



« Zéro émissions nettes » : Signification et implications

**Institut Pierre-Simon Laplace
Centre de Modélisation du Climat**

Note scientifique n°34

Quentin Perrier, Céline Guivarch et Olivier Boucher

21 mai 2018

IPSL
4 place Jussieu
75252 Paris Cedex 5
France
Contact : perrier@centre-cired.fr
Copyright© Institut Pierre-Simon Laplace

« Zéro émissions nettes » : Signification et implications

L'Accord de Paris s'est construit autour d'un objectif central, annoncé dès l'article 2 : limiter le réchauffement climatique à 2°C, et si possible à 1,5°C. Cette finalité de long terme est assortie d'un jalon plus opérationnel dans l'article 4 : atteindre le « zéro émissions nettes » dans la seconde moitié du siècle. Autrement dit, il s'agit de tendre vers un équilibre entre les émissions anthropiques, en grande partie liées à l'utilisation de combustibles fossiles, et les absorptions anthropiques, comme la plantation de forêts ou la capture et le stockage éventuel de CO₂ atmosphérique.

Cependant, la formulation de cet article 4 interroge et nécessite de préciser plusieurs points :

- *Le périmètre d'action* : quelles émissions mais surtout quelles absorptions considère-t-on comme anthropiques ? quels gaz sont concernés par le « zéro émissions nettes » ?
- *La métrique d'équivalence* : comment rendre commensurables des gaz à effet de serre avec des propriétés physiques différentes ? Autrement dit, quelle métrique choisir ?
- *L'adéquation avec l'objectif de température* : dans quelle mesure cet article 4 est-il cohérent avec l'article 2, c'est-à-dire avec l'objectif de contenir l'élévation de la température « nettement en-dessous de 2°C » et de chercher à atteindre 1,5°C ?

Comment rendre commensurables des gaz différents pour définir un équilibre ?

Dans quelle mesure cet équilibre est-il compatible avec l'objectif de long terme de l'article 2 ?

Article 4 : En vue d'atteindre l'objectif de température à long terme énoncé à l'article 2, les Parties cherchent à parvenir [...] à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre au cours de la deuxième moitié du siècle

Comment distinguer les flux anthropiques et les flux naturels ?

Quels gaz cela recouvre-t-il ?

Cette note discute les choix possibles et leurs implications. Elle étudie successivement (1) la difficulté qui peut exister à distinguer flux anthropiques et naturels, (2) les gaz à considérer, (3) la question de la « métrique » utilisée pour définir un équilibre et (4) la cohérence avec l'objectif de long terme.

1. La Convention-Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) fournit une base utile mais imparfaite pour distinguer sources anthropiques et naturelles.

La distinction anthropique/naturel est relativement aisée pour les émissions industrielles ou liées à l'utilisation de combustibles fossiles, et il existe des règles précises pour en dresser les inventaires. En revanche, il peut être difficile, voire impossible, de faire la part du naturel et de l'anthropique pour certaines émissions et absorptions liées à l'usage des sols et aux forêts.

Pour faire face à cette difficulté, la CCNUCC a décidé d'adopter le concept de « terre gérée » : sont considérées comme anthropiques toutes les émissions et absorptions ayant lieu sur des terres déclarées comme « gérées » [1] par les États. Cette définition permet notamment de définir comme anthropiques les absorptions de CO₂ par les forêts gérées, bien que celles-ci soient *stricto sensu* en partie naturelles et considérées comme telles dans les « budgets carbone » estimés par le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). Les technologies de capture directe et du stockage du CO₂ atmosphérique, si elles se concrétisent, devront aussi être quantifiées et prises en compte.

2. Les gaz retenus peuvent être ceux de Kyoto II, c'est-à-dire ceux à longue durée de vie, mais les effets d'autres composés et l'inertie du système climatique ne doivent pas être négligés.

A long terme, la température de la planète est surtout influencée par l'accumulation dans l'atmosphère de gaz à effet de serre avec une longue durée de vie. Le protocole de Kyoto portait ainsi sur six gaz ou familles de gaz à effet de serre (GES) : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), l'hexafluorure de soufre (SF₆), les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC). Lors de la COP de Doha, en 2012, le protocole de Kyoto a été prolongé jusqu'en 2020, et le trifluorure d'azote (NF₃) a été ajouté à la liste des gaz concernés par cet accord surnommé « Kyoto II ».

Ce choix exclut cependant d'autres composés pouvant aussi influencer la température, notamment l'ozone, le carbone suie et les autres types d'aérosols. De nombreux aérosols – c'est-à-dire des particules en suspension dans l'air - sont nocifs pour la santé, notamment pour les systèmes respiratoires et cardiovasculaires, mais ils contribuent aussi à refroidir le climat. Une disparition des émissions d'aérosols pourrait entraîner un réchauffement allant jusqu'à 1°C, avec des effets plus marqués dans les zones peuplées [2]. Il convient donc d'inclure ces composants dans la réflexion, notamment pour éviter le risque d'une augmentation trop forte de la température.

Par ailleurs, l'équilibre entre émissions et absorptions anthropiques ne conduit pas instantanément à une stabilisation de la température, car le système climatique possède une inertie importante. L'équilibre mentionné dans l'article 4 de l'Accord de Paris ne porte que sur les émissions et absorptions anthropiques. Une fois cet équilibre atteint, le cycle naturel du carbone et le climat de la Terre finiront eux aussi par s'équilibrer, mais après une phase transitoire qui peut être très longue et entraîner un léger réchauffement ou refroidissement dans le temps.¹

¹ Plus précisément, en cas d'équilibre atteint après une décroissance des émissions nettes, les puits naturels restent un peu plus forts pendant quelque temps, tandis que l'effet inertiel du système climatique conduit à un réchauffement. L'effet net de cette période transitoire peut donc être positif ou négatif compte tenu des incertitudes sur les processus concernés.

3. Le choix d'un équivalent-CO₂ influera sur les efforts relatifs de réduction d'émissions entre pays et entre secteurs économiques, mais aussi sur la compatibilité avec l'article 2.

Les différents gaz à effet de serre présentent des propriétés physiques très variables, notamment en termes de durée de vie et d'efficacité radiative. Pour rendre comparables leurs émissions, on ramène généralement celles-ci à un « équivalent CO₂ ». Plusieurs systèmes d'équivalence existent, aussi appelés « métriques », pour comparer l'effet sur le climat des différents gaz à effet de serre. Aucune des métriques existantes n'est parfaite.

Gaz	Durée de vie	Métrique			
		GWP 20	GWP 100	GTP 20	GTP 100
Dioxyde de carbone	100 ans	1	1	1	1
Protoxyde d'azote	120 ans	264	265	277	234
Méthane	12 ans	84	28	67	4
HFC-134a	14 ans	3710	1300	3050	201
HFC-152a	1 an	506	138	174	19

Tableau 1 : Équivalent CO₂ de différents gaz selon diverses métriques

Certaines métriques sont plus pertinentes pour comparer des effets à court terme, d'autres à long terme. La CCNUCC et le GIEC ont jusqu'à maintenant privilégié la métrique GWP 100². Selon la métrique retenue, le coefficient d'équivalence entre les différents gaz peut être très différent. Pour le méthane, ce coefficient peut ainsi varier d'un facteur 20 !

Pour atteindre l'équilibre, les contributions relatives des différents secteurs économiques (industrie, énergie, agriculture) seront donc différentes selon la métrique retenue. Au niveau international, ceci peut également affecter les efforts relatifs des États, selon la structure de leur économie et de leurs émissions.

Selon la métrique choisie, l'équilibre entre émissions et absorptions de GES peut induire sur le long terme un refroidissement ou un réchauffement, en contradiction avec l'article 2. Par exemple, une métrique donnant un poids important aux gaz à courte durée de vie aboutirait à surcompenser des émissions de méthane de l'agriculture, difficiles à réduire, en capturant du CO₂.³ Comme le méthane ne s'accumule pas dans l'atmosphère du fait de sa durée de vie plus courte, à long terme, l'effet de serre et la température diminueraient. Ainsi avec la métrique GWP 100, un équilibre entre émissions et absorptions conduirait à un léger refroidissement sur le long terme. Une autre métrique, appelée GWP* (qui assimile une émission pérenne d'une espèce à courte durée de vie comme le méthane à une émission instantanée de CO₂) offre une meilleure adéquation entre les deux objectifs d'équilibre des émissions et de stabilisation des températures [3]. Une autre option serait d'exclure le méthane, dont la durée de vie est sensiblement plus courte que le CO₂, voire de ne considérer que le CO₂, pour que l'équilibre conduise bien à une stabilisation des températures à long terme [4]. Cependant, exclure certains gaz de l'Accord peut aboutir à des pics de température plus élevés à court et moyen terme et à des politiques d'atténuation sous-optimales.

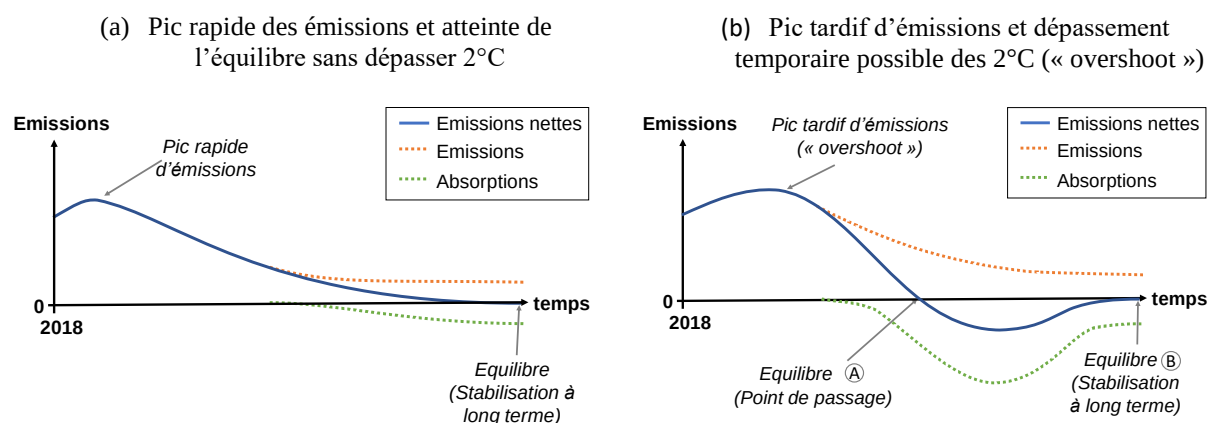
² GWP est l'acronyme anglais, souvent utilisé, qui signifie « *Global Warming Potential* ». La traduction française est « Potentiel de Réchauffement Global ». Il donne le pouvoir réchauffant d'un kilogramme du gaz concerné, rapporté au pouvoir réchauffant d'un kilogramme de CO₂ sur l'ensemble de la période considérée (par exemple, sur 100 ans pour le GWP 100). Le GTP (« *Global Temperature Potential* ») donne le pouvoir réchauffant du gaz par rapport au CO₂ à un instant précis (par exemple, au bout de 100 ans pour le GTP 100).

³ En théorie, les technologies d'émissions négatives permettent de capturer du CO₂. Il s'agit donc bien de compenser les émissions résiduelles de gaz à effet de serre (par exemple le CH₄ ou le N₂O dans l'agriculture, ou le CO₂ dans certains secteurs industriels) par des émissions négatives de CO₂.

4. Pour assurer la cohérence avec l'article 2, l'équilibre pourrait ne pas être suffisant, surtout s'il est atteint trop tard. Dans ce cas, des « émissions négatives » seront nécessaires, mais leur potentiel limité implique de réduire le plus rapidement possible les émissions pour espérer tenir l'objectif de 2°C.

L'équilibre peut être suffisant pour atteindre les objectifs de long terme de l'article 2 en cas de pic rapide des émissions. Les émissions de certains secteurs étant très difficiles à réduire, par exemple dans l'agriculture, le « zéro émissions nettes » sera la résultante d'émissions faibles compensées par des absorptions (cf. figure 1.a).

Figure 1 : Trajectoires stylisées d'émissions nettes tendant vers zéro



Cependant, les objectifs affichés par les États dans le cadre de l'Accord de Paris nous placent plutôt sur une trajectoire de pic tardif, avec un dépassement des 2°C à moyen terme [5]. Dans ce cas, l'équilibre n'est plus suffisant : des émissions *nettes* négatives seront nécessaires pour atteindre l'objectif de 2°C à long terme. Ces émissions nettes négatives impliquent des absorptions de grande ampleur dans les scénarios envisagés (cf. figure 1.b).

La faisabilité technique, économique et politique des émissions négatives⁴ à grande échelle n'est cependant pas assurée. Quel est leur potentiel réel, dans un monde plus chaud et plus peuplé, davantage soumis aux problèmes de sécheresse et de compétition des sols pour l'agriculture ? [6] Comment assurer des échanges d'émissions au niveau international, dans un processus reconnu des États et empêchant tout double comptage ? Ces incertitudes impliquent que tout retard dans l'action est un pari risqué, aux dépens des générations futures. L'équilibre (point de passage A) doit donc être atteint le plus tôt possible pour augmenter les chances d'atteindre les objectifs de long terme de l'article 2.

⁴ On fera attention à bien distinguer les émissions *nettes* négatives (c'est-à-dire émissions moins absorptions) d'une part, et les émissions négatives (c'est-à-dire les absorptions uniquement) d'autre part.

Références

- [1] Iversen, P., D. Lee, and M. Rocha, Comprendre l'utilisation des terres dans la CCNUCC, 2014.
- [2] Samset, B. H., M. Sand, C. J. Smith, S. E. Bauer, P. M. Forster, J. S. Fuglestvedt, S. Osprey, and C. F. Schleussner, Climate Impacts From a Removal of Anthropogenic Aerosol Emissions, *Geophys. Res. Lett.*, vol 45, 1020–1029, 2018.
- [3] Fuglestvedt, J., J. Rogelj, R. Millar, M. Allen, O. Boucher, P. Forster, E. Kriegler, and D. Shindell, Implications of possible interpretations of 'greenhouse gas balance' in the Paris Agreement, *Philos. Trans. R. Soc. A*, vol 376, 2119, 2018.
- [4] Tanaka, K., and B. C. O'Neill, The Paris Agreement zero-emissions goal is not always consistent with the 1.5 °C and 2 °C temperature targets, *Nat. Clim. Chang.*, 8, 319–324, 2018.
- [5] Benveniste, H., O. Boucher, C. Guivarch, H. Le Treut, and P. Criqui, Impacts of nationally determined contributions on 2030 global greenhouse gas emissions: uncertainty analysis and distribution of emissions, *Environ. Res. Lett.*, 13, 14022, 2018.
- [6] van Vuuren, D. P., A. F. Hof, M. A. E. van Sluisveld, and K. Riahi, Open discussion of negative emissions is urgently needed, *Nat. Energy*, 2, 902–904, 2017.