

Vers une simple inflexion des émissions mondiales d'ici 2050

La lutte contre le changement climatique impose une réduction rapide des émissions au niveau mondial. Parmi les trois grandes zones que sont l'Union européenne, les Etats-Unis et la Chine, l'Europe est celle qui a amorcé une baisse de ses émissions le plus tôt. Les émissions y ont baissé d'environ 40 % depuis leur pic en 1979.

Les États-Unis ont aussi enclenché une baisse mais plus tardivement. Les émissions sont en baisse de 18 % depuis leur pic de 2007. Une incertitude forte pèse d'ailleurs sur la prolongation de ce rythme du fait des annonces de D. Trump dans le domaine énergétique.

En Chine, les émissions ne sont pas en baisse, elles viennent même de dépasser en cumul la quantité d'émissions de l'UE depuis le début de l'ère industrielle. Mais la Chine voit le pic de ses émissions se profiler, sa croissance ralentissant et sa dynamique récente de transition énergétique se poursuivant.

Le paysage des émissions mondiales a drastiquement changé. En 1990, Europe et Etats-Unis représentaient près de 35 % du flux mondial d'émissions annuelles, ce chiffre est aujourd'hui tombé à 19 %. Les émissions de la Chine sont dans le même temps passées de 12 % à 30 % des flux annuels. Mais c'est le reste du monde, où le rythme d'augmentation ne fléchit pas, qui représente aujourd'hui la dynamique la plus inquiétante pour le climat mondial. Sans rupture franche des tendances engagées, l'écart avec les trajectoires 1,5°C et 2°C du GIEC ne fera que se creuser.

Développer et exporter une offre industrielle et technologique dans le domaine de l'adaptation représente donc, pour l'Europe et la France, une autre voie stratégique pour renforcer sa compétitivité, créer de la valeur et des emplois, en complémentarité indispensable des efforts de décarbonation.

Raphaël Trotignon

Pour dessiner les perspectives d'émission par grande zone, notre approche se fonde sur un modèle simple dérivé de l'équation de Kaya appliquée à l'Union européenne, aux États-Unis, à la Chine et au reste du monde. Elle permet d'estimer les perspectives d'émissions de gaz à effet de serre de chaque région à partir de nos perspectives économiques (croissance du PIB) et de la prolongation des tendances d'évolution de deux ratios : l'intensité énergétique du PIB (la quantité d'énergie nécessaire pour produire 1 000 \$ de PIB), et l'intensité carbone de l'énergie consommée (la quantité d'émissions induite par la production d'une même quantité d'énergie).

Par construction un tel raisonnement est basé sur une hypothèse de prolongation des tendances de long terme de baisse des deux ratios mentionnés. Il ne tient pas compte d'éventuelles rupture de rythme qui pourraient affecter l'un ou l'autre de ces ratios. De tels changements se sont pourtant déjà produits par le passé, comme on l'a vu en France lors du développement du programme nucléaire civil qui a conduit à une baisse très rapide de l'intensité carbone de l'énergie consommée en France (celle-ci avait baissé de 4 % par an entre la fin des années 70 et le début des années 90, contre un rythme annuel d'un peu plus de 1 % par an depuis la fin des années 90). Par ailleurs, l'intensité énergétique du PIB peut diminuer mais n'atteindra jamais zéro, car aussi efficace qu'une économie puisse être, l'activité économique requiert toujours de l'énergie. En théorie en revanche, l'intensité carbone de l'énergie consommée peut, elle, être réduite à zéro si l'intégralité des sources d'énergies utilisées sont décarbonées. C'est la combinaison d'une baisse de chacun de ces deux ratios qui permet d'accélérer très fortement la baisse des émissions par point de PIB.

Ainsi, les scénarios que nous discutons ci-après ne doivent pas être compris comme des prévisions d'émissions mais bien comme des projections tendanciennes permettant de se représenter où nous amènerait la

simple continuité des relations historiques entre croissance et émissions.

L'Union Européenne : un défi d'accélération qui se heurte à des contraintes économiques

L'UE s'est de longue date présentée comme pionnière dans la lutte mondiale contre le réchauffement climatique. Sa position dans les négociations internationales est celle d'un engagement ferme et inconditionnel de réduction de ses émissions, à un rythme conforme aux recommandations du GIEC. Elle affiche depuis le début des années 1990 une baisse continue de ses émissions de GES, qui sont en 2024 environ 35 % en dessous de leur niveau de 1990. La baisse est d'environ 40 % depuis leur pic en 1979. Cette baisse repose à la fois sur des progrès d'efficacité énergétique et de décarbonation de l'énergie consommée. Cependant, sans accélération rapide de tendance, les émissions de l'UE en 2030 ne seraient en baisse par rapport à 1990 que d'environ 40 % (contre un objectif de -55 %), et ses émissions en 2050 en baisse de 60 % par rapport à 1990, bien loin de l'objectif de neutralité carbone qu'elle s'est fixée. Cette nécessaire accélération implique des investissements massifs dans l'évolution de ses modes de production et de consommation, tout en répandant efficacement impacts sociaux et économiques qu'aurait une transformation aussi profonde, notamment quant à sa compétitivité industrielle.

Les États-Unis : une stratégie individuelle et incertaine

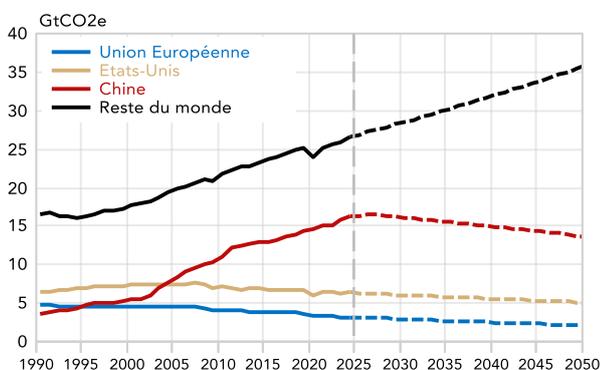
La réduction des émissions américaines n'est en réalité pas envisagée outre-Atlantique comme une participation à un effort mondial de décarbonation. Seize ans se sont écoulés entre la signature de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques en 1992 et le début de la baisse des émissions nationales américaines en 2008. Les États-Unis n'ont d'ailleurs pas ratifié le Protocole de Kyoto, et se sont retirés par deux

fois de l'Accord de Paris. Comme nous l'avons documenté dans un précédent document de travail¹, la politique climatique américaine est avant tout une politique énergétique, motivée par des considérations de localisation de la production, et d'innovation technologique. Elle est intrinsèquement imbriquée dans une politique économique d'ensemble priorisant emploi et compétitivité. Les émissions américaines ont amorcé une baisse en 2008. La poursuite tendancielle des gains d'efficacité énergétique et de décarbonation de l'énergie engagés amènerait les émissions américaines à une baisse de 20 % en 2030 par rapport à 2005, pour un objectif qui jusqu'à présent était établi à -50 % en 2030. Notre scénario d'évolution tient dorénavant compte d'un relatif ralentissement de la vitesse de décarbonation de l'énergie consommée aux États-Unis par rapport à la tendance observée ces cinq dernières années, en raison des annonces récentes du président Trump (objectif d'une énergie fossile abondante et peu chère).

Chine : vers un pic d'émissions mais un long chemin vers la neutralité

La Chine a connu une évolution exponentielle de ses émissions. Elle a dépassé la Russie en termes de flux annuel d'émission en 1987, l'Union européenne en 1995, et les États-Unis en 2004. Elle est de loin le premier pays émetteur au monde. Au niveau international, elle a historiquement renvoyé les pays développés à leur responsabilité dans le cumul des émissions et mis en avant son droit à une trajectoire de développement équivalente pour sa propre population. La Chine est depuis devenue une puissance industrielle incontournable et elle a conquis la plupart des grands marchés mondiaux des technologies de décarbonation (énergie solaire, éolienne, batteries, véhicule électrique...). Elle vient par ailleurs de dépasser en cumul la quantité d'émissions historiques de l'UE depuis le début de l'ère industrielle. Ces évolutions radicales ont conduit à ce que la Chine s'assigne dans le cadre de l'Accord de Paris un objectif de neutralité carbone à l'horizon de 2060, et d'atteindre un pic de ses émissions d'ici 2030. Sa croissance économique très rapide dans les années 2000 a été alimentée en grande partie par le charbon, et a soutenu une industrialisation massive et l'urbanisation. Aujourd'hui des signes d'inflexion apparaissent. Le pays réalise des progrès rapides en matière d'efficacité énergétique et déploie massivement les énergies renouvelables (solaire et éolien notamment) ainsi que le nucléaire, à une échelle sans équivalent dans le monde. Cette double dynamique, combinée à un ralentissement possible de la croissance économique, devrait conduire à un pic des émissions chinoises aux alentours de 2030, conformément à son engagement. Cependant, atteindre la neutralité carbone d'ici 2060, objectif affiché par Pékin, nécessitera une rupture beaucoup plus franche et un

Émissions de gaz à effet de serre



© Rexecode

¹ Document de travail n°90.

arrêt de tout nouveau recours au charbon après 2030. La simple prolongation des gains, pourtant rapide, d'efficacité énergétique et de décarbonation de l'énergie, conduirait la Chine à des émissions de 13 milliards de tonnes de CO₂ par an en 2050, soit 15 % en dessous de son niveau d'aujourd'hui.

Reste du monde : des émissions qui ne fléchissent pas

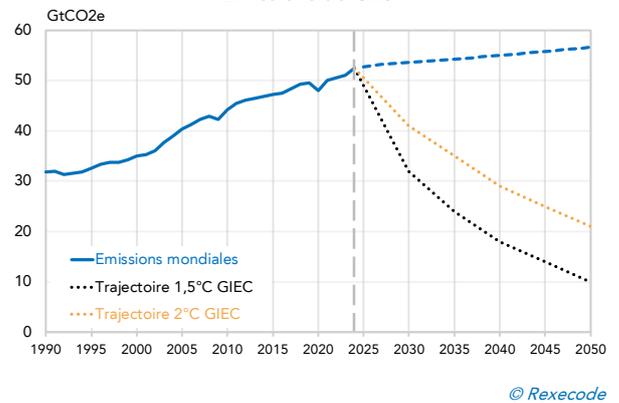
Le « reste du monde » constitue un ensemble extrêmement hétérogène, regroupant des pays émergents à forte croissance démographique et économique (comme l'Inde, l'Indonésie ou le Brésil), des pays en développement avec des besoins énergétiques croissants, des pays exportateurs d'hydrocarbures (Russie, pays du Golf...). Les émissions de cette vaste zone sont clairement orientées à la hausse. Si l'intensité énergétique tend à s'améliorer dans la plupart des pays, l'intensité carbone de l'énergie reste souvent élevée, avec une forte dépendance aux énergies fossiles, et diminue beaucoup plus lentement que dans les trois zones précédentes. La décarbonation de cet ensemble représente un enjeu financier et technologique colossal. C'est aussi un laboratoire potentiel pour réaliser des sauts d'adoption technologique, dont notre méthodologie ne rend pas compte par construction, qui conduirait à des ruptures franches de rythme de décarbonation. Sans rupture, le jeu de la simple prolongation des tendances observées conduit cette région à une hausse d'émissions continue dans le monde hors Chine, Etats-Unis et Union européenne. Son poids dans les émissions mondiales annuelles passerait alors de 52 % en 2024 à 67 % en 2050.

Monde : vers un réchauffement de 3 à 4°C en l'absence de rupture franche

La comparaison des perspectives régionales dresse un constat préoccupant. L'addition des perspectives régionales décrites précédemment permet d'établir une trajectoire pour le monde dans son ensemble. Malgré les

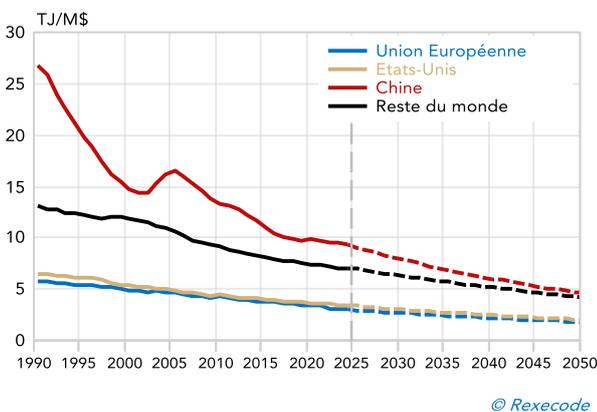
progrès notables de l'UE et les inflexions observées aux États-Unis et attendues en Chine, la somme des trajectoires actuelles ne permet absolument pas de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C, ni même à 2°C, par rapport aux niveaux préindustriels. Les émissions mondiales de GES pourraient encore augmenter d'environ 11 % d'ici 2050 par rapport à leur niveau actuel du fait de la hausse des émissions dans le reste du monde. Or, les scénarios du GIEC compatibles avec l'objectif de 1,5°C nécessitent une baisse drastique, de l'ordre de 60 % au minimum, sur la même période. L'écart entre les émissions atteintes par la prolongation des tendances et l'ambition affichée est immense et continue de se creuser. Le défi commun est donc une accélération sans précédent de la décarbonation à l'échelle globale, impliquant des efforts démultipliés dans toutes les régions et une coopération internationale renforcée.

Monde
Émissions de GES

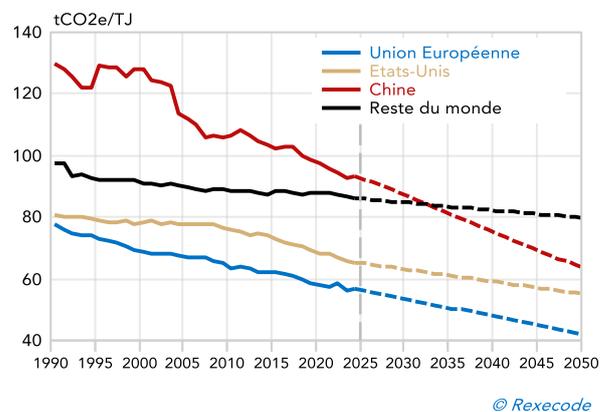


Face à ce constat, l'Union européenne et la France doivent repenser leur stratégie climatique. La priorité demeure la réduction de leurs propres émissions, mais l'efficacité de leur action doit être renforcée si l'on veut que les efforts consentis conduisent bien effectivement à limiter le réchauffement climatique. Il est important de mieux penser la conciliation de la décarbonation avec la

Intensité énergétique du PIB



Intensité carbone de l'énergie consommée



recherche de prospérité économique des populations. La décarbonation du reste du monde n'est pas seulement une nécessité pour le climat mondial, elle représente aussi un levier potentiel pour la croissance européenne. En développant et en déployant une offre technologique et industrielle compétitive pour répondre aux besoins mondiaux en matière de solutions bas-carbone (électricité et molécules renouvelables, nucléaire, hydrogène décarboné, efficacité énergétique, captage de carbone...), l'Europe peut contribuer à la baisse des émissions mondiales tout en créant de la valeur et des emplois sur son territoire. Cela nécessite un soutien accru à l'innovation, mais aussi et surtout au déploiement industriel de ces solutions, en simplifiant les cadres réglementaires et en stimulant la mobilisation des financements nécessaires.

Enfin, un regard objectif sur les trajectoires actuelles et probables impose de reconnaître que, même en accélérant drastiquement la réduction des émissions mondiales, une part du changement climatique et de ses im-

pacts est inévitable. La stratégie climatique de l'Union européenne et de la France ne peut donc se limiter à la seule mitigation pour intégrer de manière beaucoup plus affirmée la gestion des risques climatiques et le déploiement de solutions d'adaptation. Or, loin de représenter uniquement une contrainte ou un coût, l'adaptation ouvre également un champ d'opportunités économiques considérable. Les technologies et les services liés à la résilience des infrastructures, aux matériaux d'isolation, à la gestion de l'eau, à l'agriculture face aux nouvelles conditions climatiques, ou encore aux systèmes d'information et d'alerte, d'optimisation des systèmes dépendant du climat, constituent un marché mondial qui va mécaniquement être en forte croissance. Développer et exporter une offre industrielle et technologique de pointe dans le domaine de l'adaptation représente ainsi, pour l'Europe et la France, une autre voie stratégique pour renforcer sa compétitivité, créer de la valeur et des emplois, en complémentarité indispensable avec les efforts de décarbonation.

Tendances et projections des déterminants des émissions de GES par grandes zones

	2000-2025				
	Union européenne	Etats-unis	Chine	Reste du monde	Monde
Variation annuelle moyenne du PIB en volume sur la période 2000-2025 (en % par an)	1,4	2,0	8,0	4,1	3,3
Intensité énergétique du PIB en 2025 (TJ/M\$)	2,9	3,3	9,1	7,0	5,7
Variation annuelle moyenne sur la période (en % par an)	-2,0	-1,9	-1,9	-2,1	-1,3
Intensité carbone de l'énergie en 2025 (tCO ₂ e/TJ)	56	65	92	86	82
Variation annuelle moyenne sur la période (en % par an)	-0,8	-0,7	-1,3	-0,2	-0,3
Variation annuelle moyenne des émissions sur la période (en % par an)	-1,4	-0,7	4,5	1,7	1,6

	2025-2050				
	Union européenne	Etats-unis	Chine	Reste du monde	Monde
Variation annuelle moyenne du PIB en volume sur la période 2025-2050 (en % par an)	1,6	1,8	3,6	3,5	2,8
Intensité énergétique du PIB en 2050 (TJ/M\$)	1,8	2,0	4,6	4,2	3,6
Variation annuelle moyenne sur la période (en % par an)	-2,0	-2,0	-2,7	-2,0	-1,9
Intensité carbone de l'énergie en 2050 (tCO ₂ e/TJ)	42	55	63	80	70
Variation annuelle moyenne sur la période (en % par an)	-1,2	-0,7	-1,5	-0,3	-0,6
Variation annuelle moyenne des émissions sur la période (en % par an)	-1,6	-0,9	-0,7	1,2	0,3

Note : l'intensité énergétique du PIB est exprimée en térajoule pour un million de dollars (TJ/M\$). L'intensité carbone de l'énergie est exprimée en tonne d'équivalent CO₂ par térajoule (tCO₂e/TJ). Un térajoule est une unité énergétique qui représente mille milliards de joules, soit environ 278 mégawattheure (MWh).