

# Solutions climatiques 2 : Pour une nouvelle économie sobre en carbone

Rapport basé sur la modélisation du changement  
climatique par secteur industriel et technologie

Résumé

Climate Risk Pty Ltd offre des services professionnels  
spécialisés aux entreprises et gouvernements  
sur le risque, l'opportunité et l'adaptation au  
changement climatique

[www.climaterisk.net](http://www.climaterisk.net)



Climate Risk



Climate Risk Pty Limited (Australia)

Sydney: + 61 2 8243 5767

Brisbane: + 61 7 3040 1621

www.climaterisk.net

Climate Risk Europe Limited

London: + 44 752 506 8331

Ce rapport a été préparé par:

Dr. Karl Mallon

karl@climaterisk.com.au

Dr. Mark Hughes

mark@climaterisk.com.au

Sean Kidney

sean@climaterisk.net

Climate Solutions 2: Low-Carbon

Re-Industrialisation

Ce rapport a été accrédité par:

WWF-Australia

Level 13, 235 Jones Street

Ultimo NSW 2007

Australia

Tel: + 61 2 9281 5515

Fax: + 61 2 9281 1060

ISBN: 978-0-9804343-8-5

Pour joindre le WWF International:

Dr. Stephan Singer

Director, Global Energy Policy Program

WWF International

c/o WWF European Policy Office

168 Avenue de Tervueren

Brussels 1150

Belgium

Tel: + 32 2 743 8817

ssinger@wwfepo.org

Disclaimer:

While every effort has been made to ensure that this document and the sources of information used here are free of error, the authors: Are not responsible, or liable for, the accuracy, currency and reliability of any information provided in this publication; Make no express or implied representation of warranty that any estimate of forecast will be achieved or that any statement as to the future matters contained in this publication will prove correct; Expressly disclaim any and all liability arising from the information contained in this report including, without limitation, errors in, or omissions contained in the information; Except so far as liability under any statute cannot be excluded, accept no responsibility arising in any way from errors in, or omissions contained in the information; Do not represent that they apply any expertise on behalf of the reader or any other interested party; Accept no liability for any loss or damage suffered by any person as a result of that person, or any other person, placing any reliance on the contents of this publication; Assume no duty of disclosure or fiduciary duty to any party. Climate Risk supports a constructive dialogue about the ideas and concepts contained herein.

© Copyright Climate Risk Pty Ltd, 2009

This document is protected by copyright. However, this document (in whole or part) can be redistributed or reproduced without the prior consent of Climate Risk Pty Ltd provided that full recognition of the source is included and that any logos are included on diagrams and figures.

# Résumé

## Pour une nouvelle économie sobre en carbone

Le présent rapport effectue une modélisation de la capacité des industries sobres en carbone à se développer et à se transformer au sein d'une économie de marché. Il montre que l'emballement du changement climatique est quasiment inévitable en l'absence d'une action spécifique visant à provoquer une nouvelle industrialisation sobre en carbone au cours des cinq prochaines années. Le point de non-retour est estimé à 2014.

*Solutions climatiques 2* constate que la croissance de chaque industrie est soumise à des contraintes dues à la limitation des ressources, des technologies et du capital, mais aussi de la taille et des compétences de sa main d'œuvre.

Ces limites sont mesurables et permettent de calculer, de manière très sophistiquée, la vitesse à laquelle nous devons réindustrialiser les secteurs énergétiques et non-énergétiques afin d'instaurer une économie sobre en carbone suffisamment tôt pour éviter l'emballement du changement climatique.

*Solutions climatiques 2* se fonde sur des données historiques et a recours à différents modèles pour parvenir à ses conclusions. Deux scénarios ont été envisagés dans ce rapport :

- Des réductions d'émissions de 63 % par rapport aux niveaux de 1990 et
- Des réductions d'émissions de 80 % par rapport aux niveaux de 1990.

Dans un cas comme dans l'autre, il faut que toutes les ressources et industries sobres en carbone jouant un rôle clé aient atteint leur taux de développement maximal d'ici à 2014. Dans le premier scénario, elles doivent croître à un rythme de 22 à 26 % par an jusqu'à être suffisamment déployées pour garantir avec assez

de certitude le respect des objectifs de réduction des émissions mondiales fixés pour 2050.

Dans le deuxième scénario, les chances de maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2°C sont bien meilleures si l'objectif de réduction de 80 % par rapport à 1990 est atteint d'ici à 2050. Or, pour y parvenir, il faut lancer dès maintenant le processus de nouvelle industrialisation en respectant des taux de croissance annuelle de 24 à 29 % jusqu'à ce que les industries sobres en carbone soient suffisamment développées. De plus, les réductions d'émissions du secteur forestier et celles liées à l'efficacité énergétique doivent être aussi élevées que possible.

Point positif : les économies d'échelle résultant de cette transition vers un monde sobre en carbone permettront de dégager des économies et des gains bien plus importants sur le long terme que ceux obtenus dans le cadre d'une activité normale, notamment dans le secteur de l'énergie.

## Bilan de la situation actuelle

### Des teneurs atmosphériques en gaz à effet de serre plus élevées que prévu

Le niveau actuel de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est de 386 ppm (parties par million), contre, selon les estimations, 463 ppm (Tans, 2009) pour l'ensemble des gaz à effet de serre. Cela est dramatiquement proche de la limite approximative de 475 ppm (pour les gaz à effet de serre) au-delà de laquelle, d'après les ouvrages actuels, il ne sera plus possible de revenir à un niveau stable de 400 ppm (Meinshausen, 2006). En cas de dépassement de cette limite, l'emballement du changement climatique devient de plus en plus probable. Actuellement, l'augmentation de la teneur atmosphérique en dioxyde de car-

bone n'a pas encore commencé à ralentir et il se pourrait même qu'elle s'accélère.

### **Le développement des industries sobres en carbone est trop lent**

Ce rapport établit clairement que la condition sine qua non pour atteindre les niveaux d'émissions requis afin d'éviter un changement climatique dangereux est la vitesse de transition de notre économie vers des ressources, des industries et des pratiques sobres en carbone. Aujourd'hui, seulement trois industries sur vingt évoluent suffisamment vite.

### **Il nous reste moins de cinq ans pour mettre en route le processus d'une nouvelle industrialisation sobre en carbone**

La modélisation réalisée dans ce rapport indique que les gouvernements des différents pays doivent agir avant 2014 pour éviter des troubles économiques majeurs. Dans ce laps de temps, ils doivent mettre en place une architecture industrielle entièrement opérationnelle et sobre en carbone. Cela stimulera une nouvelle industrialisation faiblement émettrice de carbone qui sera plus rapide que toutes les transformations économiques et industrielles observées jusqu'à présent.

### **A eux seuls, les systèmes d'échange de quotas d'émission ne constituent pas une solution suffisante**

En l'absence d'autres mesures, un système d'échange de quotas d'émission ne stimulera pas le développement de technologies cruciales bien qu'initialement plus coûteuses. Un plan global pour le développement industriel sobre en carbone doit donc faire partie intégrante de cette solution. A défaut, les gouvernements devront par la suite intervenir de manière autoritaire et néfaste pour l'économie afin de pousser la production industrielle à se concentrer sur le défi posé par le changement climatique.

## **Comment parvenir à une économie sobre en carbone?**

### **Les industries appelées à ouvrir la voie**

La génération d'énergie propre, l'efficacité énergétique, l'agriculture faiblement émettrice de carbone et la foresterie durable doivent être les moteurs de la transition vers une économie sobre en carbone. Il convient de noter que les solutions extrayant et stockant le carbone contenu dans l'atmosphère et la biosphère, telles que la production de bioénergie avec captage et stockage de CO<sub>2</sub> (CSC), ne figurent pas parmi la liste de ressources mentionnées dans ce rapport, mais qu'elles pourraient fort bien s'avérer nécessaires à un moment donné si l'on parvient à résoudre les contraintes liées aux combustibles. .

### **Expansion rapide des industries propres**

La modélisation effectuée dans ce rapport montre que, pour atteindre un niveau de développement suffisant, les industries clé devront croître dès 2010 de 22 % par an dans le premier scénario, et de 24 % par an dans le second pour que les objectifs de réduction des émissions soient respectés. Il ne faut pas sous-estimer l'ampleur de cette nouvelle industrialisation. Chaque année d'inaction supplémentaire augmentera le niveau de croissance requis et les coûts occasionnés par ce processus.

Si le processus de nouvelle industrialisation est repoussé jusqu'en 2014, les industries sobres en carbone devront soutenir un taux de croissance annuel d'environ 29 % pour avoir plus de 50 % de chances de maintenir le réchauffement des températures mondiales en dessous de 2°C. Or, au-delà de 29 % par an, une croissance industrielle soutenue n'est plus plausible : ainsi, toute attente supplémentaire augmentera la probabilité d'un emballement du changement climatique, avec les conséquences que cela implique

## Des environnements d'investissement stables

La nouvelle industrialisation sobre en carbone impliquera que chaque gouvernement crée un environnement d'investissement sûr et stable afin de permettre d'importants accroissements de l'échelle de production ainsi que la mise en place de technologies faiblement émettrices de carbone. Certaines des technologies et ressources concernées mettront en effet au moins vingt ans à devenir commercialement viables.

## Investissement dans une économie sobre en carbone – coûts et gains

### Investissement sur le long terme

La transition vers une économie sobre en carbone nécessitera d'importants investissements dans les ressources et les infrastructures. Mais, à terme, nombre d'entre eux deviendront rentables.

L'investissement requis pour couvrir le coût supplémentaire des énergies renouvelables par rapport à celui des énergies fossiles s'élève à 6,7 billions de dollars US environ dans le premier scénario et à 7 billions de dollars US dans le second. Si l'on inclut également les coûts occasionnés par les solutions de CSC jusqu'en 2050, on arrive à un total de 10 billions de dollars US.

Selon la modélisation effectuée, les dépenses annuelles atteindront vers 2025 un pic de près de 375 milliards de dollars US dans le cadre du scénario de réduction de 63 % des émissions de GES, contre environ 400 milliards de dollars US dans le cas du second scénario, pour ensuite commencer à décliner. Si le capital de départ est suffisant, les mesures d'efficacité énergétique seront rentables immédiatement ou après une très courte période. Les initiatives en matière de foresterie et de CSC

devront faire l'objet d'un financement continu.

Etant donné que les accords mondiaux sur les émissions et la taxe carbone n'ont pas encore été mis en place, les deux scénarios sont élaborés en partant du principe qu'aucune taxe carbone n'est appliquée.

### Point de basculement vers la rentabilité

On prévoit qu'entre 2013 et 2049, le coût de production moyen de chaque énergie renouvelable deviendra partout dans le monde inférieur à celui des énergies issues des combustibles fossiles. Ce basculement interviendra plus tôt dans les pays caractérisés par des prix de l'énergie élevés.

### Retours sur investissement

Les gouvernements, l'industrie et les investisseurs institutionnels peuvent s'attendre à ce que leur investissement dans la transformation du secteur énergétique porte ses fruits dès 2013. C'est en effet à cette date que les premières technologies d'énergie renouvelable commenceront à être plus rentables que les énergies fossiles actuelles.

On estime à plus de 41 billions de dollars US (dans le cas du premier scénario) et à 47 billions de dollars US (deuxième scénario) le montant des économies pouvant être réalisées entre 2013 et 2050 grâce aux énergies renouvelables.

## Implications pour les gouvernements, l'industrie et les investisseurs

Le présent rapport démontre que, pour éviter un emballement du changement climatique, tout accord international sur les émissions de gaz à effet de serre doit être assorti d'un programme destiné à développer rapidement une vaste

gamme d'industries sobres en carbone. Ce programme devra déployer simultanément et à une échelle sans précédent toutes les branches du secteur énergétique faiblement émettrices de carbone, y compris celles qui ne sont pas rentables au départ. Cela a une triple implication :

- Le secteur privé doit se préparer à une augmentation massive des activités sobres en carbone et ne pas faire obstacle à cette transformation qui apportera des réductions des coûts via des économies d'échelle.
- Les investisseurs doivent engager des dizaines de billions de dollars, mais pourront être récompensés de cet effort par des gains substantiels assurés sur le long terme.
- Les gouvernements doivent créer un environnement d'investissement stable sur le long terme favorisant un marché sûr pour toutes les activités sobres en carbone et leurs investisseurs.

## Explication des principaux résultats

### Les implications d'une croissance industrielle limitée

L'un des principaux axiomes fournis par la modélisation réalisée ici est qu'il existe des limites pratiques au taux de croissance potentiel des entreprises et de leur branche d'activité. Dans le secteur énergétique, les taux de croissance sont généralement inférieurs à 5 %. Dans le nouveau secteur de l'énergie renouvelable, seules quelques industries ont été capables de maintenir des taux de croissance de plus de 20 % sur de longues périodes.

Les contraintes pratiques à la croissance industrielle sont notamment l'accès à un personnel compétent, aux ressources,

aux usines et aux machines pour la fabrication, l'installation et l'exploitation, et l'accès au capital pour la fabrication et les projets. Une croissance rapide peut être tout aussi dangereuse qu'une croissance inadaptée pour une entreprise ou une branche d'activité. Par conséquent, lors de la modélisation de la croissance des industries faiblement émettrices de carbone, il est important de fixer une limite de croissance plausible pour les entreprises et les secteurs participant à une nouvelle industrialisation très rapide.

Cette limite correspond au point où les sociétés risquent fortement d'échouer en raison d'une croissance excessive, ou de refuser des opportunités afin de conserver leur stabilité.

Elle est ici fixée à une moyenne annuelle de 30 % pour une croissance industrielle soutenue sur un marché libre. Au-delà de cette limite, toute croissance cohérente cesse d'être plausible.

Dans un scénario de politique autoritaire, observé en principe uniquement en temps de guerre, il pourrait être possible d'atteindre des taux de croissance annuelle légèrement supérieurs à 30 % en forçant la réallocation des ressources. Toutefois, comme la plupart des industries des énergies renouvelables reposent sur des compétences, des équipements et des matériaux spécialisés, les bénéfiques issus d'une telle réallocation des ressources risquent fort d'être limités.

La limite de 30 % utilisée dans ce rapport révèle une fenêtre d'opportunité très réduite et laisse par conséquent une très faible marge d'erreur pour les politiques. Au départ, le retard pris dans la mise en place d'industries sobres en carbone peut être compensé par des hausses des taux de croissance. Néanmoins, à partir d'un certain stade (à savoir lorsque la limite de croissance aura été atteinte), ces retards ne pourront plus être rattrapés.

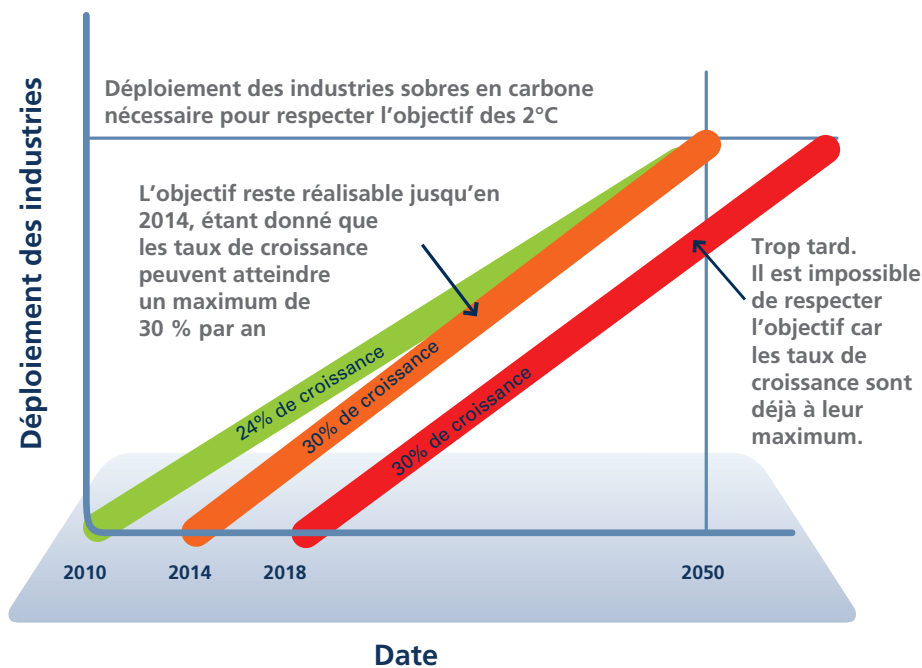


Figure 1. Impossible de respecter l'objectif. Ce schéma montre comment les retards initiaux peuvent être rattrapés en augmentant les taux de croissance. Cependant, une fois que la limite de croissance a été atteinte, les retards supplémentaires se traduisent par un déploiement insuffisant au cours des années suivantes.

pés, ce qui retardera inévitablement la transition vers un monde sobre en carbone (voir la figure 1). Il deviendra alors impossible de respecter les objectifs de réduction des émissions annuelles et cumulées nécessaires pour éviter l'emballage du changement climatique.

D'après la modélisation, il est aujourd'hui encore possible de revenir en 2050 à des niveaux d'émissions inférieurs de 80 % à ceux de 1990, ce qui nous donnerait de fortes chances de maintenir l'augmentation des températures mondiales en dessous de 2°C. Pour y parvenir, il faut que les taux de croissance des industries sobres en carbone s'élèvent dès aujourd'hui à 24 % par an, et ce jusqu'à atteindre un développement à grande échelle. Parallèlement, les pays doivent exploiter au maximum toutes les opportunités de réduction des émissions dans le secteur forestier et accélérer l'adoption de mesures d'efficacité énergétique.

Le présent rapport conclut que, si le processus de nouvelle industrialisation de tous les secteurs faiblement émetteurs de carbone – notamment ceux de l'éner-

gie, de la foresterie et de l'agriculture propres – n'est pas mis en route avant 2014, la probabilité d'un emballement du changement climatique et d'un réchauffement de plus de 2°C des températures mondiales sera supérieure à 50 %.

Pour tous les scénarios de réduction des émissions examinés dans ce rapport, il est supposé qu'aucun changement majeur n'affecte la population mondiale, la croissance du PIB ou les choix de vie fondamentaux. En cas d'atténuation de ces facteurs sur le long terme, les exigences relatives au taux de croissance des industries sobres en carbone pourraient être légèrement revues à la baisse.

### Inadéquation des systèmes d'échange de quotas d'émission et de la taxe carbone en l'absence de mesures connexes

Si l'on attend trop longtemps pour développer les industries sobres en carbone, les contraintes pesant sur la croissance industrielle seront telles que la production ne pourra pas répondre aux signaux

tarifaires envoyés par le marché. En d'autres termes, malgré l'accroissement de la taxe carbone, les industries les plus à même de produire à un faible taux d'émission ne seront pas suffisamment développées ou capables de croître assez rapidement pour répondre à la demande. Elles seront en effet limitées par le manque de personnel compétent, de matériaux et de capacité de production.

L'un des facteurs susceptibles de retarder le développement des industries sobres en carbone est le recours exclusif à des mécanismes basés sur les prix tels que les systèmes d'échange de quotas d'émission. En effet, ces mécanismes soutiennent d'abord le déploiement des industries les moins coûteuses, favorisant un processus de développement industriel essentiellement séquentiel.

Le présent rapport compare un scénario de développement séquentiel avec un scénario de développement simultané. Il en ressort que, pour des taux de croissance industrielle identiques (voir la figure 2), les niveaux d'émissions en 2050 sont plus de deux fois plus élevés dans le premier scénario que dans le second.

Même si les systèmes d'échange ou autres mécanismes basés sur le prix du carbone étaient assortis de politiques garantissant le développement séquentiel des industries sobres en carbone, un

investissement s'avèrerait malgré tout nécessaire aux premiers stades de développement. La figure 3 montre que même en cas de taxe carbone élevée, il existe toujours entre la génération d'énergie faiblement émettrice de carbone et celle reposant sur les combustibles fossiles un écart de coût devant être compensé par des investissements.

### Investissement et retours sur investissement

Les modifications des prix de l'énergie résultant des économies d'échelle feront partie intégrante de la nouvelle industrialisation sobre en carbone. Par exemple, les technologies actuelles d'énergie renouvelable coûtent généralement plus cher que celles reposant sur les combustibles fossiles, de sorte que leur prix est supérieur à ceux du marché. Cependant, la situation s'inverse dès lors que ces technologies sont employées à grande échelle.

En effet, dans la mesure où les éléments utilisés pour produire les énergies renouvelables (p. ex. la biomasse, le vent, le soleil, etc.) ne coûtent rien ou presque rien, les principaux coûts proviennent de la construction des usines destinées à extraire cette énergie. Les données empiriques fournissent des indications fiables sur le déclin des coûts futurs.

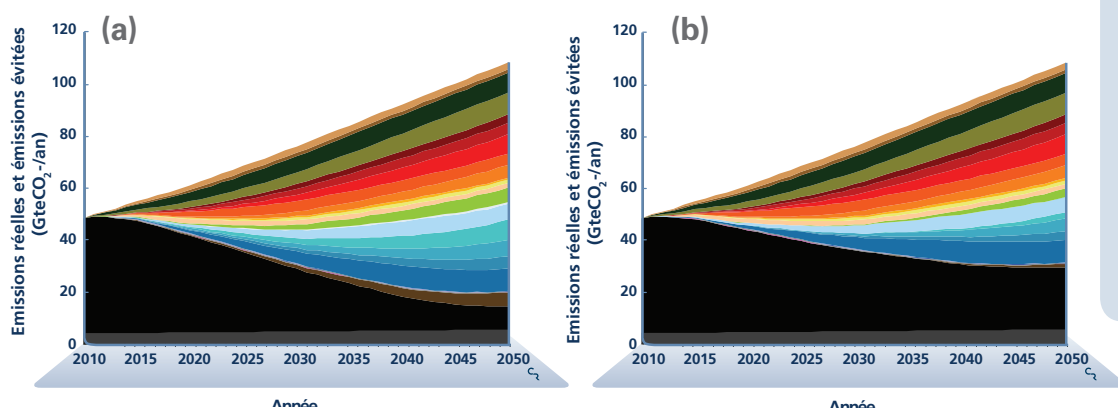


Figure 2. Il existe une différence importante en termes de réduction des émissions entre (a) un développement simultané et (b) un développement séquentiel des industries sobres en carbone. Cette différence est illustrée par les deux schémas ci-contre dans le cas du scénario de réduction des émissions de 63 % par rapport à 1990.

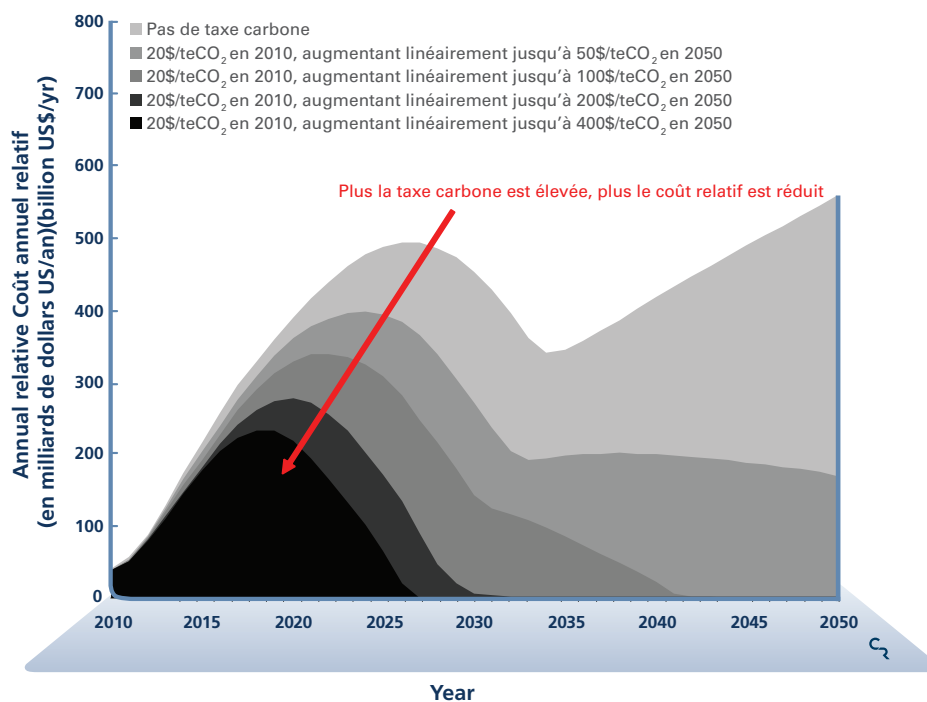


Figure 3. Impact de différentes taxes carbone sur le coût annuel relatif des industries de production d'énergie sobres en carbone par rapport à celui des industries utilisant des combustibles fossiles, dans le cas du scénario de réduction des émissions de 63% par rapport à 1990. Ce coût relatif annuel correspond approximativement au montant de l'investissement requis pour toutes les industries de production d'énergie sobres en carbone (CSC compris).

A l'inverse, le prix des combustibles fossiles va très certainement augmenter en raison de la hausse de leurs coûts d'extraction et du coût de gestion de la pollution des gaz à effet de serre. *Solutions climatiques 2* estime que le prix des combustibles fossiles va croître de 2% par an, hors taxe carbone.

Selon le présent rapport, certaines technologies d'énergie renouvelable telles que les éoliennes et les petites centrales hydroélectriques commenceront à dégager des bénéfices nets à partir de 2013 (en supposant que les taux d'apprentissage ne subissent aucun retard). En 2049, toutes les sources majeures d'énergie renouvelable seront capables de fournir de l'énergie à un coût inférieur ou égal à celui prévu dans le cas d'une activité normale. D'après les prévisions, les dernières technologies à franchir la limite de rentabilité seront celles générant de l'énergie à partir des vagues et des océans.

Dans de nombreux pays caractérisés par des prix de l'énergie élevés, ces éco-

nomies commenceront à être réalisées beaucoup plus tôt.

Ainsi, les énergies renouvelables représentent un investissement sur le long terme : le soutien des prix à court terme en vue de réaliser des économies d'échelle permet ensuite de dégager des gains sur le long terme en économisant sur les coûts (voir la figure 4). Ce type de rapport entre investissement et gains est particulièrement approprié pour les investissements institutionnels et des fonds de pension. Il pourrait également se prêter à l'émission « d'obligations climatiques », structurées par les gouvernements, les investisseurs et l'industrie spécifiquement pour soutenir ce processus.

## Conclusions

Si la trajectoire actuelle des émissions mondiales de gaz à effet de serre poursuit son cours, elle déclencherà des éléments qui, selon les prévisions, provoqueront l'emballement du changement climatique.

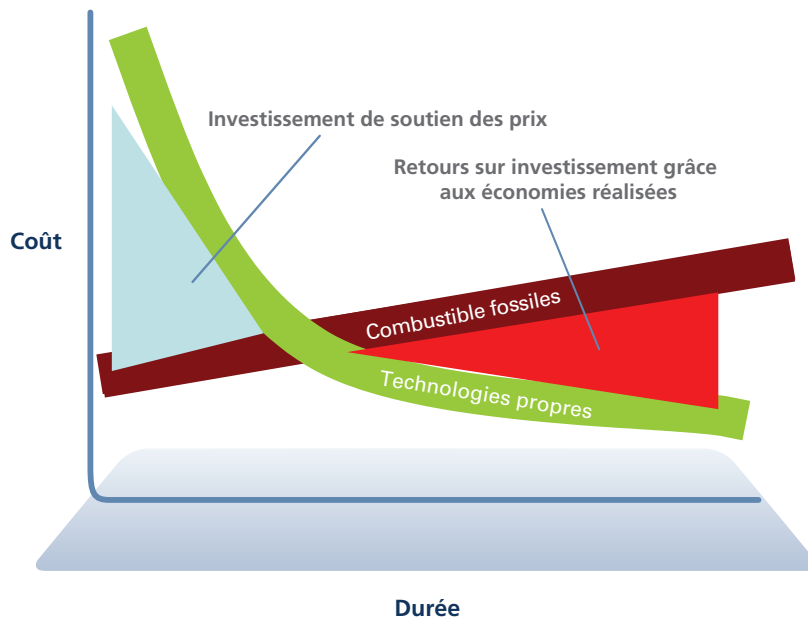


Figure 4. Un soutien des prix apporté sur le court terme aux technologies d'énergie renouvelable afin de réaliser des économies d'échelle se traduira par des économies durables sur les coûts.

Cependant, nous disposons encore d'une petite fenêtre d'opportunité pour éviter cette éventualité, mais celle-ci se referme rapidement. Elle est délimitée par le temps requis pour développer et déployer des industries sobres en carbone à une échelle suffisante pour maintenir le réchauffement des températures mondiales en dessous de 2°C. Afin de profiter de cette fenêtre d'opportunité, le processus de nouvelle industrialisation doit avoir atteint sa vitesse maximale pas plus tard qu'en 2014.

En effet, le présent rapport estime qu'au-delà de cette date, nous aurons atteint un point de non-retour où les mécanismes de marché ne pourront plus permettre d'effectuer les réductions requises. Les risques d'un emballement du changement climatique seront alors bien plus élevés que les chances de maintenir l'augmentation de la température mondiale moyenne en dessous de 2°C.

Cela a d'importantes implications pour les politiques climatiques, mais présente également de grandes opportunités.

- Implications pour les politiques climatiques : 24 industries et ressources sobres en carbone devront être déployées simultanément pour respecter l'objectif de réduction des émissions. Par conséquent, les mécanismes tels que la taxe carbone ou les systèmes d'échange de quotas, qui favorisent le développement d'une seule technologie à la fois en commençant par les moins coûteuses, ne sont pas suffisants. Il faut donc que les politiques internationales encouragent simultanément sur l'ensemble de la planète le développement de toutes les industries et pratiques faiblement émettrices de carbone identifiées dans ce rapport.
- Opportunités : la bonne nouvelle est que les ressources, technologies et industries requises pour mener à bien cette transition sont toutes disponibles. De plus, les taux de croissance estimés sont réalisables et le secteur des investisseurs institutionnels a la capacité de fournir les milliards de dollars nécessaires pour cet investissement.



**Climate Risk Pty Limited (Australia)**

Sydney: + 61 2 8243 5767

Brisbane: + 61 7 3040 1621

**Climate Risk Europe Limited**

London: + 44 752 506 8331

[www.climaterisk.net](http://www.climaterisk.net)



**Climate Risk**

WWF-France 1, carrefour de Longchamp 75016 Paris

Tel : 01 55 25 84 84 // Fax : 01 55 25 84 74

[www.wwf.fr](http://www.wwf.fr)

[www.planete-attitude.fr](http://www.planete-attitude.fr)



*pour une planète vivante\**

\* for a living planet

© 1986 Panda Symbol WWF - World Wide Fund For nature (Formerly World Wildlife Fund)  
© "WWF" & "living planet" are WWF Registered Trademarks / "WWF" & "Pour une planète vivante" sont des marques déposées