

Energy Technology Perspectives 2015

Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action

Résumé

French translation



International
Energy Agency

Secure • Sustainable • Together

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 oeuvre un programme très complet de coopération énergétique entre ses pays membres, chacun d'eux étant dans l'obligation de détenir des réserves de pétrole équivalant 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 oeuvre 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

© OCDE/AIE, 2015

Agence Internationale de l'Énergie (AIE)
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.

Energy Technology Perspectives 2015

Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action

Résumé

French translation



International
Energy Agency

Secure • Sustainable • Together

Résumé

L'innovation dans le domaine des technologies de l'énergie revêt une importance capitale dans la lutte contre le changement climatique, tout en contribuant au progrès économique et à la sécurité énergétique. C'est en effet le déploiement de technologies rentables et éprouvées qui, à terme, permettra la transformation du système énergétique. La dépendance persistante aux combustibles fossiles et les tendances récentes telles que les fluctuations imprévues des marchés de l'énergie soulignent l'importance de l'action des gouvernements pour promouvoir de façon à la fois individuelle et collective une utilisation optimale des ressources dans le but d'accélérer cette transformation. La mise en œuvre de politiques et l'organisation des marchés permettant de soutenir l'innovation et de renforcer la confiance des investisseurs à long terme est un objectif prioritaire.

La « décarbonation » des approvisionnements énergétiques est en marche, mais doit être accélérée

L'année 2015 doit marquer un tournant dans l'action mondiale contre le changement climatique. À l'heure où les dirigeants du monde entier s'efforcent de parvenir à un accord intégrant l'exigence de mesures urgentes dans de nombreux domaines, récolter les bénéfices de la transition énergétique devrait être la première des priorités. Tandis que le monde se prépare à prendre des décisions volontaristes lors des négociations de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), les responsables politiques devraient prendre en compte les multiples avantages que la transformation du système énergétique peut apporter à la société. L'analyse de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) montre qu'il est réaliste et économiquement bénéfique de se diriger vers un système énergétique à bas carbone. Nous disposons en effet des instruments et des mécanismes nécessaires pour introduire des changements et des innovations profondes conduisant à un futur énergétique abordable, sûr et durable. Les tendances récentes mettent toutefois en évidence la nécessité d'accélérer l'innovation en matière de technologies énergétiques, ce qui exigera notamment un soutien politique et une nouvelle organisation des marchés.

Le découplage de la consommation énergétique par rapport au produit intérieur brut (PIB) et à la croissance de la population se poursuit, mais le rythme actuel doit être accéléré pour être en phase avec le scénario 2°C (2°C Scenario, 2DS). À l'échelle mondiale, l'intensité énergétique du PIB et l'intensité des émissions de carbone de l'énergie primaire doivent toutes deux être réduites d'environ 60 % d'ici à 2050. Ceci signifie que le rythme annuel de réduction de l'intensité énergétique mondiale doit plus que doubler et passer de 1,1 % par an aujourd'hui à 2,3 % en 2050. Les récents progrès vers les objectifs du scénario 2DS sont encourageants mais restent insuffisants. Il est ainsi préoccupant de constater que les avancées dans les secteurs qui semblaient les plus prometteurs, comme les véhicules électriques et les énergies renouvelables autres que le solaire photovoltaïque (PV), ne sont plus en phase avec les objectifs du 2DS.

Le déclin inattendu du prix des combustibles fossiles est source de défis mais aussi d'opportunités pour la décarbonation du système énergétique. Si la chute récente du prix des combustibles fossiles modifie les perspectives des marchés de l'énergie à court terme, il serait malvenu d'en faire un prétexte pour différer la transformation du système énergétique à long terme. Les gains économiques à court terme de l'ajournement des investissements dans les technologies d'énergie propre seraient plus que compensés par les coûts induits à long terme. En réalité, la transition vers une énergie à bas carbone et vers des modes de production et de consommation d'énergie plus efficaces peut servir de rempart contre les futures incertitudes du marché de l'énergie. Le déploiement de technologies innovantes exploitant des ressources locales permet de réduire la dépendance aux ressources exposées aux prix du marché.

La réduction du prix des combustibles fossiles doit également être considérée comme une opportunité pour mieux aligner les prix sur les coûts réels de production, notamment en supprimant progressivement les subventions aux combustibles fossiles et en introduisant une tarification du carbone. Une telle approche renforcerait substantiellement la viabilité commerciale des technologies sobres en carbone, en stimulant les investissements dans la recherche, le développement, la démonstration et le déploiement (RDD&D). Dans le cas du captage et du stockage du carbone (CSC), par exemple, la réduction du prix des combustibles fossiles a pour effet de diminuer les coûts associés à la pénalité énergétique inhérente à l'adjonction du CSC à la production d'électricité ou aux procédés industriels. Ceci atténue dans le même temps la nécessité de rechercher du soutien auprès des gouvernements pour promouvoir l'investissement privé dans la réduction de l'impact carbone lié à l'usage des combustibles fossiles.

Parmi les utilisations finales de l'énergie, les systèmes de chauffage et de refroidissement représentent un important potentiel de décarbonation jusqu'à présent largement négligé. Aujourd'hui, le chauffage et le refroidissement dans les bâtiments et l'industrie représentent environ 40 % de la consommation finale d'énergie, un pourcentage supérieur à celui des transports (27 %). Sachant que 70 % de la demande de chauffage et de refroidissement repose sur des sources d'énergie fossile, on estime que ces utilisations finales ont été à l'origine de 30 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂) en 2012. Une large application du principe d'efficacité énergétique et une transition vers des vecteurs d'énergie finale sobres en carbone (y compris l'électricité décarbonée) peuvent amener la part des combustibles fossiles en dessous de la barre des 50 % d'ici à 2050, les énergies renouvelables couvrant plus de 40 % des besoins de chauffage et de refroidissement. Les émissions directes et indirectes de CO₂ associées au chauffage et au refroidissement seraient alors réduites de plus d'un tiers à l'horizon 2050.

La décarbonation de l'approvisionnement en électricité ainsi qu'une plus grande efficacité de l'utilisation finale de celle-ci restent deux principaux piliers du scénario 2DS, comme l'explique le rapport *Energy Technology Perspectives 2014 (ETP, Perspectives pour les technologies de l'énergie)*. Avec une part de 26 % de la consommation d'énergie finale, l'électricité devient le principal vecteur d'énergie finale en 2050, suivie de près par les produits pétroliers. Le plus grand défi, et de loin, réside dans une transition massive vers la production d'électricité décarbonée. Le respect du scénario 2DS exige de réduire l'intensité moyenne des émissions de carbone liées à la production d'électricité dans le monde de plus de 90 %. Une utilisation plus efficace de l'électricité assure 12 % de la réduction cumulée des émissions et génère en outre des économies en réduisant la capacité installée et donc les besoins d'investissement. L'électrification de la demande en énergie finale peut également accroître la flexibilité du système et favoriser une pénétration accrue des énergies renouvelables intermittentes.

Il est nécessaire de substituer l'adoption de techniques de production d'électricité sobres en carbone au déploiement de nouvelles centrales électriques à combustibles fossiles, qui pourtant ne montre pour l'instant aucun signe de fléchissement.

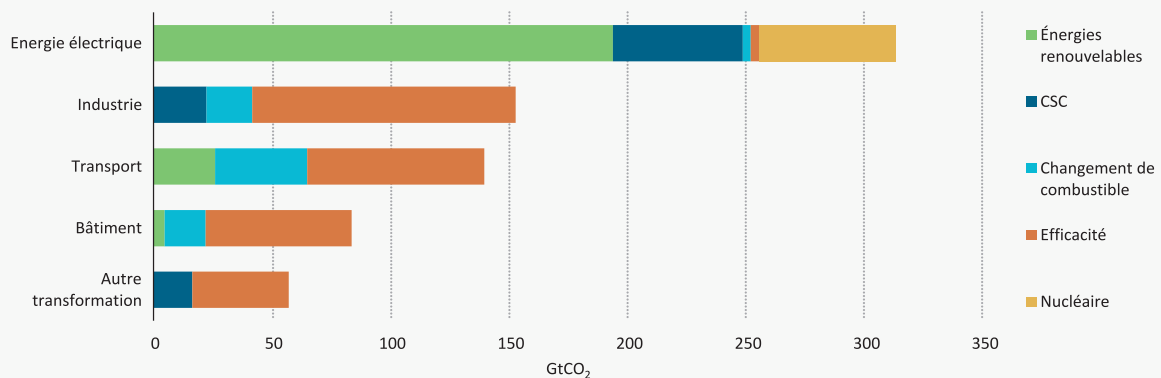
Dans un nombre croissant de régions, le solaire photovoltaïque et l'éolien onshore sont désormais compétitifs par rapport à l'électricité produite par les nouvelles centrales électriques classiques. Bien que l'écart entre les coûts de l'électricité d'origine renouvelable et celle dérivée de combustibles fossiles aille en se réduisant, les récents accroissements de capacité continuent de faire la part belle aux centrales à combustibles fossiles. Le ralentissement du rythme de déploiement du PV et de l'éolien compromet les efforts nécessaires pour décarboner l'approvisionnement énergétique et atteindre les objectifs du scénario 2DS en matière d'énergie renouvelable. Sur une note plus positive, l'ouverture à des fins commerciales de la première centrale électrique à charbon dotée d'un système de captage du CO₂ en 2014 représente un jalon important pour le CSC en montrant que les combustibles fossiles peuvent faire partie intégrante d'un système énergétique durable.

L'innovation dans le domaine des technologies de l'énergie peut être un facteur essentiel des politiques climatiques

Le secteur de l'énergie a représenté environ deux tiers des émissions mondiales de CO₂ en 2012, ce qui met en évidence les bénéfices de l'innovation appliquée à un portefeuille de technologies à bas carbone dans tous les secteurs consommateurs d'énergie. Le mix technologique susceptible de générer une réduction des émissions évoluera au fur et à mesure que les technologies passeront du stade de la recherche-développement à celui de la commercialisation. Le soutien aux technologies propres dans tous les secteurs énergétiques est l'option la plus prometteuse pour assurer l'adoption de solutions immédiatement disponibles préservant la capacité à atteindre les objectifs climatiques tout en stimulant le développement de solutions plus complexes, indispensables à une décarbonation approfondie à long terme. Il permet également d'atténuer l'incertitude inhérente au développement de technologies spécifiques et facilite l'alignement des objectifs d'atténuation du changement climatique sur les autres objectifs de politique énergétique.

Figure I.1

Réduction cumulée des émissions de CO₂ par secteur et par technologie dans le scénario 2DS pour 2050



Point clé :

Une gamme de technologies sobres en carbone est nécessaire pour atteindre les objectifs du scénario 2DS ; certaines solutions seront applicables de façon générale, d'autres devront être axées sur des secteurs particuliers.

L'éolien et le solaire PV pourraient assurer 22 % de la réduction annuelle des émissions du secteur de l'électricité en 2050 dans le scénario 2DS. Afin d'exploiter pleinement les améliorations des performances permises par l'innovation technologique au cours de ces 20 dernières années, il est à présent nécessaire d'adopter une approche systématique de l'innovation. L'expérience montre que les principaux obstacles au déploiement de technologies innovantes et donc les exigences que les conditions-cadres doivent satisfaire, changent à mesure que ces technologies progressent le long de la courbe de déploiement. Grâce aux innovations qui en ont amélioré l'efficacité et la fiabilité, l'éolien onshore et le solaire PV sont prêts à être intégrés à de nombreux systèmes énergétiques. Les efforts menés en ce sens doivent tirer profit de la riche expérience accumulée par les différents pays qui ont surmonté les premières étapes de la conception et du déploiement de ces technologies. L'innovation technologique devra à l'avenir aller au-delà des systèmes éoliens et PV afin d'englober les technologies permettant de réduire la variabilité des sources renouvelables ou d'accroître la flexibilité des systèmes d'énergie électrique. L'innovation dans les domaines de l'intégration de la demande, du stockage de l'énergie et des infrastructures de réseau intelligent est nécessaire pour atteindre des niveaux élevés de déploiement éolien et PV. Le déploiement à grande échelle des technologies éoliennes et PV tel que recommandé dans le scénario 2DS requiert désormais un cadre intégré et structuré de politiques et de réglementation du marché.

La capacité du CSC à permettre l'utilisation des ressources fossiles tout en contribuant aux objectifs de réduction des émissions de CO₂ exige que les gouvernements créent des marchés qui stimulent l'investissement privé dans le CSC et facilitent des expériences commerciales précoces. Les mesures accroissant les coûts et les risques de l'utilisation de combustibles fossiles sans CSC, comme la tarification du carbone ou les normes d'émission, joueront un rôle important. Des instruments de marché plus ciblés sont toutefois également nécessaires pour gérer les risques d'investissement et les défaillances du marché au cours des premières étapes de la mise en œuvre des technologies. Ceci suppose entre autres de lancer des activités de création de ressources de stockage du CO₂ prenant la forme de biens nationaux, régionaux ou encore privés. Étant

donné l'importance du CSC pour la réduction des émissions dans l'industrie et la mise en place de solutions d'élimination du CO₂, son attractivité économique doit refléter sa valeur réelle (qui ne fera qu'augmenter avec le temps). Les gouvernements peuvent également exploiter les avantages politiques du CSC pour éviter un démantèlement accéléré des centrales électriques à combustible fossile et réguler le rythme de la rotation des capitaux, préserver la diversité des prix et des sources de combustible, et créer des emplois dans l'industrie manufacturière à bas carbone.

L'harmonisation mondiale des objectifs d'innovation permettra à l'industrie de tirer les bénéfices associés à la résolution des multiples facettes du défi de la décarbonation. Dans le cadre du scénario 2DS, près de 30 % de la réduction directe des émissions industrielles de CO₂ en 2050 repose sur des procédés en cours de développement ou de démonstration à l'heure actuelle. À moyen terme, les mesures les plus efficaces de réduction des émissions industrielles comprennent la mise en œuvre de meilleures technologies disponibles et de mesures d'efficacité énergétique, ainsi que la transition vers des mix de combustibles à faible teneur en carbone et le recyclage des matériaux. Le déploiement de procédés durables et innovants sera crucial à long terme et le CSC y jouera un rôle clé. L'intégration du captage du carbone, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des ressources, le recyclage des déchets issus de procédés industriels et l'identification d'opportunités d'exploitation alternatives pour des produits diversifiés doivent constituer autant d'objectifs intersectoriels. Pour assurer le déploiement rapide de procédés industriels innovants, les gouvernements doivent s'efforcer de surmonter les obstacles entravant les progrès, comme l'incertitude économique et politique, la gestion inappropriée des risques, une collaboration déséquilibrée et la protection des connaissances acquises. Le manque de clarté entourant le moment exact où les politiques climatiques pourraient assurer la compétitivité de la production à faibles émissions de carbone sur les marchés mondiaux ainsi que la volatilité des prix de l'énergie rendent l'industrie hésitante à investir dans les technologies sobres en carbone et les produits durables.

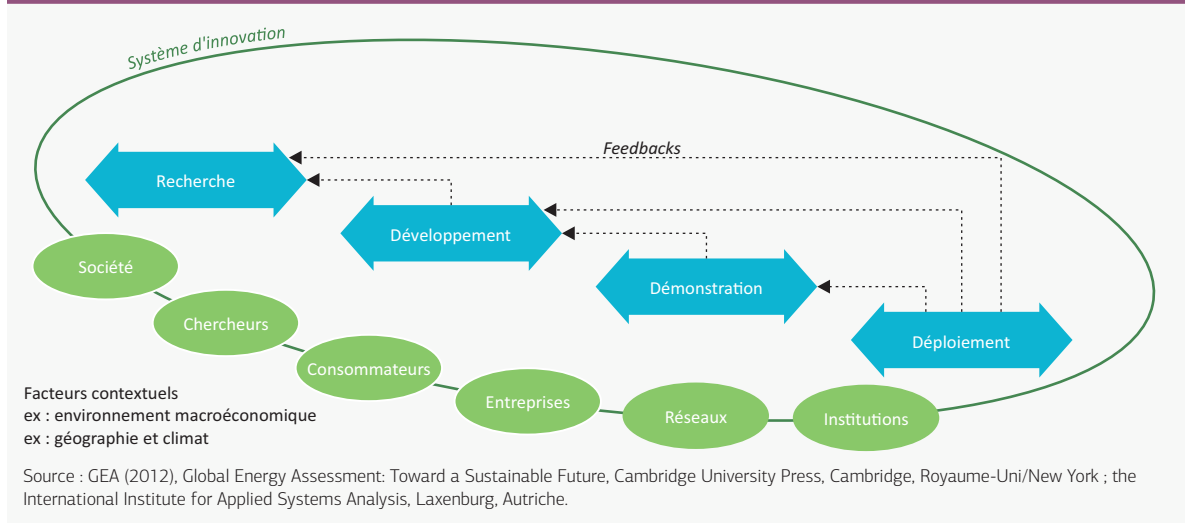
Le soutien à l'innovation est capital pour l'ensemble des technologies sobres en carbone

Des innovations tant évolutives que radicales sont nécessaires pour décarboner le système énergétique mondial ; ces deux types d'innovation peuvent être favorisés par un soutien gouvernemental à toutes les étapes de la RDD&D. Les gouvernements peuvent jouer un rôle critique pour les technologies prometteuses en fournissant un soutien stable et durable à toutes les étapes de l'innovation, depuis la recherche fondamentale et appliquée jusqu'aux phases de développement, de démonstration et de déploiement. Un processus d'innovation interactif et itératif impliquant de nombreuses parties prenantes intègre les retours d'expérience lors de différentes étapes afin d'appuyer les concepts d'«apprentissage par la recherche» et d'«apprentissage par la pratique». À ce jour, l'expérience souligne le besoin de soutenir l'innovation technologique au moyen de politiques stratégiques reflétant le niveau de maturité technologique des différentes technologies.

La clé du succès est d'identifier, parmi les instruments politiques disponibles, ceux qui sont efficaces pour les différentes technologies selon leurs différents stades de maturité. L'allocation des ressources entre diverses technologies doit tenir compte des opportunités et des difficultés tout au long du processus d'innovation. Des solutions commercialisables immédiatement ou à brève échéance pour de nombreuses technologies d'efficacité énergétique ainsi que pour plusieurs technologies d'énergie renouvelable peuvent permettre de réduire les émissions à court terme. À ce stade, la responsabilité des décideurs politiques est de garantir une utilisation efficace du soutien financier public en soutenant

en priorité les technologies les plus prometteuses tout en conservant un éventail de solutions alternatives. Un soutien continu à la RDD&D est nécessaire pour les technologies montrant un potentiel à long terme mais nécessitant encore des efforts pour réduire leurs coûts, mener des démonstrations à grande échelle ou obtenir des améliorations de leurs performances pour accéder au marché.

Figure I.2 Innovation interactive systémique



Point clé : *Les interactions au sein de l'ensemble du système d'innovation aideront les acteurs à mettre en place les améliorations graduelles nécessaires ainsi que les grandes avancées technologiques requises pour satisfaire les objectifs climatiques.*

Les difficultés associées à la phase de déploiement d'une technologie innovante méritent une attention particulière : un développement et une démonstration réussis ne garantissent pas le succès commercial d'une technologie donnée.

Le processus d'innovation expose les technologies à de nombreux risques pouvant à tout moment entraver leur succès final. L'expérience enseigne que même lorsque des technologies sobres en carbone sont rentables dans les conditions de marché existantes, d'autres barrières (non liées au coût) peuvent compromettre leur adoption et limiter l'engagement du secteur privé. Des instruments tels que des normes d'efficacité et des campagnes d'information (conçus pour surmonter l'aversion au risque suscitée par les nouvelles technologies ou promouvoir un changement de comportement) peuvent contribuer à créer un environnement de marché favorable, nécessaire à la transition vers un déploiement à grande échelle. De nouvelles politiques ou approches réglementaires (ex : normes pour les bâtiments ou les véhicules ou règles de marché dans les systèmes d'énergie électrique), ainsi que des partenariats public-privé appliqués aux chaînes de valeur des produits industriels sont également nécessaires. Des approches créatives, comme l'identification et l'évaluation des bénéfices multiples de l'innovation technologique, la mise à profit de la recherche sur le comportement des consommateurs et la mise en œuvre de politiques harmonisées pour surmonter l'ensemble de ces obstacles, peuvent également stimuler les technologies innovantes en phase de déploiement.

La concrétisation d'un large déploiement de technologies innovantes suppose une action stratégique et conjointe dans les domaines du développement technologique et de la création de marchés en vue d'anticiper les coûts inhérents à leur déploiement. À titre d'exemple, le déploiement du CSC a commencé dans des

régions et secteurs particuliers où les politiques sont alignées sur les intérêts commerciaux stratégiques, y compris au niveau local. La satisfaction de la demande industrielle en CO₂, de même que pour les opérations de récupération assistée du pétrole, est un bénéfice non climatique permettant de favoriser le développement technologique du CSC et de réduire ses coûts. La politique climatique et l'investissement public en faveur de l'innovation sont d'autres moteurs importants d'un déploiement précoce. À elle seule, la Recherche & Développement ne générera cependant pas les améliorations des performances et les réductions des coûts nécessaires ; il faut en maximiser les effets grâce à l'apprentissage par la pratique en matière de démonstration et de déploiement, qui peuvent résulter de facteurs non liés aux politiques climatiques pour les projets initiaux.

La coopération de multiples parties prenantes en faveur d'initiatives climatiques internationales est à même d'accélérer fortement l'innovation dans les technologies sobres en carbone, qui sont capitales pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux. Des buts ambitieux fixés dans le cadre d'initiatives telles que la CCNUCC peuvent susciter un consensus sur des objectifs partagés et renforcer la confiance dans la poursuite du développement tant des technologies établies que des solutions émergentes à faibles émissions de carbone. Étant donné que l'accord 2015 de la CCNUCC devrait être basé sur des objectifs climatiques fixés au niveau national, il est important de fournir des signaux pour accélérer l'innovation technologique et mettre le monde sur la trajectoire du scénario 2DS. Afin d'accroître la confiance dans notre capacité à atteindre les objectifs d'atténuation des émissions, l'accord pourrait en outre établir des procédures pour mieux informer les parties sur l'évolution des technologies propres. En règle générale, une collaboration multilatérale accrue sur l'innovation en matière de technologies énergétiques pourrait consolider la confiance en une action internationale mieux alignée sur les objectifs climatiques globaux.

C'est au sein des économies émergentes que l'innovation pourrait générer les avancées les plus importantes et les plus rapides dans l'optique de la lutte contre le changement climatique

La demande croissante d'énergie (et des infrastructures nécessaires pour la fournir) offre une occasion unique aux économies émergentes de réduire leurs émissions de CO₂ en déployant des technologies sobres en carbone. La croissance de la demande d'énergie, liée à l'augmentation de la population mondiale, au développement économique et à l'ambition d'un accès universel à l'énergie, est le facteur essentiel de développement des systèmes énergétiques. Les pays émergents peuvent profiter de la construction de leurs infrastructures pour être les premiers à appliquer une approche systémique du déploiement de technologies à faibles émissions de carbone. Des systèmes énergétiques « dynamiques » (c'est-à-dire caractérisés par des taux de croissance importants de la demande et/ou soumis à d'importantes exigences d'investissement) peuvent par exemple offrir de meilleures opportunités pour équilibrer l'offre et la demande à l'aide de méthodes plus efficaces, par opposition à des systèmes plus « stables » où la transition expose les producteurs historiques à d'intenses contraintes économiques. La planification et la construction de systèmes dynamiques intégrant des objectifs d'énergie renouvelable variable permettrait d'éviter de coûteux ajustements ultérieurs.

Les pays émergents (non membres de l'OCDE) jouent un rôle particulièrement important dans la décarbonation du secteur industriel mondial sur le long terme. En raison de l'expansion de leur demande énergétique, liée à leur poids croissant sur les marchés mondiaux, ces pays présentent un fort potentiel de déploiement de nouveaux procédés industriels sobres en carbone. En définitive, l'adoption de procédés innovants dans ces pays est responsable de près des trois quarts de la réduction directe des émissions industrielles de CO₂ dans le monde en 2050, selon le scénario 2DS. Deux conditions préalables sont nécessaires pour réaliser ce potentiel. D'abord, une coopération internationale favorisant le transfert de technologies et de connaissances ainsi que la création de compétences et de capacités d'innovation locales ; ensuite, l'établissement d'environnements de marché propices à des technologies énergétiques innovantes et commercialement viables.

Alors que tous les pays, qu'ils soient membres de l'OCDE ou non, devront modifier leurs systèmes énergétiques, les trajectoires d'innovation ainsi que les cadres de politiques et de marché varieront selon les régions. Les décisions concernant la combinaison appropriée de solutions technologiques devront tenir compte de circonstances particulières aux niveaux national et régional (Figure I.3). Une contribution ouverte et transparente des parties prenantes peut favoriser l'adoption des solutions les plus adaptées aux besoins locaux et assurer ainsi une adhésion rapide et la pérennité de la transition. Une collaboration multilatérale peut contribuer à l'identification de similitudes ou de différences dans les conditions et difficultés rencontrées au niveau local et accroître la pertinence des pratiques et des leçons tirées en commun.

Encadré I.1

L'importance de la collaboration internationale

La compréhension des particularités spécifiques à diverses régions du monde permet de prendre des décisions menant aux solutions les plus adaptées aux exigences locales (voir Figure I.3). Le dialogue international peut aider à partager les meilleures pratiques, clarifier les fondements des décisions, et appuyer ainsi efficacement les plans de transition nationaux.

Depuis sa création, l'AIE participe activement à une collaboration multilatérale sur les technologies énergétiques afin d'appuyer le développement et le déploiement de technologies d'énergie propre à travers ses activités institutionnelles de base. En font partie :

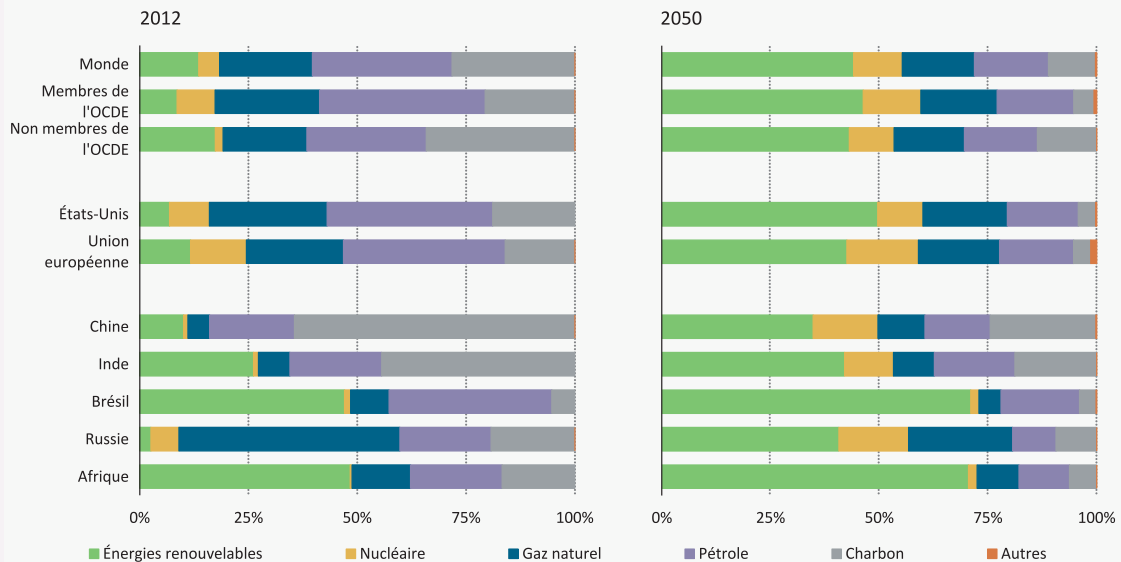
- Les Energy Technology Initiatives (Initiatives sur les technologies de l'énergie), qui stimulent l'innovation grâce à 39 accords coopératifs impliquant plus de 6 000 experts de plus de 50 pays travaillant main dans la main pour accélérer le progrès des technologies énergétiques.
- Toute la gamme des publications de l'AIE, qui analysent la mine de renseignements fournie par les initiatives multilatérales sur les technologies énergétiques de l'AIE afin de permettre une prise de décision plus efficace. Citons notamment les Technology Roadmaps (Feuilles de route technologiques) de l'AIE, qui aident les parties prenantes à établir d'un commun accord les jalons nécessaires pour assurer la transition vers une énergie durable.
- L'International Low-Carbon Technology Platform (Plate-Forme internationale pour les technologies sobres en carbone), principal outil de l'AIE en faveur de l'engagement multilatéral sur les technologies propres entre ses pays membres et partenaires, la communauté des affaires et les organismes internationaux.
- Les activités de formation et de renforcement des capacités visant à diffuser les meilleures pratiques en matière de politique énergétique et de statistiques énergétiques.

Encadré I.1

L'importance de la collaboration internationale (suite)

Figure I.3

Profils de la demande d'énergie primaire par région selon le scénario 2DS

**Point clé :**

En raison des différentes circonstances nationales, notamment en matière de disponibilité des ressources, il sera nécessaire de mettre en place des solutions et des trajectoires sur mesure exploitant dans un premier temps les technologies disponibles, avant d'adopter des technologies développées localement, afin d'atteindre l'objectif de décarbonation approfondie d'ici à 2050

Dans les économies émergentes, l'innovation dans les technologies sobres en carbone est en croissance et constitue un complément précieux du recours actuel à l'adoption et/ou l'adaptation de technologies développées à l'étranger. La République populaire de Chine (ci-après «Chine»), l'Inde et le Brésil (entre autres pays où l'innovation est favorisée par un secteur manufacturier dynamique) préparent le déploiement d'un certain nombre de technologies sobres en carbone. L'état de l'innovation dans une gamme plus large de pays émergents est toutefois inégal. Leur participation globale à la recherche, au développement et à la démonstration (RD&D) est en hausse et certains pays (en particulier la Chine) comblent leur retard dans des secteurs clés, mais les données relatives à l'octroi de brevets indiquent que l'innovation reste concentrée dans une poignée de pays de l'OCDE. Un marché domestique robuste ainsi qu'une capacité industrielle suffisante et un modèle économique basé sur l'exportation sont des facteurs essentiels pour mettre au point et déployer des technologies plus innovantes et des améliorations des systèmes. À l'échelle régionale, l'accroissement de la capacité d'innovation et du transfert de technologies, et l'intensification des flux d'investissement, tant au sein d'un même pays qu'entre pays émergents, créent de nouvelles opportunités réciproques.

Un rôle important des pays de l'OCDE est de s'engager activement dans les initiatives de réduction des émissions de carbone des économies émergentes ; le partage des retours d'expérience en vue d'accélérer les progrès de ces dernières sur la voie de l'innovation apportera des bénéfices mutuels et contribuera à la poursuite des objectifs climatiques mondiaux. En reconnaissant que les mesures appliquées dans

les pays émergents joueront un rôle vital dans la réalisation des objectifs de réduction des émissions mondiales, les pays de l'OCDE peuvent simultanément appuyer les actions entreprises dans les pays émergents et concevoir leurs propres stratégies de RDD&D afin de répondre aux besoins des pays émergents. Cette approche bénéficierait à la fois aux fournisseurs et aux destinataires des technologies, tout en contribuant à la décarbonation des systèmes énergétiques mondiaux. L'expérience politique et commerciale acquise dans les pays de l'OCDE pourrait s'avérer précieuse pour les économies émergentes qui tentent de renforcer leurs systèmes d'innovation, en particulier dans les domaines de l'allocation et de la gestion des fonds de RD&D ou de la mise sur pied d'une architecture efficace de systèmes et de politiques pour déployer l'énergie renouvelable dans les régions clés.

Encadré I.2

Étude de cas nationale de l'ETP 2015 : innovation en matière de technologies énergétiques en Chine

Pour atteindre son objectif de leadership mondial sur les marchés des technologies sobres en carbone, la Chine devra affermir encore son aptitude à l'innovation. Au cours de la dernière décennie, la Chine a mis ses politiques énergétiques, d'une part, et scientifiques et technologiques, d'autre part, au service d'un alignement plus étroit du développement et du déploiement de technologies sur les objectifs économiques et climatiques.

La Chine a démontré sa capacité à générer une innovation originale, intégrée et optimisée. La poursuite de ce succès dépendra de plus en plus de l'adhésion à des réseaux internationaux d'innovation et l'extension de ces réseaux, ainsi que de la mobilisation de leur capacité à transformer de manière collaborative les systèmes énergétiques nationaux et internationaux. Les défis et les opportunités inhérents au paysage mondial du transfert de technologies influenceront tant l'importation que l'exportation de technologies en Chine, au fur et à mesure que ce pays continuera de gravir les échelons de la chaîne de valeur de la technologie avancée et des systèmes innovants.

L'adoption récente par la Chine de normes environnementales et de pollution atmosphérique plus strictes, ainsi que les mesures visant à améliorer la qualité du charbon et le rendement des centrales électriques alimentées au charbon, constituent des incitations supplémentaires à l'innovation en faveur de l'énergie propre. À travers ces réformes des technologies et des politiques énergétiques, la Chine cherche à profiter des opportunités générées par la transition vers un système plus propre, plus durable et de plus en plus ouvert sur le marché pour se procurer un avantage économique.

L'industrie chinoise est de plus en plus en mesure de stimuler l'innovation dans les technologies sobres en carbone, ce qui peut inciter les responsables politiques à poursuivre des objectifs d'atténuation du changement climatique ambitieux sachant que leur réalisation aura des répercussions positives sur la sécurité énergétique et le développement économique.

L'investissement actuel dans la RDD&D ne permettra pas d'atteindre les objectifs climatiques à long terme et les dividendes qui y sont associés

La transformation énergétique requiert des ressources financières substantielles : les modèles de financement public et les fonds de RD&D doivent être mobilisés pour tirer parti des capitaux privés de façon innovante. Les dépenses publiques consacrées à la RD&D dans le secteur énergétique ont crû en chiffres absolus depuis la fin des années

1990 ; leur part de la R&D totale est toutefois en très forte baisse depuis le pic de 11 % en 1981 et s'est stabilisée autour de 3 % à 4 % depuis 2000. Les gouvernements ne seront pas en mesure à eux seuls d'assurer un niveau d'investissement dans l'énergie propre compatible avec les objectifs du scénario 2DS et il est donc indispensable de mobiliser les capitaux du secteur privé. Pour exploiter et orienter les flux de capitaux privés, les gouvernements doivent mettre en place des instruments contribuant à lever les inquiétudes des investisseurs suscitées par des risques financiers et politiques élevés en matière d'investissements énergétiques.

Des exemples d'action efficace existent dans les pays de l'OCDE et certains modèles sont adoptés ou développés dans des économies émergentes. La Chine et le Brésil, en particulier, ont recouru aux emprunts à bas coût pour financer les technologies sobres en carbone sur leurs marchés nationaux, en utilisant des modèles créatifs pour le financement du capital-risque, de l'investissement en capital et des entreprises appartenant à l'État. Ces deux pays ont pris l'initiative de l'utilisation de banques de développement nationales pour financer l'action climatique dans les pays en voie de développement. L'Inde et d'autres pays étudient des schémas similaires et sont à la recherche de solutions pour soutenir les transferts de technologies, de compétences et de connaissances Sud-Sud. Des structures de gouvernance appropriées restent toutefois essentielles pour réduire les risques supportés par les investisseurs et le coût du capital dans les économies émergentes.

L'analyse économique montre que les économies liées aux dépenses en combustible compensent largement les coûts d'investissement additionnels du scénario 2DS, démontrant le bien-fondé de l'investissement dans la transition vers un système énergétique mondial à faibles émissions de carbone. Un investissement additionnel d'environ 40 000 milliards USD (par rapport aux 318 000 milliards USD qui devraient quoi qu'il en soit être investis dans le scénario 6°C [6DS] correspondant au *statu quo*) est requis pour assurer la transition vers le système énergétique sobre en carbone du scénario 2DS. Cette somme représente moins de 1 % du PIB mondial cumulé sur la période 2016-2050 et ouvre la voie à des économies liées à la réduction des dépenses en combustible de 115 000 milliards USD, soit près du triple de l'investissement additionnel.

L'établissement d'objectifs technologiques à long terme, ainsi que le suivi des progrès effectués pour les atteindre, peuvent créer la confiance nécessaire pour mobiliser l'investissement privé en faveur de la RDD&D. L'efficacité des efforts menés pour stimuler la RDD&D doit être démontrée, en particulier par les décideurs politiques responsables de l'utilisation appropriée des ressources. Des efforts collectifs sont nécessaires pour identifier les besoins technologiques à court et à long terme à l'échelle mondiale et concevoir les instruments d'évaluation des progrès réalisés pour chaque technologie sur la base de références précises. Ces références peuvent être basées sur des indicateurs tels que la performance technique (ex : efficacité ou facteur de capacité), le coût du capital, le coût de l'énergie générée, les évaluations du cycle de vie, etc. Une évaluation continue des efforts d'innovation est nécessaire pour jauger leur succès, engranger des expériences d'apprentissage et déterminer comment soutenir au mieux des technologies spécifiques. L'aptitude à évaluer le potentiel des technologies sobres en carbone et contrôler les progrès vers des buts plus larges à travers un ensemble complet de paramètres est essentielle pour s'assurer que les politiques mises en œuvre sont effectivement cohérentes et mènent aux objectifs déclarés. Un tel processus devrait faire preuve d'une grande souplesse afin de pouvoir être adapté à des progrès plus rapides ou plus lents ainsi qu'à l'influence des conditions extérieures (ex : prix de l'énergie ou situations macroéconomiques).

La collaboration multilatérale peut améliorer le rapport coût-efficacité de l'innovation en matière de technologies énergétiques et renforcer l'assurance que des progrès sont réalisés à l'échelle planétaire. La mondialisation économique est à l'origine d'une transition vers des cadres d'innovation plus ouverts aidant à regrouper les ressources pour accélérer la R&D, soutenir la démonstration et stimuler un déploiement plus rapide des technologies éprouvées. Les initiatives multilatérales se sont nettement développées depuis 2005 et couvrent désormais des domaines tels que le transfert de technologies et de connaissances, l'analyse de la réglementation et du marché et le dialogue et la coordination politiques. Ces initiatives consolident la capacité de l'innovation locale et du déploiement de technologies énergétiques innovantes à contribuer ensemble aux efforts mondiaux d'atténuation du changement climatique.

Encadré I.3

Recommandations aux ministres de l'Énergie

Chaque chapitre de l'*ETP 2015* formule des recommandations de politiques ciblant des secteurs ou des obstacles particuliers. Cinq recommandations générales pavant la voie à un futur sobre en carbone s'imposent :

Les gouvernements doivent délimiter les contours d'un avenir énergétique à bas carbone, en particulier dans le contexte de l'accord climatique 2015 de la CCNUCC.

Des actions et objectifs spécifiques aux différents secteurs et technologies doivent être identifiés pour accélérer la décarbonation du secteur énergétique. Les gouvernements doivent s'assurer que le soutien aille au-delà du développement des technologies pour relever les défis politiques et commerciaux.

Les responsables politiques nationaux doivent mettre en œuvre des politiques stables facilitant l'accès au financement en minimisant les risques pour les investisseurs.

Les coûts de financement des technologies sobres en carbone peuvent représenter un obstacle de taille pour les projets. Les cadres de politiques soutenant de nouveaux modèles d'activité (comme les contrats d'approvisionnement en énergie ou les certificats verts) peuvent contribuer à attirer les investisseurs vers des secteurs confrontés à des difficultés de financement.

Les négociateurs internationaux doivent fonder les ambitions de réduction future des émissions sur une vision tenant compte des progrès attendus en matière de technologies énergétiques propres.

Les gouvernements doivent prendre pleinement en considération les technologies futures qui seront déployées grâce à l'innovation continue ainsi que l'amélioration des performances et la réduction des coûts dont devraient bénéficier les meilleures technologies disponibles aujourd'hui.

Le soutien privé et public doit être mesurable et cibler toutes les phases de la RDD&D afin de favoriser l'innovation tant progressive que radicale.

Les indicateurs spécifiques aux technologies servant à suivre les progrès de développement et de déploiement doivent être complétés par des paramètres spécifiques aux secteurs de l'énergie électrique, du bâtiment, de l'industrie et des transports.

Les pays de l'OCDE doivent soutenir les actions dans les pays émergents et concevoir leurs propres stratégies de RDD&D permettant de répondre aux besoins des pays émergents.

Cette approche bénéficierait à la fois aux fournisseurs et aux utilisateurs des technologies, tout en contribuant à la décarbonation des systèmes énergétiques mondiaux.

Explore the data behind *Energy Technology Perspectives 2015*



www.iea.org/etp2015

The IEA is expanding the availability of data used to create the *Energy Technology Perspectives* publication. Interactive data visualisations are available on the IEA website for free. After buying the book, extensive additional data, interactive visuals and other tools will be made available on a restricted area of the website.

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.

IEA PUBLICATIONS, 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15
Layout and printed in France by IEA, April 2015
Photo credits: flickr.com | Brewbooks

Energy Technology Perspectives 2015

Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action

Tandis que les négociateurs cherchent à parvenir à un accord pour limiter le réchauffement climatique, le rôle essentiel de l'innovation technologique dans la transition vers un système énergétique sobre en carbone suscite un intérêt croissant. Plusieurs succès récents en matière d'énergies renouvelables montrent qu'il existe un potentiel important et inexploité d'accélération de l'innovation dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie, pour peu que des mesures appropriées soient mises en place.

Au cœur de cette actualité, l'édition 2015 du rapport *Energy Technology Perspectives (Perspectives pour les Technologies de l'énergie, ETP 2015)* analyse les processus d'innovation dans le secteur des technologies de l'énergie et vise à démontrer qu'il est possible d'atteindre des objectifs ambitieux en termes d'atténuation du changement climatique à court et à long terme, à travers des processus efficaces de recherche, développement, démonstration et déploiement (RDD&D). L'*ETP 2015* identifie les stratégies-clé (en matière de régulation des marchés et de coopération entre les acteurs) permettant de promouvoir l'innovation dans des domaines tels que les énergies renouvelables, le captage et le stockage du carbone, et les secteurs industriels les plus consommateurs d'énergie. Le rapport montre également comment les pays émergents, en particulier la Chine, peuvent favoriser leur transition vers une économie à bas carbone en encourageant l'innovation dans les technologies et les politiques énergétiques. Enfin, l'*ETP 2015* présente le rapport annuel sur l'évolution des technologies propres (*Tracking Clean Energy Progress*), qui montre cette année que les efforts entrepris pour la décarbonation du secteur énergétique mondial ne sont pas à la hauteur des enjeux.

En identifiant les options conduisant à un avenir énergétique durable et en intégrant des analyses quantitatives détaillées ainsi que des commentaires objectifs, l'*ETP 2015* et la série de publications connexes constituent une lecture indispensable pour les experts du secteur énergétique, les responsables politiques et gouvernementaux, ainsi que pour les dirigeants d'entreprises et les investisseurs.

L'achat d'ETP 2015 donne accès à un ensemble complet de données, de figures et d'illustrations téléchargeables. Pour de plus amples informations, veuillez consulter le site www.iea.org/etp2015