

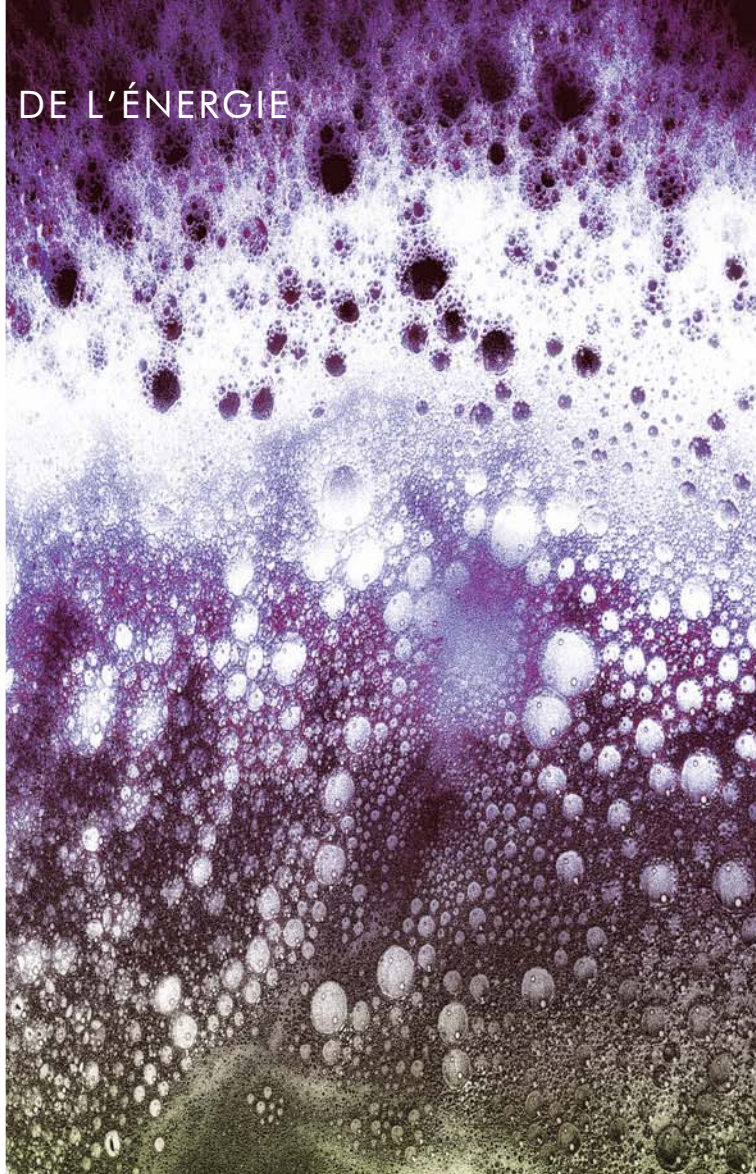


AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

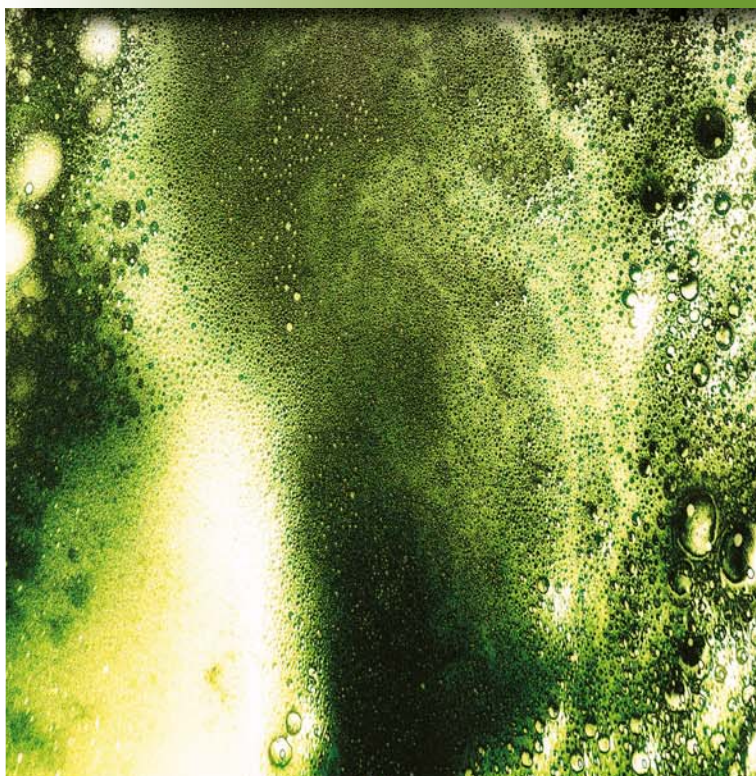
Analyse des technologies de l'énergie

CAPTAGE ET STOCKAGE DE CO₂

Technologie clé pour réduire les émissions de carbone



SYNTHÈSE



SYNTHÈSE

Introduction

Les changements climatiques représentent un défi majeur. La sécurité de l'approvisionnement en énergie est nécessaire, en concordance avec la croissance économique, et ce à un coût acceptable. Cependant, l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) est un souci considérable.

Près de 69% des émissions de CO₂, et 60% des émissions de gaz à effet de serre (GES) sont liés à l'énergie. La récente analyse de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) publiée dans *Energy Technology Perspectives 2008* (ETP) prédit que les émissions de CO₂ attribuables au secteur de l'énergie augmenteront de 130% d'ici 2050 en l'absence de nouvelles politiques énergétiques ou de contraintes d'approvisionnement, ceci essentiellement du fait de l'utilisation accrue des énergies fossiles. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), il résulterait de cet accroissement d'émissions une augmentation de température de l'ordre de 4 à 7°C, avec un impact considérable sur l'environnement et l'activité humaine. Il est généralement admis qu'une réduction de 50% des émissions de CO₂ sera nécessaire d'ici 2050 en vue de limiter l'augmentation de température à moins de 3 degrés. Une révolution mondiale dans les modes de production et d'utilisation de l'énergie est requise, incluant une plus grande efficacité énergétique, une utilisation accrue des énergies renouvelables et du nucléaire, et la décarbonisation de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles.

La seule technologie disponible pour réduire de façon importante les émissions de CO₂ provenant de l'utilisation de combustibles fossiles est le captage et stockage de CO₂ (CSC). Les scénarios de l'ETP montrent que le CSC contribuera à près d'un cinquième de la diminution d'émissions nécessaire à une réduction des GES globaux de 50% d'ici 2050, avec un coût raisonnable, et sera donc primordial.

La plupart des grandes puissances économiques reconnaissent ce fait, et ont des programmes de développement de CSC destinés à un déploiement commercial. De fait, au sommet de Hokkaido de 2008, les nations du G8 ont entériné la recommandation de l'AIE d'avoir 20 grands projets de démonstration du CSC définis à l'horizon 2010, avec l'objectif de commencer un déploiement à grande échelle en 2020. Les ministres des États du G8 ont spécifiquement demandé que l'AIE fasse en 2010 une évaluation du progrès dans la mise en œuvre de ces recommandations, ainsi que dans le déploiement accéléré des technologies de CSC et de leur commercialisation.

Les niveaux actuels d'investissement et d'activité sont loin de ceux attendus pour ces objectifs de déploiement. Le développement des technologies de CSC a été freiné pour de nombreuses raisons. Les coûts technologiques du CSC ont augmenté de façon significative au cours des cinq dernières années. En l'absence de mécanismes financiers appropriés de soutien du CSC, et en particulier d'un financement significatif des secteurs public et privé pour des démonstrations dans le futur proche, et faute d'intégration du CSC dans des mécanismes de régulation et de réduction de GES, ces coûts élevés ont eu un impact important sur le démarrage d'un nombre conséquent de projets CSC à grande échelle.

Le cadre réglementaire nécessaire pour soutenir les projets CSC doit également être développé. Malgré d'importants progrès, notamment en ce qui concerne les traités internationaux de

protection de l'environnement maritime, aucun pays n'a encore mis au point le cadre juridique et réglementaire, complet et détaillé, indispensable à la réglementation efficace de l'utilisation du CSC. Le CSC est par ailleurs peu compris par le grand public. En conséquence, il y a un manque de soutien de l'opinion publique pour le CSC en comparaison avec d'autres options de réduction des émissions de GES.

Ce rapport tente de répondre à certaines de ces questions par une compilation globale des informations sur le coût et la performance des technologies de capture, transport et stockage de CO₂, qui font partie de la chaîne des projets CSC. Les chapitres 1 à 4 contiennent cette information, et les utilisent pour mener une analyse de scénarios sur le rôle du CSC dans l'atténuation des changements climatiques. Le chapitre 5 examine les mécanismes d'incitation financière que les gouvernements peuvent utiliser pour fournir, à la fois à court et à long terme, des incitations pour le CSC. Ce chapitre contient également une mise à jour de l'édition 2007 de la publication de l'AIE : *Legal Aspects of CO₂ Storage: Updates and Recommendations* et étudie l'état actuel de la sensibilisation du public et l'acceptation des technologies associées. Le chapitre 6 examine l'état des politiques de CSC, de la recherche, développement et démonstration, ainsi que les perspectives de stockage du CO₂ dans plusieurs régions et pays. Le chapitre 7 se termine par une feuille de route proposée pour le CSC qui comprend les activités de collaboration techniques, politiques, financières et internationales nécessaires pour permettre au CSC de contribuer efficacement à une réduction globale des émissions de GES dans les prochaines décennies.

Résultats globaux

Avec des mesures appropriées d'incitation à la réduction d'émissions, le CSC offre une solution viable et compétitive pour atténuer les émissions de CO₂. Dans un scénario qui vise à une stabilisation des émissions sur la base d'options dont les coûts vont jusqu'à 50 USD/t de CO₂ (ACT Map)¹, 5.1 gigatonnes (Gt) par an de CO₂ seraient capturées et stockées en 2050, représentant 14% de la quantité totale nécessaire à une stabilisation globale des températures. Dans le scénario ETP BLUE Map, qui conduit à une réduction de moitié des émissions globales mondiales de CO₂, et qui prend en compte les options de réduction des émissions avec un coût maximal de 200 USD/t de CO₂, le CSC représente 19% du montant total des réductions d'émissions en 2050. Dans ce scénario, 10.4 Gt de CO₂ par an seraient capturées et stockées en 2050. Sans le CSC, le coût annuel pour réduire de moitié les émissions en 2050 serait de 1.28 trillion USD par an plus élevé que dans le scénario BLUE Map, c'est-à-dire une augmentation d'environ 71%. Près de la moitié du CSC proviendrait de la production d'électricité, tandis que l'autre moitié serait issue du secteur industriel (ciment, sidérurgie et chimie/pétrochimie) et du secteur de transformation de carburant.

Généralement, sur la base des coûts actuels, les conséquences financières du CSC vont d'un bénéfice potentiel de 50 USD/t de CO₂ réduite (par le biais de la récupération assistée du pétrole) à un coût potentiel de 100 USD/t de CO₂ réduite.

Le captage du CO₂ conduit à une augmentation des dépenses en capital et des dépenses de fonctionnement, combinée à une diminution de l'efficacité énergétique des centrales électriques. En termes de coût par tonne de CO₂ capturé, les coûts additionnels sont de 40-55 USD/t pour les centrales à charbon, et de 50-90 USD pour celles à gaz. En termes de coût par tonne de CO₂

1. Dans l'analyse ETP, les scénarios ACT envisagent de ramener les émissions de CO₂ en 2050 à leur niveau de 2005, tandis que les scénarios BLUE envisagent une réduction de ces émissions de moitié.

réduit, les chiffres pour les centrales au charbon en 2010 sont d'environ 60-75 USD, passant à 50-65 USD/t de CO₂ en 2030, et pour les centrales à gaz de 60-110 USD en 2010, tombant à 55-90 USD en 2030.

Transport et stockage de CO₂

Les coûts de transport du CO₂ dépendent des volumes qui doivent être transportés et des distances impliquées. Une topologie du réseau régional du type «hub and spoke» serait la manière la plus efficace de relier de nombreux nœuds émetteurs à de grands sites de stockage. Toutefois, la mise en place d'un système efficace et sûr de transport de CO₂ devra affronter le défi du coût très élevé des infrastructures requises.

Suite au développement récent d'une méthodologie éprouvée pour estimer la capacité de stockage des sites, les gouvernements doivent de toute urgence procéder à des évaluations détaillées des capacités de stockage du CO₂ dans leur juridiction, en partenariat avec les pays limitrophes qui partageraient le même espace de stockage. À moyen terme, les champs de pétrole et de gaz déplétés, les couches de charbon, et les formations salines profondes sont les meilleures options pour le stockage du CO₂. Les formations salines profondes semblent offrir la possibilité de stocker l'équivalent de plusieurs centaines d'années d'émissions de CO₂. Ceci doit être validé, et les critères de sélection des sites doivent être développés et partagés de par le monde, afin d'identifier les sites de stockage les plus appropriés. Une collaboration internationale plus large et un consensus sont indispensables pour assurer la viabilité, la disponibilité et la permanence du stockage de CO₂.

Le développement du CSC

Les 10 prochaines années seront essentielles pour le développement du CSC. D'ici 2020, la mise en œuvre d'au moins 20 projets de CSC à grande échelle dans une variété de configurations (centrales électriques et secteur industriel), incluant la rénovation de centrales électriques au charbon existantes, permettrait une réduction considérable des incertitudes liées au coût et à la fiabilité des technologies de CSC. Plusieurs projets de démonstration de CSC de taille industrielle ont été annoncés en Europe, en Amérique du Nord et en Australie, avec des programmes de coopération dans les pays hors de l'OCDE. Néanmoins, nombre de ces projets semblent progresser très lentement. Si ces projets de démonstration ne se matérialisent pas dans un avenir proche, il sera impossible pour le CSC de contribuer de manière significative aux efforts de réduction des émissions de GES d'ici 2030.

Le CSC et les technologies du «charbon propre» doivent être développés en parallèle. Une des premières priorités pour la R&D serait de se concentrer sur l'amélioration de l'efficacité des centrales à combustible fossile, de même que sur la recherche sur l'intégrité des techniques de stockage. Des technologies de capture du CO₂ améliorées doivent également être mises au point et intégrées à la conception des centrales électriques. Les pouvoirs publics devraient également veiller à ce que les nouvelles centrales comportent le CSC ou soient prêtes pour le CSC, avec les études techniques qui permettront d'y inclure plus tard la capture du carbone, de concert avec les voies de transport identifiées vers des sites de stockage de CO₂.

Les projets de démonstration devraient s'appuyer sur les activités actuelles de récupération assistée du pétrole par CO₂ (EOR), car elles peuvent générer des revenus pour compenser les coûts. Plus de 200 milliards de barils de pétrole supplémentaires pourraient théoriquement être produits en utilisant la récupération assistée du pétrole. Cela fournirait un potentiel de stockage du CO₂ de 70-100 Gt à faible coût (voire négatif). Néanmoins, la possibilité pour la plupart des champs de pétrole d'appliquer la récupération assistée est limitée dans le temps, et les secteurs pétrolier et gazier devraient coopérer pour maximiser ces opportunités. Le développement de la récupération assistée pourrait également aider à démarrer l'infrastructure de transport requise pour assurer le déploiement à grande échelle du CSC dans certaines régions.

Incitations financières et réglementaires

L'investissement dans le CSC ne se produira que s'il existe des incitations financières appropriées et/ou des exigences réglementaires. Plusieurs options financières et réglementaires existent pour encourager le CSC. L'approche la plus appropriée variera selon le pays. Il est clair que les solutions fondées sur les mécanismes de marché seuls ne suffiront pas à financer la masse critique des projets de démonstration. Les pouvoirs publics doivent guider en fournissant suffisamment de financements directs ou des incitations financières pour la démonstration de CSC. La contribution du secteur privé au financement est également essentielle. Pour le financement du transport de CO₂, les pouvoirs publics peuvent encourager le développement de l'infrastructure appropriée, et aider à optimiser la connexion entre les principales sources d'émissions et les sites de stockage. En outre, à moyen et à long terme, la viabilité du CSC, en particulier dans les économies émergentes, sera renforcée par l'inclusion du CSC comme mécanisme de développement propre dans le Protocole de Kyoto. Enfin, le secteur financier et l'industrie de l'assurance doivent être impliqués pour développer des produits adaptés aux niveaux de responsabilité à long terme.

Le développement de cadres juridiques et réglementaires

Les pouvoirs publics ont fait d'importants progrès en ce qui concerne la mise en place de cadres juridiques et réglementaires régissant le CSC, incluant le cadre réglementaire récemment proposé par l'Union européenne. Mais beaucoup reste à faire pour combler d'importantes lacunes. En outre, des situations particulières dans différents pays devraient être examinées dans un cadre réglementaire commun, au moins au niveau régional, afin que des solutions adaptées soient trouvées. Des avancées significatives sont nécessaires, au niveau national et sous-national, afin de s'attaquer, entre autres choses, aux problématiques du transport, à la sélection des sites de stockage, aux besoins de surveillance, aux responsabilités en cas de fuite de CO₂, et aux droits de propriété. Les organismes en charge des instruments de protection de l'environnement maritime ont ouvert la voie en précisant le statut juridique du stockage du CO₂ dans les couches géologiques sous la mer, et l'approche du Protocole de Londres sur les permis d'injection fournit des modèles importants que d'autres autorités régionales et nationales pourraient adapter à leur propre contexte.

La sensibilisation et l'acceptation du public

Le niveau actuel de sensibilisation du public potentiel du CSC en tant qu'élément important dans le portefeuille des systèmes de réduction des émissions de GES est généralement faible, et, conséquemment, l'opinion publique tend à être indifférente ou défavorable à son utilisation. Dans de nombreux pays, l'acceptation par le public du CSC sera étroitement liée à l'élaboration de cadres réglementaires pour gérer les risques liés à la santé publique et à la sécurité. Les gouvernements de certains pays ont initié d'importants efforts d'éducation publique en rapport avec le CSC. Mais peu d'information est disponible sur la réussite de ces premiers efforts. Les gouvernements doivent partager les leçons de ces programmes sur le plan international, et adapter leurs futurs efforts de sensibilisation à la lumière de ces conclusions.

Coopération internationale

Compte tenu de l'ampleur des investissements requis pour la RD&D du CSC, et des prévisions de croissance de l'utilisation des combustibles fossiles dans les pays non-membres de l'OCDE, il est clairement nécessaire d'accélérer une coopération internationale en vue du déploiement du CSC. En particulier, il faut faire davantage pour développer une approche coordonnée et complémentaire pour les premiers projets de démonstration de CSC de par le monde, en utilisant différentes technologies de capture et différents paramètres géologiques pour le stockage du CO₂. Cela servira à maximiser le retour sur investissement initial et à cibler les lacunes dans l'état de l'art. Des organismes tels que l'AIE (et ses Accords de mise en œuvre) et le Carbon Sequestration Leadership Forum ont créé des réseaux pour partager les meilleures pratiques et les leçons acquises pour les technologies de CSC, le choix des sites, le contrôle, suivi et vérification de l'injection, et le développement de cadres juridiques et réglementaires. Néanmoins, ces réseaux doivent être élargis pour inclure une participation plus étendue et plus effective des économies émergentes et des États du Moyen-Orient afin que le CSC puisse parvenir à son plein potentiel en tant que solution pour réduire les émissions de CO₂.

Les feuilles de route CSC

La coopération internationale peut être renforcée par l'élaboration et la mise en œuvre de feuilles de route globales pour le CSC. S'appuyant sur les feuilles de route CSC ETP en 2008 et d'autres activités similaires à un niveau national et international, nous avons approfondi l'analyse en y incluant une série plus vaste d'étapes, à court, moyen et long terme, nécessaires pour parvenir à une commercialisation globale du CSC d'ici à 2030. La voie à suivre pour le CSC nécessite d'urgence une coordination entre les principales parties prenantes. Les recommandations du G8/AIE/CSLF à court terme sont un premier pas dans cette direction. La feuille de route élaborée dans cette publication décrit une voie à suivre potentielle pour renforcer le dialogue entre les gouvernements et les intervenants de l'industrie, avec pour but de conduire à la mise en œuvre d'une stratégie mondiale mieux coordonnée pour le CSC.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) est un organe autonome institué en novembre 1974 dans le cadre de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) afin de mettre en œuvre un programme international de l'énergie.

Elle applique un programme général de coopération dans le domaine de l'énergie entre vingt-huit des trente pays membres de l'OCDE. Les objectifs fondamentaux de l'AIE sont les suivants :

- Tenir à jour et améliorer des systèmes permettant de faire face à des perturbations des approvisionnements pétroliers.
- Œuvrer en faveur de politiques énergétiques rationnelles dans un contexte mondial grâce à des relations de coopération avec les pays non membres, l'industrie et les organisations internationales.
- Gérer un système d'information continue sur le marché international du pétrole.
- Améliorer la structure de l'offre et de la demande mondiale d'énergie en favorisant la mise en valeur de sources d'énergie de substitution et une utilisation plus rationnelle de l'énergie.
- Promouvoir la collaboration internationale dans le domaine de la technologie énergétique.
- Contribuer à l'intégration des politiques d'énergie et d'environnement.

Les pays membres de l'AIE sont : Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Japon, Luxembourg, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Corée, République Slovaque, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie. La Commission Européenne participe également aux travaux de l'AIE.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de trente démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Japon, Luxembourg, Mexique, Norvège, Nouvelle Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Corée, République slovaque, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

© OCDE/AIE, 2008

Agence Internationale de l'Énergie (AIE),
Direction du Service de la communication et de l'information,
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

La diffusion de cette publication est soumise à des conditions qui en limitent l'usage et la communication et dont les termes sont disponibles sur le site :
<http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>

IEA PUBLICATIONS
9, rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15
Printed in France by the IEA



CAPTAGE ET STOCKAGE DE CO₂

Technologie clé pour réduire les émissions de carbone

Les deux tiers des émissions de CO₂ proviennent aujourd'hui de grandes sources stationnaires, telles que les centrales électriques. Il est prévu que ces émissions augmenteront à un niveau inacceptable au cours des prochaines décennies. Les technologies de captage et stockage de CO₂ (CSC) permettent d'inverser cette tendance.

Dans la déclaration du sommet de Hokkaido en 2008, les dirigeants du G8 ont demandé à l'Agence Internationale de l'Energie de développer des feuilles de route pour des technologies innovantes et de coopérer avec les partenariats existants, et en particulier ceux relatifs au captage et stockage du carbone.

Captage et stockage de CO₂ : technologie clé pour réduire les émissions de carbone répond en partie à la demande du G8. Le rapport présente les progrès liés au CSC dans les domaines suivants :

- les technologies de captage, transport et stockage ainsi que leurs coûts ;
- les estimations de capacité de stockage ;
- l'état des activités de CSC dans le monde ;
- les cadres légaux et réglementaires ;
- l'information du public et les stratégies de communication ;
- les mécanismes financiers ;
- la collaboration internationale.

Cette étude de l'AIE examine également le rôle du CSC dans de nouveaux scénarios énergétiques ambitieux ayant comme objectif une réduction substantielle des émissions. Cette publication décrit le potentiel du CSC dans la production d'électricité à partir du charbon et donne des estimations pour le captage dans l'industrie et la transformation de carburant, ainsi que pour l'infrastructure nécessaire aux traitement et transport de gros volumes de CO₂. Elle comprend également des informations actualisées sur le CSC dans les différentes régions du monde, incluant les politiques nationales de recherche et de développement, les projets de démonstration, ainsi que le potentiel de stockage de CO₂.

Avec une feuille de route actualisée sur les moyens requis pour développer le CSC à court et à moyen terme, cette publication fournit aux décideurs des secteurs public et privé des informations essentielles pour élaborer des politiques et des stratégies en vue d'accélérer le démarrage du CSC et son déploiement durable.