



LES STRATEGIES ET LES SCENARIOS DES COMPAGNIES PETROLIERES A
L'HORIZON 2050, FREINS OU CATALYSEURS DES FEUILLES DE ROUTE
NATIONALES DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

Chafia BESSALEM, Arnaud DIEMER, Rania KARBOUT

Revue Francophone du Développement Durable

2025 – n°26 – Octobre

Pages 17 - 73.

ISSN 2269-1464

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://erasme.uca.fr/publications/revue-francophone-du-developpement-durable/>

Pour citer cet article

Bessalem C, Diemer A., KArbout R. (2025), Les stratégies et les scénarios des compgnies pétrolières à l'horizon 2050, freins ou catalyseurs des feuilles de route nationales de la transition énergétique, *Revue Francophone du Développement Durable*, n°26, Octobre, p. 17 - 73.

Les stratégies et les scénarios des compagnies pétrolières à l'horizon 2050, freins ou catalyseurs des feuilles de route nationales de la transition énergétique ?

Chafia BESSALEM, Arnaud DIEMER, Rania KARBOUT

Université Clermont Auvergne, CERDI, ERASME, Post Growth Institute

French Chapter of System Dynamics Society

Université de Tunis, Tunisie

***Résumé :** Dans le cadre des accords de Paris, des travaux du GIEC et des recommandations de l'AIE, les Etats se sont engagés dans une stratégie de réduction des émissions de GES. L'objectif déclaré est la neutralité carbone à l'horizon 2050. Pour ce faire, des feuilles de route nationales ont pour fonction de présenter les différentes actions mises en place (investissements dans les énergies renouvelables, baisse des consommations de pétrole et de gaz, développement des techniques de capture et de séquestration du CO₂, essor des biocarburants, développement de l'hydrogène...) et les objectifs intermédiaires (2030, 2040) permettant d'appréhender les résultats accomplis. Si la transition énergétique s'inscrit bien dans une démarche de prospective et renvoie à des scénarios du futur, la question des parties prenantes est rarement abordée dans les feuilles de route. Les Etats se contentent généralement d'aborder les enjeux sectoriels et de projeter des baisses d'émissions de GES. L'article que nous présentons, pose la question de la place de certains acteurs, ici les compagnies pétrolières et gazières, dans les scénarios de neutralité carbone. Par leurs stratégies d'investissement et leur choix de portefeuille, les compagnies pétrolières peuvent être à la fois des catalyseurs ou des freins à la transition énergétique. Elles peuvent accompagner les Etats vers la neutralité carbone ou simplement redéfinir un mix énergétique qui laisse encore une place importante aux énergies fossiles. La transition énergétique ressemblerait alors à un mirage, qui disparaît au fur et à mesure que nous nous rapprochons de 2050.*

***Mots clés :** Compagnies pétrolières, Feuille de route, Gaz, Pétrole, Scénarios, Transition énergétique*

Introduction

Depuis plusieurs années, les grandes institutions internationales de l'Énergie (Agence internationale de l'énergie, Agence internationale de l'énergie atomique, Conseil mondial de l'énergie, Forum des pays exportateurs de gaz¹, Organisation des pays arabes exportateurs de pétrole, Organisation latino-américaine de l'énergie...) se livrent au jeu des scénarios à l'horizon 2050 (NESO, 2024; Ansari & al., 2019; Aoun, 2018; Appert, 2018). Cette démarche prospectiviste les conduit à poser un regard lucide sur le chemin à parcourir pour atteindre la neutralité carbone (Accords de Paris, 2015²)

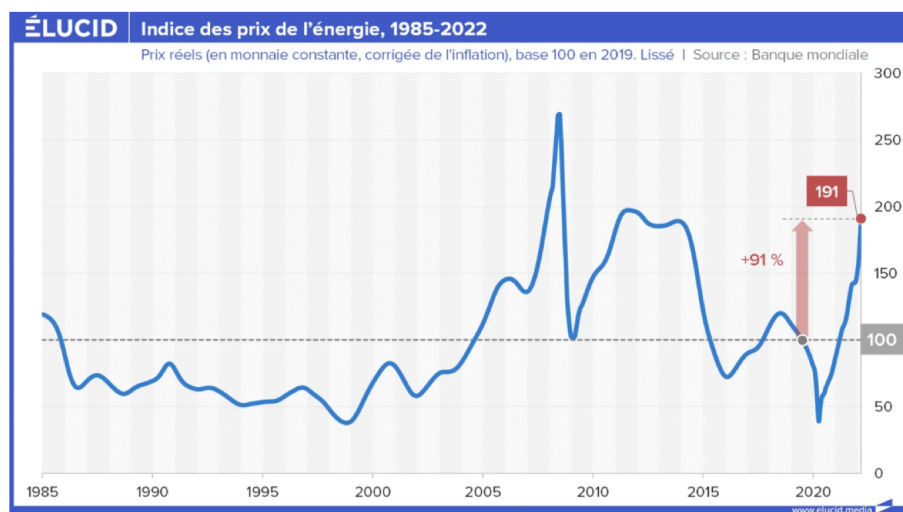
¹ Du 29 février au 2 mars 2024, l'Algérie a accueilli le 7ème Sommet des Chefs d'Etat et de Gouvernement au Forum des pays exportateurs de gaz (GECF). Cette rencontre a vu la participation des Chefs d'Etat, de ministres et de hauts responsables des pays membres du GECF (Algérie, Bolivie, Égypte, Guinée équatoriale, Iran, Libye, Nigeria, Qatar, Russie, Trinité-et-Tobago, Émirats arabes unis et Venezuela), ainsi que les pays observateurs du Forum (Angola, Azerbaïdjan, Irak, Malaisie, Mauritanie, Mozambique et Pérou).

² L'Accord de Paris est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Il a été adopté par 196 Parties lors de la COP 21, le 12 décembre 2015. Il est entré en vigueur le 4 novembre 2016. Son objectif primordial est de maintenir « l'augmentation de la température

mais également à imaginer les fameux sentiers de croissance qu'il convient d'emprunter dans un monde de plus en plus complexe (Bessalem, Diemer, Batisse, 2022; Ancel, 2018; Bellevrat, 2013). Bien entendu, toutes ces institutions n'ont pas les mêmes objectifs et les membres qu'elles représentent³, ne font pas toujours de la transition énergétique leur cheval de bataille (The Economist⁴, 2024). Il faut dire que la période que nous traversons est particulièrement instable. Les Etats et les compagnies pétrolières font face à un contexte énergétique mondial soulevant plusieurs enjeux (CDE, 2018).

Il s'agit tout d'abord de la volatilité du prix des énergies fossiles généré par des tensions géopolitiques, notamment la guerre entre l'Ukraine et la Russie. Entre fin 2019 et février 2022, la Banque mondiale évalue la hausse du prix de l'énergie à près de 91 %.

Figure 1 : Indice des prix de l'énergie



Source : Banque Mondiale (2022)

Il existe un lien étroit entre les sanctions prises par l'Europe, le Royaume-Uni ou les Etats-Unis envers la Russie et le cours du pétrole. Le 10 janvier 2024, le département du Trésor américain a annoncé des sanctions contre plus de 180 navires ainsi que les grandes compagnies pétrolières russes Gazprom Neft et Surgutneftegas, respectant ainsi "l'engagement du G7 de diminuer les revenus russes issus de l'énergie". Londres a aussi sanctionné ces deux entreprises. Deux jours plus tard, le prix du baril de Brent de la mer du Nord, pour livraison en mars, prenait 1,55% à 81,00 dollars (AFP, 13 janvier 2024).

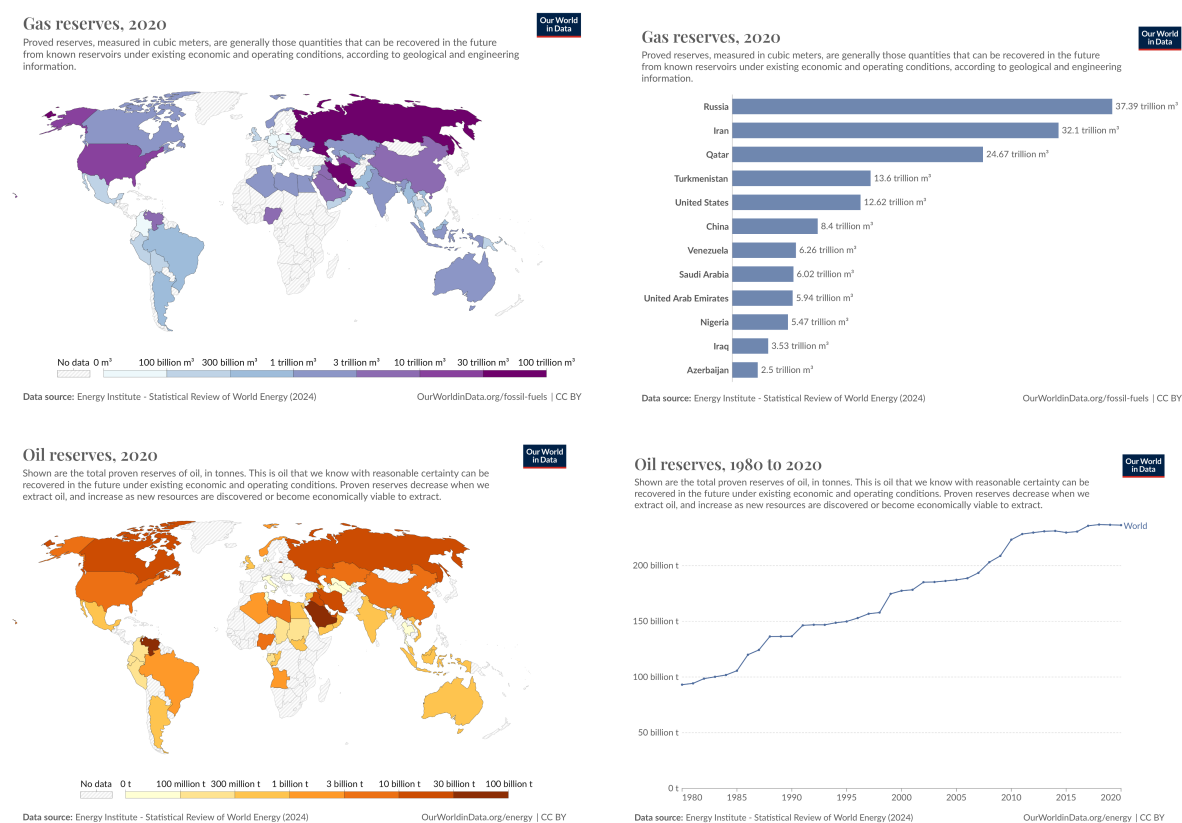
moyenne mondiale bien en dessous de 2°C au-dessus des niveaux préindustriels » et de poursuivre les efforts « pour limiter l'augmentation de la température à 1,5°C au-dessus des niveaux préindustriels ». Pour mieux encadrer les efforts en vue de l'objectif à long terme, l'accord de Paris a invité les pays à formuler et à soumettre d'ici 2020 des stratégies de développement à long terme à faibles émissions de gaz à effet de serre (LT-LEDS).

³ Le Global Gaz Outlook 2050 du GECF fournit une analyse complète des marchés gaziers mondiaux et régionaux, ainsi que du rôle du gaz naturel dans la transition énergétique.

⁴ Dans son éditorial du 10 novembre, The Economist commentait l'actualité de la COP19 sous le titre suivant : "Energy Transition has been profoundly misunderstood".

C'est ensuite l'épuisement des réserves de pétrole et de gaz dans certains pays et le ralentissement des découvertes de nouveaux gisements mondiaux qui accentuent la pression sur le système énergétique global. Selon le rapport Statistical Review of World Energy (2024), les réserves mondiales de gaz naturel seraient en baisse et estimées à environ 188 000 milliards de m³ en 2022.

Figure 2 : Réserves mondiales de gaz et de pétrole



Source : Energy Institute, Statistical Review of World Energy (2024)

C'est enfin le réchauffement climatique dû aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) qui doit amener les parties intéressées à respecter les engagements pris dans l'Accord de Paris & la Charte de décarbonation du pétrole et du gaz (*Oil and Gas Decarbonisation Charter* ou OGDC de la COP 28 de Dubaï tenu en décembre 2023). Le secteur pétrolier est responsable de 15 à 20 % des émissions mondiales totales de gaz à effet de serre⁵ (incluant dioxyde de carbone et méthane). Ces émissions proviennent principalement des opérations d'extraction, de transport et de combustion des produits fossiles. Les émissions de GES provenant de l'extraction du pétrole et du gaz, et du raffinage du pétrole avoisinent les 83 millions de tonnes (soit respectivement 63 millions pour l'extraction et 20 millions pour le raffinage) en 2023. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2024), le secteur de l'énergie serait même le deuxième⁶ responsable des émissions mondiales de CH₄, soit 118 millions de tonnes émises en

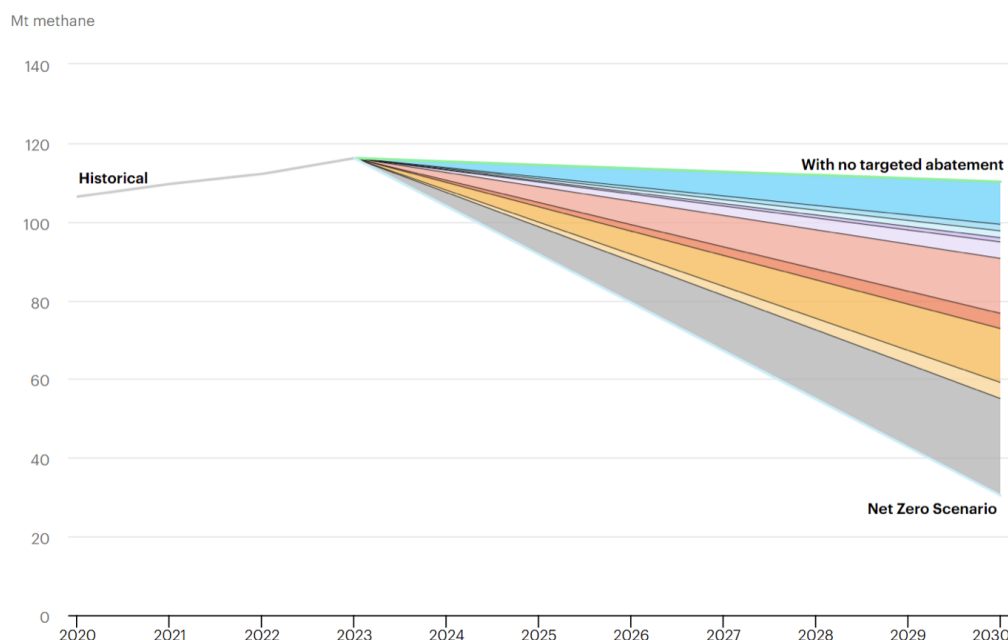
⁵ Dans un rapport publié le 08 septembre 2023, l'ONU évoque l'élimination progressive de tous les combustibles fossiles comme étape indispensable.

⁶ Le premier secteur est toujours l'agriculture avec 142 Mt de CH₄ émis en 2023.

2023 provenant de l'usage du pétrole (49 Mt), du charbon (40 Mt) et du gaz naturel (29 Mt). Par rapport à 2022, ces émissions sont en hausse pour le pétrole et le charbon, mais en baisse pour le gaz naturel (elles étaient respectivement de 48 Mt, 39 Mt et 28 Mt [CIEPA 2024]).

Selon l'AIE (2024), si toutes les politiques et tous les engagements en matière de CH₄ pris par les pays et les entreprises étaient respectés conformément aux échéances fixées, les émissions de CH₄ provenant des combustibles fossiles diminueraient d'environ 50% d'ici à 2030. Néanmoins, il semblerait que ces engagements n'aient pas encore donné naissance à des plans et des réglementations. Les projections réalisées pour 2030 risquent ainsi de générer de fortes désillusions.

Figure 3 : Réductions des émissions de CH₄ liées à la production/consommation de combustibles fossiles : projections sur la base des engagements et politiques existants (2020-2030)



Source : AIE, 13 mars 2024

En s'invitant au banquet annuel des grands énergéticiens et des organisations nationales, le réchauffement climatique soulève la question des scénarios (Alvares, 2021) qui permettront aux Etats d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris (2015). En France, l'ADEME (2021, 2013, 2009), RTE (2021), l'Association Négawatt (2021) et The Shift Project (2022) ont décrit des scénarios intégrant à la fois le mix énergétique, l'essor des énergies renouvelables, les programmes de sobriété et d'efficacité énergétique (Aymoz 2018; Chateau, 2016; Boulanger, 2007), la rénovation thermique des bâtiments (Charlier, 2014), la construction de nouvelles centrales nucléaires, la place de la voiture électrique et les besoins de matière de production électrique... (Diemer, Bessalem, Musafili, 2024). Si ces leviers d'action ou points de basculement (tout dépend s'ils entraînent de véritables changements de comportements) ont le mérite de nous

permettre de mieux visualiser le système énergétique (Diemer, 2015) et ses nombreuses interactions avec le logement, l'agriculture, l'industrie, l'alimentation, la mobilité... ils ont également l'inconvénient de minimiser le rôle des acteurs privés dans la mise en place de la transition énergétique, en l'occurrence ici, les compagnies pétrolières et gazières qui pour la plupart, ont les cartes en main pour redessiner (ou pas) le nouveau paysage énergétique à l'horizon 2050.

En effet, comment parler de transitions énergétiques sans mettre au cœur de la réflexion, les scénarios et les business models des compagnies pétrolières et le pouvoir qu'elles exercent sur l'usage et le choix des énergies. Elles savent aussi forger des modèles et des scénarios. Aurait-on oublié le fameux *Scénario Planning* de Shell dans les années 70 (et les travaux de Pierre Wack), qui lui a permis d'engranger des milliards de dollars en pleine crise pétrolière. Et que dire de la relation entre les banques et les compagnies pétrolières qui constitue la pierre angulaire des flux financiers entre les pays du Nord et du Sud (les fameux pétrodollars sont aujourd'hui de vastes capitaux et des participations croisées entre les grandes banques d'affaires et les nombreuses compagnies pétrolières) ou encore des énormes subventions et aides publiques reçues par les compagnies pétrolières depuis de nombreuses années. Dans le rapport de l'IAE (2024), une seule ligne parle des compagnies pétrolières, et elle en dit long sur le chemin qu'il nous reste à parcourir : "*Public finance is more prominent in some parts of the energy system than others. Almost a quarter of financing for fossil fuel projects comes from public sources, primarily due to the large size of government shareholdings in national oil companies*" (2024, p. 63). A la lumière de ces éléments, il nous paraît crucial de regarder et de décrypter les scénarios et les business modèles des compagnies pétrolières et gazières à l'horizon 2050 afin de savoir si ces firmes multinationales sont un frein ou un levier d'action de la transition énergétique. Les fameuses feuilles de route (roadmap) destinées à soutenir la planification stratégique à long terme (Müller, 2021, Phaal, Farrukh, Probert, 2004), pourraient ainsi se révéler irréalistes au regard des stratégies des multinationales du secteur énergétique⁷.

Pour répondre à cette question, nous analyserons les feuilles de route de la transition énergétique de cinq pays (Etats-Unis, France, Royaume-Uni, Algérie). Ce choix a été orienté par la nationalité des cinq plus grandes compagnies pétrolières (BP, Exxon, Chevron, Shell, Total Energies), liste à laquelle nous ajouterons Sonatrach qui occupe une position stratégique en Afrique (première compagnie du continent Africain). Nous étudierons les stratégies de ces compagnies au regard des engagements et des actions pris par les différents Etats concernés (Royaume-Uni, Etats-Unis, France et Algérie) pour atteindre la neutralité carbone. Les compagnies pétrolières et gazières entretenant des relations privilégiées avec les Etats et le système financier international

⁷ Dans sa feuille de route du secteur de l'énergie, l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2023) préconisait de doubler les investissements dans les renouvelables pour atteindre la neutralité carbone en 2050 (selon les projections de l'AIE, le rythme actuel d'investissement de 2000 milliards par an, devrait passer à 5000 milliards d'ici 2030).

(principalement les grandes banques d'affaire), le choix de leurs investissements, les flux financiers croisés (subventions, aides, participations) et la valorisation de leurs ressources (prix du pétrole, retour sur investissement, EROI...) jouent un rôle clé dans leur positionnement à l'horizon 2050.

Des scénarios aux feuilles de route nationales

Si les scénarios s'appuient sur une vaste littérature (Bessalem, Diemer, Batisse, 2022) et des apports méthodologiques (O'Neil & al., 2017, 2014; Kleger & al., 2013; Curry Hodgson, 2008; Godet, 1994, 1990; Wack, 1985), ils sont également au cœur des stratégies nationales. Il s'agit à la fois de décrire les trajectoires de transformation du système énergétique vers la neutralité carbone, d'étudier les différentes configurations permettant d'atteindre les objectifs de décarbonation et de réindustrialisation, et d'éclairer le débat sur les enjeux associés aux scénarios de politique énergétique ou climatique. Les organisations nationales se livrent ainsi à des études détaillées de plusieurs scénarios, décrivant les évolutions souhaitables du système énergétique compatibles avec les objectifs fixés (ADEME, 2021). Ces scénarios sont généralement articulés autour de trois grandes familles⁸ : (1) des trajectoires prospectives qui mobilisent différents leviers associés à une stratégie ou une politique de l'énergie, (2) une analyse des risques et de l'incertitude autour de l'exercice de scénarisation, (3) l'intégration de crises observées sur le plans géopolitique et économique, ainsi que les tensions sur les relations commerciales et les chaînes d'approvisionnement. Des feuilles de route sont réalisées afin de souligner les engagements des Etats Nations, les moyens mis à disposition, les objectifs à atteindre et la nécessité d'impliquer les parties prenantes. Dans ce qui suit, nous présenterons les feuilles de route de 4 pays, engagés à leur manière dans la transition énergétique : les Etats-Unis, le Royaume-Uni, La France et l'Algérie. Ce choix a été motivé par deux raisons : (1) le positionnement de ces différentes nations en matière de neutralité carbone et de choix énergétiques, (2) la présence de compagnies pétrolières et gazières de premier plan (Exxon Mobil, BP, Total, Shell, Chevron et Sonatrach) susceptibles d'interférer dans les stratégies de ces pays et de ralentir la transition énergétique.

La feuille de route des Etats-Unis

La transition énergétique américaine s'est concentrée principalement sur la réduction des émissions de carbone, la diversification des sources d'énergie, la promotion des technologies propres et la réduction de la dépendance aux combustibles fossiles.

Le document de référence officiel - considéré comme la feuille de route nationale de la transition énergétique aux Etats-Unis - est *The America's Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition* publié par le Département de l'Energie (DOE) en février 2022. Ce rapport s'apparente à un plan gouvernemental visant à sécuriser la chaîne d'approvisionnement pour accompagner la transition énergétique américaine.

⁸ <https://assets.rte-france.com/prod/public/2023-11/Bilan-previsionnel-2023-chapitre4-scenarios.pdf>

Restructurer une base industrielle dans le secteur de l'énergie propre. Il s'appuie sur le décret présidentiel Executive Order 14017 – America's Supply Chains. Le Rapport présente *"the myriad challenges and opportunities facing the energy supply chain along with key strategies to secure America's position as a clean energy superpower in the years and decades to come. The challenges are immense for the United States related to : raw material availability; manufacturing capacity; dependence on foreign supplies; worker training; global trade practices; cybersecurity; and research and data analysis needed to create the clean energy economy we need"* (2022, p. IX). Sept axes stratégiques d'actions⁹ sont présentés pour renforcer la chaîne d'approvisionnement énergétique, à savoir (1) augmenter la disponibilité des matières premières nationales (les cibles sont principalement les métaux rares tels que le Cobalt, le Lithium, le Néodyme.); (2) étendre les capacités de production domestique (soutien aux clusters nationaux, financement des innovations); (3) investir dans les chaînes de production et de distribution étrangères (il s'agit de compléter l'offre national via des partenariats ciblés); (4) stimuler l'adoption des énergies propres (utilisation notamment des achats publics fédéraux comme leviers); (5) améliorer la gestion des déchets en fin de vie (il s'agit de renforcer les pratiques d'économie circulaire au niveau des batteries de lithium, des métaux rares, de l'acier, de l'aluminium...); (6) attirer et former une main d'œuvre qualifiée; (7) renforcer les connaissances et la prise de décisions stratégiques (création du Manufacturing and Energy Supply Chain Office destiné à centraliser les bases de données, à réaliser des études d'impacts économiques, sociaux et environnementaux). La force de ce rapport, c'est surtout de proposer 13 études détaillées couvrant plusieurs secteurs, allant du solaire aux réseaux électriques, en incluant les semi-conducteurs et la cybersécurité (solaire PV, terres rares, semi-conducteurs, réseaux électriques, stockage d'énergie, hydrogène, hydroélectricité, matériaux catalyseurs, cybersécurité). Chaque étude identifie les vulnérabilités du secteur (défaillance manufacturière, dépendance à l'exportation, coûts logistiques, etc...) et oriente vers des solutions possibles. Ce sont ainsi près de 62 recommandations¹⁰ ainsi qu'un agenda détaillé de 22 actions législatives qui ont vu le jour. On peut citer ici l'allocation de 6 milliards de dollars pour le traitement des matériaux de batteries, le plan de 140 millions de dollars pour une installation de raffinage des terres rares ou encore l'adoption de mesures protectionnistes, d'incitations fiscales et de programmes pour encourager les clusters et le recyclage.

⁹ *"This report lays out the myriad challenges and opportunities facing the energy supply chain along with key strategies to secure America's position as a clean energy superpower in the years and decades to come. The challenges are immense for the United States related to: raw material availability; manufacturing capacity; dependence on foreign supplies; worker training; global trade practices; cybersecurity; and research and data analysis needed to create the clean energy economy we need"* (2022, p. IX).

¹⁰ <https://www.tdworld.com/renewables/article/21234838/doe-releases-first-ever-comprehensive-strategy-to-secure-americas-clean-energy-supply-chain>

Cinq autres documents viennent compléter cette feuille de route :

- L'U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap¹¹ publié par le Department of Energy (DOE, 2023), ce rapport stratégique présente la vision américaine pour développer une économie basée sur l'hydrogène propre, avec des objectifs concrets : 10 millions de tonnes d'hydrogène par an d'ici 2030, puis 20 millions en 2040 et 50 millions en 2050. Le document présente également des mesures concrètes (politiques publiques, incitations fiscales, dépenses en Recherche et Développement...) à toutes les échelles gouvernementales : *"This roadmap is based on prioritizing three key strategies to ensure that clean hydrogen is developed and adopted as an effective decarbonization tool for maximum benefit to the United States: (1) Target strategic, high-impact uses for clean hydrogen; (2) Reduce the cost of clean hydrogen; (3) Focus on regional networks"* (2023, p. 2).
- The Industrial Decarbonization Roadmap¹² — élaborée par The Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. Cette feuille de route, publiée en 2022, détaille les stratégies (efficacité énergétique, électrification, carburants bas carbone, capture et stockage du CO₂) destinées à décarboniser le secteur industriel (acier, ciment, chimie, raffinage...) : *"This roadmap identifies four key pathways to reduce industrial emissions through innovation in American manufacturing. The roadmap emphasizes the urgency of deep decarbonization across the industrial sector, and presents a staged research, development, and demonstration (RD&D) agenda for industry and government that will deliver the technologies needed to dramatically reduce emissions"* (2022, p. 1).
- The Distributed Energy Resource Interconnection Roadmap (2025)¹³ — élaboré par le département de l'énergie, établit des recommandations pour améliorer la connexion des projets d'énergie propre (solaire, éolien...) au réseau électrique national, facilitant ainsi la transition énergétique : *"Distributed energy resources (DERs) are poised to provide numerous benefits to customers and the grid, including lower cost, improved resilience and reliability, more rapid decarbonization, and increased consumer choice. To realize these benefits, however, processes for interconnecting DERs with the U.S. electric grid must evolve significantly. DERs include a diverse and evolving set of technologies. The scope of this roadmap encompasses DERs such as distributed solar photovoltaics (PV), distributed wind, distributed energy storage, and hybrid systems, which require interconnection and primarily provide electricity to local consumers"* (2025, p. 9).
- The DOE Strategic Frameworks (2022 - 2026)¹⁴ est un document stratégique interne du Département de l'Énergie qui formalise les 7 objectifs de transition énergétique vers zéro émission nette d'ici 2050, avec des étapes intermédiaires : *"DOE strategic framework: these are the strategic goals that informed departmental activities over the last 4 years"* (2022, p. 1).

¹¹ <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>

¹² <https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-09/Industrial%20Decarbonization%20Roadmap%20Fact%20Sheet.pdf>

¹³ <https://www.energy.gov/sites/default/files/2025-01/i2X%20DER%20Interconnection%20Roadmap.pdf>

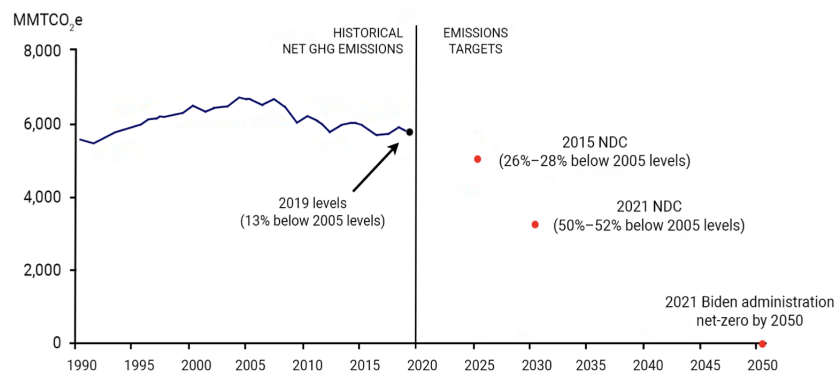
¹⁴ <https://www.energy.gov/sites/default/files/2025-01/doe-fy-2022-2026-strategic-framework.pdf>

- *Pathways to Net Zero for the US Energy Transition* (2022) est une feuille de route générique¹⁵ vers la neutralité carbone pour 2050, soulignant le rôle des lois fédérales (BIL, 2021; IRA, 2022).

Tous les objectifs figurant dans ces documents officiels ont été définis par des engagements législatifs et exécutifs, la feuille de route des Etats-Unis évolue constamment en fonction des changements politiques et économiques. Toutefois, les cibles restent identiques :

→ *Réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)*. Si l'administration Biden s'est engagée à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 avec une réduction des émissions de GES par rapport aux niveaux de 2005, l'administration Trump s'est lancée depuis quelques mois dans le démantèlement des politiques climatiques (le 12 septembre 2025, le gouvernement Trump a annoncé vouloir exempter 8000 industriels de l'obligation de déclarer leurs émissions annuelles de GES).

Figure 4 : Emissions de GES des États-Unis



Source : EPA (2022)

→ *Développement des énergies renouvelables*. La priorité est donnée à l'accélération de la production d'électricité à partir des énergies solaire et éolienne. Cela inclut la mise en place d'un plan pour atteindre 100% d'électricité propre d'ici 2035. Le gouvernement soutient également le développement de l'hydrogène vert comme solution de stockage et de décarbonation des secteurs industriels et des transports. Des objectifs concrets sont avancés : 10 millions de tonnes de Clean Hydrogen d'ici 2030, 20 millions en 2040 et 50 millions en 2050.

→ *Décarbonation des secteurs économiques clés*. Le secteur des transports, responsable d'une grande partie des émissions américaines, doit se tourner vers l'électrification. L'administration américaine a annoncé des mesures pour encourager la transition vers les véhicules électriques (VE) avec l'objectif d'atteindre 50% de véhicules électriques parmi les ventes de voitures neuves d'ici 2030. La décarbonation des bâtiments et de l'industrie lourde est également un objectif clé, avec des investissements pour

¹⁵<https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2022/11/pathways-net-zero-US-energy-transition.pdf>

améliorer l'efficacité énergétique, réduire la consommation d'énergie et introduire des technologies plus propres.

→ *Electrification du réseau énergétique et stockage*. La modernisation du réseau électrique avec des Smart Grids pour intégrer une production d'énergie plus décentralisée et variable, est essentielle pour la transition énergétique. Cela inclut également des investissements dans les technologies de stockage telles que les batteries.

→ *Infrastructures et investissements* : Le gouvernement américain a alloué une partie substantielle des fonds du plan de relance (American Rescue Plan) et du Plan d'Infrastructure Bipartite à la transition énergétique, visant des investissements dans les infrastructures vertes, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables.

Tableau 1 : Synthèse des documents et des objectifs de la transition énergétique américaine

Document	Type	Objectif
<i>U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap (DOE, 2023)</i>	Stratégie nationale de l'hydrogène	Mise en place d'une filière de l'hydrogène avec des objectifs précis pour 2030, 2040 et 2050
<i>The Industrial Decarbonization Roadmap (2022)</i>	Analyse des stratégies en détail (électrification, efficacité énergétique, carburants bas carbone, capture et stockage du CO ₂)	Décarbonisation du secteur industriel
<i>The Distributed Energy Resource Interconnection Roadmap (2025)</i>	Document de recommandations	Connexion des projets d'énergie propre au réseau électrique national
<i>Pathways to Net Zero for the US Energy Transition (2022)</i>	Approche sectorielle	Analyse des différentes pistes pour atteindre la neutralité carbone
<i>The DOE Strategic Frameworks (2022 - 2026)</i>	Présentation des objectifs internes du département de l'énergie	Analyse détaillée de 7 objectifs du DOE

Précisons ici que les documents officiels américains parlent des acteurs économiques qu'il convient de mobiliser pour atteindre les objectifs de la transition énergétique, sans pour autant nommer les compagnies pétrolières. L'approche est avant tout sectorielle en insistant sur la réglementation, les appels d'offres et les obligations.

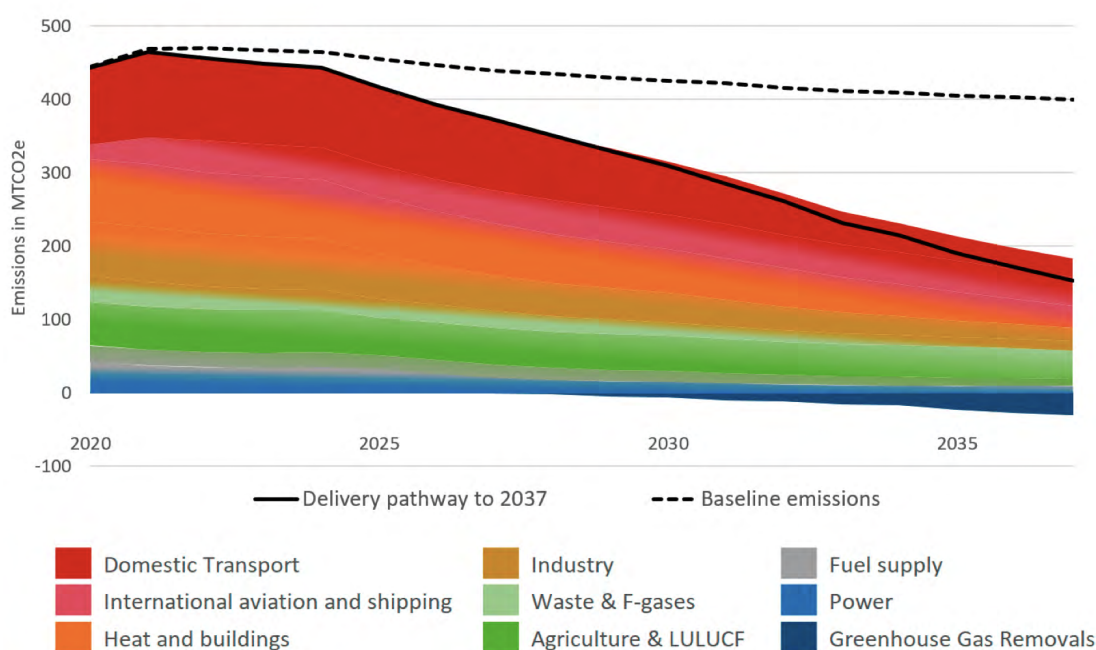
La feuille de route du Royaume-Uni

La feuille de route du Royaume-Uni (RU) est associée à deux documents officiels :

- La stratégie de décarbonation du Royaume-Uni à l'horizon 2050 (Net Zero Strategy, Build Back Greener, 2021¹⁶, mise en jour en 2022) : " *This document sets out clear policies and proposals for keeping us on track for our carbon budgets, our ambitious Nationally Determined Contribution (NDC), and then sets out our vision for a decarbonised economy in 2050*" (2021, p. 17).

¹⁶<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6194dfa4d3bf7f0555071b1b/net-zero-strategy-beis.pdf>

Figure 5 : Voie indicative de réalisation des objectifs par secteur d'ici 2037



Source : BEIS Analysis (2021)

- La stratégie sur la sécurité d'approvisionnement et le déploiement des capacités nationales (*British Energy Security Strategy*, avril 2022) introduit un plan d'urgence en 10 points ainsi que des investissements importants dans des secteurs stratégiques.

Tableau 2 : Le plan en 10 points de la stratégie énergétique britannique

10 point plan	Delivery highlights so far	Jet zero and green ships	
Advancing offshore wind	<ul style="list-style-type: none"> Over £1.6 billion invested, securing 3,600 jobs 11GW already generated, and another 12GW in the pipeline Up to £320 million in government support for fixed bottom and floating wind ports and infrastructure Additional government support for other low-cost renewables technologies 	<ul style="list-style-type: none"> Consulted on introduction of a UK Sustainable Aviation Fuel (SAF) mandate, requiring jet fuel suppliers to blend an increasing proportion of SAF into aviation fuel from 2025 Allocated £23 million as part of the Clean Maritime Demonstration Competition 	
Driving the growth of low carbon hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> £7.5 million awarded to ITMs Gigastack Project, an early mover in the market, with potential to support up to 2,000 jobs over time Preparing to allocate up to £100 million of revenue support to initial electrolytic projects Launching £240 million to Net Zero Hydrogen Fund later in April Developed indicative Heads of Terms for hydrogen business model contract 	Greener buildings	<ul style="list-style-type: none"> Cut VAT for insulation and heat pumps 46% of homes in England at EPC C or above, up from 9% in 2008, and 2,300 social housing homes in the process of being improved Over 60,000 heat pumps installations estimated by industry, now offering households grants of £5,000 towards an air source heat pump so they are cost competitive compared to a gas boiler
Delivering new and advanced nuclear power	<ul style="list-style-type: none"> Committed to provide up to £1.7 billion of direct government funding to enable one nuclear project to FID this Parliament Investing £100 million into Sizewell C to help develop this project Investing £210 million to develop Small Modular Reactors with Rolls Royce Announced a £120 million Future Nuclear Enabling Fund to progress new nuclear 	Investing in CCUS	<ul style="list-style-type: none"> Committed £1 billion in public investment to decarbonise our industrial clusters Announced the first 2 clusters in Teesside, the Humber and Merseyside Launched phase 2 of the Industrial Energy Transformation Fund, allocating £60 million to decarbonisation technologies, with a further £100 million delivered in May and October this year
Accelerating the shift to zero emission vehicles	<ul style="list-style-type: none"> £4 billion of investment has flowed into the UK zero emission vehicle sector Building 2 new gigafactories, in Sunderland and Blyth 30,425 public charge-points in the UK with 100 new rapid chargers added to the UK network every month during 2021 	Protecting our natural environment	<ul style="list-style-type: none"> Additional £124 million provided at Spending Review 2021 to the Nature for Climate Fund to support tree planting and peat restoration, going beyond 2019 manifesto commitment of £640 million 13,290 hectares of trees planted across the UK in 2020 to 2021 Launched 3 new Community Forests in Cumbria, Devon and the North-East £5.2 billion invested in a 6 year programme of flood defences
Green public transport, cycling and walking	<ul style="list-style-type: none"> 1,678 zero emission buses funded Launched Active Travel England, increasing cycling by 75% 	Green finance and innovation	<ul style="list-style-type: none"> £615 million allocated from the Net Zero Innovation Portfolio Set the JET world record, with 59 megajoules of heat energy in a single fusion 'shot' that lasted 5 seconds

Source : British Energy Strategy (2022, p. 3)

Ces deux documents présentent des politiques sectorielles (électricité, industrie, transports), des mesures pour accélérer les investissements dans les énergies renouvelables et plus explicitement, une orientation sur la gestion et la transformation du secteur pétrolier/gazier (North Sea): définition du rôle du régulateur (Oil & Gas

Authority), révision des licences d'exploitation, soutien à la conversion des chaînes d'approvisionnement (offshore et éolien flottant, hydrogène).

Le Royaume-Uni a pris des engagements ambitieux en matière de transition énergétique et a mis en place des politiques et des stratégies visant à réduire son empreinte carbone, à augmenter la part des énergies renouvelables et à décarbonner son économie. Le pays a été un leader mondial en matière de décarbonisation, ayant initié des réformes dès le début des années 2000. On retrouve :

→ *Les objectifs de réduction des émissions et l'objectif de neutralité carbone.* Le Royaume-Uni s'est engagé à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, conformément à la Climate Change Act (Loi sur le Changement Climatique), adoptée en 2008. Ce cadre légal historique a été renforcé par l'objectif de réduction des émissions de 100 % d'ici 2050, visant à aligner le pays sur les objectifs mondiaux de l'Accord de Paris. Le RU a fixé un objectif ambitieux de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 68 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990. Cet objectif a été confirmé par le gouvernement britannique dans sa *Stratégie de décarbonation 2035* et est essentiel pour atteindre la neutralité carbone.

→ *Transition énergétique et développement des énergies renouvelables.* La transition énergétique du RU repose sur une forte augmentation de la production d'énergies renouvelables et la décarbonation des secteurs clés de l'économie. Le Royaume-Uni est devenu l'un des leaders mondiaux de la production d'énergie éolienne et solaire, notamment avec son éolien offshore, dont le pays est le plus grand producteur au monde. En 2020, environ 40 % de l'électricité produite au Royaume-Uni provenait de sources renouvelables (principalement l'éolien et le solaire). Le gouvernement britannique vise à atteindre 70 % d'électricité renouvelable d'ici 2030, avec un accent particulier sur l'éolien offshore, pour lequel il prévoit de développer 40 GW d'ici 2030. Le Royaume-Uni a également mis en place une stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène. Le pays prévoit de déployer 5 GW de capacité de production d'hydrogène décarboné d'ici 2030, dans le cadre de la transition vers des systèmes énergétiques plus propres et la décarbonation de l'industrie et des transports. Enfin, le RU a mis en place un Plan de rénovation des bâtiments, avec des objectifs pour améliorer l'efficacité énergétique dans les logements et les bâtiments publics, avec l'objectif de rendre tous les bâtiments publics neutres en carbone d'ici 2050.

→ *La décarbonation du secteur des transports :* Le Royaume-Uni est en passe d'interdire la vente de voitures à moteur thermique (essence et diesel) d'ici 2030, afin de favoriser les véhicules électriques (VE). Cette interdiction s'accompagne de la construction d'une infrastructure de recharge étendue. Le gouvernement anglais met également l'accent sur le développement du transport public décarbonné et la promotion de modes de transport alternatifs, comme les vélos et les transports en commun, pour réduire la dépendance à la voiture individuelle.

→ *Le captage et le stockage du carbone (CCS)* est un élément clé de la stratégie britannique pour décarboner les secteurs difficiles tels que l'industrie lourde et l'énergie. Le gouvernement a investi dans des projets pilotes de CCS et prévoit de mettre en place un marché du carbone pour stimuler ces technologies.

→ *Stratégies de financement et de soutien* : Le Royaume-Uni a mis en place des mécanismes financiers verts pour financer la transition énergétique, tels que les Green Bonds et des subventions pour les énergies renouvelables. La City of London est également devenue un centre clé pour les investissements dans la transition énergétique. Le gouvernement britannique a inclus des mesures de transition énergétique dans son plan de relance économique après la pandémie de COVID-19, en mettant l'accent sur la rénovation des bâtiments et le soutien aux industries écologiques.

Notons ici que contrairement à la feuille de route américaine, la stratégie britannique s'adresse explicitement au secteur du pétrole et du gaz (mécanismes de régulation, obligations climatiques, mesures pour réduire les émissions amont, transition des compétences de la filière North Sea vers les énergies propres). Les documents appellent à travailler *avec* les opérateurs du pétrole/gaz pour réduire les émissions de GES, appliquer des tests de compatibilité climat pour de nouveaux projets et réorienter capacités et emplois vers les filières propres.

La Feuille de route de la France pour la transition énergétique

La transition énergétique en France repose sur des politiques ambitieuses visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), développer les énergies renouvelables et moderniser les infrastructures énergétiques. Elle fait partie de la stratégie nationale pour répondre aux défis du changement climatique et de la durabilité. Deux documents officiels précisent la feuille de route française :

- *Le Plan National Intégré Énergie-Climat*¹⁷ (PNIEC, 2020), mis à jour en 2024. Ce plan national repose sur trois documents nationaux de programmation et de gouvernance de l'énergie (PNIEC, 2024, p. 6):

- *La programmation pluriannuelle de l'énergie*¹⁸ (PPE), qui fixe les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de l'énergie pour les 10 années à venir, partagées en deux périodes de 5 ans. Elle traite de l'ensemble des énergies et de l'ensemble des piliers de la politique énergétique : maîtrise de la demande en énergie, promotion des énergies renouvelables, garantie de sécurité d'approvisionnement, maîtrise des coûts de l'énergie, développement équilibré des réseaux, etc. Elle permet de construire une

¹⁷https://commission.europa.eu/document/download/ab4e488b-2ae9-477f-b509-bbc194154a30_fr?filename=FRANCE%20%E2%80%93%20FINAL%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20%28French%29.pdf

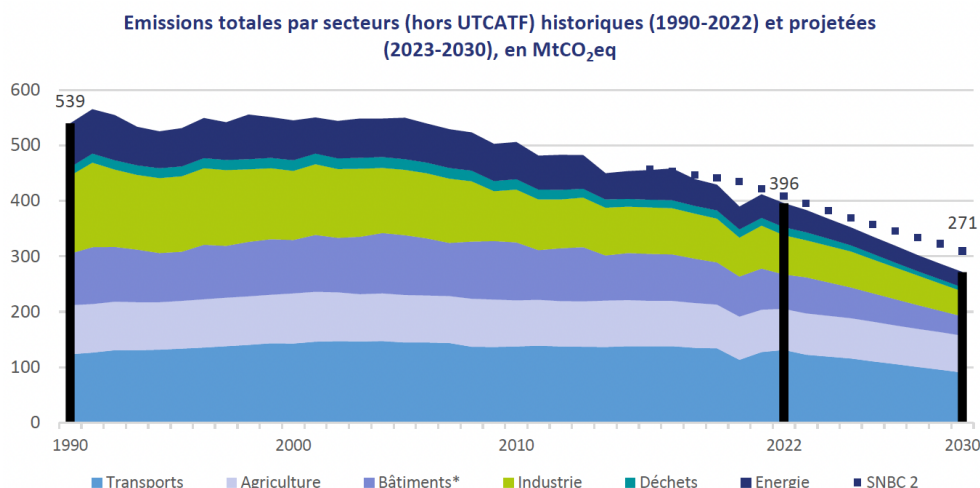
¹⁸ <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>

stratégie cohérente et crédible pour décarboner le bouquet énergétique français et pour renforcer la souveraineté énergétique du pays grâce à la sortie des énergies fossiles ;

- *La stratégie nationale bas-carbone*¹⁹ (SNBC), qui est la feuille de route de la France pour conduire la politique d'atténuation du changement climatique. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre la transition vers une économie bas-carbone dans tous les secteurs d'activités. Elle définit des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la France à court/moyen terme – les budgets carbone – et vise l'atteinte de la neutralité carbone, c'est-à-dire zéro émission nette, à l'horizon 2050 ;

- *Le plan national d'adaptation au changement climatique*²⁰ (PNACC), vise à protéger les citoyens et préparer les territoires, l'économie et l'environnement aux conséquences du changement climatique. Il se fonde pour la première fois sur une trajectoire de réchauffement de référence de 2 °C en 2030, 2,7 °C en 2050 et 4 °C en 2100 en France hexagonale par rapport à l'ère pré-industrielle. Cette trajectoire, qui correspond au scénario tendanciel d'après le GIEC, est destinée à servir de référence à toutes les politiques et aux actions d'adaptation au changement climatique menées en France.

Figure 6 : Evolutions des émissions territoriales françaises de gaz à effet de serre



Source : PNIEC (2024, p. 17)

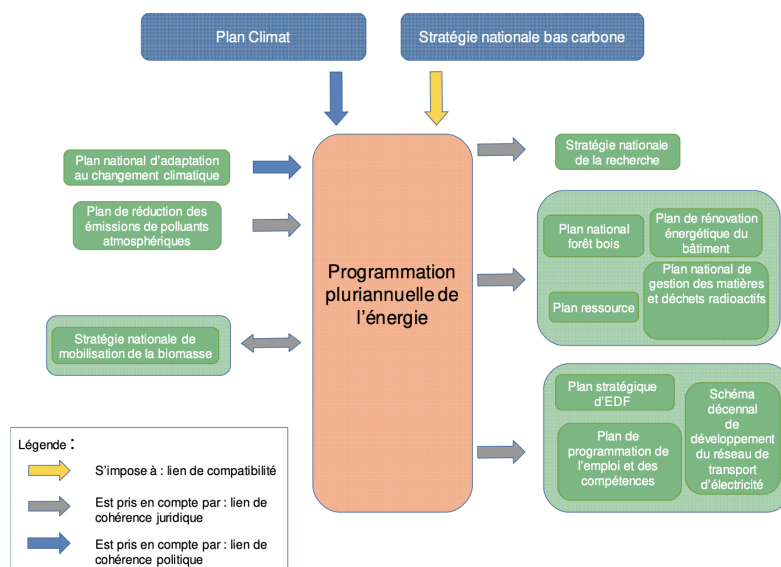
- *La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie*²¹ (PPE) est un document ministériel établissant "les priorités d'action du gouvernement en matière d'énergie pour la métropole continentale, dans les 10 années à venir, partagées en deux périodes de 5 ans" (PPE, 2024, p. 10). La programmation pluriannuelle de l'énergie couvre deux périodes successives de cinq ans (2019-2023 et 2024-2028) et s'articule avec tous les autres documents de la transition énergétique française.

¹⁹ <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

²⁰ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/PNACC3.pdf>

²¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27energie.pdf>

Figure 7 : Articulation de la PPE avec les autres documents de planification énergétique



Source : PPE (2024, p. 11)

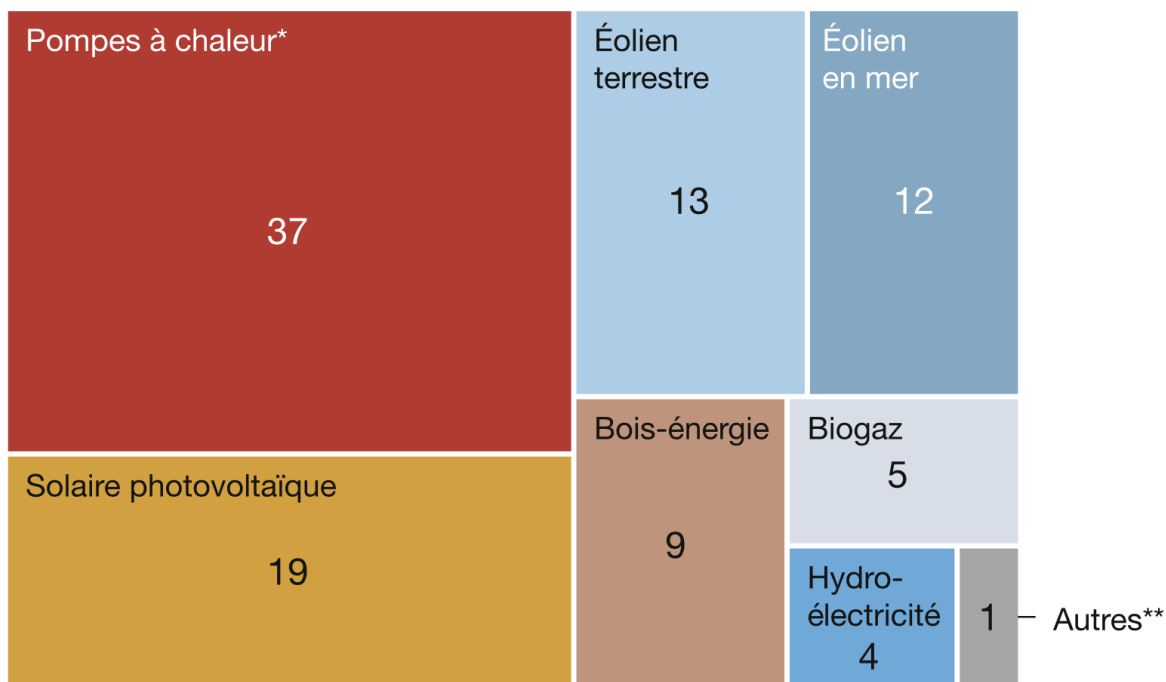
La feuille de route de la France pour la transition énergétique suit plusieurs objectifs :

→ *Objectifs de Réduction des Émissions de GES*: La France s'est engagée à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, conformément à ses engagements dans le cadre de l'Accord de Paris. Cela implique une réduction progressive des émissions de gaz à effet de serre et une décarbonation des secteurs de l'industrie, du transport, du bâtiment et de l'agriculture. Le Plan Climat de la France fixe un objectif de réduction de 40 % des émissions de GES d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990.

→ *Développement des Énergies Renouvelables*²² : La France vise à augmenter la part des énergies renouvelables dans son mix énergétique à 40 % d'ici 2030 (actuellement, environ 19 % de l'électricité française provient de sources renouvelables). Le pays se concentre sur le développement de l'éolien offshore et terrestre et de l'énergie solaire. Des projets massifs d'éolien en mer sont en cours, avec l'objectif de 12 GW de capacité éolienne offshore d'ici 2030. Le gouvernement français veut également augmenter la capacité solaire à 20 GW en 2023, avec une ambition d'atteindre 40 GW d'ici 2028. La France a également lancé une stratégie nationale pour l'hydrogène vert avec l'objectif de développer 6,5 GW de capacité de production d'hydrogène décarboné d'ici 2030. L'hydrogène est vu comme un moyen important de décarboner l'industrie lourde et les transports.

²²https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/CGDD_A6_CHIFFRES_CLES_EnR_2022_v3_010922_GB_signets.pdf

Figure 8 : Les dépenses d'investissements dans les énergies renouvelables en %



Source : Les chiffres clés des énergies renouvelables (2025)

→ *Réduction de la Consommation d'Énergie et Efficacité Énergétique* : Le plan de rénovation énergétique des bâtiments est l'une des priorités, avec des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments résidentiels et publics. Cela comprend la rénovation de 500 000 logements par an afin de réduire leur consommation d'énergie et leur empreinte carbone. Des efforts sont en cours pour rendre les processus industriels plus efficaces et moins polluants, notamment dans les secteurs de l'acier, du ciment et de la chimie. Le gouvernement encourage également le recours à des technologies de captage et stockage du carbone (CCS).

→ *Électrification et Décarbonation du Secteur des Transports* : Le gouvernement français a fixé un objectif d'avoir une flotte de 7 millions de véhicules électriques en circulation d'ici 2030 (les voitures électriques représentent 2,9% en 2025 de la flotte des véhicules en circulation). Cela inclut des incitations pour les particuliers et les entreprises, ainsi que le déploiement d'une infrastructure de bornes de recharge sur tout le territoire. La France veut également accélérer la décarbonation des transports publics (bus électriques, trains à hydrogène, etc.) et la promotion de la mobilité durable.

→ *Sortie du Nucléaire et Diversification du Mix Énergétique* : Le gouvernement français a décidé de réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % d'ici 2035, contre environ 70 % actuellement. Ce processus de diversification inclut un développement massif des énergies renouvelables et des investissements dans des solutions de stockage de l'énergie et des réseaux intelligents pour gérer la variabilité des sources renouvelables. Malgré la transition vers les énergies renouvelables, la France conserve une capacité importante en énergie nucléaire, et le gouvernement

prévoit de rénover et moderniser les réacteurs existants pour garantir la sécurité énergétique tout en réduisant les émissions de GES.

→ *Le Plan de Financement et Innovation* : La France a mis en place plusieurs instruments financiers pour soutenir la transition énergétique : (i) la France est un leader dans l'émission d'obligations vertes²³ (Green Bonds) pour financer les projets verts, y compris ceux liés à l'énergie; fin 2024, l'encours total des OAT vertes était de 76 milliards d'euros (contre 42 milliards en 2021); (ii) le pays soutient également l'innovation technologique en matière de stockage de l'énergie, hydrogène vert, smart grids, et captage du carbone.

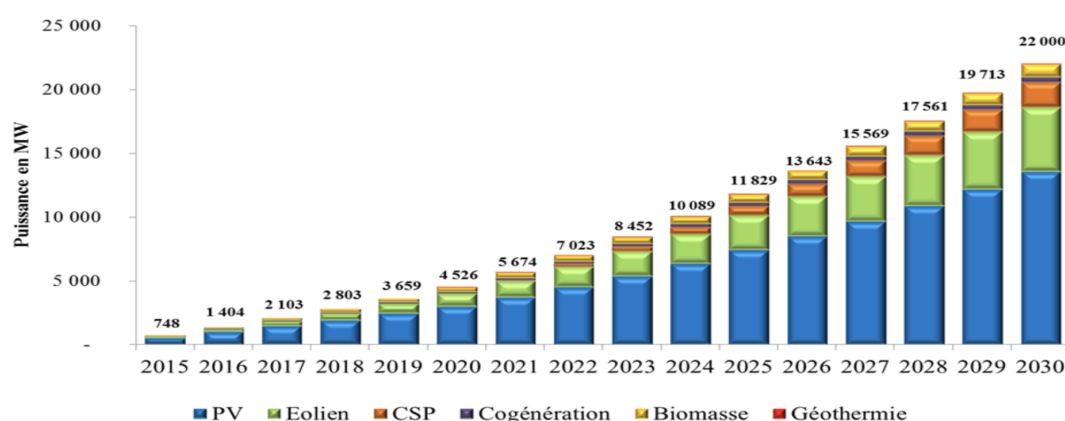
A l'instar des Etats-Unis et du Royaume-Uni, les documents de la feuille de route française impliquent une concertation avec les entreprises (acteurs économiques) et la nécessité d'une transition pour les secteurs les plus émetteurs, cependant les compagnies pétrolières ne sont pas spécifiquement sollicitées. L'approche est avant tout sectorielle.

La Feuille de route de l'Algérie pour la transition énergétique

L'Algérie est un pays riche en ressources énergétiques fossiles. Elle a commencé à mettre en place une transition énergétique pour diversifier son mix énergétique, réduire sa dépendance aux hydrocarbures, et répondre aux défis du changement climatique tout en répondant aux besoins croissants en énergie domestique. Deux documents officiels définissent ces objectifs et ses engagements.

- *Le programme national de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique*²⁴ (PNEREE, 2011 - 2030). Ce programme a fixé un objectif très ambitieux, la production de 22 GWh d'énergies renouvelables (principalement le solaire) en 2030.

Figure 9 : Programme algérien de déploiement des énergies renouvelables d'ici 2030



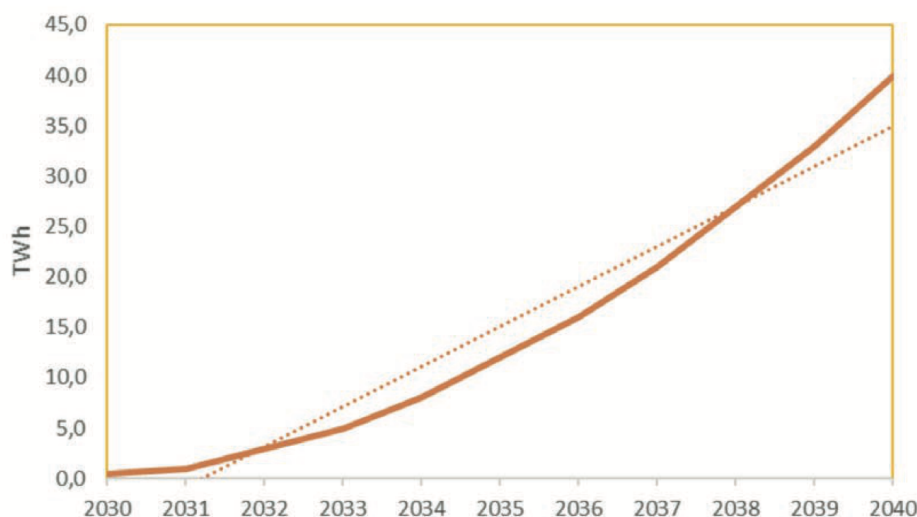
Source : Ministère des hydrocarbures et des Mines (2025)

²³<https://www.banque-france.fr/fr/publications-et-statistiques/publications/obligation-verte#:~:text=L'encours%20total%20des%20OAT,d'euros%20%C3%A9mis%20depuis%202021.>

²⁴ <https://www.energy.gov.dz/?article=programme-de-developpement-des-energies-renouvelables>

- La Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène (SNDH) ²⁵ (2023), qui est le document ministériel précisant les ambitions du pays en matière de production d'hydrogène et les différentes phases de déploiement des infrastructures. Pour les autorités algérienne, "La mise en place d'une filière d'hydrogène renouvelable et propre contribuera, à moyen et long termes, à l'accélération de la transition énergétique, au renforcement de la sécurité énergétique du pays, et permettra à l'Algérie de participer à l'effort global de lutte contre les changements climatiques" (SNDH, 2023, p. 2).

Figure 10 : Evolution de la production d'hydrogène algérienne d'ici 2040



Source : SDNH (2023, p. 10)

La transition énergétique de l'Algérie repose sur plusieurs axes stratégiques définis par le gouvernement.

→ *Objectifs de Réduction des Émissions et Diversification de l'Énergie* : Le gouvernement algérien a mis en place un plan stratégique pour diversifier son mix énergétique. L'objectif est de réduire la part des énergies fossiles dans la production d'électricité et d'augmenter la part des énergies renouvelables (solaire, éolien, etc.). L'Algérie veut devenir un leader régional dans la production d'énergie solaire et éolienne. L'objectif est de porter la part des énergies renouvelables à 27 % d'ici 2030 dans la production d'électricité, avec une prévision d'atteindre 22 GW de capacité installée en énergies renouvelables d'ici 2030. La solaire photovoltaïque est la priorité du pays en raison de son potentiel énorme, avec un ensoleillement annuel moyen de 2 500 heures. Bien que l'Algérie n'ait pas encore officiellement adopté un objectif précis de neutralité carbone pour 2050, le pays s'engage progressivement dans une stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre et dans des mesures de transition énergétique en lien avec ses engagements climatiques internationaux (comme l'Accord de Paris).

²⁵[https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/doc_strategie_nationale_hydrogene_v.fr_\(sept.2023\)_65b65e6f0b8eb.pdf](https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/doc_strategie_nationale_hydrogene_v.fr_(sept.2023)_65b65e6f0b8eb.pdf)

→ *Développement des Énergies Renouvelables* : L'Algérie dispose d'un des plus grands potentiels mondiaux pour les énergies solaires et a lancé plusieurs projets de parcs solaires à grande échelle. Le projet « Noor » dans le sud du pays a pour objectif de développer plusieurs centrales solaires (13 GW de capacité solaire d'ici 2030). Bien que le développement de l'hydrogène en Algérie soit encore à ses débuts, des discussions ont eu lieu autour de l'hydrogène vert, notamment en relation avec les projets d'énergies renouvelables. Le pays envisage des investissements dans la production d'hydrogène vert, notamment pour l'exportation vers l'Europe, afin de diversifier ses exportations énergétiques. Enfin, l'Algérie a cherché à renforcer sa coopération avec les pays européens et internationaux dans le développement des énergies renouvelables. Elle a signé plusieurs accords de partenariat avec des entreprises étrangères pour développer des projets en énergies renouvelables.

→ *Réduction de la Consommation d'Énergie et Efficacité Énergétique* : L'Algérie a mis en place des programmes d'amélioration de l'efficacité énergétique dans plusieurs secteurs, y compris l'industrie, le bâtiment, et les transports. Le pays cherche à réduire la consommation d'énergie par des actions concrètes, comme la réhabilitation des bâtiments (notamment en matière d'isolation thermique) et la mise en œuvre de technologies plus économes en énergie dans les industries lourdes. Le pays s'est également engagé à rénover et moderniser ses installations énergétiques vieillissantes pour améliorer leur performance et réduire leurs émissions de gaz à effet de serre.

→ *Modernisation du Secteur de l'Électricité et des Infrastructures* : L'Algérie travaille sur la modernisation de ses réseaux électriques en introduisant des réseaux intelligents (smart grids) pour mieux gérer la consommation et l'intégration des énergies renouvelables. Des projets sont également en développement pour améliorer le stockage de l'énergie, essentiel pour stabiliser la production d'électricité à partir de sources renouvelables intermittentes.

→ *Réformes et Politiques de Soutien* : Le gouvernement algérien a introduit des réformes législatives pour encourager l'investissement dans les énergies renouvelables. En 2019, l'Algérie a adopté une loi sur les énergies renouvelables qui offre des incitations fiscales et une réglementation favorable aux investisseurs dans ce secteur. Des mécanismes de financement vert et des partenariats public-privé sont explorés pour soutenir la transition énergétique.

Contrairement aux États-Unis, au Royaume-Uni et à la France, la feuille de route algérienne associe très clairement les grandes entreprises nationales (notamment Sonatrach et Sonelgaz) aux comités et à la mise en œuvre des feuilles de route (l'installation du comité national de la stratégie hydrogène incluant Sonatrach est documentée par le ministère). Les documents algériens citent le rôle du groupe national (Sonatrach) dans la transition – mobilisation de savoir-faire en raffinage/pétrochimie, participation à projets H₂, partenariats et réorientation partielle des activités. La compagnie nationale est explicitement désignée comme acteur de la feuille de route.

La stratégie des compagnies pétrolières et gazières face aux feuilles de route nationales de la transition énergétique

Le secteur de l'industrie pétrolière et gazière occupe une place prépondérante dans les schémas de transition énergétique et les différentes trajectoires nationales du mix énergétique. En 2023, les émissions mondiales de GES dues aux énergies fossiles avoisinaient les 37 Gt équivalent CO₂, soit les $\frac{3}{4}$ des émissions mondiales (IPPC, 2023)²⁶. Par leurs investissements dans le développement et l'exploitation des ressources minières mondiales, mais aussi par leur pouvoir d'influence (lobbies) auprès des Etats et des grandes institutions internationales, les compagnies pétrolières et gazières sont des parties prenantes dans les objectifs de neutralité carbone. Or, malgré leur positionnement dans les énergies renouvelables, elles continuent à investir massivement dans les énergies fossiles (Le Monde, 2023). Selon le rapport de l'ONG allemande URGEWALD (2023), près de 96% des 700 compagnies productrices de pétrole et de gaz poursuivent l'exploration et le développement de nouvelles réserves d'hydrocarbures, et ce malgré les préconisations de l'AIE (2023). Pire, les dépenses pour l'exploration de nouvelles réserves de pétrole et de gaz (soit 170 milliards de dollars) auraient même augmenté de plus de 30% depuis 2021. Les principales multinationales concernées sont les chinoises China National Petroleum Corporation (CNPC), CNOCC et Sinopec, la compagnie nationale saoudienne Saudi Aramco, Shell ou encore Total. Selon ce même rapport, 1023 entreprises prévoient des projets d'infrastructures de transport des hydrocarbures (nouveaux terminaux de gaz liquéfiés, oléoducs, gazoducs)... Ce sont ainsi près de 230 milliards de barils de pétrole qui seraient susceptibles d'arriver sur le marché dans les 25 prochaines années (Le Monde, 2023). Les activités du groupe Total sont les plus étendues géographiquement, elles concernent près de 53 pays dont certains n'ont actuellement pas ou peu de production de pétrole et de gaz (il s'agit notamment du très controversé gazoduc qui traverse la Tanzanie et l'Ouganda).

Ces quelques chiffres nous rappellent que la transition énergétique vers les énergies renouvelables est un sujet sensible et que les principaux protagonistes du secteur pétrolier et gazier soufflent à la fois le chaud et le froid sur les perspectives d'atteindre la neutralité carbone en 2050 et de rester sous la barre des 1.5°. Les compagnies pétrolières et gazières sont également amenées à donner leurs visions de la transition énergétique, et ces dernières ne coïncident pas forcément avec celle de l'AIE (2023, 2024).

Dans ce qui suit, nous présenterons les stratégies énergétiques des 6 compagnies suivantes : BP, Chevron, Exxon, Shell, Total, Sonatrach. Ce choix est motivé par les quatre raisons suivantes : 1° les quatre premières compagnies font partie des 10 plus grandes multinationales de l'énergie, 2° Sonatrach est étroitement liée aux choix de

²⁶ Selon les données de l'IPPC (<https://climatechangetracker.org/igcc>).

l'Etat Algérien, 3° les cinq compagnies investissent des sommes importantes dans l'exploration de nouveaux gisements et le transport des énergies fossiles tout en s'inscrivant dans une stratégie de mix énergétique (investissement dans les énergies renouvelables), 4° les feuilles de route des Etats nations et celles des compagnies choisies n'ont pas les mêmes objectifs et finalités en matière de neutralité carbone. Les Etats ont des préoccupations concernant la sécurité énergétique, la croissance économique, le mix énergétique, l'autosuffisance et les exportations, la géopolitique, alors que les compagnies pétrolières et gazières sont très soucieuses de leurs résultats financiers, des dividendes promis à leurs actionnaires et des participations croisées qu'elles ont dans d'autres secteurs de l'économie. La vision stratégique de ces dernières introduit une sorte de compromis ou de statu-quo entre le maintien des investissements dans les énergies fossiles et la nécessité de diversifier leurs activités notamment dans le secteur des énergies renouvelables. Si la valorisation des actifs pétroliers et gaziers laisse planer des doutes sur le plan comptable (débat autour des junk assets), les multinationales maintiennent à privilégier la rentabilité financière des projets d'énergie fossile basée sur l'EROI et la volatilité du prix des hydrocarbures.

Des stratégies communes pour s'engager dans la transition énergétique

Si les compagnies pétrolières ont une histoire et des relations avec les Etats très différentes (certaines peuvent subir des pressions importantes de la part des gouvernements, des investisseurs et des groupes environnementaux pour s'adapter à la transition énergétique), elles s'inscrivent de plus en plus dans une logique d'actions communes que l'on peut regrouper autour de 6 axes : (i) la diversification vers les énergies renouvelables, (ii) la capture et le stockage du carbone, (iii) la stratégie de neutralité carbone, (iv) les investissements en technologie d'avenir, (v) la prise en compte de la pression des actionnaires et des parties prenantes. Dans ce qui suit, nous tiendrons compte des stratégies des compagnies pétrolières dans leur pays mais également dans les autres pays de l'étude.

La stratégie de neutralité carbone

Afin de s'aligner avec les objectifs climatiques et les accords de Paris, la plupart des compagnies concernées ont annoncé des mesures et des cibles destinées à atteindre la neutralité carbone. En 2020, British Petroleum (BP) a annoncé une stratégie de transformation majeure, avec l'objectif de réduire ses émissions de CO₂ de 40% en 2030 et d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Cet objectif est directement corrélé au souhait de réduire sa production de pétrole et de gaz de 40% d'ici 2030 et d'investir massivement dans les énergies renouvelables et les technologies de décarbonation. Shell, Total Energies, Exxon Mobil et Chevron ont également pris un engagement similaire avec l'objectif d'une neutralité carbone en 2050. Ces engagements bienveillants sont largement critiqués pour leur manque de clarté et pour la dépendance de ces compagnies aux technologies.

La diversification vers les énergies renouvelables

Les investissements en énergies renouvelables constituent l'un des leviers principaux du changement de paradigme du système énergétique mondial. En 2020, Shell a annoncé qu'elle consacrerait 25% de son budget d'investissement aux énergies renouvelables et à l'hydrogène, tout en développant ses activités dans l'électricité verte et la capture du carbone. ExxonMobil et Chevron ont commencé à investir dans l'énergie solaire, l'éolien offshore et les projets d'hydrogène. Chevron, par exemple, a acquis des projets d'éolien offshore et des investissements dans les technologies de capture et stockage du carbone (CCS). Shell a investi massivement dans le secteur de la mobilité avec des bornes de recharge pour les voitures électriques. et plus généralement dans le stockage de l'énergie (plan de réduction de 45% des émissions directes de GES d'ici 2035). Total Energies a renforcé ses projets de stockage d'énergie, notamment via des partenariats pour développer des solutions de batteries à grande échelle afin de soutenir l'intermittence des énergies renouvelables. Sonatrach, en tant qu'acteur majeur du secteur énergétique algérien, a initié de nombreux projets dans le domaine des énergies renouvelables afin d'anticiper la baisse de la demande de pétrole et de gaz à l'échelle mondiale. En partenariat avec Engie, Sonatrach a développé des projets mettant l'accent sur l'éolien et le solaire (Engie a notamment pris des mesures pour réduire l'intensité carbone de ses activités).

Les projets de capture et stockage du carbone (CCS)

Les compagnies pétrolières investissent également dans les technologies de capture et de stockage du carbone (CCS) pour décarboner leurs opérations et répondre à la demande croissante de solutions permettant de compenser leurs émissions. Shell a investi dans plusieurs projets de captage et de stockage du carbone au Royaume-Uni, y compris des projets liés à l'industrie et à la production d'électricité. Sonatrach explore des technologies de captage et de stockage du carbone pour réduire les émissions de ces installations pétrolières et gazières. Ces technologies sont présentées comme essentielles pour la décarbonation de secteurs tels que l'industrie (optimisation des process) ou la chimie.

Des investissements dans les technologies d'avenir : l'hydrogène et les bioénergies

En l'espace de quelques années, l'hydrogène vert s'est immiscé au rang d'énergie du futur, provoquant une véritable course à la transition énergétique. Tous les Etats se sont dotés d'une stratégie nationale de l'hydrogène, largement dépendante des innovations menées par les firmes multinationales. BP a récemment lancé un projet d'hydrogène vert au Royaume-Uni et envisage de renforcer sa production d'hydrogène à faible émission. Total Energies soutient des projets d'hydrogène en France, notamment dans la région de Dunkerque. Sonatrach, en partenariat avec TOTAL Energies, a exprimé son intérêt pour le développement de la production d'hydrogène vert, notamment en lien avec le développement de projets solaires dans le sud du pays.

La bioénergie et les biocarburants sont également des alternatives plus propres aux combustibles fossiles dans les transports et l'industrie. BP a acquis 50% de Bunge (brésil) puis acheté le capital restant pour 1.4 milliards de \$ en 2024 afin de mettre la main sur une production de bioéthanol à base de sucre de canne. BP a également racheté Archaea Energy (Etats-Unis), producteur de biogaz, pour un montant de 3,3 milliards de \$. Enfin, BP a investi dans WasteFuel, une société qui convertit les déchets municipaux et agricoles en bio-méthanol, un montant de 10 millions de \$. De son côté, Shell a acquis EcoOils (Malaisie, Indonésie) et Nature Energy (Europe) pour du biogaz. Shell a également créé un joint-venture avec Raizen (Brésil) pour produire de l'éthanol à partir de cannes à sucre. Chevron a acquis Renewable Energy Group (REG, producteur important de Biodiesel aux Etats-Unis) pour un montant de 3,15 milliards de \$.

Renouvellement du portefeuille d'activités et engagement dans la durabilité

En réponse aux pressions croissantes des gouvernements et des actionnaires (et plus largement des parties prenantes), les compagnies pétrolières ont procédé à des réorientations de leur portefeuille d'activités, notamment via :

- *Un désinvestissement dans les énergies fossiles* : BP et Shell ont commencé en 2020 à vendre des actifs liés au pétrole et au gaz pour concentrer leurs investissements sur les énergies renouvelables et les technologies de la décarbonation.
- *Des acquisitions dans les énergies renouvelables* : BP a acquis des entreprises comme LightSource, un producteur d'énergie solaire. Shell a investi dans des projets d'éolien offshore.
- *Des politiques plus strictes en matière de durabilité* : Les rapports détaillés sur les émissions de carbone et la mise en place de plans de réduction des émissions en accord avec les objectifs climatiques nationaux et mondiaux engendrent plus de transparence sur les actions menées. Total Energies s'est ainsi engagé à réduire de 40% l'intensité carbone de ses produits d'ici 2030. Des groupes d'investisseurs, comme Engine No. 1, ont même remporté des sièges au conseil d'administration d'ExxonMobil pour pousser l'entreprise à accélérer ses efforts en matière de durabilité. Bien que Engine n°1 ne possède que 0.02% du capital d'ExxonMobil, elle est parvenue à obtenir trois sièges au conseil d'administration du groupe²⁷. Par ailleurs, de nombreuses compagnies pétrolières ont été amenées à adopter des initiatives sociales et environnementales pour améliorer leur image et répondre aux attentes des consommateurs.

Malgré tous ces efforts, la transition énergétique des compagnies pétrolières vers une neutralité carbone reste un processus difficile à évaluer. D'une part, les investissements massifs dans les combustibles fossiles demeurent une réalité (les

²⁷<https://www.tradingsat.com/actualites/informations-societes/engine-no-1-le-petit-fonds-qui-a-bouscule-le-geant-petrolier-exxonmobil-971853.html>

compagnies continuent d'investir massivement dans l'exploration de nouveaux gisements et la production de pétrole et de gaz naturel, ce qui complique leur passage complet aux énergies renouvelables). D'autre part, il existe une tension croissante entre investissements dans les énergies renouvelables et dépendance aux hydrocarbures (bien que les compagnies pétrolières se diversifient, les hydrocarbures demeurent une part essentielle de leurs revenus, créant une tension entre leur rôle actuel dans l'économie énergétique mondiale, la distribution de dividendes attendue par les actionnaires et les objectifs de transition énergétique). Dans ce qui suit, nous avons cherché à évaluer les stratégies des compagnies pétrolières à partir d'indicateurs clés, susceptibles de nous éclairer sur leurs engagements vers la neutralité carbone.

Comment évaluer les promesses de neutralité carbone des compagnies pétrolières ?

Afin d'évaluer si les compagnies pétrolières (BP, Chevron, ExxonMobil, Total Energies, Sonatrach et Shell) sont réellement engagées dans une neutralité carbone en 2050 et si leurs engagements s'inscrivent bien dans les feuilles de route nationales, nous avons combiné une approche quantitative (grille de 6 indicateurs) et une démarche plus qualitative (démarche des scénarios).

Détermination d'une grille d'indicateurs quantitatifs

Parmi un ensemble d'indicateurs possibles, nous avons retenu pour notre analyse 6 indicateurs plus ou moins robustes et comparables.

Indicateur 1 : Part des CAPEX (investissements) consacrés aux énergies bas-carbone

C'est le pourcentage des investissements annuels alloués aux énergies renouvelables, aux bioénergies, à l'hydrogène, au stockage de l'énergie, à l'électrification par rapport au CAPEX total. Cet indicateur montre si la compagnie pétrolière modifie réellement son business model ou reste autocentrée sur le pétrole et le gaz.

Indicateur 2 : Part des CAPEX consacrés aux énergies fossiles par rapport aux ER.

C'est le montant des investissements réalisés dans la recherche et l'exploitation de gisements d'énergies fossiles par rapport au total des investissements de la société et comparé à ceux effectués dans les énergies renouvelables. Cet indicateur traduit une certaine inertie des choix des compagnies pétrolières en matière de mix énergétique. En matière de transition énergétique, il marque un décalage temporel entre les annonces et les résultats, voire l'absence d'un véritable changement de paradigme. Toutes les compagnies pétrolières, sans exception, ont annoncé avoir lancé leur programme de recherche de nouveaux gisements.

Indicateur 3 : Capacité installée²⁸ et projets confirmés en énergies renouvelables et bas carbone

²⁸ Selon l'AIE, tripler la capacité mondiale en énergies renouvelables pour atteindre 11 000 gigawatts d'ici 2030 est le levier le plus puissant pour réduire la demande en énergies fossiles et diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

Il s'agit de mesurer les GW installés pour l'éolien et le solaire, les millions de tonnes produites pour les bioénergies, les milliers de tonnes capturées de CO₂ pour les projets CCS. Cet indicateur permet d'évaluer les actifs (et non les flux d'énergies) du bilan associés à la transition énergétique.

Indicateur 4 : Évolution de l'intensité carbone des produits énergétiques vendus

Cette intensité carbone retient comme unité, les grammes de CO₂ par MégaJoule (gCO₂/MJ) ou les grammes de CO₂ par kilowattheure (gCO₂/kwh), associés à l'énergie produite et vendue. Cet indicateur a le mérite d'intégrer les scope 1, 2 et 3 - émissions liées à l'utilisation finale des produits par les clients). Ce scope 3 est important pour les émissions des compagnies pétrolières, il peut représenter près de 85% de leurs émissions. Une évolution de cet indicateur à la baisse peut donner une certaine crédibilité à la politique de neutralité carbone suivie par une entreprise.

Indicateur 5 : Part des revenus futurs provenant des activités bas carbone

Il s'agit du chiffre d'affaires provenant d'activités hors pétrole/gaz (renouvelables, électricité, bioénergies, hydrogène, stockage du carbone...). C'est une mesure structurelle (changement de base) du business model.

Indicateur 6 : Présence d'objectifs intermédiaires de réduction d'émissions (2030 - 2040) en accord avec les accords de Paris (neutralité carbone d'ici 2050) ou validés par des outils et des méthodes scientifiques.

On peut citer ici les démarches initiées par SBTi (*Science Based Targets initiative*²⁹). L'initiative Science Based Targets élabore des normes, des outils et des lignes directrices qui permettent aux entreprises de fixer des objectifs de réduction des émissions de GES conformes à ce qui est nécessaire pour maintenir le réchauffement climatique mondial en dessous de niveaux catastrophiques et atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Nous avons puisé dans les rapports "RSE", "Sustainability", "Climate", "Energy Scenarios" et "Energy transition" des compagnies pétrolières afin d'extraire les éléments d'informations nécessaires pour évaluer les engagements en matière de neutralité carbone.

Tableau 3 : Evaluation des engagements des compagnies pétrolières à l'horizon 2050

Compagnie	Indicateur 1	Indicateur 2	indicateur 3	Indicateur 4	Indicateur 5	Indicateur 6	Sources
BP	Modéré	Fort	Fort	Modéré	Modéré	Partielle	Sustainability Report (2023)
Chevron	Fort	Fort	Fort	Faible	Modéré	Faible	Carbon Plans (2023), Chevron Press

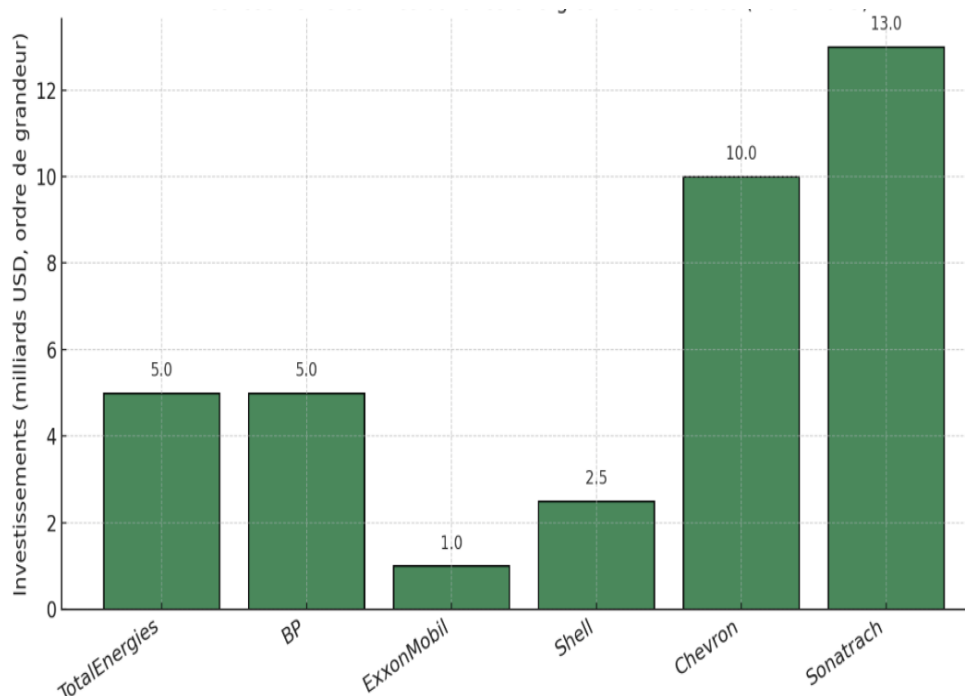
²⁹ <https://sciencebasedtargets.org/standards-and-guidance>

Exxon Mobil	Faible	Fort	Fort	Faible	Faible	Faible	Growing Low Carbon Solutions (2023)
Shell	Faible	Fort	Fort	Modéré	Modéré	Partielle	Shell Energy transition (2023), Climate & energy transition (2023)
Sonatrach	Fort	Fort	Faible	Faible	Faible	Faible	Algerian Ministry (2024)
Total Energies	Modéré	Fort	Fort	Fort	Fort	Partielle	Sustainability and Climate report (2024)

Source : Les auteurs

(i) Sur la période 2015 - 2025, Chevron et Sonatrach sont les deux compagnies pétrolières qui ont réalisé des investissements importants dans les énergies renouvelables (13 milliards de \$ pour Sonatrach et 10 milliards de \$ pour Chevron). Total Energies et BP ont réalisé des investissements modérés de 5 milliards de \$ chacune, Shell et Exxonmobil ont des investissements faibles (2,5 et 1 milliard de \$). Selon les informations recueillies sur les sites des compagnies pétrolières, Chevron et ExxonMobil déclarent viser 10% de leurs investissements dans l'électricité bas carbone d'ici 2030 alors que Total Energies annonce 30 à 40%.

Figure 9 : Les investissements des compagnies pétrolières dans les ER



Source : Les auteurs

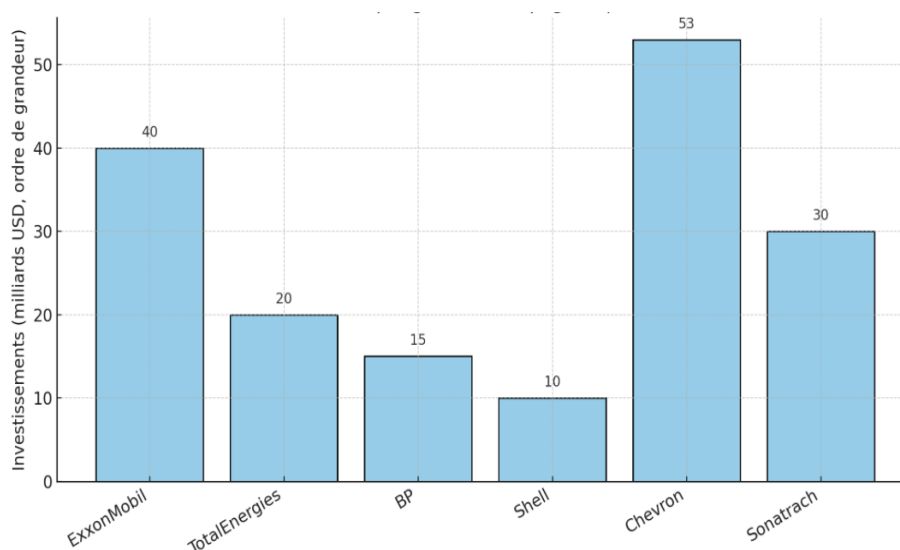
Tableau 4 : investissements dans les énergies renouvelables entre 2015 et 2025

Compagnie	Investissements	Montant estimé	Sources
BP	Promesse d'investir 5 milliards \$/an dans les renouvelables (2020) jusqu'en 2030. Réorientation stratégique depuis	1,5 milliards de \$ entre 2018 et 2019, 5 milliards de \$ en 2020, quelques acquisitions	https://www.bp.com/Reglobal.org Wikipedia.org
Chevron	Future Energy Funds (500 millions de \$) en 2024, 400 millions de \$ (2018, 2021), Plan de 10 milliards de \$ dans les énergies bas carbone (hydrogène, biocarburants, capture de CO2) d'ici 2028	Fonds Venture - 500 millions de \$ Investissements dans le secteur bas carbone (10 milliards de \$ d'ici 2028)	https://www.wsj.com/ https://www.morningstar.com/stocks/chevron-increases-low-carbon-spending https://www.chevron.com/
Exxon Mobil	REcherche dans les technologies bas carbone (1 milliard de dollars par an) acquisition dans le biofuel (biojet, 2022), pour la capture du carbone (Denbury, 2023)	1 milliard de dollars par an en R & D bas carbone, quelques acquisitions	https://en.wikipedia.org/wiki/ExxonMobil https://reclaimfinance.org/site/ https://corporate.exxonmobil.com/sustainability-and-reports/global-outlook
Shell	Capacité des énergies renouvelables doublée en 2022 (6,4 GW), acquisition de Spring Energy pour 1.6 milliard de \$, projets offshore de plusieurs GW	Acquisitions de Spring Energy, CAPEX de l'ordre de un à deux milliards de \$	https://www.shell.com/ https://shell.gcs-web.com/news-releases/news-release-details/shell-publishes-energy-transition-strategy-2024
Sonatrach	Plan 2022 - 2026, 40 milliards de \$ de capex total, incluant les énergies renouvelables, projets d'énergie sociale (10 millions de \$ à Ouargla, 10 millions de \$ BRN) accords en R&D.	13 milliards de \$ concernent les énergies renouvelables	https://energyinafrica.com/insight/why-africas-largest-oil-firm-algerias-sonatrach-is-eyeing-solar-as-its-next-big-bet/ https://sonatrach.com/
Total Energies	Investissements de 1.5 milliard de \$ depuis 2018, 5 milliards en 2020, acquisitions de Batterie Saft en 2016, Adani Green en 2021, Clearway en 2022, VSB en 2024.	1,5 milliards de \$ 2018 - 2019, 5 milliards de \$ en 2020, plusieurs acquisitions	https://totalenergies.com/fr https://reglobal.org/ https://fr.wikipedia.org/wiki/TotalEnergies

Source : Les auteurs

(ii) Les investissements dans les gisements ou la production d'énergies fossiles représentent 5 à 20 fois les investissements des compagnies pétrolières dans les énergies renouvelables. Alors que Sonatrach et Chevron étaient de gros investisseurs dans les énergies renouvelables, leurs investissements dans les fossiles sont multipliés par 3 et 5, soit 53 milliards de \$ pour Chevron et 30 milliards de \$ pour Sonatrach. Exxon Mobil multiplie par 40 ses investissements dans le fossile par rapport au renouvelable et les chiffres de Total Energies, BP et Shell ne sont pas en reste avec respectivement 20, 15 et 10 milliards de \$. Ces montants tendent à montrer que la transition sera longue et pourrait se figer autour d'un mix (énergie renouvelable/fossile) qu'il reste à définir (on est loin de la neutralité carbone pour 2050, mais peut être plus proche de la règle des 20/80). Ce dernier point insiste également sur le poids des banques dans le financement des projets d'énergies fossiles des compagnies pétrolières. Selon le rapport *Banking on Business as Usual* (2025), commandité par Reclaim Finance et d'autres ONG, les grandes banques mondiales ont accordé seulement 1368 milliards de dollars aux énergies soutenables telles que l'éolien, le solaire, et les infrastructures contre 3285 milliards aux énergies fossiles sur la période allant de 2021 et 2024 : "Le ratio entre les énergies soutenables et les énergies fossiles est de 0,42/1 : pour chaque euro accordé aux énergies fossiles, seulement 42 centimes ont été alloués aux alternatives soutenables" (Reclaim Finance, 2025). Les banques états-uniennes et canadiennes ont accordé quatre fois plus de financements aux énergies fossiles qu'aux énergies soutenables (avec des ratios respectifs de 0,25/1 et 0,22/1), devancées de peu par les banques japonaises (0,35/1) et chinoises (0,52/1). Les banques européennes ont des ratios bien meilleurs (0,70/1), toutefois, ils restent bien en deçà de ce qui est nécessaire pour réussir la transition énergétique. L'Agence internationale de l'Energie (AIE, 2024) rappelle que d'ici 2030, les investissements annuels dans les énergies fossiles devront diminuer de 60 %, tandis que ceux dans les énergies alternatives devront plus que doubler.

Figure 11: Investissements des compagnies pétrolières dans les énergies fossiles



Source : Les auteurs

Tableau 5 : Investissements dans les gisements de pétrole et de gaz

Compagnie	Projet	Année	Potentiel	Investissement	Sources
BP	Présence Azerbaïdjan, Angola, Guyane, Gulf du Mexique	2015 - 2024	500 MBOE à 2 G MBOE 40 puits dans le Gulf du Mexique	Dizaines de milliards de \$ depuis 2015 Capex upstream	https://www.bp.com/en/global/corporate/investors/upstream-major-projects.html#tab_1 https://www.lemonde.fr/planete/article/2025/04/14/bp-annonce-la-decouverte-d-un-nouveau-gisement-de-petrole-dans-le-golfe-du-mexique_6595878_3244.html
Chevron	Acquisition de Hess, entrée dans Stabroek (Guyane), Kazakhstan, Gulf et USA	Hess (2024-2025)	Par acquisition, participation au projet Stabroek (plusieurs milliards de barils)	Achat de Hess (53 milliards de \$)	https://www.chevron.com/newsroom/2024/q4/chevron-announces-2025-capex-budget https://apnews.com/article/chevron-exxon-mobil-hess-guyana-a578562fd3ca7312348f8f9503ad01ef
Exxon Mobil	Stabroek Block (Guyane), Liza, Yellowtail, Uaru, Whiptail	Découverte de Liza (2015), multiples forges entre 2017 et 2024	8 à 11 milliards de dollars (Constitution de réserves)	Liza, phase 1 : 3,6 à 4,4 milliards de \$, phase 2 : 6 milliards de \$ Yellowtail, 8 à 13 milliards de \$	https://corporate.exxonmobil.com/sustainability-and-reports/global-outlook
Shell	Découverte en Namibie, prise de parts dans Bonga, capitaux au Nigeria	Découverte en Namibie, 2022, 2024 Acquisitions entre 2019 et 2025	Potentiel de centaines de millions de barils, Production significative Nigeria et Bonga	Investissement local, acquisitions, CAPEX upstream	https://www.shell.com/investors/results-and-reporting/portfolio-and-major-projects.html
Sonatrach	Découvertes de gisements en Algérie : Hassi series, Tinrhert, Touggourt, Isarene...)	Plusieurs annonces depuis 2015 et de nombreux en 2024 (8 découvertes majeures)	Réserves nationales très élevées 15 découvertes en 2022	Plan 2020 et 2024-2025 30 à 40 milliards d'investissements	https://sonatrach.com/wp-content/uploads/2025/06/RA_2022_EN_Web.pdf https://www.middleeastmonitor.com/20240530-algeria-makes-8-major-oil-gas-discoveries-in-2024/
Total Energies	Mozambique LNG, Rovuma, multiples	Découverte 2010, relance des	Ressources importantes de Rovuma	Projet LNG de 20 à 25 milliards de dollars,	https://totalenergies.com/system/files/documents/totalenergies_

	partenariats	explorations en 2029 - 2024	Projet Kaombo (Angola)	Angola et Capex Upstream	pr-results-q4- 2024_2025_en.pdf
--	--------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------	---

Source : Les auteurs

(iii) Concernant la capacité installée et le poids des actifs, les stratégies vont toutes dans le bon sens, avec soit une hausse des GW produits ou une place plus importante consacrée aux actifs Énergies renouvelables du bilan. En 2024, Total Energies a annoncé près de 20 GW de capacités renouvelables (et un objectif de 100 GW pour 2030). En septembre 2025, Total Energies et RWE ont remporté l'appel d'offres éolien en mer "Centre Manche 2". Le projet représente un investissement de 4,5 milliards d'€. Le parc éolien devrait avoir une capacité de 1.5 GW et alimenter en électricité verte, près d'un million de foyers. Toutefois, cet optimisme doit être tempéré par deux faits importants. Premièrement, il s'agit davantage d'une diversification du portefeuille d'actifs via des rachats d'entreprises, plutôt qu'un changement de business model. Les majors ont multiplié les projets et les acquisitions dans les biocarburants et biogaz: BP a racheté Bunge Bioenergia, acquis Archaea Energy, Shell a acheté Raizen et Feedstock & Biogaz, Chevron a acquis Renewable Energy Group (REG), Exxon Mobil a pris une participation dans Biojet AS...Deuxièmement, l'idée qu'une action d'une compagnie pétrolière pourrait valoir 0 dans un monde de neutralité carbone renforce l'idée de la diversification du portefeuille et de la distribution du dividende action. En février 2025, BP a présenté sa nouvelle stratégie intitulée "remise à zéro" qui vise à accroître la valeur actionnariale du capital vers les énergies fossiles (via une augmentation des investissements dans le pétrole et le gaz).

(iv) Les indicateurs *Carbon Intensity* associés à des horizons temporels intermédiaires (2030, 2040) font partie des publications de Shell, BP et Total Energies. Dans son *Climate Target*³⁰, Shell s'est fixé comme objectif de réduire son intensité carbone nette des produits énergétiques de 9 à 13% d'ici 2025, 15 à 20% d'ici 2030 et de 100% d'ici 2050 (par rapport à 2016). Dans son rapport *ESG Datasheets 2024*, BP s'est engagé à réduire son intensité carbone de 5% d'ici la fin de l'année 2025. Exxon Mobil et Chevron proposent des objectifs en matière d'intensité carbone relativement faibles, si les scopes 1 et 2 sont bien présents, le scope 3 est quasi-absent, voire traité superficiellement³¹.

(v) Si la part des revenus futurs provenant des activités bas carbone est relativement importante chez Total Energies, elle reste modérée chez BP, Chevron et Shell, et très faible chez ExxonMobil et Sonatrach. En 2024, Total Energies a publié la répartition attendue de son chiffre d'affaires pour 2050 : 40% d'électricité, 40% d'énergies bas carbone, 20% de pétrole et de gaz. De son côté, Chevron a acquis en 2025 près de 125 000 acres dans une formation riche en lithium aux Etats, l'objectif étant de miser sur

³⁰ <https://www.shell.com/sustainability/climate/our-climate-target-faqs.html>

³¹ <https://green-finance.fr/la-transition-des-petrolieres-dans-limpasse/>

une production locale de lithium et une diversification des revenus via une technologie avancée pour renforcer l'approvisionnement national en métaux critiques.

(vi) Les cibles (2030, 2040) sont déterminantes pour crédibiliser les engagements pour 2050. Les rapports de BP, Shell et Total Energies font état d'objectifs intermédiaires alors que ExxonMobil, Chevron et Sonatrach n'en ont pas.

Des indicateurs aux scénarios du futur

Si les indicateurs permettent d'évaluer quantitativement les efforts déployés par les compagnies pétrolières pour atteindre l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050, ils ne précisent ni leur vision du futur, ni leur capacité à scénariser l'avenir. Dans un papier intitulé *Les transitions énergétiques à l'horizon 2030 et 2050, le retour en grâce des scénarios et de la prospective*, Bessalem, Diemer et Batisse (2022) ont proposé une typologie des scénarios renvoyant au *scenario planning* de Wack (1985), à la *Prospective* de Godet (1977, 1983, 1990), aux *Trois Horizons* (Sharpe, Hodgson, Page, 2006; Curry, Hodgson, 2008) et aux *Narrative Shared Socioeconomic Pathways* (O'Neill, 2014, 2017). Une approche qualitative consiste ici à analyser les démarches méthodologiques présentes dans les rapports des compagnies pétrolières et à les confronter aux approches dites des scénarios.

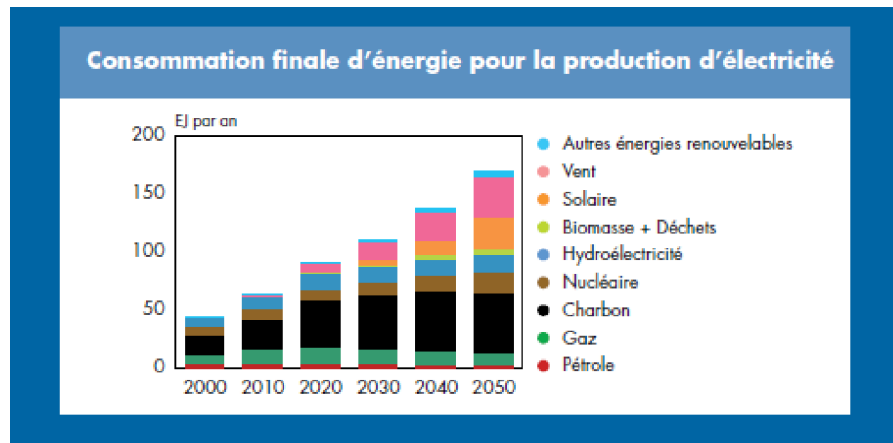
Le scénario planning de Shell

Royal Dutch Shell a expérimenté la méthode de Pierre Wack durant le premier choc pétrolier (Schoemaker, Van der Heijden 1993). Par la suite, elle a continué à pratiquer cet exercice en réalisant ses propres modèles (Jefferson, 2012, Jefferson & Voudouris, 2011). Dans son *Outlook 2020*, Shell a introduit deux modèles de scénarios énergétiques : *Scramble* (bousculades) et *Blueprints* (plans directeurs). Le *scénario scramble* est basé sur l'hypothèse de l'existence d'un manque de coopération économique, les différents pays refusant d'agir unilatéralement d'une façon qui nuirait à leur propre croissance économique. Ceci engendre une utilisation inefficace de l'énergie jusqu'à ce que les approvisionnements se tendent. Les émissions des gaz à effet de serre ne sont pas prises en compte. La concentration d'émissions CO₂ s'achemine vers un niveau à long terme bien supérieur à 550 ppm. Dans ce scénario, la biomasse représente 15 % de l'énergie primaire à l'horizon 2050. Les biocarburants jouent un rôle important, en permettant notamment de diversifier l'offre de carburants. Mais avec la demande qui augmente, les énergies fossiles continuent à représenter une part importante de l'ensemble des énergies à l'horizon 2050. En 2050, plus de 60 % de l'électricité est produite à partir d'énergies autres que les combustibles fossiles. Le CCS (captage du carbone et stockage) contribue de façon importante à la réduction des stocks de carbone dans l'atmosphère sans pour autant être la solution définitive.

Les scénarios Blueprints offrent de meilleures perspectives. Ces scénarios supposent l'existence de nouvelles coalitions d'intérêts avec des perspectives économiques qui forgent de nouvelles alliances qui favorisent l'action. Ceci se traduit par des objectifs communs avec des intérêts environnementaux et des opportunités d'entreprise

connexes. Les initiatives prennent d'abord forme localement, sous l'égide de villes ou de régions. Celles-ci se rejoignent progressivement pour devenir des initiatives imposées par les politiques du gouvernement. Dans le scénario Blueprints, la rupture ou le changement vient du fait que la croissance économique n'est plus basée sur l'utilisation des énergies fossiles. La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables est la source d'énergie principale du secteur économique.

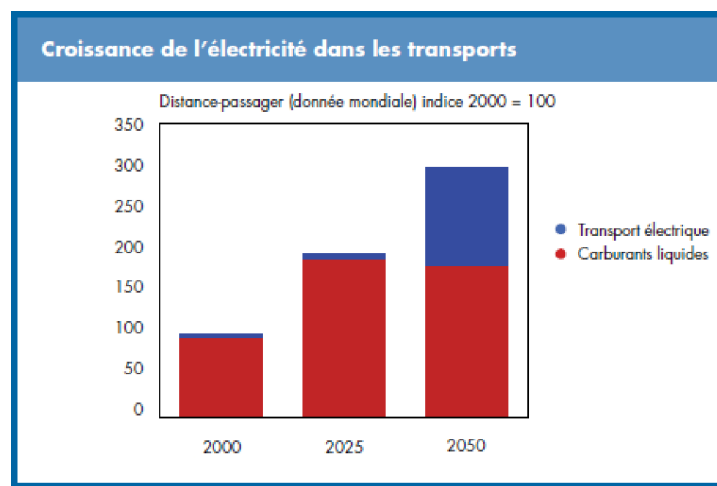
Figure 12 : Production d'électricité dans le scénario Blueprints



Source : Outlook 2020, Shell

Les véhicules électriques deviennent la référence dans le secteur des transports, du fait de leur attrait par les consommateurs et de leur prix raisonnable (lorsque les gouvernements encouragent la production de masse).

Figure 13 : Consommation d'électricité dans les transports



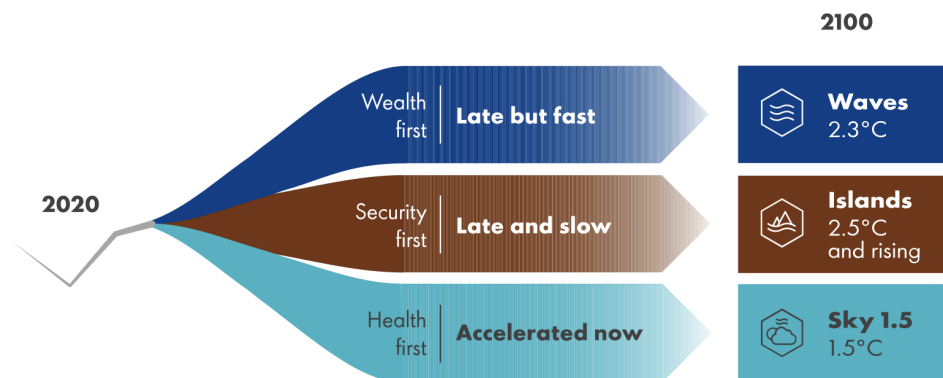
Source : Outlook 2020, Shell

Dans les pays développés, près de 90 % des centrales au charbon et au gaz dans les pays membres de l'OCDE et 50 % dans les pays non-membres de l'OCDE sont dotées des technologies CCS d'ici à 2050. La mise en place d'encouragements pour contrôler les émissions de gaz à effet de serre (comme la fixation du prix du CO₂ ou des objectifs d'émission) ainsi que des réglementations pour faire face à ces problèmes, sont

réalisables via des technologies adéquates (CCS sur une grande échelle). Capturer et stocker le CO₂ est un processus à forte intensité énergétique et coûteux.

Si les scénarios Scramble et Blueprints sont des illustrations du scénario planning lancé par Shell en 2020, cette dernière a également publié en 2021 des scénarios énergétiques sous les noms de Sky, Waves et Islands en lien avec la crise de la COVID et le défi climatique.

Figure 14 : Scenarios Sky, Waves and Islands



Source : The Energy Security Scenarios, Shell

Sky 1.5 part du principe que la santé et le bien-être public deviennent les objectifs de la société. Dans Sky 1.5, les leçons tirées de la pandémie de COVID-19 se traduisent par un niveau élevé de coopération en vue d'objectifs mutuellement bénéfiques. Cela contribue à ouvrir la voie à une meilleure santé tant pour les habitants de la planète que pour la planète elle-même. Cette approche éclairée permet d'atteindre l'objectif ambitieux de 1,5 °C fixé par l'accord de Paris. Il s'agit d'une décarbonisation accélérée. Waves part du principe que la société donne la priorité à la réparation de l'économie. Cette focalisation sur la richesse relègue au second plan les autres pressions sociétales et environnementales, jusqu'à ce que leur relative négligence provoque des réactions de rejet. Cela incite à prendre des mesures rapides pour lutter contre les émissions mondiales, mais, même si le monde parvient à atteindre la neutralité carbone, il est trop tard pour atteindre l'objectif ambitieux de l'Accord de Paris, qui consiste à limiter le réchauffement climatique moyen à 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels d'ici la fin du siècle. Ce scénario montre une décarbonisation tardive, mais rapide. Islands part du principe que la sécurité devient la priorité. Un regain de nationalisme menace de démanteler l'ordre géopolitique d'après-guerre et la coopération est limitée. Cependant, la concurrence entre les nations entraîne des progrès technologiques. Des innovations sont adoptées, les infrastructures sont renouvelées et, finalement, le monde atteint l'objectif de zéro émission nette. L'objectif de l'accord de Paris n'est pas atteint. La décarbonisation est tardive et lente.

Plus récemment, les scénarios Archipelagos, Surge et Horizon ont été utilisés pour explorer différents futurs du système énergétique, du climat et de la demande en énergie. Ces scénarios ne sont de simples outils de prévision mais bien des démarches

de management stratégique visant à comprendre l'évolution du prix du pétrole, à planifier les investissements ou à s'engager dans la neutralité carbone. En 2025, Shell a même ré-examiné ses scénarios Archipelagos et Horizon en utilisant l'intelligence artificielle.

La prospective selon Total Energies

Dans son *Outlook 2021*, Total Energies a introduit deux principaux scénarios de la transition énergétique, dénommés *Momentum* et *Rupture*. Ces scénarios ont été mis à jour en prenant en compte les tendances mondiales actuelles en matière de neutralité carbone, les considérations sociétales et celles du marché énergétique. Il intègre notamment les ambitions du Scénario *Net Zero Emissions* du WEO (2021) et de l'AIE.

Le scénario *Momentum* suit une approche prospective dont les objectifs ont été définis au niveau national (NDCs) par des puissances économiques majeures comme la Chine, les États-Unis, le Japon et la Corée du Sud et sur la base des stratégies des pays engagés vers la neutralité carbone à horizon 2060. *Momentum* prend également en compte les nouveaux engagements de neutralité carbone à horizon 2050. Dans ce scénario, les limitations de températures se stabilisent aux alentours de 2,2 – 2,4° C par rapport à l'ère préindustrielle. La demande en énergie primaire augmente de + 0,5 % par an. Le gaz naturel et les énergies renouvelables représentent respectivement 28 % et 26 % de la demande mondiale d'énergie primaire.

Le scénario *Rupture* est un scénario construit pour atteindre les objectifs de l'accord de Paris d'ici 2050, avec une élévation des températures bien inférieure à 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. *Rupture* suppose des avancées technologiques majeures à très grande échelle, une pénétration plus importante des nouveaux vecteurs énergétiques ainsi qu'un engagement et des actions de la part de l'ensemble des pays vers la neutralité carbone à horizon du milieu du siècle. La demande en énergie, concomitante de la croissance de la population mondiale et du développement économique mondial, est en progression dans *Momentum* et *Rupture*. Parallèlement, les émissions baissent dans les deux scénarios par rapport à 2020, particulièrement dans *Momentum*, les vecteurs énergétiques comme l'électricité dans le transport et l'hydrogène contribuant à une décarbonation plus conséquente de l'ensemble des secteurs.

Les deux scénarios s'appuient sur les 7 leviers de transformation du système énergétique mondial, à savoir : l'électrification de la demande finale d'énergie, la décarbonation du système électrique, la production de gaz vert, la mobilité durable (carburants de synthèse et véhicules électriques notamment), une pénétration croissante de l'hydrogène, l'optimisation de la demande de plastiques, la capture et le stockage de CO₂, et enfin l'efficacité énergétique. Dans les deux scénarios, l'interdiction de l'utilisation des véhicules thermiques neufs à l'horizon 2035 et l'interdiction des plastiques à usage à compter de l'horizon 2040, sont prises en compte (dans le scénario *Momentum*, cette interdiction couvre l'ensemble des pays engagés dans la neutralité carbone alors que dans le scénario *Rupture*, elle est généralisée à

l'ensemble des pays du monde en vue de contenir l'évolution de la température à 1, 5°C).

Le scénario énergétique d'Exxon Mobil

L'étude prospective de la compagnie n°1 des Etats-Unis propose une vision d'un *avenir à faible émission en carbone* qui affiche une augmentation de la demande d'énergie fossile à l'horizon 2040. Le pétrole et le gaz naturel restent des sources d'énergie importantes et représentent environ 55% de la consommation mondiale d'énergie actuelle. En 2040, 10 des 13 scénarios évalués confirment que le pétrole et le gaz naturel continueront de représenter plus de 50% de l'énergie mondiale. Dès lors, des investissements dans la production du gaz naturel et de pétrole sont nécessaires pour faire face au déclin de la production et à la hausse de la demande future. Exxon Mobil table sur 20 à 25 milliards de dollars de dépenses par an entre 2022 et 2025 pour alimenter sa croissance, principalement via de nouveaux projets d'exploration de pétrole et de gaz.

En nous basant sur les données de Exxon Mobil présentes dans son *Outlook for Energy* (2021, 2025), nous pouvons présenter les caractéristiques et la démarche prospectiviste de la compagnie pétrolière.

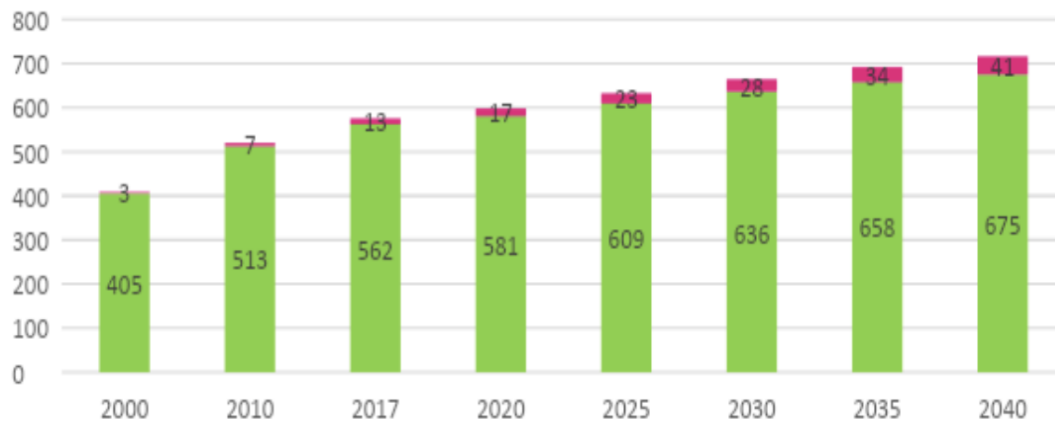
Tout d'abord, son plan stratégique repose sur une évaluation à long terme des tendances économiques (croissance économique, population...), des avancées en matière d'innovation et de technologies, le comportement des consommateurs et des politiques climatiques publiques. L'approche est fondée sur les données disponibles : celles du service World Energy Statistics de l'AIE pour l'énergie, celles de la Banque mondiale et du FMI pour les données économiques, celles des Nations-Unis pour la population). La veille technologique prend plusieurs formes, il s'agit de suivre le prix des panneaux solaires, l'amélioration de batteries, l'évolution des lois et des réglementations... A partir de ces données, Exxon Mobil prévoit la demande de services énergétiques dans 15 secteurs couvrant les besoins en matière de mobilité personnelle, d'énergie résidentielle, de production d'acier, de ciment et de produits chimiques, ainsi que dans de nombreux autres domaines. Elle met ensuite en adéquation cette demande avec plusieurs sources d'énergie, en tenant compte de l'utilisation actuelle et de l'évolution potentielle. Elle prévoit également l'approvisionnement en liquides et en gaz naturel ainsi que les flux commerciaux.

L'évolution de la demande énergétique mondiale suivrait ainsi une tendance haussière linéaire entre 2020-2040 avec une augmentation annuelle moyenne de 4,7 quadrillion BTU³². Dans cette évolution, la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique atteint les 41 quadrillions BTU (à comparer aux 675 quadrillions BTU de

³² Le British Thermal Unit (BTU) est une unité énergétique définie en 1956 qui sert de référence aux États-Unis pour quantifier l'énergie consommée et produite à l'échelle du pays. Cette unité de mesure thermique est également employée en France pour désigner la puissance des petits appareils de climatisation. Un BTU est initialement défini comme la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré Fahrenheit (°F) la température d'une livre anglaise d'eau (près de 454 g), à la pression constante d'une atmosphère. Un BTU est équivalent à près de 1 055 Joules ou 252 calories.

la demande mondiale de l'énergie). Les perspectives de la demande énergétique mondiale progressent allant de 598 quadrillions BTU en 2020 à 716 quadrillions BTU en 2040.

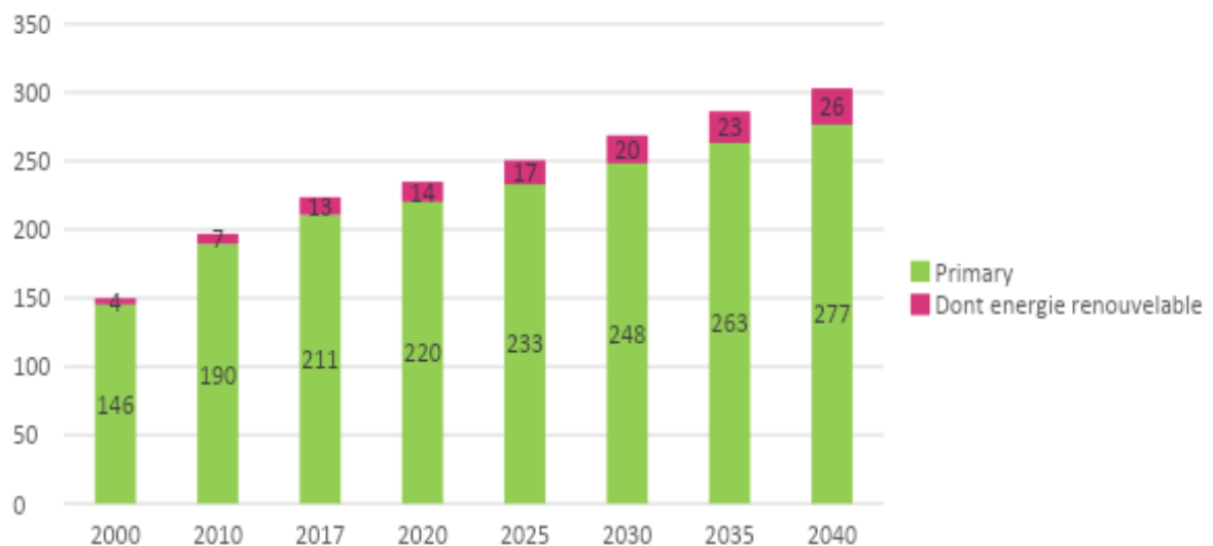
Figure 15 : Evolution de la demande mondiale en Q BTU à l'horizon 2040



Source : Outlook Energy Exxon Mobil (2021)

En revanche, l'offre de l'énergie mondiale suit la même tendance haussière mais pas à la même cadence, passant de 234 quadrillions BTU en 2020 à 303 quadrillions BTU en 2040. Il existerait un déphasage de près de 60% entre l'offre et la demande d'énergie mondiale.

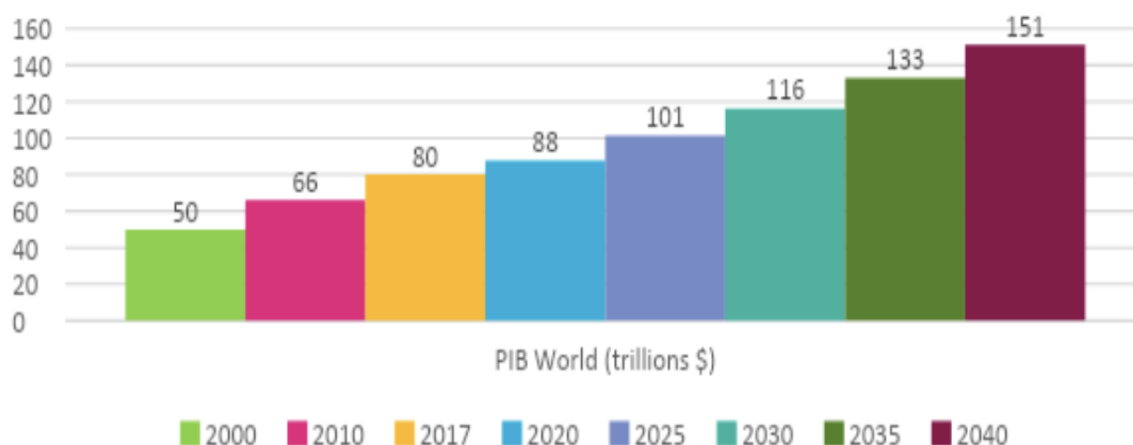
Figure 16 : La production d'énergie dans le monde à l'horizon 2040



Source : Outlook Energy Exxon Mobil (2021)

Cette offre et demande d'énergie évolue dans un contexte où les perspectives du PIB sont en hausse, passant de 101 000 milliards de dollars en 2020 à 151 milliards de dollars en 2040, soit une progression de 50%.

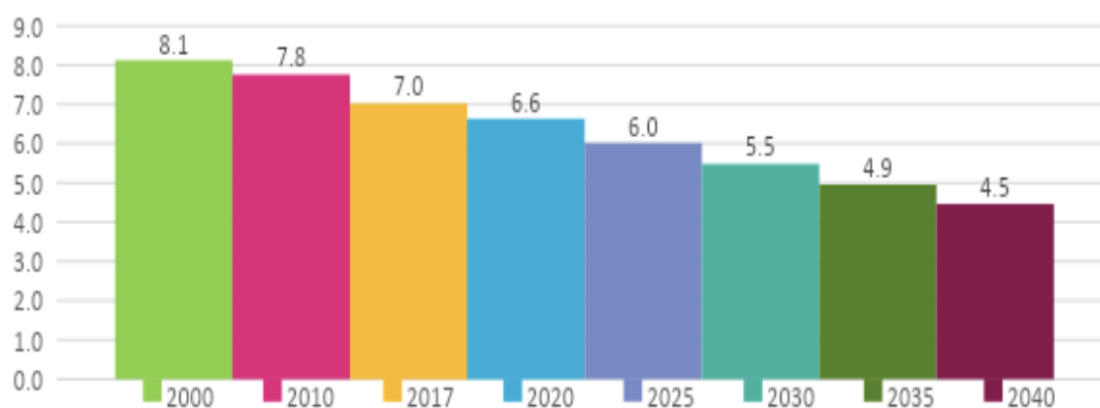
Figure 17 : Evolution du PIB mondial à l'horizon 2040



Source : Outlook Energy Exxon Mobil (2021)

L'intensité énergétique, qui mesure la quantité d'énergie utilisée pour produire une unité de PIB, varie quant à elle de 6,6 (103 BTU/\$) en 2020 à 4,5 (103 BTU/\$) en 2040 soit une baisse de 46% de la consommation d'énergie par PIB/Habitant.

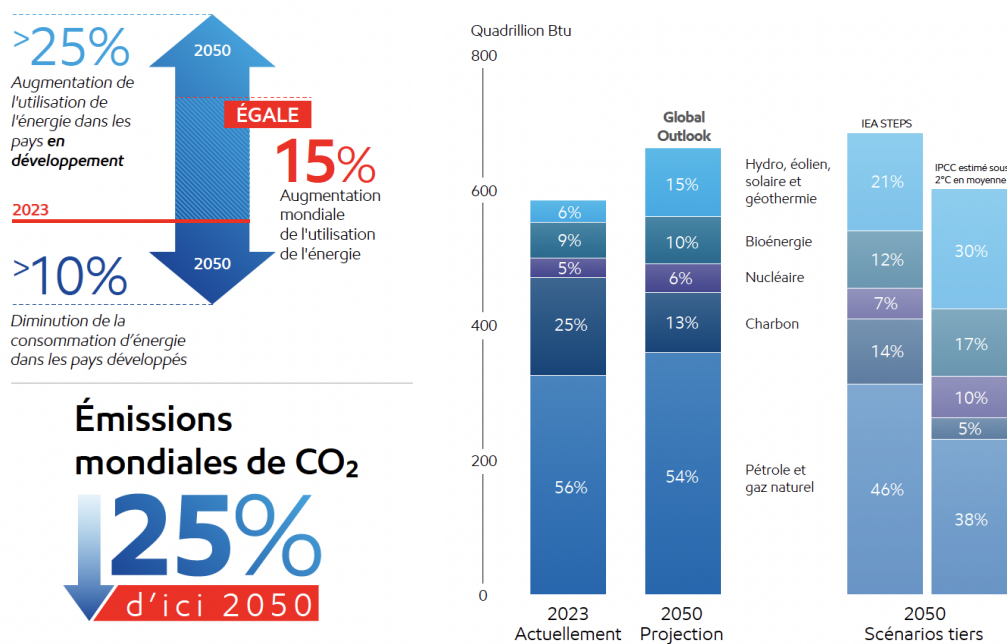
Figure 18 : Intensité énergétique mondiale à l'horizon 2040



Source : Outlook Energy Exxon Mobil (2021)

La combinaison d'une meilleure efficacité énergétique, de plus d'énergie renouvelable et de technologies à faibles émissions (captage et stockage de CO₂, hydrogène et biocarburants) permet une baisse des émissions de CO₂ de 25%. Et ce malgré une augmentation de la consommation d'énergie de 15% (la majeure partie de cette augmentation doit favoriser la croissance économique des pays en développement tout en permettant une diminution de la consommation d'énergie des pays développés). Selon Exxonmobil, le monde serait donc "à un moment charnière de son histoire" (Outlook Energy, 2025, p. 2). Les émissions de CO₂ vont bien diminuer, le mix énergétique mondial verra sa consommation d'électricité décarbonée augmenter, mais le pétrole et le gaz continuent de rester des sources énergétiques vitales (ils représentent encore 50% du mix énergétique mondial en 2050).

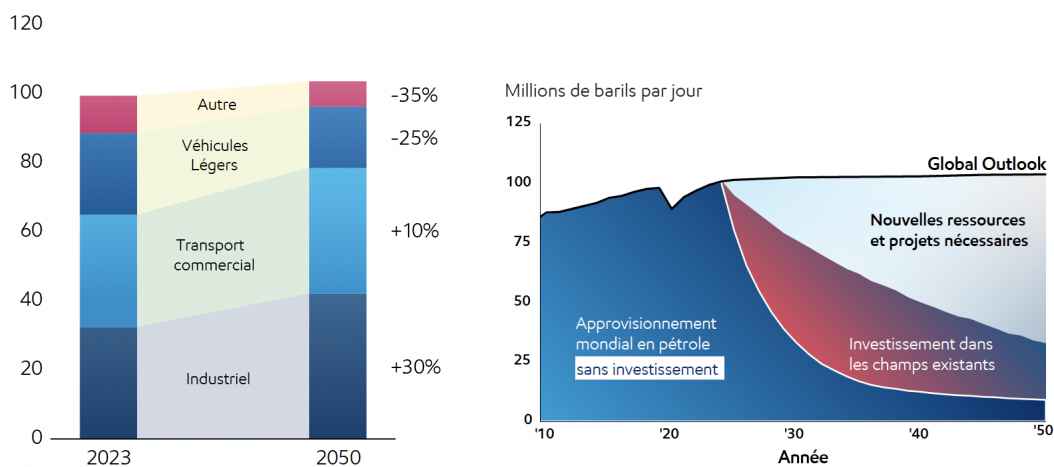
Figure 19 : Hausse de la consommation d'énergie et mix énergétique mondial



Source : Outlook Energy Exxon Mobil (2025, p. 2)

La mobilisation par ExxonMobil des analyses de sensibilité pour mieux comprendre comment les variations de ses hypothèses prévisionnelles pourraient affecter l'offre et la demande énergétiques prévues, lui permet de donner plus de robustesse au mix énergétique reposant sur un couple pétrole - gaz fort. En effet, la compagnie pétrolière rappelle que si toutes les voitures vendues dans le monde en 2035 étaient électriques, la demande de pétrole en 2050 atteindrait encore 85 millions de barils par jour, soit le même niveau qu'en 2010. La demande de pétrole devrait donc se stabiliser à partir de 2030 autour des 100 millions de barils par jour jusqu'en 2050. Pour ce faire, les scénarios sont sans appel, il faut continuer à investir dans l'exploration et la découverte de nouveaux gisements d'énergie fossile.

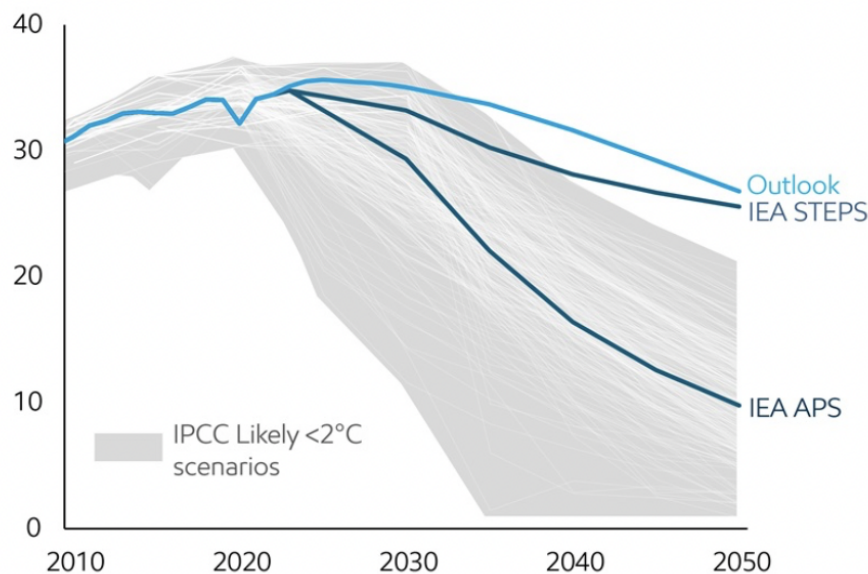
Figure 20 : Demande de pétrole et nouveaux gisements



Source : Outlook Energy Exxon Mobil (2025, p. 3)

Par cette analyse, Exxonmobil trace une politique stratégique d'investissement orientée vers le fossile à l'horizon 2040 selon la conjoncture économique caractérisée par une augmentation proportionnelle de la population, de la demande et de l'offre mondiale de l'énergie³³. Le scénario des émissions de CO2 est proche du scénario STEPS (Stated Energy Policies Scenario) et très éloigné du scénario APS (Announced Pledges Scenario) de l'AIE.

Figure 21 : Chemin temporel des émissions globales de CO2



Source : Outlook Energy ExxonMobil (2024), IEA (2024), IPPC (AR6)

Les scénarios de prise en compte de l'incertitude de BP

Dans son rapport *Energy Outlook 2025*, BP utilise deux scénarios – Trajectoire actuelle et Moins de 2 °C – pour examiner une série de résultats possibles pour le système énergétique mondial à l'horizon 2050³⁴. Ces scénarios explorent les principales incertitudes qui sous-tendent la transition énergétique mondiale. Ils permettent de comprendre quelles tendances sont les plus susceptibles de se produire dans le cadre d'une série d'hypothèses différentes, et lesquelles sont les plus sensibles à la vitesse et à la forme de la transition énergétique. Les scénarios prennent en compte les émissions de carbone liées à la production et à l'utilisation d'énergie, à la plupart des processus industriels non liés à l'énergie, au torchage du gaz naturel et aux émissions de méthane provenant de la production, du transport et de la distribution de combustibles fossiles, ainsi qu'à la combustion incomplète de la bioénergie traditionnelle.

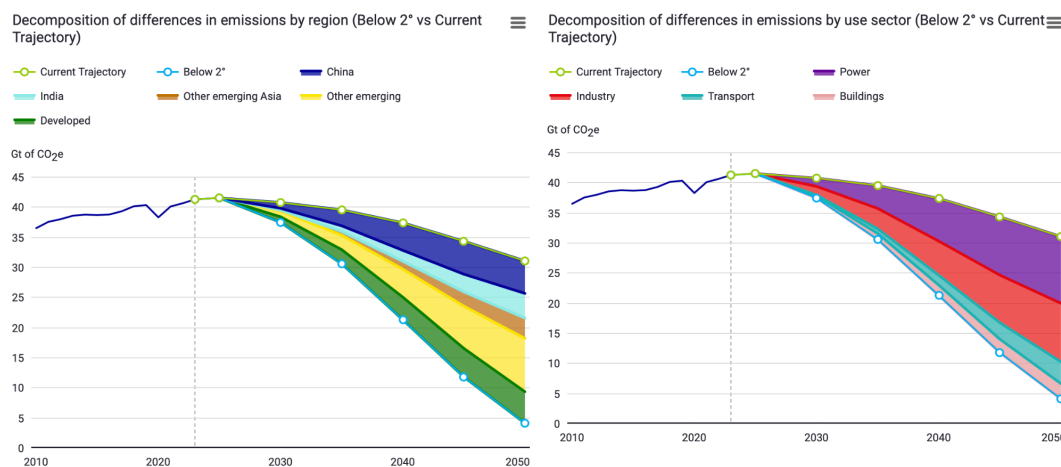
³³ Au vu des différents scénarios, l'analyse de ExxonMobil nous semble la plus réaliste. D'une part, elle confirme l'idée que la baisse des émissions de CO2 sera conséquente mais pas suffisante pour atteindre la neutralité carbone. D'autre part, elle table sur une présence forte du pétrole et du gaz dans le mix énergétique (près de 50%).

³⁴ <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/scenarios.html>

Le scénario « trajectoire actuelle » a été conçu pour refléter la voie générale suivie par le système énergétique mondial. Il accorde une grande importance aux politiques climatiques et énergétiques actuellement en vigueur, ainsi qu'aux tendances et évolutions récentes de ces politiques. Il accorde également une certaine place aux objectifs et engagements mondiaux en matière de décarbonisation future, tout en reconnaissant les défis liés à la réalisation de certains de ces objectifs et engagements. Dans le scénario « trajectoire actuelle », les émissions d'équivalent CO₂ (CO₂e) restent globalement stables autour de leurs niveaux actuels pendant le reste de la décennie, avant de diminuer progressivement au cours des années 2030 et 2040. Les émissions baissent d'environ un quart par rapport à leur niveau de 2023 d'ici 2050.

Le scénario "moins de 2°C" explore comment différents éléments du système énergétique pourraient évoluer dans un scénario où le monde parviendrait à réduire beaucoup plus considérablement ses émissions. Dans ce scénario, les émissions nettes diminuent d'environ 90 % par rapport à leur niveau de 2023 d'ici 2050. Below 2° suppose un durcissement significatif des politiques climatiques ainsi que des changements dans les comportements et les préférences de la société, qui, ensemble, favorisent une adoption plus rapide des énergies à faible teneur en carbone et des gains plus rapides en matière d'efficacité énergétique.

Figure 22 : Emissions of GhG by region and by use sector



Source : Energy Outlook 2025, BP

Il n'est pas possible de déduire directement l'augmentation des températures moyennes mondiales en 2100 impliquée par ces scénarios, étant donné qu'ils ne s'étendent que jusqu'en 2050 et ne modélisent pas toutes les formes d'émissions de gaz à effet de serre. Il est toutefois possible de faire des déductions indirectes en comparant les émissions cumulées de carbone pour la période 2015-2050 avec les fourchettes d'émissions correspondantes dans les scénarios inclus dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC. La transition plus rapide dans le scénario Moins 2° par rapport à la trajectoire actuelle est largement due à une décarbonisation plus rapide dans les économies émergentes et, du point de vue de la consommation d'énergie, à une

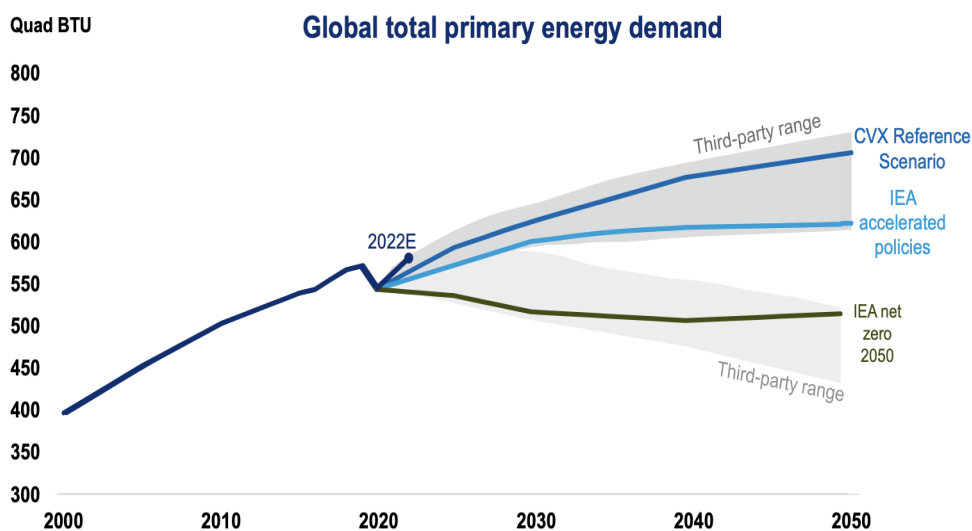
réduction plus rapide des émissions dans la production d'électricité et les processus industriels. Ces scénarios peuvent être utilisés pour explorer les changements supplémentaires clés qui pourraient aider le système énergétique mondial à passer de sa trajectoire actuelle à une voie de décarbonisation plus rapide et plus profonde.

Les scénarios de la compagnie CHEVRON

Dans un contexte où le scénario « zéro émission nette » de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) décrit la voie à suivre par le secteur énergétique pour atteindre l'objectif de neutralité carbone et conclut qu'aucun nouvel investissement dans des projets d'approvisionnement en énergies fossiles n'est nécessaire et que la baisse du prix du pétrole est inéluctable (36 dollars le baril en 2030 et 24 dollars le baril en 2050), il est intéressant de regarder le Chevron Strategic Outlook, présenté en avril 2023 par son économiste en chef, Rob Schwiers.

Deuxième compagnie des Etats-Unis, Chevron mise sur trois éléments de la transition énergétique : (1) le maintien de la prospérité économique, (2) la sécurité énergétique (en diversifiant ses actifs) et (3) la protection environnementale (via la production d'énergies renouvelables). A l'image d'ExxonMobil, Chevron prévoit un scénario (CVX référence) quelque supérieur à ceux de l'AIE (Accelerated Policies et Net Zero). La demande d'énergie primaire devrait continuer à augmenter.

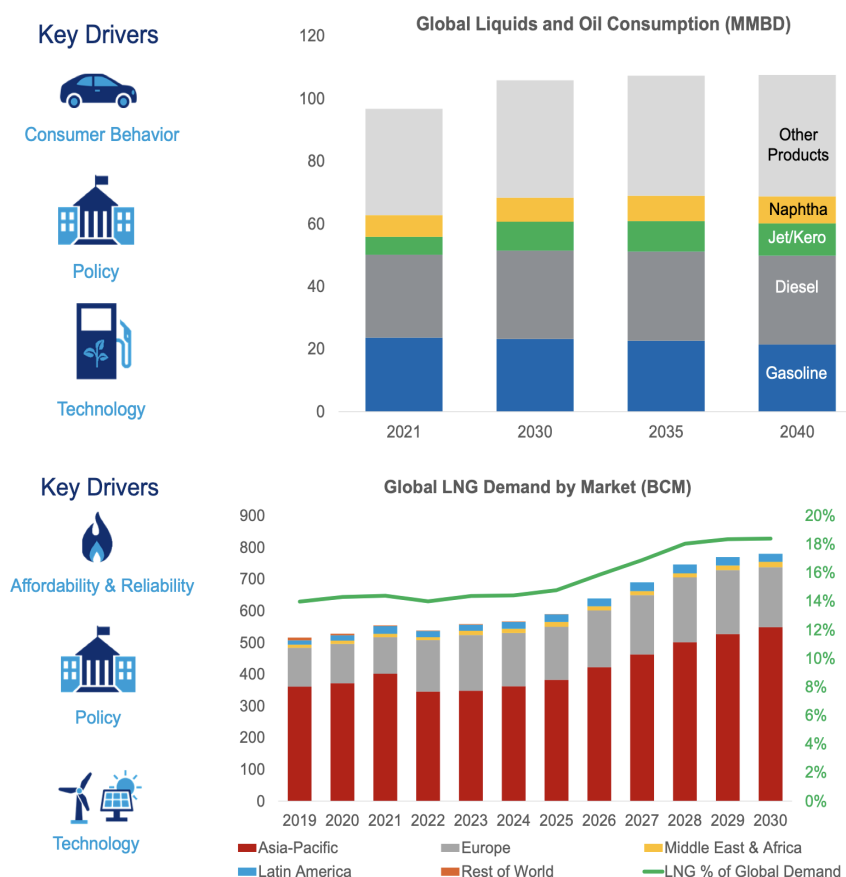
Figure 23 : Les scénarios de demande d'énergie



Source : Chevron (2023)

On retrouve une démarche similaire à celle d'ExxonMobil, une tendance de fond au maintien des énergies fossiles (demande de diesel, kérosène, produits chimiques) et une montée en puissance du GNL (gaz liquéfié), avec des clés de lecture portées par le comportement des consommateurs, les politiques publiques et les avancées technologiques.

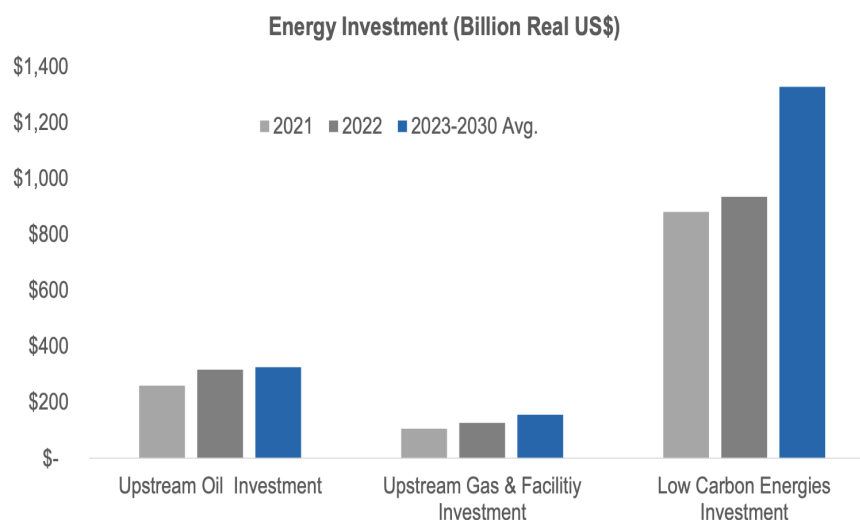
Figure 24 : Demande de pétrole et de GNL



Source : Chevron (2023)

Si les énergies renouvelables constituent les investissements nécessaires de la future chaîne de valeur de l'énergie, il sera nécessaire de continuer à investir dans l'exploration et l'extraction de nouveaux gisements de gaz et de pétrole.

Figure 25 : Les investissements dans le pétrole, le gaz et les énergies renouvelables



Source : Chevron (2023)

La stratégie de Chevron est de combiner d'importants investissements dans les renouvelables (cible d'intensité carbone, gestion du méthane, techniques de capture du carbone, hydrogène) avec des rendements élevés des actifs financiers (gestion de portefeuille, logique de coût, croissance du secteur énergétique traditionnel, distribution de dividendes aux actionnaires). Les investissements sont donc assujettis à une certaine discipline (amélioration des marges, efficience du capital, détermination du taux de croissance annuel composé - TCAC - permettant de calculer le rendement annuel moyen des investissements).

Figure 26 : Investissements et croissance du capital chez Chevron



Source : Chevron (2023)

Les deux cibles de Chevron sont la réduction de l'intensité carbone (réduction de 35% de l'intensité carbone sur les activités amont - extraction pour 2028, Zéro net émission sur les scopes 1 et 2 pour 2050, réduction de 5% du scope 3 pour 2028) et la croissance des énergies vertes (séquestration du CO₂ à hauteur de 25 millions de tonnes par an, production d'hydrogène à hauteur de 150 kilos tonnes par an, production de biocarburants).

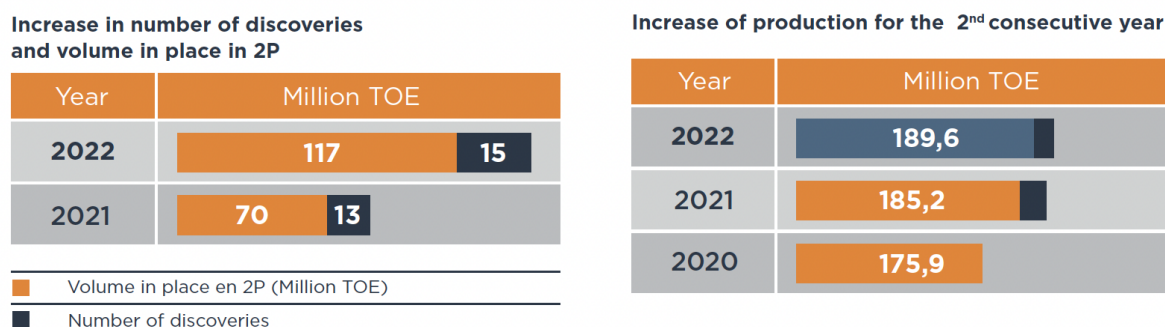
La stratégie énergétique de Sonatrach

Sonatrach (fondée en 1963) est la première entreprise pétrolière et gazière d'Algérie et l'une des plus grandes en Afrique. Son établissement a marqué une étape cruciale dans la nationalisation des ressources énergétiques du pays, permettant à l'Algérie de contrôler ses propres richesses naturelles. Au fil des décennies, Sonatrach a évolué pour devenir un acteur clé non seulement dans l'économie nationale, mais aussi sur la scène internationale. Sonatrach, la compagnie nationale algérienne des hydrocarbures, acteur clé de l'industrie énergétique en Afrique, représente environ 30% de la production totale de pétrole et de gaz sur le continent.

En 2023, elle a enregistré d'excellents résultats, avec un chiffre d'affaires de 21 milliards de dollars à l'exportation pour les cinq premiers mois de l'année. La production primaire d'hydrocarbures a atteint 80 millions de tonnes équivalents pétrole (TEP) en mai 2023, représentant une augmentation de 2 % par rapport à 2022.

De plus, 68 millions de TEP ont été commercialisés, dont 38 millions exportés (Sonatrach, 2022).

Figure 27 : Hausse du niveau de production et de découvertes de gisements



Source : Annual Report (Sonatrach, 2022)

En date du 21 juillet 2024, Sonatrach a dévoilé sa stratégie de neutralité carbone pour répondre aux défis climatiques. On y trouve un ensemble de mesures et des actions, dont la réduction des émissions des gaz à effet de serre, l'augmentation du niveau d'intégration des énergies renouvelables, ainsi que le développement des solutions de séquestration naturelle et technologique du carbone. Cinq axes constituent les principaux leviers de sa stratégie énergétique.

Premier axe : Équilibre entre émissions et absorptions

Il s'agit d'atteindre un équilibre entre les émissions de GES et les absorptions par des puits de carbone d'ici la seconde moitié du siècle. Avec un budget de à 1 milliard de dollars, Sonatrach a programmé avec la Direction générale des forêts (DGF), la plantation de 10 millions d'arbustes pour capter le carbone pour arriver à terme de plus 420 millions d'arbres sur 560 000 hectares

Deuxième axe : Réduction des Émissions de gaz torchés

L'Algérie figure parmi les pays ayant des niveaux significatifs de gaz torchés. Durant l'année 2023, le volume global des gaz torchés au niveau des activités opérationnelles de Sonatrach était de 2,72 milliards de m³. L'entreprise anticipe une baisse de 28% de sa production de gaz torchés au cours des années (2020-2024), soit un volume de gaz torché évité de 1,06 milliards de m³. L'année 2023 a également été marquée par la généralisation du dispositif au niveau des activités, ainsi que la réalisation de la base de référence des émissions GES de l'entreprise, le lancement des actions d'amélioration de la granularité et de la qualité des données pour les émissions et les sources de GES. Le processus sera renforcé, par l'introduction progressive des dispositifs de mesure et de monitoring continus des émissions des gaz à effet de serre (GES), basés sur les approches ascendantes (capteurs, caméras) et descendantes (satellites, aircraft, drones.)

Par ailleurs, l'Algérie est impliquée, à travers sa compagnie pétrolière Sonatrach, dans le partenariat mondial pour la réduction du torchage et du méthane (GFMR), qui vise

à mettre fin au torchage systématique et à réduire les émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier à un niveau proche de zéro d'ici 2030. Dans ce cadre, Sonatrach a mené des efforts importants pour réduire ses gaz torchés notamment au niveau de plusieurs champs pétroliers dans l'amont pétrolier et cela depuis déjà près de 30 ans. La réalisation d'unités de récupération du gaz torché a permis de ramener le taux de gaz brûlé de 5,43% en 2020 à 3,19% en 2024.

Pour les émissions fugitives de méthane, Sonatrach a retenu un objectif de réduction de ce gaz à un niveau proche de zéro d'ici 2030. Pour cela, elle a procédé à la signature d'une convention cadre avec l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) pour identifier par satellite les fuites de méthane et mesurer les quantités de CO₂ émises.

Troisième axe : Captage et Séquestration du CO₂

Sonatrach a développé des projets de captage et de séquestration du carbone, en identifiant des sites adaptés pour stocker le CO₂ dans des réservoirs. La première expérience mondiale de séquestration du carbone a été réalisée par Sonatrach en 2004 sur son site Krechba (3,8 millions de tonnes ont été capturées).

Quatrième axe : Energie Renouvelables

Sonatrach intègre davantage d'énergies renouvelables dans son mix énergétique tout en développant des filières pour les carburants bas carbone et l'hydrogène vert, en visant la couverture d'ici 2030 de 80% des besoins énergétiques de ses sites pétroliers par des centrales solaires. L'objectif est de réduire, de façon responsable et durable, la consommation d'hydrocarbures sur site et les émissions de gaz à effet de serre. Le groupe compte se doter à terme, d'une capacité de production de l'ordre de 1,3 gigawatts. Via cette contribution au programme de neutralité carbone de l'Algérie, Sonatrach permet de réaliser une économie de près de 1.6 milliards de m³ de gaz destiné à la vente à l'horizon 2040.

Cinquième axe : l'efficacité énergétique

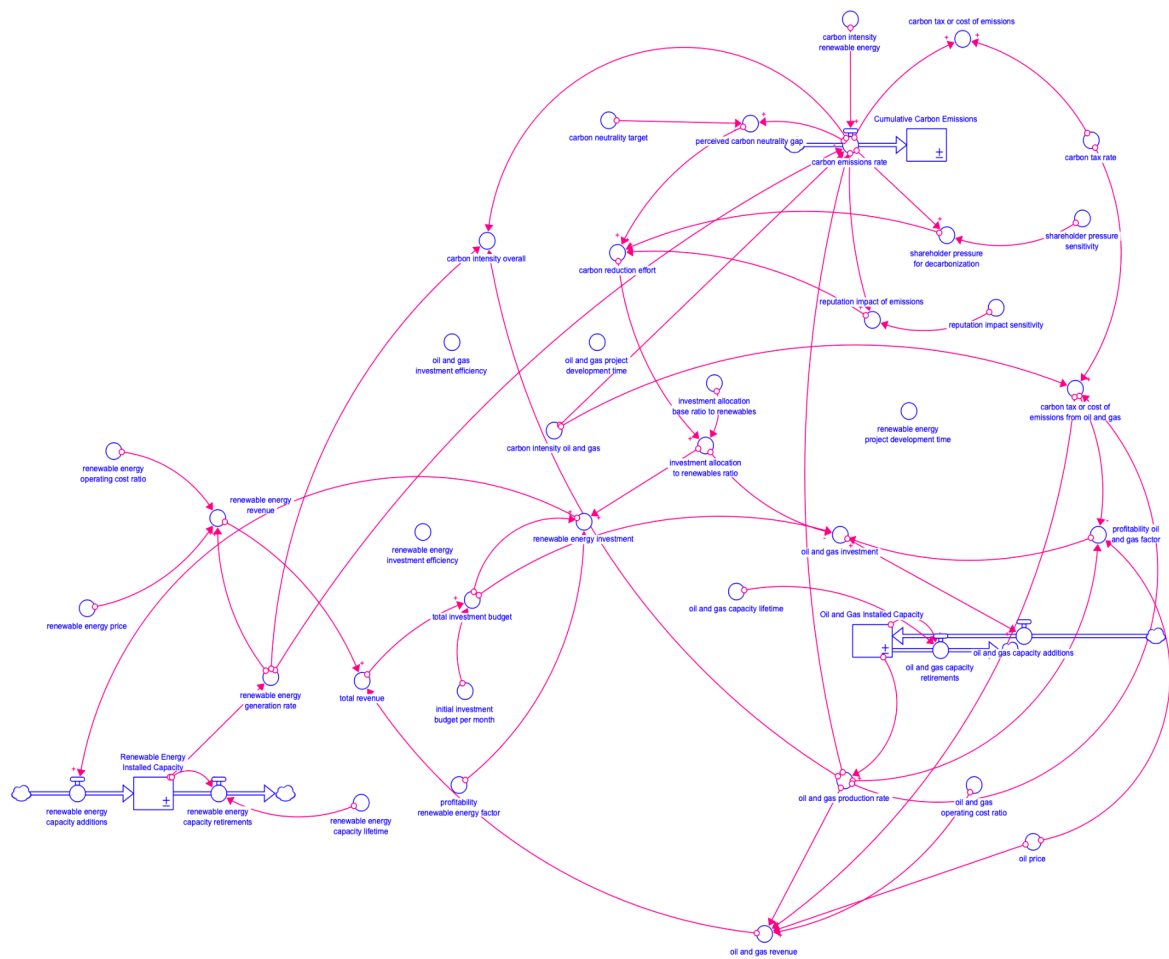
Un programme d'audits énergétiques est mis en place pour améliorer l'efficacité des installations, contribuant ainsi à la réduction des consommations. Environ 90% des sites industriels de Sonatrach ont déjà été audités dans le cadre de l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Un exercice de modélisation quantitative

A partir des indicateurs mentionnés précédemment (investissements dans les énergies renouvelables, investissements dans le pétrole et le gaz, capacités installées, investissements dans de nouveaux projets, revenus du pétrole, du gaz et des énergies renouvelables, intensité carbone, objectifs intermédiaires) et des exercices de scénarisation des compagnies pétrolières (BP, Chevron, Exxon Mobil, Shell, Total

Energies³⁵), nous avons cherché à produire un diagramme stock - flux afin d'appréhender l'objectif de neutralité carbone. Réalisé sous Stella, ce modèle en dynamique des systèmes (Sterman, 2000) élargit la structure initiale en introduisant plusieurs nouvelles variables et relations afin de simuler la dynamique complexe des compagnies pétrolières qui s'engagent dans la neutralité carbone. L'objectif de cet exercice est de boucler les boucles de rétroaction en se concentrant sur les décisions d'investissements, les capacités, les revenus et les émissions carbone.

Figure 28 : Le modèle Énergétique

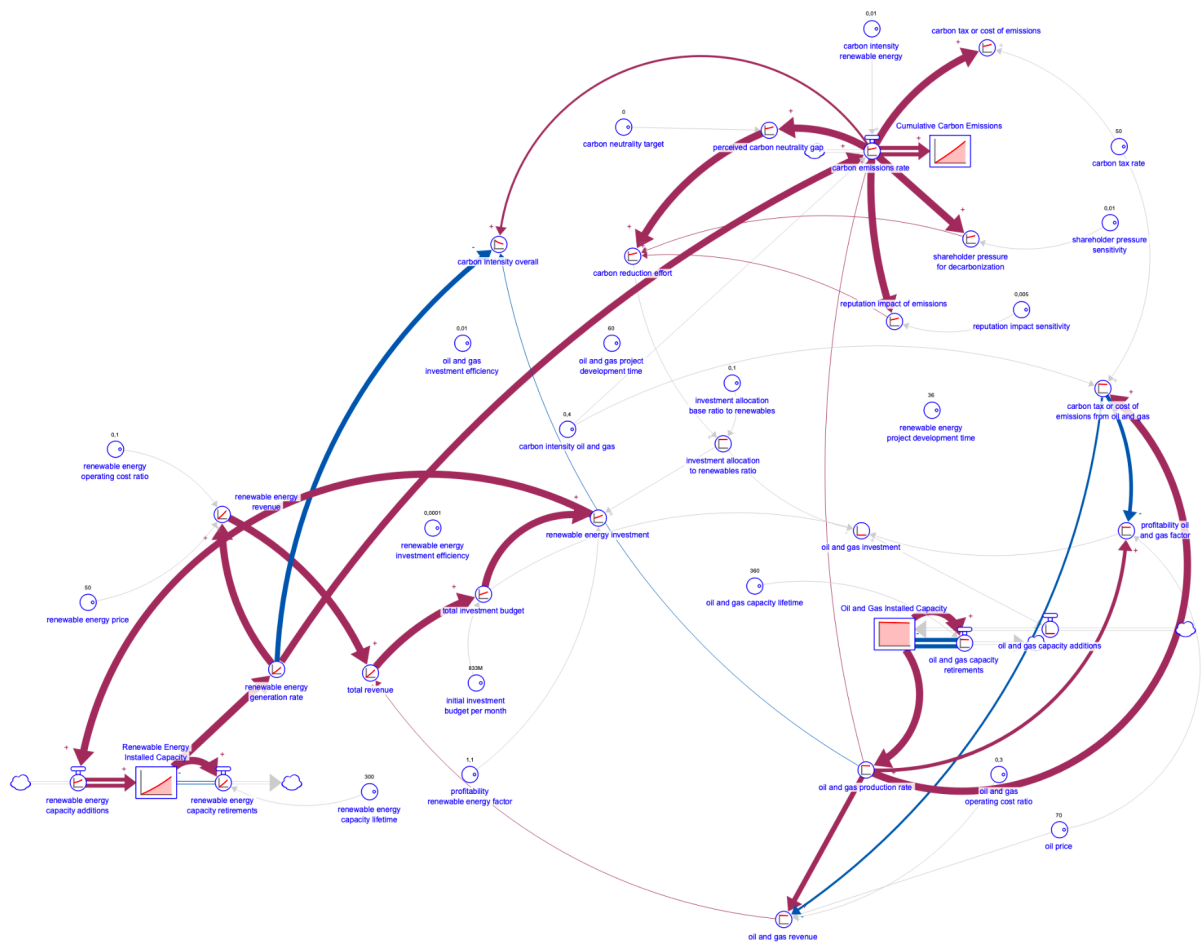


Source : Les auteurs

La simulation du modèle (voir modèle en annexe) permet d'identifier les dynamiques en action, c'est-à-dire les boucles de rétroaction positives ou/et négatives au sein du système neutralité carbone.

³⁵ Compte tenu du particularisme de la société Sonatrach, nous avons choisi de réaliser un modèle différent qui ne sera pas présenté ici, mais fera l'objet d'une présentation (6 novembre 2025) lors des prochains séminaires du CERDI.

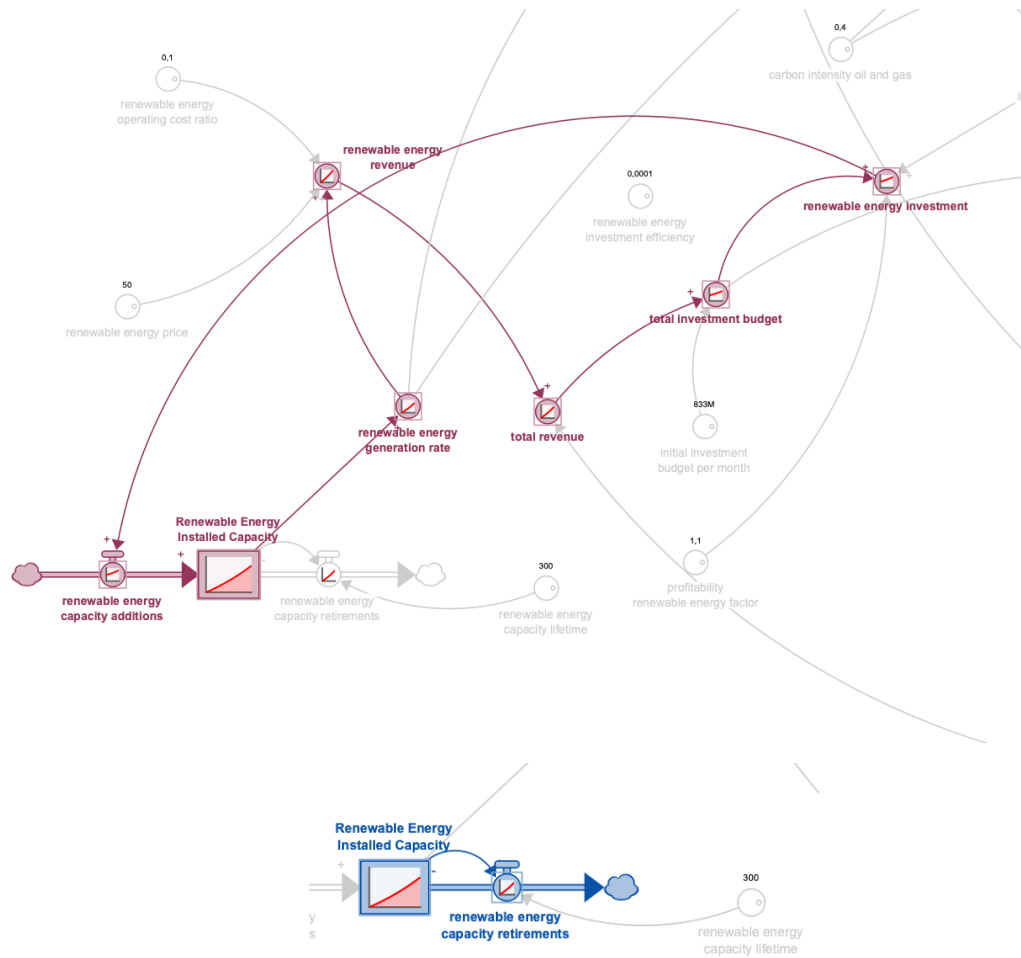
Figure 29 : La dynamique de la neutralité carbone



Source : Les auteurs

La boucle de rétroaction renforçante (R1) a été établie autour des investissements dans les énergies renouvelables. L'augmentation de ces investissements entraîne une hausse des capacités en énergies renouvelables, qui accroît la capacité installée en énergie renouvelable. Cela stimule le taux de production des énergies renouvelables. La hausse des revenus des énergies renouvelables contribue au revenu total (bénéfice) qui augmente ensuite les dépenses d'investissement. Ce qui permet d'investir davantage dans les énergies renouvelables. Ceci crée un archétype de "Succès pour la performance" dans lequel le succès initial dans le domaine des énergies renouvelables peut stimuler une croissance supplémentaire.

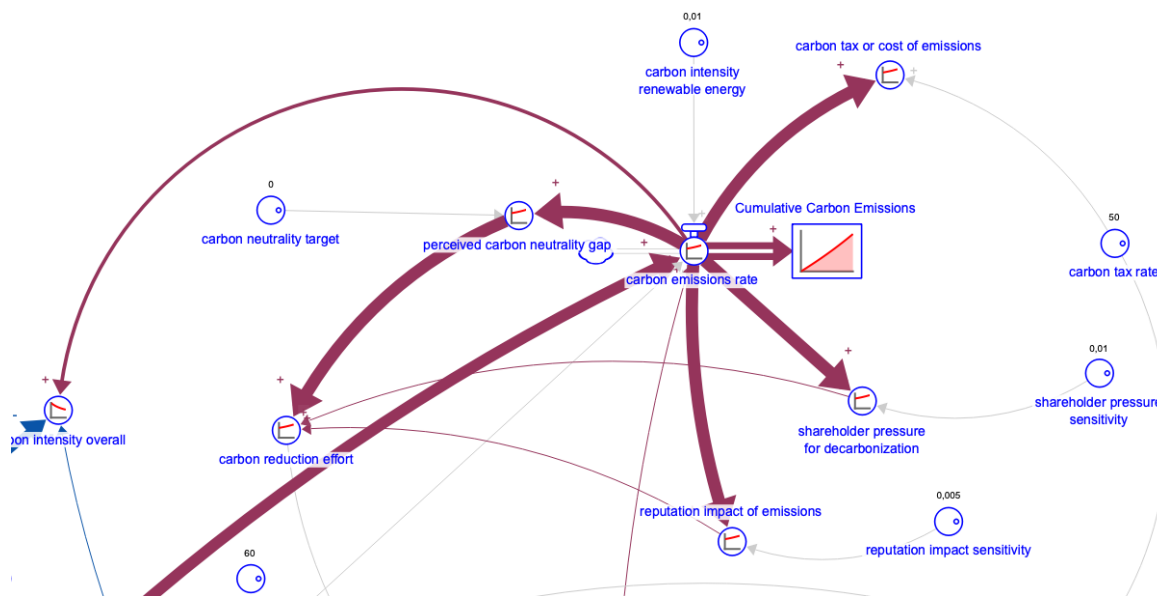
Figure 30 : La boucle R1 des énergies renouvelables



Source : Les auteurs

Une boucle de rétroaction d'équilibre (B1) introduit l'objectif de neutralité carbone. Le taux d'émissions des GES introduit un écart de neutralité carbone perçu par rapport à l'objectif de neutralité carbone. Cet écart, associé à la pression des actionnaires en faveur de la décarbonisation et à l'impact des émissions sur la réputation, stimule les efforts de réduction des émissions de carbone. Ces efforts augmentent le ratio d'allocation des investissements aux énergies renouvelables, ce qui entraîne un transfert de fonds vers les investissements dans les énergies renouvelables. À mesure que la capacité renouvelable augmente et produit davantage d'énergie propre, elle réduit le taux d'émissions de carbone, comblant ainsi l'écart de neutralité carbone perçue. Cela représente un archétype de « solutions qui échouent » si l'effort est insuffisant, ou un « transfert de la charge » si l'accent est mis uniquement sur les énergies renouvelables sans s'attaquer au déclin des combustibles fossiles.

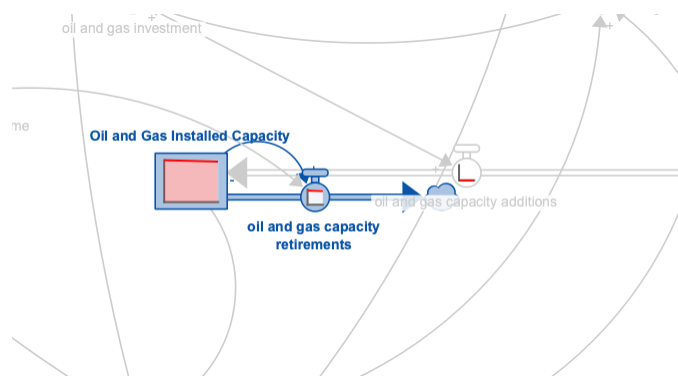
Figure 31 : La boucle B1 de la neutralité carbone



Source : Les auteurs

Une autre boucle de rétroaction d'équilibrage (B2) se concentre sur le déclin des investissements dans les combustibles fossiles en raison des coûts du carbone. Un taux d'émissions de carbone élevé entraîne une augmentation de la taxe carbone ou du coût des émissions, ce qui a un impact particulier sur la taxe carbone ou le coût des émissions provenant du pétrole et du gaz. Cela réduit le facteur de rentabilité du pétrole et du gaz, rendant les investissements dans le pétrole et le gaz moins attractifs. La réduction des investissements entraîne une diminution des ajouts de capacité pétrolière et gazière, ce qui finit par réduire la capacité installée pétrolière et gazière et le taux de production pétrolière et gazière, ce qui abaisse ensuite le taux d'émissions de carbone. Cette boucle agit comme un mécanisme de « limites à la croissance » pour les opérations liées aux combustibles fossiles, où les coûts externes limitent l'expansion.

Figure 32 : La boucle B2 du déclin des investissements dans le pétrole et le gaz



Source : Les auteurs

Les objectifs intermédiaires sont implicitement modélisés à travers les paramètres (objectif de neutralité carbone) et (écart perçu en matière de neutralité carbone), qui influencent directement le paramètre effort de réduction des émissions de carbone et, par conséquent, l'allocation des investissements. Les revenus provenant du pétrole/gaz et des énergies renouvelables sont désormais calculés de manière explicite et intégrés au budget d'investissement global, créant ainsi un lien dynamique entre la performance financière et l'orientation stratégique. L'intensité carbone est utilisée pour calculer les émissions liées à la production, fournissant ainsi une mesure directe de l'impact environnemental.

Au-delà du paramétrage du modèle (prix du baril de pétrole fixé à 70 \$) et de son calibrage, les résultats tendent à souligner que même avec des investissements en énergies renouvelables très élevés, l'objectif de neutralité carbone pour 2050 devra s'étendre sur une période beaucoup plus longue (2050 à 2070 ?), voire pourrait très vite être irréaliste, compte tenu des stratégies des compagnies pétrolières. Rappelons que les énergies fossiles dominent encore largement le mix énergétique mondial (80% selon les *chiffres clés de l'énergie*, 2024). Leur part a reculé depuis 1980 (5 points) toutefois il reste encore beaucoup de chemins à faire pour arriver à une neutralité carbone. Les compagnies pétrolières soufflent à la fois le chaud et le froid sur la transition énergétique. D'un côté, elles s'appuient sur la neutralité carbone pour diversifier leurs sources de revenus et répondre aux pressions des gouvernements et des ONG, de l'autre, elles cèdent très vite aux sirènes de la rentabilité financière lorsqu'elles peuvent satisfaire les attentes de leurs actionnaires et des objectifs de performance financière. La stratégie pourrait dès lors consister à vendre entre 50 et 75% de ses actifs renouvelables une fois que ceux-ci atteignent leur date de retour sur investissement (date de mise à jour commerciale) et qu'ils ne sont plus risqués. Au final, l'entrée dans les renouvelables serait une stratégie de maximisation du portefeuille de valeurs et de gestion des risques. En mai 2025, Total Energies a signé un accord de vente avec HitecVision (société d'investissement norvégienne) pour la session de 50% de Polska Grupa Biogazowa (PGB), valorisée à 190 millions d'euros. Avec 20 unités en opération et une capacité de production de plus de 450 GWh de biométhane équivalent, PGB est le leader du biogaz en Pologne. En septembre 2025, Total Energies a cédé la moitié d'un portefeuille composé de centrales solaires en Amérique du Nord (Etats-Unis) à un fonds assurance géré par la société d'investissement KKR. Valorisée à près de 950 millions de dollars, la transaction porte sur 6 centrales solaires représentant une capacité totale de 1,3 gigawatt, ainsi que 41 installations de production totalisant 140 mégawatts.

Conclusion

Dans un contexte d'urgence climatique (émissions de GES) et de raréfaction des matières premières, les Etats comme les acteurs du secteur énergétique se livrent régulièrement au jeu des scénarios. Il s'agit de trouver les meilleures trajectoires pour atteindre la neutralité carbone et s'engager dans une véritable transition énergétique. Il existe des divergences importantes entre les visions des Etats et des agences internationales qui prônent la sortie des énergies fossiles, et les compagnies pétrolières et gazières qui entrevoient encore de formidables plus-values à faire sur le pétrole et le gaz. Mais tous les acteurs s'accordent à dire qu'il est nécessaire de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de considérer le système énergétique dans sa globalité en prenant en compte la dimension sociale (les usages énergétiques significatifs, les organisations, la gouvernance, les parties prenantes, ainsi que des inégalités d'accès, de la précarité), géopolitique (conflits et intérêts géopolitiques), la environnementale (facteurs de pollution, influence des conditions climatiques sur l'approvisionnement et la sécurité énergétique), culturelle (comportement, mode de vie), technologique (place des brevets et des innovations) et économique (croissance du PIB, prix du pétrole, réserves de fossiles...) de l'énergie

Pour de nombreux acteurs du secteur énergétique, et notamment les compagnies pétrolières et gazières, la technologie représente la clé d'une transition réussie, il s'agit à la fois de faire preuve d'anticipation (imaginer les futurs possibles), de se préparer aux nouveaux métiers associés aux énergies renouvelables, de prôner une utilisation sobre mais efficiente de l'énergie, d'accompagner juridiquement ceux qui s'engagent dans la neutralité carbone...

La transition énergétique est à la fois complexe et systémique. Complexe car elle ne conduit pas à un mix énergétique préalablement défini. Systémique car elle oblige à dépasser les représentations sectorielles afin d'embrasser toutes les interdépendances de l'énergie avec d'autres enjeux de société (mobilité, logement, gestion des déchets, alimentation...). Pour faire face à cette situation d'incertitude et mobiliser les forces vives, les Etats ont rédigé des feuilles de route (nationales) dans lesquelles toutes les actions et les objectifs intermédiaires sont chiffrés. Ces feuilles de route s'appuient sur des scénarios (la transition énergétique n'est pas un long fleuve tranquille) pour réduire significativement les émissions de CO₂ et atteindre l'objectif de neutralité carbone pour 2050. Les ingrédients de ce remède de cheval sont désormais bien connus : investissements massifs dans les énergies renouvelables, réduction de l'utilisation des énergies fossiles, essor des biocarburants, nouvelles technologies visant à capturer et séquestrer le CO₂, développement de l'hydrogène...

Les compagnies pétrolières et gazières occupent une place centrale dans ces feuilles de route, même si elles ne sont pas directement mentionnées par les Etats. Par leurs activités de prospection, d'extraction, de logistique et de vente de produits pétroliers et gaziers, elles peuvent être à la fois des catalyseurs ou des freins de la transition

énergétique. L'analyse des scénarios et des stratégies de six compagnies pétrolières et gazières (BP, Chevron, ExxonMobil, Shell, Total Energies et Sonatrach) souligne à la fois les investissements massifs réalisés dans les énergies renouvelables, l'exploitation des biocarburants et de l'hydrogène ou encore les techniques de capture du CO₂. A ce titre, les compagnies pétrolières s'inscrivent dans une démarche de transition énergétique. Toutefois, une analyse plus fine de leur plan stratégique montre très clairement une volonté de continuer à extraire le maximum de pétrole et de gaz du sous-sol (via un partenariat ou des achats agressifs d'entreprises). Depuis 10 ans, les compagnies multiplient les projets d'extraction de ressources naturelles et investissent des sommes colossales dans les gisements pétroliers (allant de ce fait à l'encontre des prescriptions de l'Agence Internationale de l'énergie, 2024). Elles ont également cherché à optimiser la rentabilité de leur portefeuille d'actifs en diversifiant les sources de rentabilité et les risques. De ce point de vue, les investissements dans les énergies renouvelables s'inscrivent dans une dynamique de rentabilité de court et moyen terme (une fois les actifs amortis et sans risques, c'est une revente avec plus-values) mais pas dans un cadre de changement de paradigme. Un tel positionnement nous oblige à poser un autre regard sur les scénarios prospectifs des compagnies pétrolières et gazières. Le scénario Zéro nette émission semble s'éloigner de plus en plus. Les énergies fossiles représentant encore près de 80% des énergies totales consommées, pourraient infléchir leur course mais pas disparaître du paysage énergétique. Les scénarios de Chevron et d'Exxon Mobil qui assurent qu'il faudra encore compter sur les énergies fossiles en 2050, tablent encore sur près de 50% des énergies fossiles dans le mix énergétique. Les pressions des Etats et des ONG pourraient amener certaines compagnies à revoir leur copie, toutefois, la réalité montre plutôt des coups d'arrêts (notamment en 2025) dans la stratégie du tout renouvelable. L'idée d'une neutralité carbone n'est donc pas à écarter pour 2050, mais il faudra compter sur les compagnies pétrolières et gazières pour souffler le chaud et le froid sur la transition énergétique.

Références bibliographiques

- ADEME (2021), *Transitions 2050 - Rapport - Synthèse*.
- ADEME (2021), *Transitions 2050 - Rapport - Compressed*.
- ADEME (2013). *Les scénarios de transition énergétique 2030 - 2050*.
- ANCEL F. (2018). *Perspectives Energies 2050*. Connaissance des Énergies, Editions.
- ANSARI D., HOLZ F., AL KUHLANI H. (2019). *Energy Outlooks Compared: Global and Regional Insights*. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW Berlin.
- AOUN M.C (2018), *Point de vue. Perspectives Energies 2050*, Connaissances des Énergies, 15-18.
- APPERT O. (2018), *Point de vue. Perspectives Energies 2050*, Connaissances des Energies, 19-22.

- AISSAOUI A. (2001), *Algeria: The Political Economy of Oil and Gas*. Oxford University Press.
- BAKHTI D. (2017), *Nouveau paradigme de la transition énergétique à l'ère du développement durable*, https://www.researchgate.net/publication/324164448_Nouveau_paradigme_de_la_transition_energetique_a_l_ere_du_developpement_durable_cas_de_algerie
- BELLEVRAT A.R, RUDINGER A., COLOMBIER M., GUERIN E. (2013). *Scénarios de transition énergétique*. IDDRI. Working Paper, n°9, 13 juin.
- BERGER G. (1959). *L'attitude prospective*. Encyclopédie française, tome XX, Le monde en devenir : histoire, évolution, prospective. Paris. Société Nouvelle de l'Encyclopédie française. p. 20/54/12-14.
- BERGER G. (1957). Sciences Humaines et prévision. *Revue des deux Mondes* (1829-1971), 1er février, 417 - 426.
- BOUBEKER B. (2008), *L'Algérie et son industrie pétrolière : État, Compagnies, Marchés*. Paris: CNRS Éditions.
- BP (2023). *BP Statistical Review of World Energy 2023*. BP. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- BP (2024), *Net Zero Progress Update 2024*.
- CDE (2018). *Perspectives énergétiques 2050*. Connaissance de l'énergie.
- CHEVRON (2025), *Impacts of Net Zero 2050 Scenario*, <https://www.asyousow.org/resolutions/2021/12/9-chevron-request-to-improve-climate-related-audit-procedures>
- CHEVRON (2023). *Rapport annuel 2023*. Chevron. <https://www.chevron.com/investors/annual-report>
- CHEVRON (2023), *Chevron Strategic Outlook*, https://www.ief.org/_resources/files/events/9th-joint-ia-ief-opec-workshop-on-the-interactions-between-physical-and-financial-energy-markets/16-2023-04-27---chevron_robot-schwiers.pdf?utm_source=chatgpt.com
- CIEPA (2024). *Rapport sur les émissions de méthane dans le secteur énergétique*.
- CLIMATE ACTION TRACKER (2023), *Country Policies and Targets*. <https://climateactiontracker.org/>
- CME (2013). *Les scénarios mondiaux de l'énergie à l'horizon 2050*. Conseil Mondial de l'Énergie.
- COLLSTE D., AGUIAR A.P D., HARMACKOVA Z.V, GALAFASSI D., PEREIRA L.M, SELOMANE O., DER LEEUW S. (2019). *Three Horizons for the Sustainable Development Goals : A Cross Scale Participatory Approach for Sustainability Transformations*. https://sustainability.sciencesconf.org/data/pages/52.Collste_2019.pdf
- CORMIER C., TESKE S. (2013), *Scenario for Energy transition*. Greenpeace France.
- CURRY A. (2012). *The Scenarios Question in The Future of Futures*. Association of Professional Futurists.

- CURRY A., HODGSON A. (2008). Seeing in Multiple Horizons : Connecting Futures to Strategy. *Journal of Futures Studies*. Vol 13 (1). 1 - 20.
- DIEMER A. (2015). Loi sur la transition énergétique, croissance verte et développement durable. *Revue Francophone du Développement Durable*, n°6, octobre, 23 - 46.
- DIEMER A. (2008), La question énergétique au cœur du développement durable ? *Cahiers du CERAS*, janvier, 1 -32.
- DURUISSEAU K. (2014). L'émergence du concept de transition énergétique. *Quels apports de la géographie*. BSGlG, 63, 21 - 34.
- ENEA CONSULTING (2018). *Point de vue. Perspectives Energies 2050*, Connaissances des Énergies, p. 57 - 60.
- EXXON MOBIL GENERAL OUTLOOK (2025), *Our view to 2050*. <https://corporate.exxonmobil.com/sustainability-and-reports/global-outlook>
- EXXON MOBIL (2024), *Perspectives mondiales*, <https://corporate.esso.fr/-/media/france/files/2024/perspectives-mondiales---exxonmobil-global-outlook-vff.pdf>
- EXXON MOBIL (2023). *Rapport annuel 2023*. ExxonMobil.
- EXXON MOBIL (2019). *Outlook for Energy Data*.
- FMI (2022), *Rapport annuel sur l'économie algérienne*
- GODET M. (1990). Integration of scenarios and Strategic Management. *Futures*. September, 730 - 739.
- GODET M. (1983). Impacts croisés : exemples d'applications. *Futuribles*. Novembre. 41 - 51.
- IEA (2024), *World Energy Outlook 2024*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- IEA (2024), *Global Methane Tracker, Report, March*, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2024/>
- IEA (2021). *Renewables, Analysis and Forecast to 2026*. Report. December.
- IEA (2021). *World Energy Outlook*, October.
- IEA (2021). *Net Zero by 2050, A Road Map for the Global Energy Sector*, Report, May.
- IEA(2020). *Global Energy Review*, July.
- IEA (2019). *World Energy Outlook 2020*, Executive Summary.
- IEA (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*.
- IRENA (2023). *Global Renewables Outlook*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications/2023>
- IRENA (2018). *Rapport. Agence Internationale pour les énergies renouvelables*.
- IRENA (2012). *Rapport. Agence Internationale pour les énergies renouvelables*.

- JEFFERSON M. (2012). Shell Scenarios: what really happened in the 1970s, and what may be learned for Current World Prospects. *Technological Forecasting and Social Change*, vol 79.
- JEFFERSON M., VOUDOURIS V. (2011). Oil Scenarios for Long Term Business Planning : Royal Dutch Shell and Generative Explanation, 1960 - 2020. *CIBS Working Papers Series* n°18. January, 41 P.
- LES ECHOS (2023), *La quasi totalité des producteurs de pétrole et de gaz continuent d'investir dans les énergies fossiles*, le 15 novembre, <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/la-quasi-totalite-des-producteurs-de-petrole-et-de-gaz-continuent-dinvestir-dans-les-energies-fossiles-2028995>
- MULLER G. (2021), Applying Roadmapping and Conceptual Modeling to the Energy Transition: A Local Case Study. *Sustainability*, 13, 3683. <https://doi.org/10.3390/su13073683>
- NESO (2024), *Future Energy Scenarios, pathways at a glance*, July, 18 p. <https://www.neso.energy/publications/future-energy-scenarios-fes>
- OFFICE FOR NATIONAL STATISTICS (2023), *Greenhouse Gas Emissions, UK Provisional Estimates, 2023*. UK Government.
- ONU (2024). *Rapport sur les Objectifs de Développement Durable*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- ONU. (2023, 8 septembre). *Rapport sur l'élimination progressive des combustibles fossiles*.
- PHAAL R., FARRUKH C.J.P, PROBERT D.R (2004), Technology Roadmapping - A planning framework for evolution and revolution, *Technological Forecasting and Social Change*, vol 71, issues 1-2, January - February, p. 5 - 26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- RAGAZZI G. (2019). *Les modèles économiques dans la Transition Énergétique bas carbone à l'échelle locale*. Economies et finances. Université Paris sciences et lettres.
- RECLAIM FINANCE (2024), *Assessment of ExxonMobil's Climate Strategy*.
- REVEST C. (2013). *Les termes clés de la transition énergétique*. Sciences et Techniques. <https://balises.bpi.fr/les-termes-cles-de-la-transition-energetique/>
- RICARDO ENERGY AND ENVIRONMENT (2023). *UK Environmental Accounts. Office for National Statistics*.
- RUEDINGER A., AYKUT S.C (2015), Les transitions énergétiques allemande et française. *Annuaire français de relations internationales*. Paris: La Documentation française, 16, 389-407.
- SCHOEMAKER P.J.H, VAN DER HEIJDEN C.A.J.M (1993). Strategic Planning at Royal Dutch. Shell. *Journal of Strategic Change*. Vol 2, 157 - 171.
- SHARPE B., HODGSON A., LEICESTER G., LYON A., FAZEY I. (2016). Three Horizons : a Pathways Practice for Transformation. *Ecology and Society*. June, vol 21 (2), 16 p.
- SHARPE B. (2013). *Three Horizons : Patterning of Hope*. Triarchy Press. Axminster. Devon. UK.

- SHARPE B., HODGSON T., PAGE I. (2006). *Energy Security and Climate Change*. Discussion Paper. International Futures Forum. Aberdour.
- SHELL (2019). *Outlook for Energy: A perspective to 2040*. Report.
- SHELL (2012). *40 years of Shell Scenarios, 1972 - 2012*.
- SHELL (2008). *Shell Global Scenarios to 2025*, 2nd Edition.
- SONATRACH (2022), rapport annuel 2022.
- SONATRACH (2020). *Rapport Annual 2020*. Sonatrach.
- THE ECONOMIST (2024), *Energy Transition has been profoundly misunderstood*, 10 novembre, https://www.economist.com/culture/2024/11/10/energy-transition-has-been-profoundly-misunderstood?utm_medium=cpc.adword.pd&utm_source=google&ppccampaignID=18151738051&ppcadID=&utm_campaign=a.22brand_pmax&utm_content=conversion.direct-response.anonymous&gad_source=1&gbraid=0AAAAADBuq3JPzXJBBBunuK6SqWPNG1NDp&gclid=Cj0KCQiAvP-6BhDyARIsAJ3uv7b_81piQny5l0Dazr4vrzLcCDyG-9CdISMHLMIOK6dLVu0uGb8nz0AaAlehEALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- THE SHIFT PROJECT (2022), *Le plan de transformation de l'économie française*, Odile Jacob.
- TOTAL (2020). Communiqué de presse, résultat du quatrième trimestre 2020.
- UK CLIMATE COMMITTEE (2023), *The Sixth Carbon Budget: The UK's Path to Net Zero*. UK Government.
- U.S Department of Energy. (2023), *Hydrogen Energy Strategy*. <https://www.energy.gov/hydrogen-strategy>
- U.S. Department of Energy (2023), *Hydrogen Strategy Update to Market*, December.
- YERGIN D. (1991). *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power*. Simon & Schuster.

ANNEXE - Modèle stock flux

