

Synthèse et traduction

Rapport du IEA sur la transition énergétique du 13 octobre 2021 :

« *World Energy Outlook 2021* »

En amont de la COP26 (Glasgow), le rapport *World Energy Outlook 2021* donne une vue d'ensemble du chemin parcouru dans la transition vers une énergie propre, mais également du chemin qu'il reste à parcourir. En effet, si l'énergie joue un rôle crucial pour le bien-être humain, le développement social et économique, le secteur de l'énergie est également responsable de près de trois-quarts des émissions globales de gaz à effet de serre (GES). A ce titre, les actions menées par les gouvernements sont déterminantes, notamment en définissant des conditions-cadres, en soutenant l'innovation, en affirmant leurs ambitions à long terme et en prenant les mesures nécessaires pour les réaliser.

Afin d'illustrer les choix auxquels sont confrontés les décideurs du monde entier, ce rapport présente plusieurs scénarios à long terme. Les trois principaux scénarios¹ utilisés dans ce rapport sont :

- Le scénario « **zéro émission nette d'ici 2050** » (NZE) qui illustre la trajectoire – laborieuse mais réalisable – menant le domaine énergétique mondial à zéro émission nette de CO₂ d'ici 2050.
- Le scénario des « **engagements annoncés** » (APS) qui se base sur l'hypothèse que tous les engagements des gouvernements en matière de climat soient respectés dans les délais prévus – y compris les contributions déterminées au niveau national (CDNs²) et les annonces d'objectif « net zéro » à long terme.
- Le scénario des « **politiques établies** » (STEPS) qui reflète les politiques actuellement mises en œuvre (ainsi que celles qui ont été annoncées) par les gouvernements.

UNE NOUVELLE ECONOMIE DE L'ENERGIE SE DESSINE

Il y a des signes évidents de changement, au vu des récents développements des énergies renouvelables (notamment éoliens et solaires photovoltaïques) et des ventes de véhicules électriques. Toutefois, si une nouvelle économie de l'énergie est en train d'émerger, elle n'arrive pas assez rapidement pour éviter les conséquences graves des changements climatiques.

L'électricité y joue un rôle de plus en plus central. En effet, la part de l'électricité dans la consommation finale d'énergie a globalement augmenté au cours des dernières décennies. Dans le NZE, l'électricité représente environ 50% de la consommation finale d'énergie d'ici 2050 (environ 30% dans l'APS). L'essor de l'électricité nécessite une augmentation des investissements liés à l'énergie. Dans le NZE, les investissements dans la production et l'infrastructure d'électricité sont six fois plus élevés que pour l'approvisionnement en pétrole et en gaz d'ici 2030.

L'énorme débouché pour les technologies propres devient un domaine majeur d'investissement et de concurrence internationale dans la nouvelle économie de l'énergie. Dans le NZE, les opportunités annuelles de marché pour les fabricants (éoliennes, panneaux solaires, batteries, électrolyseurs, piles à combustible) sont multipliées par 10 d'ici 2050 (1,2 milliard USD) et deviennent alors plus importants que l'industrie pétrolière actuelle et les revenus associés.

La nouvelle économie de l'énergie implique des interactions variées et souvent complexes entre les marchés de l'électricité, des combustibles et du stockage. Un important enjeu du secteur de l'électricité concerne la gestion de la variabilité, tant du côté de l'approvisionnement (part croissante de l'énergie éolienne et du solaire photovoltaïque, impliquant des réseaux robustes) que du côté de la demande (déploiement accru de pompes à chaleur et de climatiseurs).

L'électrification propre constitue le thème dominant (avec l'amélioration de l'efficacité) des premières phases de la transformation de l'économie de l'énergie mondiale. L'innovation en matière d'énergie propre (batteries de pointe,

¹ Le scénario NZE et le scénario APS sont présentés ici pour la première fois. Le document fait également référence au scénario de développement durable (SDD), qui tient compte des objectifs de développement durable en matière d'énergie (accès universel à l'énergie, améliorations majeures de la qualité de l'air et objectif zéro émission nette à 2070).

² L'Accord de Paris prévoit que chaque pays décrive et communique ses actions climatiques pour l'après-2020, actions qui sont appelées « contributions déterminées au niveau national » (CDNs).

électrolyseurs à hydrogène, biocarburants de pointe et nouvelles technologies pour le captage et l'utilisation du CO₂) apparaît également essentielle à la décarbonisation de l'industrie lourde et du transport longue distance. Le développement et le déploiement de ces technologies exigent des investissements soutenus dans la recherche et le développement ainsi qu'un programme accéléré des projets de démonstration.

Ces changements induisent une réorientation des flux globaux d'échanges et de capitaux. Dans le NZE, la part combinée de l'hydrogène et des minéraux critiques (notamment utilisés pour le réseau électrique et les batteries) occupe une place prépondérante à mesure que le commerce des combustibles fossiles diminue.

La nouvelle économie de l'énergie envisagée dans le NZE est collaborative, au sens où les pays font preuve d'une volonté commune de réduire les émissions de CO₂, tout en minimisant les nouveaux risques pour la sécurité énergétique. Toutefois, l'APS souligne la possibilité de nouvelles divisions et de fragmentations à mesure que les pays progressent à des vitesses différentes (avec le risque que les capitaux issus du monde « zéro émission nette » ne s'écoulent pas librement vers les pays engagés dans une transition plus lente).

Pour atteindre l'objectif de zéro émission nette, il faut une augmentation sans précédent des investissements dans l'énergie propre. Dans le NZE, les investissements annuels dans l'énergie propre devront atteindre 4 milliards USD d'ici 2030, soit plus du triple de la situation actuelle. Avec plus de 60 % du total, les batteries représentent la part prépondérante du marché estimé des technologies énergétiques propres en 2050, devenant également la plus grande source de demande pour divers minéraux critiques (lithium, nickel, cobalt, etc.).

SCÉNARIOS, TRAJECTOIRES ET TEMPÉRATURE

Ce rapport fournit un bilan détaillé du chemin parcouru par les pays dans leurs transitions énergétiques, mais également un constat édifiant du chemin qu'il reste à parcourir. Dans le NZE, les émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie baissent à 21 GtCO₂ en 2030, marquant un changement décisif de direction (34 GtCO₂ dans l'APS, 36 GtCO₂ dans le STEPS)³.

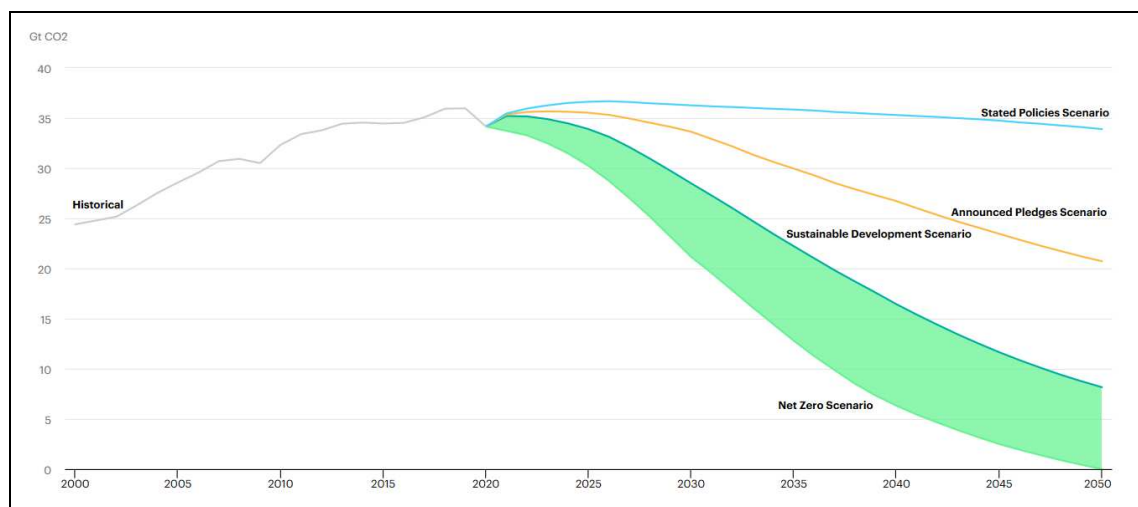


Figure 1 : Emissions de CO₂ - Scenarios WEO-2021, 2000-2050

L'APS met notamment en évidence le risque d'émergence d'un monde à deux vitesses, dans lequel la réalisation des engagements « zéro émission nette » dans certains pays est couplé à des efforts limités de réduction des émissions dans d'autres. La mise en œuvre du scénario NZE dépend fortement de la collaboration de tous les gouvernements, de manière efficace et mutuellement avantageuse.

L'utilisation du modèle MAGICC⁴ permet d'évaluer la hausse moyenne globale de la température pour chacun des scénarios. Dans le STEPS, cette hausse dépasserait 1,5 °C vers 2030, tandis que dans le NZE, elle atteint un niveau maximal d'un peu plus de 1,5 °C vers 2050 pour diminuer progressivement ensuite.

³ La différence d'émission entre les scénarios STEPS et APS constitue l'*écart d'implémentation* entre les engagements annoncés et le cadre de l'action politique. La différence entre les scénarios APS et NZE constitue l'*écart d'ambition* entre les engagements annoncés et ceux qui sont nécessaires afin de poursuivre l'objectif de l'Accord de Paris.

⁴ Model for the Assessment of Greenhouse Gas Induced Climate Change

Scenario	2030		2050		2100	
Confidence level:	50%	33% – 67%	50%	33% – 67%	50%	33% – 67%
Stated Policies	1.5	1.4 – 1.6	2.0	1.8 – 2.1	2.6	2.4 – 2.8
Announced Pledges	1.5	1.4 – 1.6	1.8	1.7 – 2.0	2.1	1.9 – 2.3
Sustainable Development	1.5	1.4 – 1.6	1.7	1.5 – 1.8	1.6	1.4 – 1.7
Net Zero Emissions by 2050	1.5	1.4 – 1.5	1.5	1.4 – 1.7	1.4	1.3 – 1.5

Note: Shows the maximum temperature rises with 33%, 50% and 67% confidence levels. Source: IEA analysis based on outputs of MAGICC 7.5.3.

Figure 2 : Hausse de température dans les scénarios WEO-2021

Ces différentes hausses de température ont globalement d'importantes conséquences pour les écosystèmes et pour le bien-être humain : chaleur extrême, sécheresse, inondations, mauvaises récoltes, etc. A titre d'exemple, dans le STEPS, on verra vers 2050 un doublement de la fréquence des événements de canicule avec une intensité plus de deux fois supérieure, ou encore des sécheresses 40% plus fréquentes et deux fois plus intenses. D'ici 2100, ces différences de fréquence et d'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes seront encore plus marquées.

GARDER LA PORTE DU 1,5°C OUVERTE

Si les engagements annoncés (i.e. objectif zéro émission nette) et les CDNs actualisés représentent une importante impulsion des efforts mondiaux pour le climat, ils représentent toutefois en 2030 moins de 20 % de l'écart entre le STEPS et le NZE. Il faudra réduire les émissions de 12 GtCO₂ supplémentaires en 2030 afin de mettre le monde sur la voie du NZE. A ce titre, il y a quatre grandes priorités d'action pour combler cet écart au cours de la prochaine décennie et préparer le terrain pour une réduction plus rapide des émissions au-delà de 2030 :

- **Assurer l'intensification de l'électrification propre ;**
- **Réaliser le plein potentiel de l'efficacité énergétique ;**
- **Prévenir les fuites de méthane issues des activités liées aux agents fossiles ;**
- **Stimuler l'innovation en matière d'énergie propre.**

Les trois premières priorités nécessitent l'application à grande échelle de technologies et d'approches qui sont aujourd'hui matures. Si l'électrification propre, l'efficacité et la réduction des émissions de méthane constituent les principaux efforts de la prochaine décennie, ces actions ne peuvent pas mener à l'objectif de zéro émission nette. A ce titre, il est essentiel de stimuler l'innovation en matière d'énergie propre pour que les nouvelles technologies passent les étapes de démonstration / prototype et qu'elles soient prêtes à être déployées dans les années 2030.

Electrification propre – L'assainissement du mix électrique et l'extension de l'électrification des usages finaux constituent ensemble un pilier central des stratégies de transition. En 2020, le secteur électrique émettait 12.3 GtCO₂ (soit 36% des émissions provenant de l'énergie). Le charbon demeure la plus grande source d'électricité au monde (> 1/3 de l'approvisionnement en électricité) et de loin la plus grande source d'émissions du secteur de l'électricité (3/4 des émissions de CO₂ du secteur de l'électricité). A ce titre, une rapide décarbonisation du mix électrique (y compris l'utilisation de l'énergie nucléaire lorsque cela est acceptable⁵) est le moyen le plus important de combler l'écart entre l'APS et le NZE d'ici 2030.

La décarbonisation rapide du secteur de l'électricité nécessite également un important déploiement de la production à faibles émissions. A ce titre, la part de renouvelable (actuellement 30% de la production globale) passe en 2030 à 45% (APS) voire à 60% (NZE). Les potentiels de déploiement les plus importants pour combler cet écart d'émissions (15%) concernent surtout le solaire photovoltaïque et l'éolien et se trouvent en majorité dans les marchés émergents et les économies en développement.

L'intensification des réseaux et de tout ce qui apporte de la flexibilité (i.e. les systèmes de stockage) est également essentielle : parallèlement à l'expansion et à la modernisation des réseaux, la capacité de stockage des batteries à l'échelle industrielle augmente 18 fois entre 2020 et 2030 dans l'APS et plus de 30 fois dans le NZE.

La transformation de l'approvisionnement en électricité va de pair avec une augmentation de la consommation d'électricité, à mesure que la demande augmente dans les utilisations finales existantes et que de nouvelles

⁵ Dans ce rapport, l'énergie nucléaire est maintenue à des niveaux constants au-delà de 2030, notamment par le déploiement de petits réacteurs modulaires pour produire de l'électricité, de la chaleur et de l'hydrogène à faibles émissions.

utilisations finales sont électrifiées (ex. transports, chauffage⁶). Dans le NZE, la part des véhicules électriques dans les ventes de voitures dépasse 60 % en 2030.

Efficienc e énergétique – L'amélioration de l'efficacité énergétique réduit la demande en électricité et en combustibles de toutes sortes. A ce titre, un renforcement des politiques relatives à l'efficacité énergétique revêt une importance particulière dans les secteurs des transports et du bâtiment. On peut noter que les changements de comportement contribuent également aux réductions d'émissions, notamment dans le secteur des transports. Des normes plus strictes pour les appareils et l'utilisation de carburant sont également essentielles afin d'en améliorer l'efficacité, tout comme une politique plus rigoureuse quant à l'efficacité matérielle dans l'industrie.

Méthane – Tandis que le méthane a contribué pour environ 30 % de l'augmentation globale actuelle de la température, le 6^e Rapport du GIEC⁷ souligne qu'une réduction rapide et soutenue des émissions de méthane est essentielle pour limiter le réchauffement à court terme. En l'occurrence, le secteur de l'énergie constitue actuellement l'une des plus importantes sources d'émissions de méthane, globalement estimée à environ 120 Mt de méthane en 2020 (soit environ 3.5 Gt CO₂e). On estime que près de 45 % des émissions actuelles provenant du pétrole et du gaz pourraient être évitées sans coût net (ex. gestion des fuites, limitation des dégazages). Dans le NZE, les émissions totales de méthane provenant de toutes les exploitations utilisant des combustibles fossiles ont diminué d'environ 75 % d'ici 2030, en lien notamment avec un déploiement rapide de mesures et de technologies de réduction des émissions, qui conduit à l'élimination de toutes les émissions de méthane techniquement évitables d'ici 2030.

Innovation – Près de la moitié des réductions d'émissions réalisées dans le NZE en 2050 proviennent de technologies qui sont encore actuellement au stade de démonstration ou de prototype. A ce titre, les gouvernements doivent renforcer leur soutien dans les domaines technologiques clés (batteries de pointe, combustibles à faible émission de carbone, électrolyseurs à hydrogène, technologies d'émissions négatives, etc.). Dans le NZE, environ 90 milliards USD de fonds publics sont mobilisés pour compléter un portefeuille de projets de démonstration avant 2030 (contre 25 milliards USD actuellement). Pour ce qui concerne les combustibles bas-carbone (notamment l'hydrogène) et le CCUS (*Carbone Capture Utilization & Storage*), les engagements annoncés accusent un retard par rapport aux jalons du NZE. En raison de la longue durée de vie des infrastructures et du changement relativement lent dans ces domaines, le rattrapage après 2030 sera particulièrement difficile. Dans le NZE, les nouvelles technologies montrent déjà des progrès essentiels dans la décennie à venir, pour un déploiement post-2030 et une contribution effective à l'objectif zéro émission nette en 2050.

LES CONSOMMATEURS DE DEMAIN

Toute évaluation globale de l'énergie et des émissions de GES doit accorder une place centrale aux marchés émergents et aux économies en développement, qui comptabilisent (exception faite de la Chine) à ce jour les deux tiers de la population mondiale. Comme l'a démontré la Chine durant les deux dernières décennies, le développement de l'infrastructure nécessaire à une économie moderne et en développement rapide est très énergivore et à forte intensité d'émissions.

Alors que de nombreux pays émergents et en développement évaluent la meilleure façon de répondre à leurs besoins futurs en matière d'énergie et de développement, la baisse des coûts des principales technologies d'énergie propre offre une occasion importante pour tracer une nouvelle trajectoire de croissance basée sur l'électrification propre et l'efficacité énergétique. Toutefois, la plupart des marchés émergents et en développement font actuellement face à la pandémie de COVID-19, crise qui constitue un revers pour les efforts visant à améliorer l'accès à l'énergie propre, mettant à rude épreuve les finances des services publics (investisseurs clés dans les réseaux et projets renouvelables).

Sur l'ensemble des combustibles et des technologies, les économies émergentes et en développement jouent un rôle déterminant dans l'établissement des tendances mondiales pour les temps à venir (représentant la majeure partie de la croissance des émissions de CO₂ au cours des prochaines décennies). Dans le STEPS, les émissions des économies émergentes et en développement (à l'exclusion de la Chine) devraient ainsi augmenter de 5,5 GtCO₂ jusqu'en 2050 (la plus forte augmentation provenant de l'industrie et des transports), tandis que les émissions des économies avancées et de la Chine devraient diminuer de 3 à 3,7 GtCO₂. Dans l'APS, la divergence des tendances est encore plus marquée. En matière de lutte contre les changements climatiques, les responsabilités et les capacités diffèrent

⁶ Les pompes à chaleur représentent la plus grande opportunité d'électrification dans le secteur du bâtiment.

⁷ <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

fortement. A ce titre, un soutien financier international renforcé pourrait servir de catalyseur à la transition énergétique globale.

A ce jour, 770 millions de personnes n'ont pas accès à l'électricité, principalement en Afrique et dans les pays en développement d'Asie. Malgré une nette amélioration entre 2015 et 2019, la situation en 2021 s'est détériorée : l'impact de la pandémie a affaibli la capacité de payer pour l'électricité, avec pour conséquence que les ménages envisagent d'opter pour des systèmes moins coûteux et plus petits. Les progrès concernant l'accès à une cuisine propre ont connu un renversement similaire. Les gouvernements et les organismes de développement ont fourni une aide financière d'urgence pour réduire ces répercussions. Ces leviers financiers devront être prolongés afin de relancer la dynamique et favoriser l'accès à une énergie propre pour tous.

MOBILISER L'INVESTISSEMENT ET LE FINANCEMENT

Pour se mettre sur la voie pour l'objectif zéro émission nette d'ici 2050, il faut que les investissements liés à la transition énergétique s'accroissent pour passer à près de 4'000 milliards USD par an d'ici 2030. Relativement à l'APS, cette expansion se caractérise par une augmentation des investissements annuels de 1,1 milliard USD dans la production d'énergie propre et l'infrastructure électrique et de 0,5 milliard USD dans l'efficacité énergétique et la décarbonisation (bâtiment, industrie et transports), ainsi que par une rapide intensification des combustibles bas-carbone (hydrogène et bioénergie).

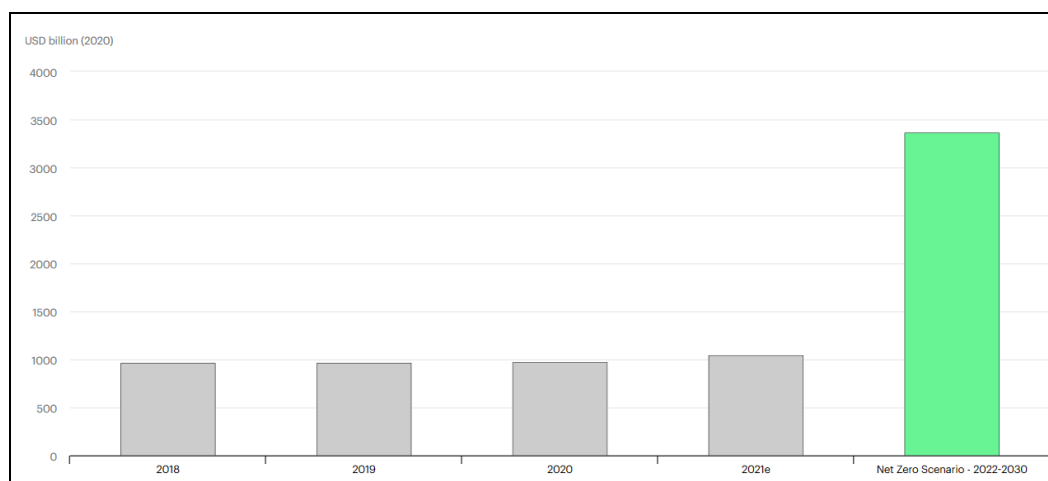


Figure 3 : Investissements dans l'énergie propre et les infrastructures, 2018-2030

Dans le NZE, le rôle des institutions de finances publiques est particulièrement important, leurs investissements ayant plus que doublé par rapport à l'APS. La mobilisation des investissements dans les énergies propres dépendra de l'obtention de financements locaux et internationaux.

De la nécessité de mobiliser les capitaux requis pour la transition énergétique, deux thèmes transversaux nécessitent une attention urgente de la part des décideurs publics et privés : le renforcement du soutien international et une mobilisation plus étendue de capitaux privés.

Renforcement du soutien international – L'engagement pris par les « économies avancées » de mobiliser annuellement 100 milliards USD dans le financement pour la protection du climat est nécessaire mais insuffisant. Les institutions de financement du développement ont un rôle central à jouer et devront se concentrer sur la réduction des émissions dans un large éventail de secteurs et d'activités. Un effort multidimensionnel sera également nécessaire pour gérer les conséquences financières et humaines de l'élimination progressive des actifs à forte intensité d'émissions comme les centrales au charbon.

Mobilisation plus étendue de capitaux privés – Si l'on veut que la transition vers l'énergie propre soit menée à bien, les promoteurs et les financiers privés doivent augmenter la quantité de capital qu'ils allouent à la transition énergétique ainsi qu'aux économies émergentes et en développement⁸. Des approches de financement durable sont

⁸ A noter que l'alignement des investissements sur l'objectif NZE risque d'exclure les pays à forte empreinte carbone ou les secteurs présentant des trajectoires plus difficiles.

nécessaires pour favoriser l'engagement des investisseurs auprès des entreprises et économies à forte intensité de CO₂.

Dans le cadre de la transition, l'idée d'investissements « propres » ou « sales » ne coïncide pas avec la réalité. En effet, une grande partie des investissements est destinée à des secteurs, des technologies et des infrastructures qui ne fournissent pas immédiatement de l'énergie « zéro émission », mais qui doivent progressivement contribuer à les réduire. Dès lors, l'investissement requis dans le domaine de l'énergie peut être réparti en quatre catégories :

- **A faibles émissions** : Investissements qui fournissent de l'énergie ou des services énergétiques à zéro émission ou à très faibles émissions (ex. énergies renouvelables, carburants à faibles émissions, CCUS).
- **Contingent** : Investissements qui pourraient permettre de l'énergie ou des services énergétiques à zéro émission, mais seulement avec des changements ailleurs dans le système (ex. réseaux électriques, amélioration de l'efficacité des appareils électriques qui dépendent de la décarbonisation de l'électricité, tels que les véhicules électriques).
- **De transition** : Investissements qui permettent de réduire les émissions, mais qui ne produisent pas d'énergie ou de services énergétiques (ex. mesures d'efficacité ou de flexibilité qui réduisent l'utilisation de fossiles).
- **Dans la continuité fossile** : Des investissements qui ne permettent pas de réduire les émissions actuelles (ex. investissements dans les mines ou les centrales à charbon).

Dans le NZE, environ la moitié des investissements de la prochaine décennie tombe dans cette complexité des dépenses. Le principal défi consiste à s'assurer que des canaux financiers adéquats demeurent ouverts pour soutenir les investissements *contingents* ou *de transition*, sans que cela ne devienne une échappatoire pour des investissements qui ne sont pas alignés sur l'Accord de Paris, ou qui favorisent le greenwashing.

TRANSITIONS CENTRÉES SUR LES PERSONNES

Si la transformation du domaine de l'énergie consiste notamment à réduire les émissions de GES, elle vise également à améliorer la qualité de vie : éradiquer la pauvreté énergétique et considérer les enjeux d'emploi, d'équité, d'inclusion, d'accessibilité et de développement économique durable.

L'emploi dans les domaines de l'énergie propre devrait devenir un élément très dynamique du marché du travail, la croissance compensant largement le déclin des secteurs traditionnels d'approvisionnement en combustibles fossiles. Toutefois, les nouveaux emplois ne se trouveront pas nécessairement là où les emplois ont été perdus : on estime qu'un quart de l'emploi dans le domaine de l'énergie est lié à des chaînes d'approvisionnement qui peuvent être situées dans d'autres pays (notamment le solaire photovoltaïque, l'éolien, les batteries).

Une transition bien gérée peut notamment apporter des co-bénéfices en termes de santé et de productivité. Alors que le STEPS et l'APS montrent une augmentation du nombre de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique au cours de la prochaine décennie, le NZE montre des réductions importantes, notamment dans les économies émergentes et en développement. Dans le NZE, d'ici 2030, tous les nouveaux bâtiments respectent les standards « zéro-carbone » et environ 20% des bâtiments existants sont adaptés à ces normes.

Une conception adéquate des politiques tient également compte des questions d'équité et d'inclusion (ex. tarification du carbone pour atténuer les impacts distributifs, participation des jeunes générations au débat sur la politique énergétique et climatique, évaluation des conséquences sur le genre, participation des femmes, etc.).

Les transitions de grande envergure nécessitent une large acceptation sociale et un engagement dans l'ensemble de la société. Dans le NZE, au moins la moitié des réductions d'émissions d'ici 2030 impliquent l'adhésion des consommateurs (ex. choix de la pompe à chaleur) ou des changements de comportement (ex. mode de déplacement).

L'obtention de l'appui du public pour le changement implique des compromis difficiles. Par exemple, la création de subventions pour les pompes à chaleur pourrait rendre le gaz naturel plus coûteux (facture de chauffage des ménages plus élevée), l'introduction d'une taxe carbone pourrait provoquer une réaction négative des ménages à faible revenu en l'absence de moyens efficaces de gérer les conséquences distributionnelles. L'acceptation sociale est également essentielle pour l'implantation et l'autorisation de nouvelles infrastructures (développement du réseau, éoliennes, panneaux solaires, etc.). En termes d'usage, il existe également de grandes différences liées au genre dans l'utilisation des transports (distances parcourues, nombre de déplacements, etc.). En effet, dans de nombreux pays, les femmes ont moins accès aux voitures privées et représentent donc la majorité des usagers des transports publics. A ce titre, des politiques efficaces dans le secteur de l'énergie nécessitent un effort plus important pour soutenir la collecte de données relatives au genre, ce qui est encore rare à l'heure actuelle.

ÉLIMINATION PROGRESSIVE DU CHARBON

Tous les scénarios qui répondent aux objectifs climatiques montrent un déclin rapide de l'utilisation du charbon. En effet, c'est non seulement le combustible ayant la plus forte intensité de carbone, mais également celui dont l'utilisation principale se situe dans un secteur (i.e. la production électrique) où les options d'énergie renouvelable sont les plus rentables sur le marché.

Dans le STEPS, l'utilisation globale du charbon dans le domaine de l'énergie diminue d'environ 5 % jusqu'en 2030 (dans l'APS de 10 % et dans le NZE de 55 %). Cependant, l'abandon du charbon n'est pas simple à gérer, notamment au rythme requis dans le NZE, où toute la production d'électricité à partir du charbon s'arrête d'ici 2040.

L'élimination progressive du charbon dans le secteur de l'électricité comporte deux aspects : l'arrêt de la construction de nouvelles centrales et la diminution des émissions provenant des installations existantes. Dans le NZE, il n'y a pas de nouvelles décisions d'investissement pour la construction de centrale à charbon, tandis qu'on envisage de nouvelles centrales dans les deux autres scénarios au-delà de 2030. La réduction des émissions du parc existant de centrales est particulièrement délicate à mener : compte tenu de la dépendance au charbon d'un certain nombre de régions, la fermeture ou la reconversion de mines de charbon et de centrales électriques pourrait avoir d'importantes conséquences économiques et sociales. D'autre part, s'il est évident que la priorité consiste à éliminer progressivement les centrales les plus anciennes et les moins efficaces, plus d'un milliard USD de capital n'a pas encore été récupéré dans les centrales plus récentes du parc.

Dans le NZE, une approche multiple est nécessaire pour s'attaquer aux émissions tout en maintenant un approvisionnement fiable en électricité : Les centrales existantes sont soit modernisées avec le CCUS, soit cogérées avec des combustibles à faibles émissions (biomasse ou ammoniac), soit réaffectées pour favoriser la flexibilité du système, soit mises hors service. Ce faisant, les émissions des centrales existantes en 2030 sont 75% inférieures au niveau de 2020 (soit une réduction de plus de 7 GtCO₂).

L'élimination progressive du charbon à l'échelle et au rythme requis dans le NZE nécessite un engagement global et soutenu des gouvernements nationaux et locaux et de la communauté internationale pour gérer les transitions. Il n'existe pas de plan unique pour éliminer progressivement la production électrique à partir du charbon, dans la mesure où cela dépend inévitablement des circonstances et des priorités locales.

Dans les économies émergentes et en développement, une croissance rapide de la production d'électricité à faibles émissions de carbone est nécessaire pour suivre l'augmentation de la demande d'électricité, ce qui limite les possibilités de remplacer les centrales au charbon existantes. Les efforts pour gérer la transition du charbon sont facilités par les institutions de financement du développement, notamment dans la conception de mesures ciblées.

PRIX ET ABORDABILITÉ

La reprise économique de 2021 a resserré les marchés et exercé une pression à la hausse sur l'ensemble des prix. Le prix des principaux matériaux critiques (ex. lithium, cuivre) a fortement rebondi et se situe proche des niveaux les plus élevés au cours de la dernière décennie. On estime que si ces prix élevés se maintenaient, ils augmenteraient les coûts d'investissement d'ici 2030 de plus de 400 milliards USD (STEPS), voire de 700 milliards USD (NZE).

L'effet d'un prix élevé des combustibles fossiles sur la transition énergétique n'est pas évident. Par exemple, si des prix élevés des agents fossiles réduisent l'écart de compétitivité vis-à-vis de l'énergie bas-carbone, ils donnent également un signal pour investir dans un renouvellement de l'approvisionnement en énergie fossile.

La politique et la conception du marché déterminent la manière dont le prix des produits de base transparait dans les factures d'énergie des ménages. L'amélioration de l'efficacité énergétique, l'électrification et le passage à des sources bas-carbone pourraient contribuer à rendre l'énergie plus abordable. Cependant, ces actions nécessitent souvent un investissement initial et, même si ces coûts sont compensés au fil du temps par des économies d'énergie, l'accès au financement demeure un obstacle important à surmonter. Des subventions ciblées pour l'énergie bas-carbone (notamment l'électricité) pourraient être nécessaires pour alléger les familles à faible revenu, à mesure que les systèmes énergétiques se dirigent vers la cible de zéro émission nette.

La part de l'électricité dans les factures d'énergie des ménages augmente dans tous les scénarios. Dans le NZE, l'électricité représente 90 % des factures des ménages dans les économies émergentes et en développement et près de 80 % dans les économies avancées d'ici 2050 (n.b. moyenne mondiale d'environ 30 % en 2020). Si

l'approvisionnement en électricité et la demande dépendent notamment des conditions météorologiques, cela peut induire une forte volatilité des prix. Dans le NZE, la volatilité des prix est réduite par divers moyens de flexibilité à court et long terme (batteries, hydroélectricité, production thermique bas-carbone, réseaux interconnectés, etc.).

SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE ET RISQUE DE CHANGEMENT DÉSORDONNÉ

La transition énergétique peut être volatile, caractérisée par des intérêts concurrents et des politiques de « stop-go ». Sur la trajectoire vers l'objectif de zéro émission nette, il existe un risque constant d'inadéquation entre l'offre et la demande d'énergie (ex. manque de signaux appropriés pour l'investissement, progrès technologiques insuffisants, politiques mal conçues, goulets par manque d'infrastructures, etc.).

La transition énergétique entraîne un changement majeur dans le mix énergétique primaire, passant des combustibles à forte intensité de carbone aux sources d'énergie bas-carbone. Si la part des combustibles fossiles dans le mix est restée autour de 80% sur plusieurs décennies, elle baisse à environ 50% d'ici 2050 dans l'APS et s'effondre à un environ 20% dans le NZE. Les projections mettent en évidence l'énorme incertitude concernant la demande future. En effet, selon les scénarios, la demande en pétrole varie considérablement d'ici 2050. Ces variations induisent des implications très différentes pour l'investissement.

A mesure que les sociétés dépendent davantage de l'électricité, de nombreux nouveaux défis se posent en matière de sécurité énergétique. Dans tous les scénarios, la part des différentes énergies renouvelables dans la production d'électricité augmente pour atteindre 40 à 70 % d'ici 2050 (bien au-dessus de la moyenne globale actuellement sous les 10%). Le stockage de l'électricité et les sources d'énergie à faibles émissions sont essentiels pour répondre aux exigences de flexibilité dans la transition vers l'énergie propre.

La gestion des déséquilibres entre l'offre et la demande nécessite une transformation fondamentale du fonctionnement des systèmes énergétiques. Le système énergétique de l'avenir se compose d'un réseau beaucoup plus complexe d'interactions entre les combustibles solides, liquides et gazeux, et l'électricité. Dans le NZE, d'ici 2050, environ 40 % de l'énergie primaire est convertie au moins deux fois avant d'atteindre les utilisateurs finaux. L'énergie circule à travers les batteries et les électrolyseurs, subit des conversions de l'électricité à la chaleur ou aux combustibles, et inversement. De tels processus de conversion sont essentiels afin d'assurer la flexibilité nécessaire du système face à la variabilité de l'offre et de la demande (en particulier dans le NZE).

Un système énergétique plus complexe, basé sur l'électrification, soulève des questions sur l'avenir des infrastructures de gaz naturel. A ce titre, il apparaît nécessaire de concevoir des modèles de marché qui reconnaissent la valeur des infrastructures existantes (notamment pour la flexibilité). En effet, la transition nécessite un séquençage minutieux : les interdictions ou les limites d'utilisation des chaudières à gaz ou des véhicules thermiques ne peuvent fonctionner que s'il existe des solutions de rechange adéquates (à faible teneur en carbone, fournissant le même service, à un coût semblable ou inférieur).

Les infrastructures énergétiques mondiales sont confrontées à des risques physiques croissants liés aux changements climatiques. On estime qu'environ 25% des réseaux électriques mondiaux sont exposés à un risque élevé de cyclones destructeurs, que plus de 10 % des parcs de production d'électricité et des raffineries côtières sont exposés à de graves inondations côtières et que 33% des centrales thermiques refroidies à l'eau sont situées dans des zones de stress hydrique élevé. Ces risques devraient augmenter avec le temps, ce qui met en évidence la nécessité urgente de renforcer la résilience des systèmes énergétiques aux changements climatiques.

Les technologies de l'énergie propre ne sont pas à l'abri des aléas géopolitiques. Dans le STEPS, les besoins globaux en minéraux critiques pour les technologies d'énergie propre triplent entre aujourd'hui et 2050, et sont multipliés par six dans le NZE. Dans de nombreux cas, l'approvisionnement en minéraux critiques est concentré dans un nombre plus restreint de pays que pour le pétrole et le gaz naturel. Cela signifie que les chaînes d'approvisionnement utilisant des matériaux importés (panneaux solaires, éoliennes, batteries, etc.) pourraient rapidement être touchées par des changements réglementaires, des restrictions commerciales ou même de l'instabilité politique. Il importe d'élaborer une approche globale, en mettant notamment l'accent sur le recyclage, la résilience des chaînes d'approvisionnement et la durabilité.

Alors que de nouvelles dimensions de la géopolitique de l'énergie apparaissent, l'importance traditionnelle du commerce des hydrocarbures ne disparaît pas. Dans l'APS et le NZE, l'approvisionnement en pétrole et en gaz se concentre dans un petit nombre de producteurs (la part des membres de l'OPEP et de la Fédération de Russie dans la production mondiale de pétrole augmente considérablement, passant de 47 % à 61 % en 2050 dans le NZE).

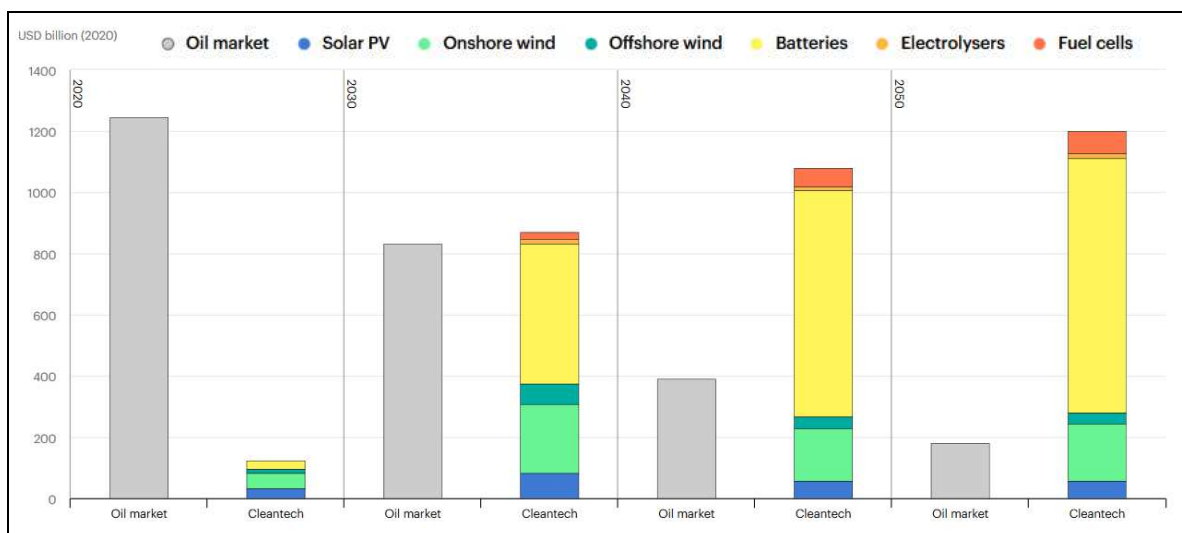


Figure 4 : Estimation du marché du pétrole et des cleantechs dans le NZE, 2020-2050

CARBURANTS : ANCIENS ET NOUVEAUX

Si l'électrification propre est un élément central de tous les scénarios, il n'est pas possible de tout électrifier. Même dans le NZE, l'électricité représente moins de 50% de la consommation finale d'énergie en 2050 (APS 31% et STEPS 26%). Les divers combustibles liquides, gazeux et solides continueront d'apporter une contribution majeure au mix énergétique mondial jusqu'en 2050.

La demande en pétrole, pour la première fois, montre un déclin éventuel dans tous les scénarios, bien que la temporalité et le rythme de diminution varient considérablement. La demande en gaz naturel augmente au cours des cinq prochaines années dans tous les scénarios, avec de fortes divergences par la suite (dans le NZE, d'ici 2050, plus de 50 % du gaz naturel consommé est utilisé pour produire de l'hydrogène à faible teneur en carbone, et 70 % du gaz utilisé se trouve dans des installations équipées de CCUS.). Le charbon fait face à un déclin structurel dans tous les scénarios (Dans le NZE, la demande mondiale de charbon diminue de 55 % jusqu'en 2030 et de 90 % jusqu'en 2050, où 80 % de la petite quantité résiduelle de charbon utilisée est équipée de CCUS).

Dans tous les scénarios, le rôle des carburants alternatifs à faibles émissions (bioénergie, carburants à base d'hydrogène) est de plus en plus important. Ceux-ci jouent un rôle clé dans la réalisation des objectifs zéro émission nette, en particulier dans les secteurs où l'électrification directe est la plus difficile. A ce jour, 17 gouvernements ont publié des stratégies d'hydrogène bas-carbone et plus de 20 pays y travaillent. Dans le NZE, en 2030, environ 50% de la production d'hydrogène bas-carbone provient de l'électrolyse et 50% provient du charbon et du gaz naturel équipés de CCUS (ratio variable d'un pays à l'autre). Les progrès réalisés d'ici 2030 seront essentiels au succès ultérieur de l'hydrogène bas-carbone et des combustibles à base d'hydrogène. Le succès dépendra notamment d'importants investissements permettant de réduire les coûts de production et de transport afin de garantir que les nouveaux équipements et véhicules soient rapidement disponibles sur le marché.

SOURCE :

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

Attention : Dans la mesure où le contenu de ce document résulte d'un travail de traduction et/ou de simplification pour permettre une version vulgarisée, il importe de rappeler que les informations partagées dans ce cadre ne font aucunement autorité en la matière (en cas de doute, toujours se référer au document source).