

1

URGENCE CLIMATIQUE ET TRANSITIONS MONDIALES, BILAN DE L'ACCORD DE PARIS ET RETOUR D'EXPÉRIENCE FRANÇAIS

	MESSAGES CLÉS	41
1.1	L'URGENCE CLIMATIQUE DANS UN CONTEXTE DE CONFLITS GÉOPOLITIQUES	44
	1.1.1 - L'URGENCE CLIMATIQUE MONDIALE	44
	1.1.2 - LES RESSOURCES FOSSILES AU CŒUR D'UNE DOUBLE CRISE : CLIMATIQUE ET GÉOPOLITIQUE	46
1.2	LES DYNAMIQUES MONDIALES DE TRANSITION	50
	1.2.1 - TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	50
	1.2.2 - TRANSITION DU SYSTÈME ALIMENTAIRE ET DE L'UTILISATION DES TERRES	51
	1.2.3 - TRANSITIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES	54
1.3	QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES 10 ANS DE L'ACCORD DE PARIS SUR LE CLIMAT ?	57
	1.3.1 - ENSEIGNEMENTS INTERNATIONAUX DE L'ACCORD DE PARIS	57
	1.3.2 - BILAN DES POLITIQUES EUROPÉENNES ÉNERGIE-CLIMAT	61
1.4	QUEL RETOUR D'EXPÉRIENCE DES POLITIQUES CLIMATIQUES EN FRANCE ?	63
	1.4.1 - UN CADRE CLIMATIQUE NATIONAL EN CONSTRUCTION DEPUIS DIX ANS, DES RÉSULTATS ENCORE INSUFFISANTS	63
	1.4.2 - QUELS FACTEURS EXPLIQUENT LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS SECTORIELLES ENTRE 2015 ET 2024 ?	68
1.5	ENSEIGNEMENTS POUR L'ACTION CLIMATIQUE CES PROCHAINES ANNÉES	77
1.6	RÉFÉRENCES DU CHAPITRE 1	80



MESSAGES CLÉS

Ce chapitre apporte un éclairage sur l'urgence climatique mondiale dans un contexte caractérisé par la récurrence de conflits militaires liés aux énergies fossiles. Il montre que ces conflits posent des questions de souveraineté et de sécurité pour la France et pour l'Europe. Il analyse l'objectif de sortie des énergies fossiles en rappelant la dynamique de la transition énergétique, et les pistes de transition des systèmes alimentaires et de préservation des puits de carbone terrestres et océaniques. Il dresse un bilan des premiers 10 ans de l'Accord de Paris sur le climat et des enseignements qui peuvent être tirés des politiques climatiques de la France depuis 2015. Il s'interroge enfin sur les principes qui pourraient guider l'action climatique au cours des 10 prochaines années, dans un contexte marqué par de nombreuses incertitudes.

1.1. L'URGENCE CLIMATIQUE DANS UN CONTEXTE DE CONFLITS GÉOPOLITIQUES

- 1. Le réchauffement dû aux activités humaines s'est poursuivi, au cours de la dernière décennie, à un rythme record (+0,27 °C au cours de la dernière décennie),** pour atteindre 1,24 °C entre 1850-1900 et 2016-2025, et 1,4 °C jusqu'en 2025. Les 11 dernières années sont les plus chaudes jamais enregistrées, le rythme de réchauffement total a presque doublé depuis 2010 (0,31 °C/décennie contre 0,19 °C entre 1970 et 2010), et le budget carbone restant pour limiter le réchauffement en moyenne à 1,5 °C se réduit à quelques années d'émissions au rythme actuel.
- 2. Les énergies fossiles sont à la racine du changement climatique et génèrent des conflits géopolitiques :** 13 conflits militaires majeurs ayant fait des millions de victimes leur sont directement liés depuis 1956, et les budgets militaires ont bondi de 66 % entre 2020 et 2026 sous l'effet de la guerre en Ukraine et du conflit en cours au Moyen-Orient.
- 3. Les conflits liés aux ressources fossiles produisent des effets contradictoires sur la transition :** ils détruisent de la demande d'énergies fossiles par les prix élevés et accélèrent la substitution vers les renouvelables. D'un autre côté, ils augmentent la précarité énergétique et l'endettement et stimulent l'exploration de nouveaux gisements à coût élevé, retardant la sortie des fossiles et créant de futurs actifs échoués, tout en augmentant les émissions militaires. Ils contraignent les budgets pour la transition énergétique, détruisent les écosystèmes et augmentent la vulnérabilité des populations au changement climatique.
- 4. La transition énergétique doit s'efforcer de construire les conditions d'une autonomie stratégique sur un certain nombre de ressources critiques.** Le recours aux métaux, minéraux, etc., nécessaires à la transition énergétique, reproduit les mêmes mécanismes de concentration de l'offre, d'embargos et de tensions géopolitiques, mais sur une géographie différente dominée par la Chine (plus de 80 % de la transformation des terres rares). La sobriété et l'économie circulaire peuvent y contribuer.

1.2. LES DYNAMIQUES MONDIALES DE TRANSITION

1. **La décarbonation du secteur électrique s'accélère** : pour la première fois en 2025, 43 % de l'électricité mondiale est produite par des sources décarbonées, et l'augmentation de la demande électrique mondiale en 2025 a été couverte par les renouvelables (solaire +30 %, éolien +8 %).
2. **L'électrification des usages progresse à un rythme inédit** : 25 % des véhicules neufs vendus dans le monde en 2025 étaient électriques au sens de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) (dont un tiers d'hybrides rechargeables), et aux États-Unis les pompes à chaleur ont dépassé les chaudières à gaz de 30 % en volume de ventes en 2024.
3. **La transition du système alimentaire reste le parent pauvre de la transition climatique** : les émissions agricoles continuent de croître (+1,6 %/an), les pertes et gaspillages stagnent à 32 % de la production sans amélioration depuis 2015, la surconsommation de protéines animales se poursuit dans les économies développées et plus de 15 % des énergies fossiles mondiales sont consommées par le système alimentaire.
4. **L'intelligence artificielle concentre une concurrence inédite pour les ressources électriques et les financements publics**. La priorité accordée au développement de l'intelligence artificielle, par rapport au développement humain, ajoute aux incertitudes sur les transitions socio-économiques. Les applications d'intelligence artificielle (IA) ciblées sur la transition (optimisation des réseaux, détection de fuites) offrent un potentiel de réduction, mais l'IA générative utilise les capacités électriques disponibles pour la transition, et crée une demande pour de nouvelles centrales thermiques, en l'absence de régulation.
5. **Le coût de l'inaction dépasse d'un ordre de grandeur le coût de la transition et rend rationnelle une décarbonation unilatérale des grandes économies, avec des gains de bien-être considérables pour les sociétés**. Le réseau des Banques centrales sur le verdissement (NGFS) estime des pertes de 15 % du PIB d'ici 2050 sous 2 °C de réchauffement et de 30 % d'ici 2100 sous 3 °C, avec une fourchette haute pouvant atteindre 50 % compte tenu des incertitudes du modèle. À titre de comparaison, le besoin net additionnel, par rapport aux niveaux d'investissement existants, dans les énergies décarbonées est estimé à seulement 1-2 % du PIB mondial annuel d'ici à 2030.

1.3. ENSEIGNEMENTS DES 10 ANS DE L'ACCORD DE PARIS

1. **L'Accord de Paris a ralenti le rythme de hausse d'émissions fossiles au niveau mondial**. Il aurait contribué à infléchir la trajectoire de réchauffement de +3,6 °C avant 2015 à près de 3 °C avec les seules politiques actuelles et +2,3-2,5 °C dans le scénario de pleine mise en œuvre des contributions déterminées au niveau national (CDN) actuelles. Cet infléchissement est important, mais il demeure structurellement insuffisant pour contenir le réchauffement sous 2 °C. Les efforts à fournir après échéances des CDN, pour permettre ces baisses d'émissions restent majeurs.
2. **L'avis consultatif de la Cour internationale de Justice du 23 juillet 2025 constitue un tournant juridique majeur** : il établit les obligations climatiques des États comme relevant du droit coutumier international contraignant, identifie 1,5 °C comme l'objectif de température principal, et ouvre la voie à une justiciabilité accrue des engagements nationaux.
3. **Quatre paquets de politiques publiques (information, fiscalité, subvention, et cadre réglementaire) sont nécessaires de concours pour permettre la réduction des émissions**. La tarification du carbone doit être combinée à des paquets cohérents de subventions et d'instruments réglementaires, rendant disponibles et accessibles les alternatives décarbonées. L'intégration de mesures de justice sociale et redistributives sont essentielles à l'acceptation démocratique et à l'efficacité des politiques climatiques.

4. **Un retour sous 1,5-2 °C après un dépassement de quelques dixièmes de degrés est théoriquement possible mais conditionné à la capacité d'atteindre des émissions de CO₂ négatives**, c'est à dire aller largement au-delà de la neutralité carbone et déployer des capacités très importantes d'élimination biogénique et technologique du CO₂ atmosphérique en assurant son stockage à très long terme. Des réductions régulières des émissions brutes à court terme sont indispensables pour limiter le réchauffement en deçà de ces seuils.
5. **Les risques climatiques vont très fortement augmenter dans la plage de 1,5 °C-2 °C de réchauffement (attendue entre 2030 et 2050)**. L'adaptation progresse mais reste incrémentale et géographiquement concentrée, sans transformation systémique : l'écart de financement international atteint 187-359 milliards de dollars par an et les mécanismes existants alourdissent la dette des pays les plus vulnérables, qui sont aussi les moins responsables du changement climatique.

1.4. RETOUR D'EXPÉRIENCE DES POLITIQUES CLIMATIQUES EN FRANCE

1. **La France dispose d'un cadre juridique climatique réel mais dont l'effectivité reste incomplète** : plusieurs mesures structurantes ont été assouplies sous pression sociale ou économique (ZFE, ZAN, passoires thermiques), la taxe carbone nationale est gelée depuis 2018, alors que le SEQUE-UE 1 est limité à l'industrie et à l'électricité, et la fragmentation des dispositifs nuit à la lisibilité et à la cohérence d'ensemble.
2. **Au cours des dix dernières années, trois formes de précarité (énergétique, mobilité, alimentaire) se sont aggravées**. La précarité mobilité touche désormais 15 millions de personnes, et la précarité énergétique, stable en taux (10,8 % des ménages), s'aggrave dans ses manifestations les plus sévères avec 1,2 million de ménages ayant subi une coupure d'énergie ou une réduction de puissance en 2024 (+116 % par rapport à 2015), tandis que la précarité alimentaire a augmenté de 9 % en 2016 à 12 % en 2024 (avec un pic à 16 % en 2022). Ces trois précarités traduisent les dépendances très fortes d'une partie de la population aux énergies fossiles. C'est la raison pour laquelle elles doivent être prises en compte dans les politiques de transition climatique. L'incapacité d'une fraction significative de la population à accéder aux offres de transition (rénovation, mobilité décarbonée, alimentation durable) constitue le principal obstacle au soutien des politiques climatiques.
3. **Les investissements verts en euros constants ont progressé de 50 % en 10 ans mais ont reculé de 5 % en 2024**, une inflexion préoccupante alors qu'ils devraient quasi doubler d'ici 2030, tandis que les investissements fossiles, majoritairement des achats de véhicules thermiques, restent stables autour de 70 milliards d'euros par an.
4. **La tarification effective du carbone a augmenté de 40 % en euros constants sur la période**, portée principalement par le SEQUE-UE 1 pour l'industrie et l'énergie, mais elle est retombée en 2025 au niveau de 2015 pour les transports, reste très faible pour l'agriculture, et a même été négative dans certains secteurs en 2022 sous l'effet des boucliers tarifaires.
5. **La baisse des émissions entre 2015 et 2024 est portée très majoritairement par les leviers technologiques (efficacité énergétique, substitution de combustibles, décarbonation des vecteurs)**. L'analyse de cette période révèle que la réduction de la demande (sobriété dans les transports, les bâtiments et les régimes alimentaires) reste largement sous-exploitée. Les leviers technologiques dominent particulièrement dans les bâtiments et dans la production d'électricité, où l'intensité énergétique et le mix énergétique combinent leurs effets. Dans les transports, l'intensité carbone et l'intensité énergétique dominent. Les facteurs socio-économiques jouent un rôle contrasté : réducteurs dans l'agriculture et la production d'électricité (où ils correspondent à la décarbonation de l'ensemble du mix électrique), ils sont amplificateurs dans les transports routiers de marchandises, les bâtiments et le chauffage urbain, où la croissance économique et démographique contrecarre partiellement les progrès technologiques.

1.1 L'URGENCE CLIMATIQUE DANS UN CONTEXTE DE CONFLITS GÉOPOLITIQUES

1.1.1 L'URGENCE CLIMATIQUE MONDIALE

Les données récentes convergent pour montrer que le réchauffement climatique d'origine humaine augmente, que les puits de carbone perdent en efficacité et que le budget carbone restant pour limiter le réchauffement à 1,5 °C se réduit à quelques années d'émissions au rythme actuel. L'urgence se mesure à l'aune de l'augmentation, de la récurrence et de l'intensité d'événements extrêmes, des impacts et des dommages qu'ils provoquent, directement ou via la dégradation d'écosystèmes, et des conséquences irréversibles.

2025 a été la troisième année la plus chaude atteignant +1,43 °C au-dessus de la période préindustrielle et les 11 dernières années ont été les plus chaudes jamais enregistrées¹. L'océan continue de se réchauffer et d'absorber du dioxyde de carbone et la température moyenne des océans, hors zones polaires, a dépassé 20 °C. L'étendue annuelle de la banquise arctique a atteint un niveau historiquement bas, celle de la banquise antarctique le troisième plus bas jamais enregistré, et la fonte des glaciers se poursuit à un rythme élevé.

Le réchauffement mondial devrait dépasser +1,5 °C d'ici quelques années et pourrait atteindre +2 °C dès 2050. Le déséquilibre du bilan d'énergie de la Terre, résultat de la perturbation radiative, et de la réponse du climat, se poursuit à un rythme de plus en plus élevé, entraînant une accumulation de chaleur croissante. La montée du niveau moyen de la mer accélère, et se poursuit au rythme de 3,7 mm/an (en moyenne sur 2006-2025) pour atteindre 23 cm entre 1901 et 2025. Alors qu'entre 1970 et 2010 le réchauffement mondial moyen atteignait 0,19 °C par décennie, il a déjà atteint 0,31 °C par décennie entre 2010 et 2025, soit une accélération considérable due à l'augmentation du forçage

radiatif². Le budget carbone¹ restant pour limiter le réchauffement climatique moyen à 1,5 °C correspond à quelques années d'émissions³ au rythme actuel. À moins d'une réduction régulière des émissions mondiales d'ici 2026-2035, ce qui est relativement peu probable, le seuil de 2 °C pourrait être dépassé dans à peine 20 ans, soit avant 2050.

L'Europe se réchauffe deux fois plus vite que la moyenne mondiale depuis les années 1990. Le réchauffement observé au-dessus des continents atteint 1,8 °C entre 1850-1900 et 2016-2025. Le réchauffement au-dessus de l'Europe est près de deux fois plus rapide que le réchauffement planétaire et atteint 2,4 °C pour les cinq dernières années (pour +1,4 °C au niveau mondial) par rapport à 1850-1900 (cf. Chapitre 2).

Des millions de personnes ont été frappées par des événements extrêmes. Selon un rapport⁴ d'une compagnie de ré-assurance, le coût économique des seuls événements météorologiques et climatiques en 2025 (hors pertes dues aux séismes et autres événements non atmosphériques) était estimé à 277 milliards de dollars américains, dont environ 125 milliards (45 %) ont été couverts par des assurances. La situation la plus coûteuse pour les assurances à l'échelle mondiale a concerné les incendies de forêt de Los Angeles, en Californie, en janvier 2025 (41 milliards de dollars). Les orages convectifs violents ont été responsables d'au moins 47 % des pertes assurées (60 milliards de dollars). Plusieurs pays à travers le monde (dont la Jamaïque, le Myanmar, l'Indonésie, le Sri Lanka et le Pakistan) ont subi des difficultés financières considérables à la suite de catastrophes majeures. Les impacts de l'ouragan Melissa en Jamaïque sont analysés plus en détail au Chapitre 2.

1. Il existe une relation approximativement linéaire entre le cumul des émissions de CO₂ (budget carbone) et le réchauffement moyen à long terme. L'épuisement de ce budget ne signifie pas que la température franchira mécaniquement ce seuil à une date précise : il indique que, sans réduction drastique des émissions, la moyenne climatique dépassera +1,5 °C.

Chaque incrément de température supplémentaire perturbe le cycle hydrologique en créant des impacts majeurs. Le réchauffement augmente la demande évaporative, favorisant l'assèchement des sols à même niveau de précipitations, ce qui renforce les épisodes de déficit hydrique entre des épisodes pluvieux devenus de plus en plus intenses⁵. Dans les systèmes agricoles irrigués, ces changements induisent une hausse des besoins en irrigation⁶. Les eaux souterraines fournissent entre 20 et 30 % de la consommation mondiale d'eau douce et constituent la principale source d'eau pour l'irrigation en période de sécheresse. Plus d'un tiers des aquifères mondiaux sont surexploités, accentuant la déplétion, le stress écologique et une utilisation non durable de l'eau, surtout sous des scénarios de réchauffement élevé. La restructuration des régimes de précipitations, avec des épisodes plus intenses séparés par des intervalles secs plus longs, modifie la saisonnalité des débits fluviaux et réduit la disponibilité de l'eau de surface pour l'irrigation. Des épisodes pluvieux plus intenses pourraient accroître la recharge des eaux souterraines, tandis que leur moindre fréquence combinée à l'extension des sécheresses pourrait au contraire réduire l'infiltration de l'eau et la recharge des aquifères⁷. Près de 1,4 milliards d'hectares, soit plus de 10 % de la superficie terrestre mondiale, sont déjà affectés par la salinité, avec un milliard d'hectares supplémentaires menacés. Dans les pays les plus sévèrement touchés, le stress salin entraîne des pertes de rendement allant jusqu'à 70 % pour des cultures vivrières essentielles telles que le riz et les haricots⁸. L'augmentation de l'évapotranspiration réduit l'efficacité du lessivage des sols, concentrant les sels dans la zone racinaire, tandis que la montée du niveau de la mer favorise l'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers et les terres agricoles, rendant les puits inutilisables et les sols improductifs. Près d'un tiers de la population mondiale dépend de glaciers pour son alimentation en eau, notamment les 1,4 milliards de personnes dépendant des fleuves alimentés par les glaciers et neiges du Hindu Kush-Himalaya et du plateau tibétain⁸. Le ruissellement augmente au début du retrait des glaciers, puis atteint un pic hydrologique à partir duquel il diminue progressivement, entraînant des baisses de rendements agricoles déjà documentées dans l'Hindu Kush-Himalaya et les Andes tropicales⁹. Chaque incrément de température supplémentaire entraîne des pertes de masse et des perturbations hydrologiques en aval mesurables, avec des conséquences pour les ressources en eau douce, l'agriculture régionale et les risques d'inondations¹⁰.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) augmentent, les puits de carbone s'affaiblissent. La concentration atmosphérique moyenne de CO₂ en 2025 atteignait¹¹ 425 ppm (soit +52 % par rapport à l'ère pré-industrielle). En 2024, la plus forte hausse observée depuis le début des mesures modernes en 1957 a été enregistrée (+3,5 ppm), ce qui s'explique probablement par une forte contribution des émissions liées aux feux de forêt et par une absorption réduite de CO₂ par les terres et les océans¹². 2024, année la plus chaude jamais enregistrée, a été marquée par un puissant épisode El Niño responsable de vagues de chaleur et de sécheresse dans de nombreuses régions. La fin de ce phénomène El Niño 2023-2024 a permis au puits de carbone terrestre de retrouver en 2025 son niveau d'avant El Niño et la concentration moyenne de CO₂ dans l'atmosphère a augmenté de 2,7 ppm en 2025 par rapport à 2024.

Le changement climatique réduirait l'efficacité des puits de carbone¹³, en particulier terrestres, contribuant à hauteur de $8,3 \pm 1,4$ ppm à l'augmentation du CO₂ atmosphérique depuis 1960. Le puits de carbone océanique serait aujourd'hui 15 % plus important que le puits terrestre, mais son efficacité se réduit à mesure de l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Les effets combinés du changement climatique et de la déforestation ont transformé des régions tropicales d'Asie du Sud-Est et d'Amérique du Sud, autrefois puits de CO₂, en sources.

Les émissions mondiales de GES¹⁴ ont atteint 53,2 Gt éqCO₂ en 2024 (hors UTCATF), soit une hausse de +1,3 % par rapport à 2023. Le CO₂ d'origine fossile en représente près des trois quarts, suivi par le méthane (18 %), le N₂O (4,8 %) et les gaz fluorés. En se limitant aux seules émissions de CO₂ fossile, les chiffres provisoires pour 2025 indiquent¹⁵ une nouvelle hausse de +1,1 %, portant ce poste à un niveau record de 38,1 Gt CO₂. Même si elle est en nette décélération, la croissance de la consommation des énergies fossiles¹⁶ ne s'est pas arrêtée en 2025 par rapport à 2024 (+0,4 % pour le charbon, +0,7 % pour le pétrole, +1,0 % pour le gaz naturel).

Entre 2015 et 2024¹⁷, les émissions mondiales liées à la déforestation permanente demeurent élevées, à environ 4 milliards de tonnes de CO₂ par an, tandis que les absorptions par le biais du reboisement et de la régénération forestière contrebalancent environ la moitié de ces émissions. Les émissions totales de CO₂ (la somme des émissions d'origine fossile et des émissions liées aux changements d'affectation des terres) ont progressé plus lentement au cours de la dernière

décennie (0,3 % par an) qu'au cours de la décennie précédente (1,9 % par an). La déforestation en Amazonie a atteint son plus bas niveau en 2025 depuis 2014, du fait d'un renforcement des politiques de lutte, et les émissions mondiales nettes de CO₂ devraient être légèrement inférieures en 2025 par rapport à 2024.

Les émissions mondiales par unité de PIB décroissent régulièrement depuis 2010, mais les émissions absolues continuent d'augmenter. La décroissance des émissions par unité de PIB indique un découplage entre la croissance et les émissions de GES. L'UE illustre particulièrement ce découplage puisque de 1990 à 2025, le PIB européen a augmenté de 70 % en termes réels, tandis que ses émissions de GES ont diminué de 37 %. Au niveau mondial, cette tendance s'est confirmée en 2024 et en 2025, la croissance du PIB ayant atteint +2,9 % et +2,7 %, soit plus du double de la croissance des émissions mondiales. Toutefois, il n'y a toujours pas de baisse des émissions mondiales, et donc pas de découplage absolu (baisse des émissions malgré la hausse du PIB).

En 2024, la Chine, les États-Unis, l'Inde, l'UE-27, la Russie et l'Indonésie étaient les plus grands émetteurs de

GES au monde. L'Inde est devenue en 2020 le troisième émetteur mondial de GES, dépassant l'UE-27 (5,9 % du total mondial). En 2024, la Chine, l'Inde, la Russie et l'Indonésie ont augmenté leurs émissions par rapport à 2023, et l'Inde a représenté la plus forte augmentation absolue, avec 164,8 Mt éqCO₂. Les émissions de la Chine dépassent désormais les émissions combinées des États-Unis, de l'Inde et de l'UE-27¹⁸.

En 2025, selon les estimations du « *Global Carbon Project* », les émissions de la Chine auraient atteint un plateau¹⁹, grâce à une augmentation modérée de la consommation d'énergies fossiles conjuguée à une croissance exceptionnelle des énergies renouvelables et du nucléaire. Les émissions de l'Inde auraient augmenté de 1,4 %, soit un rythme plus lent que ces dernières années, une mousson précoce ayant réduit les besoins en climatisation pendant les mois les plus chauds. Conjuguée à une forte croissance des énergies renouvelables, cette situation a entraîné une très faible augmentation de la consommation de charbon. Aux États-Unis, après deux années de baisse, les émissions ont rebondi (+1,9 %) en 2025. Enfin, dans l'UE, selon ces données provisoires, les émissions auraient atteint un plateau en 2025 par rapport à 2024²⁰.

1.1.2

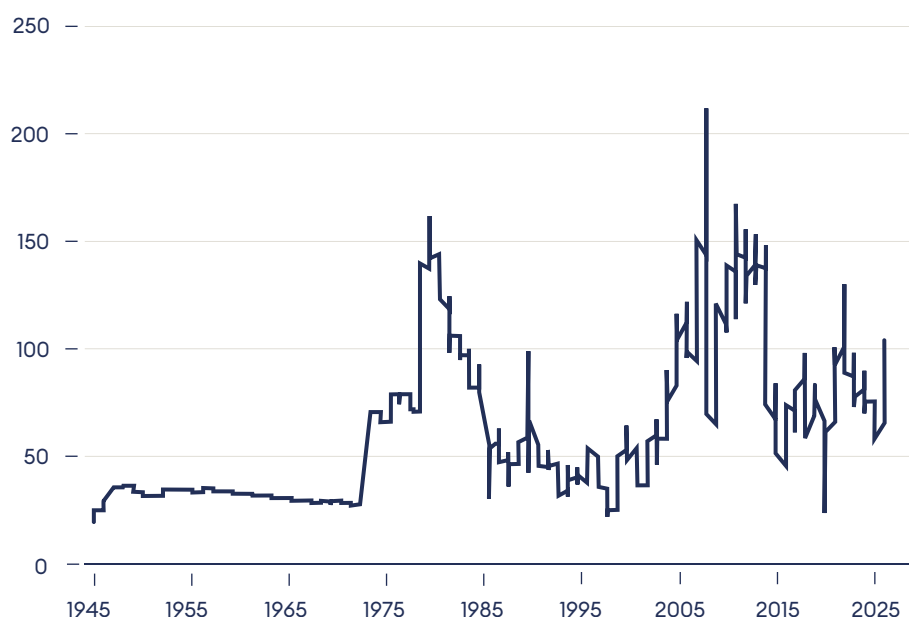
LES RESSOURCES FOSSILES AU CŒUR D'UNE DOUBLE CRISE : CLIMATIQUE ET GÉOPOLITIQUE

Les énergies fossiles sont à la racine du changement climatique et génèrent des conflits géopolitiques. Les sociétés en sont fortement dépendantes. Cette dépendance alimente simultanément le changement climatique, les tensions internationales et les conflits militaires liés aux richesses générées par ces ressources. La transition énergétique trouve ainsi une double justification : réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et soustraire les économies à la volatilité et aux conflits qu'engendre cette dépendance, mais elle crée de nouvelles dépendances à des minéraux critiques.

La volatilité des prix du pétrole brut et du gaz naturel augmente (Figure 1.1.2.a). Dans les années 1960, la moyenne annualisée de la volatilité²¹ du prix du pétrole brut était très faible (2 à 5 %). Elle a augmenté par paliers, passant à 25-35 % lors des premiers chocs

pétroliers (1973-1980), puis à 30 % dans les années 1980 lors de la guerre Iran-Irak et du fait de l'incapacité de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) de fixer un prix plancher en 1986. Durant les années 2000, la volatilité a encore cru à 35-50 % avec la demande chinoise et le boom des matières premières suivis par la crise financière de 2008. Enfin, les années 2020 se caractérisent par une volatilité maximum (45-60 %) avec trois crises majeures (Covid-19 ; invasion de l'Ukraine ; guerre en Iran et au Proche-Orient) depuis 2019. Le classement des principaux pays producteurs a également été transformé par l'exploitation massive du gaz de schiste qui a redonné aux États-Unis un rôle de premier producteur mondial de pétrole (en 2018) et de gaz naturel (en 2009). Les exemples historiques montrent que les chocs pétroliers sont souvent à l'origine de récessions²².

Figure 1.1.2.a. – Prix mensuel moyen du baril de pétrole brut ajusté de l’inflation (1946-2026) en \$ américain



Source : [Macrotrends](#)

La volatilité du prix du gaz naturel a également augmenté à partir de 2005, du fait de la libéralisation des marchés (création de trois marchés spot régionaux) et d'épisodes climatiques contrastés (tempêtes, hivers rigoureux). Les années 2020, marquées par la pandémie de Covid-19, par l'invasion de l'Ukraine par la Russie et par la guerre en Iran et dans le Golfe, ont dopé la volatilité des trois indices régionaux (Europe TTF, Asie JKM, États-Unis Henry Hub). Le marché est resté plus stable aux États-Unis (volatilité de 35-50 %, premier exportateur mondial), mais il présente une volatilité extrême en Europe (80-120 %) et en Asie (60-90 %). Le stockage du gaz naturel est plus difficile que celui du pétrole et les capacités de stockage européennes ne couvrent que 25 à 30 % de la consommation annuelle, ce qui contribue à la volatilité extrême des cours en cas de crise. Suite à la fermeture du Détroit d'Ormuz le 4 mars 2026, près de 20 % du commerce mondial de GNL (Gaz Naturel Liquéfié) est paralysé, plusieurs complexes gaziers au Qatar (Ras Laffan) et en Iran (South Pars et Asaluyeh) ont été en partie détruits et leur remise en état prendra plusieurs années. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime qu'entre 2026 et 2030, la perte²³ cumulée de production de gaz naturel s'élèvera à 120 milliards de mètres cubes (bcm).

Les conflits militaires liés au pétrole et au gaz naturel s'amplifient. On peut recenser depuis 1956 13 conflits

militaires majeurs directement reliés à l'exploitation, ou à l'exploration, du pétrole et du gaz naturel (Annexe 1.1, Tableau 1.1.2). Ces conflits ont largement contribué à l'augmentation de la volatilité des prix du pétrole et du gaz. Chacun de ces conflits a un ensemble distinct de causes géopolitiques, mais tous ont été exacerbés par les luttes pour le pétrole et le gaz naturel. Certains de ces conflits ont fait plus d'un million de morts, qu'il s'agisse de conflits inter-États (guerre Iran-Irak), ou de guerres civiles ayant entraîné des famines et des épidémies (guerres du Biafra et du Soudan). Depuis 2022, l'invasion de l'Ukraine par la Russie aurait entraîné 270 000 morts militaires et civils et de 1,5 à 1,7 millions de blessés²⁴. Ces différents conflits armés ont causé des pertes massives de production de pétrole, atteignant jusqu'à 4 millions de barils par jour (dans le cas de la guerre Iran-Irak (1990-1991))²⁵. La guerre actuelle en Iran et dans la région a entraîné pour la première fois une perte d'environ 20 millions de barils par jour notamment du fait de la fermeture du détroit d'Ormuz. Les impacts de ce choc pétrolier (et gazier) sont toutefois réduits par la transition énergétique en cours. Ainsi, le parc mondial de véhicules électriques a permis d'éviter la consommation de 1,7 millions de barils de pétrole par jour à l'échelle mondiale en 2025, soit presque autant que les 2,4 millions de barils exportés par l'Iran via le détroit d'Ormuz²⁶.

Ces conflits liés aux ressources fossiles ont généré des catastrophes environnementales.

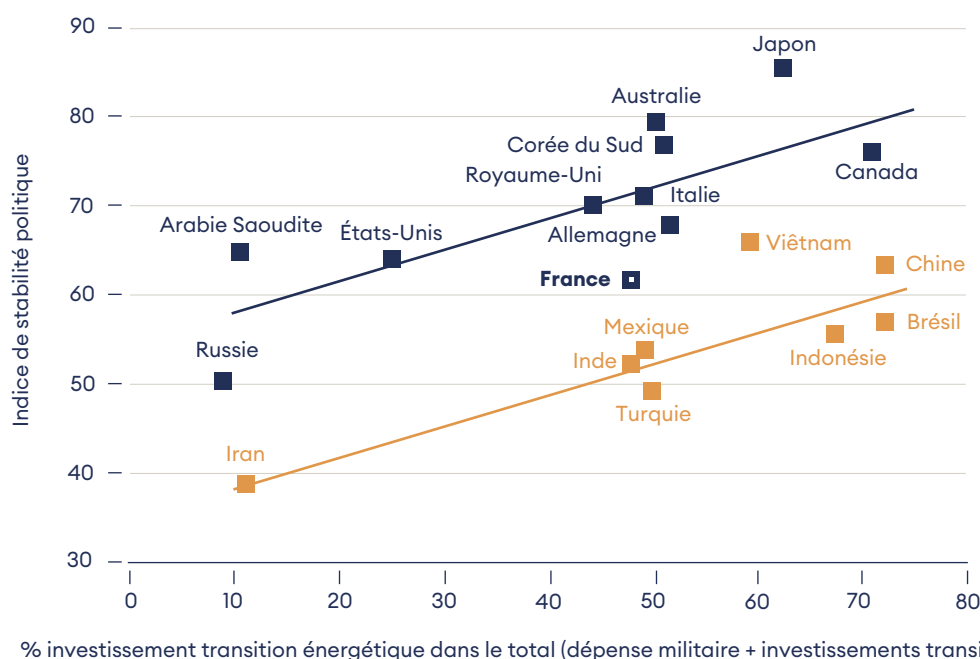
Ainsi, les 600 puits koweïtiens incendiés en 1991 constituent l'un des plus grands désastres environnementaux délibérés de l'histoire, avec des nappes d'hydrocarbures couvrant 40 km² des déserts koweïtiens. La contamination du delta du Niger, documentée par le PNUÉ²⁷ dès 2011, illustre comment l'extraction pétrolière dans un contexte de conflit prolongé peut conduire à une pollution dépassant 900 fois les seuils OMS (pour le benzène, un cancérigène certain) ; la rupture du pipeline Dar Blend au Soudan en 2012-2023 et les incendies d'infrastructures énergétiques en Ukraine depuis 2022, et plus récemment en Russie, montrent que ces impacts environnementaux constituent une dimension structurelle des conflits pétroliers, distincte des pertes de production.

Jusque dans les années 1970, les dépenses militaires directes créées par ces conflits ne dépassaient pas 10 milliards de dollars environ. À partir des années 1980, elles ont explosé pour dépasser 100 milliards de dollars dans le cas de six conflits, dont quatre au Moyen-Orient : la guerre Iran - Irak (560 Md\$), les deux guerres en Irak (2 035 Md\$) et la guerre de 2026 en Iran et dans la région (entre 25 et 50 Md\$

de dépenses directes reconnues officiellement, auxquelles s'ajoutent les coûts israéliens et les pertes économiques des pays du Golfe, pour un total estimé à 100-120 Md\$, cf. tableau Annexe 1. La guerre d'attrition après l'invasion de l'Ukraine par la Russie a déjà coûté 1 300 Md\$ de dépenses militaires directes (Annexe 1.1, Tableau 1.1.2). Jamais, les dépenses militaires directes lors de conflits liés au pétrole et au gaz n'ont été aussi importantes²⁸ qu'au cours des années 2020.

Les budgets militaires sont en hausse rapide. Les budgets militaires des différents paysⁱ concernés par la guerre en Ukraine et par les guerres au Moyen-Orient ont bondi de +66 % entre 2020 et 2026 pour atteindre 2 150 Md\$. Pour l'Union européenne l'augmentation a été de +83 % (420 Md\$), pour les États-Unis de +41 % et pour la Russie, cette augmentation atteindrait au minimum +143 %. En 2024, après 10 ans de croissance continue, la hausse des dépenses militaires mondiales (2,5 % du PIB mondial) a été la plus élevée depuis la Seconde Guerre mondiale atteignant +9,4 %. Cette hausse est principalement portée par le conflit en Ukraine (hausse de 17 % des dépenses en Europe) et les tensions au Moyen-Orient (hausse de 15 % des dépenses).

Figure 1.1.2.b – Indice de stabilité politique perçue de la Banque Mondialeⁱⁱ en fonction des investissements dans la transition énergétique rapportés à la somme des dépenses militaires et de ces investissements (2024)



Lecture : Pays à revenu élevé par habitant (symboles et ligne bleue) ; pays à revenu intermédiaire (symboles et ligne orange). Le modèle statistique (ANCOVA, $r^2=0,75$) montre que l'indice de stabilité politique dépend de la classe de revenu par habitant ($P<0,001$) et de la co-variable % investissements dans la transition énergétique ($P<0,001$).

Source : voir texte.

- i. États-Unis, Iran, Irak, pays du Golfe (membres du Conseil de Coopération du Golfe), Israël, Russie, Ukraine, Royaume-Uni et Union Européenne.
- ii. L'indice de stabilité politique ne mesure pas une réalité objective (nombre de coups d'État, d'attentats, etc.) mais des perceptions agrégées issues d'enquêtes et d'opinions d'experts.

L'indice de stabilité politique perçue est corrélé positivement à la priorité relative accordée à la transition énergétique sur la défense. En effet, en 2024, pour les 20 pays les plus émetteurs, l'indice de stabilité politique de la Banque Mondiale²⁹ est corrélé positivement selon un modèle statistique significatif avec les investissements dans la transition énergétique (*clean energy*³⁰, Md\$) rapportés à l'équilibre entre ces investissements et les dépenses militaires³¹ (Figure 1.1.2.b). Pour les pays à revenus intermédiaires, cette corrélation est également observée avec la même pente mais l'indice de stabilité politique perçue est en moyenne 20 % plus bas. Le Canada et la Chine ont, en 2024, le plus fort pourcentage d'investissements dans la transition énergétique par rapport aux dépenses militaires dans cet échantillon correspondant aux 20 pays les plus émetteurs.

Les conflits liés aux énergies fossiles ont un double effet : ils augmentent directement les émissions tout en détruisant la demande en pétrole et en gaz. La fragmentation géopolitique et des conflits militaires croissants à l'échelle mondiale tendent à entraver la baisse des émissions en réduisant la coopération internationale, en limitant les relations commerciales, en développant les émissions militaires et en détruisant des infrastructures et des actifs civils dont la reconstruction sera source d'émissions³². Mais les conflits liés aux ressources fossiles produisent simultanément un effet inverse, en accélérant la transition par deux mécanismes distincts.

Le premier mécanisme est la destruction de la demande par les prix. L'AIE documente³³ comment des prix élevés du pétrole et du gaz compriment mécaniquement la consommation énergétique au printemps 2026 : « la demande de pétrole devrait se contracter de 80 000 barils/jour cette année, le conflit iranien bouleversant nos perspectives mondiales [...] un recul de 1,5 million de barils/jour au deuxième trimestre 2026 serait le plus prononcé depuis que le Covid-19 a réduit la consommation de carburant. » De même, après l'invasion de l'Ukraine, la flambée des cours du gaz fossile a fait chuter la demande européenne de 11 % en 2022.

Le second mécanisme est la substitution stratégique vers les renouvelables. Lorsque les conflits révèlent la vulnérabilité des dépendances fossiles, de nombreux pays cherchent à sécuriser leur indépendance énergétique en investissant dans les énergies renouvelables, qui déconnectent leurs systèmes des marchés mondiaux des combustibles et des tensions géopolitiques associées³⁴. Les technologies telles que l'éolien,

le solaire, l'hydraulique et la géothermie, qui exploitent les ressources renouvelables locales, réduisent ainsi la dépendance aux importations d'énergies fossiles. C'est ainsi que, grâce à sa stratégie REPowerEU, l'UE a réduit³⁵ sa consommation de gaz de 18 % en 2023-2024 par rapport à la période 2019-2021, combinant changements structurels (désindustrialisation partielle, rénovation du chauffage domestique) et déploiement accéléré des renouvelables. Comme les renouvelables (éolien et solaire, hors hydroélectricité et bois énergie) n'ont couvert qu'un peu plus de 8 % de la demande énergétique mondiale totale (et le nucléaire environ 6 % supplémentaires), une véritable indépendance énergétique nécessite d'autres leviers : efficacité énergétique et réduction structurelle de la demande.

Un troisième mécanisme vient compliquer cette dynamique : des prix élevés du pétrole et du gaz stimulent l'exploration de nouveaux gisements et de gisements à coût élevé. L'investissement amont pétrolier et gazier mondial (environ 570 milliards de dollars en 2025) est consacré pour près de 90 % à compenser le déclin de la production des gisements existants³⁶, plutôt qu'à développer de nouveaux champs ce qui montre les tensions pour l'industrie. Au printemps 2026, suite à la montée des cours créée par le conflit au Moyen-Orient les raffineurs ont cherché à sécuriser des approvisionnements de remplacement³⁷, dont l'exploitation (schistes, eaux profondes, sables bitumineux) est moins rentable et généralement plus polluante³⁸. Ce troisième effet est paradoxal : en prolongeant la rentabilité des fossiles à coût élevé, les prix de crise retardent leur sortie du mix énergétique et génèrent des émissions supplémentaires, tout en alimentant de nouveaux investissements dans des actifs qui risquent de devenir des actifs échoués (*stranded assets*) si la transition s'accélère ensuite. Le volume d'investissements en pétrole de schiste américain sécurisé au premier semestre 2026 à la faveur de la hausse des prix illustre concrètement ce paradoxe³⁹. Sur le marché du gaz, la situation présente des bénéfices supplémentaires pour les États-Unis⁴⁰ : isolation des prix domestiques vis-à-vis du choc, capacité d'exportation en forte croissance permettant de capter la prime mondiale, et positionnement de substitution durable face à un concurrent qatari structurellement affaibli par les bombardements iraniens.

Pour les minéraux critiques, les mêmes mécanismes sont à l'œuvre avec une nouvelle géographie des tensions. La transition énergétique doit s'efforcer de construire les conditions d'une autonomie stratégique sur un certain nombre de ressources critiques.

L'objectif d'une souveraineté énergétique nécessite en effet de sécuriser l'approvisionnement en minéraux critiques, qu'il s'agisse du cuivre pour l'électrification, des terres rares pour les énergies renouvelables, ou de l'uranium pour le nucléaire. Plusieurs conflits militaires en cours (notamment en République Démocratique du Congo⁴¹ et en Birmanie⁴²) sont liés à l'extraction de minéraux critiques⁴³. L'AIE identifie six catégories de minéraux clés pour la transition énergétique⁴⁴ : le cuivre, le lithium, le nickel, le cobalt, le graphite et les terres rares. Les projections montrent que la demande en minéraux pour les technologies d'énergie propre double entre aujourd'hui et 2030 dans le scénario des politiques actuellement déclarées, et quadruple presque d'ici 2040 dans le scénario zéro émission nette. Malgré cette forte croissance de la demande, l'augmentation de l'offre (Chine, Indonésie et RDC notamment) a fait baisser les prix en 2024. En revanche, dans tous les scénarios d'électrification⁴⁵, la croissance de la production de cuivre serait insuffisante (hausse des coûts d'extraction, ralentissement des découvertes de nouveaux gisements et baisse de la teneur des minerais) pour satisfaire l'augmentation de la demande.

Comme pour le pétrole, la concentration de l'offre génère des rapports de force asymétriques⁴⁶ : la Chine extrait plus de 60 % des terres rares mondiales, en transforme plus de 80 % et produit environ 90 %

des aimants haute performance. Ce quasi-monopole lui permet d'imposer des embargos sur les exportations, dès 2010 vers le Japon, puis en 2025, par des restrictions successives de ses exportations, avec des mesures drastiques début octobre sur les équipements, les technologies et les aimants, faisant flamber les cours (Gallium, Germanium, Antimoine) de plus de 300 % en Europe, avant d'être partiellement suspendues après la rencontre des présidents Xi et Trump fin octobre. Ces interdictions d'exportation tendent à être contournées⁴⁷ par une réorganisation du commerce international sur les chaînes de valeurs stratégiques et moins polluantes autour des pays capables d'offrir des alternatives à la Chine.

Comme pour les fossiles, ces conflits d'accès génèrent un triple effet : un frein aux investissements dans l'exploration lorsque les prix s'effondrent (par exemple, -80 % pour le lithium depuis 2023) ; d'autre part, un frein à la transition énergétique lorsque l'approvisionnement devient incertain ; enfin, une accélération des efforts de diversification et de souveraineté, comme en témoigne le règlement européen sur les matières premières critiques entré en vigueur en 2024. Ce règlement crée des objectifs contraignants en matière de capacité d'extraction, de transformation et de recyclage d'ici à 2030, en fixant à 65 % le plafond d'importation depuis un pays tiers.

1.2 LES DYNAMIQUES MONDIALES DE TRANSITION

1.2.1 L'URGENCE CLIMATIQUE MONDIALE

La transition énergétique mondiale est engagée, portée par l'essor sans précédent des énergies renouvelables et par la chute continue de leurs coûts. Mais elle reste fragmentée : rapide dans le secteur électrique, lente dans l'industrie, les transports et le chauffage, et insuffisante au regard du budget carbone restant. Comprendre cette transition impose donc de distinguer ce qui change structurellement de ce qui reste verrouillé par la dépendance aux combustibles fossiles.

Une décarbonation accélérée de l'électricité mondiale. L'apport des énergies décarbonées (renouvelables et nucléaire) à la production mondiale d'électricité a permis d'éviter l'émission d'environ 10 Gt eqCO₂ en 2024 en incluant l'économie d'énergie primaire qu'elles induisent⁴⁸. En 2025, pour la première fois, 43 % de l'électricité mondiale a été produite grâce à ces énergies décarbonées⁴⁹. La croissance nette de la production d'électricité en 2025, a été entièrement assurée par des énergies

décarbonées (solaire +30 % ; éolien +8,2 %) ⁵⁰. Le stockage par batteries connaît un essor important, avec des ajouts annuels dépassant les 75 gigawatts (GW) en 2024, même si les batteries ne répondent pas aux besoins de flexibilité saisonnière.

D'ici à 2030, l'AIE indique ⁵¹ que la capacité mondiale de production d'énergie renouvelable devrait doubler, en augmentant de 4 600 GW, soit l'équivalent de la capacité de production d'électricité de la Chine, de l'Union européenne et du Japon réunis. L'énergie solaire photovoltaïque représenterait près de 80 % de cette augmentation mondiale, suivie par l'éolien, l'hydroélectricité, la bioénergie et la géothermie. Dans plus de 80 % des pays du monde, la capacité de production d'énergie renouvelable devrait croître plus rapidement entre 2025 et 2030 qu'au cours des cinq années précédentes. Cette croissance accélérée suppose encore de résoudre plusieurs défis (financement, approvisionnements, intégration au réseau électrique), mais la baisse des prix constitue un facteur favorable : 91 % des nouveaux projets d'énergie renouvelable d'utilité publique produisent de l'électricité à un coût inférieur à celui des alternatives fossiles ; le coût du stockage batterie a chuté de 93 % depuis 2010.

La production d'électricité nucléaire a augmenté de 2,8 % en 2024 pour atteindre 2 670 TWh (soit 8,7 % de la production mondiale d'électricité ⁵²). Six nouveaux réacteurs d'une capacité totale de 6,8 GW ont été raccordés au réseau, tandis que quatre réacteurs représentant 2,9 GW ont été mis hors service. Après plus de vingt ans de stagnation, la capacité nucléaire mondiale est en passe d'augmenter d'au moins un tiers d'ici 2035 ⁵³. Plus de 40 pays intègrent désormais le nucléaire dans leurs stratégies énergétiques et les investissements ont augmenté de plus de 70 % au cours des cinq dernières années.

Les investissements dans le secteur électrique dépassent les investissements dans les énergies fossiles. Sur les dix dernières années, la tendance est à l'augmentation des investissements dans les « énergies propres » et en particulier dans la génération, les réseaux et le stockage d'électricité. En 2025, les investissements dans le secteur électrique s'élèvent à 1 500 milliards de dollars contre 1100 milliards pour l'approvisionnement en pétrole, gaz et charbon - soit près de 50 % de plus ⁵⁴. La demande pour le pétrole ralentit et atteint des niveaux historiquement bas, passant de 46 % de la demande énergétique totale en 1975 à moins de 30 % aujourd'hui. La demande en pétrole des secteurs de l'aviation et de la pétrochimie croît, tandis que celle pour le transport routier recule légèrement ⁵⁵.

25 % de tous les véhicules vendus dans le monde étaient électriques ⁵⁶ en 2025, contre 20 % en 2024. Ces véhicules électriques, au sens de l'AIE, sont pour un tiers des hybrides rechargeables et pour deux-tiers des véhicules avec des batteries comme seule source d'énergie. La parité de prix des véhicules électriques (VE) avec les véhicules thermiques est déjà atteinte en Chine et en Thaïlande, et elle est attendue en Europe vers 2027-2030. Après le début de la guerre en Iran, mars 2026 a été le premier mois avec plus de 500 000 véhicules électriques neufs vendus dans l'UE. Aux États-Unis en 2024, les pompes à chaleur (PAC) ont dépassé les chaudières à gaz naturel de 30 % en volume de ventes, le plus grand écart jamais enregistré. En Europe, à l'inverse, les ventes ont chuté de 21 % en raison du renchérissement de l'électricité par rapport au gaz. Après le pic historique de 2022, malgré un recul d'environ 2 % en 2025 la tendance de fond demeure structurellement positive pour le rapport PAC/chaudières fossiles ⁵⁷.

1.2.2

TRANSITION DU SYSTÈME ALIMENTAIRE ET DE L'UTILISATION DES TERRES

Si la déforestation mondiale marque une légère décroissance en 2025, les émissions des systèmes alimentaires restent insuffisamment découplées de la production, et le verrouillage fossile des filières (des engrais à la logistique) freine toute transformation structurelle. La transition alimentaire est le parent pauvre de la transition climatique : techniquement possible,

économiquement complexe et politiquement sous-investie. Elle est de surcroît soumise à une triple pression croissante : chocs climatiques, conflits et instabilité économique qui se combinent et se renforcent mutuellement, aggravant l'insécurité alimentaire dans les régions les plus vulnérables au moment précis où la transformation des systèmes alimentaires devient la

plus urgente. Des solutions intégrées au nexus climat, biodiversité, alimentation, eau, sols, santé ont un potentiel élevé face à ces crises.

La baisse de la perte de forêts tropicales et de savanes en 2025 s'avère relative. En 2024, pour la première fois, les incendies - et non l'expansion agricole - ont été la principale cause de la perte de forêts tropicales primaires⁵⁸ qui a atteint une valeur record de 6,7 millions d'hectares, presque le double de 2023. En 2025, les pertes liées aux incendies ont diminué de 50 % et hors incendies, la perte de forêts primaires mondiales s'est établie à environ 2,7 millions d'hectares en 2025. Les savanes tropicales, comme le Cerrado au Brésil, sont particulièrement soumises à l'expansion agricole (soja, élevage). Pour le Cerrado spécifiquement, la déforestation agricole directe a diminué en 2024 et 2025 par rapport à 2023 grâce à des politiques renforcées de protection. La dégradation, qui implique une perte partielle de biomasse d'une forêt ou d'une savane sans conversion complète du couvert, a un impact proche de la déforestation en termes d'émissions de carbone⁵⁹, alors qu'elle est mal comptabilisée par les inventaires nationaux et que ses effets persistent pendant des décennies. Pour les zones humides mondiales⁶⁰, les dynamiques annuelles ne sont pas connues avec précision pour l'ensemble des régions. Dans le cas du Pantanal, (Brésil) après une saison de forts incendies en 2024, au premier semestre 2025 la superficie brûlée a été réduite de 99 % du fait d'une pluviométrie élevée. Dans le Bassin du Congo, une extension⁶¹ des forêts marécageuses a été documentée sur une période plus longue, renforçant le rôle de la région en tant que puits de carbone. Le retour d'un fort épisode⁶² El-Niño au printemps ou à l'été 2026 et en 2027 fait craindre une recrudescence importante des incendies.

Pour les émissions agricoles, le découplage est insuffisant par rapport à la production. Les données d'émissions de méthane et de protoxyde d'azote de l'agriculture mondiale ne sont connues qu'avec plusieurs années de retard⁶³. Pour les années 2020-2023, la croissance moyenne des émissions du secteur agricole⁶⁴ a été de +1,6 % par an, une croissance nettement supérieure à celle de la population mondiale (+1,1 % par an), mais inférieure à l'augmentation⁶⁵ en tonnage des productions végétales et des productions animales (+2,1 % et 2,8 % par an, respectivement). Ces chiffres indiquent une hausse de la consommation moyenne par habitant, particulièrement forte pour certains produits animaux, comme les œufs et les volailles, notamment dans les économies émergentes. Par ailleurs, la croissance plus faible des émissions (+1,6 % selon

la méthode FAO) que celle de la production agricole mondiale (environ +2,2 %) souligne soit un découplage partiel, soit une lente baisse des émissions par tonne de production, qui peut résulter en partie d'une croissance bien plus faible de la consommation de viande issue de ruminants (+0,3 % par an) fortement émetteurs que de la viande de monogastriques (volailles et porcins, +3,5 % par an) moins émetteurs. Ce découplage demeure toutefois très insuffisant en comparaison de scénarios⁶⁶ compatibles avec l'objectif d'un réchauffement limité à +1,5 °C avec dépassement nul ou limité. Ces scénarios supposent de réduire l'élevage pour faire baisser les émissions mondiales de méthane de 34 % (fourchette de 21 à 57 %) d'ici 2030 et de 44 % (fourchette de 31 à 63 %) d'ici 2040 par rapport à 2019. Pour le N₂O agricole, les réductions compatibles avec ces scénarios⁶⁷ sont de l'ordre de 20 % d'ici 2030. Des transitions rapides vers des régimes alimentaires sains et durables, entraînant une réduction de la part de protéines animales dans la plupart des régions du monde, sauf les plus pauvres (Afrique sub-saharienne, Asie du Sud) permettraient d'atteindre ce niveau de baisse des émissions agricoles, mais elles supposent une transformation des systèmes alimentaires^{68,69}.

Aucune réduction des pertes et gaspillages alimentaires n'a été observée. Les pertes et gaspillages atteignent 32 % de la production agricole sans variation significative depuis 2015. Les pertes après récolte (ou abattage) et durant la transformation pèsent 13 % et les gaspillages alimentaires (ménages, restauration collective, vente au détail) 19 %. La cible 12.3 de l'Objectif de Développement Durable 12 « Consommation et production responsables » vise une réduction de moitié des déchets alimentaires mondiaux d'ici 2030, mais cette cible semble aujourd'hui hors de portée. Les émissions induites par les pertes et gaspillages représentent⁷⁰ 8 à 10 % des émissions anthropiques mondiales, voire plus (16 %) dans une approche en cycle de vie complet⁷¹ incluant les émissions dans le secteur des déchets. Une analyse récente⁷² attribue à un excès de production structurel (surproduction structurelle, marges de sécurité excessives des distributeurs, sur-stockage) et à des comportements inadaptés (consommation de viande au-delà des besoins nutritionnels) plus de la moitié des émissions causées par les pertes et gaspillages alimentaires.

Un verrouillage des systèmes alimentaires par les ressources fossiles⁷³. Plus de 15 % des énergies fossiles totales sont utilisées par le système alimentaire mondial, pour la fabrication d'engrais azotés de synthèse (procédé Haber-Bosch), pour la production agricole (machinisme, irrigation, bâtiments et serres), pour

la transformation (cuisson, pasteurisation, séchage, ...), les emballages plastiques (dérivés pétroliers) et l'ensemble du transport⁷⁴. Environ un tiers (34 %) de l'ensemble de la pétrochimie produit des engrais azotés de synthèse, tandis que 6 % supplémentaires sont destinés aux plastiques alimentaires, soit au total environ 40 % des pétrochimiques mondiaux consommés par les systèmes alimentaires. Ces consommations moyennes masquent des différences entre modes de production et régions. Certains produits alimentaires nécessitent beaucoup plus d'énergie fossile. C'est le cas notamment des productions animales intensives et des aliments ultra-transformés (2 à 10 fois plus d'énergie que les aliments entiers). En intégrant l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en amont et les transports locaux, les émissions du système alimentaire liées aux transports⁷⁵ s'élèvent à environ 3,0 Gt éqCO₂, soit 19 % des émissions totales du système alimentaire, ou l'équivalent de 6 % des émissions mondiales toutes sources confondues. Les pays à hauts revenus sont responsables de près de la moitié de ces émissions. Sortir les systèmes alimentaires des fossiles nécessite une action⁷⁶ simultanée sur plusieurs leviers (ammoniac vert, agro-écologie, électrification agricole, relocalisation des chaînes et transition des régimes alimentaires) aucun d'eux n'étant suffisant de manière isolée et tous demandant des changements dans les investissements et dans les subventions.

Crises alimentaires, conflits et changement climatique interagissent fortement. Les chocs climatiques, économiques et les conflits interagissent de plus en plus pour déstabiliser les systèmes alimentaires en affectant les différentes dimensions de la sécurité alimentaire⁷⁷. Le changement climatique ralentit la croissance de la productivité agricole dans de nombreuses régions et continue d'exposer les populations à la faim et à la malnutrition, notamment en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud⁷⁸. Entre 2016 et 2025, le niveau d'insécurité alimentaire a augmenté de 153 %, principalement en raison des sécheresses jusqu'en 2019, puis de la pandémie de Covid-19 et de la guerre en Ukraine. Au printemps 2026, ces tensions sont amplifiées par le conflit en cours au Moyen-Orient, qui a conduit à la fermeture du détroit d'Ormuz par lequel transite environ 30 % de l'approvisionnement mondial en engrais de synthèse et 20 % du gaz naturel liquéfié, matière première essentielle pour ces engrais⁷⁹. Cette crise pourrait affecter la production agricole pendant plusieurs années du fait de la destruction d'une partie des capacités de production, entraînant une hausse de l'insécurité alimentaire dans les régions du monde les plus vulnérables et une accélération

de la hausse des prix alimentaires. Contrairement au pétrole, il n'existe aucun mécanisme de réserve stratégique coordonné pour les engrais. Le Programme alimentaire mondial prévoit qu'environ 45 millions de personnes supplémentaires pourraient sombrer dans une insécurité alimentaire aiguë si le conflit persiste, portant le total mondial à 363 millions. Simultanément, les modèles climatiques⁸⁰ indiquent une forte probabilité d'apparition d'un épisode El Niño entre mai et juillet 2026, avec un phénomène potentiellement intense persistant jusqu'au début de 2027, aggravant le risque de sécheresse en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud, précisément les régions déjà confrontées aux plus fortes perturbations de l'approvisionnement en engrais. Une étude récente publiée dans *Nature*, s'appuyant sur plus de 12 000 régions dans 55 pays et intégrant l'adaptation des agriculteurs dans des limites réalistes, estime que chaque degré de réchauffement mondial supplémentaire réduira en moyenne la production alimentaire de 120 calories par personne et par jour (soit 4,4 % de la consommation journalière actuelle) et que les rendements mondiaux baisseront de 11 % si les émissions chutent rapidement à zéro net, et de 24 % si elles continuent à progresser⁸¹.

Des solutions intégrées sont à mettre en œuvre face au nexus des défis (climat, biodiversité, alimentation, eau, santé) dans le secteur des terres. Le rapport Nexus⁸² de l'IPBES (2024) montre que les approches sectorielles, qui traitent séparément de la biodiversité, du climat, de l'alimentation, de l'eau ou de la santé, ont des conséquences non souhaitées, alors que les réponses intégrées génèrent des effets de synergie mesurables. Parmi les options de réponse à effets largement positifs sur l'ensemble des éléments du nexus figurent la restauration des écosystèmes riches en carbone (forêts, sols, zones humides), la gestion intégrée des paysages terrestres et marins, les régimes alimentaires durables et le soutien aux systèmes alimentaires autochtones. Toutes les options visant à réduire la perte de biodiversité produisent un impact positif sur les efforts d'atténuation et d'adaptation climatique ; leur mise en œuvre combinée a un effet synergique qui amplifie les bénéfices à l'échelle du nexus, alors que les approches actuelles n'ont pas su exploiter ce potentiel parce qu'elles ont été conçues et mises en œuvre de manière isolée. Les réponses présentées dans le rapport soutiennent à la fois les cibles du Cadre mondial de Kunming-Montréal pour la biodiversité, les objectifs à long terme de l'Accord de Paris et les objectifs de Développement Durable. Quelques exemples peuvent être donnés concernant :

- **L'alimentation** : la transition vers des régimes alimentaires à dominante végétale⁸³ réduit simultanément les émissions agricoles, la pression sur les terres et la déforestation, améliore la santé des populations et libère des surfaces pouvant être restaurées en écosystèmes naturels, un quadruple dividende que les politiques alimentaires traitent rarement de façon intégrée.
- **Les forêts** : les programmes REDD+ de seconde génération⁸⁴, lorsqu'ils associent conservation forestière, droits fonciers des communautés autochtones et diversification des moyens de subsistance agricoles, montrent des résultats supérieurs aux approches purement carbone : réduction de la déforestation, maintien de la biodiversité, sécurisation des bassins versants et renforcement de la résilience alimentaire locale.
- **Les sols** : l'agroécologie⁸⁵ et les pratiques de gestion conservatrice des sols (couverture permanente, rotations diversifiées, réduction du labour) séquestrent du carbone, restaurent la fertilité, réduisent le ruissellement et les intrants chimiques, et améliorent les rendements à moyen terme dans les contextes à faibles intrants, notamment en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud.
- **La biodiversité** : la restauration de la nature⁸⁶ à des fins d'atténuation et d'adaptation climatiques (reboisement, restauration des zones humides, gestion durable des terres) produit des co-bénéfices pour la restauration de la biodiversité et la sécurité alimentaire, à condition d'être planifiée de façon participative en prenant en compte tous les éléments du Nexus pour éviter que les plantations monoculturelles ou les mises en défens excluant les communautés locales ne génèrent de nouveaux compromis négatifs.

1.2.3 TRANSITIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Le changement climatique n'est pas seulement une crise environnementale : c'est un amplificateur des vulnérabilités socio-économiques existantes. Il pèse sur la santé, la réussite scolaire, l'emploi et les revenus des populations les plus exposées, tout en enfermant les économies les plus fragiles dans un piège entre coût de l'inaction et incapacité à financer la transition. La priorité accordée au développement de l'intelligence artificielle, par rapport au développement humain, ajoute aux incertitudes sur les transitions socio-économiques.

Le changement climatique accentue les inégalités, en touchant de façon disproportionnée les populations les plus vulnérables. Une revue récente⁸⁷ confirme les impacts négatifs de températures élevées sur la pauvreté, avec des effets plus marqués sur la pauvreté chronique que sur la pauvreté transitoire. Une analyse de données sub-nationales estime qu'une augmentation de 1 °C de la température entraîne une hausse du taux de pauvreté de 0,6 à 1,2 %. Les pays les plus pauvres, en particulier ceux d'Afrique subsaharienne, sont les plus vulnérables, de même que les économies à dominante agricole⁸⁸. Sans action plus rapide, entre 32 et 132 millions de personnes supplémentaires pourraient basculer dans la pauvreté d'ici 2030 selon le niveau de réchauffement⁸⁹ et une étude

de la Banque Mondiale⁹⁰ montre que chaque millier de tonnes de CO₂ émises aujourd'hui condamne deux personnes supplémentaires à vivre un an de plus dans l'extrême pauvreté d'ici 2100. Lutter contre la pauvreté et lutter contre le changement climatique ne sont donc pas deux agendas séparés, mais une seule et même urgence⁹¹.

Le changement climatique amplifie les inégalités dans la réussite scolaire et professionnelle. Les résultats éducatifs seraient déjà affectés négativement par le changement climatique, les groupes déjà désavantagés subissant les reculs les plus importants. Dans les contextes où l'éducation des filles est moins prioritaire, leur assiduité scolaire se détériore davantage sous l'effet des chocs climatiques. La chaleur extrême réduit les performances scolaires, augmente l'absentéisme et nuit à la santé physique et mentale des élèves⁹². Le stress thermique constitue le principal vecteur par lequel le changement climatique affecte l'emploi, en particulier dans les secteurs à travail physique intense : agriculture, construction et industrie. En 2023, la perte potentielle de revenus mondiaux associée à la réduction des capacités de travail due aux chaleurs extrêmes a atteint 835 milliards de dollars, soit 0,82 % de l'économie mondiale, avec des pertes moyennes équivalant à 7,6 % et 4,4 % du PIB

respectivement dans les pays à faible et moyen indice de développement humain⁹³. À long terme, les pertes économiques dues à la réduction de la productivité du travail pourraient représenter jusqu'à 1,5 % du PIB mondial en 2100 sous un scénario à fortes émissions, contre 0,1 % sous un scénario à faibles émissions, avec une concentration marquée en Asie du Sud-Est, en Inde et au Moyen-Orient⁹⁴. Ces pertes touchent disproportionnellement les secteurs les moins rémunérés, les travailleurs à faibles revenus subissant simultanément les expositions thermiques les plus élevées et la protection sociale la plus limitée. Le taux de décès liés à la chaleur a augmenté de 23 % depuis les années 1990, atteignant 546 000 décès par an, tandis que l'année 2024 a enregistré un nombre record de 154 000 décès dus aux fumées des incendies⁹⁵ (pollution aux particules fines PM2,5 issues de ces fumées).

Le changement climatique amplifie les risques sanitaires. La mortalité liée à la chaleur chez les adultes de plus de 65 ans a augmenté de 68 % depuis le début des années 2000, et le changement climatique a permis la montée en altitude des vecteurs en allongeant les saisons de transmission de maladies telles que le paludisme et la dengue de 10 à 20 % dans les régions endémiques⁹⁶. À ces impacts directs s'ajoutent des effets indirects majeurs : la malnutrition liée aux pertes de récoltes, les maladies hydriques amplifiées par les inondations et les sécheresses, et la dégradation de la santé mentale consécutive aux catastrophes climatiques⁹⁷. Le changement climatique favorise l'émergence et la diffusion des zoonoses en modifiant les aires de distribution des vecteurs et des réservoirs animaux, en renforçant les contacts entre faune sauvage, animaux domestiques et humains sous l'effet de la déforestation et des migrations climatiques⁹⁸. Ces quatre dimensions se renforcent mutuellement dans un cycle de vulnérabilité : la pauvreté réduit la capacité d'adaptation aux chocs climatiques, qui réduisent les rendements agricoles et les revenus, forçant les enfants à quitter l'école pour travailler tout en les exposant davantage aux maladies, perpétuant les pièges à pauvreté intergénérationnelles. Le changement climatique agit ainsi comme un multiplicateur structurel des inégalités, rendant indissociable toute politique d'adaptation climatique d'une politique de protection sociale, d'accès à l'éducation, de soutien à l'emploi décent et de santé globale⁹⁹.

Le coût de l'inaction dépasse d'un ordre de grandeur le coût de la transition. Le réseau des Banques centrales sur le verdissement (NGFS¹⁰⁰) estime des pertes de 15 % du PIB d'ici 2050 sous 2 °C de réchauffement et de 30 % d'ici 2100 sous 3 °C, avec le risque d'atteindre 50 % de pertes. La littérature la plus récente produit un consensus renforcé sur l'asymétrie fondamentale entre le coût de l'inaction et celui de la transition. Bilal et Känzig (2026) utilisent la température mondiale (mieux corrélée aux dommages que la température moyenne nationale) et estiment¹⁰¹ qu'un scénario tendanciel de réchauffement d'ici 2100 entraîne une perte de bien-être en valeur actuelle de plus de 30 % avec un coût social mondial du carbone supérieur à 1 200 \$ par tonne de dioxyde de carbone. D'un autre côté, le coût moyen des mesures de décarbonation atteindrait 80 \$ par tonne de CO₂ évitée¹⁰², soit 15 fois moins que le coût social du carbone. Bilal et Känzig montrent que ce rapport bénéfice/coût domestique du carbone rend rationnelle une décarbonation unilatérale des grandes économies (USA, Chine, Europe). Même si l'Accord de Paris sur le climat ne fonctionnait pas, chaque grande économie aurait un intérêt direct à décarboner de manière unilatérale. Ces estimations hautes du coût de l'inaction ne font pas l'unanimité dans la communauté des économistes, différentes méthodes conduisant à des estimations plus basses¹⁰³. À l'inverse, les estimations actuelles n'intègrent pas les points potentiels de bascule climatique¹⁰⁴, les migrations, les conflits liés aux ressources, ni le coût de l'innovation verte non réalisée¹⁰⁵.

À titre de comparaison, le besoin d'investissement annuel dans les énergies propres est estimé¹⁰⁶ à 2 300 à 4 500 milliards de dollars d'ici 2030, soit 6 à 7 % du PIB mondial. Une part importante de ces investissements aurait lieu dans un scénario 'politiques actuelles' afin de renouveler les infrastructures énergétiques existantes, répondre à la croissance de la demande, ou remplacer des actifs en fin de vie. Ainsi, les investissements annuels publics et privés supplémentaires nets par rapport aux niveaux actuels sont estimés à 1-2 % du PIB mondial.

Un piège de l'investissement climatique pour les économies les plus vulnérables. Selon le scénario contre-factuel de Bilal et Känzig, le PIB mondial par habitant serait aujourd'hui supérieur de plus de 20 % si aucun réchauffement ne s'était produit entre 1960 et 2019. Cette moyenne cache des disparités importantes,

avec des impacts bien plus importants sur les économies les plus vulnérables au changement climatique (petits états insulaires, Afrique sub-saharienne, Asie du Sud et du Sud-Est). Le piège¹⁰⁷ de l'investissement climatique désigne le mécanisme auto-renforçant par lequel les pays les plus exposés aux dommages climatiques sont aussi ceux dont la capacité à financer la transition est la plus contrainte. Des perceptions de risque élevées produisent des primes de risque élevées, augmentant le coût du capital pour les investissements bas-carbone, ce qui retarde la transition et amplifie les dommages futurs, réduisant encore davantage la capacité fiscale. L'Afrique subit ainsi une production d'électricité verte inférieure de 35 % à la trajectoire optimale sous 2 °C en raison du différentiel de coût du capital. Les évolutions géopolitiques récentes amplifient ce mécanisme : le retrait américain de l'Accord de Paris (janvier 2025), le démantèlement¹⁰⁸ partiel de l'*Inflation Reduction Act*, les contrôles chinois sur les terres rares, et la fragmentation des chaînes d'approvisionnement en technologies vertes réduisent simultanément les flux de financement climatique international, ralentissent la diffusion technologique vers le Sud global, et affaiblissent le signal-prix carbone mondial précisément au moment où les besoins sont les plus aigus. Les économies les plus vulnérables – principalement en Afrique subsaharienne et dans les petits États insulaires – sont déjà prises dans le piège : leurs émissions historiques sont marginales, leurs dommages climatiques parmi les plus sévères, leurs capacités fiscales réduites par les chocs climatiques récurrents, et leurs besoins de financement¹⁰⁹ de l'ordre de 6,5 % de leur PIB par an d'ici 2030 selon le groupe d'experts de haut niveau sur le financement climatique. Les flux internationaux publics d'adaptation vers les pays en développement (28 Md\$ en 2022) restent très insuffisants face à un déficit estimé entre 187 et 359 milliards de dollars par an, et même le doublement de ces flux prévu en 2022 par le Pacte de Glasgow ne réduirait ce déficit que d'environ 5 %¹¹⁰. La fracture entre les pays qui peuvent se permettre d'agir et ceux qui subissent le plus les conséquences de l'inaction climatique constitue une dimension éthique et politique du changement climatique.

Intelligence artificielle et transition climatique : accélérateur ou risque ? L'intelligence artificielle (IA) s'est imposée comme une priorité de premier plan dans les agendas politiques, au point de rivaliser avec la transition énergétique et climatique pour les financements publics, les ressources électriques et les

compétences disponibles. L'IA est-elle un accélérateur de la transition ou crée-t-elle une diversion des ressources disponibles ? La réponse peut dépendre des choix de gouvernance, mais aussi du type d'IA mobilisé. Les réseaux de neurones profonds (*deep learning*), appliqués à la modélisation physique, à la prévision climatique, à l'optimisation des réseaux électriques, offrent des apports directs à la transition : amélioration de la prévision des rendements solaires et éoliens, détection des fuites de méthane, optimisation de la consommation industrielle. Ces applications, relativement sobres en énergie à l'inférence, sont au cœur du potentiel de l'IA au service des objectifs de développement durable. Les grands modèles de langage (LLM) et l'IA générative présentent un profil très différent : leurs apports à la transition sont plus indirects (aide à la conception, synthèse de littérature scientifique, interface avec les décideurs), tandis que leur empreinte énergétique est considérablement plus élevée, tant à l'entraînement qu'à l'inférence à grande échelle. C'est principalement cette catégorie qui alimente le risque de vampirisation des ressources et de création de nouvelles centrales thermiques¹¹¹ : les trajectoires d'émissions futures divergent fortement selon les hypothèses retenues sur la consommation énergétique des centres de données dédiés aux LLM, et la maîtrise de la demande énergétique est directement menacée¹¹² si cette croissance n'est pas encadrée. L'AIE¹¹³ identifie cette tension comme l'une des principales incertitudes pesant sur les trajectoires énergétiques à l'horizon 2030. Les effets indirects de l'IA sur les émissions passent par plusieurs canaux contradictoires : un effet rebond par la croissance qu'elle stimule, et un potentiel de réduction de 3,2 à 5,4 Gt éqCO₂/an d'ici 2035 si elle est délibérément orientée vers la transition¹¹⁴, ce qui confirme que la gouvernance de l'IA constitue un enjeu climatique de premier ordre. Le rapport¹¹⁵ *Governing AI for Humanity* du Groupe consultatif de haut niveau de l'ONU sur l'IA formule cette tension de façon explicite : les bénéfices de l'IA ne peuvent être orientés vers la transition climatique qu'à condition d'une gouvernance mondiale inclusive capable d'encadrer l'empreinte environnementale des systèmes les plus intensifs en énergie. Ses sept recommandations (transparence sur la consommation énergétique des modèles, mutualisation internationale des données, création d'un panel scientifique sur l'IA analogue au GIEC) doivent être suivies pour éviter que l'IA soit un facteur aggravant de la demande énergétique mondiale.

1.3 QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES 10 ANS DE L'ACCORD DE PARIS SUR LE CLIMAT ?

Adopté en décembre 2015 par 196 parties, l'Accord de Paris a marqué un tournant historique dans la gouvernance climatique mondiale : pour la première fois, un cadre universel et juridiquement contraignant fixait l'objectif de limiter le réchauffement bien en dessous de 2 °C, et si possible à 1,5 °C, au-dessus des niveaux préindustriels. Dix ans après, le bilan est celui d'une architecture institutionnelle qui a tenu, mais dont les

engagements restent structurellement insuffisants au regard des trajectoires d'émissions réelles. Cette section examine ce bilan en deux temps : d'abord à l'échelle internationale, à travers l'évolution des CDN, des mécanismes de financement et de l'adaptation ; ensuite à l'échelle européenne, où l'UE a constitué un laboratoire avancé de mise en œuvre.

1.3.1 ENSEIGNEMENTS INTERNATIONAUX DE L'ACCORD DE PARIS

L'adoption de l'Accord de Paris en 2015 constitue un tournant majeur de la gouvernance climatique, rendu possible par un momentum politique inédit. Depuis les années 1990, l'action climatique internationale s'est développée selon une dynamique discontinue, alternant phases d'impulsion et périodes de stagnation. Un premier moment structurant est intervenu avec l'adoption des conventions issues du Sommet de la Terre de Rio en 1992, qui ont inscrit durablement le changement climatique à l'agenda multilatéral. Cet élan initial a toutefois été suivi de phases de blocage, dont l'exemple le plus emblématique demeure la Conférence de Copenhague, marquée par l'incapacité des États à s'accorder sur un régime conciliant universalité de l'action et différenciation des responsabilités. Fondé sur des contributions déterminées au niveau national (CDN) et un cycle quinquennal de révision de l'ambition climatique, l'Accord de Paris a instauré un cadre universel visant à contenir le réchauffement bien en dessous de 2 °C et à poursuivre les efforts vers 1,5 °C. Cette période d'accélération de l'action climatique internationale s'est accompagnée d'évolutions structurelles importantes dans l'économie réelle, telles que la croissance rapide des énergies renouvelables et des signaux de stabilisation, voire de baisse, des émissions de certains grands émetteurs comme la Chine.

L'Accord de Paris a contribué à infléchir les émissions mondiales et la trajectoire de réchauffement,

mais les engagements nationaux souscrits dans ce cadre restent insuffisants pour en atteindre les objectifs. L'Accord de Paris a permis une montée en puissance des cadres de gouvernance et des politiques publiques et a produit un infléchissement réel, mais encore insuffisant, de la trajectoire des émissions mondiales. Avant son adoption en décembre 2015, les politiques climatiques en vigueur conduisaient à un réchauffement global d'environ +3,6 °C d'ici 2100. Dix ans plus tard, à l'approche de la COP30 de Belém, 122 parties avaient soumis leur troisième CDN. Selon la mise à jour du secrétariat de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), une pleine mise en œuvre de ces engagements, hypothèse optimiste au regard des écarts historiques entre CDN déclarées et politiques effectives, ramènerait les émissions globales en 2035 à environ -12 % par rapport à 2019, contre une hausse projetée de 20 à 48 % avant l'Accord de Paris¹¹⁶. La trajectoire de réchauffement associée s'établirait à +2,3-2,5 °C d'ici 2100 selon la CCNUCC¹¹⁷, et à +2,6 °C selon l'initiative « *Climate Action Tracker* » (2025), la différence tenant aux hypothèses retenues sur la probabilité de mise en œuvre effective des engagements déclarés. Avec les seules politiques actuellement en vigueur, sans nouvelle ambition, le réchauffement atteindrait +2,8 °C. Ces projections déterministes sont complétées par une estimation probabiliste : selon une analyse bayésienne¹¹⁸, la probabilité de contenir le réchauffement

sous 2 °C reste inférieure à 17 %, signalant que l'objectif de l'Accord de Paris demeure hors de portée au regard des engagements actuels.

La valeur juridique de l'Accord de Paris est renforcée par la Cour internationale de justice (CIJ). Le 23 juillet 2025, la Cour internationale de Justice (CIJ) a rendu un avis consultatif¹¹⁹ historique affirmant que les États ont des obligations contraignantes en vertu du droit international pour lutter contre le changement climatique. Rendu à l'unanimité des 15 juges, cet avis, sollicité par l'Assemblée générale des Nations Unies à l'initiative du Vanuatu et d'une coalition de 133 États, permet notamment d'interpréter la portée des dispositions de l'Accord de Paris en matière de protection du système climatique à la lumière du droit coutumier, en particulier de l'obligation de conduite diligente de la part des États. En combinant droit conventionnel et coutumier, la Cour confirme l'existence d'obligations contraignantes pour prévenir les dommages significatifs au système climatique, notamment via la réduction des émissions de GES, et coopérer en ce sens. La violation d'une obligation climatique peut constituer un fait internationalement illicite engageant la responsabilité de l'État, susceptible d'ouvrir droit à réparation dans les conditions générales du droit de la responsabilité des États. La Cour précise que l'Accord de Paris impose aux États des obligations strictes et juridiquement contraignantes en matière d'atténuation, d'adaptation et de coopération, et identifie l'objectif de 1,5 °C comme « l'objectif principal en matière de température », en tant qu'« objectif consensuel scientifiquement fondé au titre de l'Accord de Paris », tranchant ainsi le débat sur la hiérarchie entre les deux seuils inscrits dans l'Accord. La Cour retient par ailleurs le principe

de responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives, à la lumière des différentes situations nationales, et reconnaît des obligations spécifiques en matière de soutien envers les États particulièrement vulnérables. L'avis consultatif de la CIJ ouvre la voie à une justiciabilité accrue des engagements climatiques nationaux, notamment dans le cadre des contentieux climatiques qui se multiplient devant les juridictions nationales¹²⁰. Le vote de l'Assemblée Générale des Nations Unies postérieur à cet avis a adopté une résolution reconnaissant la portée de l'avis de la CIJ avec une majorité de 142 pays.

Toutefois, les évolutions du contexte géopolitique (cf. 1.1) et la montée des stratégies d'obstruction climatique (Encadré 1.3.1.a) rendent fragile le consensus climatique. La gouvernance climatique demeure donc caractérisée par une tension structurelle entre progrès institutionnels et insuffisance des transformations économiques et sociales nécessaires pour tirer pleinement les enseignements de constats scientifiques désormais bien établis (AR6 GIEC).

Peut-on encore limiter le réchauffement à moins de 2 °C, voire revenir sous 1,5 °C ? Comme indiqué en section 1.1, le budget carbone restant début 2026 pour une probabilité de 50 % de limiter le réchauffement à 1,5 °C est presque épuisé, et aucune option de géoingénierie (Encadré 1.3.1.b) ne peut se substituer à une réduction rapide et régulière des émissions brutes. La question se pose donc de savoir si la combinaison de la baisse des émissions et du stockage (biogénique et géologique) de CO₂ peut permettre un retour sous ces seuils après dépassement.

Encadré

1.3.1.a

Une obstruction climatique qui s'étend

L'obstruction climatique (*climate obstruction*) désigne l'ensemble des actions et efforts intentionnels visant à ralentir ou bloquer les politiques climatiques correspondant au consensus scientifique sur ce qui est nécessaire pour éviter une interférence anthropique dangereuse avec le système climatique. Elle dépasse le seul déni de la science du climat pour englober des stratégies de retardement, de diversion, de désinformation, de lobbying et de capture réglementaire¹²¹. L'obstruction climatique s'étend bien au-delà des seules industries pétrolières et gazières aux entreprises de services publics, aux organisations professionnelles, aux cabinets de relations publiques et à certains gouvernements. Comme le montre une synthèse couvrant 13 pays et plusieurs secteurs, le déni de la science du climat a été progressivement supplanté par des attaques contre les scientifiques et les solutions alternatives, notamment les énergies renouvelables et les véhicules électriques¹²².

I. Entre 2015 et 2024, 276 affaires climatiques ont atteint des juridictions suprêmes ou constitutionnelles dans le monde – 117 aux États-Unis et 159 ailleurs – plus de 80 % d'entre elles ciblant des défendeurs gouvernementaux, mais avec une progression notable des poursuites contre les entreprises.

S'agissant du stockage biogénique, le carbone issu de la photosynthèse est stocké dans la biomasse (forêts, agroforesterie) continentale et les sols, ou en milieu aquatique (mangroves, herbiers marins, marais salants). À condition de préserver la biodiversité, ces options s'inscrivent dans les solutions fondées sur la nature et elles apportent un stockage réversible, les stocks de carbone additionnels constitués pouvant être perdus suite à des changements d'usage, ou de pratiques, ou encore sous l'effet du changement climatique lui-même¹²⁹.

Le potentiel d'un stockage¹³⁰ géologique prudent de CO₂ est limité par l'exclusion des zones à risque sismique, à risque de fuite, ou de conflit avec les usages des eaux souterraines, s'élève à environ 1 000 Gt CO₂, soit environ 90 % de moins que les estimations techniques précédemment utilisées¹³¹. Utiliser l'intégralité de cette capacité pour la seule élimination atmosphérique du carbone ne permettrait de réduire la température mondiale que de 0,7 °C (fourchette : 0,35-1,2 °C). Les pays disposant des capacités de stockage géologique

les plus robustes sont précisément ceux qui exploitent aujourd'hui les ressources fossiles à grande échelle, tandis que l'Europe dispose de capacités très limitées. Une partie des procédés permettant de capturer le CO₂ atmosphérique pour le stocker géologiquement passe par des bioénergies avec captage et stockage du carbone (BECCS) qui nécessitent des disponibilités élevées en terres. Compte tenu de ces différentes limites, seule une décarbonation profonde à court terme peut réduire substantiellement le risque de franchir durablement le seuil de 2 °C.

Les nouveaux scénarios de référence du changement climatique : la refonte du CMIP7. C'est dans ce contexte physique que s'inscrit la refonte des scénarios¹³² d'émissions de référence. Dans le cadre du projet Scenario Model Intercomparison Project for CMIP7, une nouvelle génération comprend sept familles de scénarios, plafonnées par un forçage radiatif de 6 à 7 W/m², contre 8,5 W/m² pour le scénario le plus élevé utilisé jusqu'alors (SSP8.5, *Shared Socioeconomic Pathway* à très hautes émissions) (cf. chapitre 2).

Encadré

1.3.1.b

Géoingénierie, des risques majeurs qui renforcent l'urgence de décarboner à la source

Les techniques de géoingénierie envisagées recouvrent deux familles aux logiques très différentes. La modification du rayonnement solaire (*Solar Radiation Modification*, SRM), principalement l'injection d'aérosols dans la stratosphère, vise à réduire l'énergie solaire atteignant la surface terrestre afin de refroidir le climat, sans agir sur les concentrations de CO₂. Sur cette modification du rayonnement solaire, le GIEC dans le résumé¹²³ pour décideurs du groupe III indique : « Il existe dans la littérature un niveau élevé d'accord pour considérer que, pour faire face aux risques liés au changement climatique, la modification du rayonnement solaire ne peut pas constituer la réponse principale en matière de politique climatique et ne constitue, au mieux, qu'un complément à l'atteinte de niveaux d'émissions nettes nulles ou négatives de CO₂ à l'échelle mondiale. » Un rapport du PNUE¹²⁴ souligne que le SRM pourrait avoir des conséquences environnementales et sociales importantes et imprévues, avec des implications incertaines pour la santé humaine et les écosystèmes naturels. Face à d'importantes lacunes dans les connaissances, à l'absence de gouvernance mondiale et à une forte incertitude, le PNUE demeure préoccupé par la viabilité, la faisabilité et les risques potentiels et appelle à la prudence, à la transparence et à un débat inclusif sur le sujet, sans pour autant détourner l'attention des mesures urgentes d'atténuation et d'adaptation. Lors d'une réunion du Conseil des affaires étrangères, les 27 ministres des États membres de l'UE ont signé une déclaration exprimant leur préoccupation face aux risques significatifs du SRM pour le climat, l'environnement, la sécurité et la géopolitique, et appelant à un moratoire sur le déploiement des technologies SRM ainsi qu'à l'application pleine du principe de précaution¹²⁵.

L'élimination du dioxyde de carbone (*Carbon Dioxide Removal*, CDR) comprend un ensemble d'options (afforestation, reforestation, pratiques agricoles stockant du carbone bioénergies avec ou sans capture de CO₂, captage direct dans l'air, et fertilisation/alcanisation des océans) visant à capturer le CO₂ déjà accumulé dans l'atmosphère. Le CDR est nécessaire dans tous les scénarios de neutralité carbone pour compenser les émissions résiduelles incompressibles. Mais ses options à grande échelle comportent des risques additionnels sévères documentés par le rapport spécial du GIEC¹²⁶ sur le changement climatique et les terres. Des politiques climatiques mal conçues,

notamment le déploiement massif de la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BEC-CS), pourraient augmenter l'insécurité alimentaire et accélérer la perte de biodiversité, en raison de la compétition pour les terres agricoles et forestières que ces options impliquent à grande échelle. L'Académie des sciences¹²⁷ conclut dans le même sens que « la géoingénierie climatique ne constitue ni une alternative à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ni une solution technologique miracle », et avertit que le SRM comporte un risque spécifique et irréversible : en cas de fort déploiement, l'interruption brutale des injections d'aérosols entraînerait inévitablement un « choc terminal », soit un réchauffement global extrêmement rapide, bien trop soudain pour que les sociétés humaines et les écosystèmes aient le temps de s'y adapter¹²⁸.

Les politiques climatiques les plus efficaces s'inscrivent dans la durée, combinent plusieurs leviers dont la tarification du carbone et s'accompagnent d'investissements technologiques et d'un cadre réglementaire crédible. Sur 1 500 mesures climatiques évaluées dans 41 pays sur six continents entre 1998 et 2022, 63 ont produit des réductions d'émissions significatives (réduction moyenne de 19 %) et le facteur commun à ces succès est l'inclusion d'incitations fiscales et de prix du carbone dans des combinaisons de politiques bien conçues¹³³. La tarification carbone (taxe carbone, ou marchés carbonés avec un prix suffisamment élevé et stable) constitue l'instrument le plus robuste pris isolément. Une hausse de la taxe carbone de 10 dollars par tonne de CO₂ réduit les émissions par habitant de 1,3 % à court terme et de 4,6 % à long terme, sur la base d'une analyse portant sur 121 pays¹³⁴. La tarification est le seul instrument qui soit efficace seul¹³⁵ et elle est aussi, dans la majorité des cas observés, le complément qui produit les plus grandes réductions d'émissions dans des mix de politiques, comprenant notamment les normes réglementaires sectorielles, le soutien aux énergies renouvelables et des combinaisons cohérentes d'instruments publics. La revue systématique de l'OCDE¹³⁶ (2025) suggère que la plupart des politiques sont efficaces pour réduire les émissions, avec un effet annuel médian de -5 % et une majorité d'études faisant état d'effets négatifs statistiquement significatifs et identifie un facteur transversal d'efficacité : la crédibilité et la prévisibilité de la politique dans le temps, qui conditionnent les décisions d'investissement de long terme. Par ailleurs, l'acceptabilité sociale détermine la durabilité politique des réformes. Les réductions d'émissions les plus importantes s'observent avec un délai de plusieurs années après la mise en œuvre¹³⁷, ce qui plaide pour une stabilité institutionnelle de long terme plutôt que pour des ajustements fréquents, et rend l'évaluation *ex-post* délicate, le taux de succès des politiques récentes pouvant être sous-évalué.

L'adaptation progresse, mais demeure en deçà des besoins et des risques. La *Global Adaptation Mapping Initiative* (GAMI)¹³⁸, dont les conclusions sont reprises¹³⁹ dans l'AR6 du GIEC, constate l'absence de preuves que l'adaptation réduit le risque climatique à grande échelle. La *Global Adaptation Mapping Initiative* (GAMI)¹⁴⁰, qui a systématiquement passé en revue des milliers d'articles scientifiques, identifie en effet des succès partiels et localisés, notamment en matière d'agriculture (variétés résistantes à la chaleur, agroforesterie), de systèmes d'alerte précoce aux cyclones et inondations (dont le Bangladesh constitue le cas le plus documenté de réduction de mortalité à grande échelle) et la protection côtière hybride combinant mangroves et infrastructures de génie civil. Mais ces succès partagent trois limites : ils restent géographiquement concentrés, correspondent à des ajustements incrémentiels plutôt que structurels, et ils ne sont pas répliquables à grande échelle faute de conditions institutionnelles et financières adéquates dans les pays les plus vulnérables. C'est cette combinaison de résultats locaux réels et d'absence de transformation systémique qui fonde le constat du GAMI sur le manque d'adaptation à l'échelle mondiale. Contrairement à l'atténuation, l'adaptation est difficile à évaluer *ex-post* faute d'indicateurs standardisés, de contrefactuels clairs et d'une couverture géographique équilibrée : la majorité des évaluations portent sur les pays à hauts revenus, là où les besoins sont paradoxalement moins urgents. De plus, si 172 pays sur 197 disposent d'un plan national d'adaptation, ces plans sont souvent insuffisants¹⁴¹, entraînant des risques de maladaptation¹⁴² et ils sont peu financés. L'écart de financement pour l'adaptation¹⁴³ est estimé à 187-359 milliards de dollars par an, et même doubler les flux (objectif du Pacte de Glasgow pour 2025) de financement n'aurait réduit en 2022 cet écart que de 5 %. La plupart des mécanismes de financement de l'adaptation (prêts concessionnels, obligations vertes,

assurances paramétriques) permettent de mobiliser davantage de capitaux, mais sous forme de dette : ce sont les pays en développement et les ménages vulnérables qui devront les rembourser. Ces mécanismes

déplacent donc la question du financement sans la résoudre : les pays les moins responsables du changement climatique restent les premiers à assumer le coût de l'adaptation¹⁴⁴.

1.3.2 BILAN DES POLITIQUES EUROPÉENNES ÉNERGIE-CLIMAT

Quatrième émetteur mondial de GES aujourd'hui, elle porte une responsabilité historique plus élevée encore au regard de ses émissions cumulées depuis l'industrialisation. Cette responsabilité se traduit par un engagement climatique parmi les plus ambitieux du monde : si la troisième CDN soumise à la COP30 a été jugée décevante au regard des attentes, l'UE a adopté un objectif de réduction de 90 % de ses émissions nettes d'ici 2040 par rapport à 1990, l'un des plus stricts jamais fixés par une grande puissance économique. Elle demeure de loin la première contributrice aux financements climatiques internationaux, finançant à elle seule plus d'un tiers des flux publics mondiaux d'aide climatique vers les pays en développement. Pourtant, cette position de leader est aujourd'hui fragilisée. Le retrait américain de l'Accord de Paris, la montée en puissance de la Chine comme acteur ambitieux dans la décarbonation, et les tensions commerciales croissantes avec ses partenaires traditionnels remettent en cause les alliances sur lesquelles l'UE avait construit son influence dans les négociations multilatérales. C'est dans ce contexte exigeant, à la fois interne et international, que s'inscrit le bilan des politiques européennes énergie-climat des dix dernières années.

Le cadre réglementaire est ambitieux, mais la mise en œuvre s'avère encore incomplète. Les impacts induits par le changement climatique s'aggravent en Europe, affectant les écosystèmes, la production agricole, les personnes et la santé, les infrastructures ainsi que l'économie européenne¹⁴⁵ (cf. RA25, chapitre 1, encadré 1.1a). En 2019, le Parlement européen a déclaré l'urgence climatique et environnementale¹⁴⁶ et la Commission européenne a présenté, avec le soutien de la France, le Pacte vert européen¹⁴⁷ (*European Green Deal*), programme transversal visant à faire de l'Europe le premier continent à atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. Reposant sur des textes réglementaires, des initiatives non-législatives et des mesures financières, ce pacte a constitué un changement d'approche par son ambition et son ampleur. Les objectifs climatiques européens ont alors été sensiblement renforcés dans le cadre du paquet « *Fit*

for 55 », qui fixe une réduction d'au moins 55 % des émissions nettes de GES d'ici 2030 par rapport à 1990. Au cœur de cette architecture, le système d'échange de quotas d'émission (SEQUE-UE) constitue la pierre angulaire de la politique climatique européenne, en fixant un prix du carbone harmonisé à l'échelle du marché intérieur pour les secteurs de l'industrie et de la production d'énergie. L'articulation entre le SEQUE, les objectifs nationaux de partage de l'effort et les politiques sectorielles a permis un découplage progressif entre croissance économique et émissions, illustré par un dépassement des objectifs 2020 (« *overachievement* »), à nuancer toutefois par l'effet dépressif de la récession Covid-19 sur les émissions.

La trajectoire actuelle est jugée compatible avec les cibles 2030, sous réserve de la pleine mise en œuvre par les États membres des mesures du paquet « *Fit for 55* » (cf. RA25, chapitres 4.1.1 et 5.1). L'Agence européenne pour l'environnement¹⁴⁸ indique que les États membres s'attendent collectivement à atteindre une réduction nette de 54 % d'ici 2030 par rapport à 1990, soit juste en dessous de la cible de 55 %, à condition que les politiques actuelles et prévues soient pleinement mises en œuvre. La Commission européenne¹⁴⁹ confirme cette trajectoire, en précisant qu'une réduction supplémentaire de 140 millions de tonnes de eqCO_2 par an doit encore être réalisée en moyenne d'ici à 2030, soit environ 3 points de pourcentage des émissions de 1990. Toutefois, une analyse indépendante¹⁵⁰ estime que l'UE n'est pas pleinement sur la bonne trajectoire, notamment parce que toutes les directives du paquet *Fit for 55* n'ont pas encore été transposées par les États Membres dont la France (ex. RED3) et que la moitié des États membres n'avaient pas soumis en 2025 leurs plans nationaux énergie-climat (PNEC) complets.

La densité et la stabilité du cadre réglementaire européen constituent un avantage comparatif dans une période où les acteurs économiques réclament prévisibilité et visibilité de long terme. Le rapport¹⁵¹ Draghi confirme que la politique climatique est compatible avec la revitalisation de l'économie, voire qu'elle constitue un

moteur de compétitivité important, mais il alerte toutefois sur le fait que les investissements dans la transition ne sont pas à la hauteur des enjeux en Europe. C'est notamment pourquoi les rapports Draghi et Letta³¹⁵² soulignent que le corpus juridique n'a pas encore déclenché, à l'échelle requise, les transformations structurelles nécessaires à la transition verte ni restauré la compétitivité industrielle européenne.

Le déficit d'investissement persiste malgré l'intégration budgétaire du climat. Sur le plan financier, l'intégration du climat comme critère transversal du cadre financier pluriannuel, avec 30 % du CFP 2021-2027 fléchés vers des dépenses contribuant aux objectifs climatiques¹⁵³, constitue une avancée méthodologique réelle. Elle reste toutefois insuffisante comme outil de pilotage de l'investissement¹. Les rapports Draghi et Letta identifient un déficit persistant dans les technologies bas-carbone et les infrastructures vertes, estimé à plusieurs centaines de milliards d'euros par an, ainsi qu'une fragmentation des marchés et des politiques industrielles qui limite les effets d'entraînement du cadre réglementaire. L'absence d'un instrument d'investissement mutualisé à la hauteur des besoins, comparable à ce que l'*Inflation Reduction Act* (IRA) américain a représenté pour les États-Unis, constitue le principal angle mort de l'architecture climatique européenne.

Les progrès en termes de transition énergétique et de souveraineté sont réels, mais de nouvelles vulnérabilités apparaissent La guerre en Ukraine a révélé la vulnérabilité structurelle de l'UE liée à sa dépendance aux énergies fossiles, en particulier au gaz russe qui représentait jusqu'à 41 % des importations européennes en 2021⁵. Elle a conduit à une reconfiguration accélérée de la politique énergétique (cf. section 1.2.1) à travers le plan REPowerEU, lancé en 2022. En 2025, les États-Unis sont les premiers fournisseurs de l'UE pour le gaz naturel liquéfié (GNL) et pour le pétrole. Si cette stratégie a permis de sécuriser l'approvisionnement à court terme, notamment via un recours accru au GNL américain et moyen-oriental et une forte accélération du déploiement des renouvelables, elle a également généré de nouvelles dépendances structurelles. Parmi celles-ci figurent la multiplication des contrats de long terme dans les infrastructures de regazéification, l'exposition aux marchés internationaux du GNL dont la volatilité a été amplifiée par le conflit en Iran au printemps 2026, et les risques de verrouillage fossile (cf. section 1.1.2). La transition énergétique apparaît ainsi comme un levier de souveraineté autant que de décarbonation : réduire la dépendance

aux fossiles importés revient simultanément à réduire l'exposition aux chocs géopolitiques et à financer la transition par les économies réalisées sur les importations. Cette double logique, longtemps sous-estimée, est désormais au cœur de la doctrine européenne.

Une stratégie industrielle entre ambition souveraine et fragmentation persistante. L'UE a longtemps fait reposer sa politique industrielle sur la conviction que le bon fonctionnement du marché unique suffisait à orienter les investissements et l'innovation, en s'appuyant sur des instruments horizontaux (règles de concurrence, aides d'État encadrées, politique commerciale commune) applicables à tous les secteurs sans distinction. Cette approche évitait de choisir entre secteurs ou technologies, laissant aux signaux de marché le soin d'allouer les ressources.

Sous la pression combinée de la concurrence américaine et chinoise, des ruptures d'approvisionnement révélées par la crise Covid-19 et la guerre en Ukraine, et du retard pris dans les technologies clés de la transition, l'UE a progressivement basculé vers une logique plus interventionniste et verticale : elle désigne désormais explicitement des secteurs stratégiques prioritaires (batteries, hydrogène, semi-conducteurs, éolien, photovoltaïque) et mobilise des instruments ciblés pour y soutenir la production et l'investissement européens, quitte à assouplir temporairement les règles sur les aides d'État. Cette évolution¹⁵⁴ intègre davantage les enjeux de souveraineté, c'est-à-dire la capacité à maîtriser des chaînes de valeur critiques sur le sol européen ou à travers des partenariats avec des États tiers, et de sécurité, au sens de la réduction des dépendances stratégiques vis-à-vis de fournisseurs ou de technologies extérieurs à l'UE. Elle est illustrée par la Boussole de la compétitivité¹⁵⁵ (2025) et le Pacte pour une industrie propre¹⁵⁶ (*Clean Industrial Deal*, 2025). Elle se heurte toutefois à des divergences persistantes entre États membres, liées à la structure de leurs économies et à leurs mix énergétiques. Plusieurs textes structurants, discutés au chapitre 6, dont le règlement sur les véhicules thermiques, le *Net Zero Industry Act*¹⁵⁷, la réforme du marché de l'électricité et le pacte acier et aluminium, ont cristallisé des tensions, y compris entre la France et l'Allemagne, révélant les limites d'une gouvernance climatique qui peine à articuler ambition commune et diversité des situations nationales. Le risque est celui d'une fragmentation croissante des politiques industrielles au sein du marché unique, qui affaiblirait précisément l'avantage comparatif que constitue le cadre réglementaire commun.

1. Le CFP 2014-2020 affichait 20 % de dépenses climat (216 Md €), un niveau jugé surestimé par la Cour des comptes européenne, qui évalue la part réelle autour de 13 % (cf. HCC RA25 chap.5). Pour 2021-2027, l'objectif a été relevé à 30 %, avec une trajectoire de 31,9 % en 2024 selon le Parlement européen, malgré des méthodologies encore fragmentées et des risques de double comptage. NextGenerationEU a introduit une obligation de 37 % de dépenses climatiques, mais les audits soulignent des limites liées à des paiements fondés sur des jalons plutôt que sur des résultats climatiques effectifs. Dans l'ensemble, ces instruments demeurent en deçà des besoins d'investissement nécessaires à la transition.

1.4 QUEL RETOUR D'EXPÉRIENCE DES POLITIQUES CLIMATIQUES EN FRANCE ?

Nous revenons ici sur les politiques climatiques au cours des 10 dernières années, soit depuis la signature de l'Accord de Paris. Les principales étapes de ces politiques publiques sont tout d'abord rappelées, puis

la dynamique des investissements et celle de la tarification du carbone, avant de décomposer les facteurs qui ont contribué à la baisse des émissions sectorielles. Depuis l'Accord de Paris en 2015, la France s'est dotée

1.4.1 UN CADRE CLIMATIQUE NATIONAL EN CONSTRUCTION DEPUIS DIX ANS, DES RÉSULTATS ENCORE INSUFFISANTS

d'un cadre climatique progressivement plus dense, structuré autour de trois grandes lois, de stratégies sectorielles et d'une planification écologique renforcée. Ce cadre a permis des avancées réelles (neutralité carbone inscrite dans la loi, budgets carbone sectoriels, contentieux climatique), mais dix ans après, l'écart persiste entre l'ambition des textes et les résultats : émissions insuffisamment réduites, mise en œuvre partielle, contraintes régulièrement assouplies sous pression sociale ou économique et augmentation des précarités. Au cours des 10 dernières années, les trois formes de précarité liées à la transition climatique ont toutes progressé : la précarité alimentaire a augmenté de 9 % en 2016 à 12 % en 2024¹⁵⁸ et l'insécurité alimentaire est passée de 23 % en 2017 à 32 % en 2023¹⁵⁹ ; la précarité mobilité touche désormais 15 millions de personnes, contre 13,3 millions en 2022¹⁶⁰ ; la précarité énergétique reste stable en taux (10,8 % des ménages) mais s'aggrave dans ses manifestations les plus sévères, avec 1,2 million de ménages ayant subi une coupure d'énergie ou une réduction de puissance en 2024, soit une hausse de 116 % par rapport à 2015¹⁶¹.

Les frises chronologiques ci-après et l'analyse juridique qui suit détaillent ce bilan contrasté.

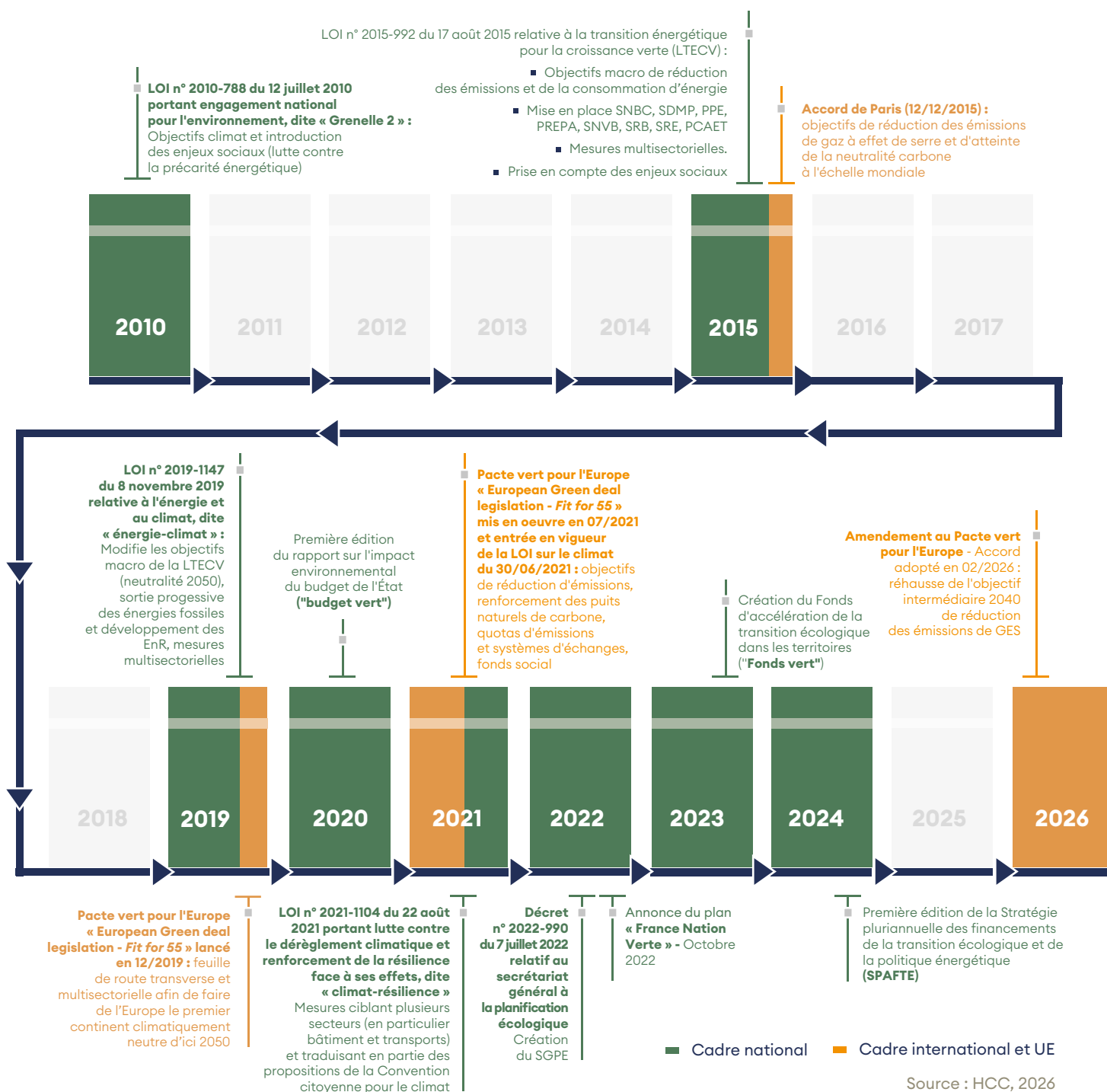
La mise en place du droit climatique français. Depuis l'Accord de Paris en 2015, la France a progressivement construit un cadre d'action climatique articulé entre engagements internationaux, droit européen et législation nationale. Les deux frises chronologiques ci-après en retracent les grandes étapes, sans être exhaustives : la figure 1.4.1.a présente le cadre international, européen

et national, de l'Accord de Paris au lancement du Pacte vert pour l'Europe (2019), à la loi européenne sur le climat (2021) modifiée en 2026 avec la définition des objectifs 2040 ; la figure 1.4.1.b recense les principales déclinaisons sectorielles et techniques de ce cadre. Les étapes récentes des négociations internationales sont analysées au chapitre 6, et la mise en œuvre des politiques sectorielles est examinée au chapitre 4.

La Convention citoyenne pour le climat, entre ambition politique et bilan en demi-teinte. La Convention citoyenne pour le climat¹⁶² (CCC), mise en place à l'initiative du Président de la République, avait pour mandat de définir des mesures évaluées annuellement par la Cour des comptes¹⁶³ permettant d'atteindre une baisse d'au moins 40 % des émissions de GES d'ici 2030, dans un esprit de justice sociale. Le Président s'était engagé à reprendre 146 des 149 propositions sans filtre, soit soumises au vote du Parlement, soit à référendum, soit à application réglementaire directe. Dès février 2021, réunis en séance finale, les membres de la CCC ont dressé un bilan critique, dénonçant la portée restreinte des mesures effectivement retenues. Ce constat a été confirmé par l'évaluation¹⁶⁴ de la loi conduite par l'Assemblée nationale en 2026, qui relève un affaiblissement progressif de plusieurs objectifs initiaux, notamment sur l'artificialisation des sols, la rénovation énergétique et le recul du trait de côte, ainsi qu'un rythme de baisse des émissions insuffisant au regard des trajectoires fixées.

Depuis 2021, une planification sans grande loi climatique. Depuis 2021, aucune nouvelle loi portant spécifiquement sur le climat n'a été adoptée, alors qu'un

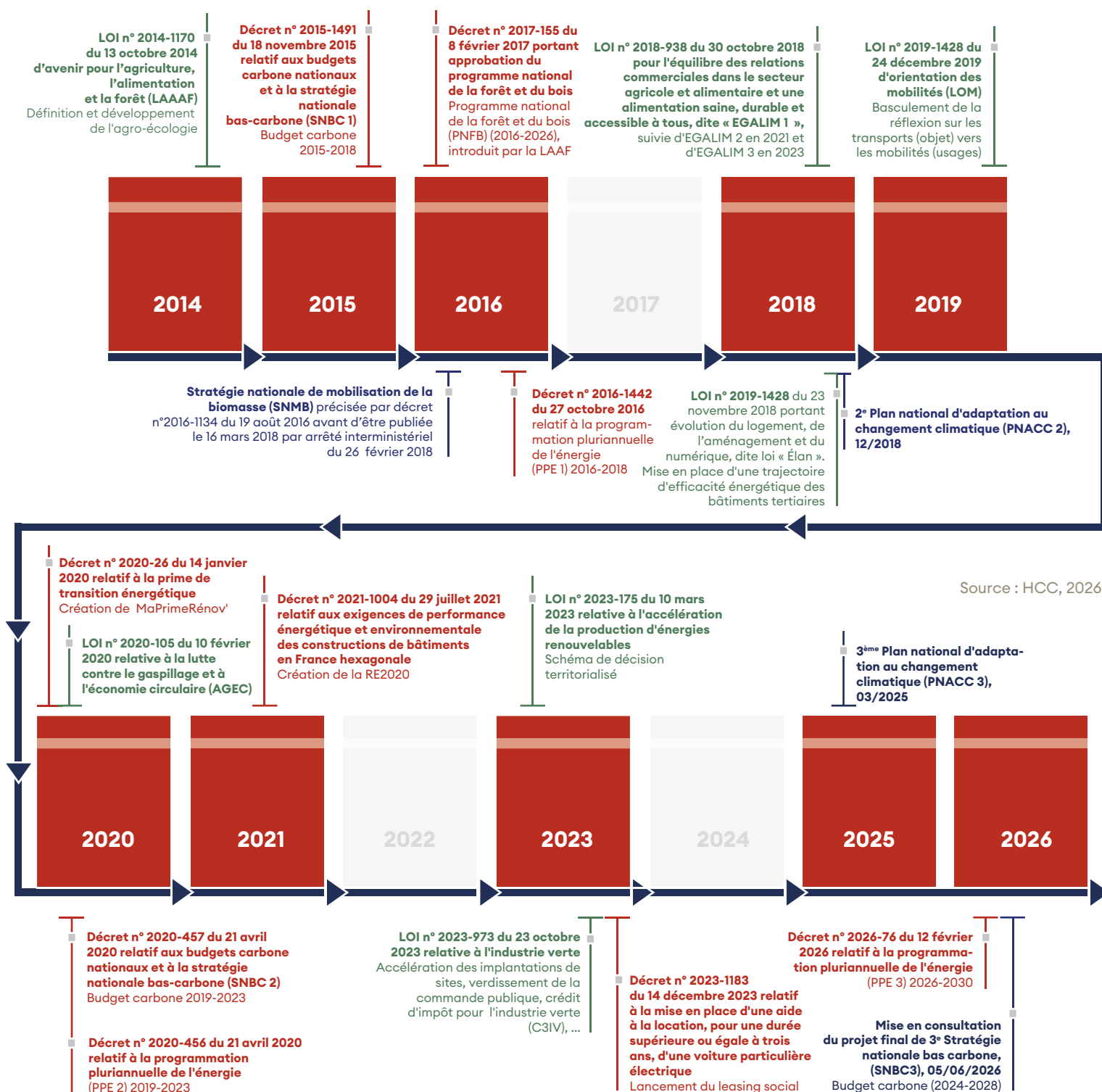
Figure 1.4.1.a – Frise chronologique des principaux actes du cadre international, européen et national en faveur de l'action climatique de 2015 à 2025



grand texte législatif avait été envisagé pour formaliser la Stratégie française énergie-climat (SFEC). L'ambition climatique de la France repose désormais sur un triptyque de stratégies et planifications constituant l'ossature de cette stratégie : la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et le Plan national d'adaptation au

changement climatique (PNACC), chacun à leur troisième version. Ces instruments fixent des budgets carbone sectoriels et des trajectoires d'adaptation, mais n'ont pas force de loi directe et leur portée contraignante reste limitée. La gouvernance de cette planification a été renforcée en 2022 par la création du Secrétariat général à la planification écologique

Figure 1.4.1.b – Frise chronologique des principales déclinaisons techniques et sectorielles du cadre national et européen en faveur de l'action climatique de 2015 à 2025



(SGPE), chargé de piloter le programme France Nation Verte¹⁶⁵, qui vise une réduction de 50 % des émissions d'ici 2030 et qui s'appuyait initialement sur 250 indicateurs de suivi organisés autour de 22 chantiers sectoriels. La création¹⁶⁶ en 2019 du Haut Conseil pour le Climat (HCC), dont les missions ont été élargies par la loi Climat et résilience de 2021, assure un suivi indépendant de cette planification. Dans ses avis¹⁶⁷, le HCC a analysé la SNBC 3, la PPE 3 et le PNACC 3, soulignant que la description des leviers ne suffit pas à enclencher l'accélération nécessaire et que la mise en œuvre demeure insuffisamment ambitieuse.

Les mises à jour des budgets carbone de la SNBC 1 à la SNBC 3 ont d'abord entraîné un recul de l'ambition, puis une rehausse. Initialement, pour les émissions totales brutes, la SNBC 1 prévoyait un rythme de baisse rapide entre les trois budgets carbone successifs (2015-2018 ; 2019-2023 et 2024-2028). Le premier budget carbone n'ayant pas été respecté, la SNBC 2 a défini un deuxième budget carbone beaucoup moins ambitieux, actant le retard pris, et réservant l'accélération après ce deuxième budget. Ce recul de l'ambition a permis de respecter le deuxième budget carbone. La SNBC 3 à l'inverse, propose des budgets carbone plus ambitieux que la SNBC 2, même si elle

fait l'hypothèse paradoxale d'une pause de la baisse en 2024 et 2025, ce qui alourdit les efforts à réaliser les années suivantes.

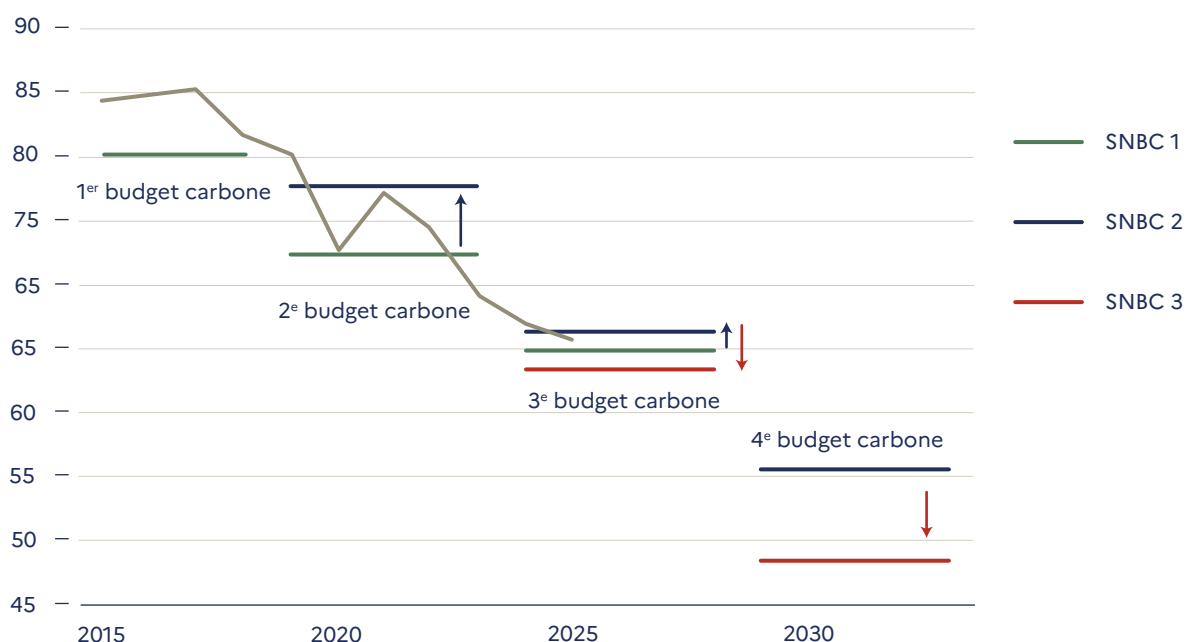
1.4.1.1 - Analyse juridique

Un potentiel réel, des affaiblissements récents. Les textes existants disposent d'un potentiel important : de nombreux instruments sont en place et pourraient permettre le passage à l'échelle si leur mise en œuvre était plus ambitieuse. Mais depuis 2024, plusieurs mesures adoptées dans les années précédentes ont été affaiblies, notamment sur l'artificialisation des sols et la qualité de l'air en ville. Ces évolutions sont analysées en détail dans la section juridique qui suit et au chapitre 5.

Un cadre juridique climatique substantiellement renforcé. Depuis 2019, la France s'est dotée d'un ensemble de textes législatifs et réglementaires qui ont transformé son droit climatique, en passant d'une logique déclarative à une logique prescriptive et sectorielle.

La **loi Énergie-Climat du 8 novembre 2019** constitue la première étape structurante. Elle inscrit dans le droit interne l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050, remplace l'ancien objectif de division par quatre

Figure 1.4.1.C – Comparaison des budgets carbone de la SNBC 1, 2 et 3 (projet)



Note : Les émissions ayant été recalculées à plusieurs reprises, les valeurs en Mt éqCO₂ ne sont pas directement comparables. Le graphique est donc exprimé en base 100, relativement à 1990.

Source : HCC

des émissions par une trajectoire pilotée par la SNBC, et renforce le suivi des budgets carbone sectoriels. Elle confirme la fermeture des centrales à charbon et consolide la PPE comme outil central de pilotage de la politique énergétique.

La **loi Climat et résilience du 22 août 2021** constitue la réforme la plus ambitieuse de la période. Elle introduit des mesures concrètes dans tous les grands secteurs. Dans les transports, elle impose aux grandes agglomérations la mise en place de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) restreignant progressivement les véhicules les plus polluants, et interdit les vols intérieurs lorsqu'une alternative ferroviaire existe en moins de 2h30. Dans le logement, elle rend le diagnostic de performance énergétique (DPE) juridiquement opposable et instaure une interdiction progressive de louer les logements classés F et G. Dans l'urbanisme, elle introduit l'objectif de zéro artificialisation nette des sols (ZAN) à horizon 2050, avec une première étape de réduction de moitié de la consommation d'espaces naturels d'ici 2031. Dans l'alimentation, elle impose une option végétarienne régulière dans la restauration collective publique. Elle interdit également la publicité pour les énergies fossiles et déploie un affichage environnemental sur les produits.

La **loi d'accélération des énergies renouvelables du 10 mars 2023** simplifie et accélère les procédures d'autorisation pour les projets éoliens et solaires, réduit les délais de recours contentieux et impose aux communes d'identifier des zones d'accélération des énergies renouvelables sur leur territoire. Le **décret tertiaire de 2020** impose une réduction progressive et obligatoire de la consommation énergétique des bâtiments à usage tertiaire.

Une évolution majeure est intervenue avec la reconnaissance par les juridictions administratives du caractère juridiquement contraignant des engagements climatiques de l'État. Le Conseil d'État, dans l'affaire Grande-Synthe (décision¹⁶⁸ du 1^{er} juillet 2021), a reconnu que l'État pouvait être contraint à respecter ses propres trajectoires de réduction d'émissions. Le tribunal administratif de Paris, dans l'Affaire du Siècle (jugement¹⁶⁹ du 14 octobre 2021), a retenu la carence fautive de l'État pour préjudice écologique causé à l'atmosphère. Ces décisions transforment le droit climatique en un levier de pression contentieux sur les pouvoirs publics, ouvrant la voie à une judiciarisation croissante de la politique climatique, tendance qui

trouve désormais un écho international avec l'avis consultatif de la Cour internationale de Justice du 23 juillet 2025 (cf. section 1.3), qui a reconnu les obligations climatiques des États comme relevant du droit coutumier international.

Des avancées systématiquement tempérées par des compromis et des reculs. Ces progrès doivent être mis en regard d'un ensemble de limites, d'assouplissements et de reculs qui en réduisent significativement la portée effective.

La **dilution des dispositifs ambitieux** est le phénomène le plus récurrent. Presque chaque mesure structurante a été assouplie sous pression sociale, économique ou politique. Les ZFE-m ont été retardées dans plusieurs métropoles, accompagnées de nombreuses exemptions pour les véhicules professionnels, les petits rouleurs ou les ménages modestes, et font l'objet de reports d'application successifs. L'objectif ZAN a subi un recul encore plus net : la loi d'adaptation de 2023 a introduit une flexibilité accrue pour les collectivités locales, des exemptions pour certains grands projets industriels ou d'intérêt national, et une mutualisation plus large des objectifs régionaux, transformant un dispositif initialement très structurant en un cadre beaucoup plus négocié et moins contraignant. L'interdiction des vols intérieurs reste très limitée dans les faits, avec de nombreuses dérogations pour les correspondances et liaisons internationales indirectes. Les passoires thermiques sont théoriquement interdites à la location, mais les contrôles demeurent insuffisants et les délais de mise en conformité tolérés restent larges.

La **stagnation de la fiscalité climatique** constitue un recul structurel. La taxe carbone n'a pas été relevée depuis la crise des Gilets jaunes en 2018, et de nombreuses niches fiscales favorables aux énergies fossiles se maintiennent, en contradiction avec la logique de la transition écologique. Cette absence de signal prix cohérent affaiblit l'ensemble des autres instruments réglementaires.

La **fragmentation et la complexité du cadre réglementaire** nuisent à la lisibilité et à la cohérence d'ensemble. L'empilement de dispositifs (SNBC, PPE, ZAN, ZFE, lois sectorielles, décrets thématiques), sans coordination centrale suffisante, crée des incohérences entre objectifs climatiques et politiques sectorielles, et rend le droit difficilement intelligible pour les acteurs économiques, les collectivités et les citoyens.

L'érosion des droits procéduraux environnementaux représente un recul plus discret mais potentiellement durable. Plusieurs textes récents réduisent les garanties offertes aux citoyens et aux associations pour participer aux décisions environnementales et les contester en justice. Parmi ces textes figurent la loi Industrie Verte de 2023 et ses décrets d'application, la loi de simplification du droit de l'urbanisme de 2025, le décret prorogeant la durée de validité des autorisations d'urbanisme de 2025, le méga-décret de simplification sur le droit applicable aux collectivités territoriales de 2026, le décret modifiant le régime de l'évaluation environnementale et les critères de saisine de la Commission nationale du débat public de 2026, et le décret relatif à la simplification de la procédure contentieuse en matière environnementale de 2026. Ces textes réduisent les procédures d'évaluation environnementale, raccourcissent les délais de recours et compliquent l'accès au juge pour les associations de protection de la nature. Le contentieux administratif tend désormais davantage à préciser les conditions d'application de réglementations mal conçues qu'à censurer des projets qui leur sont contraires. Cette évolution affaiblit le troisième pilier de la démocratie environnementale, le droit au recours, aux côtés du droit à l'information et du droit à la participation,

pourtant reconnus comme fondamentaux par la Convention¹⁷⁰ d'Aarhus de 1998, traité international ratifié par la France garantissant l'accès à l'information, la participation du public et l'accès à la justice en matière d'environnement.

Au total, le droit climatique français est aujourd'hui structuré, sectorisé et formellement ambitieux : les objectifs sont inscrits dans la loi, les trajectoires sont définies, et les juges reconnaissent leur caractère contraignant. Mais son effectivité reste incomplète. Les normes existent, mais leur mise en œuvre souffre d'un manque de moyens administratifs et financiers, de dérogations nombreuses et d'une tendance récurrente à réduire la contrainte juridique dès qu'elle devient politiquement ou économiquement sensible. Le système français combine des normes fortes sur le papier et une mise en œuvre souvent flexible ou fragmentée dans les faits, ce qui donne lieu à un « stop and go » sur différentes mesures, dont MaPrimeRenov. C'est précisément cet écart entre ambition juridique et résultats environnementaux que le chapitre 5 du présent rapport examine, en identifiant les conditions institutionnelles, financières et politiques qui permettraient de le résorber.

1.4.2 INVESTISSEMENTS DANS LA TRANSITION ET TARIFICATION DU CARBONE

Au cours des 10 dernières années, les investissements en faveur de la transition écologique en France ont augmenté de près de 50 % mais cette trajectoire s'affaiblit depuis 2024. Les investissements verts évoluent par phases successives sous l'effet de la conjoncture économique et des politiques publiques. Entre 2014 et 2016, les investissements en faveur de la transition écologique se stabilisent dans un contexte marqué par la baisse des prix des énergies fossiles et la fin des projets d'investissement lancés suite à la crise de 2008-2009¹⁷¹. De 2017 à 2019, les investissements verts augmentent. Le secteur du bâtiment représente une part significative de ces investissements et soutient cette dynamique. Cette progression s'appuie sur une implication financière accrue des pouvoirs publics à la fois en tant que porteurs de projets (rénovation énergétique des bâtiments publics et du parc de logements sociaux) et en soutien aux acteurs privés¹⁷².

Après la crise sanitaire, les investissements en faveur de la transition écologique connaissent une forte croissance jusqu'en 2023 portés notamment par l'achat de véhicules bas-carbone et l'augmentation des capacités de production renouvelables. Cette dynamique s'explique par plusieurs facteurs notamment le rattrapage des projets interrompus par la crise sanitaire et le déploiement de grands projets d'investissement (par exemple, le Grand Paris Express). Surtout, l'augmentation significative des prix de l'énergie incite les acteurs privés à réorienter leurs choix en optant pour l'installation de pompes à chaleur ou l'achat de véhicules électriques. Après avoir contribué à l'augmentation des investissements au début de cette période, le soutien public marque un ralentissement. Cela se traduit par une stabilisation des investissements dépendants comme ceux dans la rénovation énergétique des logements et dans les infrastructures de transport¹⁷³. La réglementation joue également un rôle important

Figure 1.4.2.a – Évolution des investissements climat en France

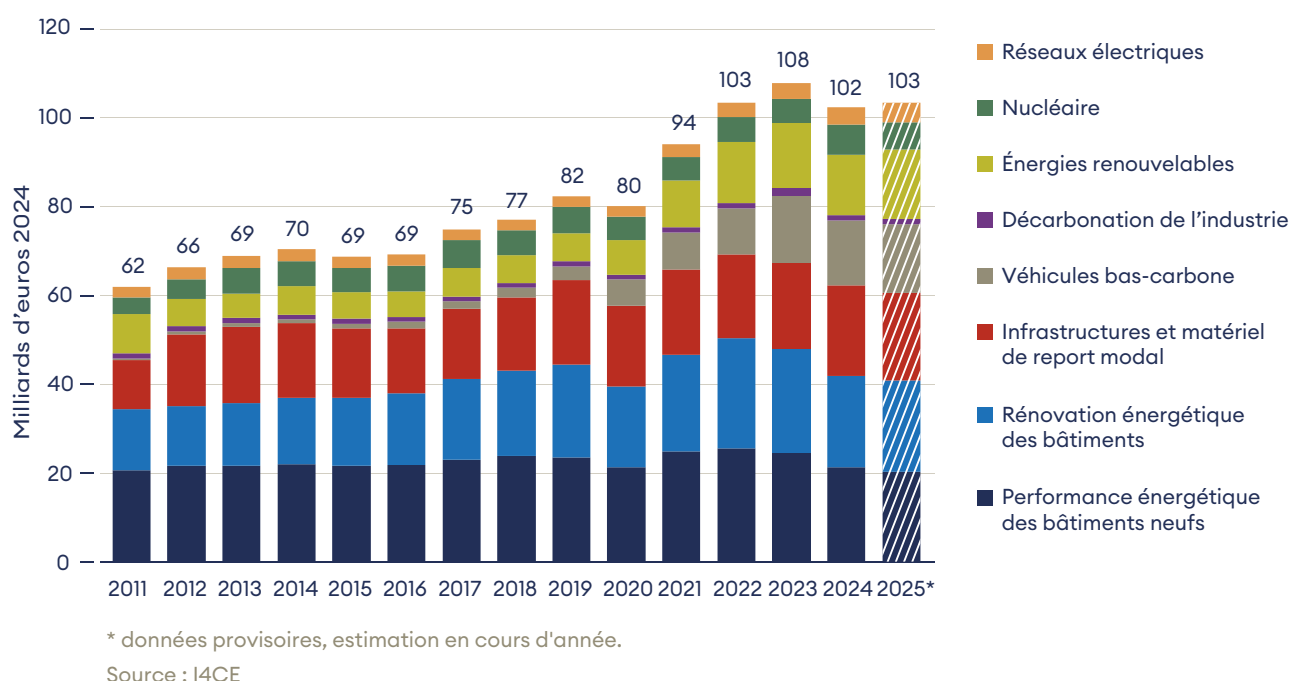
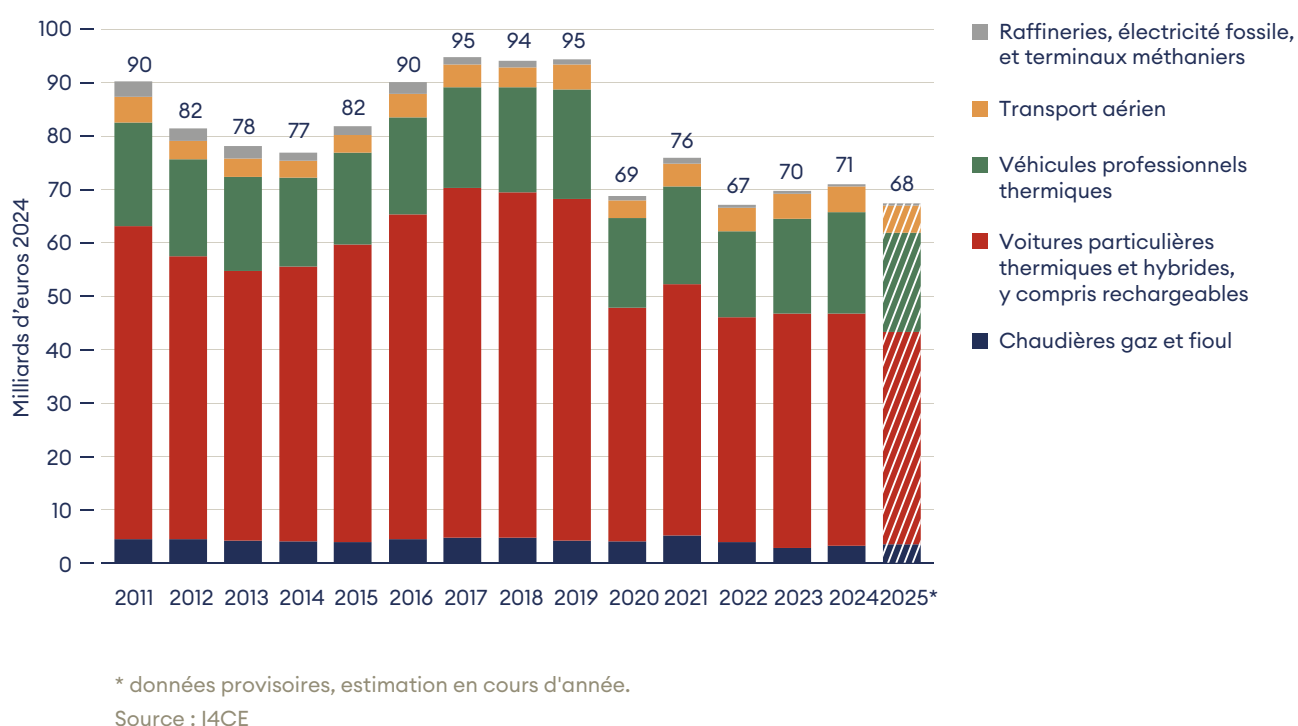


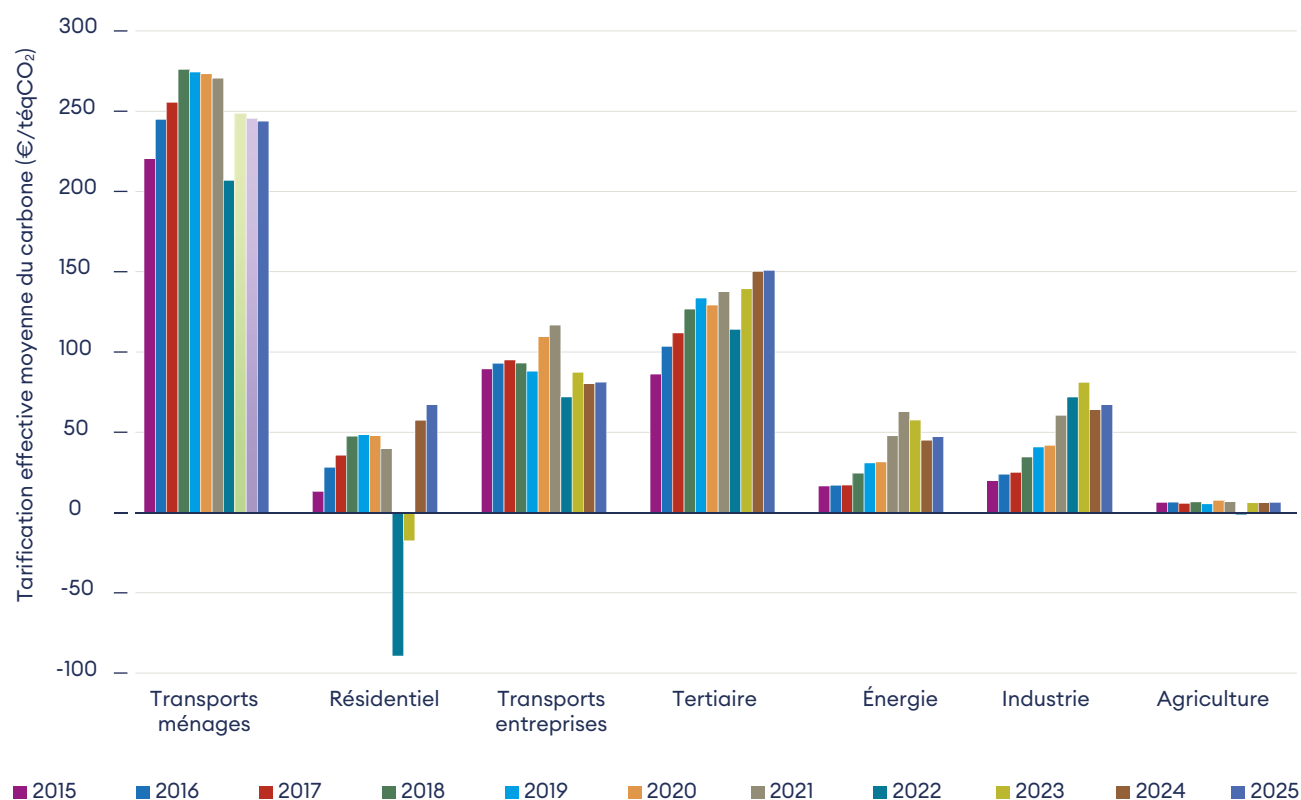
Figure 1.4.2.b – Évolution des investissements fossiles en France



dans les années post Covid-19¹⁷⁴. Enfin, la dynamique d'augmentation des investissements verts connaît un retournement en 2024 avec un recul de 5 % par rapport à l'année précédente. A l'exception de l'année 2020, marquée par la crise sanitaire, il s'agit de l'unique baisse observée sur la décennie. Ce retournement s'explique par des facteurs conjoncturels (la hausse des taux d'intérêt freine les nouveaux projets de construction et par conséquent les dépenses de performance énergétique des bâtiments neufs) et par une orientation moins ambitieuse des politiques et des dépenses publiques en faveur de la transition écologique¹⁷⁵. Cette inflexion est préoccupante car les investissements doivent presque doubler d'ici 2030 pour atteindre les objectifs climatiques¹⁷⁶. En parallèle, les investissements fossiles en France, majoritairement constitués d'achats de véhicules thermiques, demeurent élevés (autour de 70 Md€) et sont stables depuis 2022¹⁷⁷ (cf. Figure 1.4.2.b).

Malgré d'importantes disparités sectorielles, la tarification du carbone s'est renforcée entre 2015 et 2025. La mise en place d'un prix du carbone est un outil central des politiques climatiques. Elle favorise l'adoption de pratiques de production et de consommation moins émettrices et encourage l'innovation dans les technologies plus respectueuses de l'environnement¹⁷⁸. La tarification effective du carbone, calculée par le modèle Elfe du CGDD, constitue une mesure du signal-prix adressé aux entreprises et aux ménages pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Elle agrège l'ensemble des dispositifs incitatifs, dont l'accise sur les énergies et le SEQE-UE, et soustrait l'effet des remises à la pompe et des boucliers tarifaires. Entre 2015 et 2025, la tarification effective moyenne du carbone a augmenté de 68 % en valeur¹⁷⁹ et de 41 % en volume¹⁸⁰. Cette augmentation a suivi une trajectoire différente selon les secteurs et les trajectoires sectorielles sont non-linéaires (cf. Figure 1.4.2.c).

Figure 1.4.2.c – Évolution de la tarification effective moyenne du carbone par secteur en euros constants 2025



Note : les données pour 2025 sont provisoires.

Source : HCC à partir des données CGDD (modèle Elfe) déflatées par l'indice des prix à la consommation.

En 2022, la tarification effective moyenne du carbone a significativement reculé sous l'effet des mesures de soutien mises en place pour amortir la hausse des prix de l'énergie. Elle a atteint des niveaux négatifs (c'est-à-dire que les aides, les remises, les exonérations et les boucliers tarifaires ont été supérieurs aux dispositifs qui renchérissent les émissions) dans le secteur agricole et pour la consommation résidentielle des ménages. En dehors de cette année, et hors secteur agriculture, l'augmentation tendancielle de la tarification résulte d'une hausse de la fiscalité directement liée aux émissions de GES entre 2014 et 2018. Elle tient également, pour les secteurs de la production d'énergie et de l'industrie, à la forte progression du prix des quotas d'émission, passée de 6 €/t éqCO₂ en 2014 à 88 €/t éqCO₂ en 2023¹⁸¹. Le SEQE-UE a donc contribué significativement à l'affirmation du signal-prix du carbone en renforçant les incitations économiques à la décarbonation. Les facteurs à l'origine de la hausse de la tarification du carbone expliquent les trajectoires différenciées observées selon les secteurs. La hausse du signal-prix concerne principalement les secteurs de l'industrie et de l'énergie pour lesquels la tarification effective moyenne

a presque triplé. La tarification de la consommation résidentielle des ménages affiche également une hausse notable malgré une trajectoire heurtée. Après une augmentation jusqu'en 2021, la tarification effective moyenne du carbone sur la décennie. Malgré ces évolutions contrastées, les grandes tendances de la tarification du carbone restent relativement stables. Elles s'expliquent par l'importance d'autres enjeux de nature économique, sociale ou environnementale¹⁸². Ainsi, la tarification effective du carbone demeure plus faible lorsque les entreprises sont les usagers finaux, afin de protéger leur compétitivité. Elle atteint son niveau le plus élevé dans le transport des ménages en raison d'externalités non climatiques telles que la pollution de l'air, le bruit et la congestion automobile. À l'inverse, la tarification des émissions de gaz à effet de serre n'apparaît pas comme un outil au service de la transition bas-carbone des systèmes agricoles, ce qui a été argumenté en citant des enjeux de souveraineté alimentaire et d'exposition à la concurrence.

1.4.3 QUELS FACTEURS EXPLIQUENT LA BAISSSE DES ÉMISSIONS SECTORIELLES ENTRE 2015 ET 2024 ?

Pour comprendre les facteurs ayant contribué à la baisse des émissions en France au cours des dix dernières années, deux méthodes principales de décomposition peuvent être appliquées à des secteurs ou des sous-secteurs. Ces méthodes permettent d'expliquer le poids de différents facteurs dans la baisse des émissions.

La **méthode LMDI** (*Logarithmic Mean Divisia Index*)¹⁸³ est une technique de calcul qui décompose une variation d'émissions en contributions additives, ou multiplicatives, de facteurs prédéfinis : activité économique ou de production, intensité énergétique (EE)^I, intensité carbone (IC)^{II}, mix énergétique (ME)^{III}. Cette méthode n'a pas de résidu inexpliqué, ce qui la rend particulièrement adaptée aux comparaisons intersectorielles et intertemporelles. Elle permet d'évaluer le poids relatif de chaque facteur dans l'évolution observée, sans

toutefois établir de relation causale entre ces facteurs et les politiques qui les ont influencés.

Les **méthodes économétriques**¹⁸⁴ comblent précisément cette limite en établissant des relations causales entre les déterminants des émissions et leur niveau. En intégrant des variables économiques et politiques, comme l'intensité de la réglementation, le niveau de la taxe carbone ou les investissements dans les énergies renouvelables, elles permettent d'évaluer l'impact propre de chaque politique.

La LMDI, méthode de référence pour la décomposition historique des émissions, a été utilisée pour analyser les évolutions des émissions territoriales^{IV} entre 2015, date de l'Accord de Paris, et 2024 (dernière année disponible en données consolidées du Citepa dans quatre secteurs (transports, bâtiments, agriculture, énergie). Cette approche de décomposition n'a

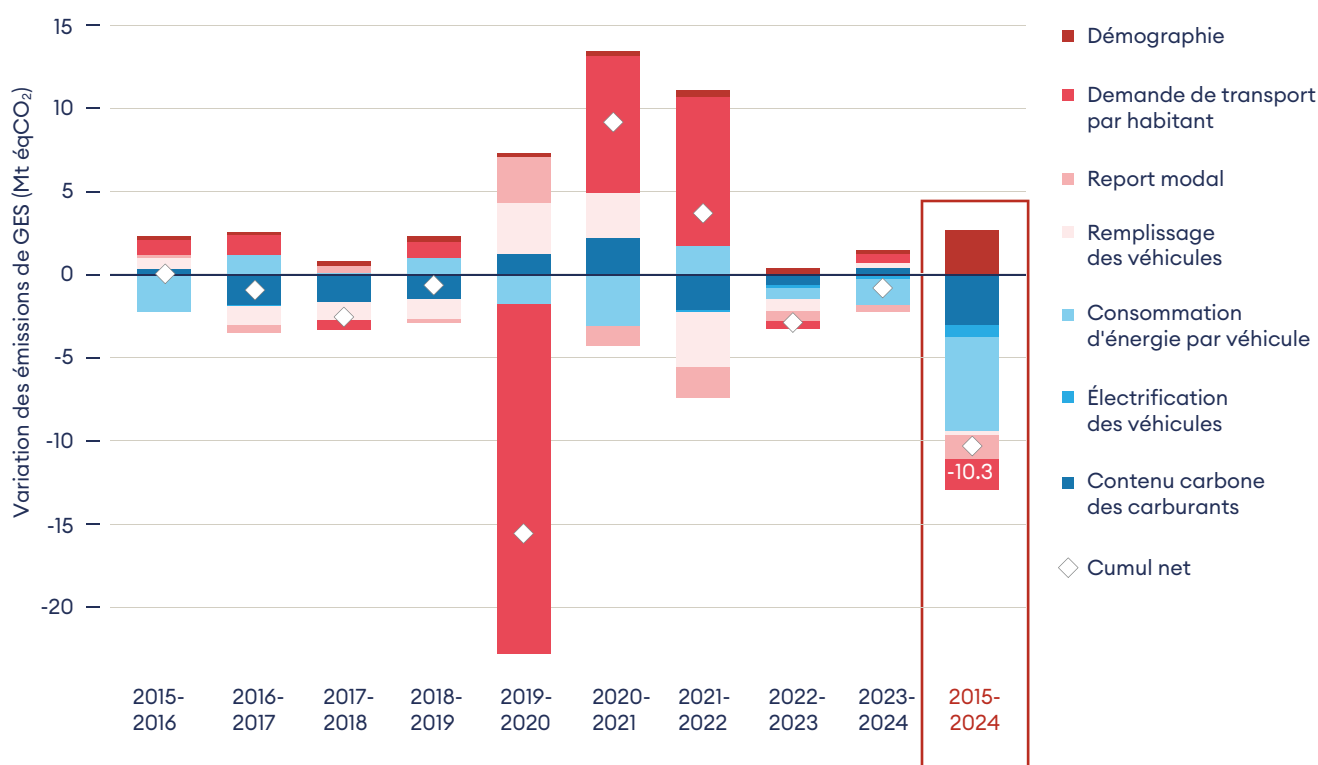
I. Quantité d'énergie consommée pour produire un service (par ex. : énergie par passager-km, énergie par m² chauffé etc.)

II. Intensité carbone, ou contenu carbone, quantité de CO₂ émise par unité d'énergie consommée

III. Répartition des différentes sources d'énergie utilisées (pétrole, gaz, électricité, renouvelables, etc.)

IV. Le périmètre de la France hexagonale a été choisi pour l'ensemble des sous-secteurs étudiés, à l'exception de la production d'électricité.

Figure 1.4.3.a – Décomposition des variations des émissions de GES
Transport routier de voyageurs en France hexagonale



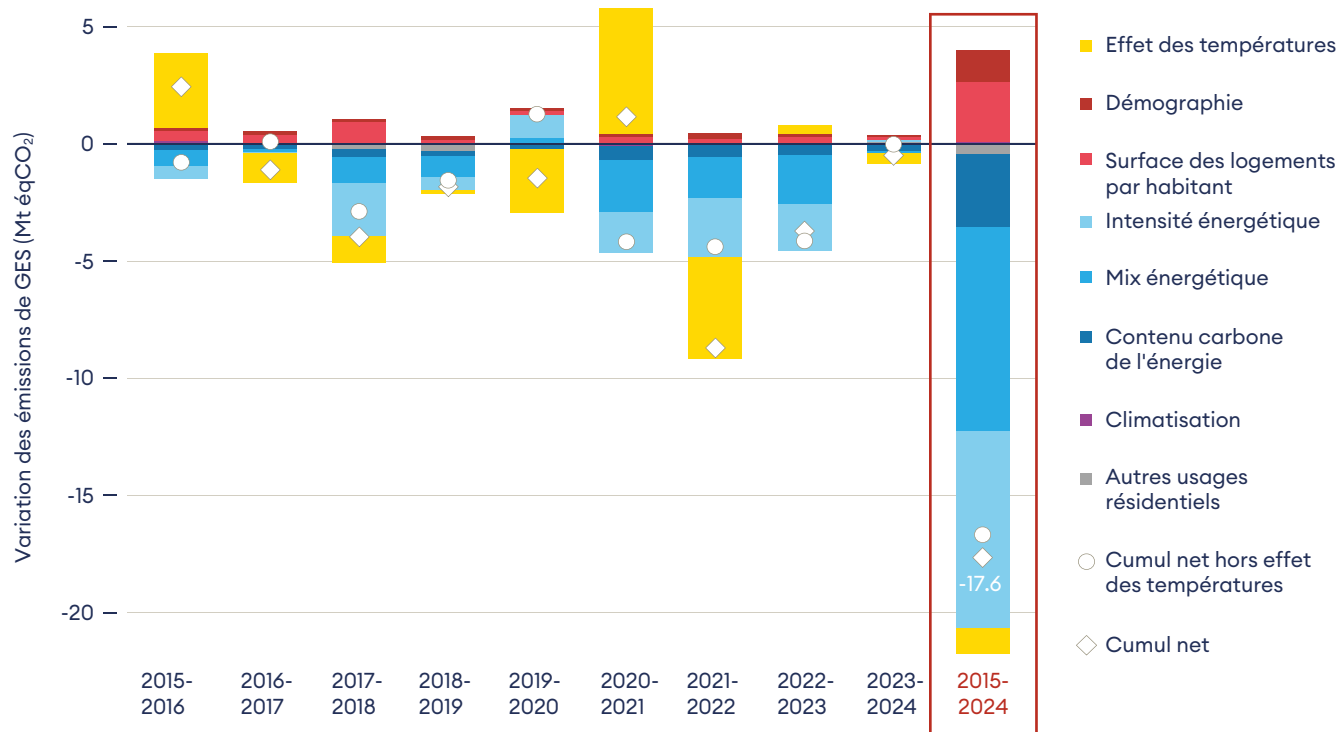
Source : calculs HCC (données détaillées en Annexe 1.4.3).

pas été appliquée à l'industrie, ni aux déchets, du fait du manque de données, et au secteur UTCATF, dont les déterminants (surface, type d'usage des terres, source ou puits par hectare) ne s'inscrivent pas dans la structure multiplicative sur laquelle la LMDI repose habituellement. Pour chaque secteur, quelques sous-secteurs majeurs en termes d'émissions ont été analysés (par exemple, transport routier de voyageurs, logement résidentiel, etc.). Les résultats détaillés pour 8 sous-secteurs figurent en Annexe 1.4.3. À titre d'exemple, quatre sous-secteurs sont commentés ci-dessous, avant de considérer le rôle de catégories de facteurs par secteur.

Dans le sous-secteur du transport routier de voyageurs, la baisse des émissions est essentiellement portée par des gains technologiques, tandis que la contribution des facteurs socio-économiques est plus modeste. Entre 2015 et 2024, les émissions de GES du transport routier de voyageurs en France hexagonale ont diminué de 10,2 Mt eqCO₂. Les facteurs technologiques portent l'essentiel de cette réduction. La baisse de la consommation énergétique par véhicule (EE) contribue à hauteur de -5,6 Mt eqCO₂, reflétant les progrès dans l'efficacité des moteurs thermiques

et l'amorce de l'électrification du parc. La baisse de l'intensité carbone des carburants (IC), principalement via l'introduction progressive des biocarburants, contribue à -3,0 Mt eqCO₂. L'électrification des véhicules a également un effet favorable sur les émissions (-0,8 Mt eq CO₂). En 2015, le parc roulant était composé à 0,1 % de véhicules électriques. En 2024, cette part est montée à 2,2 %. Du côté des facteurs socio-économiques, le report modal vers le ferroviaire contribue à -1,5 Mt eqCO₂, effet notable mais limité au regard des gains technologiques. En revanche, si la demande de transport par habitant (-1,9 Mt eqCO₂) a eu un impact favorable sur les émissions, la croissance démographique (+2,7 Mt eqCO₂) a joué défavorablement. Ce constat masque cependant des évolutions interannuelles contrastées. En effet, la demande de mobilité individuelle était croissante, et donc contribuait défavorablement aux évolutions des émissions, avant les restrictions de déplacements liées au Covid-19, qui ont fait baisser structurellement la demande à partir de 2020. Il n'est aujourd'hui pas encore possible de déterminer si la tendance haussière de la demande de transport a repris depuis la crise du Covid-19 (cf. 4.1). La diminution des émissions du transport routier de voyageurs sur la période s'explique essentiellement par la

Figure 1.4.3.b – Décomposition des variations des émissions de GES
Résidentiel en France hexagonale



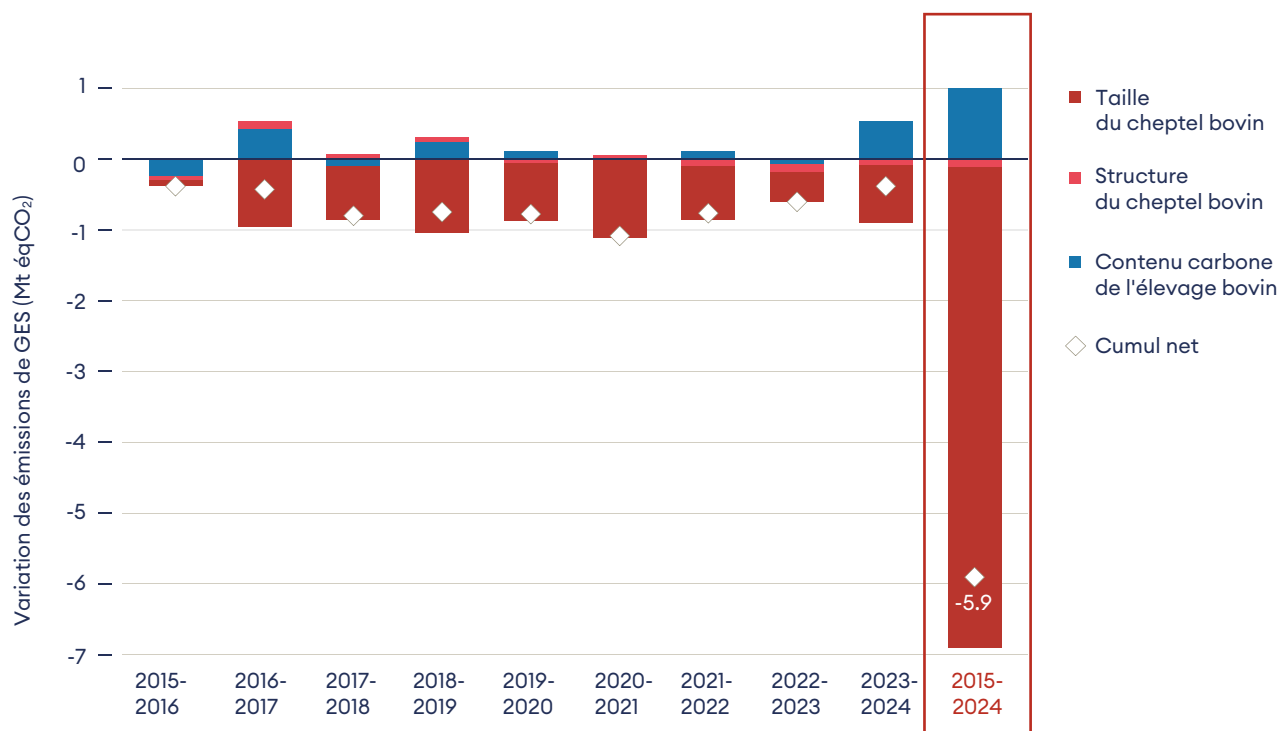
Source : calculs HCC (données détaillées en Annexe 1.4.3).

baisse de la consommation énergétique par véhicule et par la réduction de l'intensité carbone, notamment via l'introduction progressive de biocarburants. Cette prédominance de facteurs technologiques pour expliquer la baisse des émissions observée dans le secteur reflète une orientation des politiques publiques davantage centrée sur ces leviers, notamment avec les normes d'émissions de CO₂ européennes et le bonus/malus (cf. chapitre 4.1). Les évolutions interannuelles des émissions soulignent également l'importance des événements conjoncturels entre 2015 et 2024, l'épidémie de Covid-19 ayant entraîné une baisse des émissions en 2020 liée à une forte réduction de la demande, suivie d'un rebond les deux années suivantes. Le rôle des prix des carburants reste quant à lui incertain. L'élasticité-prix de la demande de transport par rapport au prix des carburants est de manière générale plutôt faible à court terme (entre -0,2 et -0,4) et plus importante à long terme (autour de -0,7)^{185,186,187}.

Pour les bâtiments résidentiels, la substitution énergétique et l'efficacité sont les moteurs principaux de la baisse des émissions, et la surface par habitant un frein important. Entre 2015 et 2024, les émissions des bâtiments résidentiels ont diminué de 17,6 Mt eqCO₂,

la plus forte réduction parmi les secteurs analysés. Cette diminution provient essentiellement du chauffage, la climatisation et les autres usages résidentiels ayant des effets plus modestes (respectivement +0,1 et -0,4 Mt eqCO₂). Les facteurs technologiques dominent. Le mix énergétique (ME) est le premier facteur : la substitution du fioul par des vecteurs moins carbonés contribue à -8,7 Mt eqCO₂, reflétant principalement la dépose des chaudières fioul au profit des autres modes de chauffage. L'efficacité énergétique (EE) est le second facteur : l'amélioration de l'isolation des logements et des performances des chaudières contribue à -8,4 Mt eqCO₂. L'intensité carbone (IC), notamment via l'introduction progressive du biométhane dans les réseaux de gaz, contribue à la baisse (-3,1 Mt eqCO₂). Du côté des facteurs socio-économiques, la surface des logements par habitant (+2,6 Mt eqCO₂) freine la baisse, traduisant l'évolution des modes de vie, la décohabitation et la réduction de la taille des ménages. La croissance démographique ajoute +1,4 Mt eqCO₂. L'effet des températures (C) contribue à -1,1 Mt eqCO₂, reflet d'hivers en moyenne plus doux sur la période. Les mesures de sobriété énergétique de 2022, bien que non quantifiables dans ce cadre, ont eu un impact complémentaire documenté¹⁸⁸.

Figure 1.4.3.c – Décomposition des variations des émissions de GES
Élevage bovin en France hexagonale

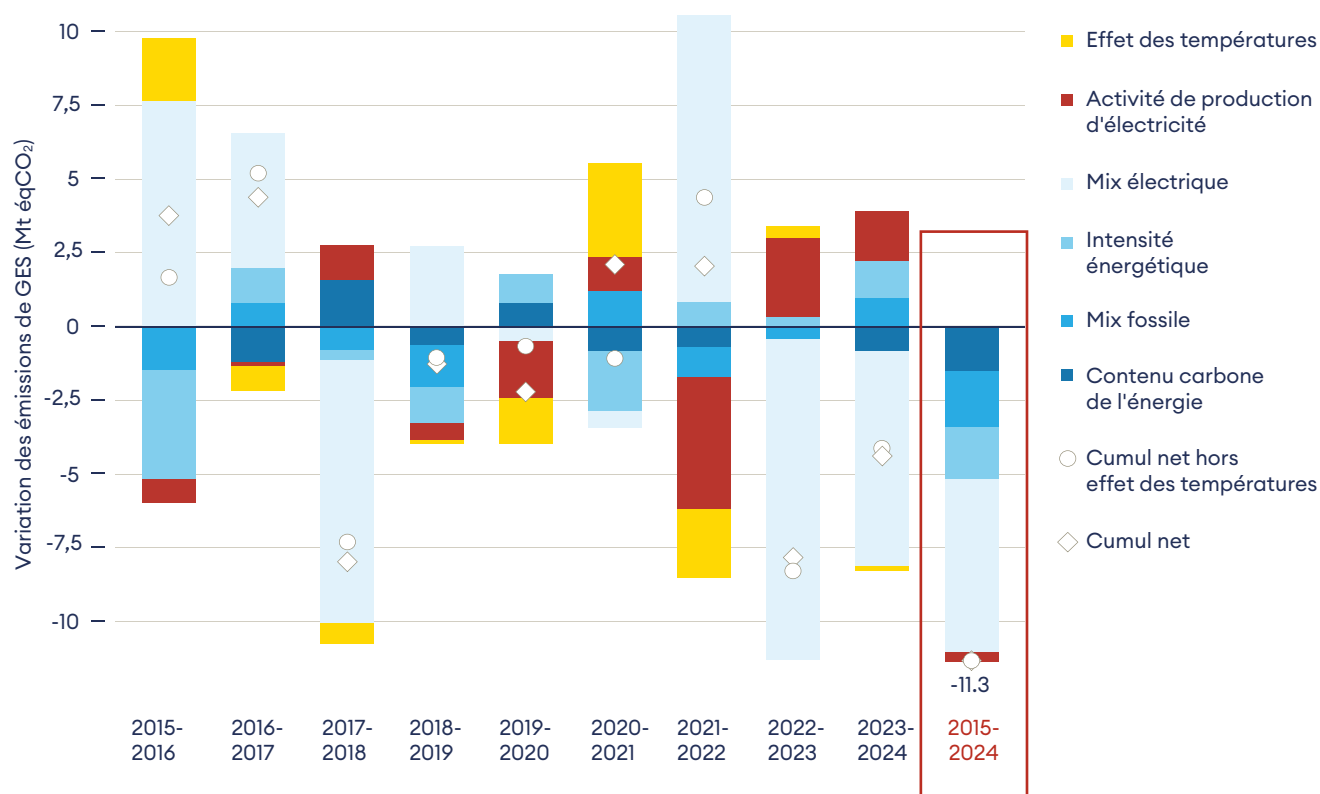


Source : calculs HCC (données détaillées en Annexe 1.4.3).

Dans le sous-secteur de l'élevage bovin, la réduction des émissions est portée par la contraction du cheptel. Entre 2015 et 2024, les émissions de GES, essentiellement du méthane, de l'élevage bovin en France hexagonale ont diminué de 5,9 Mt éqCO₂, principalement du fait de la réduction régulière de la taille du cheptel bovin (-6,8 Mt éqCO₂). Les autres facteurs jouent un rôle marginal et légèrement défavorable : la hausse du facteur d'émissions des bovins (+1,0 Mt éqCO₂) qui augmente avec le rendement laitier et les évolutions de la structure du cheptel entre vaches laitières et autres bovins (-0,2 et +0,1 Mt éqCO₂ respectivement) limitent la baisse des émissions. La réduction de la taille du cheptel est due aux difficultés économiques du secteur, du fait de la compétition internationale, de conditions de travail difficiles et de départs à la retraite non remplacés (cf. chapitre 4.2). Des leviers de décarbonation existent pourtant dans le secteur (pratiques agronomiques, alimentation animale, génétique) mais ils sont peu mis en œuvre et ne sont pas toujours capturés par les méthodes de l'inventaire national. La baisse de la consommation de viande bovine sur la période a été faible et une augmentation des importations a compensé la réduction de la taille du cheptel national.

Pour la production d'électricité, la sortie du charbon et la croissance de la production décarbonée tirent la baisse des émissions. Entre 2015 et 2024, les émissions de GES de la production d'électricité en France hexagonale et DROM ont diminué de 11,4 Mt éqCO₂. Entre 2015 et 2024, la production d'électricité décarbonée (nucléaire et renouvelables) de la France a été stable aux alentours de 510 TWh, la baisse relative du nucléaire (-55 TWh) étant compensée par une hausse des renouvelables. L'appoint des centrales thermiques a été mobilisé particulièrement lors d'épisodes de baisse de production électronucléaire et hydroélectrique, notamment en 2016, 2017 et 2022. Une nouvelle fois, les facteurs technologiques dominent. Le mix électrique porte l'essentiel de cette baisse (-5,9 Mt éqCO₂), suggérant l'utilisation d'une part plus importante de moyens de production d'électricité décarbonés, par rapport aux centrales thermiques fossiles, sur la période. La sortie du charbon (mix énergétique fossile) a contribué à -1,9 Mt éqCO₂ et l'efficacité énergétique (EE) à -1,8 Mt éqCO₂, reflétant à la fois des gains d'efficacité au sein des centrales thermiques et une moindre sollicitation des unités de production les moins performantes au sein d'une même filière. L'intensité carbone s'est également améliorée.

Figure 1.4.3.d – Décomposition des variations des émissions de GES
Production d'électricité en France hexagonale et DROM



Source : calculs HCC (données détaillées en Annexe 1.4.3).

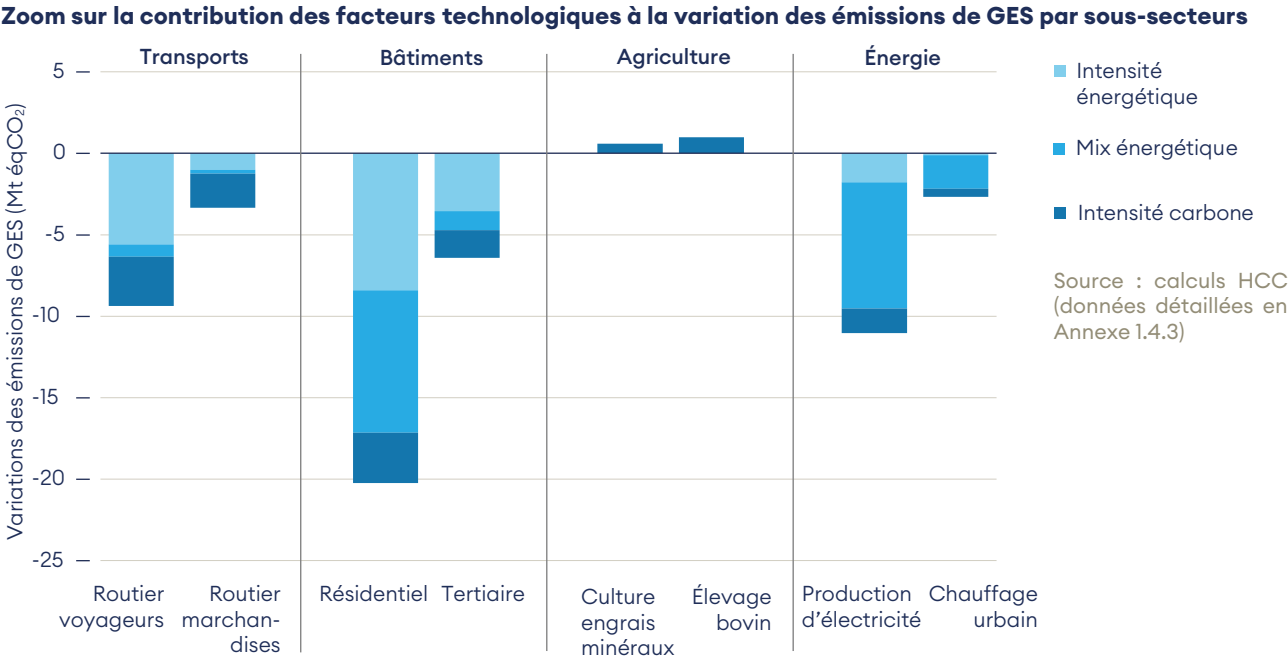
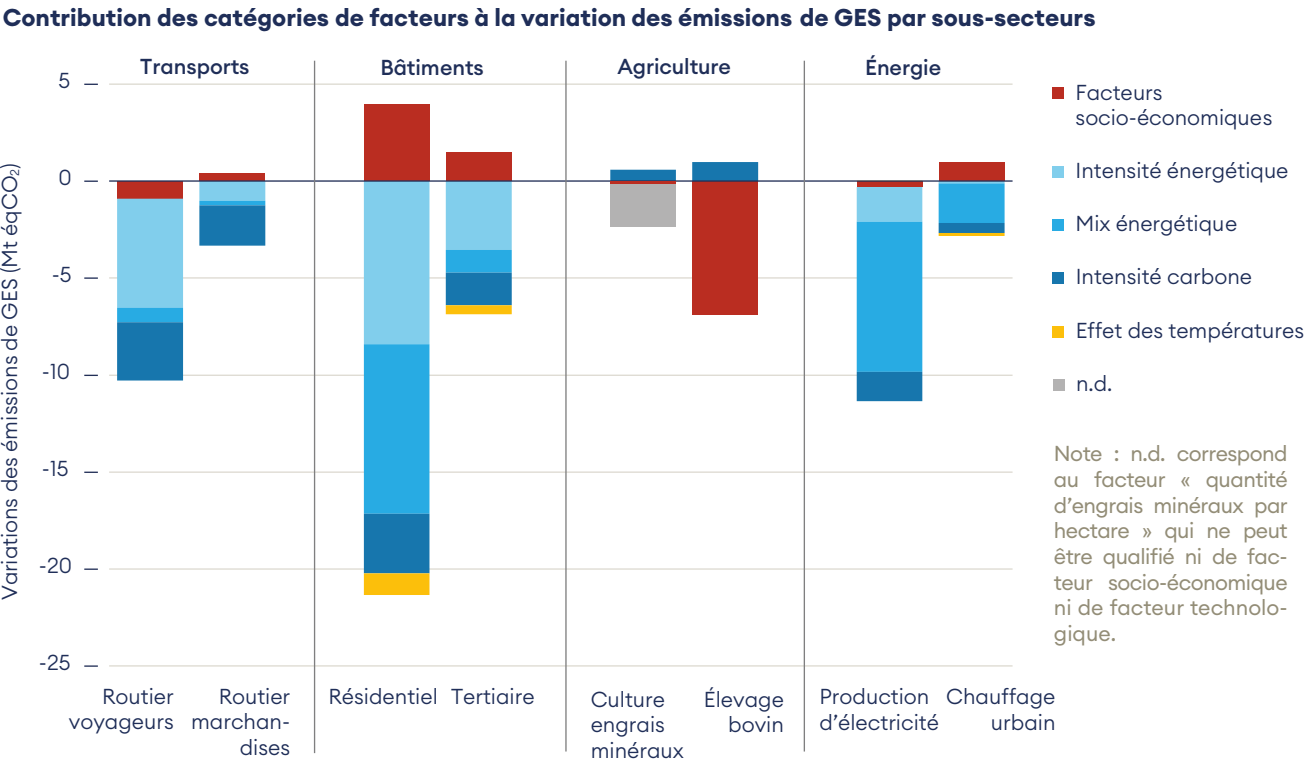
(-1,5 Mt eqCO₂), principalement via l'introduction progressive de biogaz. La baisse de la demande a aussi eu un effet non négligeable sur la période, la consommation finale d'électricité, tous secteurs confondus, étant passée de 440 TWh à 410 TWh entre 2015 et 2024 (-6,8 %). Toutefois, la production totale d'électricité a baissé de seulement -1,7 % sur la période, ce qui a conduit à une augmentation des exportations nettes (89 TWh en 2024).

Les facteurs technologiques sont le premier moteur de la baisse. Les facteurs technologiques (EE, ME, IC) représentent l'essentiel des réductions dans tous les secteurs à l'exception de l'agriculture, où la contraction de l'activité d'élevage bovin (SE) est le principal moteur. Dans le secteur de l'énergie, la baisse de la production à partir de combustibles fossiles résulte largement de la mise en place du premier marché carbone européen (SEQUE-UE 1). La domination technologique est particulièrement marquée dans les bâtiments et dans la production d'énergie, où EE et ME combinent leurs effets. Dans les transports, IC et EE dominent. Les facteurs socio-économiques (SE) jouent un rôle

contrasté : réducteurs dans l'agriculture et la production d'électricité, correspondant à une décarbonation de l'ensemble du mix électrique, ils sont amplificateurs dans les transports routiers de marchandises, les bâtiments et le chauffage urbain, où la croissance économique et démographique contrecarre partiellement les progrès technologiques. La réduction nette totale est ainsi plus modeste que la somme des contributions sectorielles positives, soulignant que l'accélération de la transition technologique devra compenser une dynamique d'activité structurellement orientée à la hausse dans plusieurs secteurs.

Les facteurs technologiques jouent des rôles distincts selon les secteurs Les trois principales composantes technologiques ont des contributions sectorielles contrastées. L'efficacité énergétique (EE) liée à la rénovation thermique et à des normes plus exigeantes domine dans les bâtiments (résidentiel et tertiaire) ainsi que dans le transport routier voyageur. Le mix énergétique (ME) est décisif dans le résidentiel, où il traduit la substitution du fioul par les autres modes de chauffage, et dans le chauffage urbain, où la

Figure 1.4.3.e – Variation des émissions entre 2015 et 2024.
Décomposition par type de facteur et par sous-secteur étudié



transition vers la biomasse et la géothermie est bien engagée et dans la production d'électricité. L'intensité carbone (IC) contribue à la baisse dans presque tous les secteurs, reflet de la décarbonation progressive des vecteurs énergétiques.

L'effet climatique est un signal conjoncturel qui devrait devenir pérenne avec le réchauffement. L'effet climatique (C) contribue modestement à la baisse dans le résidentiel, le tertiaire et la production d'énergie, reflet des hivers plus doux sur la période. Son

amplitude est limitée et structurellement instable : un hiver plus froid pourrait inverser ce signe. Il ne constitue donc pas un levier de politique publique et doit être soigneusement distingué des transformations structurelles des systèmes énergétiques dans toute lecture de la tendance de long terme.

Que nous apprend le cadre *Avoid-Shift-Improve* (ASI) ?

Pour dégager des implications pour les politiques climatiques, les résultats peuvent être relus à travers le cadre *Avoid-Shift-Improve* (ASI), développé initialement pour les transports et généralisé par le GIEC¹⁸⁹ AR6 à l'ensemble des secteurs. Ce cadre distingue trois types d'action : la réduction de la demande (*Avoid*), la substitution vers des pratiques ou des vecteurs moins carbonés (*Shift*), et l'amélioration de l'efficacité technique (*Improve*).

Les facteurs SE ne forment pas un bloc homogène : ils regroupent à la fois des effets de volume d'activité (croissance de la demande de transport, hausse de la population, développement du tertiaire) qui relèvent de l'*Avoid* au sens strict, et des effets de structure de la

demande (report modal, surface des logements par habitant) qui s'apparentent davantage au *Shift*. Cette ambiguïté est inhérente à la méthode LMDI et invite à ne pas tirer des implications de politique publique identiques de ces deux types de facteurs. Le mix énergétique (ME) et le report modal contribuent au *Shift*, et les facteurs technologiques tels que l'efficacité énergétique (EE) ainsi que l'intensité carbone (IC) l'*Improve*. Sous cet angle, la période 2015-2024 se caractérise par une transition portée très majoritairement par les leviers de substitution énergétique et d'amélioration technique, tandis que la réduction de la demande joue un rôle faible voire négatif dans la plupart des secteurs.

Ce déséquilibre entre les trois leviers souligne que les politiques climatiques françaises ont jusqu'ici davantage mobilisé la technologie que la sobriété, et que le potentiel de réduction de la demande (réduction des déplacements motorisés, sobriété dans les bâtiments, évolution des régimes alimentaires) reste largement sous-exploité.

1.5 ENSEIGNEMENTS POUR L'ACTION CLIMATIQUE CES PROCHAINES ANNÉES

A partir des observations faites dans ce chapitre sur l'urgence climatique mondiale dans un contexte de conflits géopolitiques, sur les dynamiques des transitions, et sur les enseignements que l'on peut tirer des 10 ans de l'Accord de Paris et des politiques climatiques de la France durant cette période, plusieurs enseignements peuvent être tirés pour l'action climatique au cours des prochaines années.

- 1. Agir vite, le budget carbone restant ne laisse plus de marge.** Le budget carbone compatible avec un réchauffement limité à 1,5 °C se réduit à trois à six ans d'émissions mondiales au rythme actuel (§ 1.1.1). Chaque année d'inaction alourdit les efforts à réaliser ensuite pour atteindre la neutralité carbone : la SNBC 3 en offre elle-même l'illustration, en faisant l'hypothèse paradoxale d'une pause de la baisse en 2024-2025 qui alourdit les réductions requises sur la période suivante (§ 1.4.1). L'urgence n'autorise plus les temporisations.
- 2. Traiter la décarbonation comme un impératif propre, pas seulement comme un co-bénéfice.** La sortie des fossiles est alignée avec les objectifs de souveraineté énergétique et de compétitivité industrielle, comme le montre le conflit en Iran et au Moyen-Orient en 2026 (§ 1.1.2). Mais cet alignement ne garantit pas que l'objectif climatique sera atteint : les effets de substitution stratégique vers les renouvelables peuvent coexister avec l'exploration de nouveaux gisements fossiles à coût élevé (§ 1.1.2). La décarbonation doit rester une priorité explicite, pas seulement un sous-produit de la politique industrielle ou énergétique.

- 3. Préférer les options robustes aux optimisations fragiles.** Dans un régime de poly-crise (conflits géopolitiques, chocs sur les prix des matières premières, volatilité extrême des marchés énergétiques, chocs sanitaires) (§ 1.1.2), les politiques calibrées pour un environnement stable ne sont pas adaptées. Les options « sans regret » (co-bénéfices santé, efficacité énergétique, renouvelables locaux, sobriété structurelle, diversification des approvisionnements en minéraux critiques) réduisent simultanément les émissions, la dépendance et la vulnérabilité aux chocs. Elles sont préférables aux stratégies optimisées sous une hypothèse de stabilité que les faits démentent.
- 4. Combiner signal-prix carbone, réglementation et investissement : les trois leviers sont indissociables.** L'analyse internationale des politiques climatiques efficaces identifie un facteur commun : la combinaison d'un signal-prix carbone avec des normes sectorielles et des investissements publics dans un mix cohérent et stable dans le temps (§ 1.3.1). Ces trois leviers se renforcent mutuellement et perdent une large part de leur efficacité lorsqu'ils sont déployés isolément ou de façon incohérente. Rétablir et maintenir cette cohérence est une condition d'efficacité pour les politiques climatiques françaises.
- 5. Décarboner l'UE sans attendre l'universalité de l'effort international est économiquement rationnel et juridiquement obligatoire.** Le rapport entre le coût de la décarbonation et son bénéfice est d'un ordre de grandeur favorable : les grandes économies, dont la France et l'UE, ont un intérêt économique direct à réduire leurs émissions indépendamment du comportement des « passagers clandestins » (§ 1.2.3). À cette logique économique s'ajoute désormais une dimension juridique : l'avis de la Cour internationale de Justice de juillet 2025 établit les obligations climatiques des États comme relevant du droit international contraignant, rendant la décarbonation unilatérale à la fois rationnelle et obligatoire (§ 1.3.1).
- 6. Corriger le déséquilibre entre leviers technologiques et réduction de la demande.** Entre 2015 et 2024, la baisse des émissions françaises a été portée très largement par l'efficacité technologique et la substitution de combustibles ; la réduction de la demande (sobriété dans les transports, les bâtiments et les régimes alimentaires) reste largement sous-exploitée (§ 1.4.3). Or les trajectoires compatibles avec un réchauffement limité à +1,5 °C ou +2 °C supposent de mobiliser simultanément les trois leviers identifiés par le GIEC (*Avoid, Shift et Improve*). Rééquilibrer les politiques vers la demande est une nécessité, non une option.
- 7. Financer la transition à hauteur des besoins, mobiliser l'épargne privée.** Les investissements verts doivent presque doubler d'ici 2030, alors qu'ils reculent depuis 2024, que le Fonds vert a été réduit des trois quarts en PLF 2026, et que les investissements fossiles (environ 70 Md €/an) restent stables (§ 1.4.2). La mobilisation de l'épargne privée est indispensable : à mesure que les technologies de la transition atteignent la parité de coût avec les alternatives fossiles (déjà réalisée pour le solaire dans 91 % des nouveaux projets mondiaux, § 1.2.1), des outils financiers adaptés (obligations vertes, garanties publiques, fonds dédiés) peuvent orienter cette épargne vers les investissements climatiques.
- 8. Préserver les coopérations scientifiques et technologiques internationales.** La dynamique d'innovation est un moteur déterminant de la baisse des coûts de la transition : le coût du stockage batterie a chuté de 93 % depuis 2010 (§ 1.2.1). La fragmentation géopolitique (contrôles chinois sur les terres rares, démantèlement partiel de l'IRA américain, ralentissement des transferts technologiques vers le Sud global (§ 1.2.3)) menace cette dynamique. Maintenir des coopérations scientifiques et industrielles, y compris dans un contexte de compétition, est un enjeu climatique autant que stratégique.
- 9. Privilégier les solutions systémiques aux approches cloisonnées.** Le rapport Nexus de l'IPBES (2024) démontre que la perte de biodiversité, les crises alimentaires, les pénuries d'eau, les risques sanitaires, les pandémies mondiales et le changement climatique sont interconnectés. Ces menaces influent les unes sur les autres en s'amplifiant, se combinent et se répercutent en cascade. Seule une approche transversale peut permettre d'améliorer la situation. Les approches sectorielles séparées produisent des effets non souhaités, tandis que les réponses intégrées (combinant alimentation, eau, sols, biodiversité et climat) génèrent des effets de synergie mesurables (§ 1.2.2). En France, cet impératif systémique s'applique directement à l'agriculture et à l'alimentation, secteurs fortement dépendant de la biodiversité (ex. pollinisation) et des ressources (ex. eau, sols) et particulièrement sensibles aux chocs climatiques et géopolitiques (§ 1.4.2).

- 10. Intégrer la justice sociale comme condition de durabilité de l'action climatique.** Le changement climatique amplifie les inégalités existantes et frappe de façon disproportionnée les populations les plus vulnérables en France comme à l'échelle mondiale (§ 1.2.3). Les politiques de décarbonation peuvent elles-mêmes produire des effets régressifs si elles ne sont pas conçues avec des mécanismes redistributifs explicites. Articuler chaque levier de la transition (signal-prix, normes, investissements) à des politiques de redistribution et d'accompagnement des ménages modestes n'est pas un simple correctif social : c'est une condition de cohérence et de durabilité de l'action climatique dans le temps.
- 11. Garantir l'effectivité du droit climatique, pas seulement son ambition.** La France dispose d'un cadre juridique climatique formellement ambitieux. Mais ce cadre souffre d'un déficit d'effectivité structurel : dérogations nombreuses, affaiblissement progressif des dispositifs sous pression économique ou politique, érosion des droits procéduraux environnementaux qui permettent aux citoyens et aux associations de faire respecter les normes existantes (§ 1.4.1). Un droit climatique crédible suppose non seulement des textes ambitieux, mais des moyens administratifs et financiers à la hauteur, une stabilité des engagements dans le temps, et la préservation des voies de recours qui en assurent le respect effectif.

1.6 RÉFÉRENCES DU CHAPITRE 1

1. WMO (2026). State of the Global Climate 2025. ISBN: 978-92-63-11391-7 <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate/state-of-global-climate-2025>
2. Ripple, W. J. et al. (2026) « **The risk of a hothouse Earth trajectory** ». One Earth, 9(2).
3. Forster, P.M et al. « **Indicators of Global Climate Change 2025: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence** » Earth System Science Data, 18(6), 3889-3933.
4. Gallagher Re (2026) « **Natural catastrophe and climate report. January 2026** ».
5. Gu B. et al. (2025) « **Multifaceted changes in water availability with a warmer climate** » Climate and Atmospheric Science, 8, 42.
6. Williams, E.L., Abatzoglou, J.T. (2025) « **Climate change increases evaporative and crop irrigation demand in North America** » Earth's Future, 13(7).
7. Greve et al., Op. Cit.
8. FAO (2024) « **Global status of salt-affected soils** ».
9. Hock, R. et al. (2019) « **Chapitre 2 : Régions de haute montagne** » Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique.
10. Rounce, D. R. et al. « **Global glacier change in the 21st century: every increase in temperature matters** ». Science, 379(6627), 78-83.
11. Copernicus (2025) « **Global Climate Highlights 2025. The 2025 annual climate summary** »
12. WMO (2025) « **Carbon dioxide levels increase by record amount to new highs in 2024** », Communiqué de presse.
13. Friedlingstein, P. et al. (2025) « **Emerging climate impact on carbon sinks in a consolidated carbon budget** » Nature, 649(8095), 98-103.
14. Crippa, M. et al. (2025) « **GHG emissions of all world countries - 2025 Report, Publications Office of the European Union** »
15. Friedlingstein et al. (2025) « **Global Carbon Budget 2025** » Earth System Science Data Discussions, 2025, 1-139.
16. IEA (2026) « **Global Energy Review 2026** ».
17. Op. Cit. Friedlingstein ESSD 2026
18. Op. Cit. Crippa et al.
19. CarbonBrief (2026) « **Analysis : China's CO₂ emissions have now been 'flat or falling' for 21 months** ».
20. Op. Cit. Friedlingstein ESSD
21. Regnier, E. (2007) **Oil and energy price volatility**. Energy Policy, 35(3), 1595-1603.
22. Hamilton, J. D. (1983). Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, 91(2), 228-248. Barsky, R. B., & Kilian, L. (2004). Oil and the Macroeconomy since the 1970s. *Journal of Economic Perspectives*, 18(4), 115-134.
23. IEA (2026) « **Oil Market Report - April 2026** ».
24. CSIS (2026) « **Russia's Grinding War in Ukraine** ».
25. Cordesman, A.H., Wagner, A.R. (1990). *The Lessons of Modern War, Volume II : The Iran-Iraq War*. Boulder, CO : Westview Press, 1^{ère} édition, 19 avril 1990, 647 p. ISBN-10 : 0813309557 ; ISBN-13 : 978-0813309552
26. Ember (2026). **Electric vehicles avoided oil consumption equivalent to 70% of Iran's exports in 2025**.
27. PNUE (2011) « **Environmental assessment of Ogoniland** ». Programme des Nations Unies pour l'environnement, août 2011, 262 p. ISBN : 978-92-807-3130-9
28. SIPRI (2026) « **Trends in World Military Expenditure, 2025 : Unprecedented Rise Amid Middle East and European Conflicts** » Stockholm International Peace Research Institute.
29. Banque Mondiale (2024) **Indice de stabilité politique 2024**.
30. IEA (2025) « **World Energy Investment 2025** ».
31. SIPRI (2024) **Military Expenditures**.
32. Block K, et al. (2025) « **Geopolitical conflict impedes climate change mitigation** » npj Climate action 33(2025).
33. IEA (2026) « **Oil Market Report - April 2026** » Agence Internationale de l'Energie.
34. Energy Institute (2026) Op cit.
35. Bruegel (2026) « **European natural gas demand tracker** ».
36. IEA (2025) « **World Energy Investment 2025** ».
37. AIE 2026, Op. Cit.
38. Rystad Energy (2025) « **Shale project economics still reign supreme as cost of new oil production rises further** ».
39. Falakshahi, H., Gnana, J., Brew G. (2026) « **Energy and Economic Implications of the Iran-Israel Conflict** » The Washington Institute for Near East Policy.
40. Atlantic Council (2026) « **How the Iran war could shift energy policies around the world** ».
41. Council on Foreign Relations (2026) « **Conflict in the Democratic Republic of Congo** ».
42. Li, S., Sydow J. (2026) « **Myanmar: A hidden source of China's most critical minerals** ».
43. Arezki R., van der Ploeg F. (2025) La malédiction des minéraux critiques, *Revue d'économie du développement* 2025/2, vol. 33, p. 127-142.
44. IEA (2025) « **Global Critical Minerals Outlook 2025** ».
45. AIE, Op. Cit.
46. Thompson H. (2022) « **The geopolitics of fossil fuels and renewables reshape the world** ».
47. Nguemgaing, H. et al. (2025) « **The Strategic Game of Rare Earths: Why China May Only Be in Favor of Temporary Export Restrictions** ».
48. Energy Institute (2026) « **Statistical Review of World Energy** ».
49. Ember (2026) **Electricity Data Explorer**.
50. Ember, 2026, Op. Cit.
51. IEA (2025). **Renewables 2025**.
52. IEA (2025). **The Path to a New Era for Nuclear Energy**.
53. IEA (2025). **Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050**. Reference Data Series No. 1.
54. IEA (2025) « **World Energy Investment 2025. International Energy Agency** ».
55. IEA (2025) « **Global Energy Review 2025. International Energy Agency** ».
56. IEA (2025). **Global EV Outlook 2025**.
57. Op. Cit. Global energy review, IEA
58. World Resources Institute, « **RELEASE: Global Forest Loss Shatters Records in 2024, Fueled by Massive Fires** », 20 mai 2025.
59. Bourgoign, C., et al. (2024). « **Human degradation of tropical moist forests is greater than previously estimated** ». *Nature* 631, 570-576.
60. Convention on Wetlands (2025). **Global Wetland Outlook 2025: Valuing, conserving, restoring and financing wetlands**.
61. Byrne, A., J. Williams, and N. Pettorelli (2026). « **Wetland Expansion Reduces CO₂-Equivalent Emissions and Strengthens the Congo Basin's Role as a Net Carbon Sink** », *Global Change Biology*32, no. 2: e70746.

62. World Meteorological Organization. « **WMO: Likelihood increases of El Niño** », 24 avril 2026.
63. Données FAOSTAT agrifood systems 2001-2023 (publiées en octobre 2025). Les années 2024-2025 ne sont pas encore disponibles dans la base FAOSTAT.
64. FAO (2025). **Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Global, regional and country trends**, 2001–2023.
65. FAO (2025). **Agricultural production statistics 2010–2024**.
66. Scénario SSP1-1.9, résumé pour les décideurs, section C3 (IPCC 2022, AR6, WG III).
67. Résumé pour les décideurs, figure SPM-5 (IPCC 2022, AR6, WG III).
68. Hendriks, S., et al. (2023). « **Ensuring Access to Safe and Nutritious Food for All Through the Transformation of Food Systems** », *Science and Innovations for Food Systems Transformation*, 31–58.
69. Rockström, J., et al. (2025). « **The EAT–Lancet Commission on healthy, sustainable, and just food systems** », *The Lancet* ; 406, 1625–1700.
70. Crippa, M., et al. (2021). « **Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions** », *Nat Food* 2, 198–209.
71. Zhu, J., et al. (2023). « **Cradle-to-grave emissions from food loss and waste represent half of total greenhouse gas emissions from food systems** », *Nat Food* 4, 247–256.
72. Yin, K., et al. (2026). « **Misbehaviour dominates GHG emissions from food loss and waste** ». *Nat. Clim. Chang.* 16, 424–432.
73. IPES Food (2025). **Fuel to Fork: What will it take to get fossil fuels out of our food systems?**
74. Global Alliance for the Future of Food & Dalberg Advisors (2023). *Power shift: Why we need to wean industrial food systems off fossil fuels*.
75. Li, M., et al. (2022). « **Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions** ». *Nat Food* 3, 445–453.
76. IPES Food, Op. Cit.
77. FAO, WFP & GNAFC (2026). 2026 **Global Report on Food Crises**.
78. Fanzo, J. et al. (2025). « **Climate Change, Extreme Weather Events, Food Security, and Nutrition: Evolving Relationships and Critical Challenges** ». *Annual Review of Nutrition* 45, 335–360.
79. IFPRI (2026). « **The Iran war's impacts on global fertilizer markets and food production** », 1^{er} avril 2026.
80. World Meteorological Organization. « **WMO: Likelihood increases of El Niño** », 24 avril 2026.
81. Hultgren, A., et al. (2025). « Impacts of climate change on global agriculture accounting for adaptation », *Nature* 642, 644–652.
82. IPBES (2024). *Thematic Assessment of the Interlinkages among Biodiversity, Water, Food and Health*.
83. Rockström, J., et al. (2025). « **The EAT–Lancet Commission on healthy, sustainable, and just food systems** », *The Lancet* ; 406, 1625–1700.
84. CIFOR (2014). REDD+ **on the ground: A case book of subnational initiatives across the globe**.
85. Giller, K. E., et al. (2021). « **Regenerative agriculture: An agronomic perspective** », *Outlook on Agriculture*, Volume 50, Issue 1, 13–25.
86. Griscom, B. W., et al. (2017). « **Natural climate solutions** », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645–11650.
87. Dang, H.-A., et al. (2024). « Does global warming worsen poverty and inequality? An updated review », *Journal of Economic Surveys*, 38(5), 1873–1905.
88. Dang, H.A.H., et al. (2025). « Impacts of global warming on subnational poverty and inequality », *Nature Climate Change* 16, 207–213.
89. Lankes, H. P., et al. (2024). « **The Relationship between Climate Action and Poverty Reduction** », *The World Bank Research Observer*, Volume 39, Issue 1, Pages 1–46.
90. Hallegatte, S., et al. (2026). « **The Poverty Cost of Greenhouse Gas Emissions** », *Policy Research Working Paper*, 11316.
91. UNDP (2025). 2025 Global **Multidimensional Poverty Index (MPI): Overlapping Hardships: Poverty and Climate Hazards**.
92. Prentice, C.M., et al. (2024). « **Education outcomes in the era of global climate change** », *Nat. Clim. Chang.* 14, 214–224.
93. Romanello, M., et al. (2024). « **The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action** », *The Lancet*, Volume 404, Issue 10465.
94. Zhao, M., et al. (2022). « **Labour productivity and economic impacts of carbon mitigation: a modelling study and benefit–cost analysis** », *The Lancet Planetary Health*, 6(12), e941–e948.
95. Romanello, M., et al. (2025). « **The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change: climate change action offers a lifeline** », *The Lancet*, Volume 406, Issue 10521, 2804–2857.
96. Bahrami, G., et al. (2026). « **The health effects of climate change: identifying strategies, policies, and knowledge gaps: an umbrella review** », *International Journal of Environmental Health Research*, 36(1), 145–162.
97. Bahrami et al., Op. Cit.
98. Borham, A., et al. (2025). « **Climate change and zoonotic disease outbreaks: emerging evidence from epidemiology and toxicology** », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(6), 883.
99. Hallegatte et al., Op. Cit. ; Romanello et al., Op. Cit.
100. NGFS (2024). « **NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors - Phase V** ».
101. Bilal, A., & Känzig, D. R. (2026). « **The macroeconomic impact of climate change: Global vs. local temperature** ». NBER Working Paper 32450.
102. Bistline, J. E., et al. (2023). « **Economic implications of the climate provisions of the Inflation Reduction Act** », NBER Working Paper 31267.
103. Howard, P., & Sterner, T. (2025). « **Methodology Matters: A Careful Meta-Analysis of Climate Damages** », *Environ Resource Econ* 88, 3289–3327.
104. Wunderling, N. et al. « Climate tipping point interactions and cascades : a review. » *Earth System Dynamics*, vol. 15, p. 41-74, 2024. DOI : 10.5194/esd-15-41-2024.
105. Aghion, P., et al. (2025). « **Lost in Transition: Financial Barriers to Green Growth** », INSEAD Working Paper No. 2024/16/EPS.
106. Kreibichl, S. (2022) « **Investissement et finance** » dans GIEC, 2022 : Contribution du 2^e Groupe de Travail au sixième Rapport d'évaluation du GIEC.
107. Ameli, N., et al. (2021). « **Higher cost of finance exacerbates a climate investment trap in developing economies** », *Nat Commun* 12, 4046.
108. Garcia-Soto, C. (2025). « **Reversing climate progress: consequences and solutions in the wake of U.S. policy rollbacks** », *Clim. Action* 4, 63.
109. Kerr, S., & Hu, X. (2025). « **Filling the climate finance gap: holistic approaches to mobilise private finance in developing economies** », *Clim. Action* 4, 16.
110. PNUE, *Adaptation Gap Report 2024*
111. Beath, H., et al. (2026). « **Artificial intelligence drives divergent emission futures** », *Resarch Square*.
112. Urge-Vorsatz, D., & Creutzig, F. (2026). « **Energy demand and decarbonization in 2025 and beyond** », *Nat. Rev. Clean Technol.* 2, 4–5.
113. IEA (2026). **Key Questions on Energy and AI**.
114. Stern, N., et al. (2025). « **Green and intelligent: the role of AI in the climate transition** », *Clim. Action* 4, 56.
115. Nations Unies (2024). **Governing AI for humanity: final report**.
116. CNUCC (2025) « **Lettre du secrétaire exécutif aux Parties et Observateurs. Mise à jour 2025 du rapport de synthèse sur les contributions déterminées au niveau national** » Novembre 2025
117. United Nations Environment Programme (2025). **Emissions Gap Report 2025: Off target - Continued collective inaction puts global temperature goal at risk**.
118. Jiang, J., Shi, S. & Raftery, A.E. (2025). « **Mitigation efforts to reduce carbon dioxide emissions and meet the Paris Agreement have been offset by economic growth** », *Commun Earth Environ* 6, 823.
119. CIJ. « **Obligations des États en matière de changement climatique - Avis consultatif** », 23 juillet 2025.
120. Entre 2015 et 2024, 276 affaires climatiques ont atteint des juridictions suprêmes ou constitutionnelles dans le monde – 117 aux États-Unis et 159 ailleurs – plus de 80 % d'entre elles ciblant des défendeurs gouvernementaux, mais avec une progression notable des poursuites contre les entreprises. Source : Setzer, J., & Higham, C. (2025). **Global trends in climate change litigation: 2025 snapshot**. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science.
121. Ekberg, K., et al. (2023). « **Climate obstruction: how Denial, delay and inaction are heating the planet** », *Environmental Politics*, 32(6), 1104–1106.
122. Roberts, J. T., et al. (2025). « **Climate Obstruction: A Global Assessment** », *Oxford Academic*, accessed 23 June 2026.
123. IPCC (2023). **Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press.
124. PNUE (2026). **Solar Radiation Modification: Scientific evidence does not support SRM as a viable climate solution - Working Paper**.
125. Conseil des affaires étrangères de l'UE. Déclaration sur le SRM. Avril 2026. Source : Climate Home News. « **EU warns on solar geoengineering but research debate grinds on** », 8 mai 2026.
126. IPCC (2022). **Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems**. Cambridge University Press.

127. Académie des sciences (2025). Géo-ingénierie climatique : état des lieux scientifique, enjeux et perspectives.
128. Académie des sciences, 2025, Op. Cit.
129. GIEC (2019). Special Report - Climate Change and Land. Chapitre 2 (Flux et stocks de carbone terrestres) et chapitre 6 (Sécurité alimentaire).
- GIEC AR6 WGIII (2022). Mitigation of Climate Change. Chapitre 7 (Agriculture, Forestry and Other Land Uses, AFOLU).
130. Gidden, M.J., et al. (2025). « A prudent planetary limit for geologic carbon storage », *Nature* 645, 124–132.
131. Gidden et al. Op. Cit.
132. Van Vuuren, D. P., et al. (2026). « The Scenario Model Intercomparison Project for CMIP7 (ScenarioMIP-CMIP7) », *Geoscientific Model Development*, 19, 2627–2656.
133. Stechemesser, A., et al. (2024). « Climate policies that achieved major emission reductions: Global evidence from two decades ». *Science*, 385(6711), 884–892.
134. Kohlscheen, E., et al. (2021). « Effects of carbon pricing and other climate policies on CO₂ emissions », *CEsifo Working Paper No. 9347*.
135. Stechemesser et al., Op. Cit.
136. OECD. (2025). The effects of climate policies on emissions: Evidence from a comprehensive and systematic review of the ex-post empirical literature. Inclusive Forum on Carbon Mitigation Approaches Papers. OECD Publishing.
137. Hoppe, J., et al. (2023). « Three decades of climate mitigation policy: What has it delivered? », *Annual Review of Environment and Resources*, 48, 615–650.
138. Berrang-Ford et al., 2021
139. IPCC (2023). Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
140. Berrang-Ford, L., et al. (2021). « A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change », *Nat. Clim. Chang.* 11, 989–1000.
- Petzold, J., et al. (2026). « Ways forward for global adaptation evidence synthesis building on the Global Adaptation Mapping Initiative », *Commun. Sustain.* 1, 62. .
141. UNEP (2025). Adaptation gap report 2025: Running on empty. <https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2025>
142. La maladaptation désigne des mesures d'adaptation qui réduisent la vulnérabilité à court terme mais l'aggravent à long terme, ou qui transfèrent le risque vers d'autres populations ou secteurs.
143. UNEP (2024) « The Adaptation Gap Report 2024: Come hell and high water ».
144. UNEP, 2025, Op. Cit.
145. AEE (2024) « European climate risk assessment ».
146. Résolution du Parlement européen (2019/2930 (RSP)) du 28 novembre 2019 sur l'urgence climatique et environnementale.
147. AEE (2024) « European climate risk assessment ».
148. EEA (2025) « Trends and projections: greenhouse gas emissions largely on track to 2030 targets ».
149. Commission européenne. (2025) « EU Climate Action Progress Report 2025 »
150. EU (2024) Climate Action Tracker.
151. Draghi, M. (2024) « The future of European competitiveness ».
152. Letta, E. (2024) « Much more than a market »
153. Commission européenne (2020) « Cadre financier pluriannuel 2021-2027 de l'UE ».
154. Meckling, J. (2025) « The geoeconomic turn in decarbonization » *Nature* 645, 869–876.
155. Commission européenne (2025) « Competitiveness Compass ».
156. Commission européenne (2025) « Clean Industrial Deal : A plan for EU competitiveness and decarbonisation ».
157. Règlement (UE) 2024/1735 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 relatif à l'établissement d'un cadre de mesures en vue de renforcer l'écosystème européen de la fabrication de produits de technologie « zéro net ».
158. « Les multiples facettes de la précarité alimentaire », note de synthèse no 42, juin 2025.
159. Secours Populaire français (2024), 18^e Baromètre de la pauvreté et de la précarité, Ipsos.
160. Wimoov (2024), Baromètre des Mobilités du Quotidien
161. ONPE (2025) Tableau de bord de la précarité énergétique
162. Convention Citoyenne pour le Climat (2021) « Rapport de la Convention citoyenne pour le climat à l'issue de son adoption formelle dimanche 21 juin 2020 ».
163. Cour des comptes (2024) « Évaluation annuelle de la mise en œuvre des mesures prévues par la loi climat et résilience ».
164. Assemblée nationale (2026) « Compte rendu de la deuxième séance du jeudi 30 avril 2026 ».
165. Secrétariat général à la planification écologique, France Nation Verte (2022).
166. Décret n° 2019-439 du 14 mai 2019 relatif au Haut Conseil pour le Climat.
167. Haut conseil pour le climat (2026) « Avis sur le projet de SNBC 3 », (2025) « Avis sur le projet de PPE 3 », (2025) « Avis sur le PNACC 3 ».
168. Conseil d'État (2021), décision n° 427301.
169. Tribunal administratif de Paris (2021), L'Affaire du Siècle.
170. UNECE (1998) « Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement ».
171. I4CE (2021) « Panorama des financements climat - édition 2021 ».
172. *Ibid.*
173. I4CE (2023) « Panorama des financements climat - édition 2023 ».
174. *Ibid.*
175. I4CE (2025) « Panorama des financements climat - édition 2025 ».
176. *Ibid.*
177. *Ibid.*
178. Blanchard O., Gollier C. et Tirole J. (2023) « The Portfolio of Economic Policies Needed to Fight Climate Change », *Annual Review of Economics*, 15, 689–722.
179. Données communiquées par le CGDD, modèle Elfe.
180. Données communiquées par le CGDD déflatées par l'indice des prix à la consommation.
181. CGDD, DB, DLF, DGT « Rapport sur l'impact environnemental du budget de l'État » (2025).
182. CGDD (2024) « Une tarification des émissions de gaz à effet de serre inégale selon les secteurs ».
183. Ang, B.W (2015) « LMDI decomposition approach: A guide for implementation », *Energy Policy*, volume 86, 233–238.
184. Döbbeling-Hildebrandt et al. (2024) « Systematic review and meta-analysis of ex-post evaluations on the effectiveness of carbon pricing ». *Nat Commun* 15, 4147 (2024).
185. Insee (2023). « Comment les automobilistes ajustent leur consommation de carburant aux variations de prix à court terme »
186. Bouguerra H., Rizet C. (2013). « Évolution des élasticités du transport routier de fret au prix du gazole ». *Les Cahiers Scientifiques du Transport*.
187. Insee (2012). « Consommation de carburant : effets des prix à court et à long terme par type de population ». *Économie et Statistique* n°446.
188. SDES (2024) « Bilan énergétique de la France pour 2022 ».
189. IPCC (2023) « Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change », 6^e rapport d'évaluation, chapitre 5.