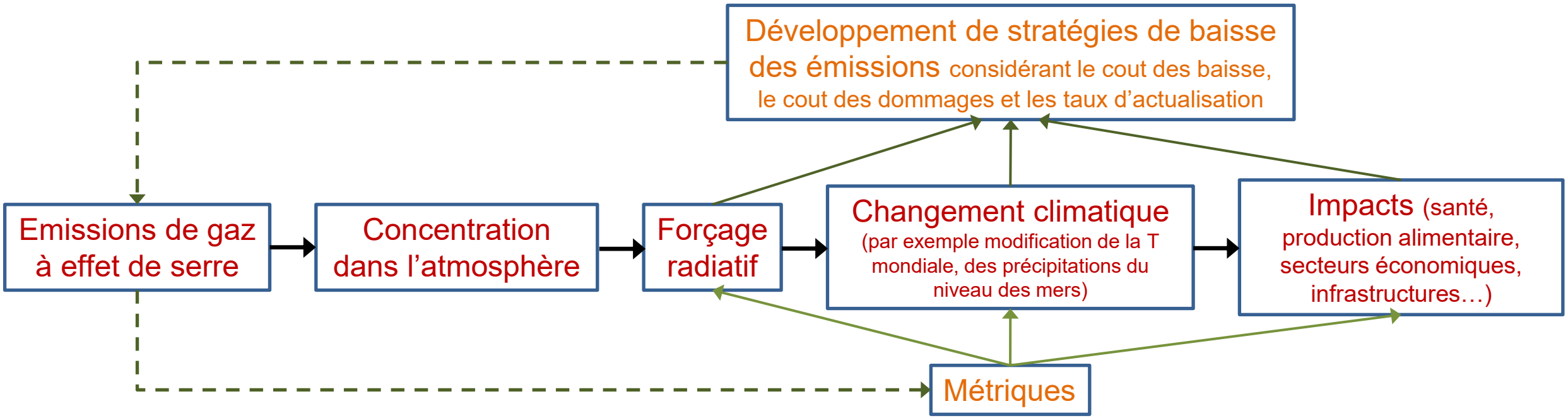
- Réaffirmer l'engagement mondial sur le méthane visant à réduire les émissions de méthane de 30 % d'ici 2030

S'engager à réduire les émissions de méthane en valeur absolue et à assurer la transparence des informations relatives à la chaîne d'approvisionnement

- Rejeter l'utilisation inappropriée du PRG*, notamment le recours à la « neutralité thermique » comme base pour les objectifs nationaux
- Aligner les rapports sur les gaz à effet de serre sur les méthodologies de la CCNUCC
- Mettre fin aux allégations trompeuses de « neutralité climatique » associées à des produits dont la production émet du méthane, tels que les denrées alimentaires ou le gaz fossile

Pourquoi créer des métriques?

Métriques d'émissions de GES = **informations simplifiées** sur les effets des émissions de différents GES sur divers aspects du climat, généralement exprimées en fonction de l'effet de l'émission de CO_2



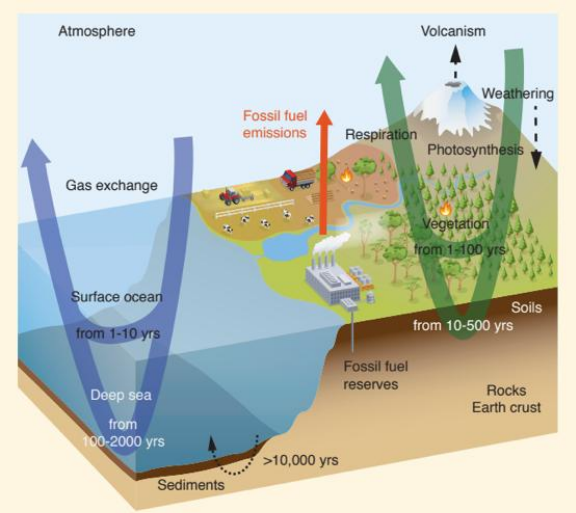
Il existe de nombreuses métriques

- Métriques d'émission reliant l'impact climatique en réponse à une émission ponctuelle de méthane
- Métriques d'émissions reliant l'impact climatique en réponse à une variation des émissions de méthane
- Coût social du méthane

Adapté du Chapitre 8 AR5 GIEC

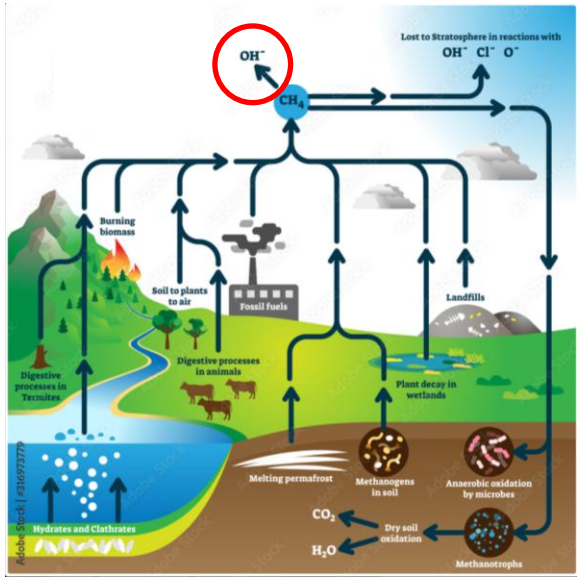
Les métriques doivent capturer des réalités complexes mais différentes pour CO_2 et méthane (CH_4)

CO_2



GIEC FAQ 6.2 AR5 WGI

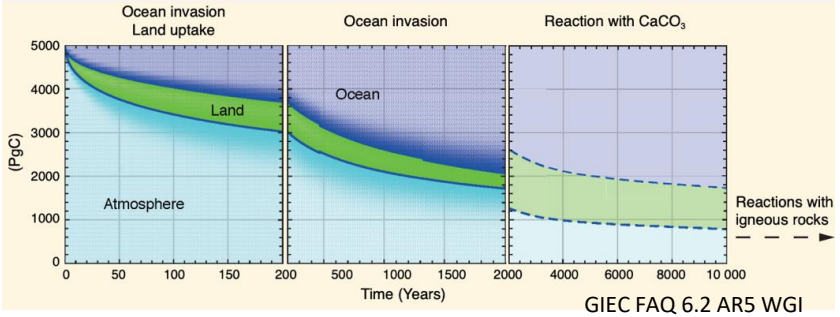
CH_4



Méthane puits chimiques essentiellement OH
(et l'augmentation de méthane affaiblit son puits chimique)

Temps de vie atmosphérique

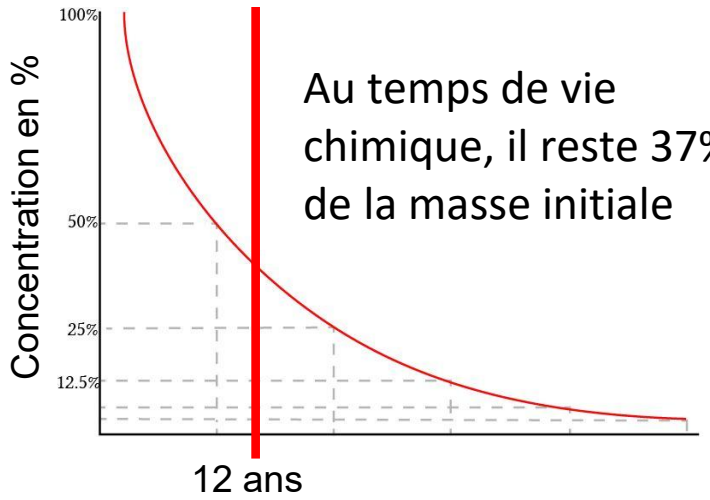
Décroissance atmosphérique de 5000 PgC de CO2 émis au temps zero et redistribution du CO_2 dans les réservoirs océan et terre



GIEC FAQ 6.2 AR5 WGI

CO_2: Multiples temps caractéristiques
=> effet cumulatif : des émissions constantes conduisent à son accumulation dans l'atmosphère

Cinétique chimique d'ordre 1



CH_4: temps de vie chimique : 12 ans
=> des émissions constantes maintiennent sa concentration constante dans l'atmosphère

Efficacité radiative

en W m^{-2}/ppb

1.3×10^{-5}

1 tonne de CH_4 capture 44x plus d'énergie dans l'atmosphère qu'1 tonne de CO_2

5.7×10^{-4}

Les métriques doivent capturer des réalités complexes mais différentes pour CO_2 et méthane (CH_4)

Temps de vie atmosphérique

CO_2

CO_2: Multiples temps caractéristiques => effet cumulatif : des émissions constantes conduisent à son accumulation dans l'atmosphère

CH_4

CH_4: temps de vie chimique : 12 ans => des émissions constantes maintiennent sa concentration constante dans l'atmosphère

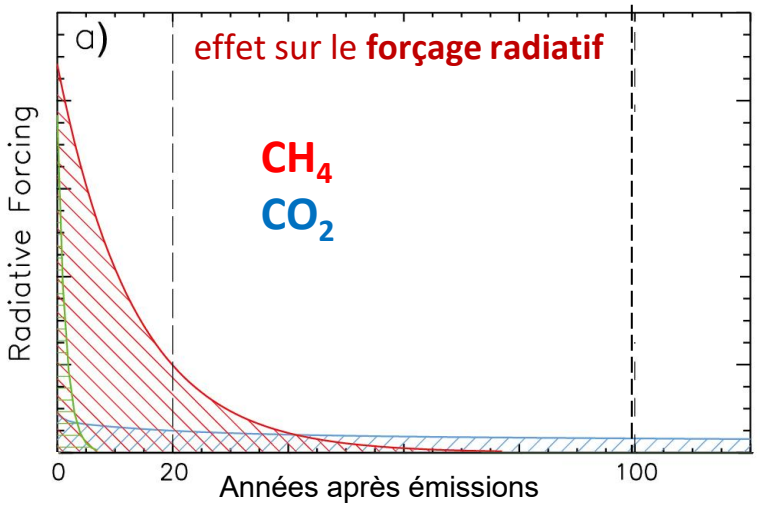
+

Efficacité radiative
en W m^{-2}/ppb

1 tonne de CH_4 capture 44x plus d'énergie dans l'atmosphère qu'1 tonne de CO_2

=>

après une émission ponctuelle de CO_2 ou CH_4



Myhre et al., 2013, GIEC AR5 – Chap 8

Les métriques doivent capturer des réalités complexes mais différentes pour CO_2 et méthane (CH_4)

Temps de vie atmosphérique

CO_2

CO_2: Multiples temps caractéristiques => effet cumulatif : des émissions constantes conduisent à son accumulation dans l'atmosphère

CH_4

CH_4: temps de vie chimique : 12 ans => des émissions constantes maintiennent sa concentration constante dans l'atmosphère

+

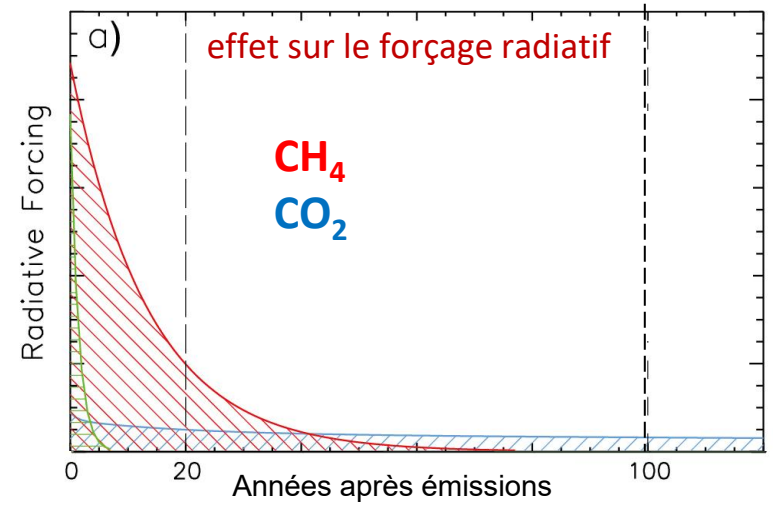
Efficacité radiative

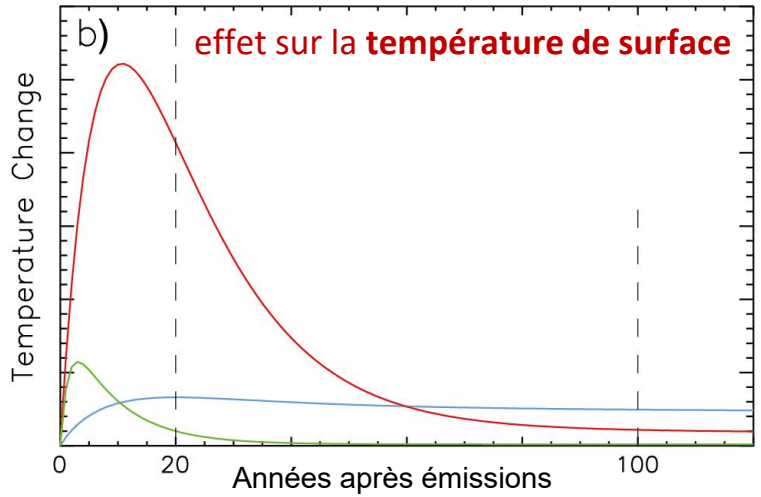
en W m^{-2}/ppb

1 tonne de CH_4 capture 44x plus d'énergie dans l'atmosphère qu'1 tonne de CO_2

=>

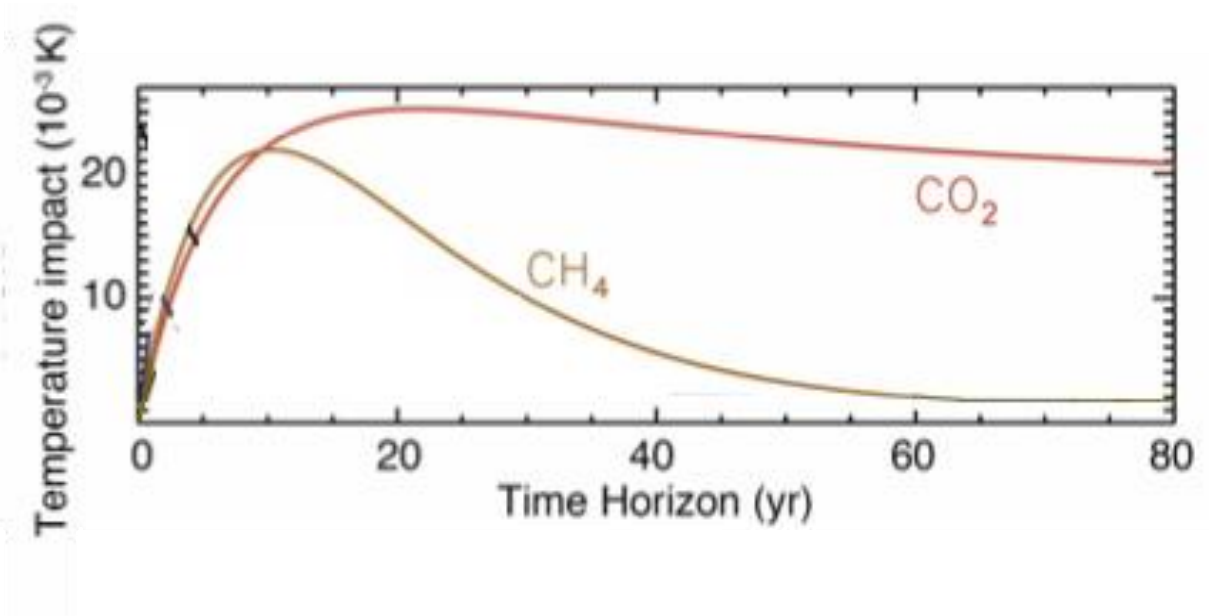
En conséquence,
après une émission ponctuelle de CO_2 ou CH_4
l'évolution de leur effet sur le climat est très différent





Myhre et al., 2013, GIEC AR5 – Chap 8

Le méthane, un composé à court temps de vie

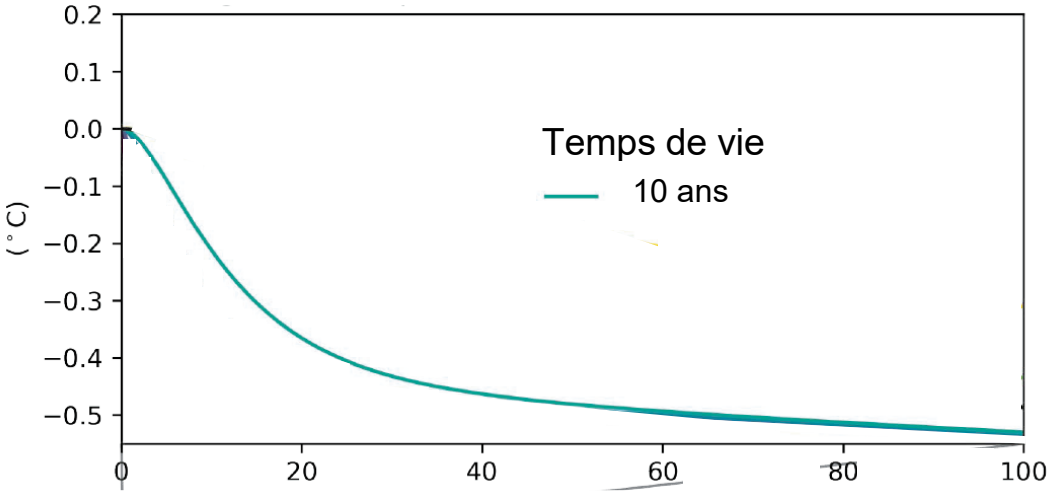


Réponse de la température de surface de l'air à une injection instantanée d'émissions

Adapté de WGI AR5 chapitre 8

mais des conséquences sur le climat qui perdurent au-delà de son temps de vie

Une baisse des émissions se traduit rapidement par une baisse de concentration (contrairement au CO_2)



Réponse de la température de surface de l'air à une baisse instantanée d'émissions (mais maintenue)

Adapté de WGI Figure 6.15

un levier pour agir sur le réchauffement à court terme et en particulier sur le pic de réchauffement mondial

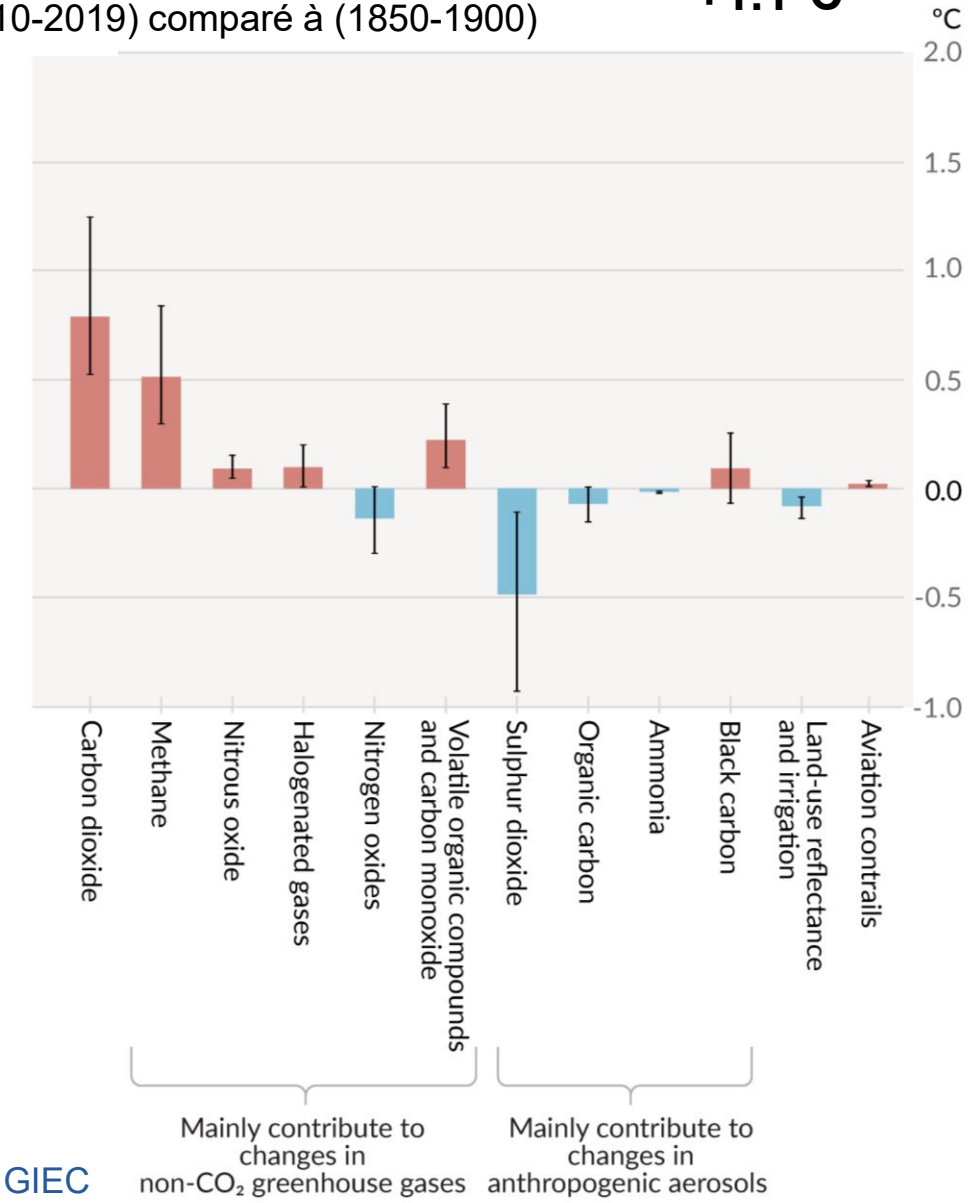
La stabilisation de la température mondiale nécessite d'atteindre des émissions nettes nulles en CO_2 et de réduire fortement les autres GES

Pour le méthane, les objectifs alignés avec l'accord de Paris (1.5°C) requièrent une baisse de 47 à 60 % des émissions mondiales d'ici à 2050 et une poursuite d'objectifs de baisse les plus ambitieux possibles.

Les émissions de méthane ont contribué à un tiers du réchauffement actuel

Contributions anthropiques au réchauffement actuel (2010-2019) comparé à (1850-1900)

+1.1°C



réchauffement

refroidissement

<=. Composés émis

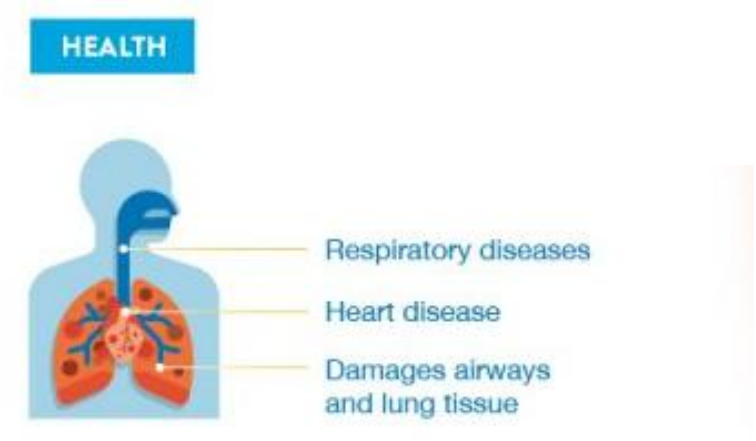
Toute émission de méthane contribue au réchauffement

Toute réduction de ces émissions aide à réduire le réchauffement

Figure SPM2 GIEC

Le méthane affecte la qualité de l'air

Lors de sa destruction chimique, le méthane **produit de l'ozone** (gaz à effet de serre ET polluant toxique pour les humains et plantes)



L'ozone cause plus d'un million de morts prématurées par an et des millions de personnes sont affectées par des maladies chroniques

L'ozone serait responsable de près de 17 000 morts prématurées en Europe chaque année. *(Agence européenne de l'environnement)*



L'ozone cause des pertes de rendements agricoles

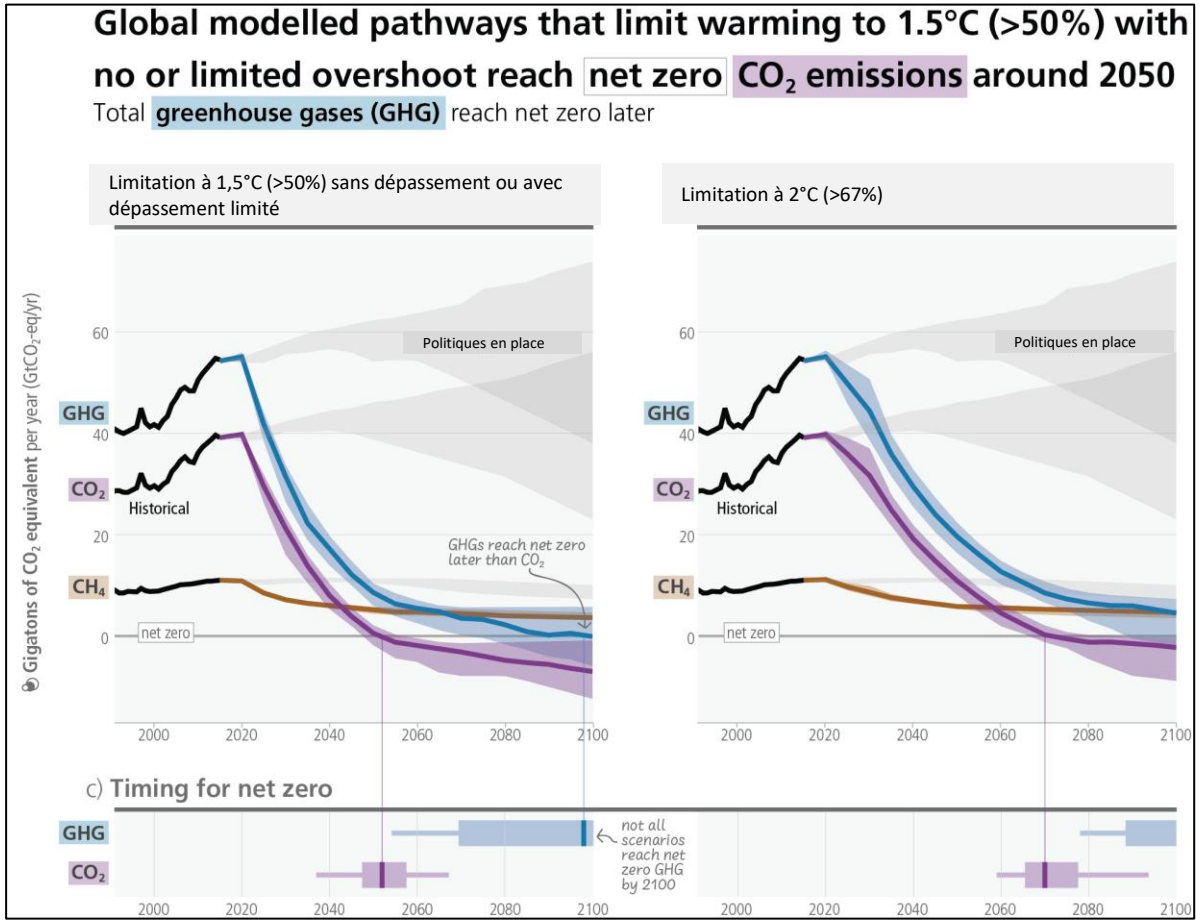
En 2010, la perte de rendement pour le blé tendre en France a été estimée à 15%

Près d'1 milliard d'€ pour le blé tendre, plus d'1 milliard d'€ pour les prairies et plus de 200 millions d'€ pour les pommes de terre (chiffres annuels) *(INERIS)*

En France, l'ozone est l'un des rares polluants réglementés dont la concentration (de fond) ne baisse pas

« Des réductions fortes, rapides et soutenues des émissions de méthane peuvent limiter le réchauffement à court terme et améliorer la qualité de l'air en réduisant l'ozone à la surface de la planète (*degré de confiance élevé*). »
GIEC, WGI, Résumé pour décideurs

Limiter le réchauffement à 2°C ou proche de 1,5°C demande des réductions immédiates, rapides et profondes des émissions de gaz à effet de serre



-34% en 2030 r/ 2019
et - 44% en 2040

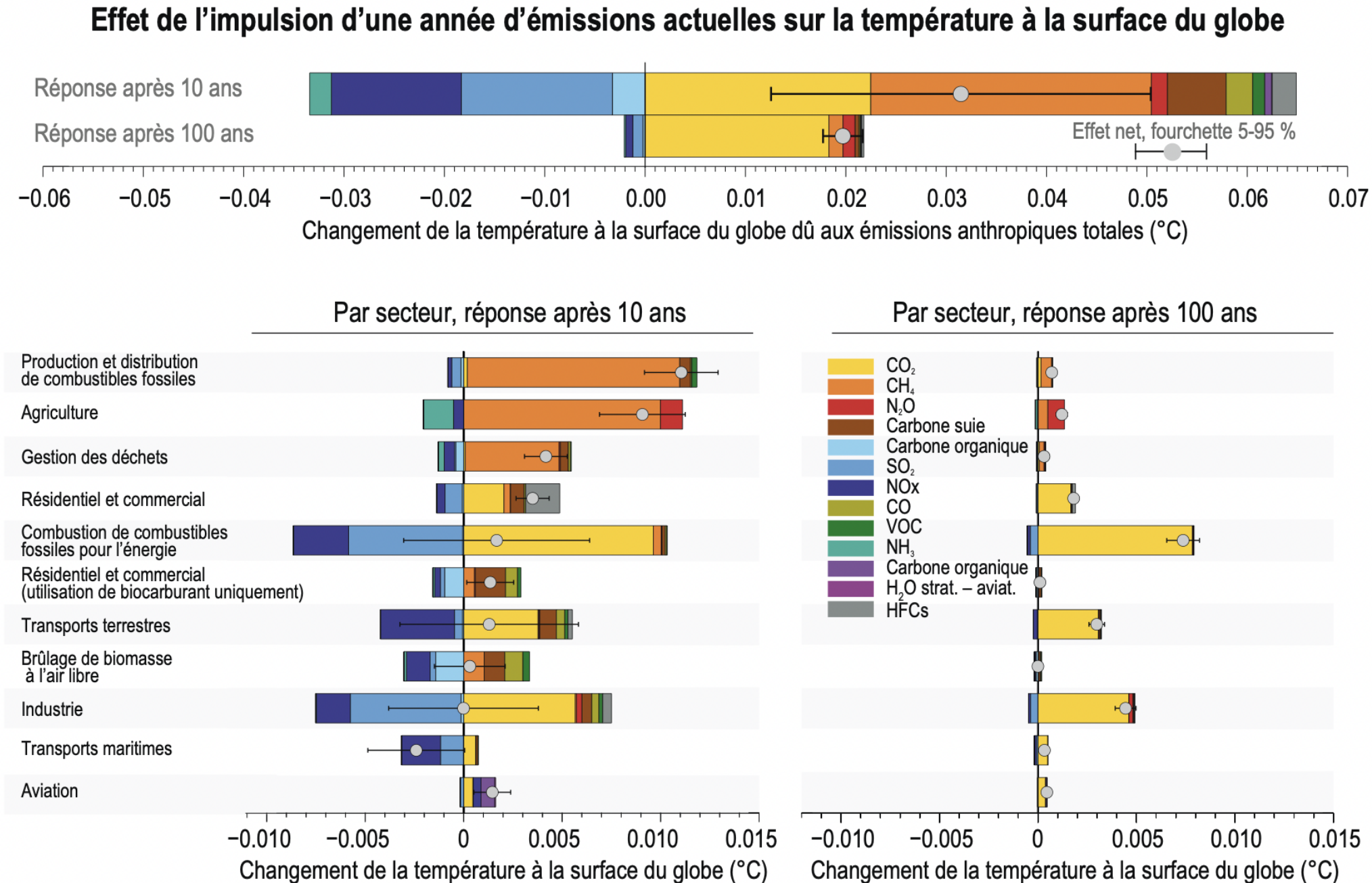
-24% en 2030 r/ 2019
et -37% en 2040

Les réductions des émissions de méthane, réduisent la probabilité de dépassement des limites de réchauffement

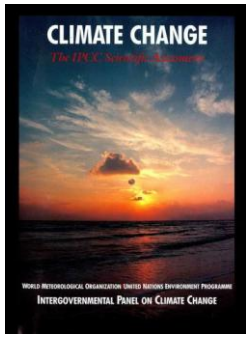
CH_4 emissions

Si on dépasse un certain niveau de réchauffement (ex 1,5°C), il faudra des émissions nettes négatives de CO_2
Ces émissions négatives reposent sur le déploiement de méthodes d'éliminations qui pose des questions de faisabilité, de soutenabilité et de risques

Le méthane a une durée de vie courte mais un fort pouvoir réchauffant, réduire ses émissions peut réduire le pic de réchauffement



Métriques d'émissions pour l'impact climatique du méthane

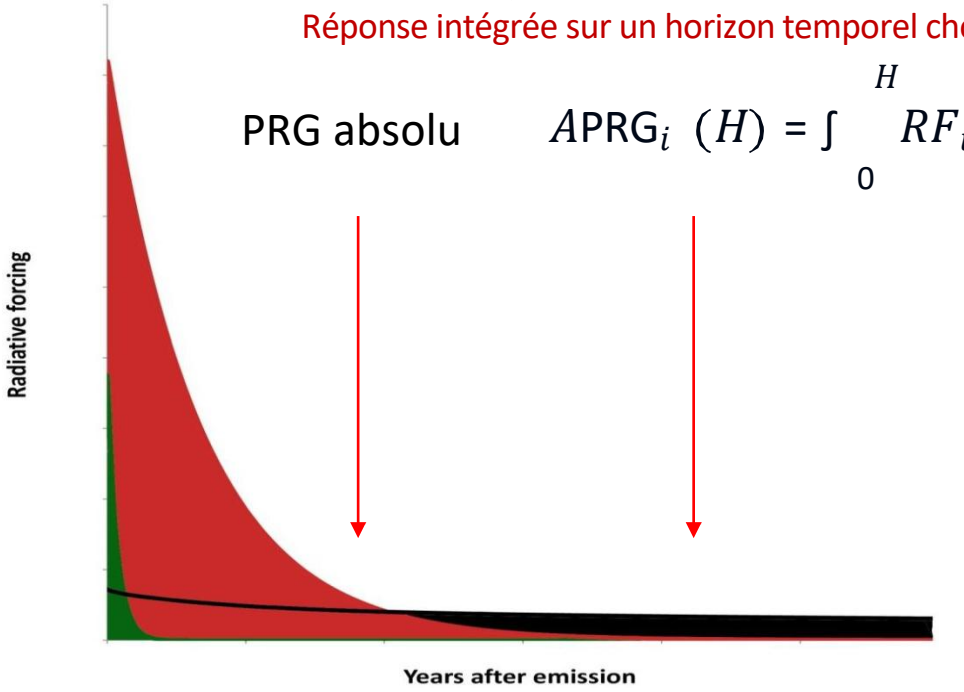


1er rapport d'évaluation (1990)

"Il faut souligner **qu'il n'y a pas de méthodologie universellement acceptée pour combiner tous les facteurs pertinents dans un unique métrique**. Une approche simple (le GWP *ou PRG en francais*) a été adoptée ici pour permettre d'illustrer les difficultés inhérentes au concept. …" (Section 2.2.7)

Global Warming Potential (GWP) ou *Potentiel de Réchauffement Global (PRG)*: basé sur une émission instantanée

Réponse intégrée sur un horizon temporel choisi (H)



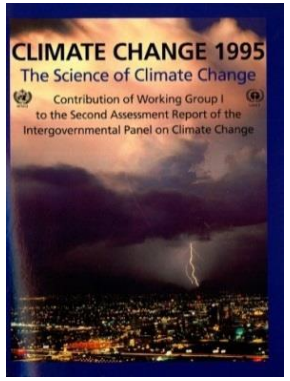
PRG absolu $$A\text{PRG}_i\ (H) = \int_0^H RF_i(t)dt$$

Then **normalized** to AGWP for CO_2:

$$\text{PRG}i\,(H) = \frac{A\text{PRG}_i(H)}{A\text{PRG}_{CO_2}(H)} = \frac{\int^H RF_i(t)dt}{\int_0^H RF_{CO_2}(t)dt}$$

Le GIEC a présenté 3 horizons temporels (20, 100 and 500 ans)

….'comme **candidats à la discussion mais qui ne doivent pas être considérés comme ayant un sens particulier**'

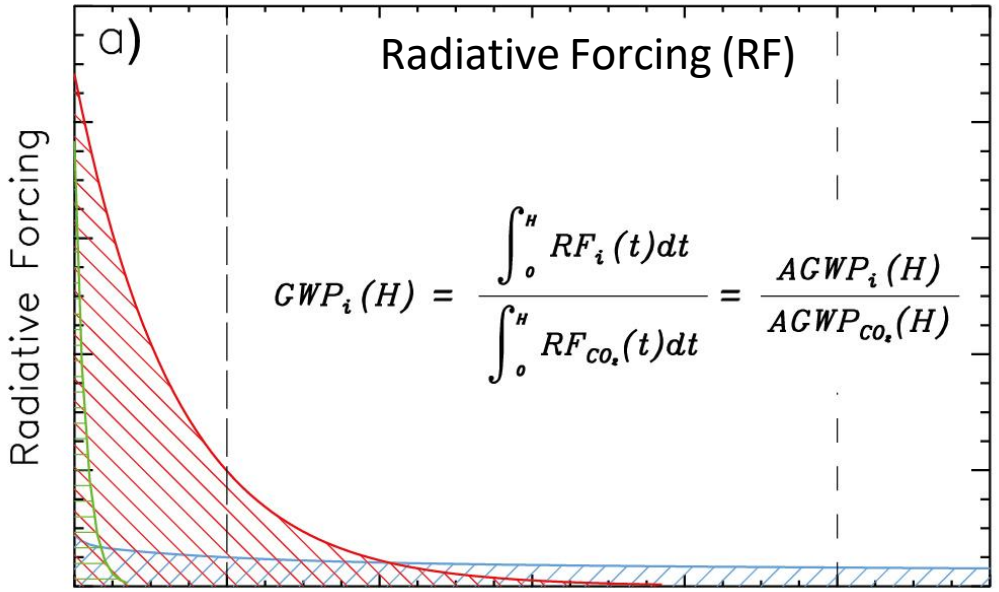


2eme rapport d'évaluation (1995)

Kyoto Protocol: l'horizon de 100 ans est retenu

SAR	PRG_{20}	**PRG_{100}**	PRG_{500}
CH_4	56	**21**	6.5

Le règlement de l'accord de **Paris** indique que :
Chaque partie doit utiliser le PRG100 du GIEC (AR5 ou rapports suivants) pour rapporter ses émissions et puits agrégés exprimés en CO_2-eq. Chaque partie pourrait en plus utiliser d'autres métriques (comme le GTP ou PTG) pour rapporter des informations supplémentaires

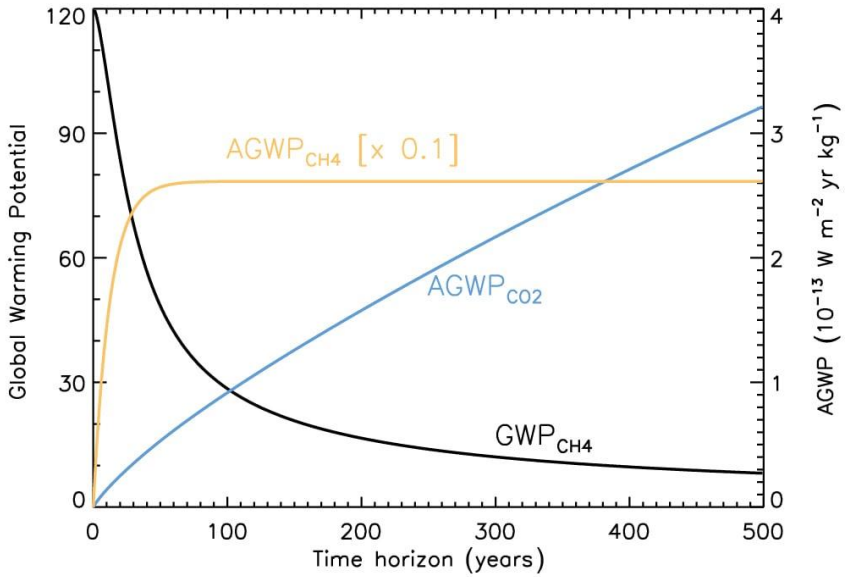


Global Warming potential (GWP) ou **Potentiel de réchauffement global PRG**

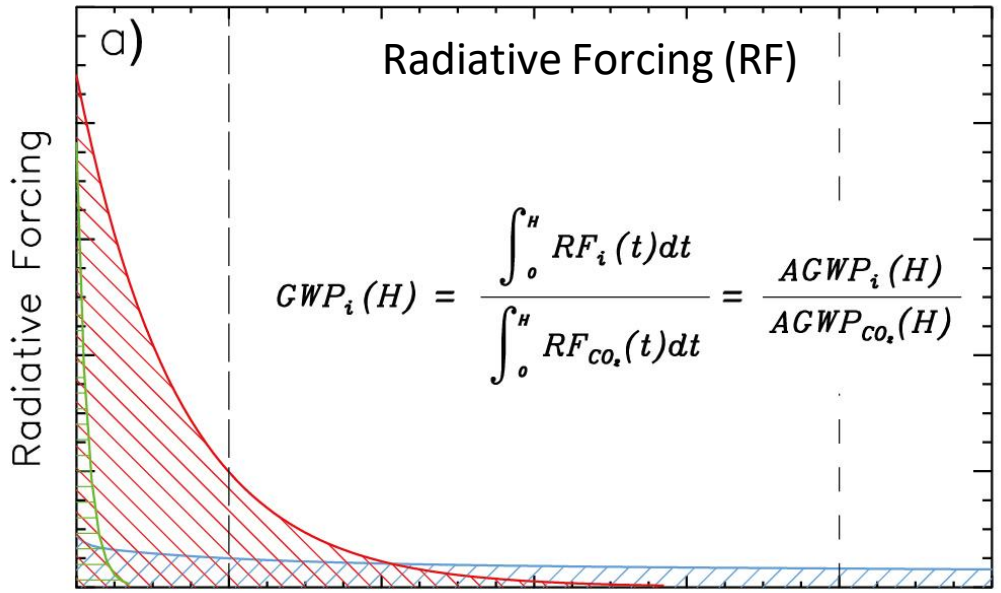
Intégrales du RF sur une période

Quantité d'énergie accumulée par un composé sur un temps donné

Evolution des AGWP dans le temps et de GWP



La quantité d'énergie accumulée par le méthane sature quelques décennies après son émission tandis qu'elle ne fait que croitre pour le CO2

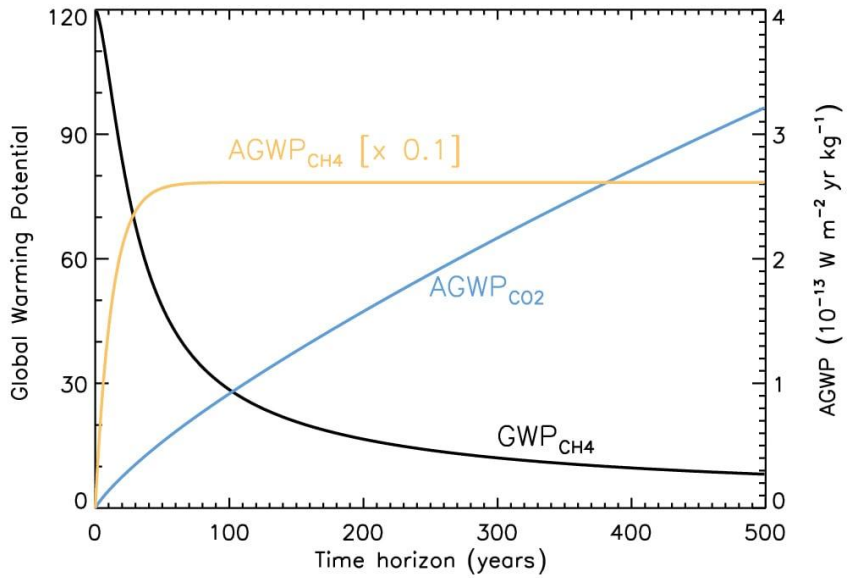


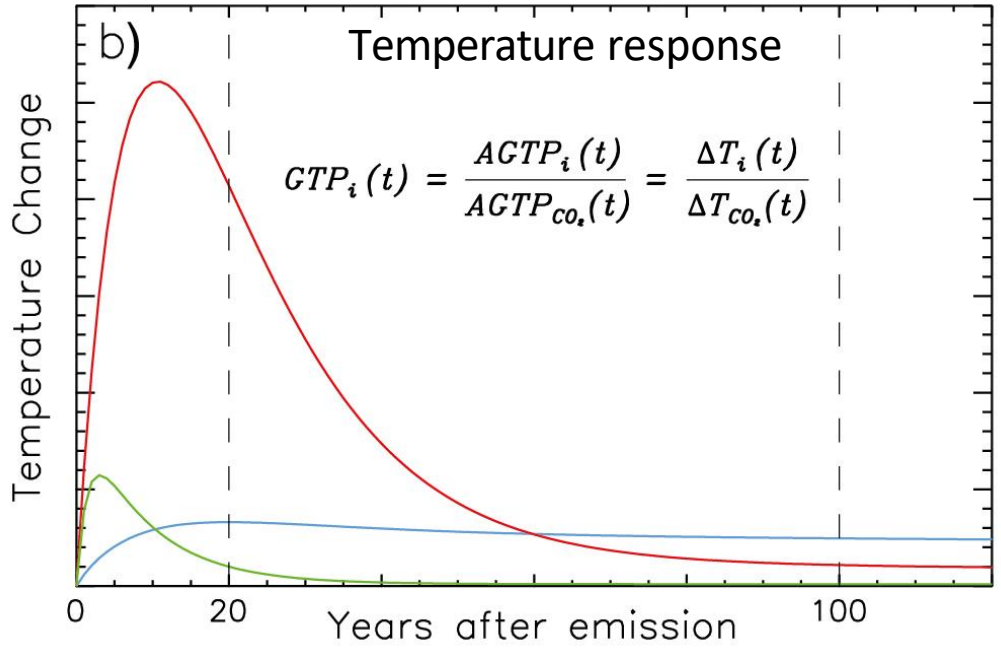
Global Warming potential (GWP) ou **Potentiel de réchauffement global PRG**

RF **intégré sur une période**

Quantité d'énergie accumulée par un composé sur un temps donné

Evolution du AGWP dans le temps

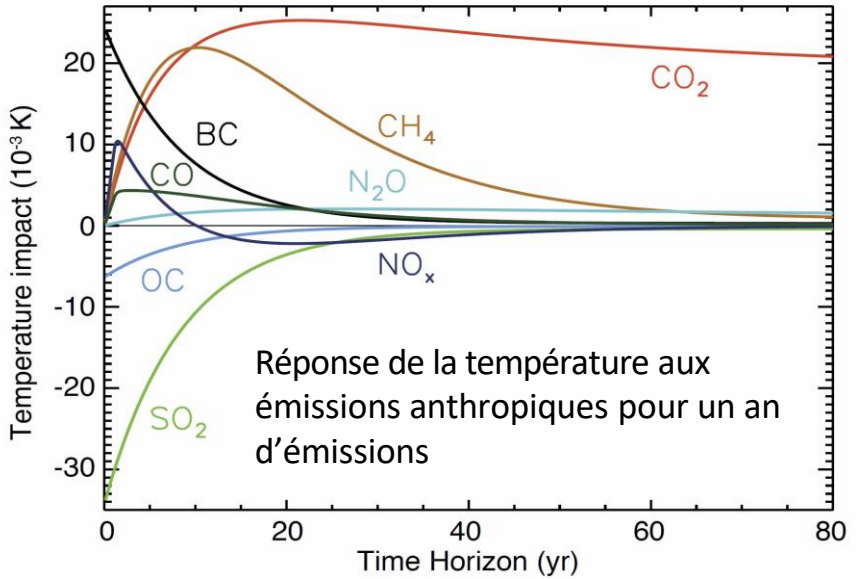




Global temperature-change potential (GTP) ou **Potentiel de Changement de Température Globale (PTG)**

Réchauffement de surface **à un moment donné**

Evolution du AGTP dans le temps



IPCC AR5 Working Group I
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Myhre et al., 2013, GIEC AR5 – Chap 8

Métriques physiques

La base est **l'évolution du forçage radiatif effectif (ERF)** après l'émission d'un composé particulier.

Le forçage est relié aux métriques physiques souhaités par des **relations forcage-réponse** qui viennent d'**émulateurs**, **ou d'expressions analytiques** basées sur des équations paramétriques (fonctions de réponse) dérivées de modèles plus complexes.
Ces métriques sont fonction du temps, car les effets physiques atteignent généralement un pic, puis diminuent dans la période suivant une émission d'impulsions à mesure que les concentrations du composé émis diminuent. **La valeur des métriques est très dépendante de l'horizon temporel.**

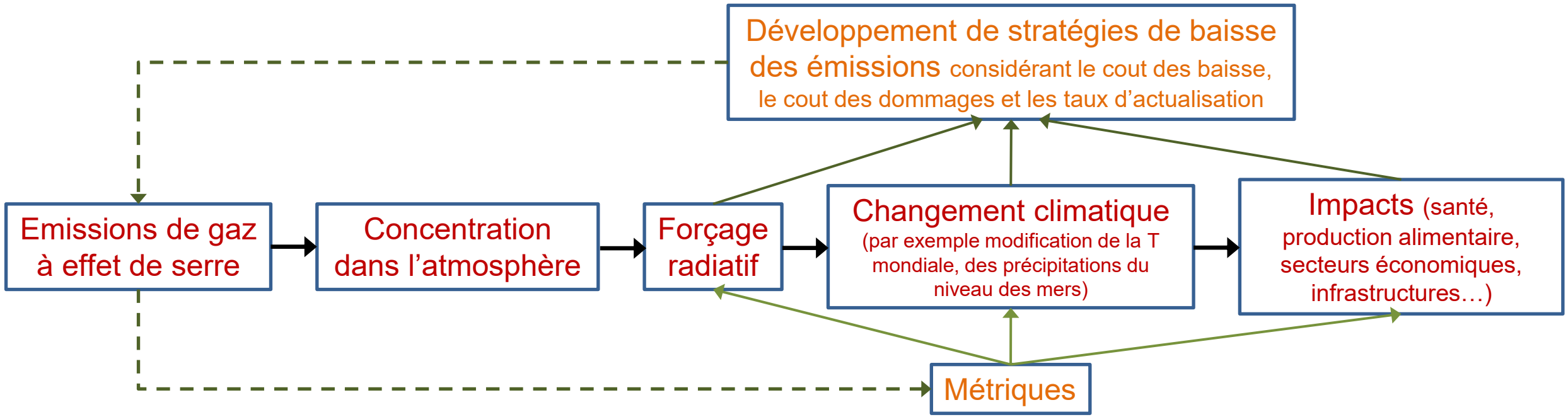
Les **métriques intégrées** incluent **les effets d'une émission d'impulsions** depuis le moment de l'émission jusqu'à un horizon temporel, **tandis que les mesures de point final** n'incluent que **les effets qui persistent jusqu'à l'horizon temporel**.

Les **métriques instantanées** quantifient le changement (par exemple, en forçage radiatif, température de surface mondiale, niveau moyen mondial de la mer) à un moment donné après l'émission. **Ceux-ci peuvent être appropriés lorsque l'objectif est de ne pas dépasser un objectif fixe tel qu'une température ou une élévation du niveau moyen de la mer à un moment précis**.

Les **métriques d'émissions intégrées à partir du moment de l'émission** (e.g. AGWP) peuvent être **appropriés pour essayer de réduire le potentiel de dégâts global lorsque l'effet dépend de la durée du changement, et pas seulement de l'ampleur du changement**. Les mesures intégrées dépendent toujours de l'horizon temporel, bien que pour les composés à plus courte durée de vie, cette dépendance soit quelque peu atténuée par l'intégration. Chaque étape, de l'ERF à la GSAT à SLR, introduit des échelles de temps plus longues et, par conséquent, prolonge davantage les contributions au changement climatique des GES à courte durée de vie. Ainsi, les GES à courte durée de vie deviennent plus importants (par rapport au CO_2) pour le SLR que pour T ou RF.

Pour les perturbations d'espèces qui entraînent une forte variation régionale du modèle de forçage, la **réponse régionale de la température** peut être différente de celle du CO_2 des fonctions de réponses régionales ont aussi été créées.

Intérêt pour la prise de décision croissant
mais incertitudes croissantes



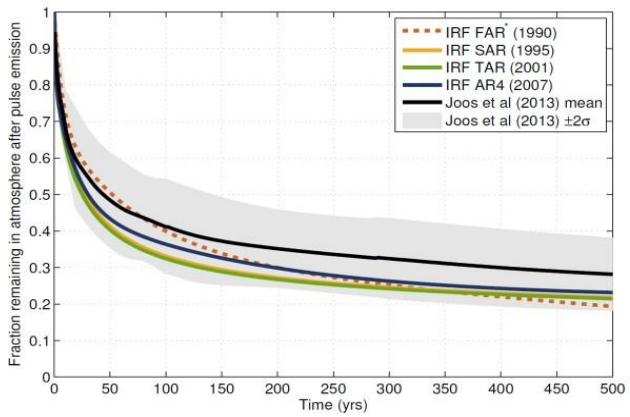
Adapté du Chapitre 8 AR5 GIEC

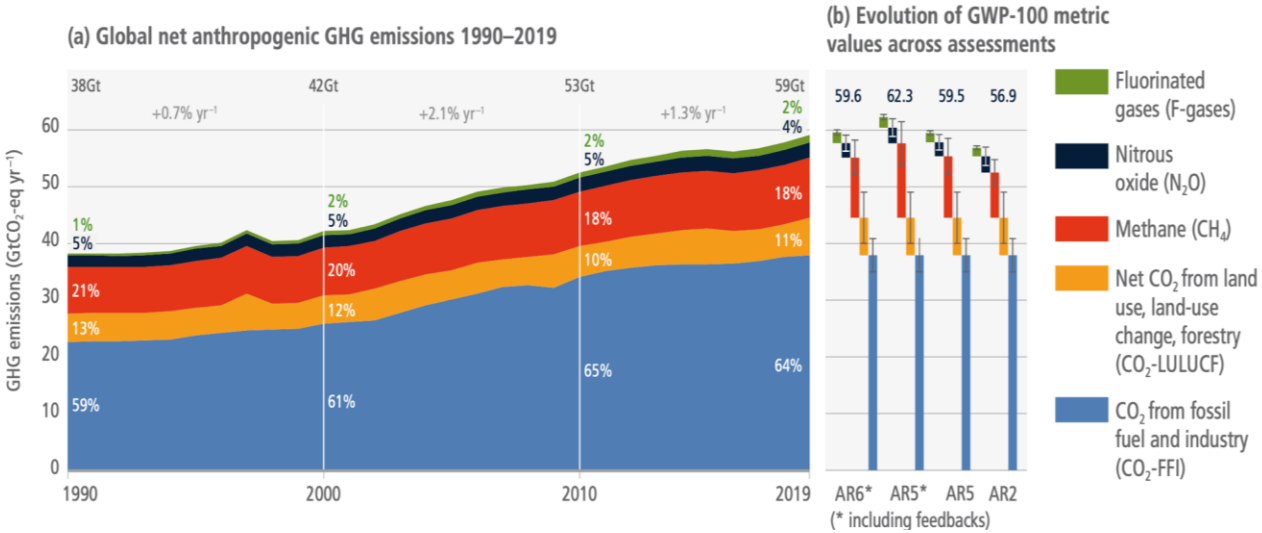
Parce qu'ils visent à capturer des phénomènes complexes dont la connaissances évolue, les métriques sont réévalués à chaque rapport du GIEC

Facteurs clés qui modifient les valeurs des métriques d'une évaluation à l'autre (parce que leur connaissance s'affine) :

- Forçage radiatif direct (RF) du gaz considéré et du CO_2 (référence) (e.g. meilleures connaissances spectrales)
- Modification des concentrations de fond
- Durée de vie du gaz considéré (et durée de vie perturbée dans le cas du CH_4)
- Temps de réponse du gaz de référence CO_2
- Quantification des effets indirects (e.g. O_3 et H_2O stratosphérique)
- Prise en compte des rétroactions climat-cycle carbone

évolution de la fraction résiduelle de CO_2 après un pulse d'émissions

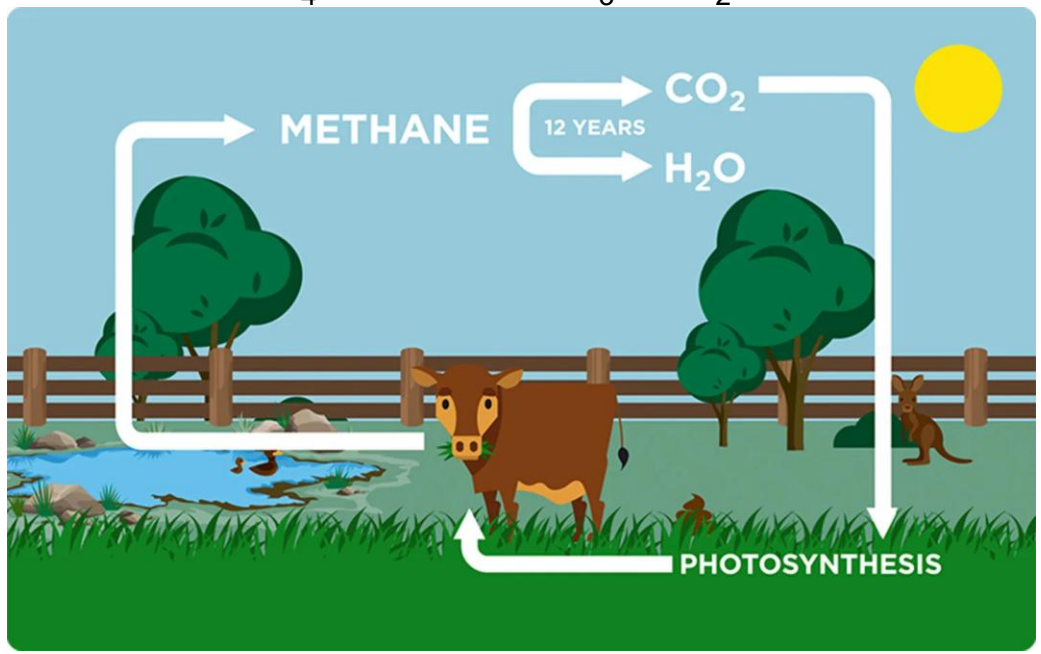




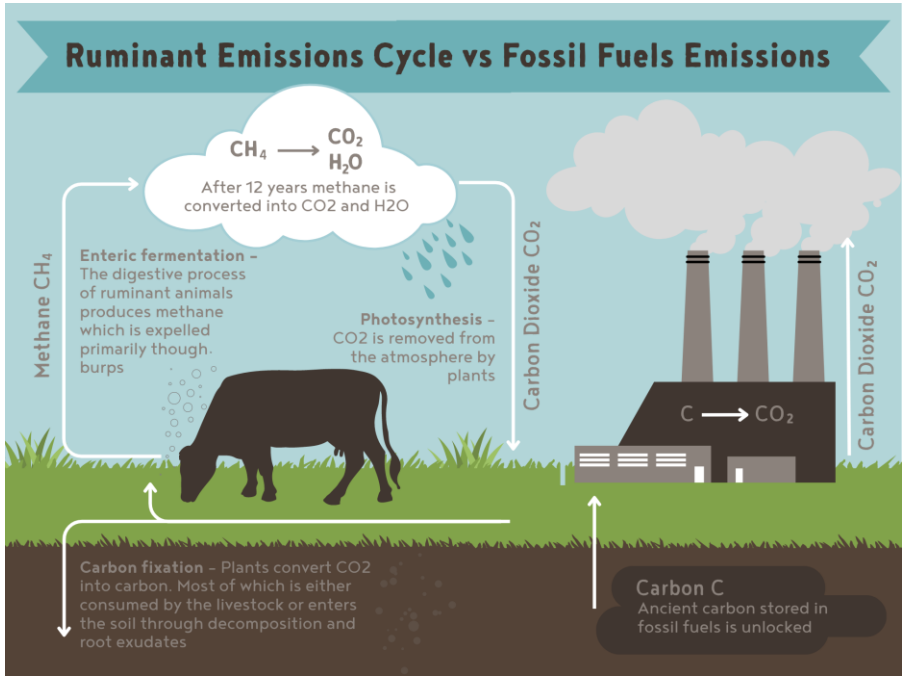
Part des différents GES dans les émissions mondiales pour 2019 recalculées avec différentes valeurs de PRG-100

Le calcul des métriques prend en compte le cycle du carbone

$CH_4 + OH \Rightarrow\Rightarrow O_3 + CO_2$



By « Aussie beef and Lamb »



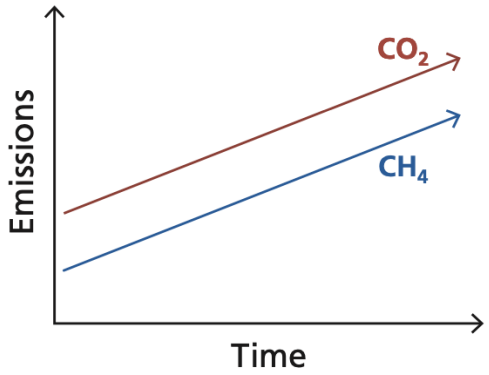
UK Farm wilder « The *truth* about methane »

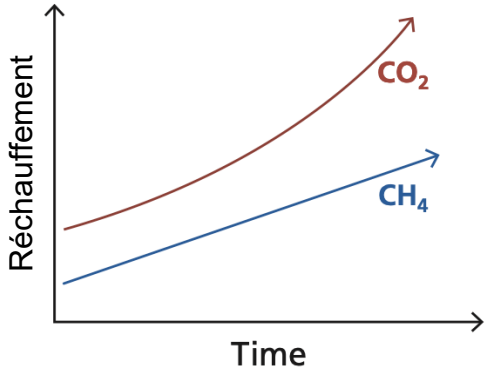
Species	Lifetime (Years)	Radiative Efficiency (W m^{-2} ppb^{-1})	GWP-20	GWP-100	GWP-500	GTP-50	GTP-100
CO_2	Multiple	$1.33 \pm 0.16 \times 10^{-5}$	1.	1.000	1.000	1.000	1.000
CH_4-fossil	11.8 ± 1.8	$5.7 \pm 1.4 \times 10^{-4}$	82.5 ± 25.8	29.8 ± 11	10.0 ± 3.8	13.2 ± 6.1	7.5 ± 2.9
CH_4-non fossil	11.8 ± 1.8	$5.7 \pm 1.4 \times 10^{-4}$	79.7 ± 25.8	27.0 ± 11	7.2 ± 3.8	10.4 ± 6.1	4.7 ± 2.9
N_2O	109 ± 10	$2.8 \pm 1.1 \times 10^{-3}$	273 ± 118	273 ± 130	130 ± 64	290 ± 140	233 ± 110
HFC-32	5.4 ± 1.1	$1.1 \pm 0.2 \times 10^{-1}$	2693 ± 842	771 ± 292	220 ± 87	181 ± 83	142 ± 51
HFC-134a	14.0 ± 2.8	$1.67 \pm 0.32 \times 10^{-1}$	4144 ± 1160	1526 ± 577	436 ± 173	733 ± 410	306 ± 119
CFC-11	52.0 ± 10.4	$2.91 \pm 0.65 \times 10^{-1}$	8321 ± 2419	6226 ± 2297	2093 ± 865	6351 ± 2342	3536 ± 1511
PFC-14	50,000	$9.89 \pm 0.19 \times 10^{-2}$	5301 ± 1395	7380 ± 2430	10,587 ± 3692	7660 ± 2464	9055 ± 3128

Step-pulse emission metrics / Métrique impulsion-variation d'émissions

Comme le CO_2 et le CH_4 ont des dynamiques différentes, des fluctuations dans leurs émissions ont des conséquences très différentes

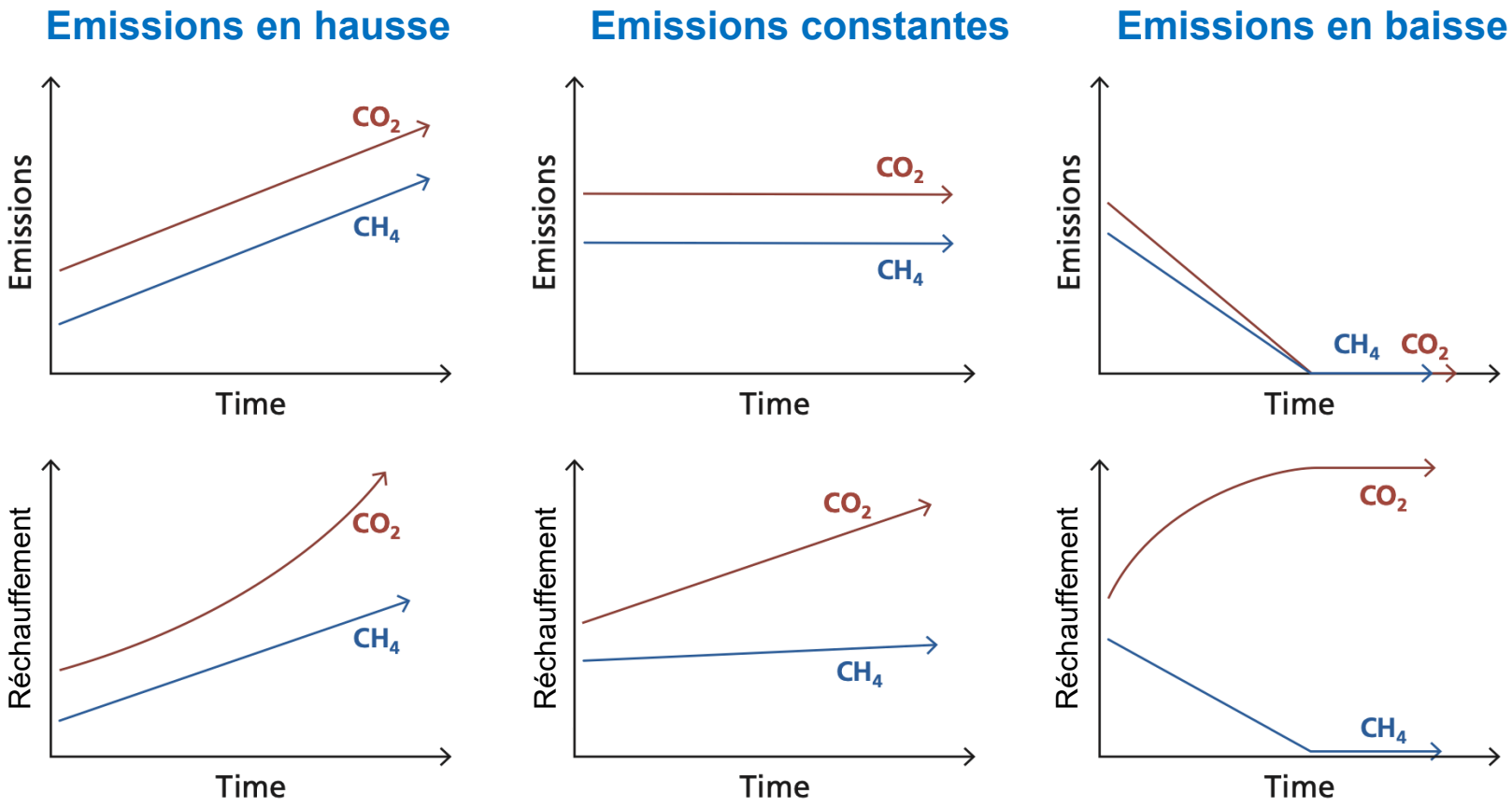
Emissions en hausse





Step-pulse emission metrics / Métrique impulsion-variation d'émissions

Comme le CO_2 et le CH_4 ont des dynamiques différentes, des fluctuations dans leurs émissions ont des conséquences très différentes



Pour le CO_2, quelque soit la trajectoire des émissions, tant qu'elles ne sont pas nulles, le réchauffement augmente le niveau de réchauffement est proportionnel aux émissions cumulées

Mais en convertissant du CH_4 en CO_2 à l'aide du PRG on lui donne les propriétés du CO_2

Cette différence fondamentale entre CO_2 et CH_4 est la raison pour laquelle les métriques d'impulsion d'émissions (comme GWP//PRG) ne reflètent pas les changements de température induits par les espèces à courte durée de vie de manière précise.

Des métriques impulsion-variation ont donc été développés pour connaitre la quantité d'émissions continues de méthane équivalente à un pulse de CO_2 ou pour évaluer les variations de températures en réponse à leur changement d'émissions

Step-pulse emission metrics / Métrique impulsion-variation d'émissions

CGTP//**PTGC** permet de connaitre la quantité d'émissions continue de CH_4 dont l'effet (sur la T) serait équivalent à celui d'une émission INSTANTANEE de CO_2

GWP*//**PRG*** permet de calculer les
« CO_2-warming-equivalent emissions » pour n'importe quelle série temporelle d'émission

Dans ce cas on ne parle plus de CO_2 eq mais CO_2-warming eq (CO2-réchauffement eq)

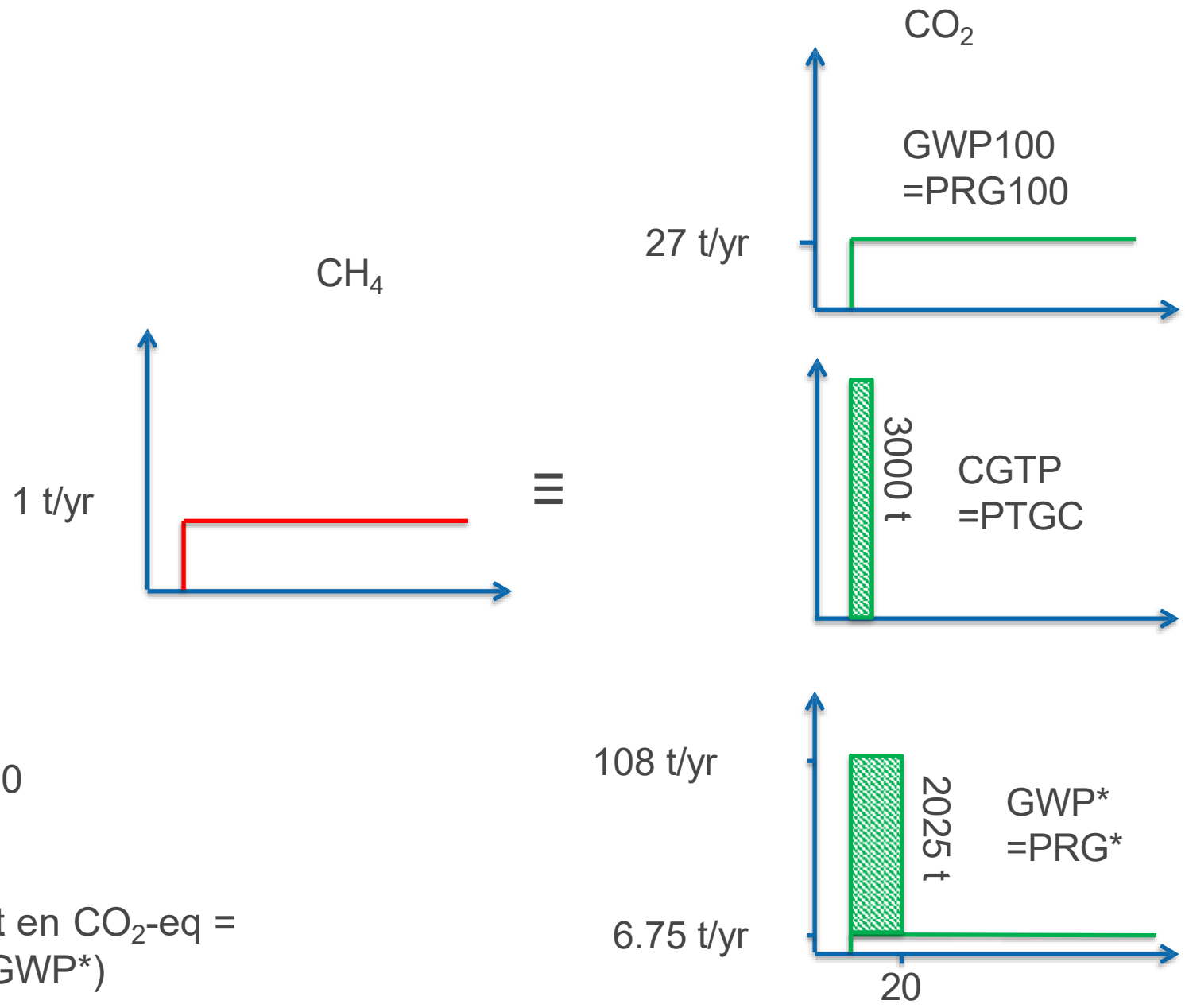
Métrique impulsion-variation

- GWP100//PRG100:
  - 1 t/an CH_4 ≡ 27 t/an CO_2

- CGTP//PTGC
  - 1 t/an CH_4 ≡ 3000 t CO_2

- GWP*//PRG*
  - 1 t/an CH_4 ≡ ¾ x 5 x 27 t/an CO_2 ; t<20
    + ¼ x 27 t/an CO_2

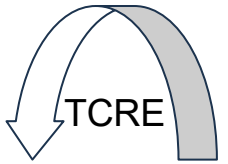
100 ans d'émissions de CH_4 représentent en CO_2-eq =
2700 t (GWP), 3000 t (CGTP), 2700 t (GWP*)



Émissions équivalentes aux émissions de CO_2 cumulées

Convertir les émissions de méthane en émissions cumulées de CO_2-eq avec les métriques (puis en effet sur T) devrait coller avec l'effet sur T simulé par les modèles

- Cela fonctionne pour tous les métriques si les émissions augmentent (e.g. sur la période historique) **GWP100//PRG100**, **CGTP//PTGC**, **GWP*/PRG*** indiquent bien un réchauffement qui augmentent lié au méthane qui augmente
- MAIS pour les émissions qui baissent (à partir du milieu de 21 siècle dans certains scénarios) **GWP100//PRG100** ne permet pas de capturer la contribution décroissante du méthane
- Les métriques de type « Rate-based metrics » (**CGTP//PTGC**, **GWP*//PRG***) y parviennent

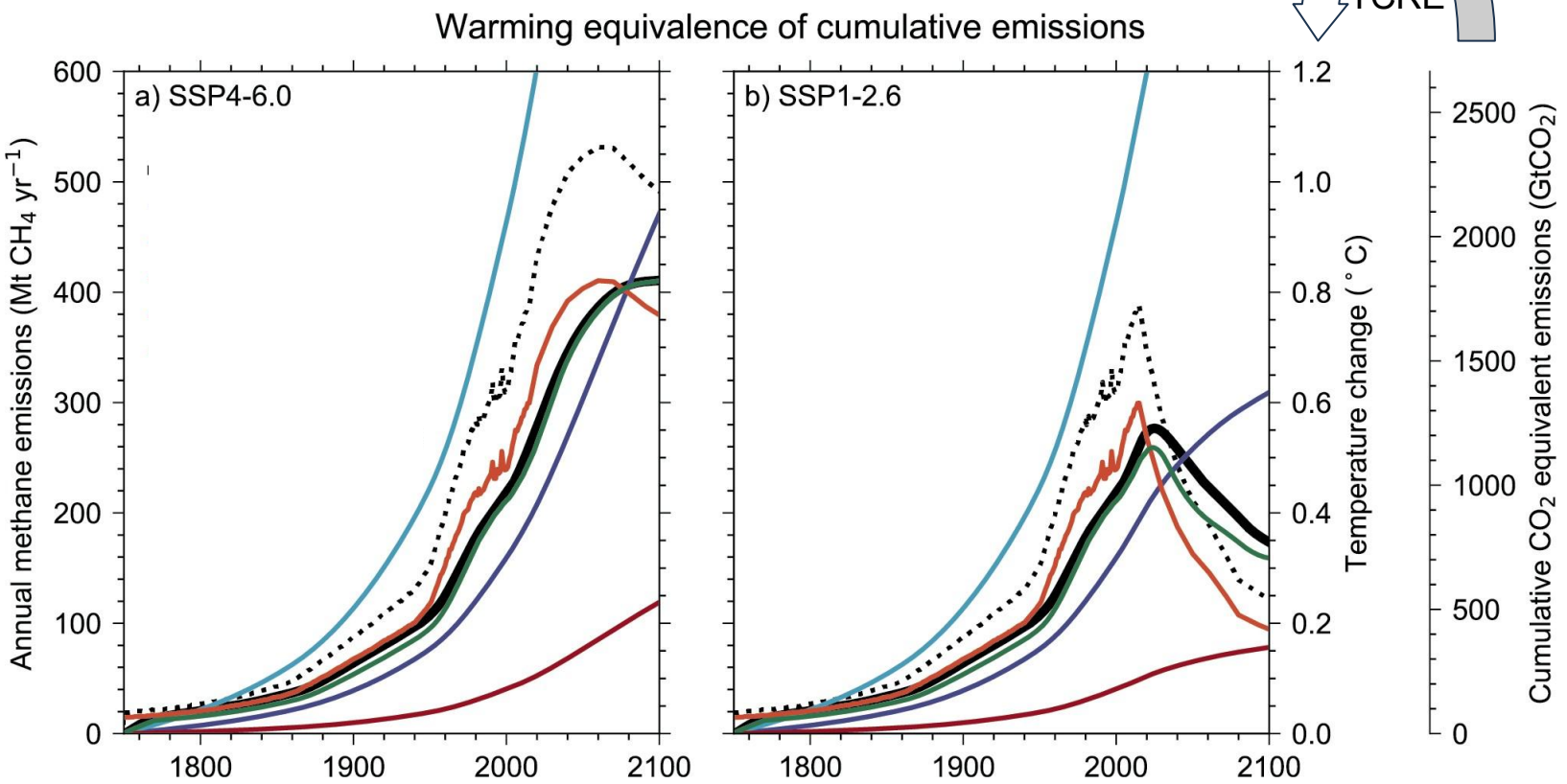


Émissions annuelles de CH_4 (en Mt CH_4 / an)

Changement de Température Mondiale induit

Emissions converties via différents métriques (en équivalent de CO_2 cumulé et en changement de température)

- PRG100
- PRG20
- PTG100
- PTGC100
- PRG*



GIEC WGI Figure 7.22

En quoi les GWP*//PRG* donnent des résultats radicalement différents du GWP100//PRG100?

Une baisse des émissions de CH_4 peut être considérée comme ayant un impact sur le climat équivalent à :

Emissions Negatives de CO_2 (GWP*//PRG*)

Emissions Positives de CO_2 (GWP100//PRG100)



Pipeline across the New River. Wikimedia, Diarrhea

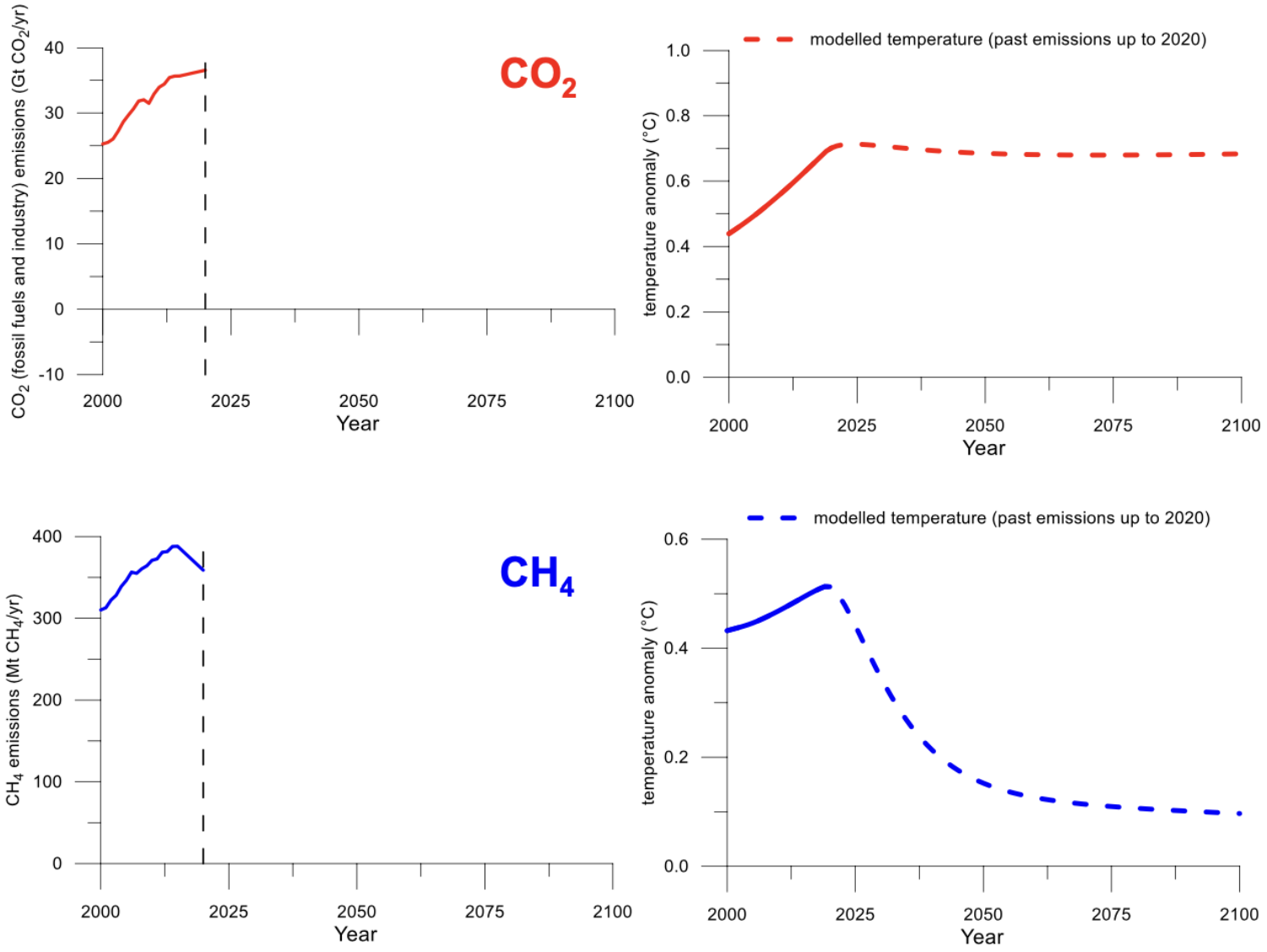
Dans plusieurs pays à fortes émissions – notamment USA, UE, NZ, l’Irlande, le Brésil, l’Uruguay, le Paraguay et l’Argentine –, décideurs politiques et groupes industriels promeuvent de nouvelles approches, telles que le GWP*

Bien que ces approches s'appuient sur des méthodologies scientifiques légitimes, elles sont utilisées pour justifier des objectifs climatiques révisés visant la « neutralité thermique » ou « l'absence de réchauffement supplémentaire ».

Qu’est ce que la neutralité thermique?

Réchauffement marginal vs Réchauffement additionnel

En pointillé, la trajectoire de réchauffement si on arrêtait d'émettre en 2020

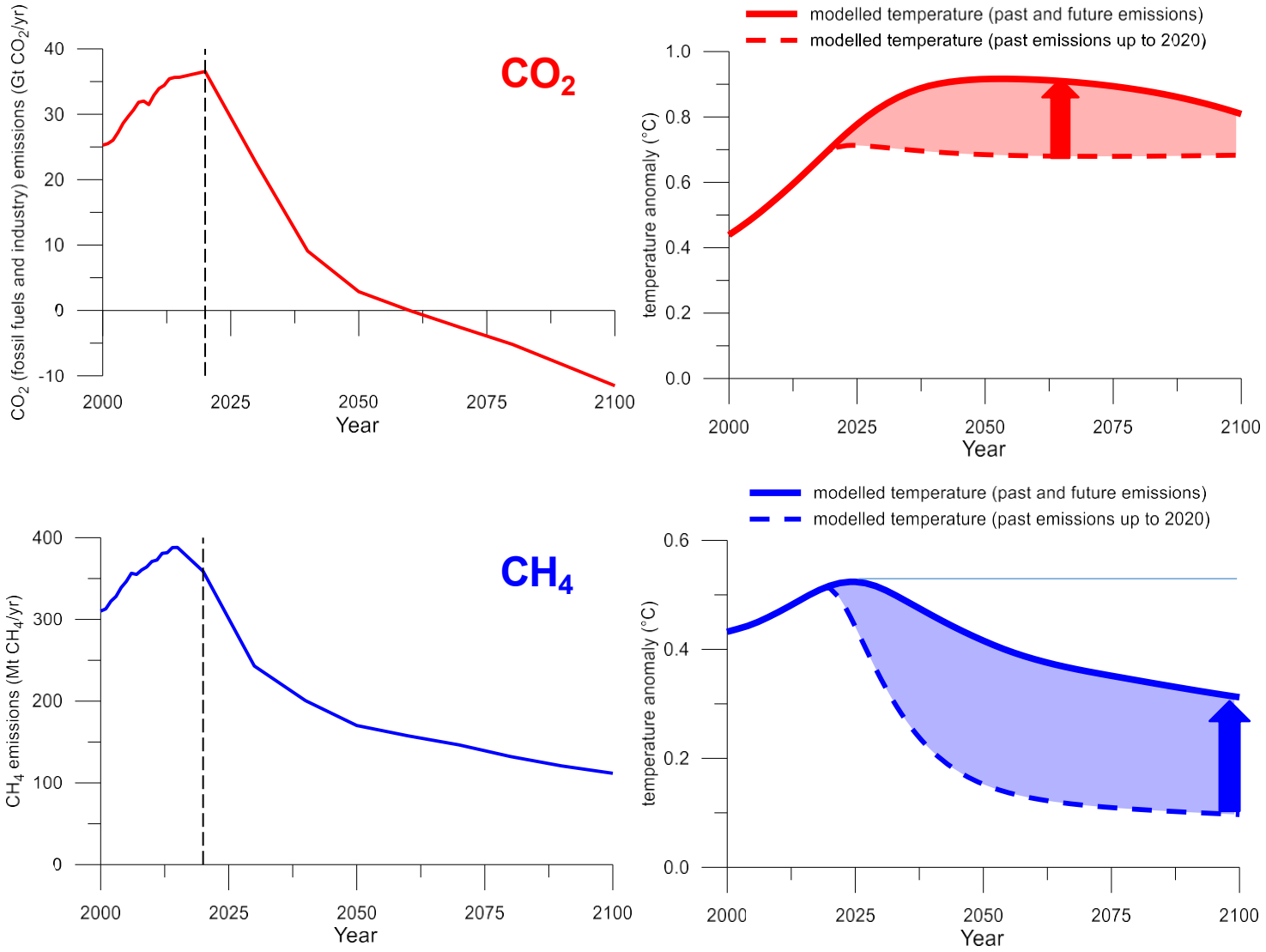


Emissions

Temperature

Based on Chapter 2, Figure 2.

Réchauffement Marginal : effet des émissions futures comparées (trait plein) à si elles n'avaient pas lieu (pointillé), permet de cerner le **bénéfice d'émissions évitées**



Emissions

Temperature

Les émissions futures **augmentent** le réchauffement **par rapport au réchauffement des émissions historiques**

réchauffement « marginal »

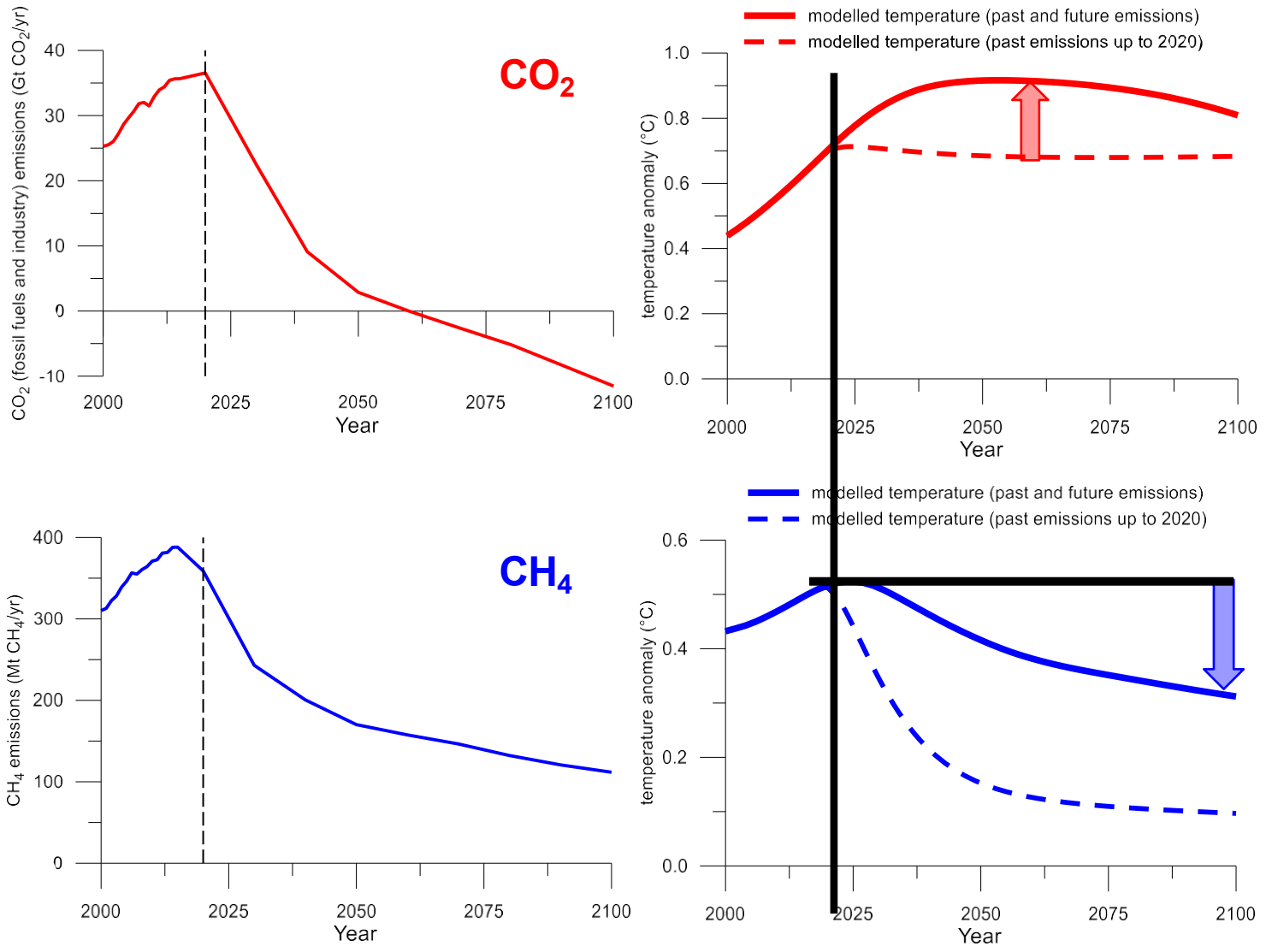
Les émissions futures **augmentent** le réchauffement **par rapport au réchauffement des émissions historiques**

Pour le CH4 comme pour le CO2, le réchauffement marginal est positif même si les émissions diminuent.

L'expression en CO_2-eq des émissions de CH_4 basée sur GWP ou GTP est toujours > 0

Based on Chapter 2, Figure 2.SM.9 (extract)

Réchauffement additionnel : effet sur la T d'émissions après une année SPECIFIQUE par rapport au niveau de réchauffement de cette année spécifique (ici 2020)



Emissions

Temperature

La baisse des émissions futures **augmente** le réchauffement **par rapport à 2020**

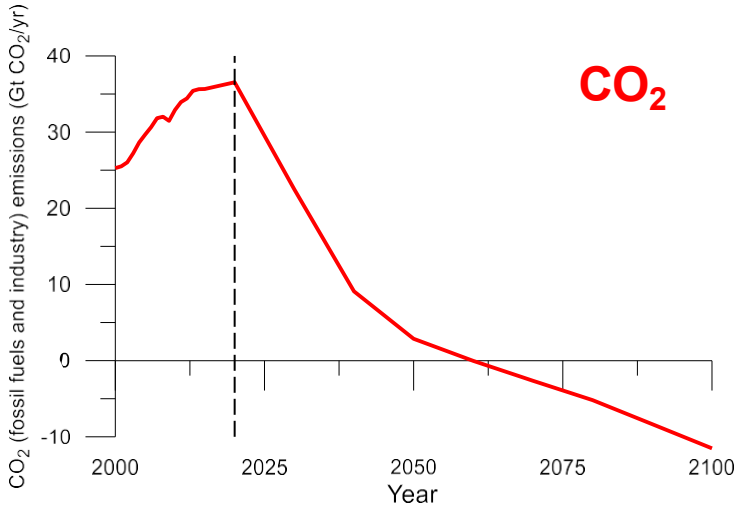
réchauffement « additionel »

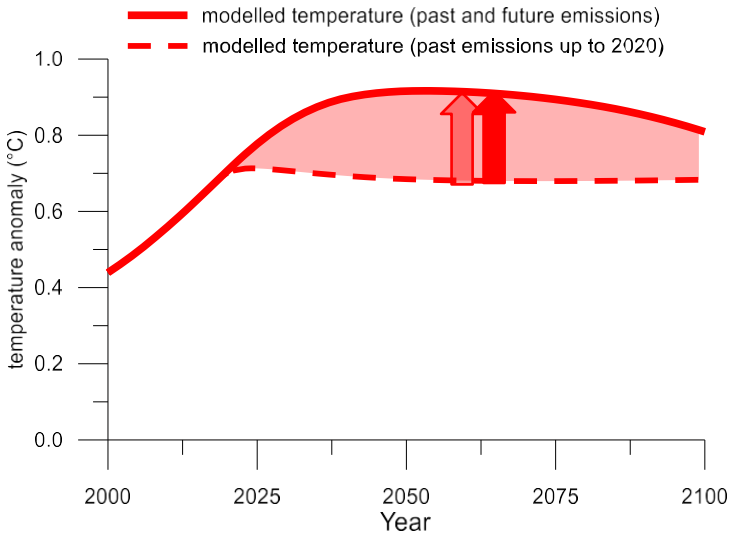
La baisse des émissions futures **réduit** le réchauffement **par rapport à 2020**

L'expression en CO_2-eq des émissions de CH_4 basée sur le GWP* est < 0

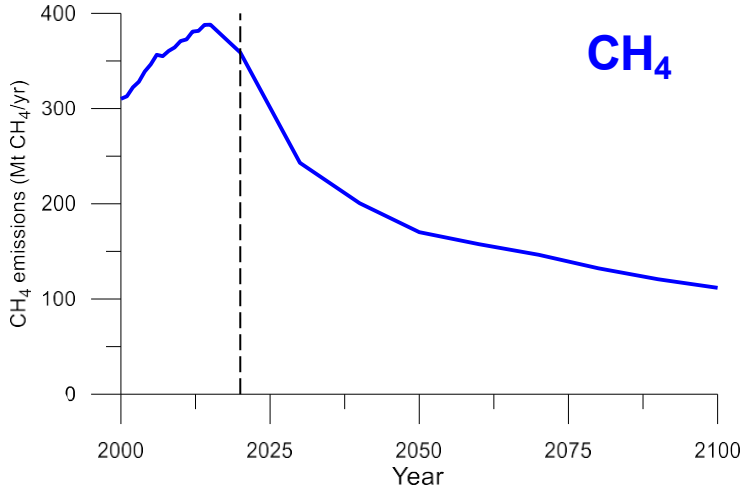
pour la baisse des émissions de CH_4 à partir de 2020

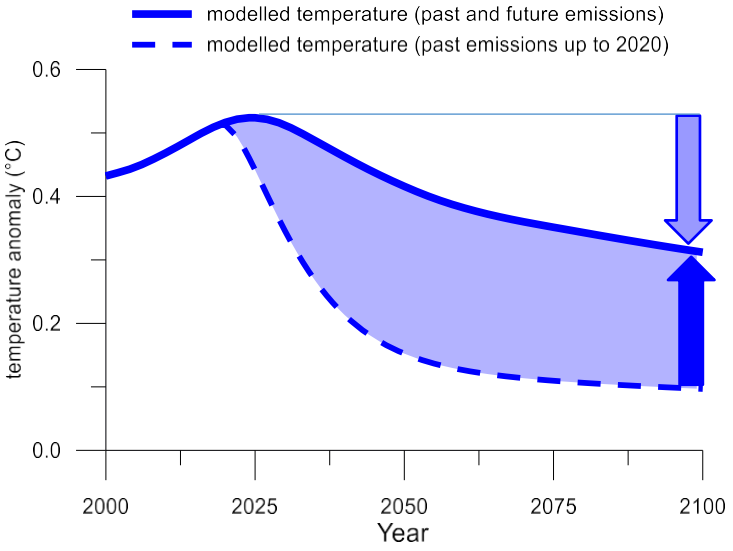
Based on Chapter 2, Figure 2.SM.9 (extract)





réchauffement additionnel ≈ réchauffement marginal





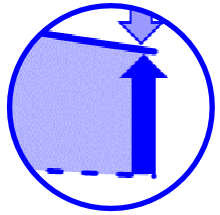
réchauffement additionnel ≠ réchauffement marginal

Emissions

Temperature

Based on Chapter 2, Figure 2.SM.9 (extract)

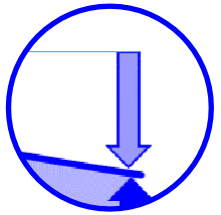
Relier métriques et objectifs politiques



Réchauffement « marginal »

*Chaque émission de chaque GES rend la Terre plus chaude **qu'elle ne l'aurait été** sans elle*

- Met l'accent sur le réchauffement dû à une émission, ou à une série chronologique d'émissions, par rapport à l'absence de cette émission
- Peut quantifier les bénéfices des émissions évitées : éviter 1 t de CH_4 présente le même bénéfice qu'éviter X t de CO_2
- Cela dépend du point de vue coût-bénéfice ou coût-efficacité : par exemple. GWP ou GTP avec des horizons temporels cohérents avec les politiques



Réchauffement « additionnel »

*Même à la baisse, les émissions de CO_2 rendent la Terre plus chaude **qu'elle ne l'est déjà** ; la baisse des émissions de CH_4 réduirait le réchauffement*

- Met l'accent sur le réchauffement d'une série chronologique d'émissions, par rapport au réchauffement dû aux émissions passées au début de la série chronologique
- Peut quantifier les bénéfices de scénarios d'atténuation du CH_4 plus ou moins ambitieux sur plusieurs décennies, par rapport à un scénario de référence, par rapport à l'émission ou à l'élimination de CO_2
- Le choix de la référence est important pour les émissions de CO_2-réchauffement équivalent calculées



Peut conduire par abus de langage à assimiler un réchauffement évité à un refroidissement, ce qui reviendrait à dire lorsque vous prenez votre vélo au lieu de votre voiture vous refroidissez l'atmosphère…

Les visées différentes de ces métriques peuvent avoir d'importantes conséquences distributives, selon la manière dont elles sont utilisées pour éclairer les objectifs d'émission, mais cela commence seulement à être exploré dans la littérature scientifique

Dans la pratique, les approches GWP* avec objectifs de neutralité thermique permettent de **réduire l'ambition à un niveau inférieur à ce que les pays à fortes émissions peuvent facilement atteindre**. Cela **renforce les privilèges historiques** et fausse les principes fondamentaux de l'Accord de Paris en matière de température et d'équité.

Les principaux émetteurs de méthane de continuer à produire de grandes quantités de GES tout en revendiquant la « neutralité climatique ». En se concentrant uniquement sur l'évolution du réchauffement au fil du temps, plutôt que sur le réchauffement total, une application inappropriée du PRG* et du principe de « pas de réchauffement supplémentaire » entérine les émissions actuelles de méthane, récompensant ainsi les pays et les entreprises ayant des émissions historiques élevées de méthane et pénalisant les pays à faibles émissions qui ont besoin d'espace pour se développer.

Ces méthodes risquent de :

- Minimiser les impacts climatiques significatifs des secteurs à forte intensité de méthane, tels que l'élevage de ruminants et l'extraction de combustibles fossiles
- Légitimer des réductions minimales de méthane et compromettre les progrès dans le Global Methane Pledge (−30 % d'ici 2030)
- Compromettre l'article 4.3 de l'Accord de Paris, qui exige des Parties qu'elles poursuivent leur « ambition la plus élevée possible »
- Créer une confusion en matière de réglementation et de conformité, et Compromettre la transition vers un système alimentaire durable, résilient, sain et équitable

L’utilisation de métriques et d’horizons temporels différents peut conduire à des conclusions divergentes dans les Analyses en Cycle de Vies (ACV)



- ACV n’a souvent pas d’objectif politique unique ou clair
- Utilisation de tests de sensibilité pour déterminer dans quelle mesure le choix des mesures est important (PRG100, PTG100, PRG20)
- Les coûts/avantages et les préférences en matière de métriques peuvent différer entre les niveaux mondial, national et sectoriel
- Step-change metrics (PRG*) n’est pas adapté pour les ACV de produit/évènement mais certains l’utilisent pour les effets de long terme (comme ACV changements de régimes alimentaires)