



International
Energy Agency
Secure
Sustainable
Together

World Energy Outlook 2016

RÉSUMÉ

French translation

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) est un organe autonome institué en novembre 1974. Sa double mission est, depuis l'origine, d'une part de promouvoir auprès de ses pays membres une politique de sécurisation des approvisionnements pétroliers reposant sur une réponse collective aux perturbations et d'autre part, de produire des études et des analyses faisant autorité sur les solutions permettant à ses vingt-huit États membres, et au-delà, de disposer d'une énergie fiable, abordable et propre. L'AIE met en œuvre un programme très complet de coopération énergétique entre ses pays membres, chacun d'eux étant dans l'obligation de détenir des réserves de pétrole équivalent à 90 jours de ses importations nettes. L'Agence vise notamment les objectifs suivants :

- garantir aux pays membres des approvisionnements sûrs et suffisants en énergie, notamment en assurant des capacités de réponse urgente face aux perturbations des approvisionnements pétroliers ;
- promouvoir des politiques énergétiques durables qui soutiennent la croissance économique et la protection de l'environnement au niveau mondial, entre autres en termes de réduction des émissions de gaz à effets de serre ;
- améliorer la transparence des marchés internationaux en collectant et en analysant les données énergétiques ;
 - faciliter la collaboration internationale dans le domaine de la technologie énergétique en vue d'assurer les approvisionnements futurs en énergie tout en minimisant leur impact sur l'environnement, grâce par exemple à une meilleure efficacité énergétique et au développement et à la mise en œuvre des technologies sobres en carbone ;
 - apporter des solutions aux défis énergétiques mondiaux grâce à l'engagement et au dialogue avec les pays non membres, l'industrie, les organisations internationales et les autres parties prenantes.

Pays membres de l'AIE :

Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Corée
Danemark
Espagne
Estonie
États-Unis
Finlande
France
Grèce
Hongrie
Irlande
Italie
Japon
Luxembourg
Norvège
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
Pologne
Portugal
République slovaque
République tchèque
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Turquie



**International
Energy Agency**
Secure
Sustainable
Together

© OECD/IEA, 2016
International Energy Agency
9 rue de la Fédération
75739 Paris Cedex 15, France

Veuillez noter que cette publication est soumise à des restrictions particulières d'usage et de diffusion. Les modalités correspondantes peuvent être consultées en ligne à l'adresse www.iea.org/t&c/

La Commission européenne participe également aux travaux de l'AIE.

Le secteur de l'énergie est au cœur de l'Accord de Paris sur le climat, entré en vigueur en novembre 2016. Pour atteindre les objectifs de l'Accord, la transformation du secteur de l'énergie, responsable d'au moins deux tiers des émissions de gaz à effet de serre, est indispensable. Les changements en cours dans le secteur de l'énergie illustrent les promesses et le potentiel des sources d'énergies faiblement carbonées, et confèrent de la crédibilité aux engagements pris pour lutter contre le changement climatique. La hausse des émissions de CO₂ liées à l'énergie s'est complètement arrêtée en 2015, principalement grâce à une amélioration de 1,8 % de l'intensité énergétique à l'échelle de l'économie mondiale, une tendance soutenue par l'accroissement de l'efficacité énergétique, ainsi que par le développement de sources énergétiques plus propres dans le monde entier, essentiellement des énergies renouvelables. Une part croissante des investissements affectés chaque année au secteur énergétique, qui s'élèvent à environ 1 800 milliards de dollars, a été consacrée aux énergies propres, tandis que les investissements dans l'amont pétrolier et gazier ont fortement diminué. La valeur des subventions à la consommation des énergies fossiles a chuté en 2015 à 325 milliards de dollars, contre près de 500 milliards de dollars l'année précédente, en partie dû à la baisse des prix des combustibles fossiles, mais également au processus de réforme des politiques de subventions qui a gagné en envergure dans plusieurs pays.

La transformation du secteur de l'électricité, impulsée par les énergies renouvelables, a donné lieu à un nouveau débat concernant la structure des marchés de l'électricité et la sécurité des réseaux, bien que les préoccupations plus classiques relatives à la sécurité de l'approvisionnement énergétique n'aient pas disparu. Outre les questions liées à l'accès à l'énergie, à l'accès au financement, au changement climatique et à la pollution atmosphérique liés à l'énergie, ainsi que les problèmes d'acceptation publique de certains projets, de nombreux compromis, synergies et priorités doivent être clarifiés dans le secteur énergétique. Le rapport *World Energy Outlook (WEO) (Perspectives énergétiques mondiales)* s'appuie sur différents scénarios et études de cas pour répondre à ces questions. L'édition 2016 fournit par ailleurs la première analyse complète de l'ère post-Accord de Paris. Tous les engagements pris à Paris par quelque 190 pays ont été examinés en détail et intégrés à notre scénario central. Des trajectoires de décarbonisation plus radicales sont analysées dans le *WEO-2016*. Elles incluent non seulement le scénario 450, dont la probabilité de limiter le réchauffement climatique à 2 °C est de 50%, mais également un premier examen des conditions d'atteinte d'objectifs climatiques encore plus ambitieux.

La demande mondiale d'énergie continue à croître, mais des millions de personnes sont laissées pour compte

Dans notre scénario central, une augmentation de 30 % de la demande énergétique mondiale en 2040 implique une hausse de la consommation de l'ensemble des énergies modernes. Toutefois, les volumes agrégés au niveau mondial masquent une diversité des tendances et des substitutions significatives entre sources d'énergies. En outre, des centaines de millions de personnes sont toujours privées de services énergétiques de base en 2040. À l'échelle mondiale, les énergies renouvelables, qui font l'objet d'une étude approfondie dans le *WEO-2016*, sont de loin celles qui connaissent la croissance la plus rapide. Le gaz naturel est le combustible fossile le plus dynamique, avec une augmentation de sa consommation de 50 %. La hausse de la demande de pétrole ralentit sur l'horizon de projection, mais atteint néanmoins 103 millions de barils par jour (mb/j) en 2040. Le charbon est durement touché par les préoccupations environnementales et, après l'expansion rapide de ces dernières années, son utilisation tend à plafonner. L'augmentation du nucléaire est essentiellement portée par le développement de la filière en Chine. La demande totale des pays de l'OCDE accusant un déclin, la géographie de la consommation mondiale d'énergie continue à s'orienter vers les régions en phase d'industrialisation et d'urbanisation comme l'Inde, l'Asie du Sud-Est et la Chine, ainsi que certaines régions d'Afrique, d'Amérique latine et du Moyen-Orient. C'est en Chine et en Inde que le développement du solaire photovoltaïque est le plus marqué, alors que les pays asiatiques en développement consomment plus de pétrole que l'intégralité des pays de l'OCDE à partir du milieu des années 2030. Cependant, en dépit de l'intensification des efforts entrepris dans de nombreux pays, une grande partie de la population mondiale est privée d'accès aux services énergétiques modernes. Plus d'un demi-milliard de personnes, de plus en plus concentrées dans les zones rurales de l'Afrique subsaharienne, n'ont toujours pas accès à l'électricité en 2040 contre 1,2 milliard actuellement. Près de 1,8 milliard de personnes continuent à dépendre de la biomasse pour la cuisson (en baisse d'un tiers par rapport aux 2,7 milliards de personnes actuellement concernées), source d'exposition continue à la pollution en environnement confiné, responsable de 3,5 millions de décès prématurés chaque année.

Une nouvelle allocation du capital

Dans notre scénario central, 44 000 milliards de dollars d'investissements cumulés sont nécessaires à l'approvisionnement énergétique mondial : 60 % sont destinés à l'extraction et à l'approvisionnement en pétrole, gaz et charbon, ainsi qu'aux centrales électriques utilisant ces combustibles, et près de 20 % sont consacrés aux énergies renouvelables. 23 000 milliards de dollars supplémentaires sont nécessaires à l'amélioration de l'efficacité énergétique. Cela représente une réallocation significative du capital par rapport à la période 2000-2015, durant laquelle près de 70 % de l'investissement total était destiné aux combustibles fossiles, et ce tout particulièrement au vu de la baisse anticipée du coût des énergies renouvelables émergentes. Le déclin de la production des gisements existants constitue la raison principale de l'investissement dans l'amont pétrolier

et gazier. Dans le cas du pétrole, ce déclin équivaut à soustraire tous les deux ans du bilan mondial la production actuelle de l'Irak. Dans le secteur électrique, la relation entre génération d'électricité et capacité de production évolue. Une large part des investissements à venir est destinée aux capacités renouvelables, qui ont en général des taux d'utilisation relativement faibles, de telle sorte que la génération d'un kilowatt heure additionnel nécessite une capacité supplémentaire de 40 % par rapport à la période 1990-2010. La croissance de la part des investissements dans ces technologies intensives en capital est compensée dans la plupart des cas par des dépenses opérationnelles réduites, par exemple l'éolien et le solaire n'induisent aucune dépense en carburant.

Engagements et objectifs climatiques

De façon générale, les pays sont en bonne voie d'atteindre, voire de dépasser dans certains cas, de nombreux objectifs établis dans le cadre de l'Accord de Paris ; ce qui permet de ralentir l'augmentation prévue des émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie, mais n'est pas suffisant pour limiter le réchauffement climatique à moins de 2 °C. La réorientation du modèle de développement économique chinois vers la consommation intérieure et les activités tertiaires joue un rôle essentiel dans les tendances mondiales. Le développement des infrastructures chinoises au cours des dernières décennies a largement reposé sur des secteurs industriels énergivores tels que les secteurs sidérurgique et cimentier. La demande en énergie de ces secteurs a cependant déjà atteint son pic, et le déclin prévu d'ici 2040 réduit dans son sillage l'utilisation du charbon par la Chine. La quasi-totalité de la croissance de la production d'électricité en Chine provient d'autres sources que le charbon, dont la part dans le mix électrique chute, passant de près de trois-quarts aujourd'hui à moins de 45 % en 2040. Les émissions chinoises de CO₂ liées à l'énergie se stabilisent légèrement au-dessus des niveaux actuels. En Inde, la part du charbon dans le mix électrique chute de 75 % à 55 % à l'horizon 2040, ce qui constitue un changement radical dans un pays qui voit sa demande d'électricité plus que tripler (à comparer avec une augmentation de « seulement » 85 % en Chine). Parmi les économies développées, les États-Unis, l'Union européenne et le Japon apparaissent dans l'ensemble en bonne voie de respecter leurs engagements climatiques, bien que le renforcement des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique reste une absolue nécessité. Sous réserve d'une mise en œuvre intégrale et sans délais des engagements, la somme des efforts sont suffisants pour limiter l'augmentation des émissions mondiales de CO₂ à 160 millions de tonnes en moyenne chaque année. Cela représente une réduction notable par rapport à l'augmentation annuelle moyenne de 650 millions de tonnes observée depuis 2000. Néanmoins, la croissance continue des émissions de CO₂ liées à l'énergie, atteignant 36 gigatonnes en 2040, indique à l'évidence que ces engagements ne permettent pas d'atteindre le plafonnement des émissions « dans les meilleurs délais » tel que requis par l'Accord de Paris.

L'efficacité, moteur du changement

Le passage à la vitesse supérieure pour la décarbonisation et l'amélioration de l'efficacité énergétique sont requis dans le scénario 450. Cela souligne l'importance du mécanisme de révision quinquennal prévu par l'Accord de Paris, incitant les pays à revoir à la hausse l'ambition de leurs engagements climatiques. Le secteur électrique est en première ligne pour des réductions supplémentaires d'émissions, grâce au déploiement accéléré des énergies renouvelables, de l'énergie nucléaire (lorsqu'elle est politiquement acceptable) et du captage et stockage du carbone, grâce à une électrification poussée et à un accroissement de l'efficacité dans tous les usages finaux de l'énergie, et grâce au renforcement des initiatives de recherche et développement autour des énergies propres menées par les gouvernements et les entreprises. Concernant l'efficacité énergétique, nous mettons en lumière dans le *WEO-2016* le potentiel d'amélioration de la performance des systèmes motorisés à entraînement électrique, qui représentent plus de la moitié de la consommation actuelle d'électricité dans une multitude d'usages finaux (par exemple, les ventilateurs, les compresseurs, les pompes, les véhicules, les réfrigérateurs). Dans le seul secteur industriel, un investissement additionnel cumulé d'environ 300 milliards de dollars dans le scénario 450 réduit la demande d'électricité mondiale en 2040 de 5 % environ et évite l'investissement de 450 milliards de dollars dans la production d'électricité. L'obtention de ces économies d'énergie nécessite une approche systémique, englobant non seulement la réglementation stricte des moteurs et des dispositifs motorisés, mais également l'adoption à plus grande échelle de variateurs de vitesse et la mise en œuvre par les opérateurs d'autres mesures destinées à améliorer l'efficacité des systèmes dans leur ensemble, telle que la maintenance prédictive.

Des véhicules électriques dans les starting-blocks

L'électricité représente une part toujours plus importante de la croissance de la consommation finale d'énergie : d'un peu plus d'un quart au cours des 25 dernières années, l'électricité compte pour près de 40 % de la consommation additionnelle à l'horizon 2040 dans notre scénario central et pour deux tiers de celle-ci dans le scénario 450. Les pays hors OCDE sont à l'origine de plus de 85 % de l'augmentation de la consommation d'électricité dans les deux scénarios, mais l'électricité figure également parmi les rares énergies à prendre de l'ampleur au sein de l'OCDE. Bien que son impact sur la demande totale d'électricité soit aujourd'hui limité, l'augmentation attendue de la consommation d'électricité dans les transports routiers est symptomatique de la tendance générale : les voitures électriques séduisent de plus en plus de consommateurs, un nombre croissant de modèles sont commercialisés et l'écart de prix avec les véhicules conventionnels ne cesse de se réduire. Le stock mondial de voitures électriques a atteint 1,3 million d'unités en 2015, soit près du double par rapport à 2014. Dans notre scénario central, il croît à plus de 30 millions de voitures en 2025 et dépasse 150 millions de voitures en 2040, réduisant la demande de pétrole d'environ 1,3 mb/j en 2040. Bien que le coût des batteries continue de baisser, les politiques de soutien, loin d'être généralisées à l'heure actuelle, restent essentielles pour encourager davantage de consommateurs à se tourner

vers les véhicules électriques plutôt que les véhicules conventionnels. Si ces politiques, comprenant le renforcement des normes de consommation et d'émissions ainsi que des incitations financières, sont renforcées et deviennent plus largement répandues, comme c'est le cas dans le scénario 450, quelque 715 millions de voitures électriques sont en circulation en 2040, réduisant la demande de pétrole de plus de 6 mb/j.

L'avènement des énergies renouvelables

Nombre d'engagements de l'Accord de Paris se concentrent sur le secteur de l'électricité : dans notre scénario central près de 60 % des nouvelles capacités installées d'ici 2040 sont renouvelables, et la majorité de la production d'électricité d'origine renouvelable s'avère compétitive sans aucune subvention. Ce déploiement rapide implique une baisse des coûts: d'ici 2040, on s'attend à ce que le coût moyen du solaire photovoltaïque diminue de 40 à 70 % et celui de l'éolien terrestre de 10 à 25 %. En Chine, les subventions par unité de production solaire photovoltaïque diminuent de trois quarts d'ici 2025 pour les nouvelles installations, alors qu'en Inde les projets solaires sont compétitifs sans aucun soutien bien avant 2030. Les subventions en faveur des énergies renouvelables avoisinent actuellement 150 milliards de dollars, dont quelque 80 % sont dédiés au secteur de l'électricité, 18 % à celui du transport et environ 1 % à la chaleur renouvelable. En raison de la diminution des coûts et de l'augmentation prévue des prix de l'électricité pour l'utilisateur final, les subventions mondiales en faveur des énergies renouvelables connaissent un déclin à partir des années 2030, après avoir plafonné à 240 milliards de dollars. Les énergies renouvelables gagnent également du terrain dans les usages de chaleur, principale composante de la demande mondiale en services énergétiques, et satisfont la moitié de la croissance de la consommation de chaleur d'ici 2040. Il s'agit principalement des bioénergies pour la production de chaleur dans l'industrie dans les économies émergentes d'Asie, et des applications thermiques solaires pour l'eau chaude sanitaire, une solution déjà répandue dans de nombreux pays, dont la Chine, l'Afrique du Sud, Israël et la Turquie.

Dans le scénario 450, près de 60 % de la production d'électricité en 2040 provient des énergies renouvelables, dont près de la moitié est d'origine éolienne et solaire photovoltaïque. Le secteur de l'électricité est largement décarboné dans ce scénario : le niveau d'émissions moyen de la production d'électricité chute à 80 g de CO₂ par kWh en 2040, contre 335 g CO₂/kWh dans notre scénario central et 515 g CO₂/kWh actuellement. Dans les quatre plus grands marchés de l'électricité (Chine, États-Unis, Union européenne et Inde) les énergies renouvelables intermittentes deviennent la principale source de production d'électricité autour de l'année 2030 en Europe et 2035 dans les trois autres pays. Par rapport à notre scénario central, une hausse de 40 % de la production d'électricité provenant des énergies renouvelables s'accompagne d'une augmentation de seulement 15 % des subventions cumulées pour un coût supplémentaire limité pour les consommateurs : la facture d'électricité des ménages dans le scénario 450 est quasiment la même que celle de notre scénario central grâce, en outre, à une utilisation plus efficace de l'énergie.

L'intégration, une priorité des nouvelles politiques

La réduction du coût des énergies renouvelables ne suffira pas à assurer une décarbonisation efficace du secteur électrique. Il est nécessaire de procéder à des changements structurels pour encourager des investissements adaptés et pour intégrer une plus grande part d'énergies renouvelables intermittentes (solaire et éolien) dans le système électrique. Le déploiement rapide de technologies à faible coût marginal, telles que la plupart des énergies renouvelables, augmente la probabilité de périodes prolongées voyant un prix de gros de l'électricité très faible. Une révision minutieuse des règles et des structures de marché est nécessaire pour s'assurer que les producteurs ont la possibilité de recouvrer leurs coûts, et que le système électrique peut fonctionner avec le niveau de flexibilité nécessaire. Renforcer le réseau, promouvoir un déploiement de l'éolien et du solaire adapté au système, et assurer la disponibilité de centrales électriques pouvant être mises en marche dans des délais très courts sont autant de mesures susceptibles de gérer efficacement la variabilité de la production électrique issue de l'éolien et du solaire, jusqu'à ce que leur part représente environ un quart du mix de production électrique. Au-delà, le pilotage de la demande, ou « *Demand Response* », et le stockage de l'énergie deviennent essentiels afin d'éviter que les installations éoliennes et solaires ne soient déconnectées du réseau électrique lors de périodes de production abondante. En l'absence de telles mesures, le délestage pourrait survenir jusqu'à un tiers du temps en Europe et environ 20 % du temps aux États-Unis et en Inde, à long terme dans le scénario 450. Cela rendrait vain jusqu'à 30 % des investissements réalisés en faveur de nouvelles unités éoliennes et solaires. Dans ce scénario, le déploiement opportun de mesures économiques de « *Demand Response* » et de stockage d'énergie, parmi un ensemble plus vaste d'outils d'intégration, limite le délestage en-deçà de 2,5 % de la production annuelle éolienne et solaire et ouvre la voie à une décarbonisation profonde du secteur électrique.

Le chemin vers l'objectif 2 °C est semé d'embûches, celui menant à l'objectif 1,5 °C parcourt des territoires inconnus

Les défis à surmonter pour respecter le scénario 450 sont immenses, et imposent une redistribution majeure des investissements consacrés au secteur de l'énergie. L'investissement cumulé de 40 000 milliards de dollars pour l'approvisionnement énergétique dans le scénario 450 (environ 4 000 milliards de dollars de moins que dans notre scénario central) délaisse les combustibles fossiles au profit des énergies renouvelables et d'autres investissements à faibles émissions de carbone que sont le nucléaire et le captage et stockage du carbone. En 2040, la part liée aux combustibles fossiles ne représente plus qu'un tiers des investissements. En outre, 35 000 milliards de dollars sont nécessaires à l'accroissement de l'efficacité énergétique (correspondant à 12 000 milliards de dollars supplémentaires par rapport à notre scénario central). Dans le scénario 450, toutes les émissions résiduelles issues de la combustion des énergies fossiles sont soit captées et stockées, soit compensées par des technologies à émissions négatives d'ici la fin du siècle. Plus l'objectif de limitation du réchauffement climatique est ambitieux, plus tôt les émissions nettes doivent être amenées à zéro. La transformation

nécessaire pour avoir des chances raisonnables de rester en ligne avec l'objectif de 1,5 °C est considérable. Il faudrait parvenir à ramener à zéro les émissions nettes entre 2040 et 2060 (même si des technologies d'émissions négatives peuvent être déployées à grande échelle), ce qui nécessite des réductions d'émissions de CO₂ radicales à court terme dans le secteur énergétique, et la mobilisation de toutes les options technologiques, sociétales et réglementaires connues.

Energies fossiles et risques engendrés par la transition bas-carbone

Actuellement, le signal collectif envoyé par les gouvernements via leurs engagements climatiques (et par conséquent pris en compte dans notre scénario central) est que les combustibles fossiles, notamment le gaz naturel et le pétrole, resteront le socle du système énergétique mondial pour de nombreuses décennies, mais l'industrie des énergies fossiles ne peut pas se permettre d'ignorer les risques qui pourraient résulter d'une transition plus radicale. Bien que toutes les énergies fossiles poursuivent leur croissance dans notre scénario central, dans le scénario 450, la demande en pétrole en 2040 retrouve son niveau de la fin des années 1990, en-dessous de 75 mb/j ; l'utilisation du charbon regagne son niveau du milieu des années 1980, en-dessous de 3 000 millions de tonnes équivalent charbon par an ; seul le gaz connaît une augmentation par rapport au niveau actuel de consommation. Une politique de décarbonisation poussée du système énergétique aura des conséquences importantes sur les revenus futurs des producteurs d'énergies fossiles et des pays exportateurs, mais l'exposition au risque varie selon les combustibles et les différents maillons de la chaîne de valeur. Par exemple, les capitaux à risque du secteur du charbon sont principalement les centrales électriques alimentées au charbon (pour lesquelles le captage et stockage du carbone devient une stratégie importante de protection des actifs) ; le principal risque du secteur minier, qui est beaucoup moins intensif en capital, concerne l'emploi. Les pays exportateurs peuvent adopter des mesures pour réduire leur vulnérabilité en limitant leur dépendance aux revenus liés aux énergies fossiles, à l'instar de l'Arabie Saoudite avec son vaste programme de réformes « Vision 2030 ». Dans le cas du pétrole, nous n'avons aucune raison de supposer une dévaluation massive des actifs amont dans le scénario 450, dès lors que les gouvernements émettent des signaux clairs de leur volonté et mettent en œuvre des politiques cohérentes à cet effet. L'investissement dans le développement de nouveaux projets amont est une composante importante d'une transition à moindre coût, car le déclin de la production des champs pétroliers existants est bien plus important que la baisse anticipée de la demande. Toutefois, les risques augmenteraient considérablement en cas de revirements politiques soudains, de politiques de va-et-vient ou d'autres circonstances incitant les entreprises à investir en faveur d'une demande qui ne se concrétise pas.

Les marchés du pétrole pourraient à nouveau traverser une mauvaise passe

Un risque à court terme pour les marchés pétroliers pourrait cette fois provenir de la direction opposée (une pénurie de nouveaux projets) si la baisse des dépenses amont de

la filière en 2015-2016 se prolonge une année supplémentaire. En 2015, le volume des ressources en pétrole brut conventionnel ayant reçu un accord de développement a atteint son niveau le plus bas depuis les années 1950, et les données disponibles pour 2016 ne montrent aucun signe de reprise. On accorde beaucoup d'attention à la résilience remarquable de la production américaine de pétrole de schiste dans la période actuelle de déséquilibre de marché, et à sa capacité potentielle, en raison d'un cycle d'investissement court, à répondre en quelques mois à des fluctuations des cours. Néanmoins, une menace plane sur la production de pétrole « de base » : les projets conventionnels fonctionnant à un rythme différent, avec des délais de trois à six ans entre la décision d'investissement et la production du premier baril. Nous estimons que si en 2017, pour la troisième année consécutive, les approbations de nouveaux projets restent faibles, il serait de plus en plus improbable que la demande (telle que prévue dans notre scénario central) et l'offre puissent s'équilibrer au début des années 2020 sans un nouveau cycle d'expansion/récession pour l'industrie.

À long terme, la demande en pétrole dans notre scénario central se répartit principalement entre le fret, l'aviation et la pétrochimie, des domaines dans lesquels les alternatives sont rares, tandis que l'offre de pétrole, malgré des perspectives solides pour le pétrole de schiste américain, se concentre de plus en plus au Moyen-Orient. Il existe peu de substituts aux produits pétroliers tels que les carburants des camions et des avions ainsi qu'à ceux destinés à l'industrie chimique ; ces trois secteurs représentent à eux seuls l'intégralité de la croissance de la consommation mondiale de pétrole. La demande totale des pays de l'OCDE chute d'environ 12 mb/j d'ici 2040, mais cette baisse est plus que compensée par l'augmentation de la demande des autres pays. L'Inde, principal responsable de la hausse de la demande, voit sa consommation de pétrole augmenter de 6 mb/j. Du côté de l'offre, les projections de production de pétrole de schiste américain ont été revues à la hausse, demeurant plus élevée plus longtemps que dans les *Perspectives* de l'année dernière, bien que la production hors OPEP dans son ensemble soit toujours en retrait à partir du début des années 2020. Il est attendu que l'OPEP revienne à une politique de gestion active du marché, mais l'organisation voit cependant sa part dans la production mondiale augmenter pour atteindre 50 % en 2040. Le monde dépend de plus en plus du développement de la production en Iran (qui atteint 6 mb/j en 2040) et en Irak (7 mb/j en 2040) pour équilibrer le marché. L'épicentre du commerce pétrolier se déplace résolument vers l'Asie : les États-Unis éliminent pratiquement les importations nettes de pétrole en 2040.

Émergence d'un marché du gaz véritablement mondial

Le taux de croissance annuel de 1,5 % de la demande en gaz naturel en 2040 est élevé par rapport aux autres énergies fossiles, mais les marchés, les modèles commerciaux et les mécanismes de prix sont en perpétuelle évolution. Un marché mondial plus flexible, grâce au doublement des échanges de gaz naturel liquéfié (GNL), soutient le développement du rôle du gaz dans le mix énergétique mondial. La consommation de gaz augmente presque partout, la principale exception étant le Japon, où la consommation

recule avec le redéploiement du nucléaire. La Chine (où la consommation augmente de plus de 400 milliards de mètres cubes) et le Moyen-Orient sont les principaux lieux de croissance. Mais les questions sont nombreuses concernant la rapidité à laquelle un marché actuellement excédentaire en gaz peut se rééquilibrer, notamment avec 130 milliards de mètres cubes de capacité de liquéfaction supplémentaire en cours de développement, principalement aux États-Unis et en Australie. Nos *Perspectives* supposent un changement notable par rapport au système antérieur liant fortement et pour une durée fixée à l'avance chaque fournisseur à un groupe déterminé de clients, en faveur de mécanismes plus compétitifs et plus souples reposant davantage sur les prix déterminés par la concurrence intra sectorielle. Cette évolution est stimulée par la disponibilité croissante de cargaisons de GNL américain sans destination préétablie, par l'arrivée dans les années 2020 de nouveaux exportateurs, notamment en Afrique de l'Est, et par la diversification de l'offre mondiale engendrée par le développement continu, bien qu'inégal, du gaz non-conventionnel. Les unités flottantes de regazéification et de stockage contribuent à ouvrir de nouveaux marchés, de plus faibles volumes, pour le GNL, dont la part dans le commerce mondial longue distance du gaz augmente de 42 % en 2014 à 53 % en 2040. Néanmoins, l'incertitude liée à cette transition commerciale pourrait retarder les décisions relatives aux nouveaux projets d'extraction et de transport, ce qui présente un risque de revirement des marchés lorsque l'excédent actuel sera absorbé. Les producteurs orientés vers les exportations doivent s'attacher à contrôler leurs coûts face à la forte concurrence des autres sources d'énergie, notamment dans le secteur de l'électricité. Au milieu des années 2020, dans les pays asiatiques importateurs de gaz, la construction d'une nouvelle centrale à gaz constituerait une option rentable par rapport au charbon pour la génération d'électricité en base uniquement dans le cas où le charbon vaudrait 150 dollars la tonne (le double du prix prévu en 2025). La part du marché du gaz dans le secteur électrique est également réduite par le déploiement croissant des énergies renouvelables et la baisse de leurs coûts.

Le charbon pris entre deux feux

En l'absence de reprise mondiale de la demande en charbon, l'équilibre du marché dépend de la réduction des capacités d'approvisionnement, notamment en Chine et aux États-Unis. La demande en charbon présente des contrastes régionaux considérables. Certaines économies à revenu élevé, dont la demande énergétique est stable ou en déclin, remplacent rapidement le charbon par des alternatives émettant moins de carbone. La demande en charbon dans l'Union européenne et aux États-Unis (qui représente à eux deux environ un sixième de la consommation mondiale actuelle) diminue respectivement de plus de 60 % et 40 % d'ici 2040. Les économies à bas revenu, notamment l'Inde et les pays d'Asie du Sud-Est, doivent mobiliser de multiples sources d'énergie pour répondre à la croissance rapide de la consommation énergétique ; elles ne peuvent ainsi pas se permettre, pour le moment, de négliger une source d'énergie à faible coût même si elles envisagent également d'en employer d'autres. La Chine est en train de passer de ce dernier groupe de pays au premier, ce qui se traduit par une baisse de près de 15 % de sa demande

de charbon sur l'horizon de projection. La Chine joue également un rôle prépondérant dans l'atteinte d'un nouvel équilibre du marché du charbon, après la fin soudaine du boom charbonnier des années 2000. La Chine a pris un certain nombre de mesures pour réduire sa capacité minière, ce qui a entraîné à la hausse les prix du charbon en 2016 (après quatre années consécutives de déclin). Cependant, si les coûts sociaux de cette transition s'avéraient trop élevés, la Chine pourrait ralentir le rythme de réduction de l'offre, et probablement devenir exportatrice de charbon afin d'écouler ses excédents de production : cette option prolongerait la période de prix bas sur le marché international. Outre les mesures d'amélioration de l'efficacité des centrales au charbon et de réduction des émissions de polluants, l'avenir à long terme du charbon est de plus en plus lié à la faisabilité industrielle du captage et stockage du carbone, puisque l'usage du charbon requiert cette technologie pour être compatible avec un scénario de décarbonisation en profondeur.

Energie et eau : jamais l'un sans l'autre

Les interdépendances entre l'énergie et l'eau devraient s'intensifier dans les années à venir, puisque les besoins en eau pour l'énergie, tout comme les besoins en énergie pour l'eau, augmentent. L'eau est indispensable dans de nombreuses étapes de la production d'énergie : le secteur de l'énergie est responsable de 10 % des prélèvements d'eau dans le monde, notamment pour le fonctionnement des centrales électriques et la production d'énergies fossiles et de biocarburants. Ces besoins augmentent jusqu'en 2040, notamment la consommation d'eau (c'est-à-dire l'eau prélevée mais non reversée à la source). Dans le secteur de l'électricité, on constate une évolution vers des technologies avancées de systèmes de refroidissement qui prélèvent moins d'eau, mais en consomment davantage. L'augmentation de la demande en biocarburants implique une plus grande utilisation d'eau ; un recours plus important à l'électricité d'origine nucléaire augmente à la fois le niveau de prélèvement et de consommation d'eau. De l'autre côté de l'équation énergie-eau, l'analyse du *WEO* fournit pour la première fois une estimation systématique de la quantité d'énergie utilisée pour fournir de l'eau aux consommateurs au niveau mondial. En 2014, environ 4 % de la consommation mondiale d'électricité a été utilisée pour extraire, distribuer et traiter l'eau et les eaux usées, ainsi que 50 millions de tonnes d'équivalent pétrole d'énergie thermique, essentiellement du diesel utilisé pour les pompes d'irrigation, et du gaz dans les unités de dessalement. D'ici 2040, la quantité d'énergie utilisée pour l'eau fait plus que doubler. La capacité de dessalement augmente fortement au Moyen-Orient et en Afrique du Nord et la demande énergétique pour le traitement des eaux usées (et des niveaux de traitement plus élevés) croît, en particulier dans les économies émergentes. En 2040, 16 % de la consommation d'électricité du Moyen-Orient est liée à l'approvisionnement en eau.

La bonne gestion des liens entre l'énergie et l'eau est fondamentale pour assurer le succès des objectifs climatiques et de développement. Il existe un certain nombre de liens entre les nouveaux Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies sur l'eau propre et l'assainissement (Objectif 6) et sur l'énergie propre et d'un coût abordable

(Objectif 7) qui, s'ils sont bien pris en compte, peuvent contribuer à l'atteinte conjointe de ces objectifs. Il existe également de nombreuses opportunités d'économies d'énergie et d'eau, économiquement viables, qui peuvent atténuer les tensions internes aux deux systèmes si elles sont considérées de façon intégrée. Les efforts entrepris dans la lutte contre le changement climatique peuvent exacerber les tensions sur l'eau dans certains cas, ou être limités par la disponibilité en eau. Certaines technologies faiblement carbonées, telles que l'éolien et le solaire photovoltaïque, nécessitent très peu d'eau ; mais le scénario de décarbonisation consomme d'autant plus d'eau qu'il repose sur les biocarburants, le solaire à concentration, le captage du carbone ou l'énergie nucléaire. Ainsi, malgré une demande en énergie plus faible dans le scénario 450 que dans notre scénario central, la consommation d'eau en 2040 est légèrement plus élevée.

Online bookshop

www.iea.org/books

PDF versions at 20% discount

Email: books@iea.org



Energy Policies
Beyond IEA
Countries
series

Energy
Statistics
series

Energy
Technology
Perspectives
series

Coal

Medium-
Term Market
Reports
series

Gas

Oil

Renewable
Energy

World
Energy
Outlook
series

Energy
Efficiency
Market
Report

Energy
Policies
of IEA
Countries
series

Le présent document a d'abord été publié en anglais.
Bien que l'AIE ait fait de son mieux pour que cette traduction en français soit conforme au
texte original anglais, il se peut qu'elle présente quelques légères différences

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of
individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or
implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall
not be responsible for any use of, or reliance on, the publication.

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables
is derived from IEA data and analysis.

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty
over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name
of any territory, city or area.

IEA/OECD possible corrigenda on:
www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm

IEA Publications
9, rue de la Fédération, 75739 Paris cedex 15

Typeset and printed by IEA, November 2016

Cover design: IEA.

Photo credits: © Graphic Obsession

World Energy Outlook 2016

L'**Accord de Paris** sur le changement climatique transformera de façon déterminante le système énergétique mondial pour les décennies à venir.

Grâce à ses **scénarios énergétiques** à l'horizon 2040, la dernière édition du rapport **World Energy Outlook** (Perspectives énergétiques mondiales) présente l'analyse la plus complète des différents aspects que pourrait revêtir cette transformation du secteur énergétique. Le rapport passe en revue les principales opportunités et difficultés auxquelles devront faire face les **énergies renouvelables**, pilier central de la transition énergétique, et aborde le rôle déterminant de l'**efficacité énergétique**.

Le **WEO-2016** examine la manière dont le monde de l'après-Accord de Paris redéfinit l'idée de **sécurité énergétique**, particulièrement dans le secteur de l'électricité, qui se trouve en première ligne du combat contre le changement climatique. Le rapport explore la manière dont le **pétrole, le gaz naturel et le charbon** s'adaptent aux conditions actuelles du marché, et évalue les risques associés, du sous-investissement pour l'approvisionnement énergétique à la dévaluation du capital en place.

Le **WEO-2016** étudie les **engagements de chaque pays** et examine de quelle manière les différentes nations se rapprochent, ou s'éloignent, de leurs objectifs. Le rapport propose un plan d'action qui permettrait de limiter la hausse des températures mondiales à moins de 2 °C, et identifie les conditions d'atteinte d'objectifs encore plus ambitieux.

Cette année, le **WEO-2016** consacre également un chapitre spécial aux interactions entre l'**eau et l'énergie** et met l'accent sur les points de tension qui apparaissent avec l'intensification des liens entre ces deux secteurs.

Pour obtenir des informations complémentaires,
consultez le site web :

www.worldenergyoutlook.org