



INVESTIR POUR UNE ÉCONOMIE BAS CARBONE

Édition spéciale COP21

* Responsible investing : investissement responsable.



GROUPE BPCE



Filiale de Natixis Asset Management, spécialisée dans l'investissement responsable, Mirova propose une gestion engagée, visant à relier création de valeur et développement durable.

Mirova développe une approche globale de l'investissement responsable et rassemble une cinquantaine d'experts multidisciplinaires : spécialistes de la gestion thématique, ingénieurs, analystes financiers et ESG, professionnels de la finance solidaire et du financement de projets. Mirova a par ailleurs noué un partenariat de recherche avec l'Université de Cambridge et participe activement à différentes organisations internationales.

Responsable de la publication :

Hervé Guez, Directeur, Recherche IR

Rédaction :

Basselier, Clotilde, Gérante ISR
Bennani, Zineb, Responsable Gouvernance et engagement
Coeslier, Manuel, Analyste carbone, doctorant
Dufour, Mathilde, Responsable adjointe Recherche ISR
Dunand-Chatellet, Léa, Directrice gestion Actions
Guez, Hervé, Directeur, Recherche IR
Lauverjat Céline, Directrice des investissements Fonds Energies renouvelables
Ostiari, Emmanuelle, Analyste ISR
Smia, Ladislav, Responsable adjoint Recherche ISR

Ont également contribué à ce numéro :

Bonnin, Marguerite, Analyste ISR
Briand, Marc, Responsable gestion Taux
Favier, Julien, Analyste ISR
Finidori, Esther, Manager, Carbone 4
Wigley, Chris, Gérant de Portefeuille sénior

Traduction et relectures :

Jacqueline Dobie, Susannah Mary Ellis, Shannon Kiernan, Elizabeth Lefer, Elsa Perrin, Christopher Treadwell, Rachel Zerner (Secrétaire de rédaction)

Conception et mise en page :

Agence Fargo, 91 rue Réaumur - 75002 Paris

Impression :

Tanghe Printing, Boulevard industriel, 20, B-7780 Comines
Imprimé sur Cocoon Silk avec encres végétales.



logo FSC

Premier numéro :

Mars 2013

* Rendez-vous sur www.mirova.com

🐦 Suivez-nous sur @Mirova_RI  Profil Mirova

**ÉDITION
SPÉCIALE
COP 21**



Seule l'économie réelle est assez solide pour qu'on s'y accroche.

Une finance déconnectée des réalités économiques, écologiques et sociales n'a plus d'avenir.

C'est pourquoi nos décisions de gestion sont avant tout motivées par les stratégies industrielles des entreprises que nous soutenons. Nos experts analysent en profondeur les business models durables, créateurs de croissance, d'emploi et d'innovation qui façonnent le monde de demain.

Mirova élue meilleure société de gestion ISR en 2014 par Thomson Reuters et l'association britannique de finance et d'investissement durable^(*).

(*) L'étude 2014 a été conduite auprès de 360 professionnels de l'investissement dans 27 pays entre le 24 mars et le 7 mai 2014. Il s'agit de la plus vaste étude sur l'investissement responsable en Europe. Elle reflète la contribution de 179 sociétés buy side et de 14 sociétés de courtage. Consultez le site www.uksiif.org pour plus d'information.
Document promotionnel. Les références à un classement, un prix ou à une notation d'un OPCVM ne préjugent pas des résultats futurs de ce dernier.

SOMMAIRE

ÉDITORIAL	5
COMPRENDRE	7
Quelles technologies pour une économie bas carbone ?	
AGIR	63
Quelles solutions d'investissement pour financer la transition vers une économie bas carbone ?	
ACTIONS COTÉES	
Une gestion thématique engagée	64
TAUX	
Les green bonds, un lien direct entre financement et projets	78
INFRASTRUCTURES	
Les fonds EnR, une allocation 100% bas carbone	83
RENDRE COMPTE	87
Comment améliorer l'engagement du secteur financier?	
ENGAGER	
Leviers d'action du secteur financier en faveur d'une économie bas carbone	88
MESURER	
Une méthodologie carbone en ligne avec les enjeux d'un scénario 2°C	98

“ Investir dans et pour
le climat est aujourd’hui
une possibilité qui n’oblige pas
à renoncer à une juste rémunération
des capitaux engagés.

* Plus d’infos : www.mirova.com

Suivez-nous :  @Mirova_RI  Profil Mirova



Par Philippe Zaouati,

Directeur Général de Mirova

Philippe Zaouati est impliqué dans le développement de la finance responsable, notamment au travers de son rôle dans les associations professionnelles (AFG, EFAMA), et initiatives internationales (ICGN, IIRC, ILG). Auteur d'un livre sur l'investissement responsable en 2009 il a co-écrit *Pour une Finance Positive* avec Hervé Guez en 2014.



Par Hervé Guez,

Directeur Recherche IR Mirova

Hervé est analyste financier de formation (diplômé du CIIA), et dirige depuis 2008 la recherche en investissement responsable de Mirova.

Chez Mirova il a développé une philosophie et une méthodologie aujourd'hui mise en œuvre par une équipe de onze analystes ISR dont les travaux sont utilisés tant pour la politique d'intégration ESG de l'ensemble de Natixis Asset Management que dans les stratégies d'investissement de fonds gérés par Mirova.

Comprendre, agir et rendre compte. Tels sont les impératifs auxquels doivent se soumettre non seulement les décideurs politiques et les instances de régulation mais aussi les entreprises afin de relever le défi que pose à nos civilisations le changement climatique. Bien évidemment, les responsabilités et les leviers d'actions des uns et des autres ne sont pas identiques. Mais rares sont ceux qui peuvent prétendre ne pas être concernés. En particulier, l'industrie financière, et de façon plus générale l'ensemble des intervenants sur les marchés de capitaux, disposent de leviers d'action considérables. Cette conviction est au cœur du projet d'entreprise de Mirova.

Aussi, à la veille de la COP 21, l'ambition de ce numéro spécial de notre revue « Insights » est-elle de présenter un panorama de notre compréhension des enjeux du changement climatique, des solutions d'investissement sur les marchés financiers que nous avons identifiées et enfin des outils dont nous disposons pour rendre compte de l'impact de nos actions.

Comprendre, ce n'est plus seulement avoir conscience des conclusions du savoir scientifique dont le GIEC offre une synthèse remarquable et mise à jour régulière. C'est aussi saisir le mouvement de fond de régulations et d'innovations technologiques qui transforment de plus en plus rapidement l'environnement économique. Que l'on regarde en Europe, et notamment en Allemagne, la place prise par les énergies renouvelables et la façon dont les acteurs historiques comme E.ON sont amenés à s'adapter. Que l'on regarde outre-Atlantique le foisonnement d'innovations en matière de communication ou l'arrivée d'acteurs comme Tesla qui obligent à repenser la mobilité et bousculent les situations acquises des acteurs dominants comme Volkswagen. Où que l'on regarde enfin, les bâtiments n'ont plus le même rapport à l'énergie : ils consomment moins, mieux et deviennent parfois producteurs. Partout un constat s'impose, la question climatique s'est infiltrée dans la micro-économie. Le premier chapitre de cette revue s'attache à décrire ces transformations à l'œuvre.

Agir. Dans cet environnement en mutation, agir pour le climat n'est plus seulement une question d'altruisme ou d'écologie. Un monde d'opportunités s'ouvre pour investir dans des entreprises ou des projets favorables à la transition énergétique. Qui peut ignorer le potentiel que recèlent les entreprises dont les produits et services permettent de consommer moins ou mieux d'énergie et donc l'intérêt d'en être actionnaire ?

— 5 —

“Allouer des capitaux pour financer les investissements bas carbone créera un cercle vertueux favorisant l’innovation.

Qui peut ignorer l’essor des green bonds qui offrent aux investisseurs obligataires un outil adapté pour financer les investissements d’émetteurs de nature, d’horizon et de qualité de crédit de plus en plus diversifiés ? Qui peut ignorer, dans un contexte de marché volatil et de taux bas, tout l’intérêt des fonds investissant dans des infrastructures « vertes » ? Investir dans et pour le climat est aujourd’hui une possibilité qui n’oblige pas à renoncer à une juste rémunération des capitaux engagés. Bien au contraire. Le deuxième chapitre de cette étude montre ainsi tout le potentiel que recèlent les marchés actions, obligataires et des projets d’énergies renouvelables.

Rendre compte enfin. C’est d’abord mesurer l’empreinte carbone de ses investissements. Encore faut-il que le thermomètre soit fiable et pertinent. C’est dans cet esprit que Mirova a participé au développement de la méthodologie Carbon Impact Analysis de la société Carbone 4, fondée et dirigée par Alain Grandjean et Jean-Marc Jancovici qui font partie des meilleurs experts mondiaux en matière d’économie du climat. Mirova sera ainsi à même de mesurer non seulement les émissions de gaz à effet de serre induites dans ses portefeuilles, mais aussi et surtout les émissions évitées par ses investissements vertueux d’un point de vue climat.

Il s’agit aussi pour chacun des acteurs financiers, investisseurs institutionnels, sociétés de gestion, de rendre compte de l’exercice de ses responsabilités. C’est la raison pour laquelle Mirova conduit une politique d’engagement active tant sur la place financière qu’auprès des entreprises en faveur d’une meilleure prise en compte des enjeux climatiques.

Le dernier chapitre de notre étude présente ainsi les principes qui nous guident tant pour mesurer l’impact de nos investissements que pour affirmer notre rôle d’investisseur responsable.

La transition vers une économie bas carbone n’est plus une utopie : les technologies nécessaires sont sorties des laboratoires et, pour beaucoup d’entre elles, sont en phase industrielle. Elles offrent de nombreuses opportunités d’investissement à qui sait les saisir, ceux qui entendent jouer pleinement leur rôle d’investisseurs en allouant leurs capitaux aux projets et entreprises créateurs de valeur économique, environnementale et sociale. Bien sûr, ces décisions ne peuvent ignorer les contraintes de marché et les contraintes propres à chaque investisseur. S’il n’est pas question d’imposer des normes pour ses allocations sectorielles, il relève en revanche de la responsabilité de chacun d’utiliser les marges de manœuvres dont il dispose dans le cadre qui est le sien. Et, pourquoi pas, de savoir aussi penser parfois hors du cadre ... Les flux de capitaux ainsi alloués accéléreront encore l’innovation et les investissements nécessaires pour que notre modèle de développement soit à même de relever le défi climatique auquel il est confronté.

Bonne lecture !

COMPRENDRE

Quelles technologies pour une économie bas carbone ?

Comprendre en profondeur les évolutions technologiques, politiques, réglementaires, sociales, commerciales à l'œuvre dans le monde est incontournable, afin d'identifier les leviers d'un développement économique durable tel que le conçoit Mirova, filiale de Natixis Asset Management dédiée à l'investissement responsable. C'est tout l'objet de cette étude réalisée par les analystes de l'équipe Recherche Investissement Responsable de Mirova, qui fait le point sur les enjeux et les transformations technologiques à l'œuvre pour assurer la transition vers une économie bas carbone.

— 7 —

La transition en questions	9
Sommaire détaillé.....	17
1 Quels scénarios bas carbone ?	18
2 Énergie	26
3 Mobilité.....	33
4 Bâtiments.....	46
5 Industrie	53
Conclusion.....	60
Table des illustrations.....	60
Bibliographie.....	61

* Responsible investing : investir responsable.

COMPRENDRE QUELLES TECHNOLOGIES POUR UNE ÉCONOMIE BAS CARBONE ?

Ladislav Smia

Responsable Adjoint Recherche
Investissement Responsable

Emmanuelle Ostiari

Analyste ISR



Contributeurs : Julien Favier, Marguerite Bonnin

INTRODUCTION

La transition vers une économie bas carbone est aujourd'hui en marche.

La prise de conscience des enjeux climatiques entraîne aujourd'hui de profonds changements au sein des principales zones de consommation. L'Europe a été pionnière avec des plans de soutien aux énergies renouvelables dès les années 2000, des normes de plus en plus strictes sur les émissions des véhicules et des réglementations thermiques de plus en plus ambitieuses. Aujourd'hui, les États-Unis et la Chine, qui ont longtemps été très réfractaires sur ces sujets ont fortement fait évoluer leurs discours. Même si ces changements nécessiteront d'être confirmés dans les années à venir, on observe une réelle dynamique de renforcement des engagements climatiques.

Ces évolutions impliquent des changements importants pour les entreprises. Les innovations autour du solaire, de l'éolien, du stockage d'électricité, du véhicule électrique ou des LED permettent l'émergence de modèles économiques de plus en plus compétitifs par rapport aux solutions traditionnelles. Au-delà de ces technologies

transformatrices, de nombreuses entreprises proposent aujourd'hui des solutions permettant des améliorations significatives sur l'existant comme l'allègement des véhicules, les moteurs plus efficaces dans la mobilité et dans l'industrie, les chaudières à condensation dans le bâtiment. Enfin, des solutions matures comme l'isolation, le transport ferroviaire et maritime ou l'hydroélectricité ont encore des potentiels de développement importants afin de limiter les émissions.

La transition vers une économie bas carbone n'est plus une utopie : les technologies nécessaires sont sorties des laboratoires et, pour beaucoup d'entre elles, sont en phase industrielle. Elles offrent de nombreuses opportunités d'investissement à qui sait les saisir, i.e. à ceux qui n'ont pas choisi de ne pas choisir, ceux qui entendent jouer pleinement leur rôle d'investisseurs en allouant leurs capitaux aux projets et entreprises créateurs de valeur économique, environnementale et sociale. Ces flux de capitaux accéléreront encore l'innovation et les investissements nécessaires pour que notre modèle de développement soit à même de relever le défi climatique auquel il est confronté.

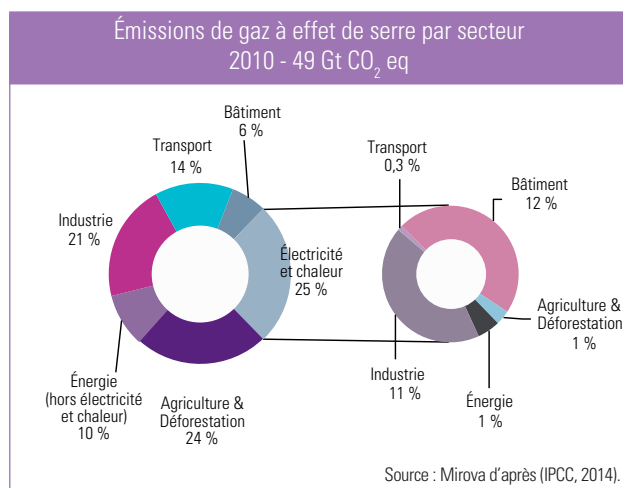
LA TRANSITION EN QUESTIONS

Quels scénarios bas carbone ?

Pourquoi se préoccuper de transition vers une économie bas carbone ?

Afin d'éviter les conséquences les plus catastrophiques du réchauffement climatique, la communauté internationale s'est fixée comme objectif de limiter la hausse des températures à 2°C. L'atteinte de cet objectif passe, à horizon 2020, par un plafonnement suivi d'une forte baisse des émissions de gaz à effet de serre (GES) mondiales. Un tel scénario implique des transformations profondes de l'économie, en particulier dans les secteurs liés à l'énergie qui représentent les ¾ des émissions mondiales : production d'énergie, transport, bâtiment et industrie.

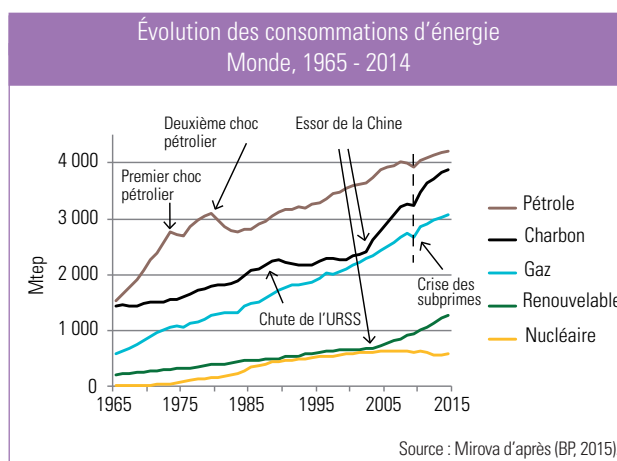
Les investisseurs jouent un rôle important dans l'orientation des flux de capitaux vers les différents secteurs. Ce positionnement au cœur de l'économie implique un devoir d'action pour répondre à ces défis. Au-delà de l'aspect moral, ces enjeux sont sources de nouvelles opportunités et de nouveaux risques pour les émetteurs, nécessitant l'intégration de ces problématiques dans les décisions d'investissement.



Les énergies renouvelables ne se sont-elles pas déjà suffisamment développées pour répondre à l'enjeu ?

Malgré les développements importants des énergies alternatives, les énergies fossiles représentent encore ~80 % du mix énergétique mondial. Ce chiffre a peu évolué au cours des 25 dernières années. Par ailleurs, à l'exception des deux chocs pétroliers et de la crise financière de 2009, les consommations d'énergie n'ont jamais cessé d'augmenter au cours des 50 dernières années. À partir des années 2000, l'essor de la Chine, fortement porté par le charbon, a renforcé cette tendance.

Au sein des énergies renouvelables, l'hydraulique et la biomasse traditionnelle restent largement majoritaires, l'éolien et le solaire ne représentent ensemble encore que 2 % des consommations d'énergie.



Quels sont les facteurs permettant d'expliquer l'évolution des émissions de GES ?

Les émissions de GES peuvent être appréhendées comme le produit de la population, des consommations d'énergie par habitant et de l'intensité carbone de l'énergie.

$$\begin{aligned} \text{Émissions de GES (énergie)} &= \\ &\text{Population} \\ &\times \\ &\text{Consommations d'énergie par habitant} \\ &\times \\ &\text{Intensité carbone de l'énergie.} \end{aligned}$$

— 9 —

En matière de population, les projections de l'ONU anticipent de passer de 7,4 actuellement, à 9,7 milliards d'individus à horizon 2050. Ces évolutions démographiques impliquent une action renforcée sur les autres piliers.

→ Dans un scénario compatible avec une croissance économique, diminuer la consommation d'énergie par habitant implique une amélioration de l'efficacité énergétique.

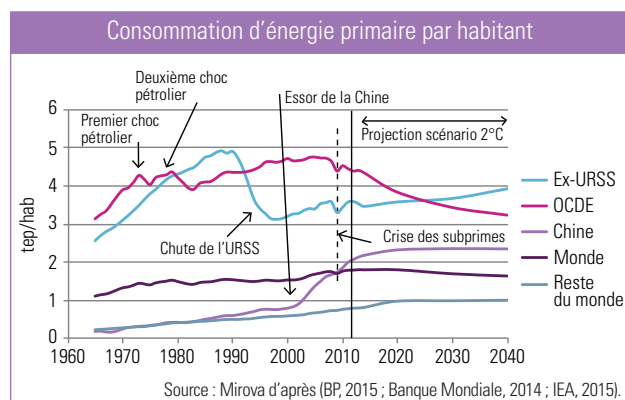
→ Diminuer l'intensité carbone de l'énergie nécessite un développement des énergies bas carbone et une diminution du recours aux énergies fossiles.

Quels efforts sont nécessaires en matière d'efficacité énergétique ?

Les efforts seront très différents selon les régions du monde. Les pays de l'OCDE, qui affichent les consommations les plus élevées, devront réduire leur consommation de l'ordre de 30 % en 25 ans. Signe encourageant, une tendance baissière commence à apparaître sur cette zone depuis une dizaine d'années, laissant penser que les efforts en matière de transition énergétique commencent à porter leurs fruits.

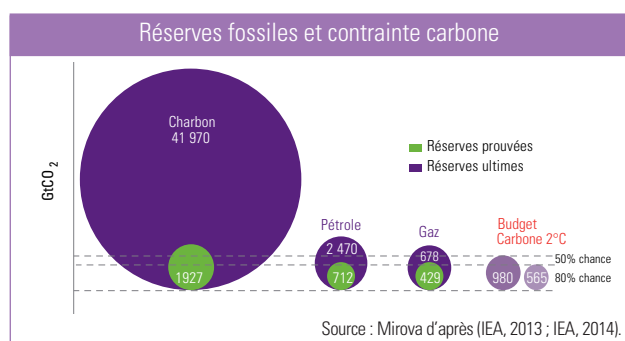
La Chine devra réussir à stabiliser sa consommation d'énergie après la forte hausse des années 2000. Là encore, plusieurs signes sont encourageants. Ces dernières années, la Chine a en effet affirmé à plusieurs reprises sa volonté d'orienter son économie vers un modèle plus compatible avec les enjeux environnementaux. De premières inflexions dans la consommation d'énergie chinoise commencent aujourd'hui à se faire sentir.

Les pays en développement auront pour principal défi de réussir à améliorer leurs niveaux de vie dans un contexte de forte hausse démographique et de contraintes renforcées en matière de consommation d'énergie.



Ne suffit-il pas d'attendre la fin du pétrole tant annoncée ?

Limiter la hausse des températures à 2°C implique de limiter les futurs rejets de GES dans l'atmosphère en dessous de 1 000 Gt CO₂. Le contenu des réserves prouvées en énergie fossile est trois fois supérieur à ce niveau. Par ailleurs, les évaluations existantes concernant les ressources ultimes font état de réserves encore plus importantes. Cette problématique des actifs carbonés qui ne pourront pas être brûlés, aussi appelés « stranded assets », questionne aujourd'hui les modèles de valorisation des sociétés impliquées dans les énergies fossiles, en particulier dans le pétrole et le charbon dont les émissions sont les plus importantes.



Le contexte réglementaire est-il suffisant pour répondre à ces défis ?

Aujourd'hui, les principaux pays émetteurs (États-Unis, Union Européenne, Chine...) se sont tous engagés sur des objectifs de réduction. Ces engagements se déclinent avec des réglementations plus précises en matière de développement des

renouvelables, de consommation d'énergie des véhicules, des bâtiments ou de l'industrie.

Même si ces orientations ne sont pas encore suffisantes pour limiter la hausse des températures à 2°C, la tendance est au renforcement des réglementations, en particulier dans les émergents et aux États-Unis qui ont longtemps été réfractaires sur ces sujets. Au-delà des entreprises impliquées dans l'énergie, ces changements législatifs liés au climat s'étendent à toutes les sphères de l'économie et en particulier aux acteurs financiers.

La transition est-elle en marche ? Quelles conséquences pour les entreprises ?

Notre modèle énergétique actuel est fondé sur de nombreuses décennies d'investissement dans les énergies fossiles. Ce poids de l'histoire implique naturellement des inerties importantes à tous les niveaux. Néanmoins, plusieurs signes macros sont encourageants. Poussées par les évolutions réglementaires, les entreprises doivent évoluer.

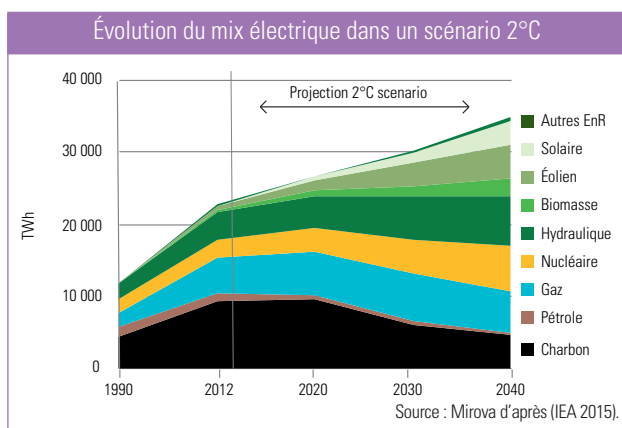
- ➔ Le panorama énergétique est aujourd'hui radicalement transformé avec notamment la baisse des coûts du solaire et de l'éolien, obligeant les grands électriciens à revoir leur modèle.
- ➔ Le secteur des transports voit aujourd'hui l'émergence de solutions de rupture comme les véhicules électriques ou hybrides et affiche d'importantes améliorations de l'efficacité énergétique.
- ➔ Le secteur du bâtiment où les inerties sont probablement les plus fortes en raison de sa nature décentralisée fait également face à un changement culturel avec des attentes de plus en plus fortes en matière d'isolation, de contrôle intelligent des consommations ou de solutions alternatives de chauffage (pompes à chaleur) et d'éclairage (LED).
- ➔ Enfin, les grands acteurs industriels poursuivent leur stratégie de développement de solutions éco-efficaces, en ligne avec les attentes de réduction des coûts du secteur.

Vers une réduction de l'intensité carbone de l'énergie ?

Quelles énergies pour répondre à l'enjeu climatique ?

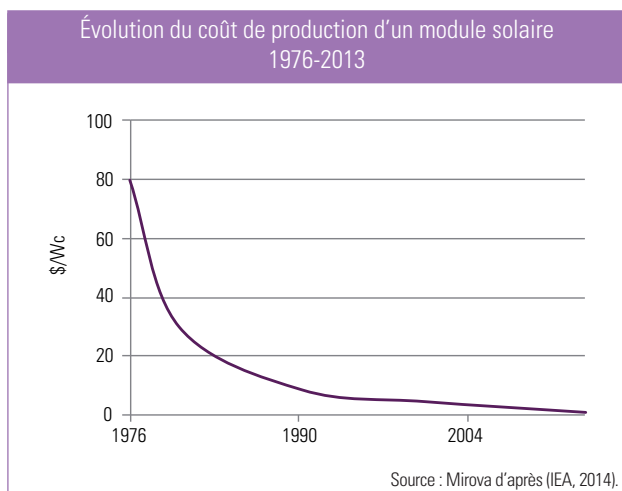
La réduction de l'intensité carbone de l'énergie passe par un développement des énergies bas carbone. Toutefois, toutes les énergies n'ont pas le même potentiel de développement.

Concernant les énergies renouvelables, l'éolien et le solaire affichent les potentiels de croissance les plus importants. Dans un scénario 2°C, la croissance moyenne annuelle de la production d'électricité solaire et éolienne devrait être d'environ 10 %/an quand celle du charbon devrait baisser de 2 %/an. Par ailleurs, l'hydraulique affiche encore un potentiel important, essentiellement dans les pays en développement.



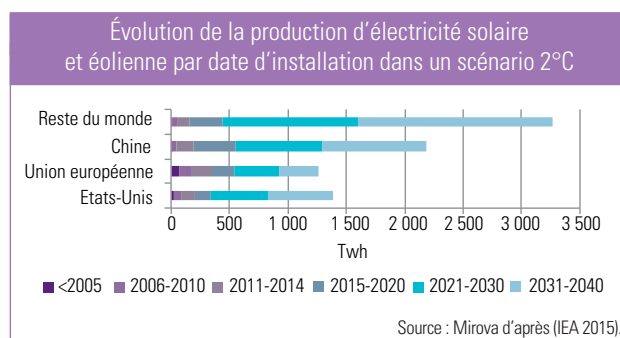
Pourquoi le solaire et l'éolien pourraient-ils connaître une telle croissance ?

Les différents soutiens réglementaires dans la plupart des régions du monde ont permis l'émergence d'une filière industrielle capable aujourd'hui de proposer une technologie de plus en plus compétitive face aux modes de productions traditionnels. A titre d'illustration, le prix du solaire a été divisé par plus de 4 en une dizaine d'années. Cette tendance à la baisse devrait continuer à se poursuivre, poussée par les économies d'échelle et les améliorations technologiques. Par ailleurs, contrairement aux autres énergies, le solaire dispose d'un gisement presque illimité, donnant un avantage à cette technologie à très long terme.



Dans quelles zones attend-on les plus fortes croissances ?

Poussé par les politiques de soutien aux renouvelables, le déploiement des énergies renouvelables a essentiellement eu lieu en Europe jusqu'en 2005 pour l'éolien et en 2010 pour le solaire. Les changements politiques et la baisse des coûts permettent aujourd'hui à ces technologies d'être également déployées dans d'autres régions du monde. Les installations sont aujourd'hui réparties dans des proportions comparables entre l'Europe, les États-Unis, la Chine et le reste du monde. Dans les décennies à venir, l'installation de panneaux solaires et d'éoliennes devrait progressivement basculer vers la Chine et les autres pays émergents.



Quels sont les acteurs concernés ?

L'industrie solaire a connu au cours des 10 dernières années des métamorphoses profondes. Si les subventions européennes ont initialement permis le développement d'une filière locale, la Chine s'est rapidement imposée comme l'acteur de référence du secteur. A l'exception de la production de polysilicium, où les acteurs occidentaux affichent encore une présence significative, la chaîne de valeur du solaire est aujourd'hui largement dominée par les acteurs chinois.

Dans l'éolien, les acteurs historiques occidentaux sont encore les plus importants. Toutefois, poussée par la croissance d'un marché local qui n'a que très peu recours à des entreprises étrangères, la Chine a vu l'émergence de champions locaux qui commencent aujourd'hui à se tourner vers l'exportation.

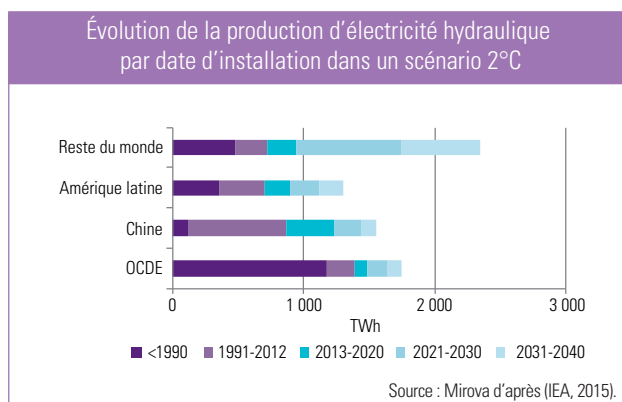
Principaux fournisseurs d'équipements solaire / éolien		
Polysilicium	Modules solaires	Eolien
GCL Poly (Chine)	Trina Solar (Chine)	Vestas (Danemark)
Wacker (Allemagne)	Yingli (Chine)	General Electric (US)
OCI (Corée)	Canadian Solar (Chine/Canada)	Enercon (Allemagne)
REC (Norvège)	Jinko (Chine)	Gamesa (Espagne)
LDK (Chine)	JA Solar (Chine)	Suzlon (Inde)
Tokuyama (Japon)	Sharp (Japon)	Siemens (Allemagne)
SunEdison (US)	Renesola (Chine)	Goldwind (Chine)
Daqo solar (Chine)	First Solar (US)	Sinovel (Chine)
Renesola (Chine)	Hanwha (Corée)	Nordex (Allemagne)
	Sunpower (US/France)	Guodian (Chine)

Source : Mirova.
Les conglomérats industriels sont représentés en italique

Les autres énergies renouvelables seront-elles amenées à jouer un rôle important ?

L'énergie hydraulique est une technologie mature et déjà compétitive. Si les perspectives semblent aujourd'hui limitées dans les pays occidentaux où la plupart des sites exploitables sont utilisés, le potentiel est encore important dans le reste du monde, en particulier en Chine et en Amérique du Sud. Même si le développement de grands barrages pose fréquemment des problématiques sociales qui doivent être gérées au mieux par les entreprises, l'atteinte des objectifs climatiques nécessitera probablement un recours croissant à cette technologie.

Concernant les autres énergies renouvelables, les perspectives semblent plus limitées, même à moyen terme, que ce soit pour des raisons de disponibilité de la ressource (production d'électricité géothermique), de défis techniques encore importants (énergies marines, biomasse), ou de problématiques environnementales et sociales (biomasse).



Outre les renouvelables, d'autres technologies peuvent-elles être amenées à jouer un rôle dans la réduction des émissions ?

Les solutions de stockage de l'électricité restent aujourd'hui limitées. Pour faire face à l'intermittence du solaire et de l'éolien, il sera nécessaire d'investir dans des réseaux plus intelligents, des « smart grid », permettant d'ajuster au mieux offre et demande à chaque instant. Par ailleurs, les batteries électriques, dont les coûts ont fortement baissé, viendront progressivement s'intégrer dans ces réseaux.

Au-delà des renouvelables, réduire l'intensité carbone de l'énergie nécessite de trouver des substituts au charbon et au pétrole qui sont les énergies les plus émissives.

- Le gaz affiche des émissions presque deux fois inférieures au charbon. Il peut dès lors jouer un rôle de « transition », notamment dans les pays ayant encore un recours important au charbon comme la Chine, l'Inde ou les États-Unis.
- Le nucléaire, n'émettant pas de GES, peut être considéré comme une solution en matière de lutte contre le changement climatique. Toutefois, les problématiques de sécurité nucléaire mises en exergue par les accidents de Three Mile Island, de Tchernobyl et de Fukushima ainsi que la question des déchets nucléaires apparaissent comme un frein important au développement de la filière. Le nucléaire est aujourd'hui la seule énergie affichant une baisse de sa production. Le développement de la fusion nucléaire qui permettrait de limiter ces risques semblent aujourd'hui hors de portée pour répondre à l'enjeu climatique.
- Le CCS permet de capturer le CO₂ des centrales électriques ou des sites industriels et de le stocker sous terre. Toutefois, cette technologie pose des problématiques d'acceptabilité sociétale et sa viabilité économique reste encore à démontrer.

Ces développements ne risquent-ils pas d'être affectés par la chute des prix du pétrole ?

Les liens entre le prix du pétrole et le développement des énergies bas carbone est plus compliqué qu'il n'y paraît. À première vue, on peut penser qu'il sera plus difficile pour les énergies alternatives d'être compétitives si les prix du pétrole sont bas. Au-delà des aspects réglementaires qui viennent perturber ces équilibres, la plupart des énergies bas carbone produisent de l'électricité et ne sont pas en compétition directe avec le pétrole, principalement utilisé dans les transports. Même le prix du gaz, historiquement indexé au prix du pétrole, tend aujourd'hui à avoir sa propre dynamique, en particulier aux États-Unis avec l'essor des gaz de schistes. La faiblesse des prix du pétrole a surtout un impact sur le développement des ressources fossiles les plus chères à produire comme l'exploitation en arctique ou les sables bitumineux.

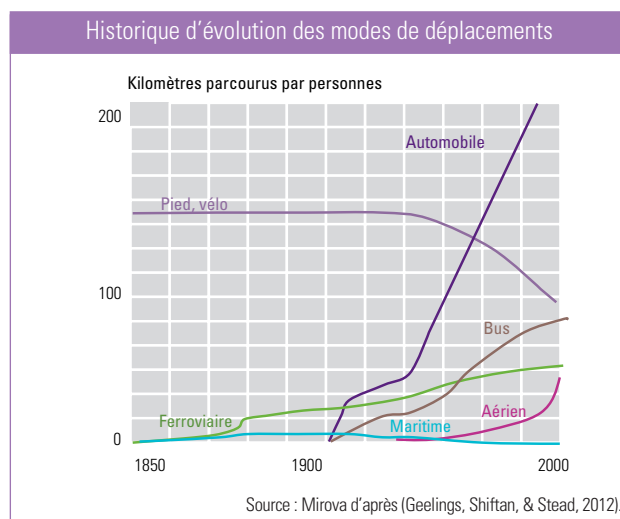
Mobilité

Quelles tendances en matière de mobilité ?

Le développement économique a entraîné une croissance de la mobilité des personnes. Si ce développement a concerné l'ensemble des modes de transport, le transport routier a clairement connu la croissance la plus forte et représente aujourd'hui 75 % des consommations d'énergie du secteur. Ces consommations croissantes du secteur routier sont fortement liées à la croissance de l'étalement urbain rendu possible par la démocratisation de l'automobile.

Dans les pays occidentaux, on voit toutefois émerger un début de transition : nette amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, réduction du nombre de km/pers aux États-Unis depuis plus d'une dizaine d'années... Ces tendances restent toutefois largement contrebalancées par un recours croissant à l'automobile dans les émergents. La Chine affiche par exemple une hausse du taux de motorisation de 10 %/an. Par ailleurs, la croissance de transport aérien dont les émissions par unité transportée sont les plus élevées constitue également un défi pour la réduction des émissions du secteur.

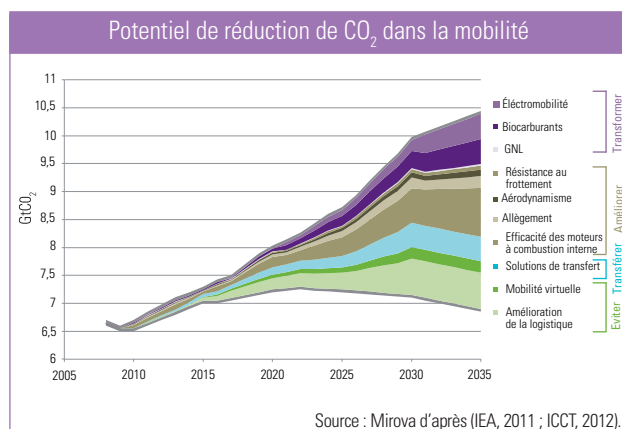
L'atteinte des objectifs climatiques nécessite des évolutions profondes en matière de mobilité.



Quelles solutions pour rendre la mobilité durable ?

Rendre la mobilité plus durable implique des développements sur différents secteurs pouvant être regroupés en 4 axes :

- *Transformation* via l'émergence de technologies de rupture comme le véhicule électrique ou les carburants alternatifs.
- *Amélioration* de l'efficacité énergétique des véhicules thermiques.
- *Transfert* via un renforcement des investissements dans des technologies matures affichant des empreintes carbone plus limitées comme le transport ferroviaire ou maritime.
- *Évitement* grâce à des innovations autour des nouvelles technologies de l'information permettant d'éviter des déplacements.



Les véhicules électriques ont-ils un réel potentiel de développement ?

La famille des véhicules électriques (EV) englobe les véhicules électriques à batterie (BEV), les véhicules hybrides rechargeables (PHEV/REEV) et les véhicules à pile à combustible (FCEV).

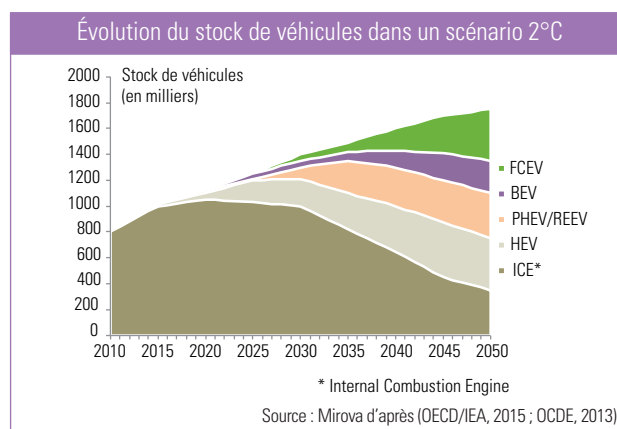
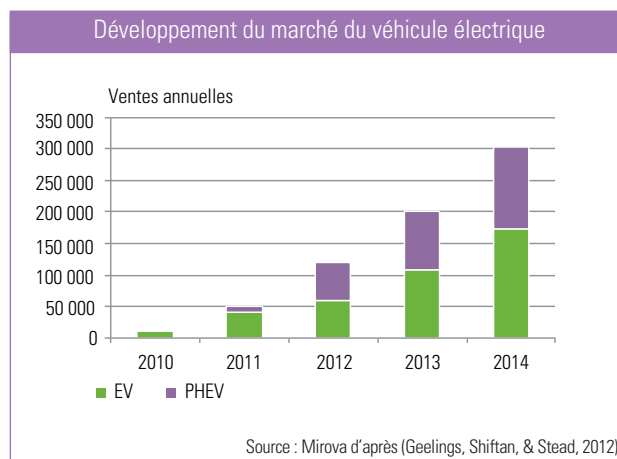
Les deux principaux freins au développement du véhicule électrique sont en train d'être levés :

- L'autonomie, déjà suffisante pour assurer des usages urbains et un service aux parcs d'entreprises, s'étend de plus en plus.
- Les coûts des batteries ont baissé de moitié en moins de 5 ans avec une perspective d'atteindre ~200 USD/kWh d'ici 2020.

Les véhicules hybrides rechargeables représentent une bonne alternative offrant des perspectives au transport routier avec un bilan carbone amélioré de ~40 % sur de longues distances et la possibilité de parcourir des distances >50 km en mode électrique pur.

A long terme, les véhicules à pile à combustible sont prometteurs à condition d'investissements et d'avancées sur le bilan carbone lié à la production et le stockage embarqué de l'hydrogène.

Concernant les secteurs aérien et maritime, les technologies de transformation, et en particulier la filière de biocarburants de 2^{de} et 3^{me} générations, sont indispensables pour atteindre 50 % de réduction d'émissions de CO₂.



— 13 —

Peut-on aller encore plus loin en matière d'efficacité énergétique des véhicules thermiques ?

Pour les modes aérien, maritime et routier, le potentiel de réduction des émissions de CO₂ liées aux solutions d'amélioration est de l'ordre de 30 %.

Pour l'ensemble de ces transports, les solutions d'amélioration concernent :

- L'efficacité énergétique au niveau des moteurs (assistance d'un moteur hybride, downsizing, injection directe pour le mode routier ; turboréacteurs à double flux avec réducteur et turboréacteurs à soufflante non carénée pour l'aérien), optimisation de la transmission (six vitesses, variation continue pour le mode routier) et gestion de l'énergie à bord (système de taxiage électrique dans l'aérien).

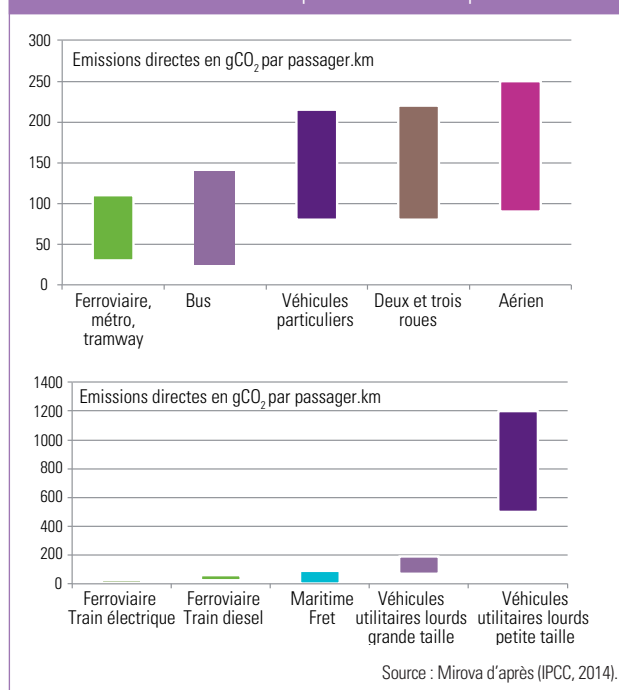
- La réduction des forces de résistances (aérodynamique, résistance au roulement des pneus, frottements internes et allègement des structures).

Le transport ferroviaire ou le transport maritime constituent-ils une alternative viable ?

Pour le transport de personnes, le ferroviaire affiche en moyenne des émissions deux fois plus faibles que le transport routier ou aérien. Les écarts sont encore plus importants pour le transport de biens : le maritime, malgré des problématiques de pollutions locales, et le ferroviaire permettent des réductions encore plus importantes que pour le transport de personnes.

Dans ce contexte, les pouvoirs publics renforcent aujourd'hui leurs investissements dans les infrastructures ferroviaires et maritimes offrant des perspectives de développement aux acteurs impliqués sur ces solutions. A moindre échelle, cette tendance bénéficie également aux acteurs impliqués dans les transports en bus et en vélo.

Émissions de GES par mode de transport



Éviter les déplacements peut-il être source d'opportunités pour les entreprises ?

Le développement d'outils informatiques peut participer à optimiser voire à éviter des déplacements. Les principales technologies existantes sont les solutions de visioconférence, les plateformes de partage de véhicules, la géolocalisation de flottes, le guidage par satellite. Si certains acteurs sont aujourd'hui bien positionnés sur ces sujets, ces solutions sont fréquemment diluées dans une offre de services éloignée des problématiques d'efficacité énergétique.

Exemples d'entreprises proposant des solutions en matière de mobilité durable

Transformer

Albemarle Corporation (US)	Infineon (Allemagne)
Blue Solutions (France)	Continental AG (Allemagne)
Tesla (US)	Delphi (US)
BMW (Allemagne)	Zhengzhou Yutong (Chine)
BYD co (Chine)	Schneider Electric (France)
Toyota (Japon)	Air Liquide SA (France)
Nissan (Japon)	Zhejiang Luyuan Electric Vehicle (Chine)
Renault (France)	
Magna (Canada)	

Améliorer

Transférer

Borgwarner (US)	Shimano Inc. (Japon)
Airbus (France)	Deutsche Post (Allemagne)
Rolls Royce (Royaume-Uni)	Merida Industry (Taiwan)
ABB (Finlande)	Accell Group (Pays-Bas)
Safran (France)	Siemens (Allemagne)
Michelin (France)	Alstom (France)
Hexcel (US)	Bombardier (Canada)
ABB (Finlande)	
Algenol LLC (US)	
Algae Tec Ltd (Australie)	

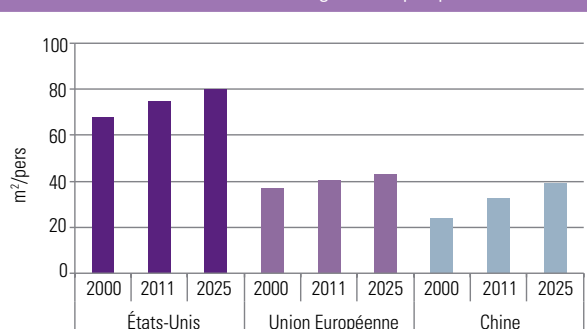
Source : Mirova.

Bâtiment

Quelles sont les grandes tendances du bâtiment ayant un impact sur les consommations d'énergie ?

L'accès à la mobilité a permis le développement de logements et de bâtiments à usages commerciaux de tailles croissantes, éloignés des centres urbains. Cette tendance à l'augmentation du nombre de m²/personne semble être amenée à se poursuivre encore de nombreuses années.

Évolution de la taille des logements par personne



Source : Mirova d'après (IEA, 2014), (UN, 2015).

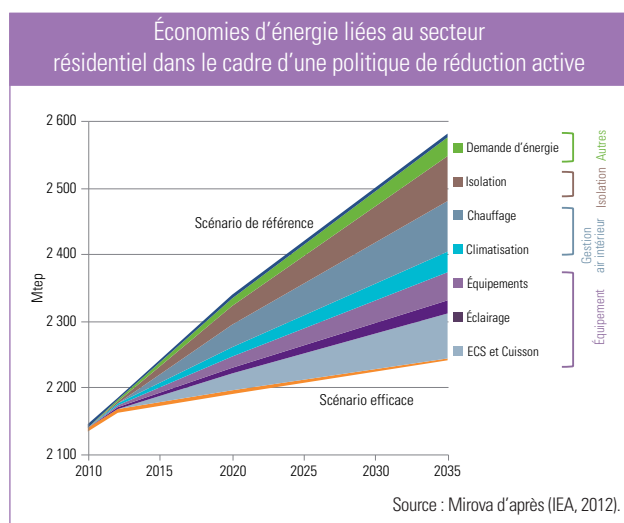
Les consommations énergétiques étant fortement liées au chauffage et à la climatisation, cette tendance à l'accroissement des bâtiments nécessite un changement de culture afin d'accélérer fortement le développement de solutions bas carbone.

Quelles solutions pour réduire l'empreinte carbone du bâtiment ?

Les technologies sont aujourd'hui disponibles afin de limiter l'empreinte carbone d'un bâtiment. En effet, si les logements construits avant les années 70 pouvaient avoir des consommations comprises entre 300 et 400 kWh/m²/an, les logements construits aujourd'hui peuvent facilement afficher des consommations inférieures à 100 kWh/m²/an. Les principales solutions permettant d'atteindre ces performances énergétiques sont :

- L'isolation des bâtiments, qu'il s'agisse des murs, de la toiture, des sols, des fenêtres ou des portes.
- Le déploiement de solutions de chauffage et de climatisation plus efficaces.
- Un recours croissant à des équipements efficaces pour la production d'eau chaude sanitaire, la cuisson ou l'éclairage, ainsi qu'à des solutions de gestion automatisée de l'énergie.

Les réglementations sur les constructions neuves encouragent aujourd'hui le développement de ces solutions. Toutefois, des efforts supplémentaires seront nécessaires afin d'accélérer la rénovation des bâtiments anciens qui constituent encore l'essentiel des consommations.



Quels sont les acteurs pouvant bénéficier de ces tendances ?

Les producteurs de solutions d'isolation apparaissent très bien positionnés : production de mousses isolantes, laines de verre, laines de roches, double et triple vitrage. Sur ce segment, les solutions existantes apportent déjà un niveau d'efficacité énergétique important à un coût abordable. L'accélération du déploiement de ces technologies semble plus liée à l'évolution des cadres réglementaires et à la sensibilisation des acteurs concernés, artisans et propriétaires en particulier.

En matière de chauffage et de climatisation, les acteurs proposant des solutions sont plus limités. Si les chaudières à condensation permettent une légère augmentation des rendements énergétiques, les principales technologies permettant une réduction significative des émissions sont aujourd'hui les pompes à chaleur, le solaire apposé au bâti et le recours à la biomasse pour le chauffage.

Enfin, en matière d'équipements, la chute spectaculaire des coûts des LED entraîne une transformation radicale du secteur de l'éclairage.

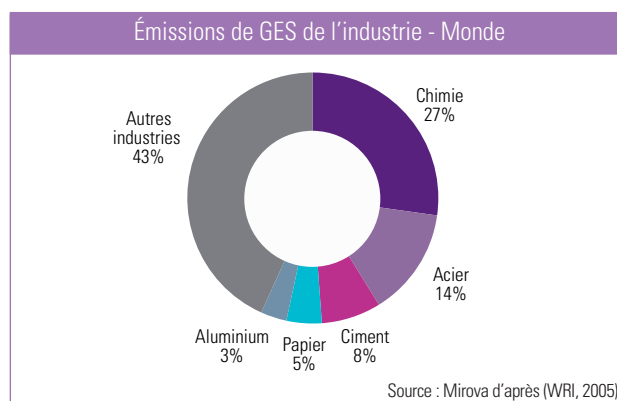
Exemples d'entreprises proposant des solutions en matière de bâtiments verts		
Isolation	Chauffage / Climatisation	Équipements
Cie de saint-Gobain (France)	United technologies corp. (US)	Epistar (Taiwan)
Asahi Glass (Japon)	Lennox (US)	Philips (Pays-bas)
Nippon Sheet Glass co. (Japon)	Daikin (Japon)	Zumtobel (Autriche)
Guardian Industries (US)	Midea Group (Chine)	Schneider Electric (France)
Kingspan (RU)	Alfa laval (Suède)	Melrose (RU)
Rockwool (Danemark)	Ingersoll Rand PLC (Irlande)	Osram (Allemagne)
Knauf (Allemagne)	IMI (RU)	Siemens (Allemagne)
Owens corning (US)	Nibe (Suède)	Legrand (France)
Johns Manville (US)		Honeywell (US)
Sekisui House (Japon)		ABB (Suisse)

Source : Mirova.

Industrie

Quelles sont les industries les plus émettrices de GES ?

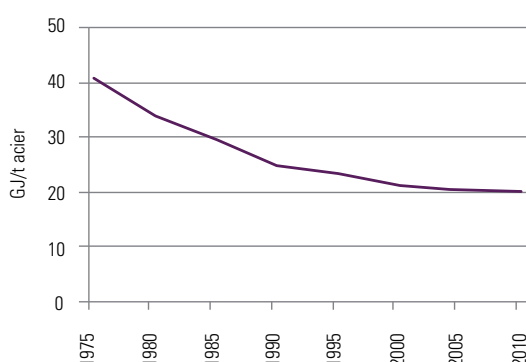
La chimie, le ciment, le papier, l'acier, et les autres métaux représentent à eux seuls les 2/3 des émissions de gaz à effet de serre du secteur industriel. Le tiers restant est réparti entre un nombre important d'industries dont les consommations d'énergie sont essentiellement liées à la consommation d'électricité. Ce poids de l'électricité dans le secteur est de plus en plus important. Alors que l'électricité représentait seulement 30 % des consommations du secteur au début des années 70, elle approche aujourd'hui les 50 %.



Existe-t-il un potentiel de réduction dans l'industrie lourde ?

Poussé par des objectifs de réduction des coûts, les industries les plus consommatrices d'énergie comme la chimie, l'acier ou le ciment ont déjà réalisé d'importants efforts de réduction de leur consommation. Même si aujourd'hui, le déploiement des meilleures technologies disponibles permettrait encore certaines améliorations, seules des ruptures technologiques comme le CCS permettrait des réductions importantes. En l'absence de contrainte carbone plus importante, le déploiement de telles technologies semble aujourd'hui très hypothétique. Dès lors, les opportunités d'investissement dans l'efficacité énergétique sur ces secteurs sont relativement limitées.

Profil type d'évolution des consommations d'énergie dans les industries lourdes - Acier



Source : Mirova, d'après (World, Steel Association, 2008).

Et en matière de réduction des consommations d'électricité ?

70 % des consommations d'électricité du secteur industriel sont liées à l'utilisation des moteurs électriques. Il existe un important potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique de ces moteurs via :

- Le remplacement de moteurs souvent vieillissants par des moteurs récents plus efficaces.
- Le recours croissant à des variateurs de vitesse, dispositifs permettant d'ajuster au mieux la puissance du moteur à la tâche. Seuls 30 à 40 % des moteurs existant sont aujourd'hui équipés de ces dispositifs.
- L'optimisation globale du système avec notamment un recours croissant à des capteurs et des systèmes d'information.

De nombreux acteurs industriels proposent aujourd'hui des solutions afin d'optimiser les consommations énergétiques de leurs clients.

Exemples d'entreprises proposant des solutions d'efficacité énergétique dans l'industrie

Moteurs efficaces	Acteurs diversifiés
ABB (Suisse)	Danaher (US)
Schneider Electric (France)	Philips (Pays-Bas)
Emerson Electric (US)	Mersen (France)
Eaton (US/Irlande)	American superconductor (US)
Teco (Taïwan)	Halma (Royaume-Uni)
Rockwell Automation (US)	Spirax-sarco (Royaume-Uni)
WEG S.A. (Brésil)	Siemens (Allemagne)
IMI (RU)	Ingersoll Rand (Irlande)

Source : Mirova.

TABLE DES MATIÈRES

11 Quels scénarios bas carbone ?	18		
111 L'énergie, consommations et réserves	18	31311 Transport routier	37
11111 Consommations	18	31312 Transport aérien	39
11112 Réserves fossiles et changement climatique	20	31313 Transport maritime	40
112 Quelles tendances pour l'avenir ?	21	314 Quel développement pour les modes de transport les plus économes ?	40
11211 Population	21	31411 Transport de personnes	40
11212 Consommation d'énergie par habitant : améliorer l'efficacité énergétique	21	31412 Transport de biens	41
11213 Intensité carbone de l'énergie : développer les énergies bas carbone	22	315 Éviter	41
113 Vers un scénario 2°C ?	23	31511 TIC et mobilité	41
11311 Cadre réglementaire	23	31512 Services de partage	41
11312 Quels scénarios énergétiques ?	25	316 Synthèse des acteurs clefs de la mobilité durable	42
11313 La transition est-elle en marche ?	25		
21 Énergie	26	41 Bâtiments	46
211 Quelles solutions pour réduire l'intensité carbone de l'énergie ?	26	411 Bâtiments et environnement	46
212 Éolien	26	41111 Les tendances du bâtiment	46
213 Solaire	28	41112 Impacts environnementaux du bâtiment	46
214 Hydraulique, biomasse et autres énergies renouvelables	29	41113 Des changements poussés par les réglementations	48
21411 Hydraulique	29	41114 Quelles solutions pour rendre durable le bâtiment ?	48
21412 Biomasse	30	412 Améliorer l'isolation des bâtiments	48
215 Technologies bas carbone non renouvelables	30	41211 Isolation de l'enveloppe	49
21511 Smart Grids et batteries	30	41212 Ouvertures	49
21512 CCS	31	413 Quels développements pour une gestion de l'air et de l'eau plus économe ?	50
21513 Gaz	31	41311 Chauffage et eau chaude sanitaire	50
21514 Nucléaire	31	41312 Systèmes de climatisation	51
216 Quel impact sur les entreprises traditionnelles du secteur de l'énergie ?	32	414 Rendre l'usage des équipements plus économe	51
21611 Producteurs d'énergie	32	41411 Éclairage	51
21612 Producteurs d'électricité	32	41412 Cuisson	52
		41413 Automatisation	52
31 Mobilité	33	415 Conclusion	53
311 Comment rendre durable le concept de mobilité ?	33	51 Industrie	53
31111 Quelles tendances en matière de mobilité ?	33	511 Industrie, énergie et CO ₂	53
31112 Impacts environnementaux du secteur	33	512 Industries à fortes consommations d'énergie	54
31113 Quelles solutions pour rendre la mobilité durable ?	34	51211 Panorama réglementaire	54
312 Quelles technologies pour transformer la mobilité ?	34	51212 Produits chimiques et pétrochimiques	54
31211 Véhicules électriques	35	51213 Acier	55
31212 Deux roues et bus électriques	37	51214 Ciment	57
31213 Carburants alternatifs	37	513 Efficacité énergétique trans-sectorielle	58
313 Améliorer l'efficacité énergétique des transports	37	Conclusion	60
		Table des illustrations	60
		Bibliographie	61

1 | Quels scénarios bas carbone ?

À travers les derniers rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change), publiés entre 2013 et 2014, la communauté scientifique confirme qu'il est extrêmement probable (>95 %) que les activités humaines perturbent le climat. Nous pouvons déjà observer certaines conséquences de ces changements climatiques : augmentation de la fréquence des épisodes de canicule, fonte des glaces au Pôle Nord... La poursuite du réchauffement climatique renforcera cette tendance : augmentation des sécheresses, baisse des rendements agricoles, migration de maladies tropicales vers des latitudes moins élevées...

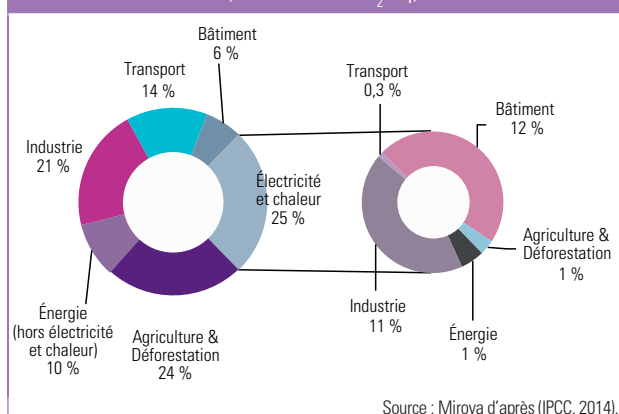
Pour limiter ces impacts et maintenir les objectifs de développement durable, il est aujourd'hui nécessaire de mettre en place des mesures importantes de réduction des émissions de GES. En effet, comme le montrent les différents scénarios publiés par l'IPCC, seul un plafonnement rapide des émissions suivi d'une forte baisse d'ici 2020 permettront de maintenir la hausse des températures sous les 2°C, seuil qui devrait permettre d'éviter les conséquences les plus graves du changement climatique.

Cet objectif, même s'il paraît aujourd'hui très ambitieux, reste le chiffre sur lequel il existe un consensus international. La poursuite de cet objectif entraînera des changements structurels en particulier pour :

— 18 —

- les entreprises liées à l'énergie (~75 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre),
- les entreprises liées à l'agriculture et la gestion des forêts (~25 % des émissions).

Figure 1. Émissions de gaz à effet de serre par secteur 2010
(total : 49 Gt CO₂ eq)



Focus : Agriculture, forêts et investissement

Sources de près d'1/4 des émissions de GES mondiales, l'agriculture et la foresterie ont aussi un rôle majeur à jouer dans la lutte contre le changement climatique. Les émissions de GES du secteur agricole et alimentaire étant majoritairement indépendantes des problématiques énergétiques (CO₂ dû à la déforestation, émissions liées à la digestion du bétail, émissions des sols fertilisés), les investissements doivent surtout s'orienter vers une bonne gestion des terres. Or, bien qu'il s'agisse d'un segment économique majeur dans le monde, l'agriculture reste aujourd'hui principalement contrôlée par des exploitations familiales. Les sociétés directement impliquées dans la gestion et l'exploitation des terres ne représentent ainsi qu'un faible poids des indices boursiers. En tant qu'investisseurs, certaines solutions permettent de soutenir une économie bas carbone dans le secteur agricole. Il existe notamment des fonds investissant directement dans des projets de niveau communautaire, qui restent néanmoins aujourd'hui de taille relativement réduite¹.

Pour les investisseurs, l'essentiel des enjeux associés à la transition vers une économie bas carbone se concentre donc sur les secteurs liés à l'énergie : extraction d'énergie, production d'électricité, industrie, bâtiments, transports... Appréhender les transformations en cours dans ces secteurs nécessitent une compréhension claire des dynamiques autour de l'énergie.

11 L'énergie, consommations et réserves²

1111 Consommations

Par type d'énergie

Malgré l'importance croissante des énergies alternatives, il est important de retenir que les énergies fossiles, pétrole, charbon et gaz, représentent toujours près de 80 % du mix énergétique mondial (IEA, 2012). Or ce mix énergétique est incompatible avec la lutte contre le changement climatique. Alors que les énergies renouvelables et le nucléaire n'émettent pas de CO₂ pour produire de l'énergie, la combustion d'une unité d'énergie de charbon est la plus émettrice (~4 t CO₂/tep) suivi par le pétrole (~3 t CO₂/tep) puis le gaz (~2-2,5 t CO₂/tep) (ADEME, 2010). En prenant en compte les consommations de chaque type d'énergie, le charbon est ainsi responsable de 44 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales, le pétrole 36 % et le gaz 20 %.

1. Le fonds Land Degradation Neutrality prévu par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD) et qui devrait voir le jour courant 2016 prévoit de faire changer d'échelle ce moyen de lutter contre le changement climatique, avec un objectif de réhabilitation de 12 millions d'hectares par an, soit 1 Gt de CO₂.

2. Il existe un grand nombre d'unités pour mesurer l'énergie. Le pétrole est par exemple fréquemment mesuré en baril, le gaz en m³, le charbon en tonne. Dans cette partie, afin de pouvoir comparer les énergies entre elles de manière simple, les énergies sont toutes exprimées en tonne équivalent pétrole, tep.

Figure 2. Consommation mondiale d'énergie primaire³ 2012 (total : 14 000 Mtep)

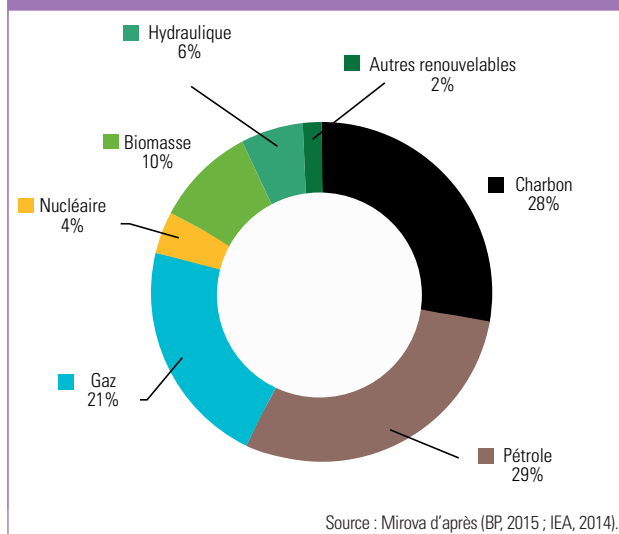
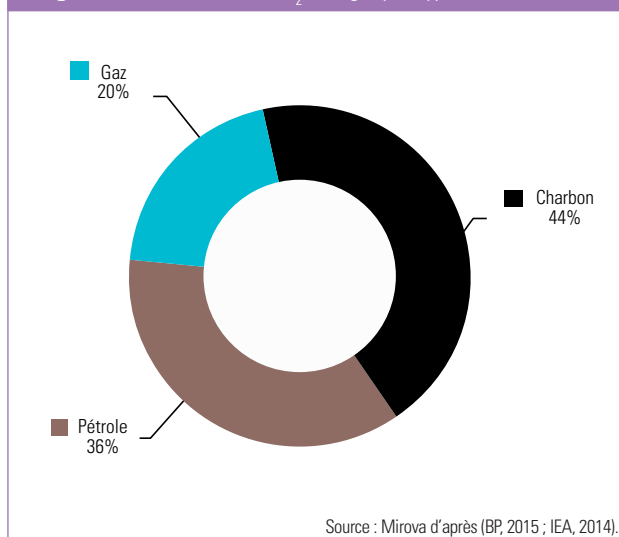


Figure 3. Émissions de CO₂ énergie par type de source 2012

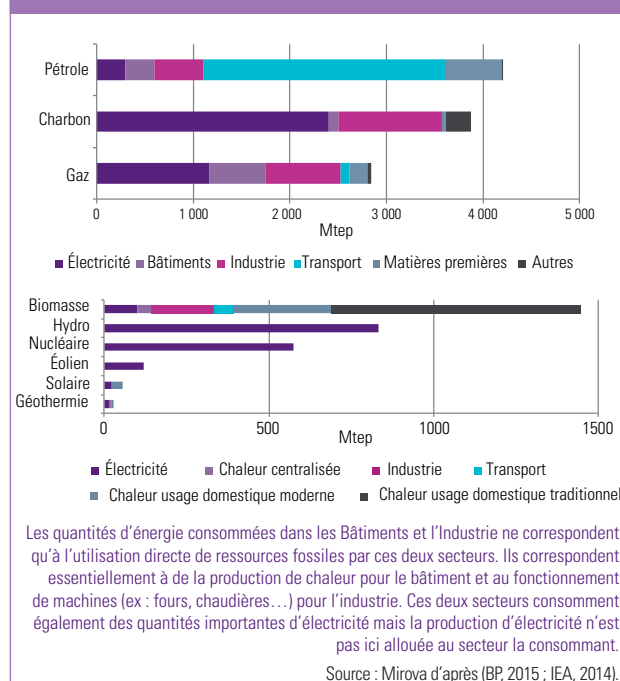


Cette prédominance des énergies fossiles s'explique notamment par le coût comparativement faible et la facilité d'utilisation et de stockage de ces énergies pour différents usages. Le charbon est ainsi la principale source d'énergie pour la production d'électricité suivi par le gaz. Le pétrole est omniprésent dans les transports. Le gaz, et dans une moindre mesure le pétrole, sont largement utilisés pour la production de chaleur dans les bâtiments. Ces trois énergies sont également très utilisées dans l'industrie...

Concernant les autres types d'énergie, la biomasse représente le plus gros contributeur au mix énergétique mondial. Si cette source d'énergie est utilisée dans le cadre de technologies modernes (biocarburants, cogénération, etc.), c'est encore son utilisation traditionnelle qui domine (cuisson et production de chaleur dans des foyers peu performants dans les pays en

développement). Enfin, les autres principales sources d'énergie (hydraulique, nucléaire, éolien, solaire et géothermie) sont de leur côté essentiellement dédiées à la production d'électricité.

Figure 4. Répartition des principaux usages des combustibles fossiles et non-fossiles - Monde 2012



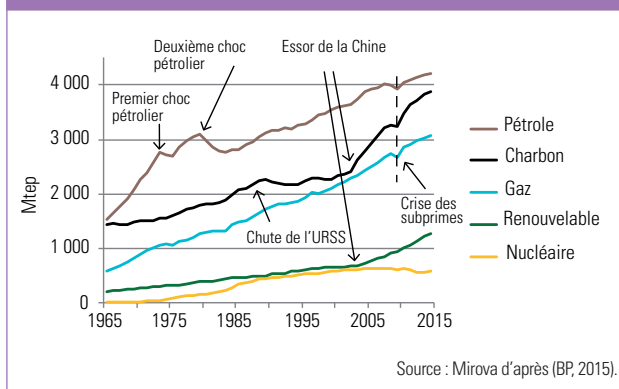
Historiquement, ce mix énergétique global a peu évolué. A l'exception des deux chocs pétroliers et de la crise financière de 2009, les consommations d'énergie n'ont jamais cessé d'augmenter au cours des 50 dernières années, portées par une croissance soutenue de la consommation de pétrole, charbon et gaz. A partir des années 2000, l'essor de la Chine, qui utilise fortement le charbon pour son électricité et son industrie lourde, a renforcé cette tendance.

Les énergies alternatives quant à elle ont connu des croissances moins linéaires :

- L'hydraulique, une technologie aujourd'hui mature, malgré une croissance robuste au cours des 50 dernières années, a cru beaucoup moins vite que les énergies fossiles.
- Le nucléaire, qui a connu une forte croissance à partir des années 70 en réponse aux chocs pétroliers, a vu sa croissance ralentir fortement, notamment suite aux catastrophes de Tchernobyl et de Fukushima.
- Les autres énergies, après avoir été extrêmement marginales pendant de nombreuses années, commencent à émerger. En particulier, l'éolien et le solaire connaissent depuis 5 ans une croissance soutenue.

3. L'énergie primaire associée à la production d'électricité nucléaire et renouvelable est ici calculée en appliquant un facteur de conversion de 38 % correspondant à l'efficacité moyenne d'une centrale thermique moderne.

Figure 5. Évolution des consommations d'énergie
Monde, 1965 - 2014



Par région

D'un point de vue régional, trois blocs représentent à eux seuls près de 75 % de la consommation d'énergie mondiale : les pays de l'OCDE, l'ex-URSS et la Chine, marquante par la vitesse de sa croissance.

Les autres pays constituent un bloc hétérogène et mêlent des grands émergents (Inde, Brésil), des PED et des PMA (en majorité des pays africains et asiatiques) et des pays pétroliers. Les projections voient la consommation de ce dernier quart augmenter rapidement, avec une production d'énergie très axée autour des énergies fossiles, en particulier pour un pays comme l'Inde.

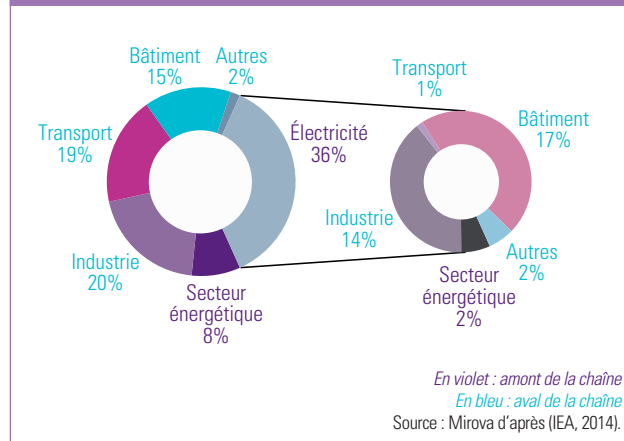
Par secteur

L'énergie subvient à des besoins spécifiques : se chauffer, se déplacer, produire des biens... Entre leur extraction et leurs usages, les ressources naturelles subissent une chaîne de transformation. Ces différentes étapes peuvent être décomposées en deux grands blocs :

- La partie amont comprend essentiellement la production d'électricité et les consommations d'énergie du secteur énergétique (extraction des matières premières, raffinage du pétrole, transformation du charbon).
- La partie aval de la chaîne liée aux consommations d'énergie finale concerne en particulier trois secteurs :
 - L'industrie, couvrant un large éventail d'activités : produits chimiques, acier, ciment, verre, aliments, pâtes et papiers, machinerie, extraction minière, textiles...
 - Le transport routier, maritime ou aérien de personnes ou de fret,
 - Les bâtiments résidentiels, commerciaux, ou publics⁴.

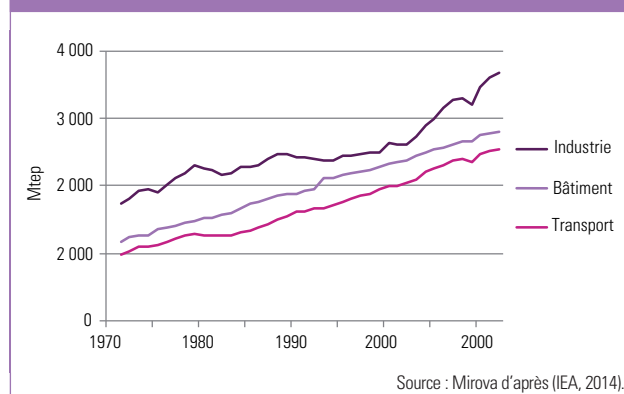
4. A ces trois catégories principales, on peut ajouter : les services publics tels les réseaux d'eau et la gestion des déchets, les activités agricoles, forestières et de pêche, l'usage de l'énergie à des fins non énergétiques.

Figure 6. Répartition des consommations d'énergie primaire
par secteur - Monde, 2012



Historiquement, les trois secteurs ont connu une croissance quasi ininterrompue de leurs consommations d'énergie bien que l'industrie ait connu des épisodes de forte volatilité (réduction progressive de sa dépendance au pétrole après les crises pétrolières puis forte hausse des consommations du secteur depuis les années 2000 tirée par la Chine).

Figure 7. Consommation d'énergie primaire par secteur
Monde, 1970-2012



1112 Réserves fossiles et changement climatique

Limiter la hausse des températures à 2°C implique de fortement limiter les futurs rejets de GES dans l'atmosphère. Si la quantité de ressources fossiles disponible est par nature limitée, la question se pose de savoir si la quantité de CO₂ libérée par leur combustion pourrait être compatible avec cette contrainte.

Les ressources fossiles peuvent être regroupées en deux catégories :

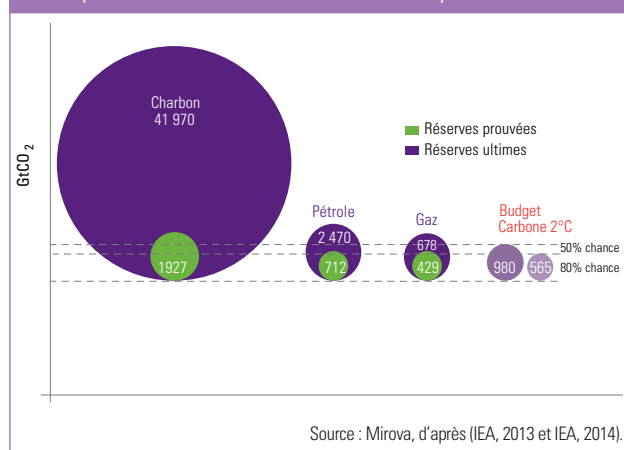
- **les réserves prouvées**, correspondant aux volumes d'hydrocarbures déjà découverts (à la fois conventionnels et non conventionnels) et pour lesquels il existe une forte certitude (> 90 % de chances) qu'ils soient extraits dans les conditions économiques et technologiques actuelles.

→ **les ressources ultimes**, correspondant aux dernières estimations des volumes d'hydrocarbures pour lesquels on estime qu'il existe au moins 10 % de chances qu'ils soient extraits dans les conditions économiques et technologiques actuelles. Ces volumes augmentent avec les progrès technologiques.

Au rythme actuel de consommation, nous pouvons estimer que les réserves prouvées de pétrole dureront encore 50 ans, le gaz 65 ans et le charbon 125 ans. En tenant compte des ressources ultimes récupérables, ces durées s'étendent à 176 et 233 ans respectivement pour le pétrole et le gaz et à plus de 2 700 ans pour le charbon.

Or, converti en tonnes de CO₂, le contenu des ressources prouvées seules représenterait plus de 3 000 Gt, soit déjà plus de 3 fois le niveau acceptable d'émissions (980 Gt) dans l'atmosphère pour avoir 50 % de chance de limiter à la hausse des températures à 2°C, d'après les estimations de l'IPCC. Ce « budget carbone » serait même réduit à 565 Gt selon le Potsdam Climate Institute pour voir cette probabilité atteindre 80 %.

Figure 8. Distribution du contenu carbone des réserves prouvées et des ressources ultimes d'hydrocarbures



Globalement, ces réserves prouvées de ressources fossiles sont inégalement réparties dans le monde. Les États-Unis, la Russie et la Chine représentent 57 % des réserves mondiales de charbon, tandis que près de la moitié des réserves de pétrole se trouvent au Moyen-Orient. En ce qui concerne le gaz, la Russie, l'Iran et le Qatar se partagent la moitié du total des réserves conventionnelles. La concentration des ressources et réserves d'hydrocarbures entre les mains d'un petit nombre de pays, notamment le pétrole (80 % des réserves prouvées étant détenues par les pays de l'OPEPE), peut constituer un frein aux négociations internationales sur le climat, ces pays pouvant être moins enclins à accepter la mise en place de contraintes fortes sur leurs principales sources de revenus.

112 Quelles tendances pour l'avenir ?

Afin d'analyser les tendances en matière d'émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie, une grille de lecture possible est de décomposer les émissions selon l'équation suivante :

Figure 9. Décomposition du calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES)

$$\begin{aligned} &\text{Émissions de GES (énergie)} \\ &= \\ &\text{Population} * \text{Consommation d'énergie par habitant} * \text{Intensité} \\ &\quad \text{carbone de l'énergie.} \end{aligned}$$

La compréhension des tendances sur chaque élément de l'équation permet de mieux anticiper les contraintes à venir en matière d'émissions de gaz à effet de serre.

11211 Population

D'après les projections du scénario central (Medium-Variant) des Nations-Unies (United Nations, 2015), en conservant les tendances socio-économiques actuelles, la population mondiale devrait atteindre plus de 9,7 milliards d'êtres humains à l'horizon 2050. Cette hausse de plus de 2,5 milliards d'individus en moins de 40 ans (nous sommes 7,4 milliards en 2015) aura un impact fort sur les différentes dimensions de la société, dont la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.

On peut relever que les grandes zones de consommations d'énergie – OCDE, Chine, ex-URSS – affichent des perspectives relativement stables d'un point de vue démographique. L'essentiel de la croissance démographique proviendra donc des pays les moins consommateurs d'énergie, notamment en Afrique et en Asie.

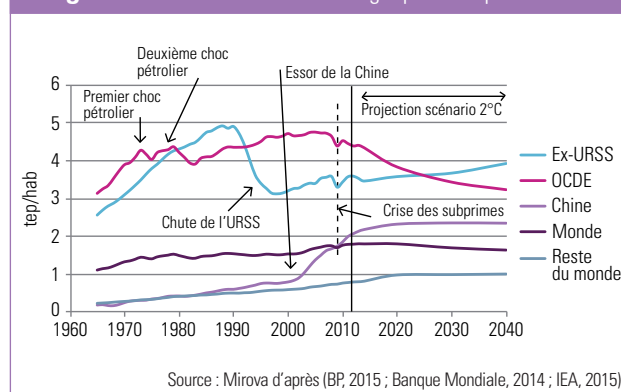
Ces perspectives d'augmentation de la population apparaissent comme un défi important nécessitant une action renforcée sur les autres piliers.

11212 Consommation d'énergie par habitant : améliorer l'efficacité énergétique

Améliorer l'efficacité énergétique apparaît comme un premier pilier d'action possible afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Par région

Figure 10. Consommation d'énergie primaire par habitant



Il existe une forte corrélation entre la consommation d'énergie par habitant et le niveau de développement d'une zone géographique donnée. Les pays de l'OCDE affichent une moyenne des consommations d'énergie par habitant de l'ordre 4 tep/hab⁵, bien supérieure à la moyenne mondiale qui reste inférieure à 2 tep/hab et de la Chine qui n'a que récemment dépassé la moyenne mondiale.

Concernant les pays de l'**OCDE**, la consommation semble avoir atteint un pic en 2005, date à laquelle la consommation d'énergie par habitant a commencé à baisser. Ce changement s'explique en partie par la délocalisation progressive d'activités intensives en énergie des pays de l'OCDE vers les pays émergents. Cependant, même en réallouant les émissions de production à la zone de consommation, on retrouve également cette tendance baissière (Boitier, 2012).

On peut dès lors penser que nous commençons à observer les prémices d'une transition énergétique dans les pays de l'OCDE avec une décorrélation entre PIB et consommation d'énergie. En effet, depuis 2010, on observe un retour à la croissance du PIB/habitant de la zone alors que les émissions par habitant ont baissé sur la même période.

Les efforts à réaliser pour la zone OCDE restent néanmoins colossaux. Selon les projections de l'International Energy Agency (IEA), la consommation d'énergie par habitant va devoir être réduite à ~3.2 tep/habitant soit un niveau inférieur de 30 % au niveau de 2005. Même si la période pour réaliser ce changement est plus longue, l'ordre de grandeur de la baisse à réaliser est comparable à ce qu'ont connu les pays de l'URSS après la chute du mur.

De son côté, la **Chine** va devoir renforcer massivement la réorientation de son économie vers une économie plus sobre en énergie.

Enfin, concernant les **autres économies**, la tendance historique est une hausse stable à travers le temps. L'IEA prône une stabilisation de la consommation d'énergie par habitant d'ici à 2020. Concilier développement économique et stabilisation de la consommation d'énergie dans un contexte de croissance démographique constituera un défi colossal pour les économies moins avancées.

Par secteur

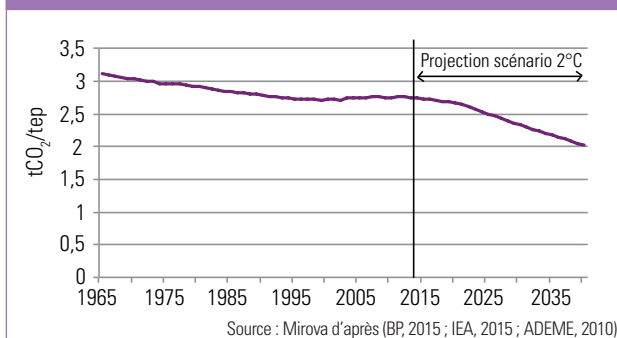
Comme vu précédemment, les principaux secteurs de consommation d'énergie – bâtiment, industrie, transport – ont connu une croissance continue de leurs consommations. Rapportée par habitant, les trois secteurs ont néanmoins des performances hétérogènes : alors que dans le secteur des bâtiments, l'énergie consommée par personne est restée plutôt stable, le secteur du transport a augmenté continuellement sa consommation d'énergie depuis 35 ans sans montrer de signes d'amélioration. Enfin, les trajectoires de réduction de consommation par habitants du secteur

industriel suite aux crises pétrolières se sont inversées depuis le début des années 2000, poussées principalement par la croissance spectaculaire de la Chine.

11213 Intensité carbone de l'énergie : développer les énergies bas carbone

La réduction de l'intensité carbone de l'énergie consommée constitue un deuxième levier d'action afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Figure 11. Évolution de l'intensité carbone de l'énergie Monde, 1965-2040



L'évolution de cet indicateur est intégralement expliquée par le contenu CO₂ des différentes énergies et donc par la part de chaque énergie dans le mix énergétique.

Ainsi, la baisse de l'intensité carbone de l'énergie de 1965 au début des années 2000 s'explique jusqu'aux années 70 principalement par le recours croissant au pétrole alors que le recours au charbon stagnait puis par le recours croissant au gaz et au nucléaire jusqu'aux années 2000.

La reprise à la hausse depuis le début des années 2000 de cette intensité au niveau mondial s'explique par une hausse de la consommation de charbon associée à la croissance de la Chine. Néanmoins, les autorités chinoises affichent aujourd'hui la volonté de faire entrer la Chine dans une « nouvelle normalité » (Stern, June 2015) tablant sur une croissance plus faible mais plus durable. En termes énergétiques, ce changement de paradigme trouve déjà des implications, avec une consommation de charbon qui tend à se stabiliser depuis 3 ans.

Au-delà de la réduction nécessaire de la part du charbon et du pétrole, l'atteinte des objectifs climatiques nécessitera un fort développement des énergies alternatives, solaire et éolien en particulier mais aussi de l'hydraulique et du nucléaire. Le gaz, vecteur d'émissions plus faibles que les autres énergies fossiles, est souvent présenté comme une énergie de transition pouvant jouer un rôle dans la lutte contre le changement climatique s'il permet notamment de remplacer des centrales au charbon par des centrales à gaz.

5. Cette moyenne masque des différences importantes entre les pays. Les États-Unis ont des consommations dépassant les 7tep/personne alors que l'Europe et le Japon affichent des consommations comprises entre 3 et 4 tep/hab. Ces différences s'expliquent principalement par le fait que l'essentiel des villes aux États-Unis se sont développées alors que l'automobile avait commencé à se démocratiser, donnant lieu à un étalement urbain important et des bâtiments de plus grandes tailles. Malgré ces différences, on observe des tendances de consommation similaires entre les différents pays membres de l'OCDE permettant de traiter ces pays ensemble en première approximation.

Focus : Intensité carbone de l'énergie et électrification des usages

Certains usages reposent essentiellement sur une combustion des énergies fossiles sans passer par la conversion sous forme d'électricité : combustion du pétrole dans les véhicules, combustion du gaz et du fuel dans le bâtiment, etc. Or, dans la plupart des cas, la production d'énergie bas carbone passe par l'électricité : hydraulique, solaire photovoltaïque, éolien, nucléaire ne peuvent être utilisés directement pour faire rouler un véhicule ou chauffer une maison.

Un des enjeux de la réussite de la transition vers une économie bas carbone est donc le développement de l'électrification des usages. En effet, à la différence d'un moteur thermique qui émettra nécessairement du CO₂, un moteur électrique consomme de l'électricité qui peut être produite avec des énergies à faible contenu CO₂. A l'heure actuelle, si la part d'électricité est croissante dans le bâtiment et l'industrie, le recours à l'électricité dans les transports reste par contre extrêmement limité, principalement en raison des problématiques de stockage.

113 Vers un scénario 2°C ?

11311 Cadre réglementaire

Qu'il s'agisse de limiter les consommations d'énergie ou de développer les énergies bas carbone, des efforts très importants restent à réaliser et cela nécessite un support réglementaire afin de favoriser l'émergence d'innovations technologiques.

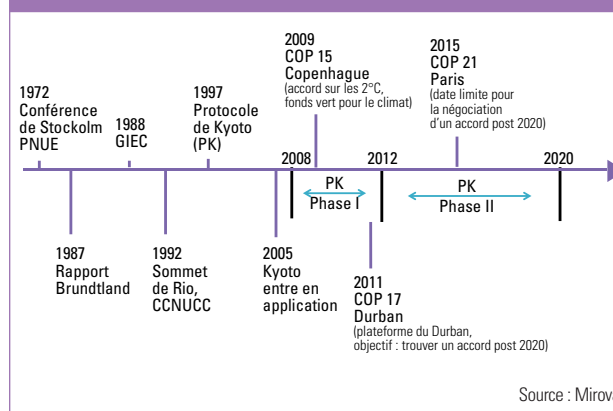
Cadre Onusien : UNFCC

Les problématiques environnementales et climatiques ont commencé à faire leur apparition au niveau international avec la conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm en 1972. Ont suivi la publication du rapport Brundtland en 1987 qui consacre la notion de développement durable et la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) en 1988 chargé de réviser et compiler les connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques en lien avec le changement climatique.

La structuration du cadre de négociation international s'est réellement formalisée en 1992 avec la création de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCC), premier traité international visant explicitement à éviter, réduire et compenser les impacts anthropiques sur le climat.

L'UNFCC compte aujourd'hui 195 États membres, appelés « États-parties ». Chaque année, les États parties se rassemblent en un organe décisionnaire, la « Conférence des Parties » (COP). Au cours de la COP sont prises les décisions politiques structurantes de l'UNFCC. Les différentes COP ont permis l'émergence d'accords internationaux.

Figure 12. Principales étapes des négociations internationales sur le climat



Protocole de Kyoto

Signé à la COP 3 en 1997, le Protocole de Kyoto est entré en vigueur en 2005. Ce traité a pour but de réduire les émissions de GES des 38 pays les plus industrialisés (dits de l'Annexe B) de 5 % en 2012 par rapport à 1990. Seuls les pays de l'Annexe B ont des objectifs contraignants. Néanmoins, plusieurs événements comme la non ratification par les États-Unis, puis la dénonciation du traité par le Canada ont réduit la portée du Protocole. La deuxième phase du Protocole a été adoptée à Durban en 2011 et a permis de fixer des objectifs pour la période 2013-2020.

Accord de Copenhague

En 2009, la COP 15 à Copenhague poursuivait deux objectifs :

- formuler un cadre et des objectifs pour la deuxième phase du Protocole de Kyoto (2013-2020).
- intégrer les pays hors Annexe B dans ce cadre en les incitant à formuler des objectifs en termes d'émissions de GES.

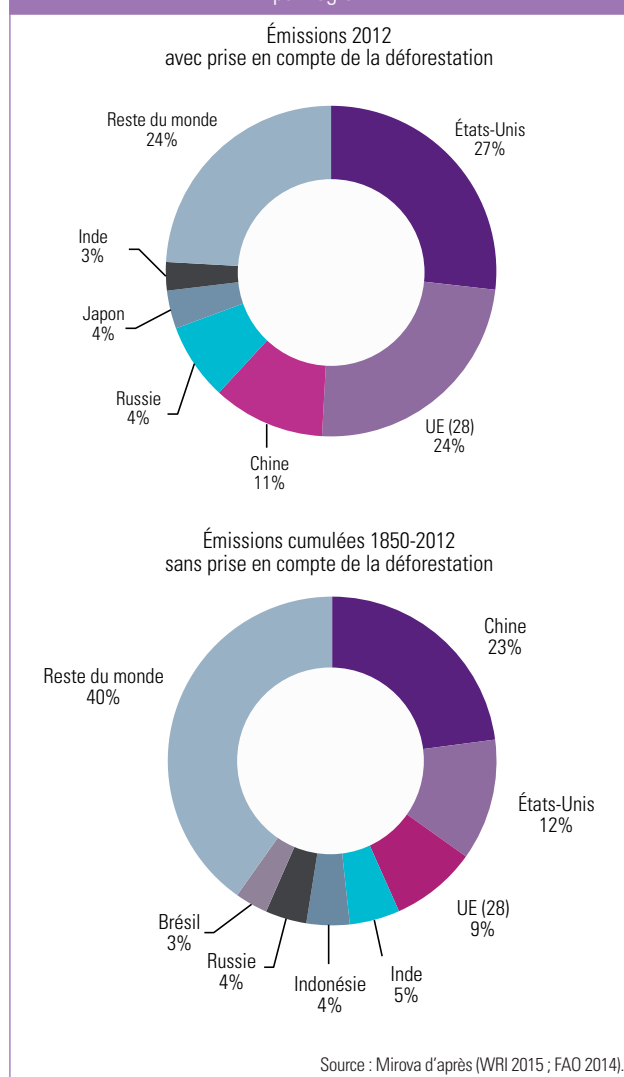
114 États se sont déclarés parties de ce traité lors de sa signature (141 aujourd'hui). Parmi eux la Chine, les États-Unis et d'autres États qui étaient restés à la marge des négociations climat au cours de la décennie 2000. Ce texte, critiqué car il n'a pas permis d'aboutir à un texte juridiquement contraignant a tout de même permis plusieurs avancées :

- Reconnaissance du changement climatique comme étant le « plus grand défi de notre temps », le texte mentionne pour la première fois officiellement dans un texte politique des Nations-Unies l'objectif des 2°C. C'est ce chiffre qui sert de base pour les discussions désormais comme cela sera le cas lors de la COP21 à Paris cette année.
- Copenhague a été témoin des premières publications par certains États hors Annexe B de leurs objectifs climatiques. Cela a contribué à amorcer l'engagement des pays émergents et en développement.

COP 21 : Paris

La 21^{ème} COP, qui aura lieu à Paris fin 2015, est un rendez-vous important dans l'agenda climatique. 2015 est en effet la « date limite » fixée par la Plateforme de Durban pour conclure un accord devant prendre la suite de la phase 2 du Protocole de Kyoto, post 2020. L'enjeu est donc important pour les investisseurs et le secteur privé en général puisque le texte attendu doit donner une réalité et par là une prévisibilité réglementaire à la période post 2020. Comme pour chaque COP, le niveau d'effort attendu par zone en fonction du niveau d'émission, du niveau de développement et de l'historique des émissions sera au cœur des discussions notamment entre pays développés et pays émergents.

Figure 13. Répartition des émissions de gaz à effet de serre par région



Principales réglementations États/Région

Au niveau régional, en matière de lutte contre le changement climatique, l'attention se porte en particulier sur les États-Unis, la Chine et l'Union Européenne en raison de leur poids dans les émissions et de leur influence sur le reste du monde.

États-Unis

Les États-Unis ont publié au printemps 2015 leur contribution nationale en vue de la COP 21. Selon ce document, l'objectif général annoncé est de réduire les émissions de GES de

28 % à l'horizon 2025 par rapport à leur niveau de 2005. Même si ces objectifs semblent encore difficilement en ligne avec un scénario 2°C⁶, il s'agit d'une avancée importante. Pour atteindre cet objectif macro, l'administration Obama se base sur des plans sectoriels dont les plus aboutis sont :

- Le « Clean Power Plan » pour le secteur électrique qui vise à réduire de 32 % les émissions de GES de la génération d'électricité par rapport à leur niveau de 2005. Le plan s'appuie de manière importante sur les renouvelables (objectif de 28 % vs. 13 % en 2014) et n'affiche que des ambitions limitées sur le gaz de schiste comme solution de relais entre le charbon et les renouvelables.
- Efficacité énergétique dans la mobilité, avec plusieurs programmes visant à réduire la consommation de carburant des véhicules routiers grâce à la mise en place de standards d'émissions de GES contraignants pour les nouveaux véhicules.

Chine

Longtemps absente du discours officiel chinois, la transition bas carbone est désormais bien implantée et constitue même un pilier de la nouvelle stratégie de croissance du pays. Le 30 Juin 2015, la Chine a publié son objectif national en vue de la COP 21. Au niveau global, la Chine prévoit d'atteindre le maximum de ses émissions de GES en 2030. Pour cela, elle compte sur la réduction de l'intensité énergétique de son PIB de 60-65 % en 2030 par rapport à son niveau de 2005, sur l'atteinte du seuil de 20 % d'énergie renouvelable dans son mix énergétique (11,2 % en 2014) et sur l'augmentation de 4,5 milliards de m² de forêt par rapport à 2005.

Ces engagements semblent également difficilement compatible avec l'atteinte d'un objectif 2°C⁷ mais vont dans le bon sens et montrent que la Chine est consciente des enjeux. D'autant que la Chine semble aller plus vite que prévu, notamment en ce qui concerne les installations dans les énergies renouvelables. L'objectif éolien de 2020 a par exemple été atteint en 2010.

Union européenne

L'Union Européenne affiche de fortes ambitions dans la prise en compte des contraintes climatiques. Dès 2008, la Commission Européenne a présenté un plan d'action, baptisé le « Paquet Energie-Climat ». En 2014, de nouveaux objectifs ont été fixés à l'horizon 2030. Ce sont sur ces objectifs que s'engage l'Union pour la COP 21.

Figure 14. Engagements européens en matière de réchauffement climatique

	Paquet Energie-Climat 2009	Paquet Energie-Climat 2014
Horizon	2020	2030
Emissions de GES	-20%	≤ -40%
Part des énergies renouvelables	20%	≥ 27%
Consommation d'énergie (efficacité énergétique)	-20%	≥ -27%

Source : Mirova d'après (Commission Européenne, 2014).

6. voir notamment : <http://climateactiontracker.org/countries/usa.html>

7. voir notamment : <http://climateactiontracker.org/countries/china.html>

Les objectifs fixés par le premier « Paquet Énergie Climat » étaient précurseurs sur la scène internationale. Les efforts effectués par les pays de l'Union conjugués aux effets de la crise en matière de consommation d'énergie permettent de penser que les objectifs 2020 seront atteints.

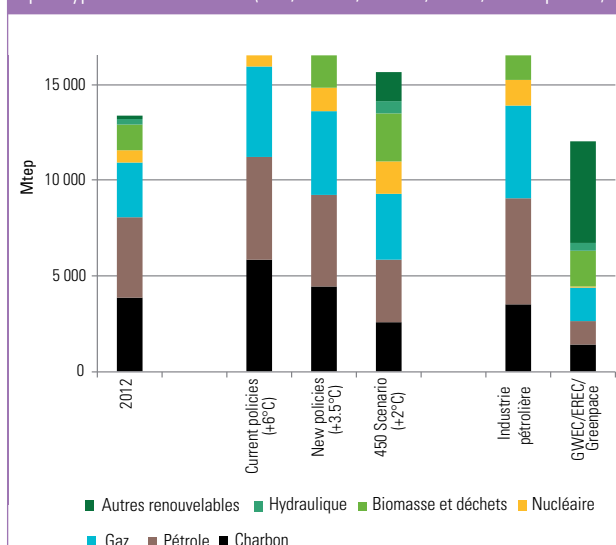
11312 Quels scénarios énergétiques ?

Sur la base du contexte économique et énergétique existant ainsi que des différentes évolutions réglementaires constatées, de nombreux organismes proposent des scénarios prospectifs présentant les évolutions possibles en matière énergétique. Les scénarios les plus fréquemment utilisés sont proposés par l'Agence internationale de l'énergie (International Energy Agency, IEA). L'IEA propose principalement trois scénarios :

- « Current policies » : ce scénario donne une projection des consommations d'énergie en estimant que les politiques actuelles ne sont pas modifiées. Il s'agit du scénario le plus pessimiste en matière de lutte contre le changement climatique dans la mesure où il conduirait à une hausse des températures de plus de 6°C à long terme.
- « New policies » : ce scénario donne une projection des consommations d'énergie en estimant que les engagements des différents États à limiter leurs émissions de CO₂ seront tenus. Ce scénario conduirait à une hausse des températures de 3,5°C à long terme.
- « 450 ppm » : ce scénario donne une projection des efforts à réaliser pour atteindre les objectifs de réduction d'émissions permettant de limiter les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à 450 ppm à horizon 2150 (probabilité de 50 % de limiter la hausse des températures à 2°C).

D'autres organismes, industriels et ONGs, réalisent également des projections, les scénarios étant principalement en ligne avec les visions défendues par chacun.

Figure 15. Projections à 2040 de la demande en énergie par type de combustible (IEA, Exxon, GWEC/EREC/Greenpeace)



Source : Mirova d'après (IEA, 2015 ; ExxonMobil, 2015 ; GWEC, ENERC, Greenpeace, 2012).

Si les scénarios divergent fortement montrant ainsi l'absence de consensus, certaines tendances communes peuvent néanmoins être soulignées.

- Les énergies renouvelables sont amenées à prendre une part croissante dans le mix énergétique mondial. L'ampleur de cette croissance donne par contre lieu à des divergences de vue très importantes.
- Au sein des énergies fossiles, le gaz sera amené à jouer un rôle renforcé.
- Les énergies fossiles continueront à représenter une part importante de l'approvisionnement énergétique mondial.

11313 La transition est-elle en marche ?

Qu'il s'agisse de l'amélioration de l'efficacité énergétique ou d'avoir recours à des énergies moins carbonées, il est donc nécessaire aujourd'hui de renverser des tendances lourdes d'un point de vue historique. D'un point de vue macro, comme déjà évoqué, certains changements récents sont encourageants et commencent à trouver leur concrétisation au niveau micro.

- Le secteur énergétique connaît aujourd'hui des transformations assez radicales. Plusieurs producteurs d'électricité ont par exemple annoncé ces dernières années des changements importants de stratégie afin d'adapter leur modèle économique à la transition énergétique. Ces changements à l'œuvre dans le secteur énergétique sont abordés dans la partie 2.
- Dans le secteur des transports, on voit également émerger des changements de modèles économiques illustrés par l'émergence des véhicules hybrides et électriques. Cette problématique de développement d'une mobilité durable est développée dans la partie 3.
- Dans le secteur du bâtiment, même si les inerties sont plus fortes, on voit aujourd'hui des changements importants poussés principalement par des contraintes réglementaires de plus en plus fortes en matière de consommation énergétique sur la construction de nouveaux bâtiments. La capacité du secteur du bâtiment à évoluer vers des bâtiments verts est discutée dans la partie 4.
- Enfin, le secteur industriel continue à améliorer son efficacité énergétique, pour des raisons évidentes de coûts mais également poussé par des réglementations plus contraignantes. Ces changements constituent des moteurs d'opportunités et les plus grands acteurs du secteur mettent tous en avant les gains d'efficacité énergétique associés à l'usage de leurs produits. L'évolution de secteur industriel est décrite dans la partie 5.

2 Énergie

211 Quelles solutions pour réduire l'intensité carbone de l'énergie ?

Selon le type d'énergie et l'usage final, les émissions de gaz à effet de serre associées à la consommation d'énergie sont très différentes. On peut distinguer deux grands types d'usage de l'énergie.

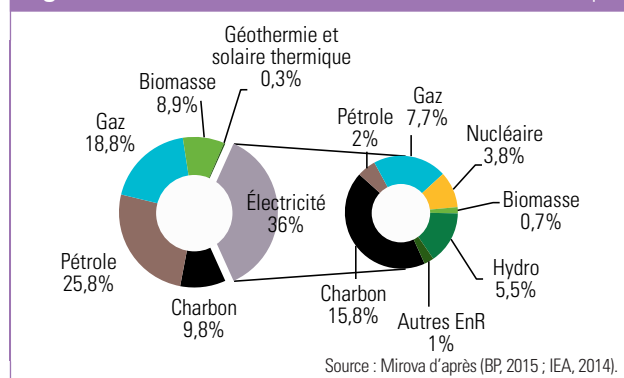
→ Utilisation directe de l'énergie (~2/3 des consommations) : cette consommation peut avoir lieu dans un moteur thermique (transport routier, transport ferroviaire), dans une chaudière, dans un four industriel... L'écrasante majorité de ces usages directs de l'énergie correspond à la consommation d'énergie fossile. En matière d'émissions, le charbon est le plus émetteur (~4 tCO₂/tep) suivi par le pétrole (~3 tCO₂/tep) et le gaz (~2-2,5 tCO₂/tep). Seuls la géothermie et le solaire thermique permettent une utilisation directe de l'énergie sans émissions de CO₂.

→ Transformation de l'énergie en électricité (~1/3 des consommations) : l'électricité est utilisée majoritairement dans le bâtiment et l'industrie. Les émissions associées à la production d'électricité sont très différentes selon les moyens de production :

- Le charbon (~50 % de l'électricité mondiale), est le combustible le plus émetteur, de 750 gCO₂/kWh à plus de 1 000 gCO₂/kWh selon la qualité du combustible et l'efficacité de la centrale.
- Le gaz (~25 % de l'électricité mondiale) affiche des émissions intermédiaires de l'ordre de 400 gCO₂/kWh.
- L'hydraulique, le solaire photovoltaïque (PV), l'éolien et le nucléaire (~20 % de l'électricité mondiale) n'émettent pas de GES pour produire de l'électricité.
- Le pétrole (~5 % de l'électricité mondiale) affiche des émissions de l'ordre de 600 à 700 gCO₂/kWh.

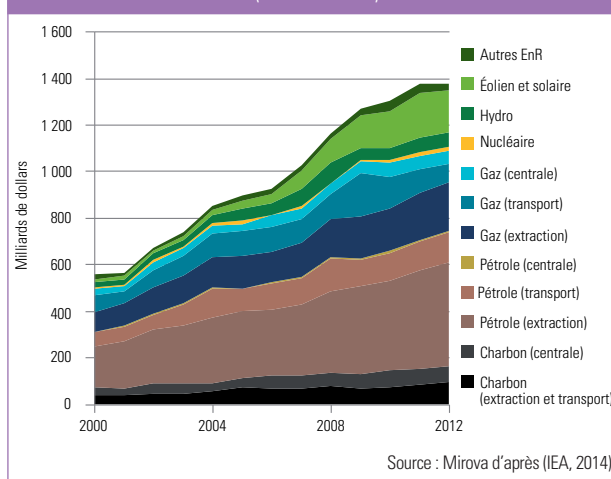
La biomasse participe également à l'approvisionnement énergétique, qu'il s'agisse d'une utilisation du bois comme combustible dans des chaudières, dans des centrales électriques ou dans les transports sous forme de biocarburants. Toutefois le bilan carbone de la biomasse est complexe à établir et peut selon les analyses être considéré comme neutre, dans le cas d'une utilisation sans transformation avec gestion durable de la ressource, à proche des énergies fossiles, dans le cas d'une filière nécessitant de nombreuses transformations sans gestion durable de la ressource.

Figure 16. Consommation directe vs. consommation électrique



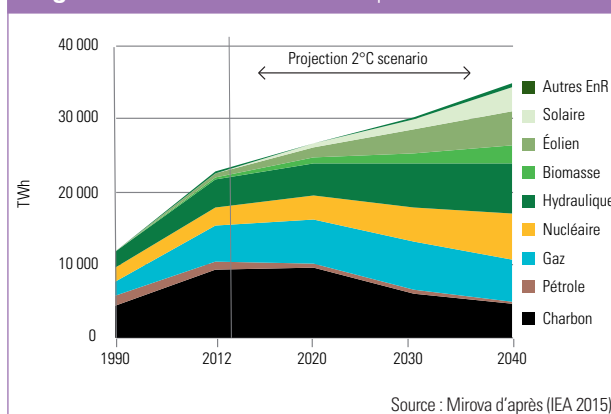
Au cours des dernières décennies, les énergies fossiles, et en particulier le charbon, ont cru à un rythme bien supérieur à celui des énergies renouvelables dont la part reste limitée dans le mix énergétique. Toutefois, les investissements dans les énergies renouvelables et en particulier le solaire et l'éolien connaissent depuis une dizaine d'années une forte croissance, initialement tirée par l'Europe mais aujourd'hui réorientée vers la Chine et les États-Unis.

Figure 17. Investissements par type d'énergie (2000 – 2012)



L'atteinte d'un scénario 2°C passe par une poursuite de ces investissements dans le solaire et l'éolien mais aussi par des investissements renforcés dans les autres énergies renouvelables, en particulier l'hydraulique. Par ailleurs, le gaz ou le nucléaire peuvent également être amenés à jouer un rôle dans cette réduction des émissions.

Figure 18. Évolution du mix électrique dans un scénario 2°C

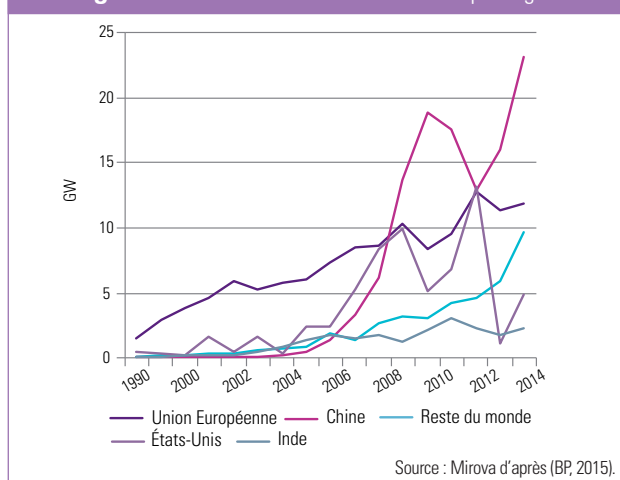


212 Éolien

Le marché de l'éolien s'est historiquement développé en Europe, en particulier en Allemagne (56 TWh de production éolienne en 2014), en Espagne (52 TWh) et au Royaume Uni (32 TWh). Le Danemark a également été un pionnier du développement de l'éolien et affiche aujourd'hui le pourcentage de génération éolien le plus important de la région (>10 % de la génération d'électricité). Depuis 2005, les États-Unis puis la Chine ont commencé à investir dans cette technologie. La Chine est depuis 2009 le premier marché au monde en terme d'installation. La production d'énergie éolienne a ainsi cru en

moyenne de plus de 20 % par an au cours des dix dernières années et représente aujourd'hui 700 TWh soit ~3 % de la production d'électricité mondiale. En Europe, les principaux marchés sont aujourd'hui l'Allemagne, le Royaume-Uni, la Suède et la France.

Figure 19. Installation nette d'éoliennes par région



Cette croissance a été rendue possible d'une part par un soutien réglementaire et d'autre part par une baisse des coûts. D'un point de vue réglementaire, les mécanismes de soutien sont très différents selon les régions.

- Aux États-Unis, le principal mécanisme d'incitation pour le développement de l'éolien est un système de crédit d'impôt (PTC : Production Tax Credit), actuellement légèrement supérieur à 20 \$/MWh pour les 10 premières années de production. Ces crédits d'impôt sont généralement votés pour des périodes de un à deux ans. Le mécanisme existe depuis une vingtaine d'années. S'il a permis un développement de la filière, l'effondrement du marché américain en 2013 dû à un renouvellement trop tardif des soutiens d'État montre bien la dépendance encore forte du secteur à ces subventions.
- La Chine s'est fixé pour objectif d'atteindre un parc éolien installé de 200 GW en 2020 soit près d'une multiplication par deux par rapport au 115 GW existant en Chine à fin 2014. Cet objectif est actuellement soutenu par un tarif de rachat garanti de ~80-90 \$/MWh variant selon les régions.
- En Europe, mis à part l'objectif commun de 27 % d'énergies renouvelables dans le mix à horizon 2030, chaque pays est responsable de la mise en place de mécanismes incitatifs permettant le développement de chaque filière. L'Allemagne et la France ont par exemple fait le choix de tarifs de rachat garantis allant de ~50 à 90 €/MWh alors que la Suède et le Royaume-Uni ont opté pour des systèmes de certificats verts.

Au-delà de ces aspects réglementaires, les progrès technologiques et en particulier l'augmentation de la taille des turbines, l'optimisation du choix des sites de production et la baisse des coûts de financement, ont permis une forte baisse des coûts de production. Dans de nombreuses régions, l'éolien onshore est aujourd'hui en train de devenir une énergie renouvelable compétitive avec les modes de production traditionnels.

Figure 20. Évolution du prix de production de l'électricité éolien - Danemark 1980-2000

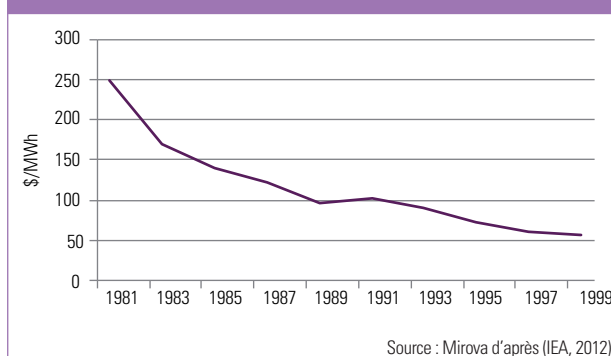
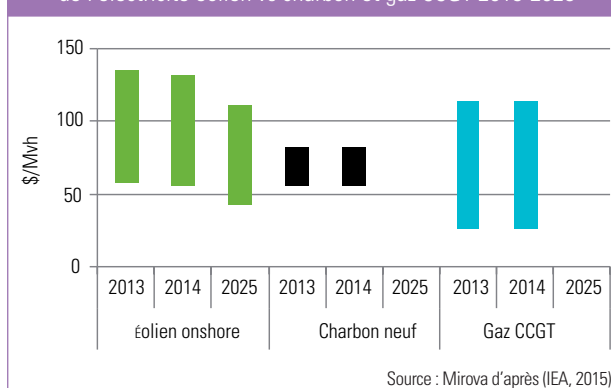
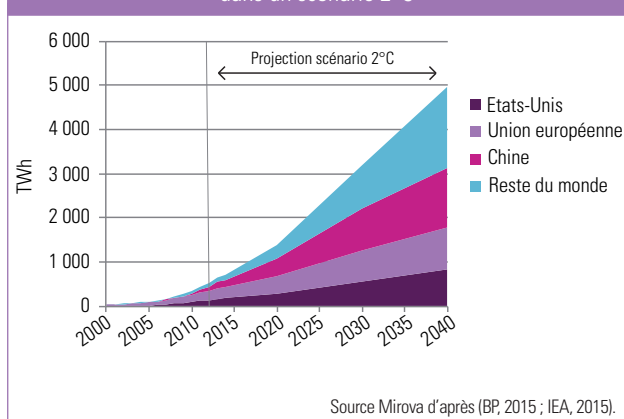


Figure 21. Estimation du prix de production de l'électricité éolien vs charbon et gaz CCGT 2013-2025



Cette tendance permet d'envisager la transition vers un éolien capable de se développer en l'absence de subvention, ouvrant les perspectives de développement de la filière. L'atteinte d'un scénario 2°C nécessitera une poursuite et une accélération des tendances actuelles en matière de déploiement des renouvelables.

Figure 22. Projection de consommation d'énergie éolienne dans un scénario 2°C



Ces perspectives sont porteuses d'opportunités pour les acteurs de la filière. Les plus grandes sociétés du secteur sont encore les acteurs occidentaux, ayant bénéficié du développement plus précoce de l'éolien sur leurs marchés. Toutefois, la croissance de la Chine a essentiellement été réalisée en ayant recours à des acteurs locaux, permettant le développement d'entreprises chinoises qui commencent aujourd'hui à se tourner vers l'export.

Figure 23. Principaux acteurs de l'énergie éolienne

Vestas (Danemark)
Siemens (Allemagne)
General Electric (États-Unis)
Goldwind Science (Chine)
Enercon (Allemagne)
Suzlon (Inde)
Gamesa (Espagne)
Sinovel (Chine)
Nordex (Allemagne)
Guodian / United Power (Chine)
Ming Yang (Chine)
Senvion (ex. Repower) (Allemagne)

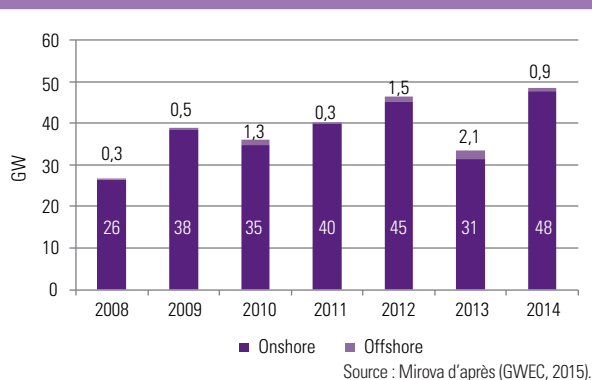
Source : Mirova.

Focus : Quelle place pour l'éolien offshore ?

L'éolien offshore ne représente qu'une petite portion des installations éoliennes mondiales. De plus, il s'agit d'un marché encore géographiquement peu diversifié puisque plus de 91 % des installations sont situées au sein de l'Union Européenne. Cette situation s'explique principalement par des coûts élevés (entre 130-150 €/MWh) en raison de difficiles conditions d'installations, et d'une absence d'économie d'échelle, l'industrie offshore étant encore en phase de maturation. Malgré les prévisions de baisse des coûts, cette technologie devrait rester durablement plus chère que l'éolien onshore, 100€/MWh en 2020 et moins de 90€/MWh en 2030 selon le Global Wind Energy Council (GWEC).

L'éolien offshore présente néanmoins l'avantage de ne pas provoquer de conflit d'usage des terres dans les zones où la densité de population est élevée, pouvant répondre à des besoins spécifiques sur certaines zones.

Figure 24. Répartition onshore/offshore des installations éoliennes annuelles

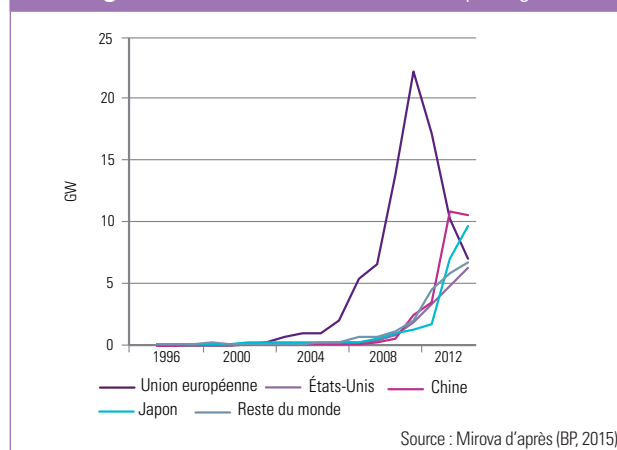


213 Solaire

De même que l'éolien, le marché du solaire photovoltaïque s'est historiquement développé en Europe, en particulier en

Allemagne et en Espagne suivi par l'Italie et la France. Depuis 2011, la Chine, les États-Unis ainsi que le Japon ont commencé à développer leurs marchés locaux pendant que l'Europe a vu son marché fortement décroître, tout d'abord en Espagne puis en Allemagne et en Italie. La Chine est depuis 2013 le premier marché au monde en termes d'installations. La production d'énergie solaire a ainsi cru en moyenne de plus de 50 % par an au cours des dix dernières années et représente aujourd'hui 190 TWh soit ~1 % de la production d'électricité mondiale.

Figure 25. Installation nette solaire PV par région



Le solaire PV affichant encore des coûts souvent supérieurs aux autres énergies, la croissance du secteur reste essentiellement liée aux soutiens réglementaires existants : Feed-In-Tariff, appel d'offres, certificats verts, crédit d'impôts...

En matière de production, des changements majeurs ont eu lieu au cours des 10 dernières années. Tout d'abord, s'il existait encore il y a quelques années des incertitudes sur le potentiel des différentes technologies solaires (silicium, couches minces, solaire à concentration), le silicium s'est clairement imposé comme la référence. Cette convergence vers le silicium est essentiellement liée à la chute des prix sur cette technologie rendue possible par le développement d'importantes capacités de production en Chine mais aussi par les progrès technologiques ayant permis une amélioration des rendements des panneaux (+30 % en 10 ans). Les développements en cours permettent d'envisager une poursuite de ces baisses de coûts ouvrant la voie à une forte croissance de cette technologie.

Figure 26. Évolution du coût de production d'un module solaire 1976-2013

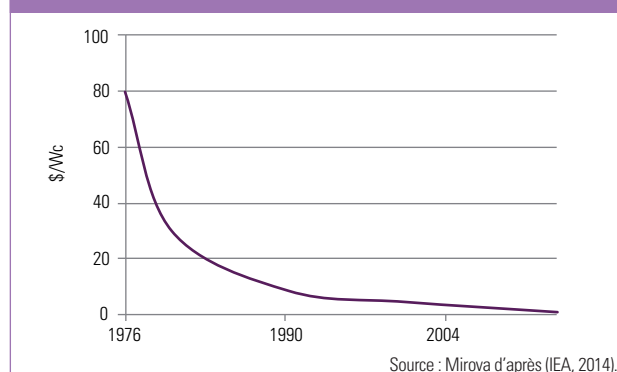
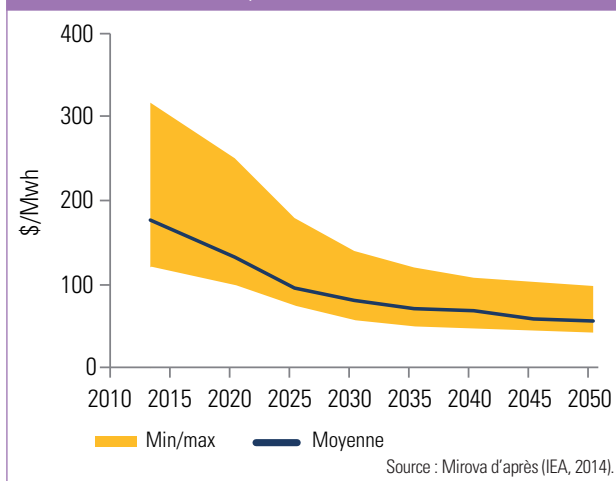


Figure 27. Estimation d'évolution des coûts de production solaire



Par le passé, la filière a traversé de nombreuses crises, avec des changements réglementaires, des problématiques de surcapacités et surtout des délocalisations vers l'Asie. Cet historique de la filière incite à la prudence. Les baisses de coûts du solaire vont certes progressivement réduire les besoins de soutien réglementaire, réduisant ainsi les risques associés aux évolutions législatives. Toutefois, la compétition entre les sociétés reste très forte et de nouvelles ruptures technologiques peuvent encore affecter les acteurs du secteur.

On peut distinguer principalement deux types d'acteurs impliqués dans la production de panneaux solaire, les producteurs de polysilicium, matière première des panneaux solaires, et les producteurs de cellules et de modules solaires.

Figure 28. Principales sociétés solaires

Polysilicium	Modules solaires
GCL Poly (Chine)	Trina Solar (Chine)
<i>Wacker (Allemagne)</i>	Yingli (Chine)
<i>OCI (Corée)</i>	Canadian Solar (Chine/Canada)
REC (Norvège)	Jinko (Chine)
LDK (Chine)	JA Solar (Chine)
<i>Tokuyama (Japon)</i>	<i>Sharp (Japon)</i>
SunEdison (US)	Renesola (Chine)
Daqo solar (Chine)	First Solar (US)
Renesola (Chine)	Hanwha (Korea)
	Sunpower (US/France)

Source : Mirova d'après (IEA, 2014).

Les conglomérats industriels sont représentés en italique

On peut également mentionner les producteurs d'onduleurs solaires, un équipement électronique nécessaire aux installations solaires. Ces équipements peuvent être produits par des acteurs dédiés comme l'entreprise allemande SMA mais aussi par des conglomérats industriels comme ABB ou Schneider Electric.

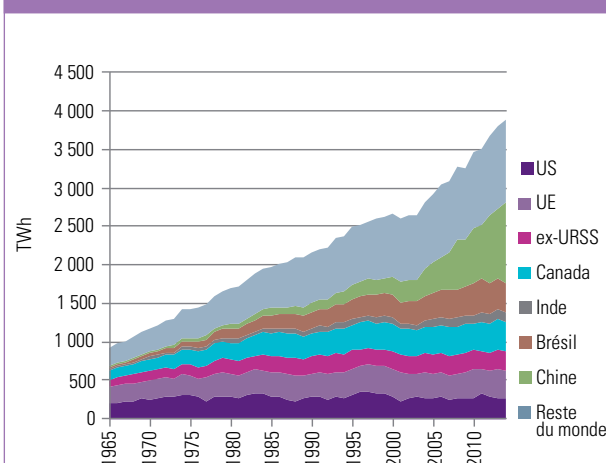
214 Hydraulique, biomasse et autres énergies renouvelables

Si l'éolien et le solaire concentrent la majeure partie des investissements, d'autres énergies renouvelables peuvent être amenées à jouer un rôle dans la réduction des émissions.

21411 Hydraulique

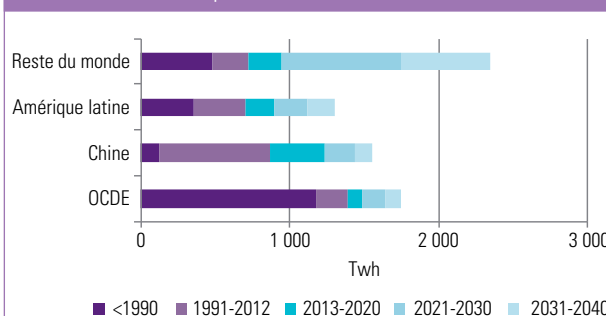
L'hydroélectricité est la plus ancienne et la plus importante énergie renouvelable en termes de génération d'électricité. Elle représente au niveau mondial plus de 60 % de la capacité renouvelable électrique installée en 2014 et produit 3 890 TWh, soit 16 % de l'électricité mondiale. La production d'électricité hydraulique est relativement stable aux États-Unis, en Europe, dans les pays de l'ex-URSS et au Canada, pays historiques de développement. L'essentiel de la croissance vient des pays émergents, en particulier en Chine et au Brésil.

Figure 29. Évolution de la production hydraulique par région 1965-2015



Si les perspectives de développement sont aujourd'hui limitées dans les pays de l'OCDE, où la quasi-totalité des sites exploitables sont utilisés, le potentiel de développement reste très important dans les autres régions du monde. Selon l'IEA, l'atteinte d'un scénario 2°C nécessite un quasi doublement de la production d'électricité hydraulique à horizon 2040.

Figure 30. Développement de la production d'électricité hydraulique par région dans un scénario 2°C par date d'installation



Il convient de noter que le développement de l'hydraulique pose certaines problématiques :

- sociales liées aux déplacements de population pour la construction de grands barrages,
- environnementales liées aux atteintes à la biodiversité voire, dans certains cas, aux potentielles émissions de méthane liées à la décomposition de végétaux dans les zones inondées.

Pour ces raisons, la gestion de certains grands projets, en particulier au Brésil ou en Chine ont entraîné de fortes controverses. Toutefois, l'industrie et les investisseurs, publics ou privés, sont de plus en plus sensibles à ces sujets et des standards, comme le Hydropower Sustainability Assessment Protocol, existent aujourd'hui pour limiter ces problématiques.

Si ces problématiques nécessitent une analyse au cas par cas, l'atteinte des objectifs climatiques passe néanmoins par un développement de l'hydraulique qui devrait bénéficier aux acteurs du secteur.

Figure 31. Principaux équipementiers hydro

Alstom /GE (France/États-Unis)
Voith (Allemagne)
Andritz (Autriche)
IMPSA (Espagne)

Source : Mirova.

21412 Biomasse

La biomasse reste encore la première énergie renouvelable. Il est important de noter qu'une grande partie des usages de biomasse est réalisée dans des pays en développement, pour la cuisson et le chauffage, en utilisant des feux ouverts ou des fourneaux inefficaces. Cette utilisation traditionnelle de la biomasse pose différentes problématiques. Elle a tout d'abord un impact sur la santé des utilisateurs en raison de la toxicité des fumées de bois dans un environnement non contrôlé. Par ailleurs, la faible efficacité de la combustion en foyer ouvert, ~10-20 % contre des rendements >70 % avec des poêles modernes, implique une utilisation peu efficace de la ressource. Le reste des usages de biomasse se répartissent entre des usages domestiques plus modernes (poêles à foyer fermé, chaudières à granulés...), l'utilisation dans l'industrie, la production d'électricité et de chaleur et enfin la production de biocarburant.

D'un point de vue environnemental, la combustion de biomasse émet du CO₂ à des niveaux comparables, voire supérieurs au charbon. Malgré ces émissions, la biomasse est généralement considérée comme neutre en carbone, le CO₂ émis pendant la combustion correspondant à du CO₂ atmosphérique absorbé par les plantes pendant leur croissance. Cette neutralité carbone de la biomasse est fréquemment questionnée, en particulier dans le contexte actuel où la déforestation représente ~12 % des émissions de GES mondiales. Par ailleurs, au delà de la question de la

comptabilisation du CO₂ biomasse, la transformation de la ressource en carburant utilisable nécessite dans certains cas un processus engendrant d'importantes émissions de GES.

Enfin, le développement de la biomasse se heurte à d'autres difficultés :

- compétition avec la chaîne alimentaire, en particulier pour la production de biocarburants,
- potentielles pertes de biodiversité liées à la déforestation,
- conséquences en termes de consommation en eau, consommation en énergie, culture intensive, épandage d'engrais azotés, pollution des eaux,
- problématiques d'occupation des sols.

À moyen terme, la biomasse peut néanmoins être amenée à jouer un rôle dans la réduction des émissions en particulier via la valorisation des déchets « biomasse » comme pour les biocarburants de 2nde génération. Si cette valorisation des déchets biomasse pose en effet beaucoup moins de problèmes que les technologies actuelles, il reste encore des défis techniques importants pour que ces technologies deviennent matures.

215 Technologies bas carbone non renouvelables

21511 Smart Grids et batteries

À la différence des énergies traditionnelles, le solaire et l'éolien ont la particularité d'être des énergies intermittentes et plus décentralisées. L'intégration de ces énergies nécessite une adaptation des réseaux électriques, historiquement conçus pour distribuer une énergie centralisée et ayant une production prédictible. Cette gestion de l'intermittence peut être gérée de plusieurs manières.

- **Jouer sur la demande** : les consommateurs sont incités à adapter leurs consommations aux variations de production. Ces mécanismes ont été historiquement développés pour lisser les pics de demande via des tarifs différenciés selon les heures pour les particuliers ou des accords avec les industriels pour éteindre leur capacité de production lors de pics de consommation. Les variations de production des renouvelables étant difficiles à prévoir, cette action sur la demande nécessite le déploiement de technologies plus sophistiquées permettant l'adaptation en temps réel des consommations. Certaines entreprises proposent par exemple une gestion optimisée de la climatisation afin de s'adapter aux variations de l'offre.
- **Jouer sur l'offre** : la baisse de production renouvelable est compensée par un autre moyen de production. Le gaz ou l'hydraulique, très rapide à mettre en marche et à éteindre, peuvent être utilisés pour compenser les variations de l'offre. Mais cette utilisation de capacités de « back-up » implique une plus faible utilisation des centrales et donc une rentabilité dégradée. Aujourd'hui en Europe, les renouvelables se sont fortement développées et doivent être utilisées de manière prioritaire

pour la production d'électricité. Ce développement a entraîné une plus faible utilisation des centrales au gaz réduisant fortement leur rentabilité. Ces centrales restant nécessaires pour faire face à l'intermittence des renouvelables, les producteurs d'électricité possédant des centrales thermiques plaident aujourd'hui pour un système de « capacity payment » c.à.d. un paiement pour maintenir les centrales thermiques comme « back-up » même lorsqu'elles ne fonctionnent pas. Ce type de mécanisme pourrait venir réhausser le coût complet des énergies renouvelables.

→ **Développer le stockage** : L'électricité se stocke difficilement à grande échelle. Le seul stockage de l'électricité existant à échelle industrielle aujourd'hui est le pompage-turbinage consistant à faire remonter l'eau dans les barrages (99 % du stockage d'électricité). Les capacités de stockage dans le monde sont de l'ordre d'une centaine de GW soit moins de 5 % de la capacité installée mondiale. Développer ces capacités permettrait de pouvoir stocker l'électricité renouvelable quand elle est produite en surplus pour la consommer plus tard. Le développement des véhicules électriques permet aujourd'hui d'envisager l'intégration de nouvelles capacités de stockage au réseau : le chargement du véhicule pouvant être optimisé pour faire face aux variations de l'offre voire même d'utiliser une partie de la charge des véhicules pour alimenter le réseau dans les périodes de creux de production. Le développement du véhicule électrique a également permis des baisses du coût du stockage permettant l'émergence de solutions de stockage batterie comme le Tesla Powerwall.

Le principe derrière le concept de « Smart Grid » est de faire appel aux nouvelles technologies pour ajouter plus de communication en temps réel, plus d'« intelligence », entre les différentes briques du réseau, les moyens de production et les consommateurs. Le développement de ces smart grids permettront ainsi une meilleure intégration des renouvelables tout en limitant les risques de dysfonctionnements voire de blackout.

21512 CCS

Le procédé CCS (Carbon Capture and Storage) consiste à capter le CO₂ issu de sources d'émission fixes (centrales électriques fossiles, production d'acier ou de ciment...) et de stocker le CO₂ sous terre. Ces sources représentent près de 40 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales. Le CCS n'est par contre pas utilisable pour les sources diffuses (transport, bâtiment). Elle doit par ailleurs relever plusieurs défis, qui freinent son développement à plus grand échelle. Ces obstacles sont de trois types :

- **Techniques** : définir les réservoirs et les aquifères profonds capables de stocker du CO₂ nécessite de nombreux travaux d'exploration. Assurer l'étanchéité des réservoirs sur de longues durées constitue également un défi technique ;
- **Coûts** : si la partie capture et transport du CO₂ fait appel à des technologies dont les coûts sont relativement bien évalués, il existe encore de fortes incertitudes sur

les coûts du stockage sous-terrain. Une installation de CCS augmente le coût du capital de 45 % en cas de capture précombustion (possible sur les centrales à cycle combinées) et de 75 % dans le cas d'une capture post-combustion pour une centrale classique. On estime que le charbon avec CCS pourrait devenir compétitif vis-à-vis du gaz naturel sans CCS à partir de 35 €/t CO₂. De telles conditions économiques risquent de ne pas être atteintes avant 2025-2030 en Europe. Le bon fonctionnement et le développement des différents marchés du carbone mis en place (UE, Côte Ouest de l'Amérique du Nord) ou en phase de test (Chine) seront donc des éléments déterminants dans la diffusion de la technologie CCS.

- **Acceptabilité sociale** : de nombreux acteurs craignent des problèmes de sécurité (fuites entraînant une contamination des eaux, des sols...) liés au stockage du CO₂. Les Pays-Bas et la Suède ont ainsi interdit le stockage de CO₂ onshore. L'Allemagne connaît également de fortes résistances à cette technologie. De manière plus générale, de nombreux acteurs considèrent que les investissements dans le renouvelable sont plus pertinents pour répondre à la question de l'intensité CO₂ de la production d'électricité.

21513 Gaz

Le gaz naturel affichant un bilan carbone deux fois inférieur à celui du charbon pour la production d'électricité, il peut avoir un rôle à jouer dans la réduction des émissions de CO₂. En particulier, dans les pays où le charbon occupe une place prédominante dans la génération d'électricité comme la Chine ou les États-Unis, le gaz affiche de fortes perspectives de développement.

Le bilan environnemental complet du gaz doit toutefois faire l'objet d'attention particulière avec notamment des risques de fuites de méthane pouvant détériorer fortement le bilan carbone de cette solution. Par ailleurs, le développement des gaz non conventionnels pose des problématiques spécifiques notamment de pollution des eaux souterraines. Certains acteurs ont prouvé leur capacité à traiter correctement ces sujets. Ces risques spécifiques nécessitent néanmoins une analyse au cas par cas des acteurs concernés.

21514 Nucléaire

L'énergie nucléaire est souvent présentée comme une solution en matière de lutte contre le changement climatique. Cette technologie a en effet l'avantage d'afficher un bilan CO₂ proche des énergies renouvelables dans la mesure où la réaction de fission n'émet pas de gaz à effet de serre. Cette énergie présente toutefois des risques spécifiques, en particulier :

- **Le risque d'accident nucléaire**. Les accidents de Three Mile Island, de Tchernobyl et de Fukushima ont montré qu'un accident nucléaire était possible.
- **La gestion des déchets nucléaires de hautes activités**. Les déchets à vie longue ayant une dangerosité pouvant durer des milliers, voire des centaines de milliers d'années, ils représentent également un défi colossal pour la filière.

L'absence de consensus sur cette technologie pèse depuis plusieurs années sur le développement de la filière. On voit ainsi les capacités de production stagner depuis bientôt une dizaine d'années. Dans ce contexte, les perspectives de croissance du nucléaire sont questionnables.

216 Quel impact sur les entreprises traditionnelles du secteur de l'énergie ?

Au-delà des fournisseurs de solutions, les changements en cours dans le secteur de l'énergie auront des impacts importants sur les autres acteurs de la chaîne de valeur et en particulier les producteurs d'énergie et d'électricité.

21611 Producteurs d'énergie

Concernant les producteurs d'énergie fossile, l'atteinte des objectifs de réduction implique que l'ensemble des réserves fossiles ne pourront être utilisées. Cette limitation a des conséquences importantes sur les sociétés impliquées dans le charbon et le pétrole.

Charbon

La filière charbon est la plus concernée par ce risque de « stranded asset », le charbon étant le combustible le plus émetteur. Pour la production d'électricité qui reste son principal débouché, il existe de nombreuses alternatives, qu'il s'agisse des énergies renouvelables ou du gaz. On voit déjà ce risque se matérialiser dans plusieurs régions.

- En Europe, le cours des *utilities* fortement exposées au charbon, RWE en particulier, pâtit déjà du scepticisme des investisseurs sur la viabilité de leur modèle économique dans un contexte de développement des renouvelables.
- En Chine, le cadre législatif commence à se saisir du sujet en fixant notamment des objectifs de réduction du recours au charbon.
- Aux États-Unis, la filière charbon souffre d'un recours croissant au gaz de schiste et de réglementations de plus en plus contraignantes sur les émissions des nouvelles centrales.

Pétrole

Le secteur pétrolier est également concerné par le risque de « stranded asset ». Ce risque est particulièrement prégnant pour les sociétés pétrolières significativement positionnées sur les pétroles non-conventionnels (arctique, sables bitumineux, pétrole de schiste) qui seront potentiellement les actifs les plus affectés en raison de leurs coûts d'exploitation élevés.

A ce jour, aucune major de l'industrie pétrolière n'intègre les contraintes d'un scénario 2°C de manière convaincante. Les perspectives de croissance restent présentées dans un

contexte « business as usual » sans engagement en faveur d'une réelle modification de leur stratégie.

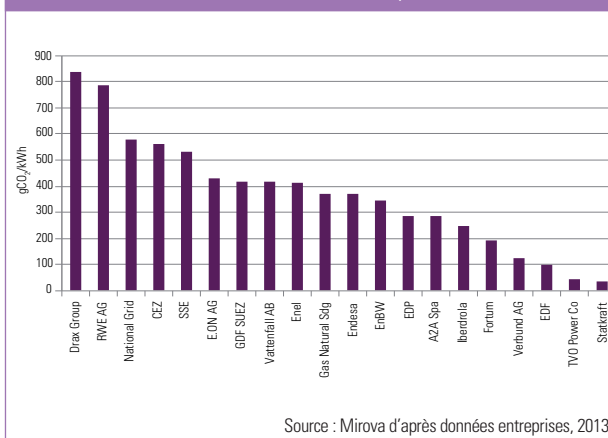
21612 Producteurs d'électricité

L'essor des renouvelables implique également des changements importants pour les producteurs d'électricité. L'ajout de ces nouvelles capacités vient bouleverser les équilibres économiques qui prévalaient auparavant. Les renouvelables étant prioritaires sur le réseau, l'essor de ces capacités vient réduire le marché des acteurs faiblement engagés sur ces technologies. Au-delà des renouvelables, les évolutions politiques sur le nucléaire suite à l'accident de Fukushima ont eu des impacts importants allant d'investissements supplémentaires pour renforcer la sécurité des centrales jusqu'à la fermeture des centrales, notamment en Allemagne.

Dans ce contexte, les acteurs du secteur sont contraints de faire évoluer leurs stratégies. Engie (ex. GDF Suez) a par exemple fait le choix de passer une dépréciation massive sur ses centrales à gaz en 2014 et affiche une volonté d'orienter ses investissements de manière croissante vers les enjeux de transition énergétique. L'acquisition de SolaireDirect en 2015 apparaît comme un nouveau jalon de cette stratégie. Autre changement de stratégie important, E.ON a annoncé sa volonté de se focaliser sur ses activités renouvelables et réseau et de créer une entité indépendante, Uniper, pour les énergies fossiles et nucléaires.

Dès lors, les émissions de CO₂ des producteurs d'électricité apparaissent comme un indicateur important à plusieurs égards. D'une part, elles donnent une information sur la sensibilité de l'entreprise à l'introduction ou au renforcement d'un prix du carbone. Par ailleurs, ce niveau d'émission étant très corrélé à la part des renouvelables dans le mix énergétique, il donne une indication sur la résilience potentielle de l'entreprise à l'introduction de nouvelles capacités renouvelables qui viendront rogner des parts de marché aux énergies traditionnelles.

Figure 32. Intensité carbone des principaux producteurs d'électricité en Europe



3 Mobilité

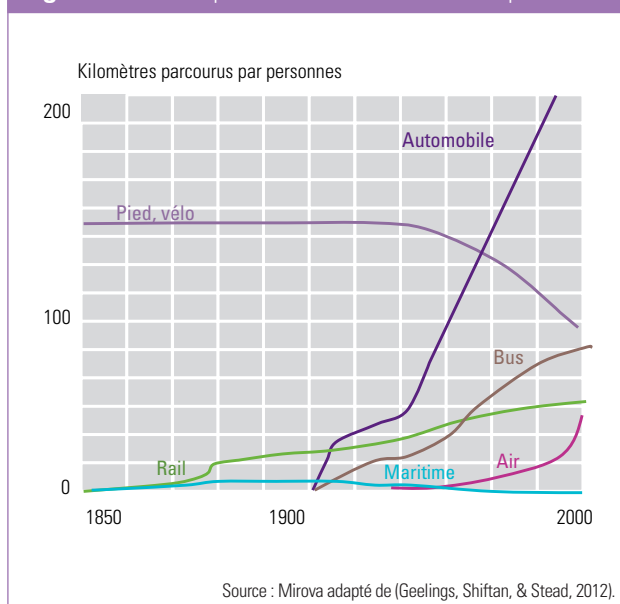
311 Comment rendre durable le concept de mobilité ?

3111 Quelles tendances en matière de mobilité ?

La « mobilité » constitue un aspect crucial du développement humain. Le déplacement des biens et des personnes permet en effet de fournir l'accès à un service et de permettre l'accès au logement, au travail, à la santé, à l'éducation, à la culture, etc.

Sur longue durée, on constate que les modes de transport évoluent vers des déplacements de plus en plus rapides et couvrant des distances de plus en plus longues, qu'il s'agisse du déplacement des personnes ou des biens. Dans le contexte urbain, l'accès à la mobilité a permis aux villes de s'étendre, allongeant les trajets quotidiens. Sur de plus longues distances, le routier et l'aérien, modes de transport rapides, ont ainsi accru leur pénétration dans la structure modale de nos sociétés au détriment du rail, du transport fluvial et du maritime.

Figure 33. Historique d'évolution des modes de déplacements



Le transport routier devrait conserver sa place dominante avec un recours croissant à l'automobile dans les prochaines années. Selon l'IEA, plus de deux milliards de véhicules devraient être en circulation en 2050 versus près de 900 000 en 2015 (OCDE/IEA, 2015). En ligne avec la forte corrélation constatée entre la mobilité et le développement économique (Geelings, Shiftan, & Stead, 2012), les pays émergents prennent aujourd'hui le relais de cette montée en puissance avec une croissance annuelle des taux de motorisation en Chine et en Inde de 10 % et 7 % prévue jusqu'en 2030 versus 0,6 % pour les pays de l'OCDE (Dargay, Gatley, & Sommer, 2007)).

Toutefois, aux avantages de rapidité, confort et souplesse liés à l'usage d'un véhicule s'opposent un coût de possession élevé, du temps perdu dans les embouteillages, des risques d'accident et l'incapacité d'utiliser le temps de

trajet à d'autres fins (se reposer, travailler, se distraire). Ces inconvénients couplés à des changements socio-économiques font émerger en parallèle une diminution ces vingt dernières années de l'usage des véhicules par les jeunes adultes dans certains pays développés (IFMO, 2012), avec dans le cas des États-Unis un nombre de miles par véhicule décroissant depuis plus de dix ans (State Smart Transportation Initiative, 2015).

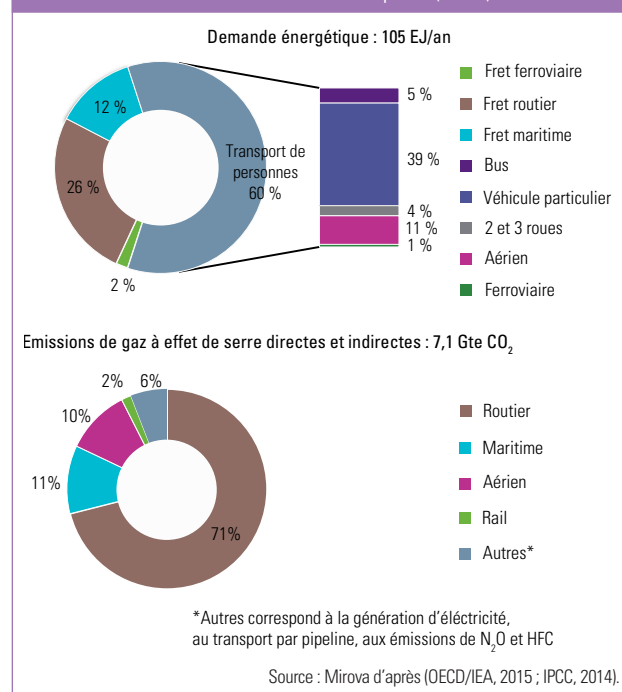
3112 Impacts environnementaux du secteur

En termes de consommation d'énergie et d'impact climat, les transports représentent:

- Plus de 14 % des émissions globales de GES soit 7.1 GteCO₂ (IPCC, 2014) ;
- 28 % de l'utilisation finale de l'énergie en 2012 (OECD/IEA, 2015);
- L'utilisation de plus de 50 % de la consommation globale de pétrole pour assurer 94 % de la demande énergétique des transports.

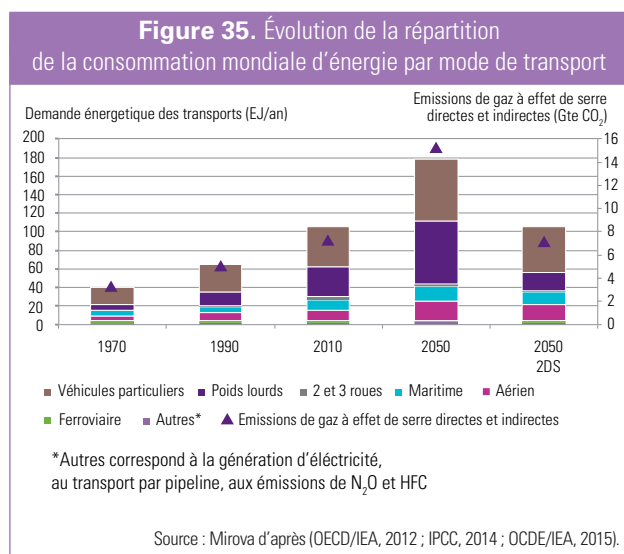
L'essentiel de la demande d'énergie est liée au transport routier, que ce soit pour le transport de personnes ou de biens. Le transport maritime représente 12 % de cette demande principalement pour le transport de biens tandis que l'aérien en représente 11 % pour le déplacement des personnes. Le ferroviaire occupe une place marginale avec 3 % de la consommation.

Figure 34. Consommation énergétique et émissions de gaz à effet de serre des transports (2012)



Depuis 1970, la consommation énergétique des transports a augmenté de 62 % (OECD/IEA, 2015) tandis que les émissions de gaz à effet de serre directes et indirectes ont été multipliées par 2,5, induites également en grande partie par le transport routier. Sans action (scénario 6°C), la consommation énergétique des transports augmenterait de près

de 75 % alors que dans un scénario 2°C, cette demande en énergie se stabiliserait à ~100 EJ d'ici 2050.



3113 Quelles solutions pour rendre la mobilité durable ?

Il existe un large panel de solutions afin de réduire les émissions du secteur des transports. Ces solutions peuvent être regroupées en quatre catégories :

- Transformer : transformer le parc de véhicules particuliers du thermique vers l'électrique et les carburants du diesel/essence vers des carburants alternatifs. Même si ce pilier ne représente pas les plus fortes réductions d'émissions à court terme, il constitue un gisement d'opportunités d'investissement fort pour le long terme en raison de l'existence d'acteurs dédiés à ces technologies et des changements technologiques significatifs qui lui sont liés.

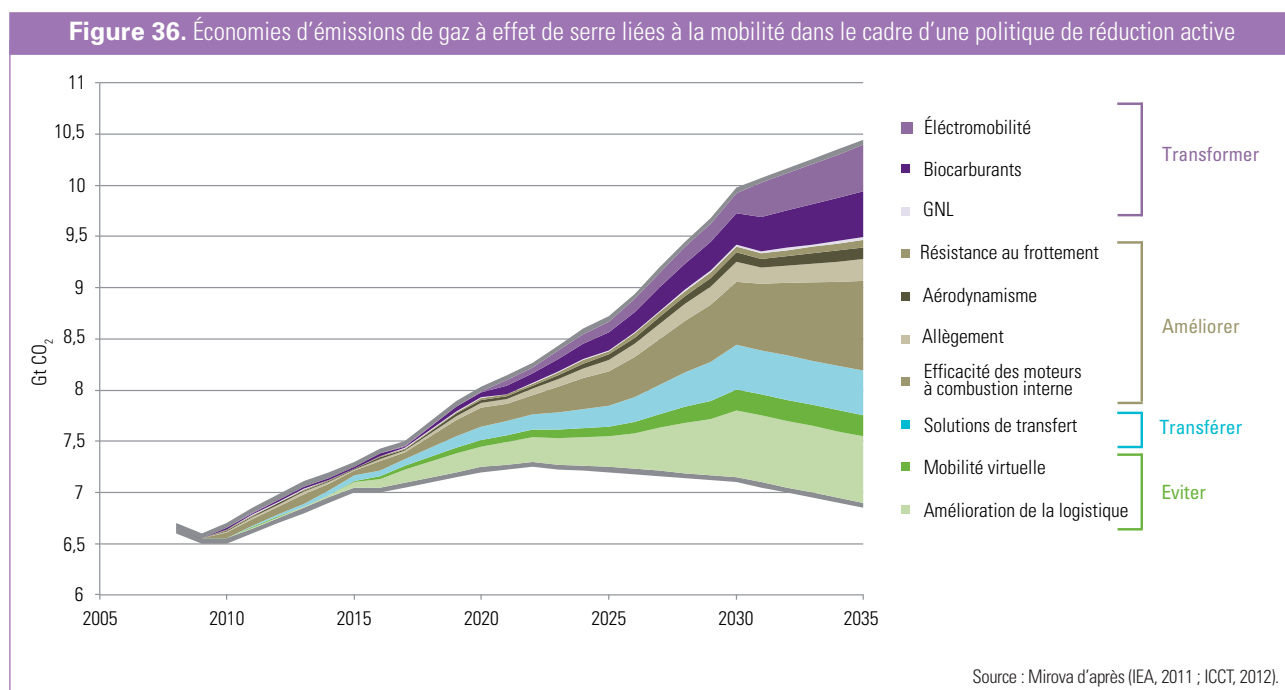
→ Améliorer : améliorer l'efficacité énergétique des moyens de transports. Ces solutions représentent le plus fort potentiel de réduction à moyen terme. Néanmoins, même si la plupart des acteurs du transport sont dans une logique d'amélioration continue, il est plus difficile d'identifier des sociétés se détachant fortement sur ce pilier.

→ Transférer : privilégier des modes de transports économes en énergie consommée par unité transportée. Sur les longues distances, ce pilier s'appuie sur des technologies souvent matures comme le transport ferroviaire ou maritime mais qui par leur empreinte carbone réduite par rapport aux autres modes de transport ont des perspectives de développement intéressantes. Dans un contexte urbain, ce transfert s'opère vers la mobilité à faible émissions (bicyclettes, marche, véhicule électrique, métro, tramways).

→ Éviter : diminuer le besoin et/ou la distance du déplacement. Ces opportunités sont davantage liées à des évolutions comportementales favorisées par l'essor des nouvelles technologies.

312 Quelles technologies pour transformer la mobilité ?

Quel que soit le scénario adopté d'ici 2050, le transport routier conserve un poids important dans le mix des transports. Le développement des véhicules électriques au sens large est à la source d'une transformation radicale pour le secteur automobile qui permettra de diminuer sur le long terme les émissions de gaz à effet de serre. Les technologies de transformation, et en particulier la filière de biocarburants de 2nde et 3^{ème} générations, sont également indispensables pour atteindre 50 % de réduction d'émissions de CO₂ dans les secteurs aérien et maritime.



31211 Véhicules électriques

La famille des véhicules électriques englobe les véhicules électriques à batterie (Battery Electric Vehicle - BEV), les véhicules hybrides rechargeables (Plug-In Electric Vehicle - PHEV), les véhicules électriques à prolongateur d'autonomie (Range Extender Electric Vehicle - REEV) assimilés aux PHEV et les véhicules à pile à combustible (Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV). L'ensemble de ces solutions offre la possibilité, en phase d'utilisation, de circuler sans ressources pétrolières, sans émettre de CO₂, sans polluer localement et sans bruit. Toutefois, du puits à la roue, le bilan carbone d'un BEV est d'autant plus favorable que la source de production électrique est faiblement émettrice en CO₂.

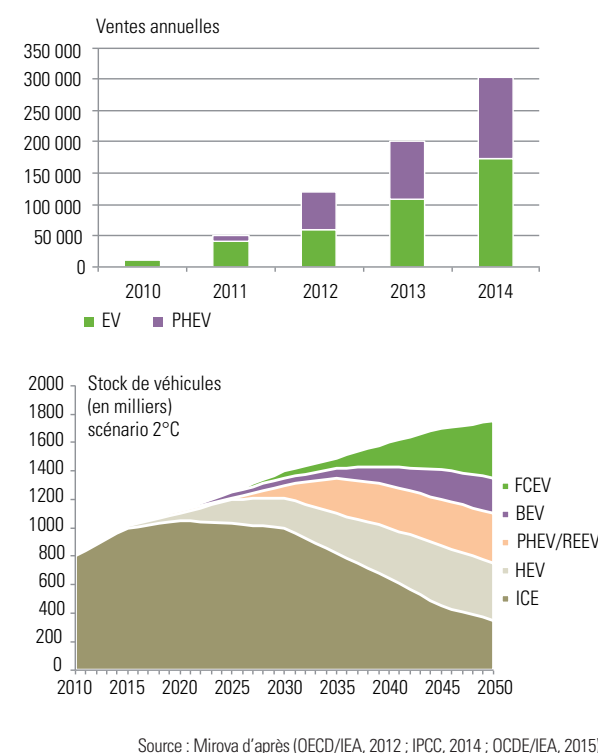
Ces véhicules sont portés par une forte volonté politique dans de nombreux pays en Europe, en Chine et aux États-Unis (réglementation CO₂, subventions/crédits d'impôt) :

- En Europe, la réglementation qui prévoit que les constructeurs atteignent un objectif moyen de 95 g de CO₂/km en 2021, soutient le développement des véhicules électriques, des véhicules hybrides rechargeables et des véhicules à pile à combustible en octroyant des super-crédits, soit des coefficients multiplicateurs plus élevés pour les véhicules émettant moins de 50 g de CO₂/km. En termes d'incitations, beaucoup de pays européens proposent des subventions/bonus aux consommateurs pour favoriser les véhicules électriques.
- Aux États-Unis, la régulation globale participe également à favoriser ce type de véhicules en allouant des crédits spécifiques. Par ailleurs, des subventions/crédits d'impôt sont attribuées d'une part à des constructeurs comme Tesla pour développer ses projets ou d'autre part aux consommateurs pour inciter à l'achat d'un véhicule électrique.
- En Chine, le gouvernement soutient le développement du véhicule électrique à travers des subventions étatiques (actuellement 55 000 yuans soit ~7 500 euros) maintenues jusqu'en 2020 et d'une stratégie orientée vers le développement, la conception et la production locale.

Les véhicules électriques devraient réussir à progressivement s'affranchir de ces soutiens réglementaires. Dans une approche cycle de vie, le coût complet d'un véhicule électrique est déjà comparable à celui d'un véhicule thermique. Néanmoins, le surcoût à l'achat reste une barrière au développement.

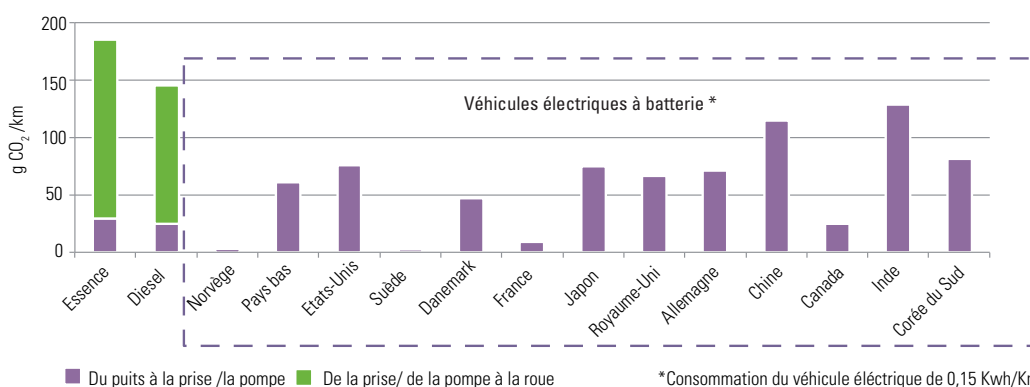
A fin 2014, les véhicules électriques représentent près d'un millième des véhicules particuliers en circulation avec un stock de ~670 000 véhicules et plus de 300 000 ventes annuelles (57 % électrique et 43 % hybrides rechargeables). Pour atteindre les objectifs climatiques, les ventes annuelles de véhicules électriques au sens large devraient atteindre 7 millions et le stock en circulation 20 millions d'ici 2050, ce qui implique une croissance annuelle des ventes de 69 % contre 43 % entre 2013 et 2014.

Figure 38. Évolution du marché des véhicules électriques et stock en circulation d'ici 2050 pour atteindre les objectifs climatiques



— 35 —

Figure 37. Bilan carbone du véhicule électrique du puits à la roue sur les principales zones de ventes (2014)



Source : Mirova d'après (OCDE/IEA, 2013 ; OCDE/IEA, 2015).

Afin de pouvoir progressivement s'affranchir des soutiens réglementaires, le secteur du véhicule électrique devra encore :

- réduire les coûts afin que le prix d'acquisition soit compétitif avec le prix d'un véhicule thermique (Internal Combustion Engine - ICE) de même gabarit ;
- répondre aux attentes des consommateurs en matière d'autonomie.

Ces enjeux se déclinent différemment selon le type de véhicule.

Voiture électrique à batterie (BEV) et véhicule hybride rechargeable (PHEV/REEV)

Les BEV, PHEV et REEV représentent actuellement l'essentiel des ventes.

L'autonomie des BEV ne présente pas une réelle barrière au développement. Au regard de ses avantages environnementaux en phase d'utilisation et d'une autonomie limitée à ce stade à 150 km dans la plupart des cas, le BEV est plutôt adapté :

- à un contexte urbain, soit en tant que véhicule particulier soit en tant que véhicule d'un parc d'auto-partage ;
- aux flottes d'entreprises devant parcourir de nombreuses petites distances.

Par ailleurs, Tesla a démontré ces dernières années que l'autonomie d'un BEV pouvait désormais dépasser 400 km grâce aux batteries Li-Ion NCA (85 kWh). Les PHEV et les REEV sont également une réponse à cette problématique d'autonomie, puisqu'ils donnent la possibilité de parcourir des distances courtes (de 20 à 50 km) en mode électrique pur tout en pouvant réaliser de longues distances en mode thermique avec un bilan carbone amélioré jusqu'à ~40 %. Enfin, le maillage d'un réseau de bornes de recharge s'intensifie avec près d'un million de bornes en 2014. Les coûts des infrastructure de recharge sont variables, passant de ~1200 USD à domicile à un prix entre ~50 000 USD et ~100 000 USD pour des chargeurs rapides en extérieur.

Aujourd'hui, le défi est de rendre la technologie plus mature pour réduire les coûts au kWh des batteries de stockage, optimiser la gestion de ces batteries et *in fine* rendre l'équation économique des BEV, PHEV et REEV intéressante pour les conducteurs sans aides étatiques mais également pour les constructeurs et les équipementiers. En moins de cinq ans, le coût au kWh a déjà été divisé par 2, réduit à ~300 USD/kWh. L'organisation collaborative USABC LLC (United States Advanced Battery Consortium) a fixé l'objectif d'un coût à 125 USD/kWh en 2020. Cet objectif semble très ambitieux et les projections laissent plutôt envisager à 2020 des coûts de batteries Li-Ion entre ~190 USD/kWh et 250 USD/kWh pour NMC, selon les technologies (NCA, LFP, NMC). Les sources de réduction de coût pourraient également amener d'autres technologies telles que les batteries lithium métal polymère (LMP) déjà en circulation.

Au-delà des questions de stockage de l'énergie, la réduction des coûts sur les véhicules électriques passent par des améliorations sur les autres composants clefs en particulier :

- les moteurs électriques, synchrones à aimants permanents ou asynchrones avec des défis en termes de non recours aux terres rares ou de rendement,
- les semi-conducteurs pour rendre plus efficient l'électronique dans le véhicule.

Les ventes de BEV sont aujourd'hui portées par Nissan, Tesla, BMW et Renault qui dominent le marché bien que la concurrence chinoise s'accélère avec plus de 80 000 véhicules vendus en Chine en 2014. Sur le segment des PHEV/REEV, les constructeurs les plus présents sont Mitsubishi, Ford, BYD, Toyota et Chevrolet. Concernant la réduction des coûts, les solutions émanent d'acteurs présents sur :

- le stockage de batteries tels que Tesla et BYD présents sur des batteries Li-ion ou encore Blue Solutions progressant sur les batteries LPM ;
- les moteurs électriques où Tesla s'illustre également ainsi que nombre d'équipementiers ;
- les semi-conducteurs pour le secteur automobile, NCP-Freescale en tête suivi de Renesas et Infineon.

Véhicule à pile à combustible (FCEV)

Les premiers modèles de FCEV à destination d'un développement à grande échelle arrivent sur le marché depuis 2015.

Un FCEV n'émet pas de CO₂ en phase d'utilisation. Tout son impact carbone est relatif à la production, à la distribution et au stockage de l'hydrogène. Du puits à la roue, le bilan carbone du véhicule à pile à combustible est dans la plupart des cas favorable. Toutefois, au regard des investissements nécessités par son développement, des progrès sont à atteindre sur cet aspect. Aujourd'hui, 95 % de l'hydrogène produit provient du gaz naturel. D'un point de vue CO₂, les deux solutions qui s'avèrent les plus prometteuses sont : le reformage du gaz naturel et l'électrolyse de l'eau avec un mix électrique peu émetteur de CO₂.

Que ce soit sous forme liquide, gazeux ou solide, le stockage de l'hydrogène présente des défis en termes de volume nécessaire, de coût ou enfin de vitesse de remplissage, de gestion thermique et de poids. La forme gazeuse est privilégiée mais des améliorations sont attendues pour réduire les coûts.

Le transport et la distribution de l'hydrogène ne présente pas de barrières particulières. La distribution de l'hydrogène peut être assurée par des stations-services : ~150 stations-services sont dénombrées principalement au Japon, aux États-Unis et en Allemagne.

Aucun verrou de développement significatif ne semble présent sur la sécurité. A l'instar des autres types de véhicules,

le FCEV comporte ses risques spécifiques. En cas de fuite, les risques les plus critiques sont l'incendie et l'explosion. L'enjeu consiste à ce que ces risques soient anticipés sur toute la chaîne de valeur. L'hydrogène fait l'objet de réglementations en termes de sécurité.

Toyota, Hyundai, Honda pour les constructeurs, Air Liquide et Linde pour l'approvisionnement en hydrogène sont les entreprises les plus engagées sur ce segment à l'heure actuelle.

31212 Deux roues et bus électriques

Au-delà du véhicule particulier, le recours au mode électrique s'accroît dans d'autres modes de transport.

Les deux roues : en 2015, 235 millions de 2 roues électriques sont en circulation (OCDE/IEA, 2015). Ce marché, en expansion en zones émergentes (97 % du stock en Chine), comprend surtout des acteurs spécialisés.

Les bus : début 2015, 46 000 bus électriques sont en circulation dont 79 % en Chine. En 2014, près de 8 000 bus électriques ou hybrides ont été vendus (plus de 80 % en Chine). Les technologies de moteurs et de batteries sont identiques à celles utilisées pour les véhicules particuliers. L'autonomie (~200 km) n'est pas la réelle pierre d'achoppement dans le cas des bus urbains, celle-ci étant le temps de recharge. Des systèmes de recharge ultra-rapide font leur apparition sur le marché. Ces systèmes détectent les bus, s'y connectent et délivrent de la puissance en quelques secondes permettant aux bus d'avoir l'autonomie suffisante pour rejoindre l'arrêt suivant. Acteurs spécialisés ou entreprises diversifiées tel que Bolloré, Siemens ou encore Bombardier, les bus électriques suscitent des investissements en croissance.

31213 Carburants alternatifs

Dans les transports, les carburants alternatifs représentent environ 5 % de la consommation énergétique globale des transports (3 % biocarburants, 1 % GPL et 1 % GNV).

Ces carburants présentent l'avantage de réduire les émissions polluantes, toutefois leur bénéfice carbone est aléatoire et parfois limité, en particulier pour le GNV et le GPL :

Le bénéfice CO₂ permis par le GNV en phase d'utilisation (de l'ordre de ~20 %) s'estompe du puits à la pompe avec l'extraction/traitement, le transport, la distribution et la compression. De plus, le GNV nécessite de grands réservoirs et un réseau de distribution spécifique.

Le GPL émet moins de CO₂ que l'essence mais plus que le diesel. Enfin, issu du raffinage du pétrole et du traitement du gaz naturel, ce carburant diversifie peu les ressources.

Concernant les agrocarburants, deux types sont actuellement commercialisés pour le secteur automobile :

- L'éthanol, dans des moteurs à essence, issu de plantes sucrières ou de plantes amyliacées.

- Le biodiesel, dans des moteurs à gazole, biocarburant synthétisé à partir des huiles de colza, de tournesol, du soja, de palme ou des graisses animales.

Le bilan carbone des agrocarburants est difficile à quantifier variant selon les filières de production (matières premières et quantités d'engrais utilisés, procédés de transformation, climat, qualité des sols), les méthodologies de comptabilisation, le chiffrage de l'impact lié au changement d'affectation des sols.

Autres difficultés, la 1^{ère} génération se heurte à la compétition avec la chaîne alimentaire, une potentielle perte de biodiversité, des conséquences en termes de consommation d'eau et d'énergie, culture intensive, épandage d'engrais azotés, pollution des eaux, la nécessité d'avoir de la place aux sols et des terres cultivables.

La 2^{ème} et la 3^{ème} génération de biocarburants permettent de réduire la dépendance au pétrole sans empiéter sur la chaîne alimentaire. Le bilan CO₂ varie selon les matières premières utilisées. La 2^{ème} génération, obtenue à partir de la biomasse lignocellulosique, produit par voie biochimique de l'éthanol cellulosique ou par voie thermochimique du BtL (Biomass to Liquid). La 3^{ème} génération est issue d'algues. Ces technologies, encore coûteuses à l'heure actuelle, ont un rôle à jouer dans la transition de la mobilité notamment pour l'aviation et le maritime.

313 Améliorer l'efficacité énergétique des transports

— 37 —

Au-delà des technologies transformantes, les solutions d'améliorations ciblant les technologies de moteurs et les structures existantes participeront à l'atteinte des objectifs de réduction.

31311 Transport routier

Les incitations réglementaires déployées dans de nombreuses zones géographiques (Europe, Amérique du Nord, Chine, Japon) ces dix dernières années ont permis de réduire significativement les émissions de CO₂ des véhicules neufs.

Ces mécanismes ont permis des réductions de l'ordre de 30 % pour les constructeurs les plus avancés grâce à des améliorations sur :

- Le groupe motopropulseur et la transmission,
- La réduction des forces de résistance (aérodynamisme, résistance au roulement des pneus dans le cas du transport routier, frictions et frottement internes, allègement des structures).

A noter, si la réglementation CO₂ s'est fortement renforcée pour les véhicules passagers, les poids lourds n'ont presque aucune contrainte en matière d'émissions de CO₂⁸. Le fret routier représente pourtant 26 % de la demande en énergie des transports et son bilan carbone est significatif. Le renforcement de contraintes réglementaires pour le CO₂ issu

8. Les normes EURO IV, V et VI ne portent que sur les polluants NOx, HC, CO, particules fines, et non sur le CO₂.

Figure 39. Réglementations sur les émissions de CO₂ des véhicules particuliers

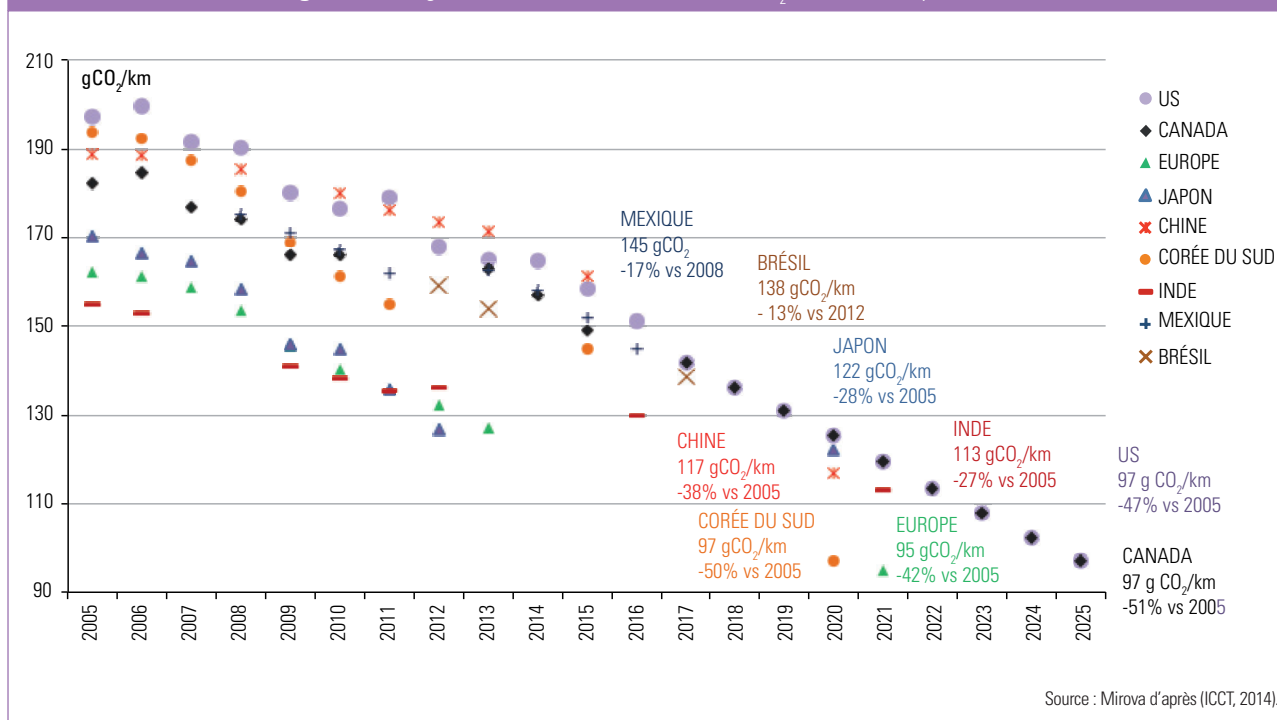
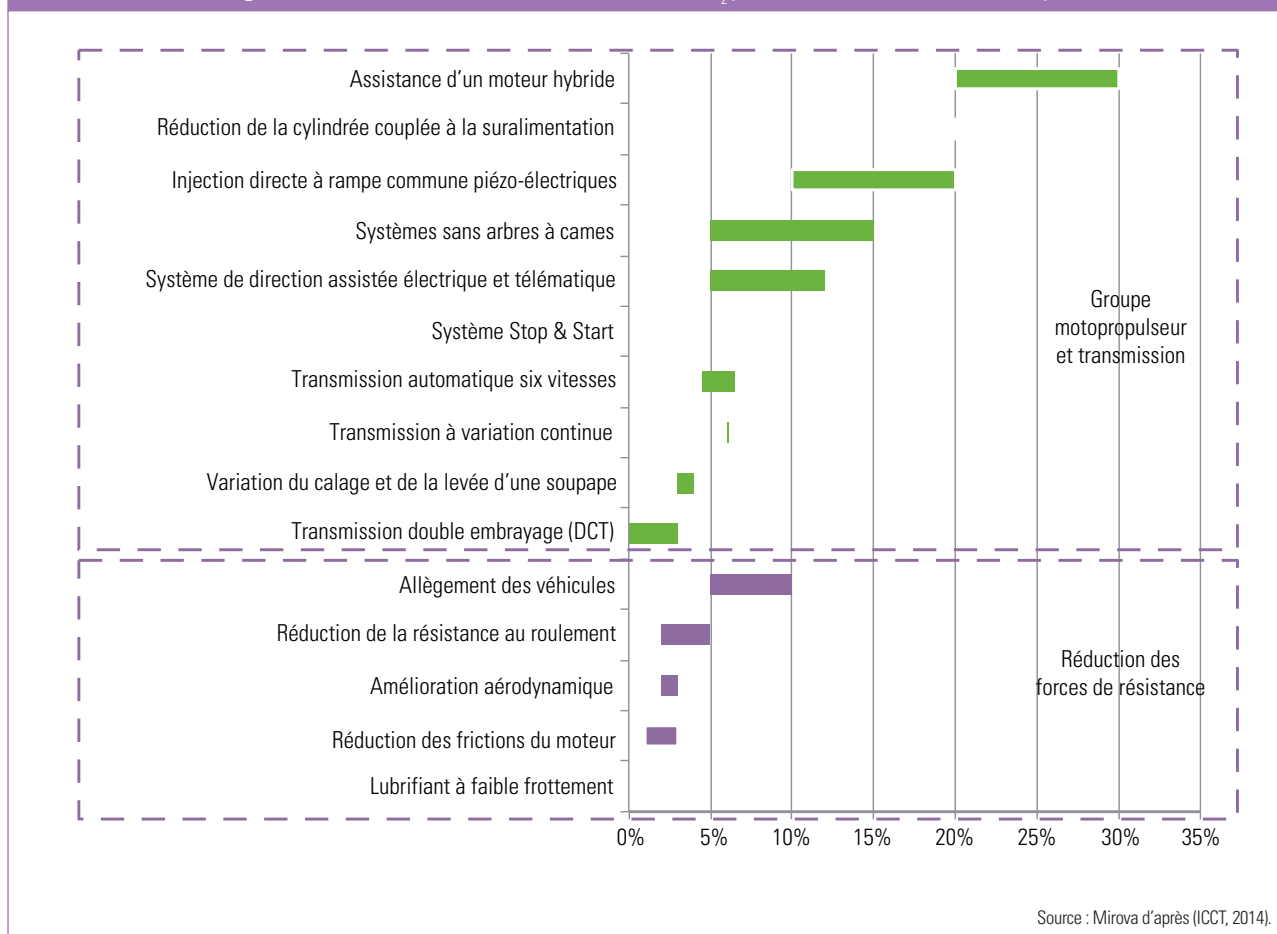


Figure 40. Potentiel de réduction d'émissions de CO₂ permises sur les véhicules thermiques



des poids lourds est à l'étude en Europe, en Amérique du Nord et au Japon. Pénalisés par leurs tailles, leurs formes et leurs masses, les leviers en termes de réduction des forces de résistance sont faibles pour les poids lourds. Seules les technologies pour améliorer les performances de leurs moteurs diesel pourraient apporter des gains significatifs.

Amélioration de l'efficacité du groupe motopropulseur et de la transmission

Les principales technologies permettant d'améliorer l'efficacité du groupe motopropulseur de la transmission sont :

- La réduction des cylindrées ou downsizing du moteur qui implique de rendre plus compacts les moteurs
- L'injection directe à « rampe commune » qui permet un pilotage plus fin de la combustion grâce à des systèmes de contrôles électroniques
- L'optimisation des systèmes de transmission via des augmentations du nombre de rapports de boîte de vitesses, l'allongement du dernier rapport ou l'usage de boîtes de vitesses robotisées ;

D'autres technologies comme l'électrification de la gestion des auxiliaires, l'amélioration de la gestion thermique du moteur ou l'introduction du stop&start peuvent également jouer un rôle.

Par ailleurs, les véhicules hybrides non rechargeables permettent à ce stade une réduction entre 20 % et 30 % par rapport au diesel et de 30 % à 40 % par rapport à l'essence. Toutefois, ces véhicules restent dépendants des ressources pétrolières.

BMW, Nissan et Toyota sont les constructeurs en tête dans la course à la réduction des émissions de CO₂ que ce soit aux États-Unis ou en Europe. Concernant les équipementiers, Continental, Valeo, Robert Bosch, Borgwarner, Magna, Delphi se démarquent sur les solutions à incorporer.

Allègement

L'allègement des véhicules peut être atteint aussi bien par des nouvelles conceptions (révision de l'architecture, redimensionnement, élimination de pièces, amincissement de structures, intégration de nervures, etc.) que par l'incorporation de nouveaux matériaux fournissant plus de résistance par unité de masse en particulier l'acier à haute résistance et la fibre de carbone.

À court terme, en raison notamment d'un avantage de prix significatif, les aciers avancés à haute résistance devraient avoir un rôle de plus en plus important dans l'allègement des véhicules. D'ici 2020, les aciers à haute résistance devraient représenter entre 15 % et 20 % du poids total du véhicule à part d'acier constante. Les avancées technologiques sur les aciers à haute résistance proviendront des expertises sur la sidérurgie et des techniques d'emboutissage à chaud (l'emboutissage devient de plus en plus difficile à mesure que l'acier devient fin et résistant).

À moyen terme, les avancées techniques sur la fibre de carbone, dont le potentiel d'allègement est supérieur, devraient réduire les barrières au développement de cette technologie de rupture et renforcer son intégration à grande échelle dans l'automobile. L'innovation est attendue de la part des constructeurs et des producteurs de composites en fibre de carbone.

Les solutions proviennent des producteurs de pièces en acier formées à chaud (Benteler, Gestamp), des fournisseurs de presses d'emboutissage à chaud (Schuler, APT) et des fabricants de composites en fibre de carbone (Hexcel, Toray).

Réduction des forces de résistance

La réduction des forces de résistance peut passer par :

- l'amélioration de l'aérodynamisme via la réduction de la traînée ;
- la réduction de la résistance au roulement. Le sol engendre également une résistance au mouvement du véhicule. Les équipementiers en pneumatiques proposent des pneus avec des résistances au roulement de plus en plus basses pour réduire la consommation des véhicules. Toutefois leurs marges d'évolution sont limitées étant données les contraintes existantes en termes de sécurité et de durée de vie. Par contre les équipementiers ont un rôle important en termes de ressources pour diversifier les sources de caoutchouc naturel et synthétiques et renforcer l'économie du service pour mieux gérer l'ensemble du cycle produit de la conception au recyclage.

Renault a permis de mettre en avant les solutions à déployer en termes d'aérodynamisme avec le concept Eolab, tandis que Michelin est reconnu pour ses performances sur la résistance au roulement des pneus.

31312 Transport aérien

L'efficacité énergétique des avions a été améliorée de ~33 % depuis le début des années 2000 (IATA, 2015). L'industrie aérienne s'est fixée d'améliorer son efficacité énergétique de 1,5 %/an et d'avoir une croissance neutre en carbone d'ici 2020, et d'atteindre une réduction de 50 % des émissions de CO₂ entre 2005 et 2050. Pour atteindre ces objectifs, les priorités de l'aérien sont :

- l'efficacité des systèmes de propulsion ;
- l'allègement des structures et du poids à bord ;
- l'amélioration de la finesse⁹ et des propriétés aérodynamiques,
- les systèmes de gestion du trafic aérien et des changements opérationnels.

Enfin, sans que l'impact soit encore clairement quantifié, les biocarburants devraient également contribuer à atteindre ces objectifs à partir de 2020.

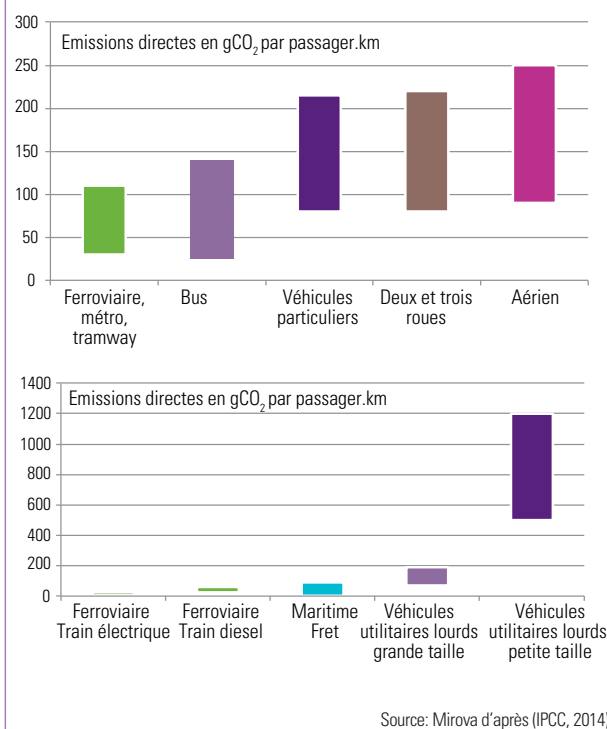
9. La finesse correspond au ratio traînée/portance

Figure 41. Leviers technologiques dans l'industrie aérienne

Période	Technologies	Gain d'efficacité p/r à 2005
D'ici à 2020	Allègement : mobilier et équipement allégés (sièges, cabines, trolleys, toboggans) Aérodynamisme : ailerons, rainures longitudinales Autres améliorations : gestion de la consommation d'énergie à bord et green taxiing	6 % - 9 %
	Systèmes de propulsion : amélioration des moteurs (ex : moteurs TRENT, LEAP-X) Allègement : intégration des matériaux composites	9 % - 20 %
	Systèmes de propulsion : turboréacteur à double flux avec réducteur	10 % - 21 %
2015-2025	Systèmes de propulsion : turboréacteurs à soufflante non carénée ou open rotor Aérodynamisme : système de contrôle d'écoulement laminaire (HLFC) Autres améliorations : usage de pile à combustible pour la gestion d'énergie à bord Transformation/carburants alternatifs : biocarburants de 2 ^{nde} et 3 ^{ème} génération	27 % - 40 %
> 2030	Aérodynamisme : avion à aile volante Systèmes de propulsion : changement radical de technologie dans les moteurs Transformation/moteurs alternatifs : avion électrique	> 50 %

Source : Mirova d'après (IATA, 2015).

Figure 42. Émissions de CO₂ directes pour le transport de personnes et pour le transport de biens (2010)



Source : Mirova d'après (IPCC, 2014).

— 40 —

Ces technologies sont développées par des constructeurs et équipementiers généralistes tels qu'Airbus, Bombardier, Boeing, Safran ou encore Rolls-Royce.

31313 Transport maritime

Bien que le transport maritime soit le moyen de transport le moins émetteur en CO₂ pour le transport de biens, il représente tout de même ~11 % des émissions liées au transport en raison de l'importance des échanges commerciaux maritimes (IPCC, 2014).

Afin de limiter cet impact, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a adopté en 2011 des mesures pour améliorer le rendement énergétique du transport maritime. L'objectif est de réduire de 50 % les émissions de CO₂/tkm d'ici 2050. Plusieurs outils technologiques et opérationnels sont à déployer (ICCT, 2011) sur les systèmes de propulsion, l'intégration de moteurs électriques, les variateurs de vitesse, la gestion de l'énergie à bord, la taille et la conception (coque, moteur, hélice, récupération d'énergie) des navires et le recours à des énergies renouvelables et à des biocarburants.

Au-delà des aspects CO₂, le secteur a également des efforts à réaliser afin de limiter ses impacts sur l'acidification des océans, les émissions de soufre, de polluants et l'introduction d'espèces exotiques par les eaux de ballast des bateaux.

314 Quel développement pour les modes de transport les plus économes ?

Tous les modes de transport n'ont pas le même impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre d'un point de vue environnemental.

Pour le transport de personnes, les transports aériens et routiers sont les modes de transport les plus émetteurs. Le relatif faible écart entre l'avion et la voiture s'explique en partie par le taux de remplissage. Ainsi l'un des chantiers pour contribuer à la transition énergétique repose sur la recherche de modes de transport alternatifs pour réduire significativement l'usage de véhicules motorisés avec un seul passager : métros et bus en milieu urbain, train et cars sur de plus longues distances. Le transport maritime représentant une part marginale du transport de personnes n'est pas représenté sur la figure ci-dessus.

Le transport de fret représente ~30 % de la consommation d'énergie du transport (IEA, 2008) dont 82 % pour les camions. Les transports routiers sont bien plus émetteurs que les modes ferroviaires et maritimes. Par ailleurs, les embarcations de petite taille présentent un bilan carbone non négligeable incitant au renforcement des moyens de mutualisation des livraisons et d'optimisation des gestions de flottes. Concernant le transport aérien, même si les émissions par tonne transportée sont très élevées, il ne représente qu'une part marginale du transport de fret.

Étant donné ces différences d'émission, le développement des modes de transport les moins carbonés apparaît comme une solution possible dans un objectif de réduction des émissions du secteur.

31411 Transport de personnes

Contexte urbain

Dans un contexte urbain, les transports en commun restent la principale alternative afin de limiter la durée quotidienne des transports à un niveau acceptable (le seuil maximal

acceptable, aussi appelé constante de Marchetti, étant généralement aux alentours d'une heure par jour). Ce segment continuera à se développer dans les années à venir. L'Union internationale des transports publics (UITP) a ainsi fixé l'objectif de doubler la part des transports publics en 2025 dans les déplacements urbains. Cette croissance sera portée en grande partie par la Chine, l'Inde, l'Amérique du Sud et le Moyen-Orient.

Par ailleurs, un recours croissant au vélo apparaît également comme une réponse possible offrant des bénéfices environnementaux et sanitaires (activité sportive, suppression des pollutions locales et du bruit). Ce développement peut notamment passer par les offres de vélopartage qui contribue également à renforcer l'intégration du vélo dans les villes. Près de 900 systèmes de vélos en libre-service ont vu le jour ces 15 dernières années, en Europe, aux USA, en Asie, et au Brésil.

Extra-urbain

A l'instar de la durée limite acceptable de transport par jour identifiée dans le contexte urbain, une distance critique comprise entre 800 et 1000 km est également définie dans la décision de l'usage entre le train ou un mode routier et l'avion. Le ferroviaire et le transport routier en commun offrent des alternatives viables à l'avion sur ces distances.

Près de trois fois moins émetteur en CO₂ que le transport aérien, le développement du ferroviaire via des lignes à grande vitesse menace en priorité les vols courts et moyens courriers pour plusieurs raisons : une durée totale équivalente, des avantages tarifaires, la proximité des gares du centre-ville par rapport aux aéroports. Près de 32 000 kilomètres supplémentaires de lignes à grande vitesse sont en construction ou planifiés, dont plus de 22 000 en Chine. De plus, les trains vont de plus en plus vite pouvant atteindre une vitesse de plus 300 km/h. Bien que certains acteurs intégrés comme Siemens, Alstom et Bombardier conservent des opportunités de croissance, près de 40 % du marché est détenu par des constructeurs chinois.

Une dynamique de libéralisation du marché des autocars offre de nouvelles perspectives en transport routier en commun. Cette libéralisation permet à un opérateur privé d'exploiter une ligne de bus sur le territoire nationale et fait ainsi émerger un potentiel de développement conséquent en concurrence directe avec le transport automobile, ferroviaire ou aérien. Plusieurs pays comme le Royaume-Uni (1980), l'Argentine (1990), la Norvège (2003), la Suède (2012), ou plus récemment l'Allemagne (2013) et la France (2015) ont ainsi libéralisé leur marché. La demande mondiale de transport en autocar devrait augmenter annuellement de 5 % d'ici 2018 pour atteindre 664 000 unités.

31412 Transport de biens

Le transport de biens représente 40 % de la consommation d'énergie des transports (OECD/IEA, 2015). Les leviers d'action pour le transport de biens sont :

- ➔ La croissance de la part du transport ferroviaire et maritime dans le mix de transports,
- ➔ L'intégration de véhicules électriques dans le transport routier pour les courtes distances,
- ➔ L'optimisation des flux grâce aux technologies de l'information et de la communication,
- ➔ Le développement des solutions multimodales.

315 Éviter

31511 TIC* et mobilité

Les technologies de l'information et de la communication apportent des innovations en termes de « mobilité alternative ou non corporelle » via le télétravail, les conférences téléphoniques et visioconférences, les offres de livraisons de courses à domicile mutualisées. Ces solutions d'évitement sont très récentes et leur impact non chiffré. L'usage de GPS et de systèmes de gestion des flux permettent également d'éviter des déplacements inutiles.

31512 Services de partage

En ville, une voiture est inutilisée et à l'arrêt en moyenne 95 % du temps (Ademe, 2014). Face à ce constat, l'auto-partage, qui permet pour un particulier ou une entreprise de disposer d'un véhicule pour une courte durée, répond à l'évolution de la société vers une économie de services, moins coûteuse. En moins de 10 ans, l'autopartage a connu un développement accéléré passant de 11 500 véhicules en 2006 à 92 200 en 2014 à l'échelle mondiale (Frost and Sullivan, 2014). D'ici 2020, les perspectives sont également favorables avec un taux de croissance annuel du marché de 30 %. Ce dynamisme génère l'arrivée de nombreux acteurs sur le marché qui se voient souvent rachetés par des constructeurs automobiles conscients du changement de business model atteignant le secteur automobile.

Le covoiturage qui permet de partager un véhicule avec d'autres personnes pour des déplacements occasionnels ou réguliers peut aussi bien être utilisé au quotidien pour des déplacements contraints ou occasionnellement pour des voyages. Que ce soit pour des fins économiques ou de recherche de connexions sociales, le covoiturage est également porteur de créations de nouveaux business models.

* Technologies de l'Information et de la Communication

316 Synthèse des acteurs clefs de la mobilité durable

Constructeurs automobiles

Entreprises	Pays	Cap. boursière (MUSD)	Transformer	Améliorer	Eviter
Tesla Motors Inc.	États-Unis	31 262	Batteries : usine Gigafactory pour réduire les coûts au kWh EV : acteur dédié	Allègement : coques en PRFC	
Toyota	Japon	199 103	PHEV : 0.2% du CA auto FCEV : lancement du modèle Mirai au Japon fin 2014 (coût : ~50 000 euros) – objectif de production de 700 à 3 000 unités en 2017 - États-Unis et en Europe en 2015.	ICE : Top 5 des performances aux États-Unis et en Europe	Auto-partage : Création de Ha.mo en 2014 (Japon, France) pour particuliers
BMW AG	Allemagne	59 999	EV : 0.8% de l'activité automobile et chaîne de production dédiée aux véhicules électrique «i3», «i8»	ICE : Top 5 des performances CO2 aux États-Unis et en Europe PRFC : solutions en composites - production spécifique	Auto-partage : AlphaCity depuis 1997 pour les entreprises (13 pays) et DriveNow avec Sixt depuis 2011 pour les particuliers (4 pays)
Nissan Motor co Ltd.	Japon	39 913	EV : 1,1% de l'activité automobile et leader en termes de ventes en 2014	ICE : Top 5 des performances CO2 aux États-Unis et en Europe	Auto-partage : Choimobi Yokohama
BYD Co Ltd.	Chine	15 695	Batteries Li-ion (LFP) : 9% du CA 2014 - perspectives de ~5% du marché en 2017 EV/PHEV : leader en termes de ventes EV et PHEV en Chine (3.4% du CA 2014 en PHEV) Bus électriques : partenaire de Transport For London (UK) et 1% du marché en 2014		
Renault SA	France	25 328	EV : - 0.4% de l'activité automobile - stratégie orientée sur le véhicule électrique	Aérodynamisme : Eolab - concept car dont le coefficient de traînée est réduit de 30% par rapport à un véhicule équivalent	
Kandi Technologies Group, Inc	Chine	300	EV : 88% du CA 2014 lié aux EV		Auto-partage : 14 400 BEV (Kandi EV CarShare)
General Motors Co	États-Unis	45 326	REEV : 0.4% des ventes automobiles via le modèle Volt (Chevrolet)		
Zotye Holding Group Co Ltd.	Chine	Non cotée	EV : leader des ventes en Chine en 2015		
Hyundai Motor Co	Corée du Sud	26 897	FCEV : lancement du modèle ix35 Fuel Cell (coût : ~60 k€ en Europe en 2013 - grande série d'ici 2020.		
Daimler	Allemagne	88 433			Auto-partage : Car2go et Car2gether (~15 pays)
PSA Peugeot Citroën	France	14 220			Auto-partage : Citroën MultiCity, Mu/Peugeot Rent et Share your fleet avec Sixt

Équipementiers automobiles

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Améliorer
Magna	Canada	20 292	EV : gamme de produits pour véhicules électriques et hybrides dont des packs de batteries Li-ion (expo. n.c.)	AHSS : Pièces en acier formé à chaud ICE : solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules
Continental AG	Allemagne	43 530	EV : moteurs synchrones à aimants permanents et moteurs asynchrones - 1 des 5 segments de la BU powertrain (19% de CA 2014)	ICE : solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules
Delphi Automotive plc	États-Unis	21 269	EV : gamme de produits pour véhicules électriques et hybrides (expo. n.c.)	ICE : solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules
Valeo	France	10 317	EV : propulsion électrique dans le segment systèmes de propulsion (26% du CA 2014)	ICE : Solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules
Robert Bosch GmbH	Allemagne	Non cotée	EV : semi-conducteurs	ICE : solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules
Denso	Japon	38 542	EV : gamme de produits pour véhicules électriques et hybrides dans le segment « powertrain » (35% CA 2014) EV systèmes de recharge : infrastructure adaptée	
Michelin	France	15 730		Pneus : résistance au roulement, conception/ recyclage des pneus, système de location des pneus Poids Lourds
NXP - Freescale Semiconductor	Pays-Bas	21 837	EV : 12,9% du marché en 2014 (fusion en juin 2015).	
Borgwarner	États-Unis	9 953		ICE : solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules (transmissions)
Renesas Electronics Corporation	Japon	9 362	EV : 10,4% du marché en 2014 (~3 021 MUSD de CA 2014)	
Emerson	États-Unis	30 917	EV : moteurs électriques (6% de CA 2014 via la filiale Leroy-Somer)	
Infineon Technologies	Allemagne	10 772	EV : 9,3% du marché en 2014 (~2 700 MUSD de CA 2014)	

Batteries de stockage

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Améliorer
GS Yuasa	Japon	1 529	Batteries Li-ion : - ~6% du marché en 2017e - 84% du CA 2014	
Blue solutions	France	712	Batteries LMP : - 100% du CA 2014 - CA 2014 : 57 MEUR	
Umicore	Belgique	4 473	Batteries Li-ion : Cathodes et recyclage au sein de la BU Rechargeable battery Materials, inclue dans le segment Energy Materials (~19% de CA 2014)	Allègement : 10% de CA dans le PRFC
Albemarle Corporation	États-Unis	4 974	Fournisseur de Lithium : acquisition en 2015 de Rockwood Holdings, Inc holding de Rockwood Lithium (~32% de parts de marché 2014) / 14% des ventes au Q2 2015	
Sichuan Tianqi Lithium Industries	Chine	2 221	Fournisseur de Lithium : ~20% de parts de marché en 2014 / 11% du CA 2014	
SQM (Sociedad Quimica y Minera de Chile SA)	Chili	5 268	Fournisseur de Lithium : ~26% de parts de marché en 2014 / 10.3% du CA 2014	

Industrie

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Améliorer	Transférer
Air Liquide SA	France	41 323	Hydrogène : création d'un label Blue Hydrogen® pour de décarboner la production d'hydrogène ; > 60 stations de distribution (USA, Japon, France, Allemagne, Danemark, Pays-Bas)		
Linde AG	Allemagne	32 110	Hydrogène : objectif de 100 stations au Japon (fin 2015), 70 aux États-Unis (fin 2016), 50 en Allemagne (fin 2015)		
Siemens	Allemagne	87 663	Bus électriques : Projet LIFE+ / BeeBus avec l'e-BRT développé avec PVI		Ferroviaire : CA de 10% / 12% du marché
ABB	Suisse	44 444	EV systèmes de recharge : expo. n.c. Bus électriques : systèmes de recharge ultra-rapide (projet TOSA -ville de Genève)	Efficacité énergétiques des navires : portefeuille de solutions	
Schneider Electric	France	36 777	EV systèmes de recharge : expo. n.c.		
PVI	France	Non cotée	Bus électriques : création en 2013 d'une filiale en Chine pour les demandes locales de chaînes de traction pour véhicules électriques lourds ; Projet LIFE+ / BeeBus avec l'e-BRT développé avec Siemens (expo. n.c.)		
AeroVironment	États-Unis	559	EV systèmes de recharge : 15% du CA 2014		
Car Charging Group Inc.	États-Unis	23	EV systèmes de recharge : 100% du CA 2014		
Legrand	France	15 293	EV systèmes de recharge : expo. n.c.		

Autres motorisations électriques

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Eviter
Volvo AB	Suède	23 193	Bus électriques : 12% de parts de marché en 2014 ; Projet Life+ : bus hybride rechargeable 7 900 en expérimentation à Göteborg, capable de parcourir 7 km d'autonomie et de se recharger en 7 minutes	Autopartage : Volvo Sunfleet Car Sharing AB créé en 1999 (CA de 85 MSEK)
Polaris Industries Inc.	États-Unis	8 642	Deux-roues électriques : via Brammo Inc. - expo n.c.	
VDL Bus & Coach	Pays-Bas	Non cotée	Bus électriques : CITEA SLF Low-Floor electric (flexibilité entre 200 km d'autonomie ou recharge rapide (par caténaire, par induction, par secteur) - expo n.c.	
Zhengzhou Yutong	Chine	6 654	Bus électriques : 19% de parts de marché en 2014 ; potentiel partenaire de la RATP (France) - expo n.c.	
Ebusco	Pays-Bas	Non cotée	Bus électriques : pur player ; 300 bus électriques depuis 2010 ; potentiel partenaire de la RATP (France)	
Jiangsu Xinri E-Vehicle Co Ltd.	Chine	Non cotée	Deux-roues électriques : Pure player	
Zero Motorcycles Inc	États-Unis	Non cotée	Deux-roues électriques : Pure player	

Solutions urbaines

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transférer	Eviter
Giant Manufacturing	Taiwan	2 892	Bicyclette et pieces de vélos : acteur dédié	
Merida Industry	Taiwan	1 757	Bicyclette et pieces de vélos : acteur dédié	
Shimano Inc.	Japon	12 323	Bicyclette et pieces de vélos : 83% du CA	
Accell Group	Pays-Bas	549	Bicyclette et pieces de vélos et deux-roues électriques : acteur dédié	
Zhonglu co Ltd-a	Chine	2 165	Bicyclette et pieces de vélos : 88% du CA	
Comuto SA	France	Non cotée		Autopartage et covoiturage : création de Blablacar en 2006, plus de 20 millions de membres, présent dans 19 pays
CycleHop	États-Unis	Non cotée	Vélo en libre-service : acteur dédié	
Nextbike	Allemagne	Non cotée	Vélo en libre-service : acteur dédié	
Smooove	France	Non cotée	Vélo en libre-service : acteur dédié	
Comovee	Allemagne	Non cotée		Autopartage et covoiturage : création de Comovee en 1986, 180 000 membres (5 pays)
Ezee kinetics	Chine	non cotée	Vélo électrique : acteur dédié	
Cratoni	États-Unis	non cotée	Sécurité en vélo : acteur dédié	

— 44 —

Transports en commun

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Transférer
CRRC Corp Ltd (CNR / CSR)	Chine	47 094	Bus électriques : plus de 1 000 commandes reçus pour le bus électrique à chargement ultra-rapide développé par CSR Zhuzhou Electric Locomotive Research Institute Co., Ltd.	Ferroviaire : 100% du CA ; 37% du marché (2013)
Alstom	France	10 017		Ferroviaire : 100% du CA ; 11% du marché (2013)
Ansaldo STS	Italie	2 126		Ferroviaire : 100% du CA
CAF	Espagne	1 092		Ferroviaire : 100% du CA ; 3% du marché (2013)
Faiveley Transport	France	1 537		Ferroviaire : 100% du CA
Talgo	Espagne	888		Ferroviaire : 100% du CA ; 2% du marché (2013)
Vossloh AG	Allemagne	949		Ferroviaire : 100% du CA
China Railway Signal & Com-h	Chine	6 842		Ferroviaire : 100% du CA (signalisation ferroviaire)
Eurolines	Belgique	Non cotée		Autocars : regroupement de près de 30 opérateurs de car en Europe (leader)
FlechaBus	Argentine	Non cotée		Autocars : créé en 1984
MegaBus	Royaume-Uni	Non cotée		Autocars : créé en 2008
Transmashholding	Russie	Non cotée		Ferroviaire : 100% du CA ; 4% du marché (2013)

Aérospatial et défense*

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Améliorer	Transférer
Rolls Royce	Royaume-Uni	20 841		Propulsion : famille de moteurs TRENT et Geared turbo-fan (Ultrafan) Navires : efficacité énergétique	
Safran	France	31 490		Propulsion : LEAP-X et Open-Rotor Consommation à bord : APU/Green Taxiing	
Airbus	France	50 122	Avion électrique : avion régional électrique (E-Fan)	Allègement : PRFC Aérodynamisme : HLCF	
Bombardier	Canada	2 057	Bus électriques : Primove (transfert d'énergie par induction entre la chaussée et les véhicules)	Allègement et aérodynamisme : portefeuille de solutions	Ferroviaire : 47% du CA / 9% du marché (2013)
Zodiac Aérospace	France	8 994		Allègement : composants allégés Consommation à bord : via une pile à combustible	

* Les acteurs ayant une exposition significative au secteur de la défense ne font pas partie des univers d'investissement Mirova en raison d'un manque de transparence sur leur politique d'exportation.

Matériaux avancés

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Améliorer
Hexcel Corp	États-Unis	4 624	PRFC : solutions - composites en fibre de carbone pour alléger les structures, principalement pour l'industrie aéronautique et à terme également pour l'automobile.
Schuler AG	Allemagne	971	AHSS : presses d'emboutissage à chaud et laminaires pour produire des aciers avancés à hautes résistances
SGL Carbon SE	Allemagne	1 510	PRFC : fibre de carbone (22% du CA) - composites en fibre de carbone

— 45 —

Biocarburants de 2^{nde} et 3^{ème} générations

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer
Solazyme Inc.	États-Unis	245	Biocarburants (3G) : acteur dédié aux biocarburants à partir d'algues
Algae.Tec Ltd.	Australie	7	Biocarburants (3G) : acteur dédié aux biocarburants à partir d'algues
Inbicon	Danemark	Non cotée	Biocarburants (2G) : acteur dédié à la biomasse pour éthanol
logen	États-Unis	Non cotée	Biocarburants (2G) : acteur dédié aux procédés de synthèse de bioéthanol à partir de déchets agricoles

Logistique

Entreprises	Pays	Capitalisation boursière (MUSD)	Transformer	Améliorer	Eviter
Bolloré	France	15 429	Bus électriques : BlueBus (bus électriques) ; Bluetram (trolleybus capable de se recharger à chaque station, 100 Bluetram/an en 2015 et 200 après) EV : Bluecar		Autopartage : Autolib Systèmes de logistique : IER
AP Moeller Maersk	Danemark	35 531		Navires : efficacité énergétique	Systèmes de logistique : optimisation
Deutsche Post AG	Allemagne	32 726			Systèmes de logistique : optimisation
Fleetmatix	États-Unis	1707.9			Systèmes de logistique : optimisation

4 | Bâtiments

4.1 Bâtiments et environnement

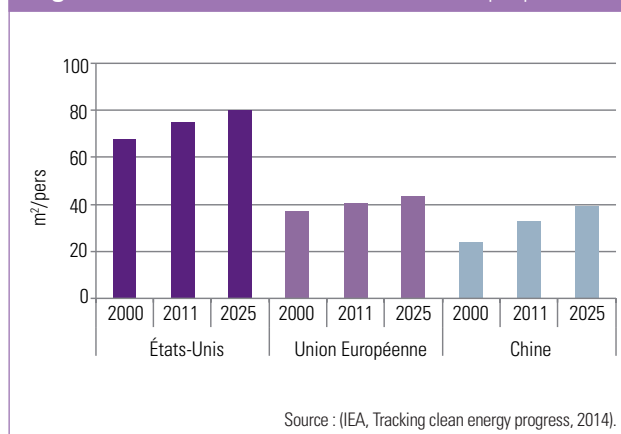
4.1.1 Les tendances du bâtiment

Le logement représente, pour les populations du monde entier, une condition essentielle d'accès à des conditions de vie dignes. Il permet de satisfaire des besoins élémentaires de sécurité, hygiène, santé, et bien-être.

Dans les pays de l'OCDE, 80 % de la population habite aujourd'hui en ville. Ce chiffre devrait continuer à légèrement croître dans les années à venir pour dépasser les 85 % en 2050. Si les problématiques d'accès au logement existent encore, le parc installé permet de loger la quasi-totalité des habitants. Les prévisions de croissance démographique tablent sur une population relativement stable sur la zone, la tendance est principalement à l'amélioration du confort, avec notamment des logements de plus en plus grands.

Le secteur constructif est clairement tourné vers les zones hors OCDE qui connaissent à la fois une hausse démographique et une croissance des zones urbaines. Hors OCDE, le taux d'urbanisation devrait passer de ~45 % actuellement à ~60 % en 2050. La concentration des populations dans ces zones confronte les États à des problématiques sanitaires, les exposant à l'augmentation du nombre de bidonvilles. En effet, en 2010, environ 1/3 de la population urbaine des pays en développement n'avait pas accès à un logement digne (UNHSP, 2010).

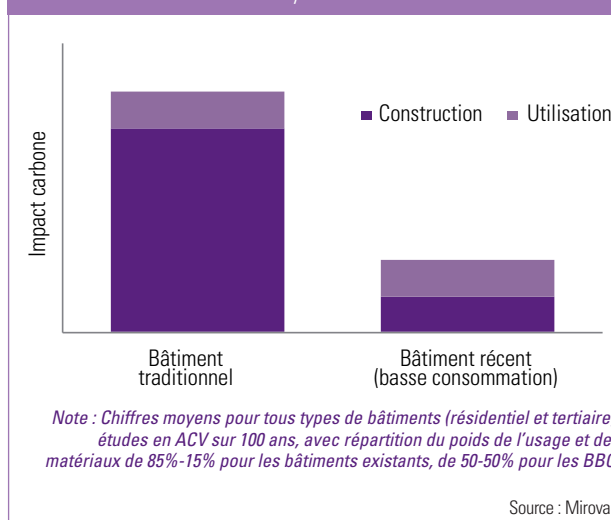
Figure 43. Évolution de la surface résidentielle par personne



4.1.2 Impacts environnementaux du bâtiment

Le secteur du bâtiment est responsable à lui seul de plus de 30 % de l'énergie totale consommée dans le monde, et de près de 20 % des émissions de GES. Toutes deux sont en constante augmentation depuis les années 1970. La demande d'énergie du secteur pourrait augmenter de 50 % d'ici à 2050 (IEA, Transition to sustainable buildings, 2013).

Figure 44. Profil d'émissions carbone de bâtiments par étape de cycle de vie



En approche cycle de vie, l'utilisation représente l'essentiel des consommations d'énergie, soit ~80 %, pour les constructions traditionnelles, encore très majoritaires au sein du stock de bâtiments existants. L'étape de construction et de fabrication des matériaux de construction ne représente qu'environ 20 % des émissions totales. Pour les bâtiments récents à basse consommation, les émissions liées à la construction sont relativement similaires à celles d'un bâtiment traditionnel.

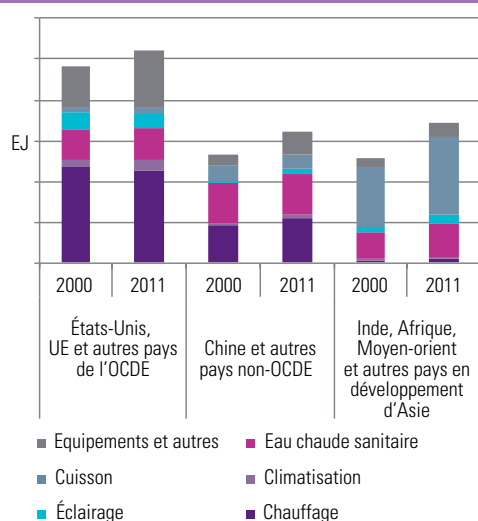
Impact de la phase utilisation

Depuis le début de l'ère industrielle jusqu'à la première crise pétrolière et aux premières réglementations thermiques, les usages d'énergie du secteur du bâtiment se sont transformés. En fonction des usages et des zones géographiques, du sous-secteur concerné, mais aussi de l'âge du bâtiment, les profils de consommations énergétiques peuvent être très différents.

Par zone géographique

Dans les pays développés, l'essentiel des consommations reste lié au confort thermique (chauffage, climatisation), même si elles ont tendance à se réduire depuis les premières réglementations thermiques. La répartition des consommations d'énergie de la Chine et des autres pays émergents converge vers des tendances similaires. Les usages restent en revanche concentrés sur la cuisson et la production d'eau chaude sanitaire dans les pays encore en développement, avec encore une forte utilisation de biomasse traditionnelle. Dans certaines régions, la cuisson et la production d'eau chaude représentent la quasi-totalité des consommations.

Figure 45. Évolution de la répartition des consommations d'énergie par usage dans les grandes régions du monde



Ainsi, les enjeux permettant de contribuer à la transition énergétique reposent à la fois sur l'optimisation de l'enveloppe des bâtiments dans les pays développés et sur l'usage d'équipements de cuisson efficaces dans les pays en développement.

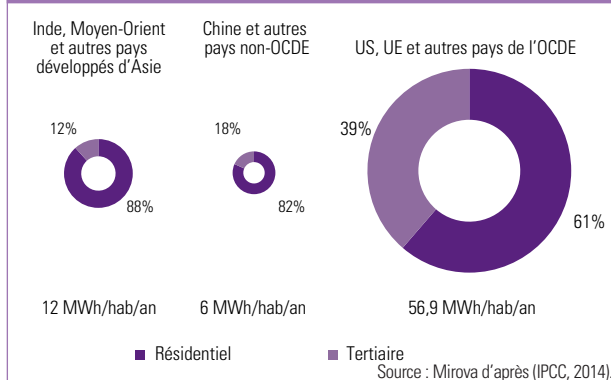
Par secteur

On distingue généralement deux types de bâtiment : le résidentiel et le tertiaire.

Le secteur résidentiel représente en moyenne 2/3 des consommations d'énergie du secteur. Si le secteur tertiaire occupe une place importante dans les pays de l'OCDE (~40 % des consommations d'énergie), il reste relativement faible dans les autres régions du monde où il représente moins de 20 % des consommations. Même si les usages tertiaires affichent des profils de consommation légèrement

différents des usages résidentiels avec un poids plus important des équipements notamment, la question du contrôle de la température intérieure reste également un sujet central pour ce type d'immeuble.

Figure 46. Énergie finale du résidentiel et tertiaire par grande région en 2010

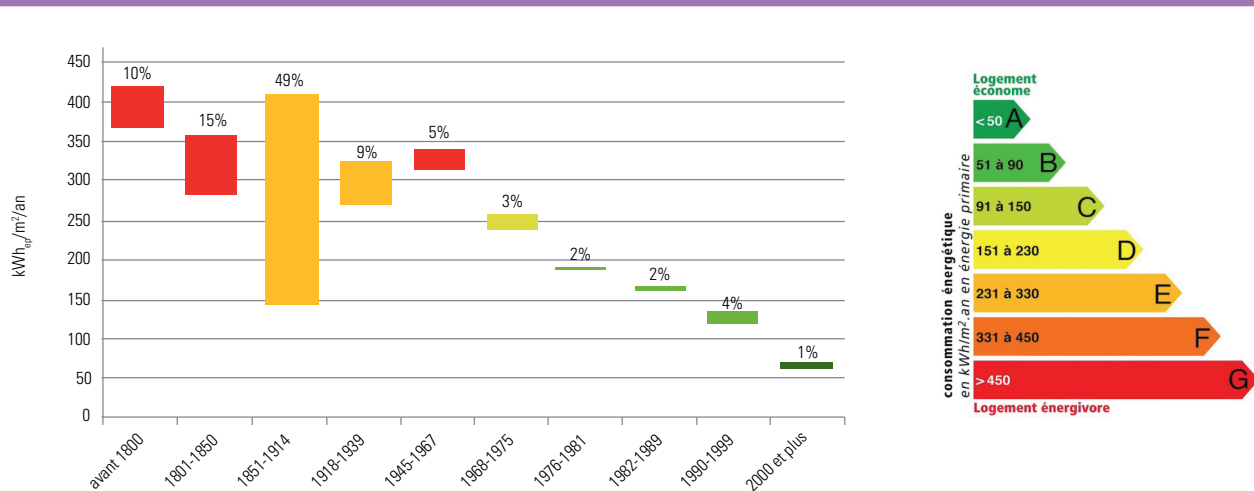


Par date de construction

L'âge des bâtiments est une variable déterminante des consommations d'énergie d'un bâtiment. A chaque période de l'histoire correspond en effet un mode constructif, un type de matériau privilégié, et donc une moyenne de consommation particulière. L'apparition de réglementations thermiques a permis de développer les savoir-faire et la demande de construction de bâtiments à moindre consommation. Ainsi, la consommation énergétique des constructions neuves a peu à peu diminué, passant de près de 400kWh/m²/an à 50kWh/m²/an. Depuis une dizaine d'années, le secteur est même capable de développer des bâtiments autonomes du point de vue énergétique.

Mais à l'échelle mondiale, le parc de bâtiments dont la durée de vie s'échelonne de 20 à 150 ans en moyenne, a majoritairement été construit sans réglementation thermique. Le graphique ci-dessous illustre la problématique de l'âge du stock de bâtiments existants et des consommations relatives à travers l'exemple de Paris où l'essentiel du parc existant construit entre 1851 et 1914 affiche en grande majorité de faibles performances énergétiques.

Figure 47. Part et consommation des bâtiments en kWh/m²/an selon leur période de construction, Paris



Impact de la construction : améliorer les pratiques des acteurs du bâtiment

Même si la phase d'utilisation concentre l'essentiel des impacts environnementaux, les impacts associés à la construction ne sont pas anecdotiques. Ces consommations sont essentiellement dues à la production des matériaux avec en première ligne le béton et l'acier qui restent les matériaux les plus largement utilisés dans le monde. L'amélioration de leur processus de production semble aujourd'hui atteindre une limite (cf. partie industrie). Ainsi, mis à part leur remplacement par des matériaux à moindre impact carbone comme le bois¹⁰, les leviers d'action sur ce pilier semblent limités.

41113 Des changements poussés par les réglementations

Les programmes d'objectifs de réduction d'émissions de GES se déclinent aujourd'hui dans le secteur du bâtiment avec des réglementations de plus en plus fortes.

Les États membres de l'Union Européenne ont été les premiers à prendre à bras le corps les objectifs de réduction des émissions de carbone en développant des approches réglementaires qui imposent aujourd'hui en moyenne 70 kWh/m²/an à la construction neuve. L'Union Européenne fait encore figure de bon élève mais depuis début 2015, les États-Unis, la Chine et l'Inde sont entrés en partenariat (APPCDC¹¹) et ont ainsi intégré un panel de directives dans leur code de construction. Celui-ci vise un encadrement de la construction neuve afin d'améliorer sa performance énergétique, apporter une réflexion sur le cycle de vie des matériaux, et intégrer la gestion de l'eau et des déchets, tout en ajoutant les dimensions sociales de confort et de qualité sanitaire. Du point de vue de l'avenir des normes, le travail d'organismes certificateurs, qui ont pu développer en Europe BEPOS, Minergie ou PassivHaus, et à l'international Net Zero Energy Building (NZeb) ouvrent la voie aux futures lois applicables à la construction et à la rénovation des bâtiments, en imposant des normes énergétiques au marché neuf et existant¹².

Néanmoins, l'essentiel des réglementations se focalise sur la construction neuve. L'atteinte des objectifs de réduction nécessitera une accélération de la rénovation encore peu traitée par les législateurs.

En parallèle des évolutions réglementaires, on voit émerger des démarches volontaires en particulier chez les « exploitants » du secteur du bâtiment : les sociétés foncières propriétaires d'une part importante de l'immobilier tertiaire, et les groupes de construction. Ces groupes tirent parti

10. Il présente en effet un avantage environnemental, puisque considéré comme « puits carbone » il n'émet que 50 kg CO₂/t, comparé aux 1,8t CO₂/t pour l'acier ou aux 100 à 150kg CO₂/t pour le béton, soit une empreinte carbone des systèmes constructifs à base de bois de 10 à 20% moins importante que les systèmes béton.

11. Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate.

12. En France, par exemple, il est question pour la RT2020 d'imposer le bâtiment à énergie positive (BEPOS) préparé par le groupe de travail RBR (Règlementation pour un Bâtiment Responsable), qui table sur l'amélioration de 15% des performances énergétiques précédentes pour le neuf. La rénovation massive devrait quant à elle débiter dès 2025, avec une rénovation énergétique obligatoire pour tous les bâtiments privés résidentiels dont la consommation est supérieure à 330 kWh/m²/an, visant à une amélioration d'une classe tous les 8 ans (selon l'étiquette énergétique du Diagnostic de Performance Énergétique A, B, C, D, E, F ou G), avec un objectif BBC Bâtiment Basse Consommation, (c'est-à-dire 50 kWh/m²/an pour le neuf, et 80 kWh/m²/an pour l'existant; et comprenant les consommations de chauffage, d'ECS, de climatisation et d'éclairage) à la 3ème ou 4ème itération (Loi Royal sur la transition énergétique du 26 mai 2015).

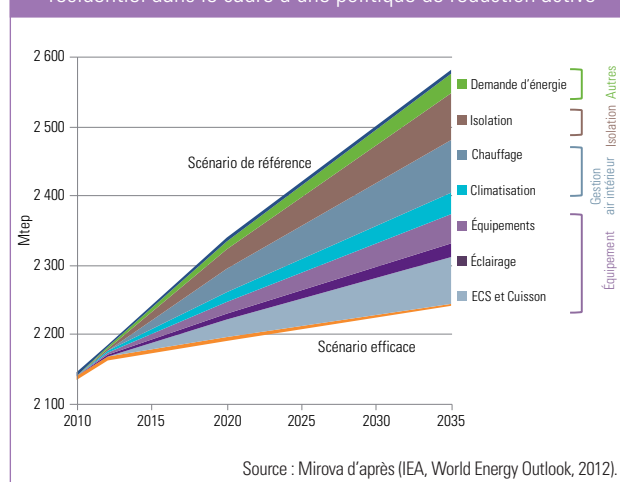
des diverses certifications environnementales telles que LEED aux États-Unis, BREEAM en Grande-Bretagne, HQE en France, Energy Star en Australie, CASBEE au Japon, HK BEAM en Chine, SB Tool au Canada et GRIHA en Inde, qui leur permettent de mettre en valeur les performances des bâtiments neufs ou existants.

41114 Quelles solutions pour rendre durable le bâtiment ?

La transition énergétique vers un secteur moins émissif repose sur l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments et des équipements neufs, ainsi que sur la transformation des bâtiments existants en engageant des rénovations sur l'ensemble de ses éléments. Ces actions reposent sur trois principales opportunités :

- isoler les bâtiments,
- rendre plus efficaces et moins émissives les technologies de gestion de l'air intérieur (chauffage et climatisation),
- améliorer l'efficacité des équipements en usage quotidien.

Figure 48. Économies d'énergie liées au secteur résidentiel dans le cadre d'une politique de réduction active



412 Améliorer l'isolation des bâtiments

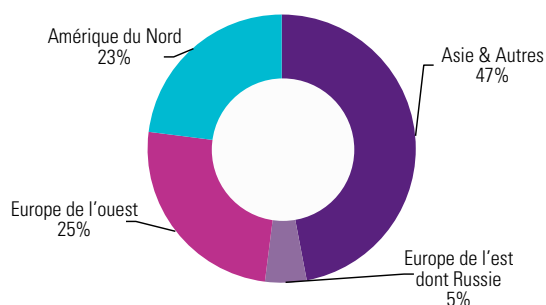
L'isolation thermique et l'étanchéité de l'enveloppe permettent d'endiguer les flux d'air avec l'extérieur, afin de conserver aussi bien la chaleur que la fraîcheur de l'espace intérieur. Les enjeux d'une isolation efficace reposent sur :

- La rupture des ponts thermiques de l'enveloppe, points de la construction où la barrière isolante est rompue (mise en œuvre discontinue de matériaux différents, comme les nez de planchers, linteaux au-dessus des fenêtres, balcons), grâce à une isolation efficace des murs (~35 % des déperditions d'énergie), de la toiture (~25 %) et du sol (~15 %),
- L'amélioration de la résistance thermique des ouvertures (~25 % des déperditions) en particulier grâce à celle des fenêtres et des portes, mais aussi grâce à une ventilation soignée (double-flux avec échange de chaleur).

4I2I1 Isolation de l'enveloppe

Les différents types d'isolation disponibles présentent des avantages variables en terme de coût, de résistance thermique ou d'énergie grise¹³, et sont dominés sur le marché par les mousses isolantes (polyuréthanes, polystyrènes, phénoliques, polyamides, vinyles, et polyéthylènes), suivies par l'isolation à base de fibre de verre et de laines minérales (verre ou roche). Parmi les isolants les moins répandus, on trouve les isolants naturels dits biosourcés (tels que le liège, les fibres végétales, laines ou plumes) ainsi que les isolants nouvelle génération (blocs monomurs en matériaux poreux, aérogels et Panneaux Isolants sous Vide ou PIV, constitués de perlite). Encore minoritaires et assez coûteux, les PIV sont 5 à 8 fois plus performants que la laine de roche ou les panneaux de mousse plastique.

Figure 49. Marché mondial de l'isolation 2013
(26 500€ milliards)



Source : Mirova d'après Rockwool.

4I2I2 Ouvertures

Le niveau actuel de résistance thermique des ouvertures, portes ou fenêtres, résulte de la résolution de multiples exigences qui ont longtemps été contradictoires : maniabilité (légèreté), sécurité (solidité), transparence ou occultation, perméabilité à l'air réduite et imperméabilité à l'eau, et isolation phonique et thermique. Après avoir longtemps été le seul matériau répondant à l'ensemble de ces conditions pour les portes, le bois a peu à peu cédé ses parts de marché au PVC, dont l'ACV est bien moins vertueuse. Quant à la capacité des fenêtres en particulier à répondre aux enjeux de transition énergétique, elle repose sur un équilibre entre une résistance thermique performante (balance entre le coefficient de transmission thermique, la transmission lumineuse et le coefficient de gain solaire), une qualité d'isolation élevée des matériaux encadrant les vitrages (bois ou PVC plutôt que métalliques), tout en disposant de systèmes de circulation de l'air extérieur (grilles d'aération).

Les derniers développements réalisés sur les vitrages actuellement sur le marché présentent des avantages importants comparé au simple vitrage, et sont adaptés au contexte climatique auquel le bâtiment est destiné.

Le double vitrage thermique fait partie des éléments bénéficiant actuellement de crédits d'impôt dans de nombreuses régions et permet de réduire les pertes de chaleur de 50 à 80 %. Étant donné le coût du triple vitrage simple, près de 80 % supérieur à celui du double vitrage, et les différences minimes de son coefficient de transmission avec ce dernier, l'application au résidentiel ancien peut-être qualifiée de sur-isolation. De plus, il est de fait plus volumineux mais aussi

— 49 —

Figure 50. Performances des différents types de vitrage

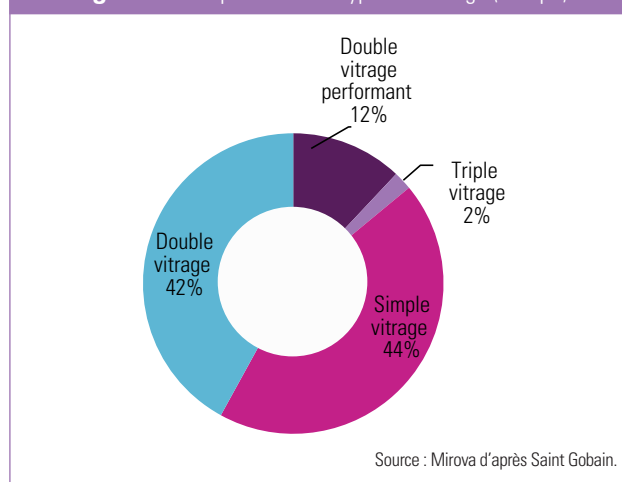
Type de vitrage		Coefficient de transmission thermique U (en W/m²K)	Transmission lumineuse %	Facteur solaire %	coefficient de gain solaire	Aspect en réflexion	Application
Simple vitrage	clair	5,8 à 6,8	90	86	0,86	neutre	Non recommandée
Double vitrage	clair	2,8	81	76	0,76	neutre	Non recommandée
	basse émissivité	1,6	70 à 80	55 à 75	0,71	neutre	Climats froids ou chauds, traitement solaire passif
	absorbant	2,8	36 à 65	46 à 67		Vert, bleu, bronze...	Climats froids
	réfléchissant	2,8	7 à 66	10 à 66	0,14 à 0,57	Métalliques, gris vert, bleu...	Climats chauds
	Revêtement basse émissivité et réfléchissant	1,6	70	55		neutre	Climats chauds et mixtes
	à l'argon, basse émissivité	1 à 1,3	70	55	0,58	neutre	Climats froids et mixtes
	à l'argon basse émissivité spectralement sélectif	1 à 1,3	71	33 à 40	0,39	neutre	Climats chaud et mixtes, orientations ouest
Triple vitrage	clair	1 à 1,9	74	68		neutre	Neuf, bâtiment passif
	Basse émissivité à l'argon	0,6 à 0,8	65 à 75	50 à 70		neutre	Neuf, bâtiment passif
	Basse émissivité (face int), à contrôle solaire (face ext), à l'argon	0,6 à 0,8	60 à 70	30 à 40		neutre	Neuf, bâtiment passif

Source : Mirova.

13. L'énergie grise correspond à l'énergie utilisée pour produire un bien

plus lourd, et n'est pas adapté aux huisseries traditionnelles qui soutiennent le poids des ouvertures. Son intérêt est réservé à une logique de limitation optimale des pertes énergétiques des bâtiments BBC, passifs ou à énergie positive.

Figure 51. Répartition des types de vitrage (Europe)



Tout comme les matériaux isolants, l'essentiel du marché repose actuellement sur la demande de construction, provenant pour 50 % de la Chine. Cette demande se répartit de façon égale entre le neuf et la rénovation.

Qu'il s'agisse des mousses, des laines ou des vitrages isolants, les besoins d'isolation créent de nouvelles opportunités pour les entreprises. À l'image du secteur du bâtiment encore très fragmenté, la chaîne de valeur de l'isolation comprend de nombreux petits acteurs et artisans. Toutefois, l'amont de la chaîne de valeur comporte un nombre significatif de sociétés de taille importante.

Figure 52. Exemples d'acteurs proposant des solutions d'isolation

Asahi Glass (Japon)
Saint-Gobain (France)
CSR LTD (Australie)
Guardian Industrie (États-Unis)
Johns Manville (États-Unis)
Kingspan Group P.L.C (Royaume Uni)
Knauf Insulation (Allemagne)
NSG Group (Japon)
Owens Corning (États-Unis)
Rockwool (Danemark)

Source : Mirova.

4I3 Quels développements pour une gestion de l'air et de l'eau plus économe ?

La gestion de l'air intérieur, chauffage et climatisation, et la production d'eau chaude sanitaire rassemblent l'essentiel des consommations d'énergie et des émissions de GES du bâtiment lors de sa phase d'exploitation. Ces usages reposent sur des systèmes communs, dont les probléma-

tiques d'efficacité énergétique et d'efficience sont au cœur des opportunités de la transition énergétique.

4I3I1 Chauffage et eau chaude sanitaire

L'essentiel du chauffage et de la production d'eau chaude sanitaire est aujourd'hui réalisé grâce :

- Au gaz avec des chaudières alimentant des chauffages à eau et le réseau d'eau chaude sanitaire. Dans les marchés développés, le gaz est la première énergie utilisée pour le chauffage.
- À l'électricité avec des radiateurs électriques (ex : convecteurs électriques) et des ballons d'eau chaude.
- Au pétrole sous forme de fioul utilisé en chaudière comme pour le gaz.

Ces systèmes affichent une efficacité globale limitée et des émissions de CO₂ importantes. Concernant le chauffage électrique traditionnel, même si la conversion d'électricité en chaleur affiche un rendement de 100 %, la production d'électricité affiche un rendement généralement de l'ordre de 30 à 40 %. De plus, la production d'électricité reste majoritairement issue des énergies fossiles. Ainsi, à l'exception des pays où la production d'électricité est fortement décarbonée, l'utilisation de ces technologies affiche un bilan environnemental largement négatif. Ce bilan global incite les régulateurs à favoriser des modes de chauffage alternatifs.

Concernant les chaudières à combustible traditionnelles, gaz ou fioul, les rendements sont généralement compris entre 60 et 85 %. L'utilisation de combustibles fossiles de manière décentralisée impliquent des émissions de CO₂ qui ne peuvent être évitées.

Il existe aujourd'hui des technologies affichant des bilans environnementaux plus positifs. Sans revoir l'architecture globale de chauffage d'un bâtiment, les chaudières à combustion traditionnelles peuvent être remplacées par des systèmes de chaudière à condensation avec des rendements proches de 100 %, car elles ont la capacité de valoriser en chaleur les fumées dégagées par la combustion en les transformant en vapeur d'eau.

L'atteinte des objectifs de réduction d'émissions nécessitera néanmoins le déploiement de technologies permettant des réductions plus importantes. En particulier, les pompes à chaleur (PAC) sont des dispositifs permettant d'« extraire » la chaleur d'une source externe (air, eau, sol). La grande majorité des pompes à chaleur fonctionnent à l'électricité mais permettent de diviser la consommation par un facteur allant de 2 à 6 selon les technologies et les usages.

En raison des contraintes d'installation, ces systèmes sont principalement destinés au neuf, aux maisons individuelles ou à de larges projets de rénovation (centres commerciaux ou bureaux). Si ces systèmes présentent l'inconvénient d'un coût important à l'installation, le coût complet est dans la plupart des cas inférieur à un système traditionnel avec un retour sur investissement compris entre 5 et 15. Les PAC

bénéficient par ailleurs dans de nombreuses régions de soutien des pouvoirs publics sous forme de prime ou de crédit d'impôt. Ces systèmes devraient qui plus est bénéficier du développement de la construction de bâtiments zéro énergie et à énergie positive, dans lesquels leur installation est indispensable afin d'atteindre les niveaux visés.

Le solaire thermique peut également jouer un rôle. Dans le cas du bâtiment, le solaire thermique peut prendre la forme de panneaux ou de tubes installés sur les toits afin de produire de l'eau chaude sanitaire. Le principal marché pour ces technologies est aujourd'hui la Chine. Contrairement au solaire photovoltaïque, il s'agit d'une technologie mature avec des coûts de production assez faibles où les principaux acteurs sont des sociétés de petite taille.

Enfin, le passage à des technologies modernes de combustion de la biomasse permettent de considérablement améliorer l'efficacité énergétique par rapport aux utilisations en foyer ouvert.

4I3I2 Systèmes de climatisation

Avec une part de plus en plus importante de consommation d'énergie globale dans le tertiaire autant que dans le résidentiel à l'échelle mondiale, le marché de la climatisation est en constante augmentation. Cette augmentation risque d'être accélérée par les effets du changement climatique.

En raison des impacts environnementaux néfastes de l'émission de fluides frigorigènes¹⁴ dans l'atmosphère, la solution la plus efficace pour réduire les émissions est d'éviter l'installation des systèmes de climatisation en préférant les systèmes naturels :

- Les systèmes de rafraîchissement par évaporation « evaporative-cooling » : principe du refroidissement évaporatif ou par voie humide, basé sur le contact direct entre l'air et l'eau de l'air à refroidir.
- Le puits provençal ou canadien (uniquement pour le résidentiel ou le tertiaire de petite surface).
- La ventilation naturelle.

Sur les systèmes traditionnels, une plus grande efficacité énergétique peut être obtenue en améliorant les systèmes de climatisation classiques, en cherchant à développer les systèmes « inverter » ou « à vitesse variable », qui jouent sur la gestion de la puissance, c'est-à-dire qui délivrent une puissance continue au lieu de fonctionner par cycles binaires. Ils permettent de réduire de 40 % les factures des utilisateurs, mais ne représentent encore qu'une part très marginale du marché, en raison de leur coût élevé (50 % plus chers que les systèmes à vitesse fixe).

Minimiser l'impact environnemental des fluides frigorigènes est le deuxième enjeu clé des systèmes de climatisation : pour les systèmes à absorption, le CO₂, le propane, l'ammoniac sont envisagés comme une alternative aux fluides

frigorigènes, mais leur l'efficacité moindre (le CO₂ est 20 % moins efficace que le R.22 et le R.410) ainsi que les risques accrus d'inflammabilité et de toxicité orientent pour l'heure les priorités de recherche vers les innovations d'amélioration des qualités de ces fluides. Le moins nocif est le R-32, un HFC qui a un pouvoir de réchauffement 30 % inférieur aux HCFC et qui permet de réduire de 10 % les consommations d'énergie.

De même que pour l'isolation, le marché des solutions de chauffage et de climatisation comprend un nombre très important de sociétés locales. Certains grands groupes sont néanmoins présents sur des technologies efficaces de gestion de l'air intérieur.

Figure 53. Exemples d'acteurs proposant des solutions efficaces de gestion de l'air intérieur

Centrotec Sustainable (Allemagne)
Daikin Industries (Japon)
Nibe Industrier (Suède)
Rinnai (Japon)
Smith Corp (Royaume Uni)

Source : Mirova.

4I4 Rendre l'usage des équipements plus économe

Une part de plus en plus significative des consommations d'énergie mondiales du bâtiment (9 % de celle du résidentiel et 32 % de celle du tertiaire) sont liées à l'utilisation des équipements. Ils comprennent les produits « bruns » (technologies de communication et d'information, télévisions, mais aussi les appareils de cuisson) et les produits « blancs » (machines à laver, réfrigérateurs, sèche-linge, congélateurs). Les avancées technologiques, et l'efficacité énergétique de ces appareils, poussées entre autre par la mise en place d'étiquettes énergie pour les appareils électroménagers, ont permis des économies importantes depuis les années 1990. Les réfrigérateurs actuels consomment seulement 20 % de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un appareil construit en 1990. L'encadrement des consommations d'énergie des équipements existants a ainsi permis des innovations en matière de l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Les principaux leviers d'amélioration reposent désormais sur l'éclairage avec de nouvelles technologies efficaces. La diffusion de technologies modernes de cuisson dans les pays en développement constitue également un enjeu étant donné l'importance des consommations associées à cet usage. Enfin, portée par l'essor des nouvelles technologies, on voit émerger une tendance à l'automatisation du bâtiment qui permettrait des réductions significatives pour le secteur.

4I4I1 Éclairage

Il existe principalement six types d'éclairages encore aujourd'hui en usage :

14. Type CFC, HCFC (progressivement interdits) et même les HFC (Hydrofluorocarbures), puisque quand bien même ils n'ont pas d'impact sur la couche d'ozone, leur pouvoir de réchauffement est toujours de 4 à près de 11 000 fois supérieur à celui du CO₂.

- Les lampes à incandescence (ampoules à filament et halogènes) principalement utilisées dans le secteur résidentiel. Ces lampes sont progressivement interdites à travers le monde.
- Les lampes à fluorescence (ampoules fluo-compactes et tubes fluorescents de types CFL et LFL), essentiellement présentes dans les secteurs industriel et commercial.
- Les lampes à décharge (HID), surtout utilisées dans le cadre de l'éclairage public.
- Les LED ou lampes à diodes électroluminescentes (Light-Emitting Diode).

Chacun de ces types d'éclairage présente des qualités variables :

Figure 54. Caractéristiques des différentes solutions d'éclairage

	Consommation	Lumen	Efficacité	Durée de vie	Rendement lumineux
Incandescence	60 Watts	900 lumens	12 à 20 lm/W	1 500 heures	1.35 mega lumen heure
halogène	35 Watts	700 lumens	18 à 25 lm/W	2 500 heures	1.80 mlm heure
fluocompacte	25 Watts	1230 lumens	60 à 100 lm/W	8 000 heures	6.6 mlm heure
CFL	15 Watts	825 lumens	55 lm/W	8 000 heures	6.6 mlm heure
LED 2012	12.5 Watts	812 lumens	65 lm/W	25 000 heures	20.3 mlm heure
LED 2017	6.1 Watts	824 lumens	134 lm/W	40 000 heures	33 mlm heure

Source : Mirova.

Les produits traditionnels représentent 80 % du marché de l'éclairage, mais le transfert de ces parts aux LED s'opère progressivement.

L'éclairage, qui représente environ 19 % de la consommation mondiale d'électricité tous secteurs confondus, devrait ainsi sensiblement voir sa part réduite dans les prochaines années grâce à l'adoption des LED qui s'imposent comme une alternative crédible aux technologies incandescentes ou fluorescentes. Elles présentent en effet de nombreux avantages.

- Des rendements bien supérieurs permettant une baisse de la consommation d'énergie.
- Une durée de vie très élevée permettant une simplification de la maintenance.
- La chute des prix a été spectaculaire et permet aujourd'hui une large diffusion de ces systèmes d'éclairage.

En ligne avec ces développements, on voit aujourd'hui émerger un nombre croissant d'acteurs positionnés sur ces solutions d'éclairage.

Figure 55. Exemples d'acteurs proposant des solutions d'éclairage LED

Acuity Brands inc. (États-Unis)
Cree (États-Unis)
Dialight (Royaume Uni)
Lucibel (France)
Zumtobel (Allemagne)

Source : Mirova.

41412 Cuisson

Au Moyen-Orient, en Afrique, en Inde et dans les autres pays peu développés d'Asie, la part de cuisson atteint 50 % de l'ensemble des consommations d'énergie du résidentiel. Cette problématique dont les enjeux sont sanitaires mais relèvent aussi de la sécurité domestique, est principalement circonscrite aux pays pour lesquels l'accès aux réseaux d'énergie est encore difficile et coûteux. Les usages reposent donc en grande partie sur la biomasse traditionnelle, système le moins efficace énergétiquement parlant dans les usages traditionnels. Ce faisant, le potentiel d'amélioration repose en grande partie sur la modification du type de carburant et le dispositif de cuisson utilisé (systèmes en foyers fermés). Or les scénarios les plus optimistes tablent sur une amélioration de l'accès des populations les plus démunies à l'énergie à 2030 (cf. Chapitre énergie). La réponse à cet enjeu de développement passe essentiellement par des programmes d'aide au développement et potentiellement l'émergence de modèles économiques innovants pour atteindre les populations les plus démunies (modèles économiques BOP : Bottom of the Pyramid).

41413 Automatisation

Le développement de systèmes de « Smart Building » permet, au travers des innovations des technologies de l'information et de la communication, de proposer des solutions de maîtrise des consommations énergétiques.

Amorcés par l'ère de la digitalisation des process existants (l'éclairage, le chauffage, les systèmes d'air conditionné) permettant d'éteindre ou d'allumer ces systèmes grâce à des capteurs, l'apparition des GTC (Gestion Technique Centralisée) ont vocation à rassembler la gestion intégrée de tous les usages d'un bâtiment, permettant à la fois une collaboration et un apprentissage des préférences spécifiques de multiples utilisateurs. Ces derniers reposent sur des « Building Management Systems » (BMS)¹⁵, qui contrôlent simplement les différents usages du bâtiment en fonction de la présence/absence des usagers. Ces BMS peuvent ainsi être complétés par des BEMS (Building Energy Management Systems) qui permettent d'analyser la performance des différents usages, alerter en cas de gaspillage, et proposer une optimisation des différents aspects : ils intègrent la gestion optimisée d'une installation à un système informatique qui rationalise l'usage des différents dispositifs monitorés grâce à des capteurs.

15. En Français, on parle de SIGE (Système Intelligent de Gestion d'Énergie), qui sont de différentes sortes : statiques, semi-statiques, ou dynamiques.

Le principe du smart building permet de réaliser jusqu'à 40 % d'économies sur la consommation d'énergie du bâtiment.

Figure 56. Potentiels d'économies réalisables grâce aux systèmes d'automatisation

Segment	Economies potentielles
Gestion de l'air intérieur	14-25%
Programmation du chauffage	7-17%
Volets	9-32%
Eclairage	25-28%
Climatisation	20-45%
Moyenne totale	11-31%

Source : Mirova d'après ABB.

Si des PME peuvent proposer certaines solutions d'automatisation aux particuliers, le développement de ces technologies à plus grande échelle nécessite des développements technologiques importants. Pour cette raison, de nombreux acteurs industriels proposent aujourd'hui des solutions de gestion intelligente du bâtiment.

Figure 57. Exemples d'acteurs proposant des solutions de «smart building»

ABB (Suisse)
Honeywell (États-Unis)
Ingersoll Rand (Irlande)
Legrand (France)
Schneider Electric (France)
Siemens (Allemagne)
Tyco (Irlande)

Source : Mirova.

4I5 Conclusion

De nombreuses technologies permettant de réduire les consommations du bâtiment existent. Les évolutions réglementaires ont permis l'émergence d'un marché de l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Néanmoins, elles doivent encore faire face à un niveau important d'inerties structurelles au secteur. Malgré une corrélation forte entre économie d'énergie et économie financière des usagers qui devrait être moteur de changement, les intérêts divergeant entre propriétaires, constructeurs et usagers, constituent un premier frein. Par ailleurs, le marché du bâtiment étant très décentralisé avec un nombre important de petites entreprises et artisans, le secteur fait face à un enjeu important de diffusion des connaissances et des meilleures pratiques. L'atteinte des objectifs de réduction passera par la capacité du régulateur et des sociétés du secteur à trouver des solutions innovantes pour répondre à ces problématiques.

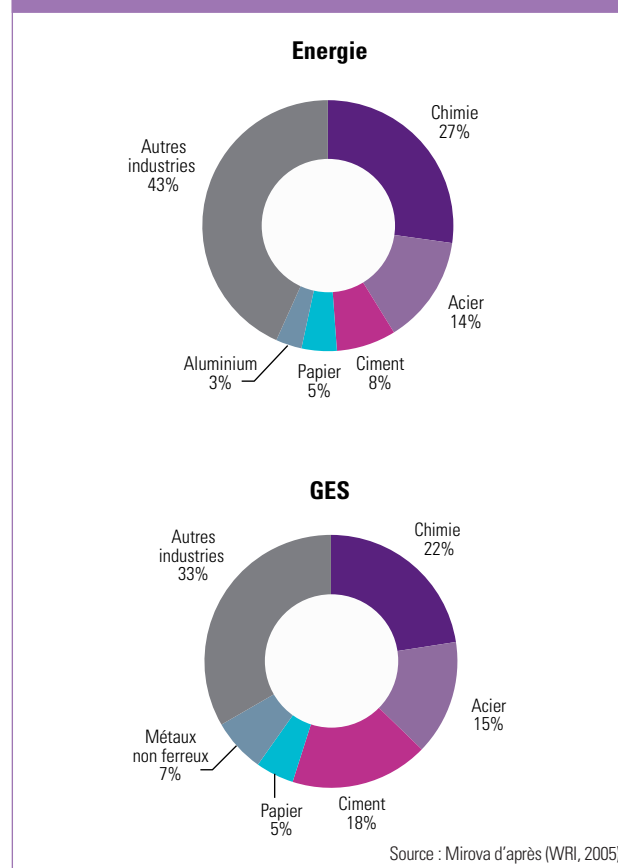
5 Industrie

5I1 Industrie, énergie et CO₂

En raison de la complexité et de la diversité des activités industrielles, il est difficile de donner une vue exhaustive du secteur. Il comprend en effet des secteurs aussi variés que l'agro-alimentaire, la fabrication de métaux, la chimie, l'automobile, le ciment, le papier... Malgré cette diversité des activités, l'essentiel des consommations d'énergie sont liées à deux types d'usage : la production de chaleur pour faire fonctionner des fours et la création de mouvements mécaniques.

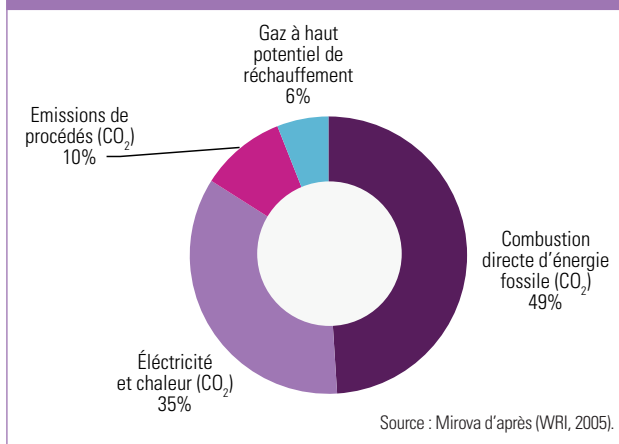
En matière de production de chaleur, la plupart des industries lourdes nécessite de chauffer à haute température afin de transformer les matières premières. Ces opérations de chauffage représentent l'essentiel des consommations d'énergie des cinq secteurs les plus consommateurs : l'industrie chimique, la production d'acier et de ciment, l'industrie papetière et l'aluminium.

Figure 58. Consommation d'énergie et de GES de l'industrie Monde



Une autre grille de lecture possible afin d'aborder les questions énergétiques dans l'industrie consiste à regarder la répartition des émissions selon le type d'énergie consommée.

Figure 59. Émissions de GES du secteur industriel par type de consommation d'énergie - Monde



Les émissions associées à la consommation d'électricité représentent plus du tiers des émissions du secteur. Par ailleurs, la part de l'électricité croît de manière constante au cours des dernières décennies, passant de 30 % au début des années 70 à près de 50 % aujourd'hui. Cette consommation électrique est essentiellement dédiée à la création de mouvement mécanique, 70 % de ces consommations d'électricité étant associées à l'usage de moteurs électriques (IEA, 2011).

Dès lors, deux axes principaux se détachent pour améliorer l'efficacité énergétique du secteur.

- Des actions ciblées sur les industries les plus consommatrices. Toutefois, le potentiel d'efficacité énergétique sur ces secteurs est limité, les industriels ayant déjà réalisé d'importants efforts d'optimisation.
- Une action trans-sectorielle via l'optimisation des consommations d'électricité. De nombreuses sociétés proposent des solutions aujourd'hui afin de répondre à cet enjeu.

5I2 Industries à fortes consommations d'énergie

5I2I1 Panorama réglementaire

D'un point de vue réglementaire, les marchés d'émissions de CO₂ sont le principal mécanisme pouvant avoir un impact sur les industries à forte consommation d'énergie.

L'Europe reste à l'heure actuelle la principale zone où un tel marché a pu avoir des implications concrètes sur les émissions. Toutefois, en raison de risque de délocalisation des industries, les premières phases d'attribution des quotas ont été très généreuses avec les secteurs concernés, n'entraînant qu'une incitation minimale à la réduction des émissions. Le système a légèrement évolué pour la nouvelle phase 2015-2019 mais des systèmes d'allocation gratuite permettent à ces industries de n'avoir qu'une contrainte limitée en matière de CO₂.

5I2I2 Produits chimiques et pétrochimiques

L'industrie chimique est complexe, produisant une large gamme de biens par divers moyens et approvisionnant presque tous les secteurs de l'économie. Néanmoins, trois catégories de produits chimiques sont responsables de presque 70 % de la consommation d'énergie du secteur : les « produits chimiques de grande valeur » (à savoir l'éthylène, le propylène et BTX), l'ammoniac et le méthanol.¹⁶

Figure 60. Contribution de l'industrie chimique à l'économie de l'Union européenne

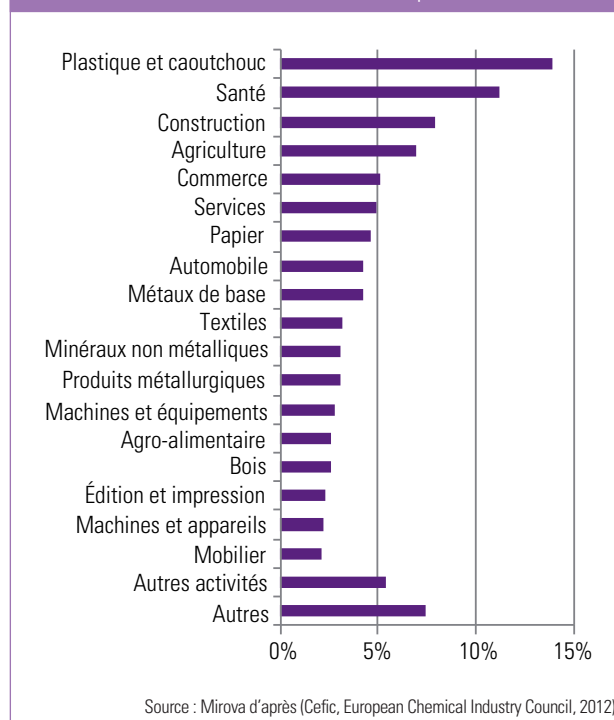
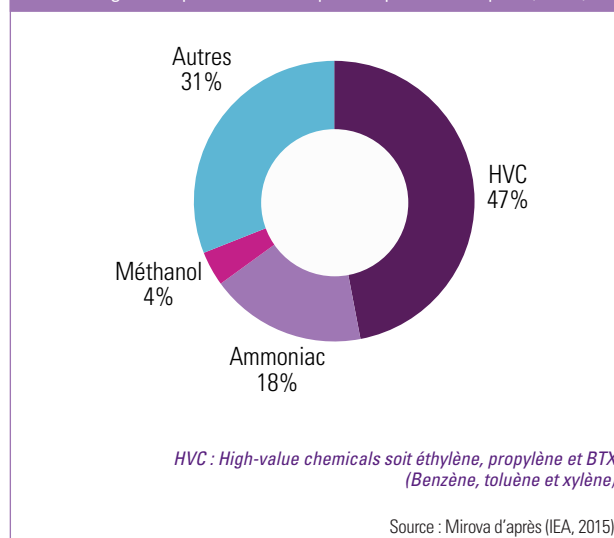


Figure 61. Décomposition mondiale de la consommation d'énergie des produits chimiques et pétrochimiques (2009)



D'un point de vue environnemental, l'industrie chimique est le secteur industriel qui consomme le plus d'énergie, représentant presque 30 % de la demande industrielle.

16. En vérité, 18 produits chimiques (parmi des milliers) sont responsables de 80 % de la demande énergétique de l'industrie chimique et de 75 % de ses émissions de GES (DECHEMA, ICCA, IEA, 2013).

Le secteur est responsable de 20 % des émissions industrielles de GES. Cette part relativement faible des émissions de GES par rapport à la consommation d'énergie est due à l'usage prédominant de l'énergie en tant que matière première (75 %). Toutefois, même si cette énergie n'est pas brûlée lors du processus de production, la plupart des produits le seront en fin de vie, émettant du CO₂. Cette part des émissions de GES serait encore plus faible sans les gaz de processus de l'industrie chimique, tels les CFC, les HFC ou le SF₆, qui sont des GES puissants.

Poussée par des besoins de réduction des coûts, l'industrie chimique a déjà fait des efforts importants de réduction de son intensité énergétique. Le procédé de production de l'ammoniac a ainsi considérablement réduit sa consommation d'énergie les dernières décennies. Plus proche de nous, on constate en Europe une division par deux de l'intensité énergétique entre 1990 et 2010.

Figure 62. Consommation énergétique de la production d'ammoniac

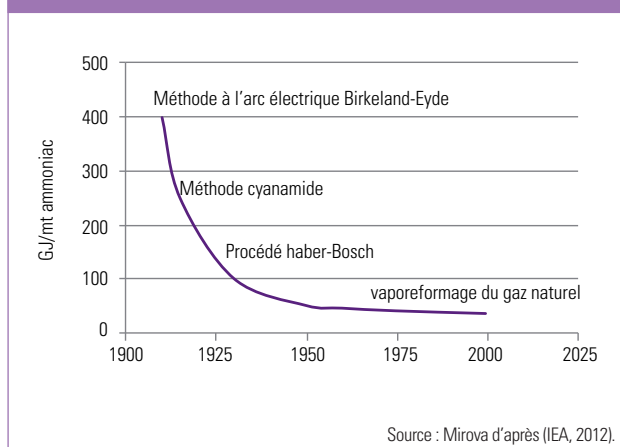
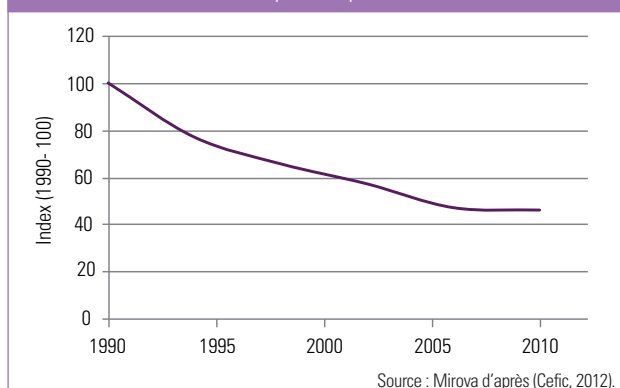


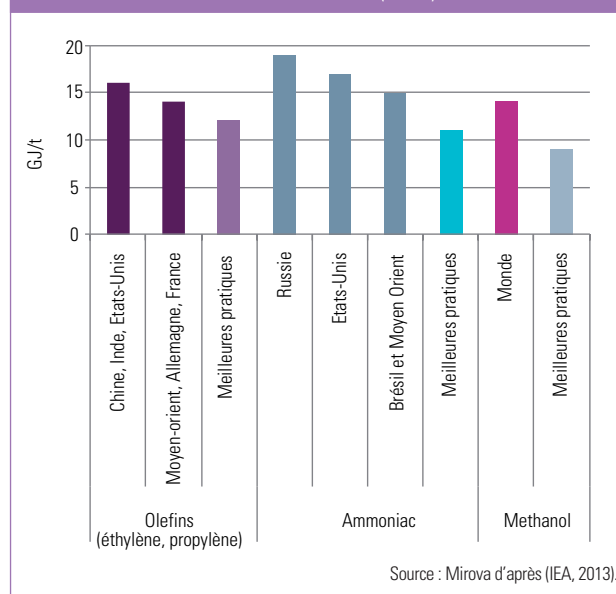
Figure 63. Intensité énergétique de l'industrie chimique européenne



Ces courbes affichent des profils asymptotiques suggérant que les processus de production sont proches d'un optimum. Toutefois, si nous considérons la variété des procédés industriels existants¹⁷ et la différence d'âge entre les usines, il existe encore des différences de performance entre les usines chimiques à travers le monde permettant d'envisager encore certaines réductions de consommations. À plus long

terme, certaines technologies de rupture comme le recours à l'hydrogène pourraient permettre des réductions d'émissions plus significatives.

Figure 64. Utilisation de l'énergie (hors matière première) dans la production de plusieurs produits chimiques à travers le monde (2010)



Pour cette industrie, il est difficile de dépasser ces constats macros, le suivi des performances des entreprises en matière d'efficacité énergétique n'étant pas possible étant donné le niveau de transparence des acteurs. En effet, les acteurs ne communiquent actuellement que leurs émissions globales sans donner les niveaux de performance par type de produit. Dès lors, l'évolution des émissions de GES des acteurs peut être autant liée à des changements de mix produit qu'à une amélioration de la performance. Néanmoins, s'agissant d'une industrie mature et relativement concentrée, il est probable que les constats macros puissent être déclinés au niveau des acteurs.

51213 Acier

L'acier est au cœur de notre économie en tant que produit clé de plusieurs industries¹⁸ :

→ **La construction.** Dans les bâtiments (~40 % du marché), l'acier est principalement utilisé pour armer le béton, pour réaliser des plaques d'acier, pour du bardage extérieur par exemple, ou des éléments de structure comme les poutres en I. En infrastructure (~15 %), les utilisations finales sont à peu près les mêmes, avec certains usages spécifiques comme la production de rails ou de tuyaux pour le pétrole, le gaz, l'eau...

→ **Le matériel industriel (~15 %).** L'acier sert à produire des équipements comme les moteurs électriques, les pylônes et les câbles. Il contribue aussi à la production d'un large éventail de machines, allant des petits outils d'atelier aux grandes machines robotiques ou aux laminaires.

17. Les 18 premiers produits chimiques de grand volume sont produits selon 130 procédés industriels différents.

18. Tous les chiffres de consommation proviennent de (Allwood, 2012).

→ **Le transport (~15 %).** L'acier est utilisé pour fabriquer des voitures, des camions, des trains.

→ **Produits métalliques.** L'acier sert aussi à produire de nombreux objets : les appareils électroménagers comme les réfrigérateurs, les machines à laver ou les fours, les emballages de produits de consommation comme les boîtes de conserve ou les bombes aérosol, du mobilier, etc.

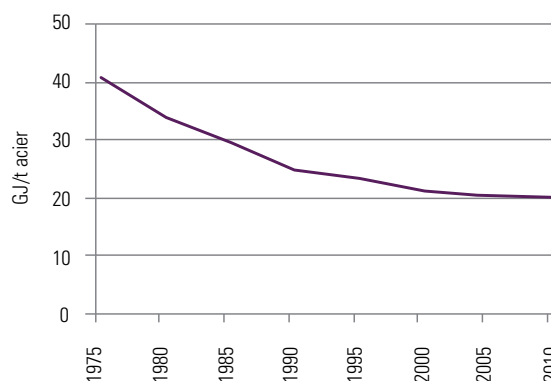
Du point de vue de la production, l'industrie sidérurgique a radicalement changé au cours des 20 dernières années. La production a doublé, avec une croissance impressionnante en Chine, qui représentait moins de 15 % de la production mondiale au début des années 90 et en représente presque la moitié aujourd'hui. On constate à l'heure actuelle un ralentissement de l'urbanisation et des projets de développement d'infrastructures permettant d'envisager un pic de production d'acier dans un proche futur. Néanmoins, la production mondiale d'acier devrait continuer à augmenter pendant plusieurs décennies, portée par la demande dans d'autres pays émergents et en particulier en Inde.

D'un point de vue environnemental, l'acier est le deuxième secteur industriel le plus consommateur d'énergie, représentant plus de 20 % des dépenses énergétiques totales. Il est aussi responsable d'environ 30 % des émissions de GES du secteur industriel. Cette part importante d'émissions de GES par rapport à la consommation d'énergie est due au fait que, au-delà des émissions de CO₂ liées à l'énergie, la transformation chimique de minerai de fer en acier implique des émissions de CO₂.

On distingue généralement la production d'acier primaire réalisée à partir de minerai de fer et de charbon de la production d'acier secondaire issu du recyclage de déchets d'acier. Si la production d'acier primaire consomme de ~20 GJ/t à plus de ~30 GJ/t selon le type d'installation, la production d'acier secondaire ne requiert qu'entre ~9 GJ/t et ~13 GJ/t d'énergie¹⁹. Développer le recyclage apparaît comme une solution simple pour réduire les émissions. Cependant, les quantités disponibles pour le recyclage ne suffisent pas actuellement à répondre à la demande croissante – notamment en ce qui concerne les pays émergents, et plus particulièrement la Chine où la disponibilité de déchets d'acier est très limitée par rapport aux pays de l'OCDE.

Ainsi, alors qu'une augmentation du recyclage restera une de priorités pour l'efficacité énergétique du secteur, d'autres mesures d'efficacité énergétique du procédé lui-même seraient nécessaires pour réduire l'intensité carbone de cette industrie. Mais d'importants progrès ont déjà été effectués et les marges de progrès supplémentaires semblent aujourd'hui assez limitées.

Figure 65. Évolution de la consommation d'énergie de la production d'acier



Source : Mirova d'après (World Steel Association, 2008).

A long terme, seul le captage et stockage de carbone (Carbon Capture and Storage – CCS) permettrait des réductions significatives d'émissions de CO₂. Néanmoins, comme l'atteste le récent échec du projet de CCS à l'usine Florange de ArcelorMittal, cette technologie a toujours besoin d'améliorations et d'un meilleur cadre réglementaire afin de se développer.

En matière d'acteurs, en ligne avec la croissance de la production de ciment en Chine, cinq des plus gros producteurs de ciment dans le monde sont aujourd'hui chinois. Les autres acteurs parmi les 10 plus gros producteurs sont essentiellement des multinationales basées en Europe.

Figure 66. Performance carbone des principaux producteurs d'acier - Monde

	Pays	CO ₂ /tonne d'acier
ArcelorMittal	Luxembourg	2,09
Nippon Steel and Sumitomo Metal Corporation	Japon	2,18
Hebei Steel Group	Chine	NC
Baosteel Group	Chine	NC
POSCO	Corée	2,03
Shagang Group	Chine	NC
Ansteel Group	Chine	NC
Wuhan Steel Group	Chine	NC
JFE Steel Corporation	Japon	2,00
Shougang Group	Chine	NC
Tata Steel Group	Inde	2,43

Source : Mirova et rapports sociétés.

19. Du point de vue physique, ces différences sont logiques. En effet, l'étape de la réduction dans le haut fourneau n'est pas nécessaire lorsqu'on se sert de la ferraille d'acier, et cette étape est la plus consommatrice d'énergie dans la production de l'acier (~75 % de la consommation totale d'énergie primaire).

La transparence sur les émissions de CO₂ est très limitée pour les acteurs chinois. Pour les autres acteurs on peut noter que les performances CO₂ sont assez proches d'un acteur à l'autre. Par ailleurs, les acteurs communiquant rarement la part d'acier primaire et d'acier secondaire dans leur mix, il est difficile d'associer à ces chiffres une notion de performance carbone.

51214 Ciment

Le ciment est l'un des matériaux les plus répandus. En tant que « liant » dans le béton et le mortier, il est utilisé presque exclusivement pour la construction de bâtiments et d'infrastructures. Le profil de la production mondiale du ciment est similaire à celui de l'industrie sidérurgique, avec une très forte croissance en Chine, dont la production a quasi quintuplé sur 20 ans et représente aujourd'hui presque 60 % de la production mondiale. Comme pour l'acier, la production du ciment en Chine devrait atteindre un pic dans un futur proche. Néanmoins, la production mondiale de ciment devrait continuer à augmenter pendant plusieurs décennies, portée par la demande croissante dans d'autres pays émergents.

D'un point de vue environnemental, l'industrie du ciment est le troisième consommateur d'énergie du secteur industriel. Elle représente environ 9 % de la consommation énergétique industrielle et environ 25 % des émissions de CO₂. Comme pour l'acier, cette part importante d'émissions de GES par rapport à la consommation d'énergie est due au fait que, au-delà des émissions de CO₂ liées à l'énergie, la transformation chimique du calcaire en ciment implique des émissions de CO₂.

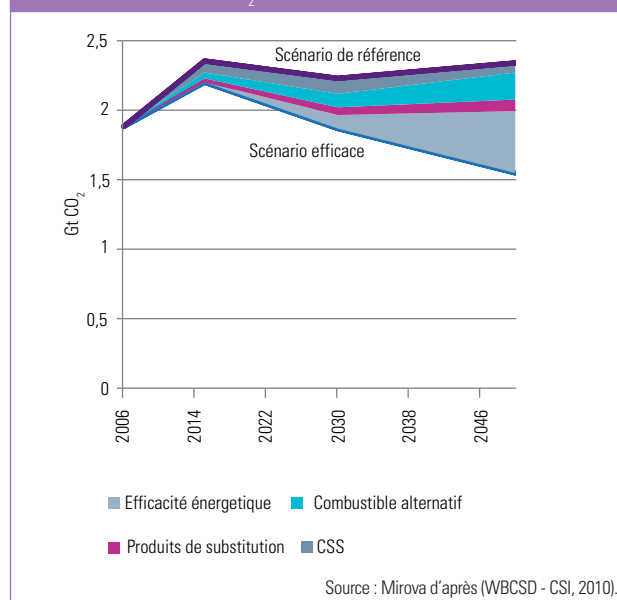
Les principales pistes afin de réduire les émissions de CO₂ de la production du ciment sont :

- L'amélioration de l'efficacité énergétique du procédé de production. Cet axe passe principalement par l'adoption des technologies de four les moins consommatrices (four par voie sèche avec préchauffage et précalcination). Toutefois, la marge de progrès sur cet axe est aujourd'hui limitée, la plupart des fours les plus inefficaces ayant déjà été fermés.
- Le recours croissant à des produits de substitution. Pour certaines utilisations, le ciment peut être remplacé par des produits affichant des propriétés similaires comme certains déchets issus de la production d'acier ou d'électricité à base de charbon (cendres volantes et laitiers). Toutefois, le gisement disponible de produits de substitution est limité. Par ailleurs, ces produits étant issus d'industries elles même très productrices de CO₂, le bilan carbone « cycle de vie » de ces substituts peut poser question.
- Le recours à des combustibles alternatifs comme la biomasse. Toutefois, comme expliqué précédemment, le bilan carbone de la biomasse prête à débat.
- La capture et le stockage de CO₂. De même que pour la production d'acier et d'électricité, le développement de cette technologie reste incertain.

Certaines initiatives visent à proposer des alternatives au ciment permettant de réduire drastiquement ses émissions. Mais aucune n'a pour l'instant réussi à démontrer sa viabilité économique.

Dès lors, les perspectives de réduction du secteur semblent relativement réduites tant qu'aucune rupture technologique n'aura été atteinte.²⁰

Figure 67. Perspectives de réduction d'émissions de CO₂ du secteur du ciment



Concernant les acteurs en ligne avec la croissance du secteur en Chine, cinq des plus gros producteurs de ciment dans le monde sont aujourd'hui chinois. Les autres acteurs parmi les 10 plus gros producteurs sont, à l'exception de Cemex, des multinationales basées en Europe.

Figure 68. Principaux producteurs de ciment - Monde

	Pays	Emissions brutes kg CO ₂ / t produits cimentiers
Anhui Conch	Chine	NC
LafargeHolcim	France/Suisse	594
CNBM	Chine	NC
HeidelbergCement	Allemagne	638
Italcementi	Italie	692
Cemex	Mexique	NC
Taiwan Cement Corp	Taiwan	653
China Resources	Chine	NC
Sinoma (China National Materials)	Chine	NC
UltraTech	Inde	NC

Source : Mirova d'après rapports sociétés.

20. Voir Mirova Quelles innovations pour une construction durable ?

En matière environnementale, il existe de fortes différences de transparence entre les grandes multinationales pour lesquelles la transparence est assez forte et les acteurs chinois pour lesquels le niveau de transparence est très faible. Concernant les acteurs occidentaux, on peut noter que les performance CO_2 sont également assez proches d'un acteur à l'autre. Les statistiques publiées par l'industrie permettent de conclure que ce constat est valable également pour les acteurs de plus petites tailles (WBCSD - CSI, 2010). Il est dès lors difficile de considérer que certains acteurs se détachent particulièrement en matière de performance carbone.

5 I3 Efficacité énergétique trans-sectorielle

Les moteurs électriques consomment à eux seuls 70 % de l'électricité consommée par le secteur industriel et méritent dès lors une attention particulière. Les moteurs électriques sont utilisés pour des applications très variées dans différentes industries. Ils sont en particulier une composante essentielle des équipements suivants :

- Pompes : gestion de l'eau et extraction de ressources pétrolières
- Ventilateurs : circulations d'air ou de gaz
- Compresseurs : systèmes de réfrigérations, d'air conditionnés, d'air comprimé, liquéfaction du gaz (GNL)
- Mouvement mécanique : outils utilisés pour laminier les métaux, concasser les pierres et autres ressources minières, extruder les plastiques, tisser, laver, sécher les textiles, mixer ou mélanger les productions alimentaires. Les moteurs électriques interviennent également dans les ascenseurs, les escalators, les convoyeurs de bien, les trains et les véhicules électriques, les robots industriels...

Le recours à des moteurs électriques dans l'industrie présente un premier avantage environnemental dans la mesure où il permet d'envisager un recours croissant aux énergies renouvelables comme source primaire d'utilisation. Au-delà de ces réductions indirectes « potentielles », il existe aujourd'hui un fort gisement de réduction des consommations d'énergie associées à l'usage de ces moteurs pour plusieurs raisons :

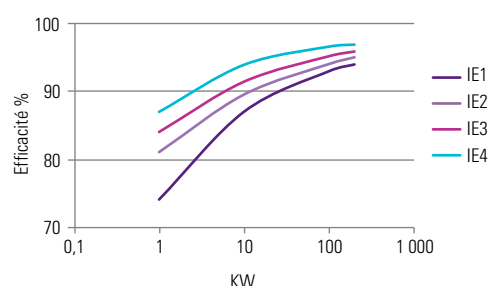
- Une forte présence de moteurs à faible efficacité dans le parc installé.
- Une part limitée des moteurs est équipée de variateurs de vitesse permettant d'ajuster la consommation des moteurs en fonction.
- Un manque d'optimisation du système complet avec notamment une part importante des moteurs utilisés surdimensionnés par rapport à l'usage.

Efficacité énergétique des moteurs

Au niveau international, on distingue 4 classes d'efficacité énergétique, de IE1 (performance standard) à IE4 (meilleure efficacité). On parle aussi parfois de IE0 pour les moteurs

les plus anciens affichant des performances inférieures aux moteurs standards.

Figure 69. Efficacité des différentes classes de moteurs selon la puissance



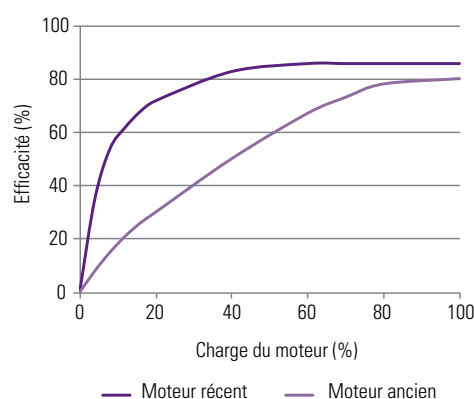
Source : Mirova d'après (IEA, 2011).

Les données publiques en matière de part de marché des différentes classes de moteurs sont relativement anciennes. On peut malgré tout noter une certaine avance des États-Unis sur l'Europe avec dans les deux cas, une montée en puissance des technologies les plus efficaces. Les données sur le marché chinois sont moins précises mais les informations communiquées par le gouvernement font état d'efficacités 3 à 5 % inférieures aux moteurs occidentaux. En extrapolant les tendances de marché et étant donné la durée de vie des moteurs comprise en théorie entre 10 et 20 ans mais souvent étendues à des durées supérieures (Conrad U. Brunner, 2013), on peut déduire que le potentiel de déploiement de technologies plus efficaces sur les moteurs électriques est encore important.

Variateurs de vitesse

Étant données leurs caractéristiques techniques, la plupart des moteurs électriques affichent de mauvaises performances énergétiques si le moteur n'est utilisé qu'avec une charge très faible par rapport à sa puissance nominale. Cette problématique est particulièrement criante pour les moteurs les plus anciens qui voient leur efficacité chuter dès que la charge passe sous les 75 %. Même pour les moteurs les plus récents, les performances chutent radicalement en cas d'utilisation en dessous de 50 % de la puissance nominale.

Figure 70. Rapport entre l'efficacité énergétique et la charge d'un moteur électrique



Source : Mirova d'après (Anibal T. de Almeida, 2008 ; IEA, 2011).

Cette spécificité implique d'adapter le choix du moteur au plus près du besoin. Néanmoins, de nombreuses utilisations impliquent des charges variables : pour un convoyeur, la puissance délivrée par un moteur sera par exemple différente en fonction de la charge transportée, pour une pompe, la puissance variera en fonction du débit qui peut être variable dans certaines applications.

Afin d'éviter des pertes de rendement pour ces usages, il est possible d'adjoindre au moteur un équipement électronique appelé variateur de vitesse permettant d'optimiser la consommation du moteur en fonction de l'application. Les économies associées à l'usage des variateurs de vitesses varient fortement d'une application à l'autre. Sur des applications comme les pompes, les systèmes de ventilations ou les compresseurs, la réduction peut aller jusqu'à une division par deux des consommations d'énergie.

Aujourd'hui, les variateurs de vitesse sont utilisés sur 30 à 40 % des moteurs vendus. De même que pour les technologies de moteurs, étant donnée la durée de vie des moteurs, il existe encore un potentiel important de déploiement.

Optimisation du système

Au-delà des optimisations liées directement au moteur, des actions sur le système dans lequel est intégré le moteur permettent d'envisager des réductions supplémentaires en matière de consommation (IEA, 2007).

- Mettre en place des systèmes d'arrêt afin d'éviter les périodes de veille des machines qui consomment de l'énergie.
- Éviter les rapides montées en charge ou arrêt des équipements.
- Éviter les longues périodes de surcharge des moteurs.
- Assurer la maintenance des équipements.

Enfin, le moteur s'inscrit systématiquement dans un équipement plus général pour lequel il convient d'assurer l'efficacité globale (réduction des forces de frottement, optimisation du process de production...). Le suivi de l'ensemble de ces paramètres nécessite des expertises techniques assez avancées, ouvrant la voie à un recours croissant à des capteurs, des systèmes d'informations plus avancés et des offres de services dédiées en audit / conseil énergétique.

Comme le montrent les différentes utilisations possibles, si ces moteurs sont principalement utilisés dans l'industrie, ils sont également utilisés dans le secteur du bâtiment, dans la production de biens de consommations et dans une moindre mesure dans les transports. Les efforts d'optimisation sur ces consommations dépassent donc le seul secteur de l'industrie.

Le développement de ces technologies est aujourd'hui encouragé par des réglementations renforcées dans les principales zones de consommation.

États-Unis

Les États-Unis ont été largement précurseurs puisque des standards de consommation énergétique sont apparus dès

1992 à travers le « EPAAct motors » permettant de labéliser les différentes classes d'efficacité énergétique des moteurs. Dès 1997, le gouvernement a rendu obligatoire l'application d'un niveau minimum d'efficacité énergétique. Cette réglementation a permis de faire émerger les moteurs de type IE2. En 2005 puis en 2007, les standards ont été renforcés afin d'encourager les développements des moteurs de type IE3. Cette réglementation permet aux États-Unis d'afficher les meilleures performances énergétiques sur ce sujet.

Europe

En Europe, un accord volontaire des fabricants de moteurs est apparu en 1998 afin de proposer une classification des moteurs selon un standard d'efficacité énergétique. Il aura fallu attendre 2009 pour voir apparaître le règlement 640/2009 de la commission européenne qui fixe les standards suivants :

- Juin 2011 : les moteurs vendus doivent atteindre le standard IE2
- Janvier 2015 : les moteurs de moyenne puissance (7.5-375kW) vendus doivent atteindre le standard IE3 ou IE2 avec un variateur de vitesse
- Janvier 2017 : tous les moteurs vendus (0.75-375kW) doivent atteindre le standard IE3 ou IE2 avec un variateur de vitesse

Chine

En 2000, la Chine avait mentionné un objectif qualitatif encourageant l'adoption de politiques d'efficacité énergétique sur les équipements utilisant des moteurs électriques inefficaces. Cet objectif qualitatif a été réitéré en 2006 préconisant l'accélération de l'élimination des moteurs les moins performants et l'adoption de variateurs de vitesse et d'autres mesures d'économie d'énergie. Le 11^{ème} plan quinquennal (2006-2010) a fixé un objectif d'amélioration de 2 % de l'efficacité énergétique des moteurs. Le 12^{ème} plan quinquennal ré-insiste sur ces problématiques d'optimisation des moteurs afin d'atteindre les objectifs globaux d'améliorations de l'efficacité énergétique.

Ces développements constituent un axe de croissance pour les acteurs du secteur présents sur ces technologies de réduction des émissions. Les principaux acteurs présents sur ces technologies restent aujourd'hui majoritairement des acteurs occidentaux :

Figure 71. Principaux acteurs proposant des technologies de réduction des consommations d'énergie du secteur industriel

Moteurs efficaces	Acteurs diversifiés
ABB (Suisse)	Danaher (US)
Schneider Electric (France)	Philips (Pays-Bas)
Emerson Electric (US)	Mersen (France)
Eaton (US/Irlande)	American superconductor (US)
Teco (Taïwan)	Halma (Royaume-Uni)
Rockwell Automation (US)	Spirax-sarco (Royaume-Uni)
WEG S.A. (Brésil)	Siemens (Allemagne)
IMI (Royaume-Uni)	Ingersoll Rand (Irlande)
	Wartsila (Finlande)

Source : Mirova.

CONCLUSION

Si de nombreux défis restent encore à relever, la transition vers une économie bas carbone est initiée. La prise de conscience des enjeux environnementaux a progressivement poussé les législateurs à faire évoluer les cadres réglementaires, encourageant la recherche vers des technologies plus propres. De nombreuses solutions sont aujourd'hui déjà à échelle industrielle et l'innovation contribuera à accélérer ce processus de transformations. Pour les entreprises, ces changements sont aussi bien porteurs d'opportunités et de risques nouveaux. Les énergies renouvelables et les solutions d'efficacité énergétique connaissent une très forte croissance. Inversement, le charbon est déjà soumis à une pression croissante partout

dans le monde : qu'il s'agisse des investissements miniers ou des centrales électriques, les acteurs sont aujourd'hui touchés par la problématique des « Stranded Assets ».

La lutte contre le changement climatique implique une accélération de ces transformations à une échelle globale. Les investisseurs ayant suffisamment intégré ce nouveau paradigme pourront opter pour des stratégies d'investissement actives, en allouant leurs capitaux aux projets et entreprises offrant des solutions en matière de transition. Ces investissements contribueront à la croissance des entreprises positionnées sur ces technologies, participant ainsi à la transformation de notre modèle économique.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Émissions de gaz à effet de serre par secteur	9	Figure 15. Projections à 2040 de la demande en énergie	25	d'énergie par usage dans les grandes régions du monde	
Évolution des consommations d'énergie Monde, 1965 - 2014	9	par type de combustible (IEA, Exxon, GWEC/EREC/Greenpeace)		Figure 46. Énergie finale du résidentiel et tertiaire	47
Consommation d'énergie primaire par habitant	10	Figure 16. Consommation directe vs. consommation électrique	26	par grande région en 2010	
Réserves fossiles et contrainte carbone	10	Figure 17. Investissements par type d'énergie (2000 - 2012)	26	Figure 47. Part et consommation des bâtiments en kWh/m²/an	47
Évolution du mix électrique dans un scénario 2°C	11	Figure 18. Évolution du mix électrique dans un scénario 2°C	26	selon leur période de construction, Paris	
Évolution du coût de production d'un module solaire	11	Figure 19. Installation nette d'éoliennes par région	27	Figure 48. Économies d'énergie liées au secteur	48
Évolution de la production d'électricité solaire	11	Figure 20. Évolution du prix de production	27	résidentiel dans le cadre d'une politique de réduction active	
et éolienne par date d'installation dans un scénario 2°C		de l'électricité éolien - Danemark 1980-2000		Figure 49. Marché mondial de l'isolation 2013	49
Principaux fournisseurs d'équipements solaire / éolien	11	Figure 21. Estimation du prix de production	27	Figure 50. Performances des différents types de vitrage	49
Évolution de la production d'électricité solaire	12	de l'électricité éolien vs charbon et gaz CCGT 2013-2025		Figure 51. Répartition des types de vitrage (Europe)	50
et éolienne par date d'installation dans un scénario 2°C		Figure 22. Projection de consommation d'énergie éolienne	27	Figure 52. Exemples d'acteurs proposant	50
Historique d'évolution des modes de déplacements	12	dans un scénario 2°C		des solutions d'isolation	
Potential de réduction de CO ₂ dans la mobilité	13	Figure 23. Principaux acteurs de l'énergie éolienne	28	Figure 53. Exemples d'acteurs proposant des solutions	51
Développement du marché du véhicule électrique	13	Figure 24. Répartition onshore/offshore des installations	28	efficaces de gestion de l'air intérieur	
Évolution du stock de véhicules dans un scénario 2°C	13	éoliennes annuelles		Figure 54. Caractéristiques des différentes solutions	52
Émissions de GES par mode de transport	14	Figure 25. Installation nette solaire PV par région	28	d'éclairage	
Exemples d'entreprises proposant des solutions	14	Figure 26. Évolution du coût de production	28	Figure 55. Exemples d'acteurs proposant des solutions	52
en matière de mobilité durable		d'un module solaire 1976-2013		d'éclairage LED	
Évolution de la taille des logements par personne	14	Figure 27. Estimation d'évolution des coûts	29	Figure 56. Potentiels d'économies réalisables grâce	53
Économies d'énergie liées au secteur	15	de production solaire		aux systèmes d'automatisme	
résidentiel dans le cadre d'une politique de réduction active		Figure 28. Principales sociétés solaires	29	Figure 57. Exemples d'acteurs proposant des solutions	53
Exemples d'entreprises proposant des solutions	15	Figure 29. Évolution de la production hydraulique par région	29	de « smart building »	
en matière de bâtiments verts		1965-2015		Figure 58. Consommation d'énergie et de GES	53
Émissions de GES de l'industrie - Monde	15	Figure 30. Développement de la production d'électricité	29	de l'industrie Monde	
Profil type d'évolution des consommations d'énergie	16	hydraulique par région dans un scénario 2°C par date d'installation		Figure 59. Émissions de GES du secteur industriel par type	54
dans les industries lourdes - Acier		Figure 31. Principaux équipementiers hydro	30	de consommation d'énergie - Monde	
Exemples d'entreprises proposant des solutions d'efficacité	16	Figure 32. Intensité carbone des principaux producteurs	32	Figure 60. Contribution de l'industrie chimique	54
énergétique dans l'industrie		d'électricité en Europe		à l'économie de l'Union européenne	
Figure 1. Émissions de gaz à effet de serre par secteur 2010	18	Figure 33. Historique d'évolution des modes de déplacements	33	Figure 61. Décomposition mondiale de la consommation	54
Figure 2. Consommation mondiale d'énergie primaire 2012	19	Figure 34. Consommation énergétique et émissions de gaz	33	d'énergie des produits chimiques et pétrochimiques (2009)	
Figure 3. Émissions de CO ₂ énergie par type de source 2012	19	à effet de serre des transports (2012)		Figure 62. Consommation énergétique de la production	55
Figure 4. Répartition des principaux usages	19	Figure 35. Évolution de la répartition	34	d'ammoniac	
des combustibles fossiles et non-fossiles - Monde 2012		de la consommation mondiale d'énergie par mode de transport		Figure 63. Intensité énergétique de l'industrie	55
Figure 5. Évolution des consommations d'énergie	20	Figure 36. Économies d'émissions de gaz à effet de serre	34	chimique européenne	
Monde, 1965 - 2014		liées à la mobilité dans le cadre d'une politique de réduction active		Figure 64. Utilisation de l'énergie (hors matière première)	55
Figure 6. Répartition des consommations d'énergie	20	Figure 37. Bilan carbone du véhicule électrique du puits	35	dans la production de plusieurs produits chimiques à travers	
primaire par secteur - Monde, 2012		à la roue sur les principales zones de ventes (2014)		le monde (2010)	
Figure 7. Consommation d'énergie primaire par secteur	20	Figure 38. Évolution du marché des véhicules électriques	35	Figure 65. Évolution de la consommation	56
Monde, 1970-2012		et stock en circulation d'ici 2050 pour atteindre les objectifs		d'énergie de la production d'acier	
Figure 8. Distribution du contenu carbone des réserves	21	climatiques		Figure 66. Performance carbone des principaux	56
prouvées et des ressources ultimes d'hydrocarbures		Figure 39. Réglementations sur les émissions de CO ₂ des	38	producteurs d'acier - Monde	
Figure 9. Décomposition du calcul des	21	véhicules particuliers		Figure 67. Perspectives de réduction d'émissions	57
émissions de gaz à effet de serre (GES)		Figure 40. Potentiel de réduction d'émissions de CO ₂	38	de CO ₂ du secteur du ciment	
Figure 10. Consommation d'énergie primaire par habitant	21	permissibles sur les véhicules thermiques		Figure 68. Principaux producteurs de ciment - Monde	57
Figure 11. Évolution de l'intensité carbone de l'énergie Monde,	22	Figure 41. Leviers technologiques dans l'industrie aérienne	40	Figure 69. Efficacité des différentes classes	58
Figure 12. Principales étapes des négociations internationales	23	Figure 42. Émissions de CO ₂ directes pour	40	de moteurs selon la puissance	
sur le climat		le transport de personnes et pour le transport de biens (2010)		Figure 70. Rapport entre l'efficacité énergétique	58
Figure 13. Répartition des émissions de gaz à effet	24	Figure 43. Évolution de la surface résidentielle par personne	46	et la charge d'un moteur électrique	
de serre par région		Figure 44. Profil d'émissions carbone de bâtiments	46	Figure 71. Principaux acteurs proposant des technologies	59
Figure 14. Engagements européens en matière	24	par étape de cycle de vie		de réduction des consommations d'énergie du secteur industriel	
de réchauffement climatique		Figure 45. Évolution de la répartition des consommations	47		

BIBLIOGRAPHIE

ADEME. (2010). *Guide des facteurs d'émissions*. Récupéré sur http://23dd.fr/images/stories/Documents/PV/Ademe_Metro_Chapitre_2_Energie.pdf

ADEME. (2014, Janvier). *Optimiser ses déplacements*. Récupéré sur https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/20140418_Guide-Optimiser-ses-deplacements.pdf

Anibal T. de Almeida, F. J. (2008). Récupéré sur http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Produktgruppen/Lots/Final_Documents/Lot11_Motors_FinalReport.pdf

APUR. (2007). *Consommations d'énergie et émissions de GES liées au chauffage des résidences principales parisiennes*. Récupéré sur <http://www.apur.org/sites/default/files/documents/246.pdf>

Banque Mondiale. (2014). *Data - Population, total*. Récupéré sur <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.POP.TOTL>

Boitier. (2012). *CO₂ emissions production-based accounting vs consumption: Insights from the WIOD databases*. Récupéré sur http://www.wiod.org/conferences/groningen/paper_Boitier.pdf

BP. (2015). *Statistical Review of World Energy*. Récupéré sur <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Cefic, European Chemical Industry Council. (2012). *Facts and Figures 2012 - The European chemicals industry in a worldwide perspective*. Récupéré sur <http://www.cefic.org/Documents/FactsAndFigures/2012/Facts-and-Figures-2012-The-Brochure.pdf>

Conrad U. Brunner, R. W. (2013). *Market Transformation Program for Electric Motor Systems - Global progress report and outlook*. Récupéré sur https://www.motorsystems.org/files/otherfiles/0000/0158/086_paper_brunner.pdf

Dargay, J., Gately, D., & Sommer, M. (2007, Janvier). *Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030*. Récupéré sur http://www.econ.nyu.edu/dept/courses/gately/DGS_Vehicle%20Ownership_2007.pdf

Geelings, H., Shiftan, Y., & Stead, D. (2012). *Transition towards sustainable mobility*. Récupéré sur http://samples.sainsburysebooks.co.uk/9781409424703_sample_948935.pdf

GWEC, ENERC, Greenpeace. (2012). *The Energy [R]evolution 2012*. Récupéré sur <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/energyrevolution/>

IATA. (2015, Juin). *Fact Sheet : Climate Change*. Récupéré sur <https://www.iata.org/policy/environment/Documents/iata-factsheet-climatechange.pdf>

IATA. (2015, Juin). *Fact Sheet: Technology Roadmap for Environmental Improvement*. Récupéré sur https://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/Documents/fact-sheet-aviation-technology.pdf

ICCT. (2011, juillet). *Reducing greenhouse gas emissions from ships*. Récupéré sur http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_GHGfromships_jun2011.pdf

ICCT. (2014, Novembre 11). *Global passenger vehicle standards*. Récupéré sur <http://www.theicct.org/info-tools/global-passenger-vehicle-standards>

IEA. (2007). *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions*. Récupéré sur http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/tracking_emissions.pdf

IEA. (2010). *Renewable Energy Essentials: Geothermal*. Récupéré sur https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_Essentials.pdf

IEA. (2011). *Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems*. Récupéré sur https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EE_for_ElectricSystems.pdf

IEA. (2011). *World Energy Outlook 2010*

IEA. (2012). *The Past and Future Cost of Wind Energy*. Récupéré sur https://www.ieawind.org/index_page_postings/WP2_task26.pdf

IEA. (2012). *World Energy Outlook*. Récupéré sur http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2012_free.pdf

IEA. (2013). *Technology Roadmap - chemicals-*

IEA. (2013). *Tracking Clean Energy Progress 2013*. Récupéré sur http://www.iea.org/publications/TCEP_web.pdf

IEA. (2013). *Transition to sustainable buildings*. Récupéré sur <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transition-to-sustainable-buildings.html>

IEA. (2014). *IEA Statistics*. Récupéré sur <http://www.iea.org/statistics/>

IEA. (2014). *Solar Heat Worldwide*. Récupéré sur <http://www.iea-shc.org/solar-heat-worldwide>

IEA. (2014). *Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy*. Récupéré sur https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf

IEA. (2014). *Tracking clean energy progress*. Récupéré sur http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Tracking_clean_energy_progress_2014.pdf

IEA. (2014). *World Energy Investment Outlook*. Récupéré sur <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEIO2014.pdf>

IEA. (2015). *Energy Technology Perspectives 2015*. Récupéré sur <http://www.iea.org/etp/etp2015/>

IEA. (2015). *World Energy Outlook 2014*. Récupéré sur <http://www.iea.org/publications/weo-2014>

IFMO. (2012, Novembre). *Men shape a downward trend in car use among young adults - evidence from six industrialized countries*. Récupéré sur http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/international/tucd/tucd-1/7_publications/buehler-transport/Men_shape_downward_trend_in_car_use_among_young_adults.pdf

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Récupéré sur http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf

IPCC. (2014). *Climate Change 2014 - Synthesis Report*. Récupéré sur http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

OECD. (2013). *Developing Infrastructure for alternative transport fuels and power-trains to 2020/2030/2050*. Récupéré sur <http://www.oecd.org/futures/synthesisreport.pdf>

OECD/IEA. (2013). *CO₂ emissions from fuel combustion - Highlights*. Récupéré sur http://dx.doi.org/10.1787/co2_fuel-2013-en

OECD/IEA. (2015). *Global EV outlook 2015*. Récupéré sur http://www.iea.org/evi/Global-EV-Outlook-2015-Update_2page.pdf

OECD/IEA. (2015). *Global EV outlook 2015 - key takeaways*. Récupéré sur http://www.iea.org/evi/Global-EV-Outlook-2015-Update_2page.pdf

OECD/IEA. (2015, mai 4). *Insights emerging from the 2015 Global EV Outlook (IEA)*. Récupéré sur <https://www.iea.org/media/workshops/2015/towardsaglobalevmarket/A.0IEA.pdf>

OECD/IEA. (2015). *Transport*. Récupéré sur <https://www.iea.org/aboutus/faqs/transport/>

OECD/IEA. (2012). *Energy Technology Perspectives 2012*. Récupéré sur https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ETP2012_free.pdf

OECD/IEA. (2015). *Global EV Outlook 2015*. Récupéré sur http://www.iea.org/evi/Global-EV-Outlook-2015-Update_1page.pdf

OECD/IEA. (2015). *Tracking Clean Energy Progress 2015*. Récupéré sur http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Tracking_Clean_Energy_Progress_2015.pdf

ICCT. (2012). *Global Transportation Energy and Climate Roadmap*. Récupéré sur <http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT%20Roadmap%20Energy%20Report.pdf>

State Smart Transportation Initiative. (2015, mars 16). *For the first time in a decade, U.S. per capita highway travel ticks up*. Récupéré sur <http://www.ssti.us/2015/03/for-the-first-time-in-a-decade-u-s-per-capita-highway-travel-ticks-up/>

Stern, N. e. (June 2015). *China's «new normal» : structural change, better growth, and peak emissions*. London School of Economics.

UNHSP. (2010). *The Challenge of Slums : Global Report on Human Settlements 2010*. Récupéré sur <http://unhabitat.org/books/the-challenge-of-slums-global-report-on-human-settlements-2003/>

United Nations, D. o. (2015). *2015 Revision of World Population Prospects*. Récupéré sur <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

WBCSD - CSI. (2010). *Cement roadmap targets*. Récupéré sur http://www.wbcscement.org/pdf/technology/WBCSD-IEA_Cement%20Roadmap_centre_spread_actual_size.pdf

World Steel Association. (2008). *Steel and energy Steel and energy*. Récupéré sur http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Energy/document/Fact%20sheet_Energy.pdf

WRI. (2005). *Navigating the Numbers*. Récupéré sur http://pdf.wri.org/navigating_numbers.pdf

AGIR

Quelles stratégies d'investissement pour financer une économie bas carbone ?

Mirova, filiale de Natixis Asset Management dédiée à l'investissement responsable, propose une gestion engagée, visant à relier création de valeur et développement durable. Un monde d'opportunités s'ouvre pour investir dans et pour le climat. L'objet de ce chapitre est de présenter les potentiels des marchés actions, obligataires et infrastructures pour financer une économie bas carbone.

— 63 —

ACTION COTÉES : une gestion thématique engagée	64
TAUX : les green bonds, un lien direct entre financement et projets	78
INFRASTRUCTURES : les fonds EnR, une allocation 100 % bas carbone	83

* Responsible investing : investir responsable.

ACTIONS COTÉES

UNE GESTION THÉMATIQUE ENGAGÉE

Léa Dunand-Chatellet

Directrice de la Gestion Actions

Clotilde Basselier

Gérante de portefeuille



TABLE DES MATIÈRES

11 Vue Macro	65	213 Stratégie à impact carbone optimisé :	
111 Présentation générale	65	transition énergétique et diversification	72
112 Caractéristiques des univers	66	31 Investir dans la Transition énergétique	73
11211 Impact fort : 40 % du MSCI World	66	311 Panorama détaillé de l'univers	73
11212 Impact limité : 60 % du MSCI World	69	312 L'influence des réglementations	
21 Plusieurs stratégies d'investissement pour jouer		au sein de l'univers	74
la transition énergétique	71	313 Éléments de valorisation de l'univers	75
211 Stratégie à impact carbone positif :		314 Quel impact du prix du pétrole sur	
100 % renouvelables	71	la performance des thématiques ?	76
212 Stratégie à impact carbone fort :			
100 % transition énergétique	71		

Peut-on financer la transition énergétique à travers les actions cotées ?

Au regard des enjeux décrits précédemment, il nous paraît incontournable de décrire les opportunités et les risques liés aux enjeux de la transition énergétique pour la classe d'actifs actions. Cette partie a donc pour objectif de répondre à plusieurs questions :

- Quel est le niveau d'exposition des actions à la thématique transition énergétique ?
- Peut-on diminuer les émissions carbone d'un portefeuille sans prendre de risque marché important ?
- Est-il possible d'avoir différentes stratégies d'investissement avec différents niveaux d'impact carbone ?
- Quelle stratégie d'investissement en actions est optimale pour financer la transition énergétique ?
- Quelle est la valeur ajoutée de l'analyse fondamentale pour appréhender au mieux cette problématique ?

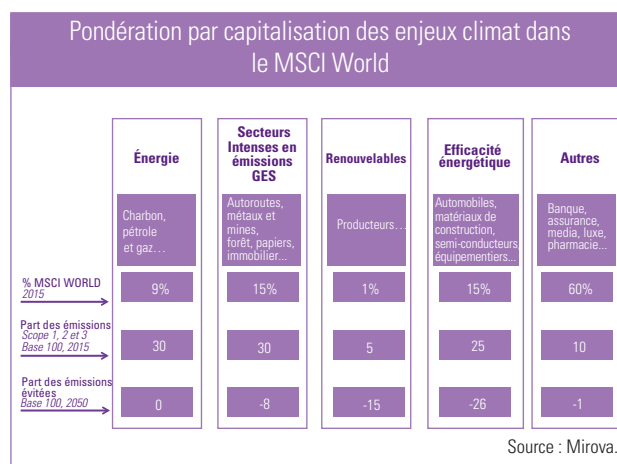
1 | Vue Macro

111 Présentation générale

Pour bien comprendre les enjeux de la transition énergétique en matière d'investissement actions, nous avons volontairement caricaturé l'univers des actions cotées. Cette analyse en grandes masses est un exercice simple et robuste pour montrer que les classifications habituelles ne sont pas adaptées pour comprendre cette thématique. Avant d'aller plus loin il faut donc comprendre la répartition des grands indices selon les enjeux de la transition énergétique. Prenons comme base le MSCI World. Nous avons segmenté cet indice selon cinq catégories :

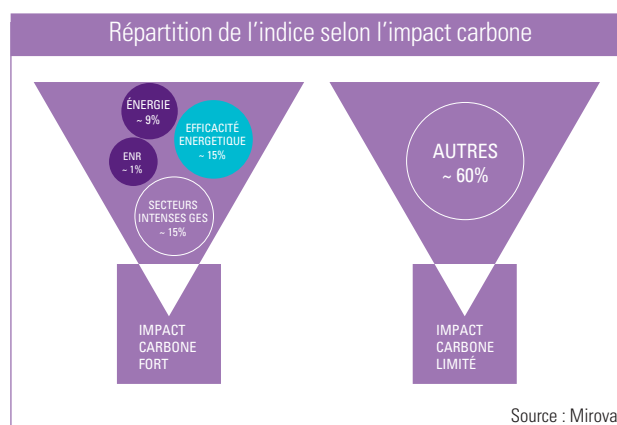
- L'énergie : ce secteur regroupe les entreprises impliquées dans la chaîne de valeur de la production d'énergie d'origine fossile.
- Les secteurs intenses en émissions de gaz à effet de serre, c'est-à-dire ceux dont les activités et les procédés de productions sont énergivores.
- Les énergies renouvelables qui regroupent l'ensemble des producteurs d'énergie d'origine renouvelable.
- L'efficacité énergétique : cette dénomination englobe de nombreux secteurs et métiers dont les produits et services optimisent les consommations d'énergie de ceux qui les utilisent.
- Les autres, c'est-à-dire toutes les entreprises qui n'entrent pas dans une de ces catégories.

Le tableau ci-contre présente le poids de chaque catégorie dans le MSCI World (en capitalisation), la part des émissions CO₂ (scope 1, 2 et 3) et la part des émissions potentiellement évitées dans un scénario de réduction par deux des émissions de CO₂ en 2050.



À la lueur de ce tableau, nous comprenons rapidement que les enjeux de la transition énergétique se concentrent sur une partie très limitée du MSCI World, tout du moins en capitalisation. En effet, plus de 80 % du potentiel de diminution des émissions CO₂ se situent dans les catégories renouvelables et efficacité énergétique qui représentent ensemble seulement 16 % du MSCI World. Inversement, 60 % des émissions de CO₂ actuelles sont issues des catégories énergie et secteurs intenses en émissions de gaz à effet de serre. Ces dernières représentent moins d'un quart du MSCI World.

Le schéma ci-dessous illustre donc une première conclusion importante : plus de la moitié des entreprises cotées ont un impact faible voire nul sur les émissions carbone et donc un rôle limité dans l'atteinte des objectifs de réduction.



Naturellement, en tant qu'investisseurs engagés nous allons concentrer nos efforts de recherche et de gestion en direction des secteurs ayant un impact carbone fort. La question est alors de savoir quelles sont les implications en termes de gestion. Les univers sont-ils suffisamment larges et diversifiés pour permettre une gestion efficace et performante ? Quelles sont les principales caractéristiques de ces univers et quels sont les biais qui en découlent ?

Caractéristiques des univers

	Impact carbone fort					Impact carbone limité
	MSCI world	Énergie	GES intense	Efficacité énergétique	Énergies renouvelables	Autres
Nombre de valeurs	1 639	168	332	342	16	781
Capitalisation totale (Md\$)	38 880	3 432	5 514	5 822	243	23 868
Capitalisation moyenne (Md\$)	23.7	20.4	16.6	17.0	15.0	30.5
Capitalisation max (Md\$)	645	313	235	254	46	645
Capitalisation min (Md\$)	0.002	1	1.8	2	1.4	2.4
	52 % du MSCI WORLD en nombre de valeurs 38 % du MSCI World en poids					48 % en nombre 62 % en poids

Source : Mirova.

112 Caractéristiques des univers

Rappelons d'abord que notre méthodologie nous a amenés à segmenter le MSCI World en cinq univers : « **Énergie** », « **GES Intense** », « **Énergies renouvelables** », « **Efficacité énergétique** » et « **Autres** ». Le premier constat que nous apporte le tableau ci-dessus est la présence de biais forts selon les univers : l'univers des valeurs ayant un impact carbone limité est composé de grandes capitalisations de l'indice tout comme l'univers de l'énergie. A l'inverse, l'univers des énergies renouvelables est très restreint, seulement 16 sociétés, avec la plus faible capitalisation moyenne (15Md\$).

Pour mieux comprendre les implications d'une gestion action dont l'objectif est de contribuer à la transition énergétique, il faut prendre le temps d'analyser les univers concernés par cette thématique selon leur impact carbone. Au sein de l'indice composé d'un peu plus de 1 600 valeurs, nous allons analyser les valeurs identifiées comme ayant un impact carbone fort (partie 1.2.1) puis les valeurs dont nous considérons les implications comme limitées (partie 1.2.2).

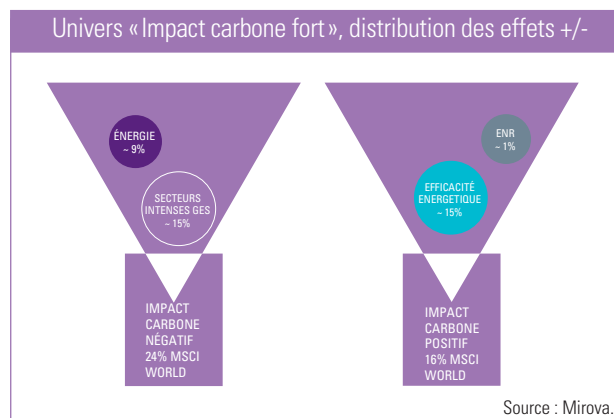
11211 Impact fort : 40 % du MSCI World

Comme défini précédemment, l'univers ayant un impact carbone fort est composé de quatre macro-secteurs. La dernière ligne du tableau ci-dessous précise notamment le solde des émissions carbone pour chaque catégorie.

Macro-secteurs de l'univers « Impact carbone fort »				
	Énergie	Secteurs Intenses en émissions GES	Renouvelables	Efficacité énergétique
	Charbon, pétrole et gaz...	Autoroutes, métaux et mines, forêt, papiers, immobilier...	Producteurs...	Automobiles, matériaux de construction, semi-conducteurs, équipementiers...
% MSCI WORLD 2015	9%	15%	1%	15%
Part des émissions Scope 1, 2 et 3 Base 100, 2015	30	30	5	25
Part des émissions évitées Base 100, 2050	0	-8	-15	-26
Solde des émissions Base 100, 2050	30	22	-10	-1

Source : Mirova.

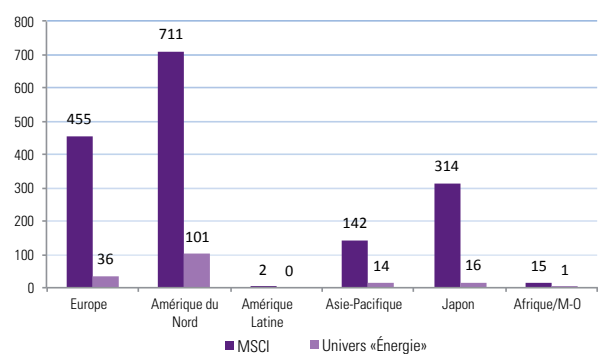
Nous observons de façon évidente que les secteurs de l'énergie et les secteurs intenses en émissions GES ne bénéficient pas d'une marge de progression suffisante pour diminuer significativement le poids de leurs émissions dans l'indice. A l'inverse, les renouvelables et les secteurs liés à l'efficacité énergétique ont, à échéance, un solde d'émissions négatif contribuant ainsi à la réduction globale des émissions carbone. Ainsi, avant de rentrer plus en détails dans les univers, nous pouvons de nouveau segmenter en deux cette catégorie : impact carbone positif (16 % du MSCI World en poids) et impact carbone négatif (24 % du MSCI World en poids).



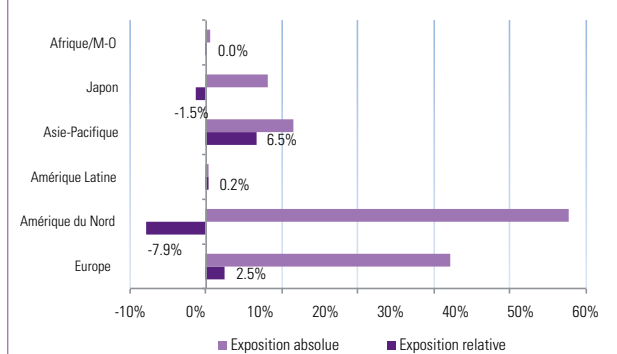
Impact carbone négatif

L'univers à impact carbone négatif tout d'abord est composé de 500 valeurs soit un peu plus de 30 % des valeurs du MSCI World. Nous constatons tout d'abord des biais géographiques puisque l'Europe est sur-pondérée dans ces secteurs. Par ailleurs, l'Asie-Pacifique est sur-pondérée dans l'univers « **Énergie** » au détriment de l'Amérique du Nord. A l'inverse, l'Amérique du Nord est sur-pondérée dans l'univers « **GES Intense** ».

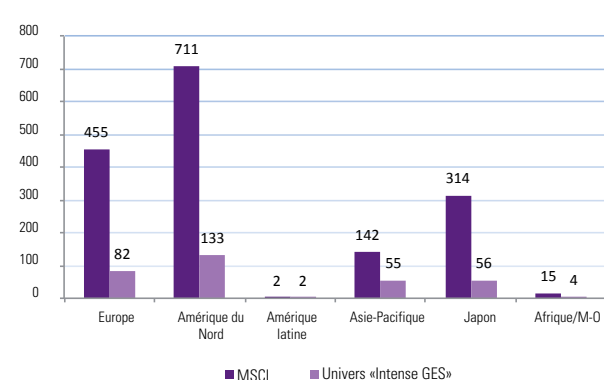
Répartition géographique du secteur « Énergie »
(en nombre de valeurs)



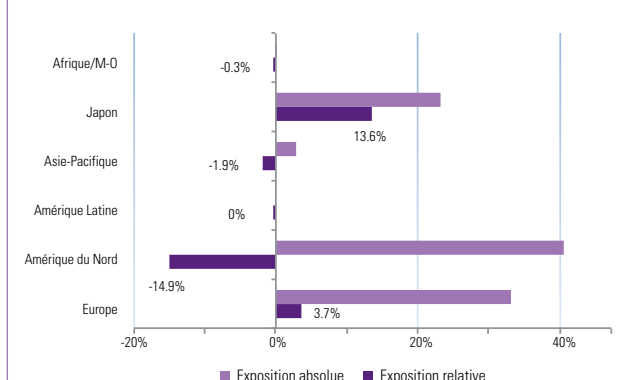
Répartition géographique du secteur « Énergie »
(en poids)



Répartition géographique du secteur « GES intense »
(en nombre de valeurs)



Répartition géographique du secteur « GES intense »
(en poids)

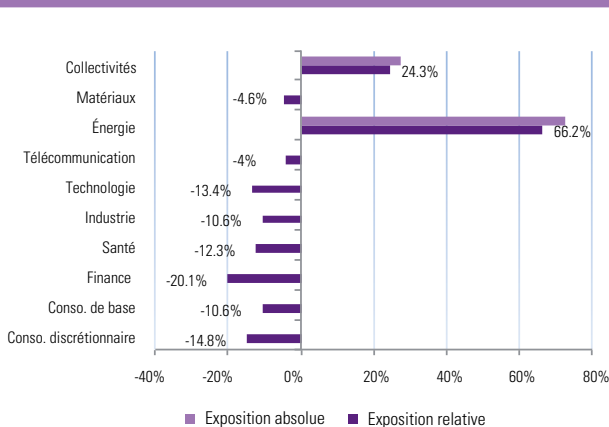


— 67 —

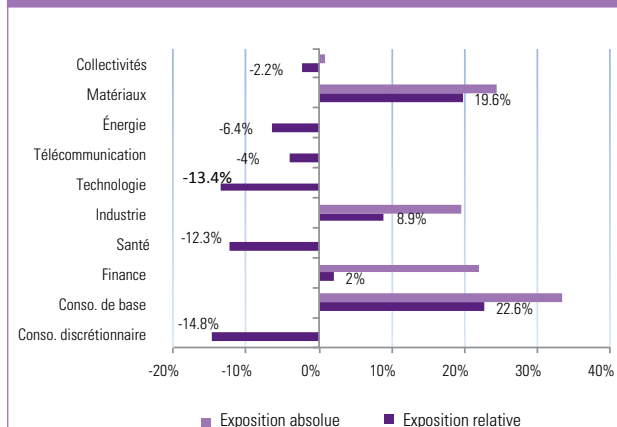
En termes de répartition sectorielle, les secteurs à impact carbone négatif présentent des biais importants : sous-pondération importante des secteurs de la consommation discrétionnaire, de la santé, de la finance et des technologies. A l'inverse les secteurs surpondérés sont sans surprise les

services aux entreprises, l'énergie, les matériaux et l'industrie. La consommation de base est également surpondérée dans le secteur « **GES Intense** » principalement en raison des sociétés de production alimentaire et de boissons.

Répartition sectorielle du secteur « Énergie »
(en nombre de valeurs)

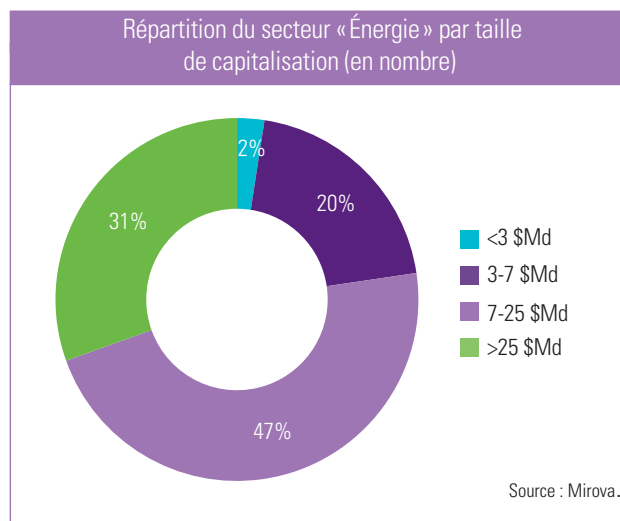
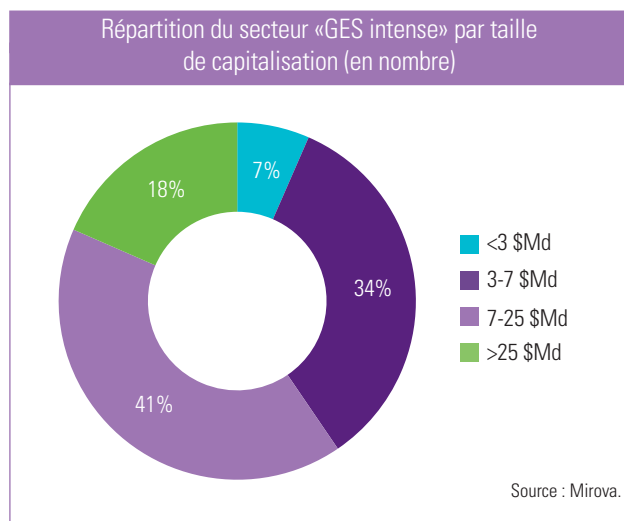


Répartition sectorielle du secteur « GES Intense »
(GICS 1, en poids)



Enfin, la répartition de l'univers par taille de société ne laisse apparaître quasiment aucun biais excepté pour le secteur « **GES Intense** » qui est surexposé aux valeurs moyennes

(entre 3-7 Md\$ de capitalisation ; (34 % contre 25 % dans l'indice) au détriment des très grandes capitalisations (>25Md\$).

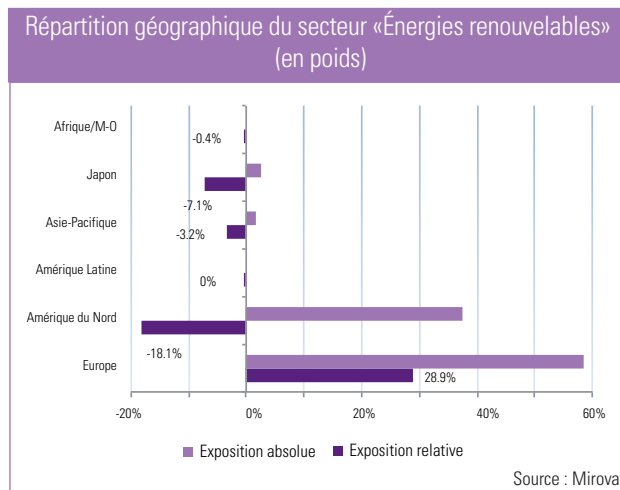
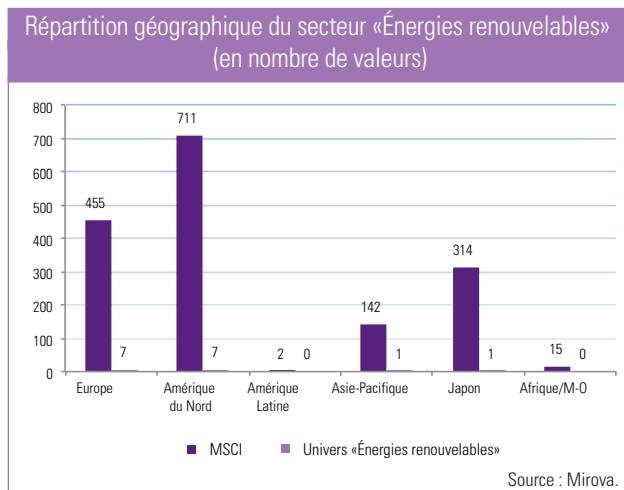
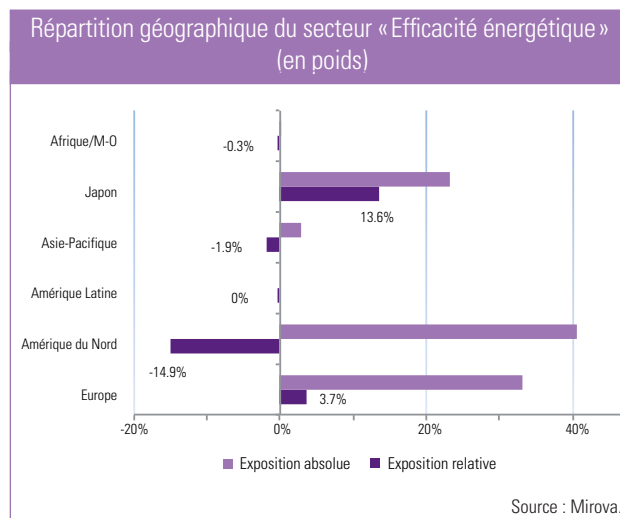
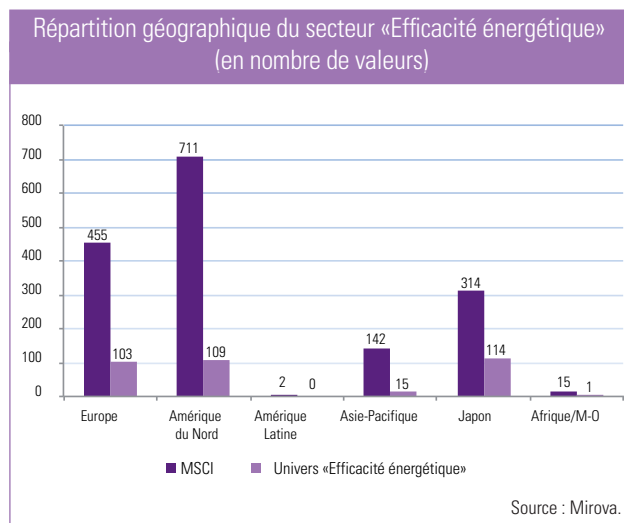


Impact carbone positif

Poursuivons l'analyse avec l'univers à impact carbone positif qui est composé de 358 valeurs soit un peu moins de 22 % du MSCI World en nombre. Nous constatons des biais géographiques significatifs puisque l'Europe est largement surpondérée, notamment dans les « **Énergies renouvelables** » avec +29 % par rapport au MSCI World. L'Amérique du Nord est en

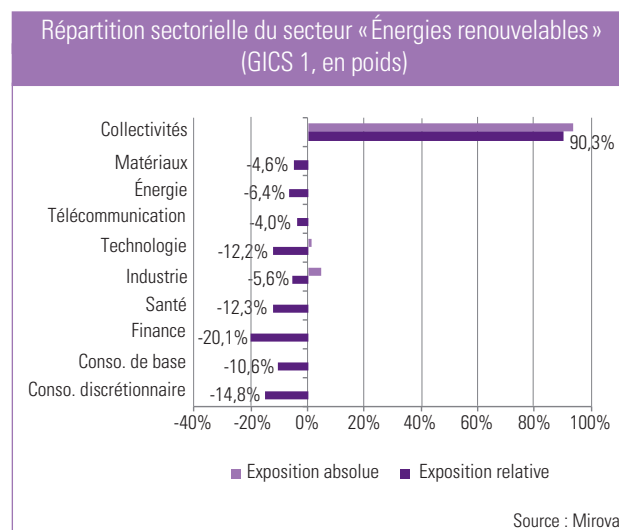
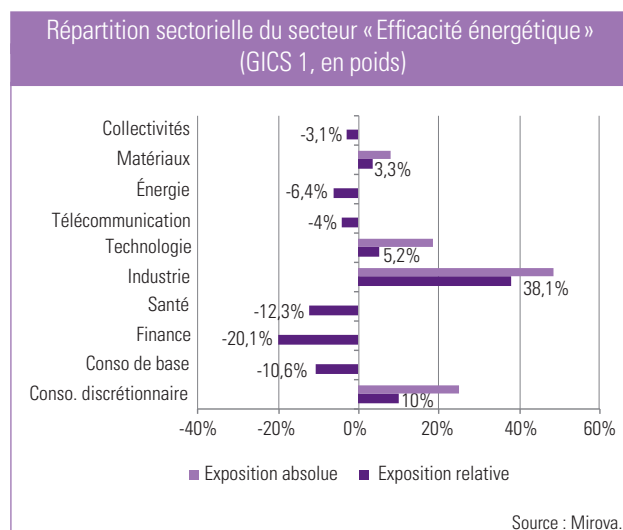
revanche très sous-pondérée dans cet univers avec respectivement -15 % et -18 % pour l'« **Efficacité énergétique** » et les « **Énergies renouvelables** ». Enfin, l'exposition au Japon est contrastée selon les deux macro-secteurs : +14 % pour l'« **Efficacité énergétique** » et -7 % pour les « **Énergies renouvelables** ».

— 68 —



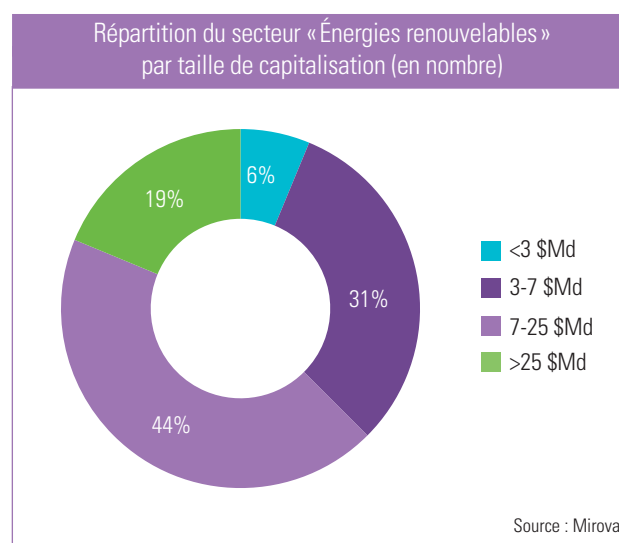
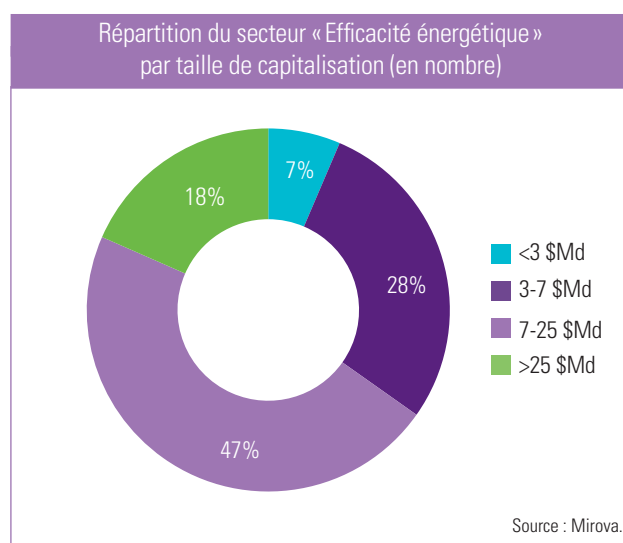
Sans surprise, la répartition sectorielle de l'univers est très biaisée en faveur de l'industrie (+38 % pour l'« **Efficacité énergétique** ») et des services aux entreprises (+90 % pour les « **Énergies renouvelables** »). Logiquement, la majorité

des autres secteurs sont sous pondérés par rapport à l'indice MSCI World, en particulier la finance, la consommation et la santé.



Enfin, la répartition de l'univers par taille de sociétés montre un biais sensible aux petites et moyennes valeurs (<3Md\$ et entre 3-7 Md\$ de capitalisation) qui représentent autour de 35 % contre 30 % dans le MSCI World. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce macro-secteur n'est pas composé majoritairement de petites et moyennes valeurs.

C'est le résultat de la faible représentation du secteur des énergies renouvelables, principalement pour des questions de taille justement. Cela confirme également qu'en termes de stratégie de gestion, les énergies renouvelables sont un segment tout particulier de la cote.

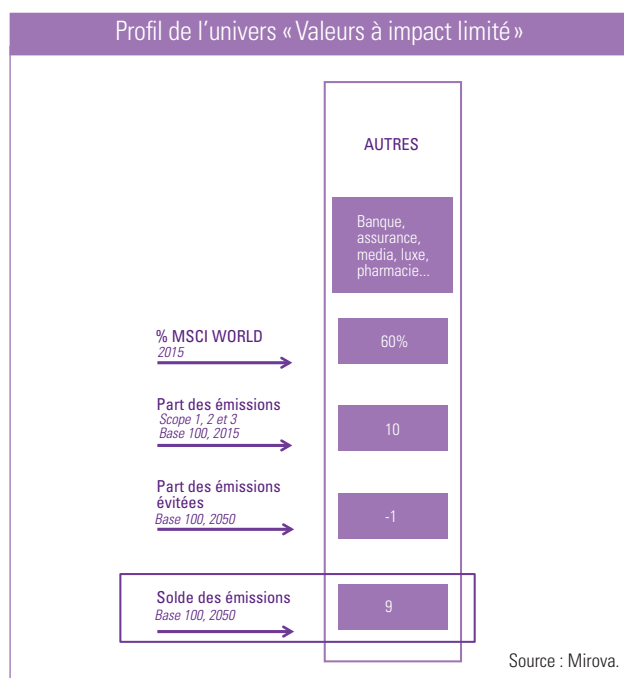


11212 Impact limité : 60 % du MSCI World

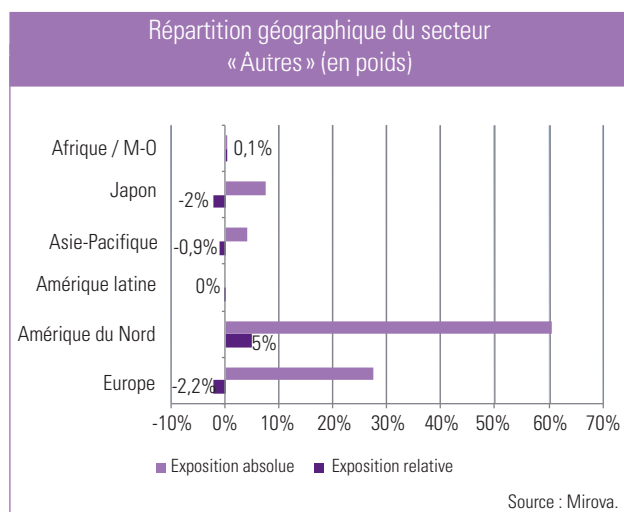
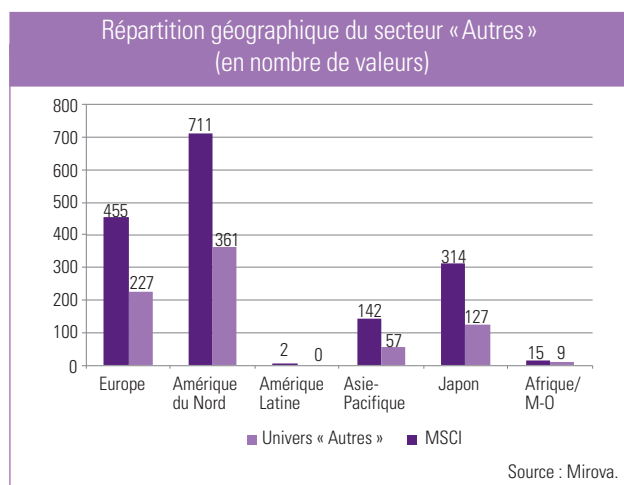
Fort du constat que le terrain d'action est limité dans la catégorie des secteurs ayant un impact carbone positif, une gestion plus équilibrée nous impose de tenir compte de l'univers des valeurs qui n'ont aucun impact carbone. Avec 781 sociétés, cet univers représente 60 % du MSCI World en nombre. L'intérêt des valeurs à impact carbone limité pour la gestion est d'offrir aux investisseurs le désirant,

une diversification salutaire. En effet, bien que les marges de progrès soient minces pour les constituants de cet univers, la part des émissions à leur imputer représente seulement 10 %. Ainsi, le solde des émissions à horizon 2050 reste faible car l'effet base est favorable.

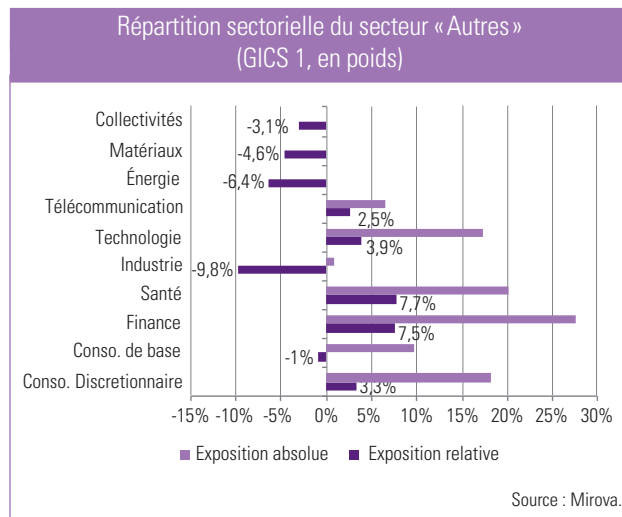
Par définition, cet univers présente les biais contraires à ceux présentés précédemment comme le détaille l'analyse ci-dessous.



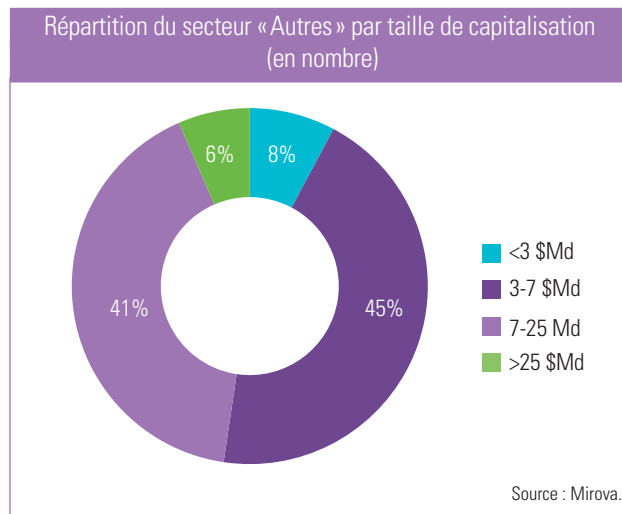
Nous constatons tout d'abord qu'il n'y a pas de biais géographiques forts dans cet univers puisque l'Amérique du nord présente le plus gros écart avec l'indice à 60 % d'exposition contre 55 % dans le MSCI World.



Par construction, les secteurs représentent le biais le plus important de cet univers. Nous observons une sous-pondération importante des secteurs industriels, énergie, matériaux et services aux entreprises. A l'inverse, les secteurs surpondérés sont logiquement la santé, la finance, les télécommunications, la consommation discrétionnaire et les technologies.



Enfin, la répartition de l'univers par taille de société laisse apparaître un biais fort en faveur des valeurs moyennes (entre 3-7Md\$ de capitalisation) qui représentent 45 % de l'univers contre 25 % dans le MSCI World. Les méga caps sont moins représentées (>25Md\$) : 6 % contre 24 % dans l'indice.



Cette première partie a permis de montrer qu'une faible proportion des sociétés cotées ont un impact carbone significatif, positif ou négatif : ces valeurs représentent environ 40 % du MSCI World. Cette segmentation implique principalement des biais sectoriels qui contribuent à fragiliser les stratégies actions sur la thématique de l'efficacité énergétique. Seulement 15 % du MSCI World présente un impact carbone positif à horizon 2050 ce qui constitue un univers très restreint. C'est la raison pour laquelle nous avons envisagé dans la partie suivante de décliner plusieurs stratégies de gestion en fonction du risque de marché. Ces stratégies auront par construction des impacts carbones plus ou moins significatifs.

2 | Plusieurs stratégies d'investissement pour jouer la transition énergétique

Au regard des conclusions précédentes, nous considérons qu'il est possible de financer la transition énergétique à travers les actions cotées tout en ayant des impacts carbone plus ou moins significatifs. Intuitivement, il semble évident que le risque pris est proportionnel à l'impact carbone. C'est la raison pour laquelle il existe plusieurs stratégies selon les besoins : l'investisseur peut anticiper son impact carbone en fonction du risque qu'il souhaite prendre. Nous proposons donc de décrire trois solutions d'investissement qui n'ont ni les mêmes impacts carbone ni les mêmes caractéristiques de gestion et de regarder comment historiquement ces stratégies se sont comportées.

Stratégies d'investissement carbone		
IMPACT CARBONE POSITIF	IMPACT CARBONE FORT	IMPACT CARBONE OPTIMISÉ
Secteur «Énergie renouvelable»	Secteurs «Énergie renouvelable» et «Efficacité énergétique»	Secteurs «Énergie renouvelable», «Efficacité énergétique» et «Autres»
Univers 150 valeurs (dont 90% hors du MSCI World)	Univers 358 valeurs	Univers 1150 valeurs
Portfeuille Type 25 valeurs Beta-1.5 TE - 10/12 Active share 99%	Portfeuille Type 50 valeurs Beta-1.2 TE - 7/8 Active share -95%	Portfeuille Type 80 valeurs Beta-1.0 TE - 3/4 Active share -90%

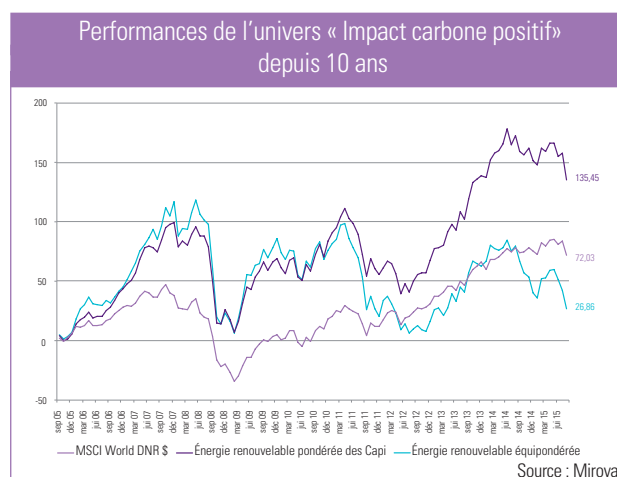
Source : Mirova.

211 Stratégie à impact carbone positif : 100 % renouvelables

Investir uniquement dans les énergies renouvelables présente l'avantage d'avoir un impact carbone positif puisque les valeurs investies dans le portefeuille sont faiblement émettrices aujourd'hui et offrent les solutions de réduction des émissions carbone à horizon 2050 les plus performantes.

Cette stratégie s'accompagne des limites de diversification évoquées précédemment qui conduisent à une gestion sans indice de référence autour d'un portefeuille concentré. En effet, l'univers de 150 valeurs est principalement puisé au-delà du MSCI World dont l'exposition directe aux énergies renouvelables est inférieure à 1 % en poids pour 16 sociétés. Nous avons donc élargi notre analyse à toutes les valeurs exposées directement aux énergies renouvelables pour 100 % de leur chiffre d'affaires et présentant un flottant minimum de 100M\$.

L'analyse des performances de l'univers « **Impact carbone positif** » sur 10 ans laisse apparaître une forte distorsion entre l'univers équi pondéré et l'univers pondéré des capitalisations. Cette observation s'explique facilement par le biais « petites et moyennes » valeurs. Le tableau ci-dessous montre également que la stratégie a pour principal effet d'offrir un univers plus volatile que le MSCI World. Cette volatilité est d'autant plus forte que l'univers est équi pondéré.



Ainsi, la mise en œuvre d'une stratégie d'investissement « pure renouvelable » suppose une analyse fondamentale poussée pour offrir une gestion sélective et performante. La constitution d'un portefeuille concentré autour de 25 valeurs offre une gestion très éloignée des indices (active share >99 %), avec une tracking error entre 8 et 10 et un bêta supérieur à 1.5.

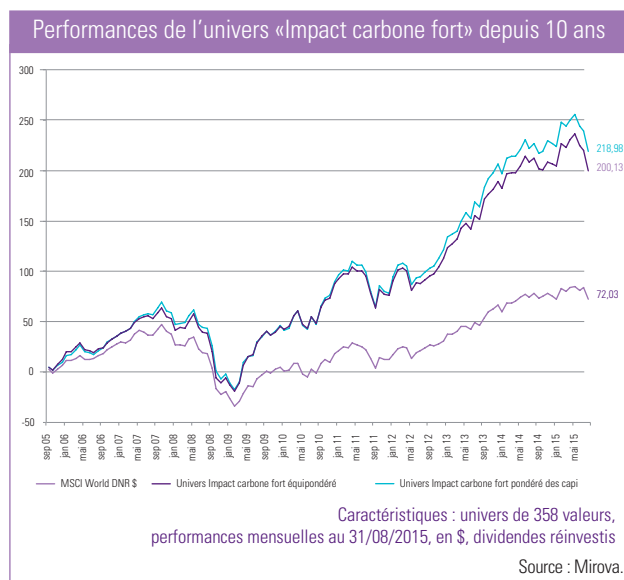
212 Stratégie à impact carbone fort : 100 % transition énergétique

Performances et volatilité de l'univers « Impact carbone positif »		
	Performances (10 ans au 31/08/2015)	Volatilité (10 ans pas mensuel)
Univers équi pondéré	26,8%	23,7%
Univers pondéré des capitalisations	135,4%	19,5%
MSCI World DNR\$	69,2%	16,1%

Source : Mirova.

Pour obtenir une stratégie avec un impact carbone fort, nous proposons un univers éligible composé des macro-secteurs « **Énergies renouvelables** » et « **Efficacité énergétique** ». Nous conservons dans cette analyse uniquement les valeurs du MSCI World. L'objectif est de maintenir un impact significatif tout en élargissant l'univers d'investissement. L'implication directe est un portefeuille dont l'empreinte carbone est aujourd'hui plus importante que le précédent (émissions directes et indirectes) mais dont les solutions apportées par les sociétés investies contribuent significativement à la diminution des émissions carbone à horizon 2050.

En termes de gestion, cette stratégie offre l'avantage d'un univers éligible plus large (environ 350 valeurs) dont les caractéristiques sectorielles, géographiques et de taille de capitalisation sont plus équilibrées. Les secteurs financiers et de services étant totalement absents, le portefeuille présente des statistiques proches d'un fonds à dominante cyclique avec une volatilité supérieure à celle des marchés actions diversifiés. Avec un univers éligible plus large (16 % du MSCI World), le portefeuille attaché à cette stratégie reste concentré.



L'analyse des performances de l'univers « **Impact carbone fort** » sur 10 ans montre avec surprise peu de différence entre l'univers équilibré et l'univers pondéré des capitalisations. Cette observation est contraire à l'intuition alors que l'univers reste encore très biaisé en secteur et en taille de capitalisation. Le tableau ci-dessous montre également que la stratégie a pour principal effet de diminuer la volatilité par rapport à la stratégie « pure renouvelable ». Cependant, elle reste toujours plus volatile que le MSCI World.

Performances et volatilité de l'univers «Impact carbone fort»		
	Performances (10 ans au 31/08/2015)	Volatilité (10 ans pas mensuel)
Univers équilibré	200,0%	18,2%
Univers pondéré des capitalisations	219,0%	18,5%
MSCI World DNR\$	69,2%	16,1%

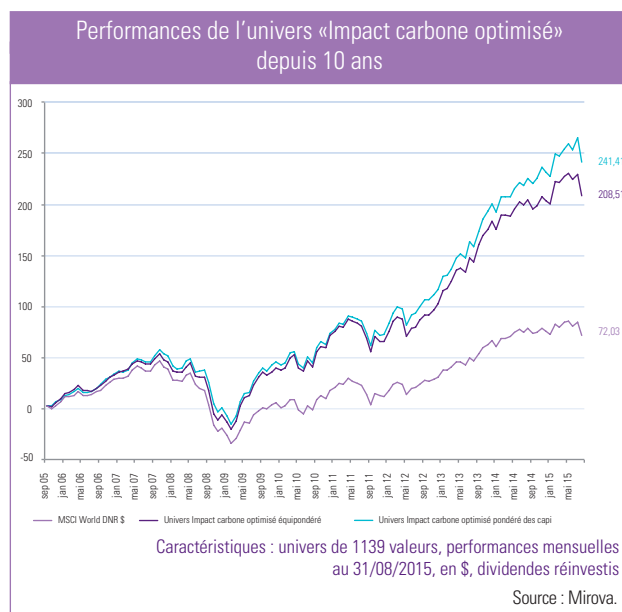
Source : Mirova.

Dans ce cadre, la mise en œuvre d'une stratégie d'investissement à impact carbone fort peut se réaliser autour d'un portefeuille de 50 valeurs en conservant une active share significative (>95 %) mais en diminuant la tracking error autour de 7/8. Le portefeuille reste plus risqué que le marché avec un bêta autour de 1.2.

213 Stratégie à impact carbone optimisé : transition énergétique et diversification

Obtenir un portefeuille équilibré tout en maintenant un impact carbone positif suppose d'introduire le macro-secteur «Autres» dont les impacts carbone sont faibles voir nuls. Cette stratégie dilue l'impact carbone qui est alors optimisé sous contrainte d'une gestion diversifiée. En effet, l'introduction de valeurs financières, de santé, des télécommunications ou encore de la consommation n'a aucune contribution négative sur l'empreinte carbone aujourd'hui et n'apporte peu ou pas de solutions aux enjeux de la transition énergé-

tique à horizon 2050. La principale conséquence est la diminution des biais introduits dans les stratégies précédentes.



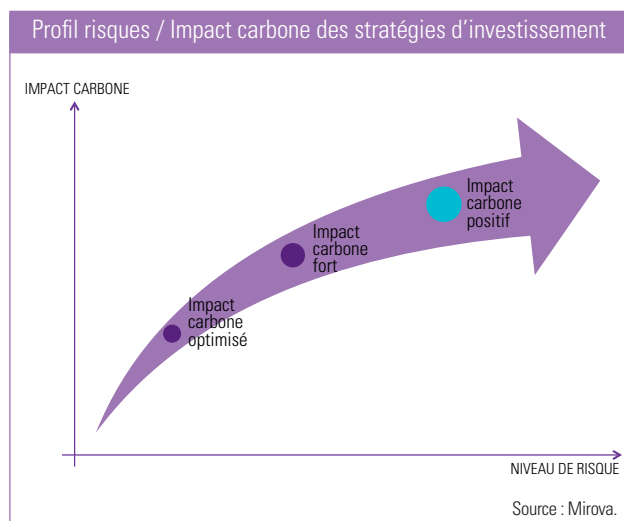
L'analyse des performances de ce dernier univers montre un écart sensible entre l'univers équilibré et l'univers pondéré des capitalisations. Le tableau ci-dessous montre également que la diversification apportée par cette stratégie diminue comme attendu la volatilité au niveau de celle du MSCI World.

Performances et volatilité de l'univers «Impact carbone optimisé»		
	Performances (10 ans au 31/08/2015)	Volatilité (10 ans pas mensuel)
Univers équilibré	208,5%	16,5%
Univers pondéré des capitalisations	241,4%	15,8%
MSCI World DNR\$	69,2%	16,1%

Source : Mirova.

Le portefeuille qui peut être proposé dans ce cadre est moins concentré (environ 80 valeurs) grâce à un univers éligible de plus de 1100 valeurs qui représentent 75 % de l'indice MSCI World en poids. Avec un bêta proche de 1.0 et une tracking error contenue autour de 2/3, cette stratégie offre une solution optimisée pour adresser la problématique carbone.

En résumé, l'analyse de ces trois stratégies nous permet de confirmer qu'il existe une relation croissante entre l'impact carbone (positif) et le niveau de risque pris par l'investisseur. Il est donc indispensable de proposer des portefeuilles adaptés au niveau de risque attendu tout en offrant des solutions d'investissement efficaces pour contribuer aux objectifs de réduction des émissions carbone à horizon 2050. Il semble évident également que la construction de portefeuille avec un impact positif implique l'absence totale des macro-secteurs «Énergie» et «GES intense».



Mirova privilégie la stratégie d'investissement « **Impact Carbone fort** » qui concilie une gestion suffisamment équilibrée à un investissement dont les effets sont significatifs. La vision macro-sectorielle que nous venons de présenter a cependant une limite, l'indice de référence MSCI World.

La valeur ajoutée d'une analyse financière et extra-financière approfondie peut permettre de définir plus précisément cet univers au sein du MSCI World mais également d'ouvrir les opportunités vers des valeurs de plus petites tailles présentant des activités plus directement liées à la transition énergétique. Étape indispensable à une gestion de conviction et nous allons décrire les spécificités dans la dernière partie.

3 Investir dans la transition énergétique

L'analyse précédente présentait une vue macroéconomique de l'exposition des actions mondiales à la transition énergétique. Cette partie se concentre sur la définition d'un univers plus précis qui intègre l'analyse extra-financière et financière pour en définir au mieux les contours. Dans ce cadre, l'analyse fondamentale d'une entreprise permet d'affiner les thématiques d'investissement liées à la Transition énergétique selon trois catégories :

- L'énergie bas carbone : les énergies renouvelables et les technologies de transition.
- L'efficacité énergétique : dans le bâtiment, les transports et l'industrie.
- Les technologies innovantes : véhicules électriques, stockage de l'énergie, etc.

Les deux premiers thèmes visent directement la réduction des émissions de gaz à effet de serre, tant au niveau de la production (énergies renouvelables) que de la consommation d'énergie (efficacité énergétique). Le troisième thème porte sur des technologies qui ne contribuent pas directement à

la réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais qui permettent d'accompagner le développement des deux premiers piliers (exemple : les véhicules électriques).

Au sein de chacun des trois piliers, nous avons identifié les apporteurs de solutions positionnés sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Compte tenu de la globalité des enjeux liés à la transition énergétique, la recherche d'opportunités s'étend au plan mondial. Si l'on prend l'exemple du secteur solaire, les opportunités incluent les acteurs de la production de cellules et de modules, du développement et du financement de projet, de la construction et de l'installation, jusqu'aux opérateurs finaux des parcs solaires.

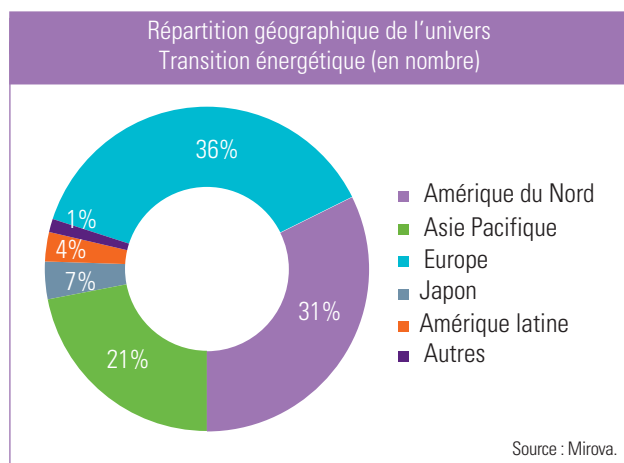
311 Panorama détaillé de l'univers

Sur la base d'une approche « bottom up » appliquée aux différents thèmes de la transition énergétique, nous avons constitué un univers d'investissement de 316 valeurs, réparties de la manière suivante (en poids) : 55 % dans l'efficacité énergétique, 28 % dans l'énergie bas carbone et 17 % dans les technologies innovantes. Cette démarche nous permet d'intégrer des acteurs « pure play », parfois de petite taille en termes de capitalisation, notamment dans le domaine des énergies renouvelables. Ainsi, les valeurs du secteur renouvelable pèsent pour 44 % en nombre dans l'univers, mais pour 20 % en termes de capitalisations.

Répartition thématique de l'univers Transition énergétique				
Thème	Nombre de valeurs	% (nb)	Capitalisation moyenne (\$Mds)	% % (poids)
« Enabling technologies »	25	7,9%	17,34	17,3%
Véhicule électrique	18	5,7%	21,46	15,4%
Stockage	7	2,2%	6,74	1,9%
Efficacité énergétique	125	39,6%	11,04	54,9%
Bâtiment	38	12,0%	5,49	8,3%
Industrie	19	6,0%	19,50	14,8%
Transport	68	21,5%	11,77	31,9%
Énergie bas carbone	166	52,5%	4,21	27,8%
Renouvelables	139	44,0%	3,68	20,4%
Technologies de transition	27	8,5%	6,95	7,5%
Total	316	100,0%	7,95	100,0%

Source : Mirova.

Cet univers offre une bonne diversification géographique, à raison de : 36 % des valeurs en Europe, 31 % en Amérique du Nord et 28 % en Asie (y compris Japon). Les entreprises situées dans les pays émergents représentent 21 % de l'univers en nombre.



Conformément à l'analyse réalisée en première partie, la spécificité de la thématique induit des biais notables par rapport à un indice généraliste tel le MSCI World :

→ La forte prédominance des trois secteurs suivants (selon la classification GICS) : Industrielles (44 %), Consommation discrétionnaire (26 %) et Utilities (14 %). Par rapport à leur poids dans le MSCI World, ces trois secteurs représentent une surpondération de respectivement 14 %, 13 % et 11 %. En revanche, certains secteurs ne sont quasiment pas représentés dans l'univers : Financières, Santé, Technologies de l'information et Consommation courante (sous-pondérés par rapport au MSCI World de respectivement 21 %, 12 %, 10 % et 9 %).

Répartition par secteurs GICS de l'univers
Transition énergétique

GICS1	Univers TE	MSCI World	Écart
Consommation discrétionnaire	26,2%	14,8%	11,4%
Consommations de base	0,1%	10,7%	-10,6%
Énergie	2,0%	6,5%	-4,5%
Finance	0,7%	20,2%	-19,5%
Santé	0,0%	12,2%	-12,2%
Industrie	44,1%	10,6%	33,5%
Technologies de l'information	3,6%	13,2%	-9,7%
Matériaux	9,1%	4,8%	4,3%
Telecommunication	0,0%	4,0%	-4,0%
Utilities	14,4%	3,1%	11,2%
Total	100,0%	100,0%	0,0%

Source : Mirova.

→ En termes de capitalisations boursières, l'univers est marqué par la forte prépondérance en nombre des petites capitalisations (<3 Md\$), soit 56 % des valeurs, au détriment des grosses capitalisations (>25 Md\$). Même si cet ordre est inversé en termes de poids des capitalisations (les petites capitalisations ne pèsent plus que pour 6,5 % de l'univers), on constate que les

grosses capitalisations ne représentent que 55 % de l'univers à comparer à 70 % dans le MSCI World.

Répartition par capitalisation de l'univers
Transition énergétique

Capitalisation boursière (Md\$)	Univers TE (nb)	Univers TE (poids)	MSCI World (poids)	Écart
3 >	55,7%	6,5%	0,3%	6,1%
3-7	18,7%	11,3%	4,8%	6,5%
7-25	16,1%	27,1%	25,0%	2,1%
> 25	9,5%	55,1%	69,9%	-14,8%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%

Source : Mirova.

312 L'influence des réglementations au sein de l'univers

Un trait marquant de cette thématique tient dans l'influence significative des réglementations au sein de plusieurs secteurs. Ces orientations législatives peuvent conduire à l'émergence de nouvelles technologies ou produits, comme c'est le cas dans le domaine de l'efficacité énergétique : évolutions des systèmes de transmission et allègement de véhicules suite aux réglementations sur les rejets de CO₂ dans l'automobile, remplacement des lampes à incandescence par les LED dans le secteur de l'éclairage, etc.

S'agissant de l'énergie bas carbone, le poids des réglementations est d'autant plus fort, qu'il induit de véritables changements dans les business models des producteurs traditionnels d'électricité. En dépit de la maturité croissante de leur business model, illustrée par la baisse rapide des coûts de production du solaire et de l'éolien, les énergies renouvelables (20 % de l'univers en poids) restent dépendantes des régimes incitatifs mis en place dans plusieurs pays, qu'il s'agisse de : « Feed in tariffs » (Europe, Chine), crédits d'impôts (ITC et PTC aux États-Unis) ou contrats à long terme (Brésil).

Aux États-Unis, l'expiration du régime ITC (Investment Tax Credit) dans le solaire est prévue pour la fin 2016 (le taux d'exemption de 30 % passera à 0 % pour le résidentiel et 10 % pour le commercial). Les standards RPS (Renewable Portfolio Standards) mis en place dans 29 états américains prendront le relais des subventions (NB : les RPS ne couvrent que les installations type utility, pas le résidentiel). Le solaire résidentiel reste dépendant des incitations type « net metering », donnant la possibilité aux particuliers de revendre de l'énergie verte dans le réseau au prix du détail (ces législations existent dans 43 états américains).

L'EPA (Environmental Protection Agency) a publié au mois d'août dernier la dernière version du projet de réglementation des émissions de gaz à effet de serre en provenance du secteur électrique. Le « Clean Power Plan » prévoit une réduction de 32 % des émissions de CO₂ à l'horizon 2030 (par rapport au niveau de 2005). Cette réglementation devrait forcer la fermeture de nombreuses centrales à charbon (39 % du mix en 2014) au profit du développement des énergies propres, l'hydroélectricité, l'éolien et le solaire. Le poids des énergies

renouvelables (y compris hydro) devrait atteindre 28 % de la génération électrique d'ici 2030 (contre 13 % en 2014). Le projet de réglementation prévoit des aides financières aux États pour accompagner leurs investissements dans les renouvelables.

Les parcs solaires de type utilities continuent de représenter la majorité des nouvelles capacités solaires installées aux États-Unis (59 % en 2014), même si le segment « Distributed Generation » (panneaux installés sur les toits des maisons ou des entreprises commerciales) connaît aujourd'hui la croissance la plus forte. Outre le souhait des particuliers de réaliser des économies sur leur facture électrique (comme en Californie), la tendance parmi les grandes entreprises consiste à produire leur propre électricité à base d'énergies renouvelables (Amazon, Walmart) et éventuellement sortir du réseau (en présence de solutions de stockage de l'énergie économiques).

L'intégration des énergies renouvelables, dont la spécificité est leur caractère intermittent, nécessite de la part des utilities plusieurs types d'investissement, dans : des solutions de back-up comme les centrales à gaz à cycle combiné (CCGT : Combined Cycle GasTurbine), plus flexibles et plus efficaces, et des systèmes de gestion de la demande-réponse (smart grids). Plusieurs acteurs investissent dans les batteries, à l'image de Tesla (lancement du Powerpack en avril 2015), comme solution associée au rooftop solar, ou de Nextera Energy, afin de réduire les coûts de génération liés aux pics de demande. À terme, on se dirige vers un modèle de génération d'électricité plus décentralisé, associé à des solutions de stockage de l'énergie (batteries, véhicules électriques).

3.13 Éléments de valorisation de l'univers

L'analyse des principaux multiples boursiers attachés aux 7 sous-thématiques de l'univers fait apparaître les caractéristiques suivantes :

→ L'univers Transition énergétique se traite sur des niveaux de valorisation généralement supérieurs aux ratios moyens

du marché, s'expliquant par un profil de croissance plus soutenu des valeurs de l'univers : PE moyen de 21,8x pour l'univers contre 17,2x pour le MSCI World pour l'année en cours, à mettre en regard d'une croissance attendue des BPA sur les 3-5 prochaines années de 14,2 % contre 10,8 %. Sur les autres multiples, la prime de valorisation des valeurs de l'univers par rapport aux MSCI World se situe entre 20 % (Price/Book) et 50 % (Price/Cash Flow).

→ Les deux sous-thématiques, renouvelables et véhicules électriques, présentent les ratios les plus élevés au sein de l'univers d'investissement : la croissance de près de 50 % des BPA attendue cette année devrait ramener le PE des renouvelables de 27,7x en 2015 à 19,7x en 2016 ; le PE de 35x des véhicules électriques estimé pour 2016 est fortement influencé par le niveau de valorisation de Tesla, qui devrait afficher des profits pour la première fois de son histoire en 2016, selon les estimations des analystes.

→ Dans l'efficacité énergétique, les niveaux de valorisations s'avèrent plutôt en deçà de la moyenne de l'univers, à l'exception du multiple Price/Book des thématiques transport et industrie (aux alentours de 3x contre 2,4x en moyenne), justifié par des niveaux de ROE supérieurs à la moyenne (17 % contre 14 %). La thématique bâtiment présente un ROE de 12 %, inférieur à celui des autres segments, mais aussi la croissance attendue des BPA la plus forte des trois segments, reflet du potentiel de restructuration de certaines valeurs (Osram).

→ On constate que le rendement moyen de l'univers transition énergétique est supérieur à celui du MSCI World (3,18 % vs 2,67 %). Cet écart provient pour l'essentiel du thème énergies bas carbone : dans les renouvelables, le rendement moyen de 4,10 % est tiré vers le haut par les « Yieldcos », dont la vocation est de redistribuer une très large part de leur cash flow; dans la catégorie des technologies de transition, ce sont les valeurs d'infrastructure gazière qui présentent aujourd'hui les rendements les plus élevés.

— 75 —

Transition énergétique - Multiples (04/09/2015)

	Ratio PE 2015	Ratio PE 2016	Prix/CF	Cours/CA 2015	Ratio C/VC	ROE 2016	Rendement Dividendes 2015
Énergie bas carbone							
Renouvelables	27,65	19,66	17,49	2,10	1,75	13,35%	4,10%
Technologies de transition	19,01	17,11	9,24	1,73	2,58	14,21%	3,19%
Efficacité énergétique							
Transport	19,42	17,46	15,14	1,62	3,08	16,68%	2,66%
Bâtiment	18,86	17,52	17,11	1,23	2,33	11,55%	2,53%
Industrie	17,19	15,58	12,62	1,74	3,06	17,71%	2,74%
« Enabling technologies »							
Véhicule électrique	12,10	35,10	20,43	1,80	4,33	11,61%	2,66%
Stockage	16,99	12,79	9,68	1,33	1,79	5,68%	2,40%
Total	21,80	18,92	15,54	1,78	2,43	14,05%	3,18%
MSCI World	17,17	15,84	10,23	1,36	2,04	11,16%	2,67%
<i>Ecart de valorisation univers TE vs MSCI World</i>	27%	19%	52%	31%	19%	26%	19%

Source : Mirova.

Transition énergétique - Ratios financiers (04/09/2015)

	Croissance BPA 2015	Croissance BPA 3-5 ans	Marge EBITDA	Croissance du CA depuis 5 ans	Croissance du CA 2015	Ratio endettement	Ratio Pay-out
Énergie bas carbone							
Renouvelables	50,70%	17,80%	-26,36%	15,30%	20,13%	1,43	61,3%
Technologies de transition	17,21%	7,31%	26,45%	10,00%	11,83%	0,95	51,3%
Efficacité énergétique							
Transport	8,32%	11,60%	18,74%	6,59%	6,92%	2,94	42,6%
Bâtiment	33,04%	17,54%	5,27%	6,91%	7,14%	0,47	48,4%
Industrie	28,41%	8,83%	16,85%	5,72%	0,96%	0,71	55,0%
« Enabling technologies »							
Véhicule électrique	15,51%	19,76%	-46,73%	34,49%	23,98%	0,83	29,2%
Stockage	19,19%	13,78%	19,57%	7,66%	7,62%	0,65	20,9%
Total	30,74%	14,16%	-5,67%	12,02%	13,71%	1,52	51,0%
MSCI World	5,37%	10,76%	16,59%	na	-6,17%	1,40	52,5%
<i>Ecart de valorisation univers TE vs MSCI World</i>	<i>ns</i>	<i>32%</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>8%</i>	<i>-3%</i>

Source : Mirova.

314 Quel impact du prix du pétrole sur la performance des thématiques ?

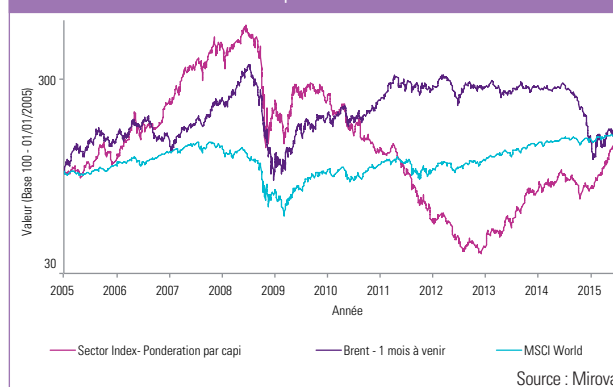
— 76 —

Dans un contexte de chute accélérée des prix du pétrole depuis la mi-2014 (-60 % entre le plus haut et le plus bas), nous avons tenté d'analyser l'impact des fluctuations du prix de l'énergie sur le comportement boursier de trois thématiques centrales de l'univers Transition énergétique : l'éolien, le solaire et l'efficacité énergétique. Il ressort de ces analyses que : 1/ le niveau de corrélation est plus ou moins marqué selon les thématiques (faible dans l'éolien); 2/ la corrélation peut se renforcer à certaines périodes (notamment dans le cas du solaire) ; 3/ hormis le pétrole, d'autres facteurs influent sur la performance boursière des thématiques, en particulier l'accès aux financements et le niveau des taux d'intérêt.

Eolien : performances comparées avec le brent et le MSCI World (de janvier 2005 à aujourd'hui)

Les équipementiers éoliens ont connu un rattrapage boursier à partir de janvier 2013 (+200 %), qui s'est poursuivi durant l'année 2015 (+50 %), en dépit de la baisse des prix du baril. Ce mouvement haussier du compartiment éolien a fait suite à un véritable effondrement des cours boursiers en 2008-2009, dans le sillage de la crise financière. La revalorisation du compartiment éolien s'explique par plusieurs facteurs : la reprise des commandes début 2013 accompagnée d'une stabilisation des prix des turbines ; la prolongation pour un an à fin 2014 du régime PTC (« Production Tax Credit ») sur le territoire américain ; les effets des restructurations menées par plusieurs fabricants dans la phase baissière du cycle.

Éolien : Performances du secteur comparées aux prix des matières premières 2005-2015

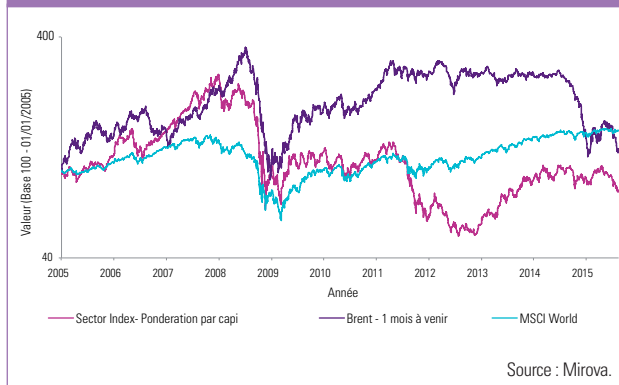


Source : Mirova.

Solaire : performances comparées avec le brent et le MSCI World (de janvier 2005 à aujourd'hui)

La corrélation des valeurs solaires avec le prix du pétrole s'est considérablement renforcée à deux reprises dans la période récente, marquée par l'effondrement du baril : à l'automne 2014 et durant les mois de mai-août 2015. Ce phénomène peut s'expliquer en partie par des facteurs techniques (ventes massives des indices énergie au sens large), mais aussi en raison de la perte de compétitivité supposée du solaire par rapport aux énergies fossiles. Or, le pétrole ne représente que 5 % de la génération électrique mondiale. Par ailleurs, la baisse continue des coûts de production de l'énergie solaire et les incitations fiscales mises en place dans plusieurs pays devraient soutenir la croissance future des installations.

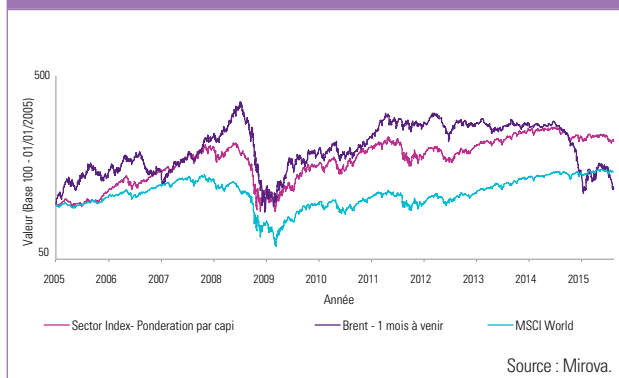
Solaire: Performances du secteur comparées au prix des matières premières



Efficacité énergétique : performances comparées avec le Brent et le MSCI World

Sur la période étudiée, il ressort que les valeurs liées à l'efficacité énergétique se sont mieux comportées en bourse que l'indice général, en dépit d'une phase de sous-performance sur la période récente (à partir de l'été 2014). Cette dernière phase peut trouver son origine dans la baisse des prix de l'énergie, qui conduit à un ralentissement des investissements dans de nouveaux équipements plus efficaces. Une grande partie de la faiblesse récente des valeurs industrielles s'explique par l'environnement macro-économique global, les craintes sur la croissance chinoise et les anticipations de remontée des taux aux Etats-Unis.

Industrie Efficacité énergétique : Performances du secteur comparées au prix des matières premières

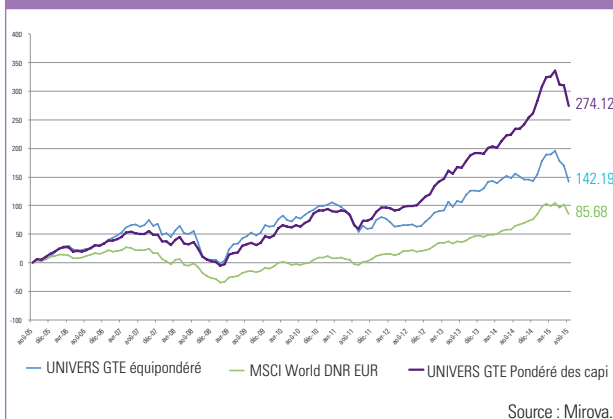


Conclusion

L'univers Transition énergétique, regroupant les apporteurs de solutions positionnés sur le thème de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, présente des biais marqués par rapport à un indice généraliste type MSCI World : des biais sectoriels (surpondération des industrielles) et en termes de capitalisation (large part des petites capitalisations). Cet univers se caractérise également par l'influence significative des réglementations sur certains business models, notamment celui de la génération électrique confrontée à l'émergence des énergies renouvelables.

En termes boursiers, le retour de la corrélation entre valeurs solaires et prix du pétrole observé dans la période récente ne concerne pas réellement les autres thématiques de l'univers (notamment l'éolien et l'efficacité énergétique). L'analyse de la performance comparée de l'univers avec le MSCI World sur les 10 dernières années (performances en euros arrêtées au 31/08/2015, dividendes nets réinvestis) indique une superperformance de l'univers (en équipondéré et en pondéré des capitalisations). Le principal contributeur à la performance de l'univers a été le thème de l'efficacité énergétique.

Performances de l'univers Transition Énergétique depuis 10 ans



TAUX

LES GREEN BONDS, UN LIEN DIRECT ENTRE FINANCEMENT ET PROJETS

Hervé Guez

Directeur Recherche Investissement Responsable

Mathilde Dufour

Responsable Adjointe
Recherche Investissement Responsable

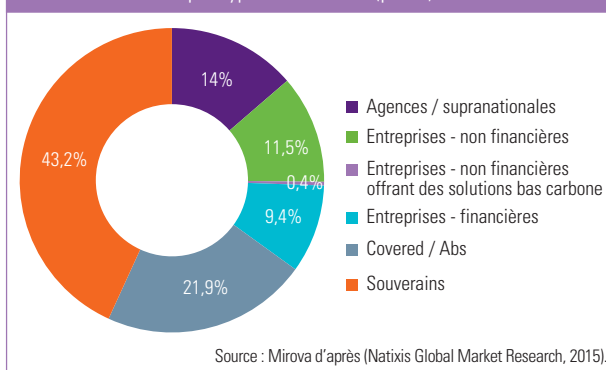


Contributeurs : Chris Wigley, Gérant de Portefeuille sénior
Marc Briand, Responsable Gestion taux

Investir dans les entreprises qui apportent des solutions significatives aux enjeux du changement climatique : peut-on appliquer la même logique au marché obligataire que celle mise en œuvre sur le marché actions ? En théorie oui : lorsqu'un émetteur vient sur le marché pour lever de la dette affectée au financement général de l'entreprise (« general corporate purpose »), la logique peut être la même que pour l'investisseur en actions. Néanmoins, en pratique, lorsqu'on regarde la décomposition du marché obligataire selon les enjeux de la transition énergétique en ciblant les entreprises offrant des solutions, l'univers d'investissement se révèle particulièrement limité.

En effet, si l'on prend l'exemple de l'indice Iboxx Europe, les émetteurs « entreprises » ne représentent que 20 % du marché dont environ la moitié est constituée de « financières ».

Figure 1. Répartition de l'indice Iboxx EUR par type d'émetteurs (poids)



Or à ce jour, que ce soit au niveau des États, des agences et supranationales, des entreprises du secteur financier ou des

dettes sécurisées, force est de constater que le gisement des émetteurs s'inscrivant résolument dans la transition vers une économie bas carbone est quasiment inexistant. Et sur la part des entreprises non financières, les acteurs offrant des solutions bas carbone significatives à la fois en termes d'impact et de part de chiffre d'affaires constituent moins de 10 %, soit un univers investissable global représentant moins de 0,4 % de l'indice.

Difficile dans ces conditions de mettre en œuvre une stratégie obligataire convaincante à la fois sur son impact carbone et sur ses caractéristiques financières.

Les obligations environnementales (green bonds) se présentent comme une solution idéale à cette problématique d'investissement.

En effet, ces obligations servent à financer des projets ayant pour objectif de générer un impact positif sur l'environnement et/ou la société et portent aujourd'hui principalement sur des projets d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique.

En assurant un lien direct entre projets et financement, elles offrent la possibilité à tous les émetteurs obligataires - entreprises non financières mais aussi financières, supranationales, agences, véhicules de titrisations, voire demain des émetteurs souverains - de s'organiser pour rendre visibles et faire financer leurs activités bas carbone par les investisseurs obligataires.

Cette logique puissante et la mobilisation d'acteurs pionniers a permis à ce marché de connaître une croissance spectaculaire ces dernières années. Pour autant, comme tout marché naissant, celui-ci a besoin de se structurer autour de principes partagés afin de garantir sa crédibilité, gage indispensable d'une croissance soutenable.

— 79 —

1 | Marché des green bonds : une croissance soutenue et multiforme

Si les obligations environnementales ne représentent toujours qu'une part minime des émissions obligataires (moins de 1 % du marché obligataire), nous assistons depuis 2013 à une croissance exponentielle de ce marché. Ainsi à fin juin 2015, le total des émissions de l'année était déjà de près de 60 Mds USD, soit plus de 3 fois celles de l'année 2013 qui représentaient elles-mêmes le triple des émissions depuis « la naissance » de ce marché en 2006.

Celui-ci s'est par ailleurs renforcé au cours des dernières années par une diversité croissante d'émetteurs. En particulier, l'année 2014 a été marquée par l'arrivée en force des émetteurs corporates (entreprises). Alors que le marché était dominé par les organisations supranationales, banques de développement et agences, les émissions corporates représentent quasiment 50 % du volume global émis en 2014, et plus de 50 % du volume à fin juin 2015.

Figure 2. Émissions cumulées d'obligations soutenables supérieures à 200 millions USD - à fin juin 2015

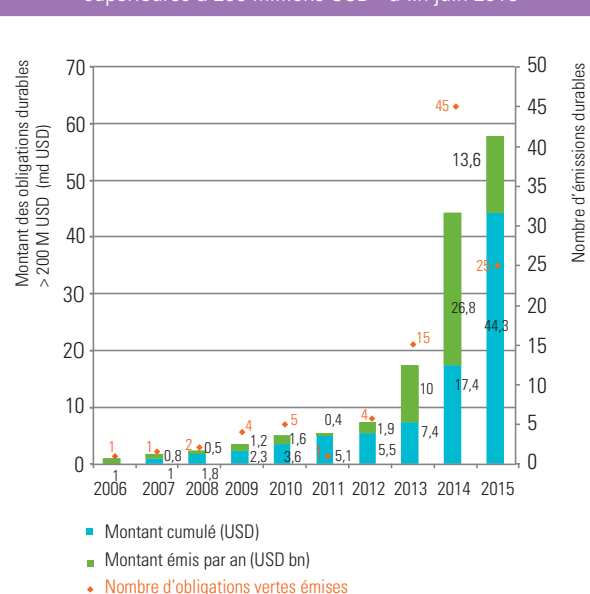
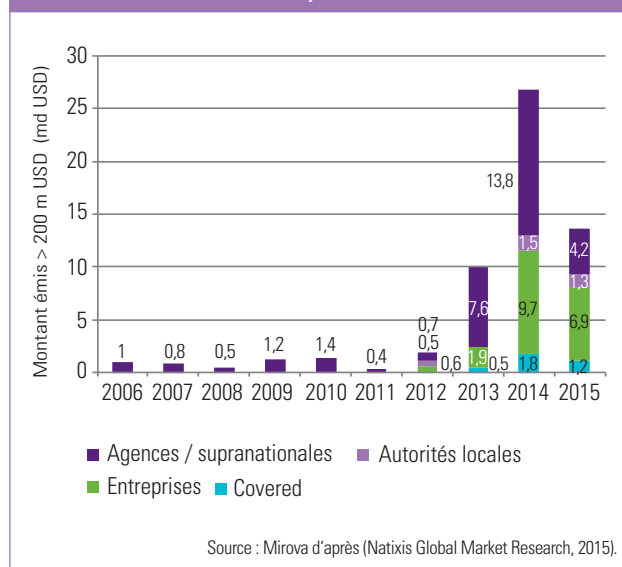


Figure 3. Répartition des obligations soutenables supérieures à 200 millions USD, par type d'émetteur - à fin juin 2015



Cette diversification pourrait encore se poursuivre afin de pérenniser ce marché avec i) davantage de corporates avec une plus grande diversité de notations (émetteurs BBB et HY), ii) davantage d'émetteurs nord-américains et asiatiques, iii) des émissions de la part de souverains et iv) une multiplication des émissions de la part des émetteurs déjà présents afin de créer de vraies courbes de taux.

A cette croissance des volumes s'ajoute une structuration progressive de tous les acteurs : création de structures dédiées d'origination, création de fonds 100 % green bonds et d'indices dédiés, création de services spécifiques d'assurance externe sur les projets, etc.

Malgré sa taille encore modeste, tous ces éléments confirment l'installation durable du marché des obligations environnementales comme nouvelle classe d'actifs au sein de la classe obligataire.

2 | Enjeux de (d'auto?) régulation

Si les obligations environnementales se présentent comme une solution efficace pour adresser la problématique climat, un cadre doit se structurer afin de garantir leur crédibilité.

Cette structuration a été amorcée avec la création des Green Bond Principles (GBP) en 2014. Instance pluripartite, les GBP visent à fournir des lignes directrices sur les éléments nécessaires à l'émission d'un green bond afin d'aider les émetteurs à formaliser leurs émissions d'obligations vertes et les investisseurs à évaluer les impacts environnementaux liés à ces obligations. Sans proposer une définition précise de l'impact environnemental recherché, les GBP aiguillent davantage sur la gouvernance d'une obligation verte à atteindre pour être conforme à la définition d'un green bond.

De notre point de vue, pour assurer la crédibilité du marché, deux éléments se révèlent particulièrement critiques : l'appréciation et la mesure de la contribution environnementale des projets, ainsi que la question de l'allocation des fonds.

211 Mesurer les impacts

Analyser l'adéquation des projets aux objectifs de développement durable

Afin de s'assurer de la qualité ESG (environnementale, sociale et de gouvernance) globale des green bonds, Mirova a développé une grille d'évaluation dédiée pour ce type d'émissions. Celle-ci vise en particulier à définir si les projets sous-jacents remplissent les conditions suivantes :

- démontrer à la fois une amélioration des pratiques allant au-delà du *business as usual* et un impact significatif sur l'enjeu environnemental, et en particulier climat,
- ne pas avoir d'exposition négative sur un autre enjeu de développement durable (santé, développement, biodiversité, pollution, etc.).

Cette analyse est complétée par une revue des risques ESG liés aux projets tout au long de leur cycle de vie. Cette grille d'évaluation a vocation à s'enrichir avec la progression des connaissances et expertises sur les standards et meilleures pratiques par secteur. L'approfondissement continu des connaissances est d'ailleurs nécessaire pour asseoir la crédibilité de l'apport environnemental ou social de ce vecteur financier.

Mesurer les émissions de CO₂ évitées

L'analyse qualitative de l'impact environnemental et social des projets financés par les green bonds doit par ailleurs être complétée par une évaluation quantitative de la contribution à une économie bas carbone de ces projets, comprenant à la fois une mesure de leur empreinte carbone, mais également du « bénéfice carbone » induit.

Compte tenu de la criticité de l'enjeu climat, il nous paraît essentiel que cette méthodologie de mesure d'impact soit partagée par le plus grand nombre. De plus, la mesure carbone des projets devrait être certifiée par une instance externe. La mise en place d'un cahier des charges robuste et transparent constituera ainsi un gage de crédibilité fort. Il permettra également de faciliter l'accès à ce marché à des entreprises n'ayant pas les moyens de déployer des méthodologies en interne.

212 Lien entre projets et financement

Clarté du « use of proceeds »

D'un point de vue investisseur, la raison d'être de ce marché est de participer au financement de la transition écologique, d'apporter les capitaux nécessaires au développement de modèles bas carbone. Dès lors, il convient de s'assurer non seulement du caractère « vert » du sous-jacent financé mais encore de la nature de celui-ci.

La force de la logique des obligations soutenables est de pouvoir s'appuyer sur les projets précis d'investissements sous-jacents. Ainsi, tous les types d'entreprises peuvent participer à ce marché pour peu qu'elles aient des projets de transformation pertinents à présenter. La contrepartie de cette ouverture est la clarté du « use of proceeds » : il s'agit ici de financer des investissements garants de cette transformation. Or nous le savons bien, les marchés de capitaux se sont organisés en favorisant la fongibilité de tout instrument de dette.

Les obligations environnementales et sociales sortent de cette logique : il s'agit de relier financement et investissement. Dès lors, la logique de ce marché peut être schématisée ainsi : apporter de la dette verte ou sociale pour financer des actifs verts ou sociaux. **Le corollaire est qu'il ne peut donc y avoir sur le marché plus d'obligations environnementales ou sociales qu'il n'y a d'actifs verts ou sociaux au bilan des émetteurs.** Ces obligations ne peuvent donc financer des pertes opérationnelles, des rachats d'actions ou refinancer d'anciennes dettes fussent-elles des pertes, des actions ou des dettes d'entreprises vertes ou sociales.

Qualité du reporting spécifique

La bonne appréhension de ces éléments, que ce soit en matière de qualité environnementale ou sociale ou de traçabilité des projets, ne saurait enfin être effective sans un important degré de transparence et d'assurance de la part des émetteurs sur : i) des critères d'éligibilité des projets finançables clairs et vérifiables, ii) la traçabilité de l'utilisation des fonds, et iii) l'existence d'un reporting d'impact détaillant les projets réellement financés et les impacts obtenus.

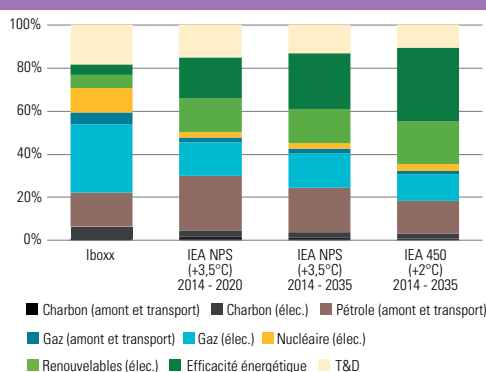
3 | Vers des portefeuilles obligataires bas carbone

Les green bonds sont une façon idéale pour les investisseurs souhaitant piloter leur allocation de capital en fonction des enjeux climat.

Afin d'illustrer cette approche, nous avons cherché à quantifier les besoins d'allocation de capital vers la classe d'actif green bonds sur un indice Iboxx overall.

Sur la partie « émetteurs corporates – non financiers », nous avons analysé pour les secteurs exposés à la thématique énergétique les investissements des entreprises en matière d'énergie et les avons comparés aux besoins d'investissements pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique. Cet exercice nous a permis de donner une première approche du niveau d'adéquation des investissements avec les besoins en matière de transition énergétique dans des scénarios +3.5°C et +2°C à différents horizons de temps sur cette partie d'un indice.

Figure 4. Comparaison de la partie énergie de l'indice Iboxx avec différents scénarios d'investissements AIE

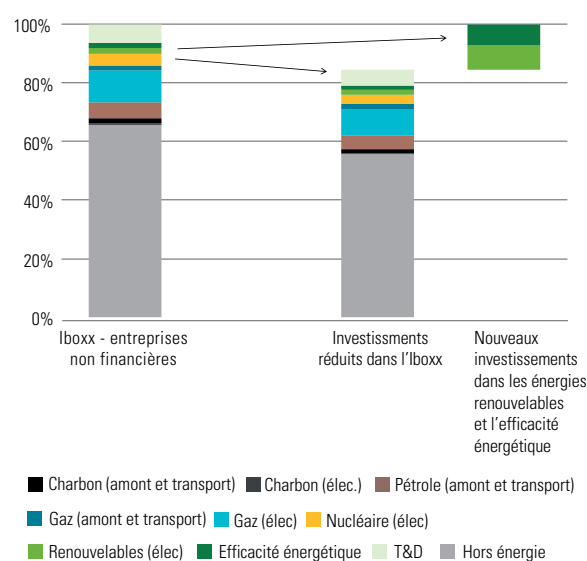


La barre Iboxx donne une estimation de la répartition des investissements dans l'énergie pour l'indice. Les barres IEA NPS 2014-2020 et IEA NPS 2014-2035 donnent la structure des investissements nécessaires à l'accomplissement du scénario NPS (+3.5°C) sur les périodes considérées. La barre IEA 450 2014-2035 donnent la structure des investissements nécessaires à l'accomplissement du scénario 450 (+2°C) sur la période 2014-2035.

Source : Mirova d'après (IEA, 2014).

Le résultat de cet exercice est en ligne avec les messages portés par les organismes internationaux. Quel que soit le scénario considéré, il est aujourd'hui nécessaire de réorienter une partie des investissements vers des solutions d'efficacité énergétique et des investissements dans les énergies renouvelables. Dans un indice comme l'Iboxx – Corporates non financiers, l'énergie représente un peu moins de 34 % des investissements totaux. Rendre compatible cette partie de l'indice avec un scénario 2°C nécessiterait d'allouer ~16 % des capitaux vers des green bonds finançant des investissements dédiés à l'efficacité énergétique ou aux renouvelables.

Figure 5. Réorienter les investissements (entreprises non financières)

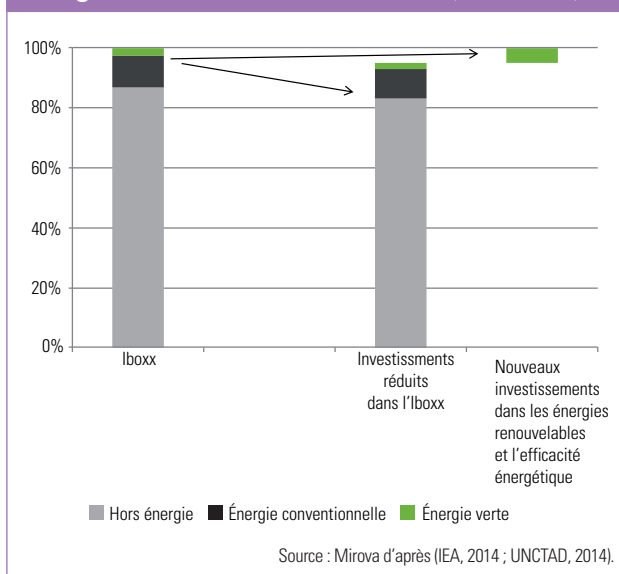


Source : Mirova d'après (IEA, 2014).

Pour le reste des émetteurs de l'indice – les souverains, agences et supranationaux, mais également les financières - il n'est pas possible de réaliser un exercice aussi fin. En effet, s'il est difficile d'obtenir de l'information sur les investissements des entreprises en matière d'énergie, il n'existe à l'heure actuelle aucune donnée suffisamment robuste concernant les émetteurs financiers.

À défaut, nous avons utilisé des données macroéconomiques pour déterminer les investissements en matière d'énergie de ces acteurs. Sur la base des travaux d'agences internationales (IEA, 2014 ; UNCTAD, 2014), nous avons estimé que les investissements pour l'énergie au sens large représentaient actuellement environ 10 % des investissements totaux (formation brute de capital fixe).

Figure 6. Réorienter les investissements (lboxx overall)



Sans se prononcer sur l'augmentation de la part des investissements énergétiques d'ici 2035, rendre compatible cet indice avec un scénario 2°C nécessiterait de réorienter ~5 % de l'indice vers des investissements dédiés à l'efficacité énergétique ou aux renouvelables via les green bonds.

— 82 —

Si le marché des green bonds reste encore restreint, sa croissance exponentielle pourrait permettre à un nombre croissant d'investisseurs de s'engager dans la transition bas carbone. Dès lors, la place financière (acteurs et régulateurs) est confrontée à la question suivante : comment créer une infrastructure de marché favorable au développement de cette nouvelle classe d'actif ? Il s'agit d'un enjeu de place sur lequel Mirova est investi et s'investira encore davantage.

INFRASTRUCTURES

LES FONDS EnR, UNE ALLOCATION 100 % BAS CARBONE

Céline Lauverjat

Directrice d'Investissement
Fonds infrastructures Énergies Renouvelables



— 83 —

Le marché des infrastructures peut être décomposé en quatre grandes catégories : les infrastructures de transports, les infrastructures d'énergie, les infrastructures de télécommunication et les infrastructures de services publics.

Dans un contexte de taux bas et de volatilité du marché actions, les investisseurs portent un intérêt croissant aux infrastructures¹ : cette classe d'actifs représente environ 2 % de l'allocation des institutionnels et elle est particulièrement populaire parmi les assureurs.

En dette infrastructures, les rendements attendus évoluent entre 3,5 % et 6 % nets, en fonction de la nature du projet et des conditions de marché. Sur le volet « equity », l'investissement en fonds propres dans une transaction « brownfield » (acquisition ou refinancement d'un actif déjà construit) peut rapporter de l'ordre de 5 % à 10 % en fonction du risque sous-jacent et de l'effet de levier. En « greenfield » (financement de la construction), les rendements attendus sont supérieurs.

1. A fin mars 2014, les fonds d'infrastructures européens affichaient 87 milliards de dollars sous gestion.

Pour cette classe d'actifs, comme pour les autres, **s'engager dans la transition énergétique signifie i) moins consommer d'énergie et ii) mieux produire cette énergie.**

On peut dès lors distinguer d'une part, les infrastructures généralistes qui bénéficient de contrats de performance énergétique ambitieux, et d'autre part, les unités de production d'énergie d'origine naturelle et renouvelable qui participent directement aux objectifs de « dé-carboner » le mix énergétique mondial.

Concernant la première catégorie, la réalité du marché est que les mesures de performance énergétique sont encore trop hétérogènes. Des efforts sont entrepris par certains acteurs et des initiatives de place se créent, mais elles ne permettent pas encore de disposer d'une évaluation de leur impact énergétique qui soit robuste, comparable et exhaustive.

Au sein du monde des infrastructures, le « produire mieux » via les fonds EnR offre dès lors un outil adéquat pour les investisseurs soucieux d'allouer leurs capitaux à des projets répondant aux enjeux de la transition énergétique. Si leur impact carbone est indiscutable, ces fonds constituent-ils une alternative de placement attractive ?

1 | Les EnR dans le monde : 9,1 % de la production d'électricité

La capacité mondiale de production supplémentaire d'électricité à partir de sources naturelles et renouvelables a cru de **103 GW** en 2014, soit la moitié de la capacité de puissance nette ajoutée dans le monde entier.

Notamment, 49 GW de capacité éolienne et 46 GW de capacité solaire photovoltaïque ont été ajoutés dans le mix électrique mondial.

Cette augmentation a permis aux EnR de contribuer pour **9,1 % de la production mondiale** d'électricité en 2014, contre 8,5 % en 2013.

Les économies d'échelle réalisées par cette hausse tendancielle de la part des EnR s'accompagnent d'innovations technologiques pour permettre une forte baisse des coûts de production de l'électricité d'origine renouvelable¹. Dès lors, la « parité réseau » est atteinte par rapport aux énergies « traditionnelles » et il existe plus de 10 €/MWh d'écart entre le nucléaire EPR et l'éolien terrestre onshore².

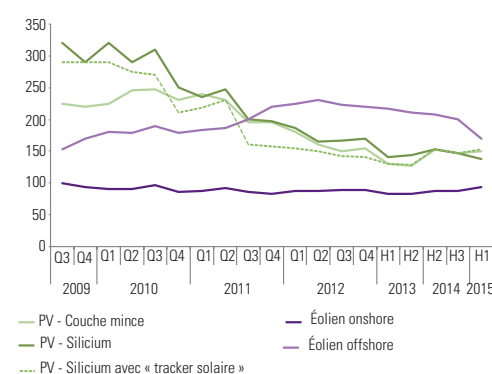
1. On a par exemple observé une baisse de 65 % des coûts de construction dans le solaire photovoltaïque sur la période 2009-2012.

2. Le coût global de l'électricité (Levelized Cost of Electricity, LCoE), qui prend en compte l'ensemble des coûts de construction et d'exploitation pendant la durée de vie de l'équipement, est un indicateur de cette parité réseau.

Par ailleurs, la proximité entre production et consommation que permet ce type d'énergie, réduit les besoins en infrastructures de transport tout en améliorant l'efficacité énergétique globale en accompagnement du développement des réseaux intelligents.

Dès lors, ne serait-ce que pour des considérations économiques, **la place des EnR dans le mix énergétique mondiale ne devrait pas cesser de croître.**

Évolution du prix de revient du MWh – Photovoltaïque (PV) et éolien



Source : Mirova d'après (IEA, 2014 ; UNCTAD, 2014).

2 | Les montants investis dans les EnR : 270 Mds \$ en 2014 ; +2000 Md \$ en 10 ans

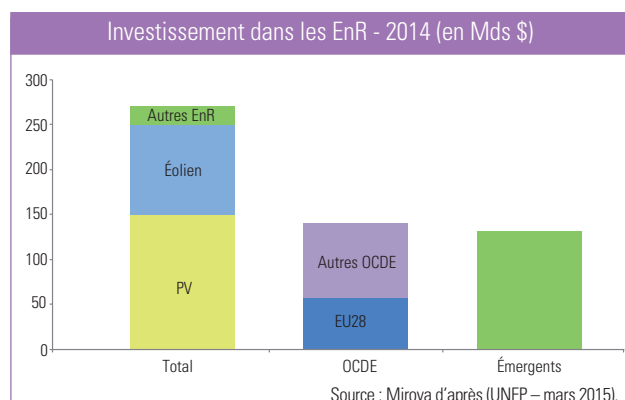
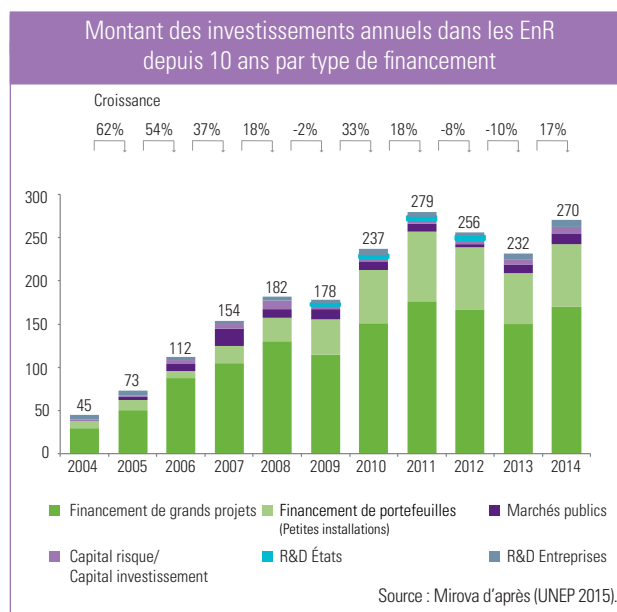
Les investissements mondiaux dans les énergies renouvelables ont représenté **270 milliards de dollars en 2014**, enregistrant une progression de 17 % en dépit de la forte baisse des prix du pétrole brut. Cette augmentation est due en premier lieu aux investissements dans l'énergie solaire (149,6 Mds \$, +25 %), tandis que les investissements dans l'éolien ont augmenté de 11 % (99,5 Mds \$).

Par ailleurs, on a enregistré depuis quelques années une baisse des prix des technologies des énergies renouvelables (notamment dans le solaire) en raison des économies d'échelle ce qui a provoqué un fort effet de levier sur la puissance de nouvelles capacités installées.

La spécificité des résultats enregistrés pour l'année 2014 a été l'expansion rapide des énergies renouvelables dans de nouveaux marchés dans les pays en développement, où les investissements ont bondi de 36 % à 131,3 Mds \$³ tandis que les investissements étaient de 57,5 Mds \$ en EU28.

Cette croissance a été quasiment linéaire depuis 2004 et le secteur des EnR a représenté plus de 2000 Mds \$ d'investissement sur la dernière décennie.

Les États-Unis, le Japon et la Chine disposent des plus fortes hausses de l'investissement pour les projets à petite échelle.



Parmi les autres catégories de placement sur ce secteur d'activité : la levée de capitaux propres par les sociétés d'énergie renouvelables sur les marchés (15,1 Mds \$) ; les fonds de capital-risque (2,8 Mds \$) ou encore les dépenses de R & D des entreprises (6,6 Mds \$) et des gouvernements (5,1 Mds \$).

Notons que la part des investisseurs institutionnels augmente régulièrement : ils représentent environ 10 % des fonds propres des financements de projets en Europe apportés via les fonds EnR auxquels ils souscrivent.

4 | Des besoins additionnels importants : la tendance se poursuit

Atteindre les objectifs en termes de part des énergies renouvelables dans le mix énergétique en Europe nécessitera l'augmentation des capacités installées d'ici à 2020 de plus de **100 GW** (solaire PV, éolien on shore et biomasse).

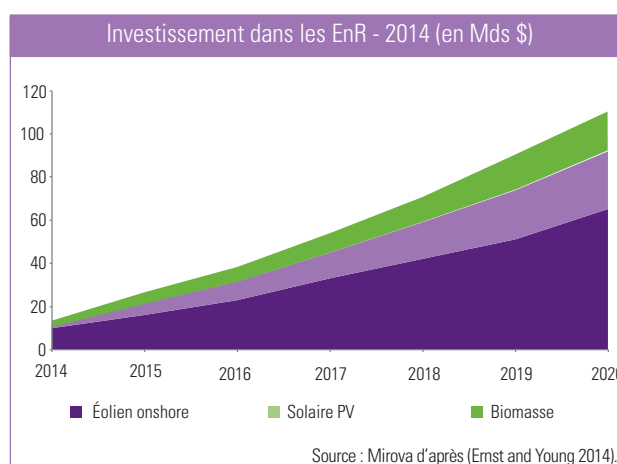
3 | Les sources de financement : la place des fonds EnR

Les financements des projets d'énergie renouvelable représentent depuis 10 ans **la majeure partie du financement du secteur des EnR** dans le monde et n'a cessé de croître pour atteindre 244 Mds \$ en 2014 (**90 % des financements du secteur ; +10 % en 2014**)⁴.

Les projets d'échelle « commerciale » (>1MW) ont augmenté de 10 % et représenté 170,7 milliards de dollars. L'augmentation des projets à plus petite échelle était encore plus importante (+34 % pour atteindre 73,5 milliards de dollars) : en effet, les fortes réductions des coûts font du toit solaire une option concurrentielle pour les entreprises et les ménages qui cherchent à générer une partie de leurs besoins énergétiques grâce aux énergies propres.

3. La Chine avec 83,3 milliards de dollars, le Brésil (7,6 milliards de dollars), l'Inde (7,4 milliards de dollars) et l'Afrique du Sud (5,5 milliards de dollars) étaient tous dans le top 10 des pays qui investissent, alors que plus de 1 milliard de dollars ont été investis en Indonésie, au Chili, au Mexique, au Kenya et en Turquie (Source : UNEP).

4. Source : UNEP – mars 2015.



L'atteinte de cet objectif, compte tenu des montants d'investissements actuels des filières concernées (et qui ne devraient plus faire l'objet de fortes réductions étant donné leur maturité), nécessitera un investissement total additionnel de 236 milliards d'euros, soit un besoin de fonds propres (equity) que l'on peut estimer à 70 Mds €.

Au regard de la place du financement de projet pour soutenir les investissements dans les EnR, tout laisse à penser que les fonds EnR vont continuer à croître sur la base d'un business model qui s'est progressivement sécurisé (voir infra).

De la même façon, les fonds EnR sur les zones « émergentes » seront très certainement un relais de croissance de ce type de financement⁵.

5 | Le business model sous-jacent aux fonds EnR

Les fonds dédiés au financement des infrastructures de production d'énergie d'origine renouvelable (les « fonds EnR ») sont des actifs **100 % orientés Transition Énergétique** qui s'adressent notamment à des investisseurs institutionnels traditionnels eu égard à leur risque, leur maturité et leur niveau de rendement.

— 86 — En effet, les actifs sous-jacents de ces fonds - que sont les parcs éoliens, les centrales solaires, les centrales hydrauliques et les unités de cogénération à partir de biomasse - reposent sur :

- des technologies matures ;
- des business models simples et maintenant sous-tendus par la réalité de la « parité réseau » ;
- des modalités de financement éprouvées de type « *project finance* ».

Le modèle d'intervention des fonds EnR est d'apporter à une société de projet (i.e. dédiée à une infrastructure précise) une gamme relativement large de financements (de la dette junior au capital investissement - ou « equity »).

Les rentabilités nettes des investisseurs varient selon la nature de ce financement et du risque particulier au projet ; elles se situent entre 6 et 10 % à l'heure actuelle en Europe.

5. La prime de risque étant liée au pays et à la nature de la sécurisation du prix de l'électricité sur la zone, mais plus à la technologie.

Par ailleurs, en s'éloignant du modèle du capital risque, l'approche par transparence permet à un investisseur visé par la Directive Solvency II de réduire son besoin en capital réglementaire⁶.

Ainsi, la classe d'actifs des fonds EnR présente de nombreux avantages en termes d'investissements en fonds propres :

1. Les projets d'énergies renouvelables sont des actifs tangibles, liés à l'économie réelle, et répondant à des besoins directs de l'économie. Le rendement de ces investissements est principalement généré par les revenus des projets durant leur détention (cash flows stables et récurrents), et dans une moindre mesure par le prix de revente des participations (marché secondaire des actifs).
2. Le profil de risque est faible :
 - Des données historiques et statistiques sur les ressources renouvelables ;
 - Des technologies éprouvées et un long track-record de projets ;
 - Des contreparties fiables (équipementiers et sociétés de distribution et de fourniture d'électricité) ;
 - Un cadre contractuel stable et à long terme (buy side : contrats d'exploitation comme sell side : contrats d'achat d'électricité ou tarifs réglementés).
3. Des rendements attractifs et des perspectives de création de valeur avec un retournement de cycle économique, une hausse de prix de l'électricité et une demande importante pour des infrastructures "brownfield" (marché secondaire).

En proposant un ratio risque/rendement de marché, les fonds infrastructures dédiés aux EnR se sont progressivement imposés comme une stratégie naturelle d'allocation d'actifs vers une économie bas carbone. Par ailleurs, la diversité des fonds en termes de maturité, de nature des sous-jacents (marché primaire ou secondaire), de degré de risque (zone géographique, technologie) permet d'offrir une gamme de placements très large.

6. Dans la formule Standard, les fonds finançant des projets d'énergies renouvelables sont classés dans la catégorie « Other Equity » : le choc appliqué s'élève à 49 %. Il devrait très prochainement être revu entre 30 et 39 %. L'approche par transparence, recommandée par Solvabilité 2, consistant à séparer la part obligataire de la part action pour le risque de marché, va permettre d'affiner le besoin en capital et de bénéficier de l'effet de diversification, ce qui convient aux modalités de financement de projet sous-jacents des fonds EnR.

RENDRE COMPTE

Comment améliorer l'engagement du secteur financier ?

Pour un acteur engagé dans le financement d'une économie bas carbone, il s'agit aussi de rendre compte de l'exercice des responsabilités qui sont les siennes. Ce dernier chapitre présente ainsi les principes qui guident Mirova, filiale de Natixis Asset Management dédiée à l'investissement responsable, tant pour mesurer l'impact de ses investissements que pour améliorer la contribution de tous les acteurs engagés dans une économie bas carbone.

— 87 —

ENGAGER : leviers d'action du secteur financier en faveur d'une économie bas carbone	88
MESURER : une méthodologie carbone en ligne avec les enjeux d'un scénario 2°C	98

ENGAGER LEVIERS D'ACTION DU SECTEUR FINANCIER EN FAVEUR D'UNE ÉCONOMIE BAS CARBONE

Zineb Bennani

Responsable Gouvernance et Engagement



TABLE DES MATIÈRES

11 La transition vers une économie bas carbone : un enjeu pour les investisseurs de long terme	89	21 Comment l'engagement peut contribuer à une stratégie d'investissement de long terme en faveur d'une économie bas carbone ?	93
111 Principaux leviers en faveur d'une meilleure intégration des enjeux climat dans une stratégie d'investissement de long terme	89	211 Le financement de la transition vers une économie bas carbone : principal enjeu d'engagement pour les investisseurs de long terme	93
1111 Le changement climatique : un risque pour les investisseurs mais également une source d'opportunités	89	2111 Les leviers d'actions en faveur de la transition vers une économie bas carbone	93
1112 L'opinion publique : facteur de risque de réputation pour les investisseurs	90	2112 Rôle du secteur financier dans le financement de la transition vers une économie bas carbone	94
1113 Au-delà de la prise de conscience, l'anticipation du risque réglementaire	91	212 Intégration du risque climat dans les produits et services financiers	94
112 Quels leviers d'actions pour les investisseurs de long terme ?	92	213 Réallocation des capitaux vers l'économie bas carbone	95
1121 L'innovation financière au service de l'économie bas carbone	92	2131 Leviers de financement de l'économie bas carbone par type d'activité	95
1122 Stratégies d'intégration du risque climat dans les décisions d'investissement	93	2132 Stratégie d'engagement avec le secteur financier	96
		31 Conclusion	97

Aux confins d'enjeux environnementaux, sociétaux et économiques, le changement climatique fait peser un risque systémique sur l'ensemble des économies à l'échelle mondiale. Ne pas en tenir compte dans les décisions d'investissement et de financement, c'est prendre le pari de la destruction de valeur à long terme.

À l'aube de la 21^{ème} Conférence des Nations Unies pour le climat (COP 21), l'année 2015 aura suscité une mobilisation sans précédent en faveur de la lutte contre le changement climatique. De nombreux engagements ont été pris par les acteurs publics et privés pour tenter de limiter la hausse des températures à 2°C d'ici 2050, y compris par des acteurs longtemps réfractaires à tout engagement en ce sens. Cette mobilisation traduit donc l'importance des défis auxquels nous devons faire face dans les décennies à venir, mais aussi la prise de conscience de la nécessité d'accélérer la transition vers une économie bas carbone.

Si la trajectoire à suivre semble se dessiner sur le plan politique, la question du financement des stratégies d'atténuation et de mitigation du risque climat reste un enjeu majeur. L'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) estime les besoins annuels d'investissements supplémentaires pour limiter le réchauffement climatique à 2°C à 500 milliards de dollars entre 2010 et 2020, et entre 700 et 900 milliards de dollars de 2020 à 2050¹. Ces estimations ne tiennent toutefois pas compte des besoins supplémentaires pour les stratégies d'adaptation, dont on ne peut estimer le coût à ce stade. Or les engagements pris à ce jour sont loin de suffire. En outre, le financement continu d'une économie carbonée ne fera qu'accentuer les risques futurs, dont les coûts économiques et sociaux restent difficiles à évaluer dans la mesure où l'on peine à définir avec exactitude l'ensemble des impacts et des réactions en chaîne qui peuvent se produire.

Ainsi, la question du financement devient centrale pour accompagner la transition vers une économie bas carbone. Outre la nécessité de mobiliser des ressources financières supplémentaires, la réorientation des financements déjà existants vers les nouvelles technologies offrant des solutions aux enjeux climatiques est tout aussi cruciale, à la fois

pour atteindre les objectifs climatiques, mais aussi pour préserver les rendements futurs des investissements.

Dans ce cadre, le rôle des acteurs publics comme privés est central.

Les pouvoirs publics ont la responsabilité de créer un environnement à même de favoriser le fléchage des capitaux vers une économie bas carbone. Cela passe par la participation aux efforts de recherche et développement pour accélérer le passage vers les énergies vertes, mais aussi par la levée des freins encore existants au financement des stratégies climatiques. Plusieurs outils réglementaires et fiscaux peuvent être à ce titre mobilisés : réorientation des subventions en faveur des technologies vertes, taxe carbone, label pour les fonds verts, fiscalité de l'épargne en faveur des fonds verts, etc.

Les acteurs financiers, dont le rôle dans la stratégie de financement est capital, disposent également de plusieurs leviers pour contribuer à la transition vers une économie bas carbone : innovation bancaire et financière, réallocation des flux de capitaux vers les entreprises offrant des solutions aux enjeux climatiques, financement des technologies propres, financement des infrastructures vertes, etc.

Ainsi, seule la capacité des acteurs publics comme privés à penser à long terme et à anticiper les changements qui feront notre monde de demain permettra de développer les solutions innovantes à mêmes d'adresser les enjeux du changement climatique, et de contribuer au développement soutenable des économies.

Face à de tels enjeux, quel rôle pourraient jouer les investisseurs institutionnels ? De quels leviers disposent-ils pour contribuer à la transition vers une économie bas carbone ? Tel est l'objectif de cette étude qui s'inscrit dans le cadre de la nouvelle initiative d'engagement collaborative de Mirova, qui entend pleinement jouer son rôle d'investisseur responsable et d'agir en faveur du développement d'une nouvelle économie bas carbone.

1 | La transition vers une économie bas carbone : un enjeu pour les investisseurs de long terme

111 Principaux leviers en faveur d'une meilleure intégration des enjeux climat dans une stratégie d'investissement de long terme

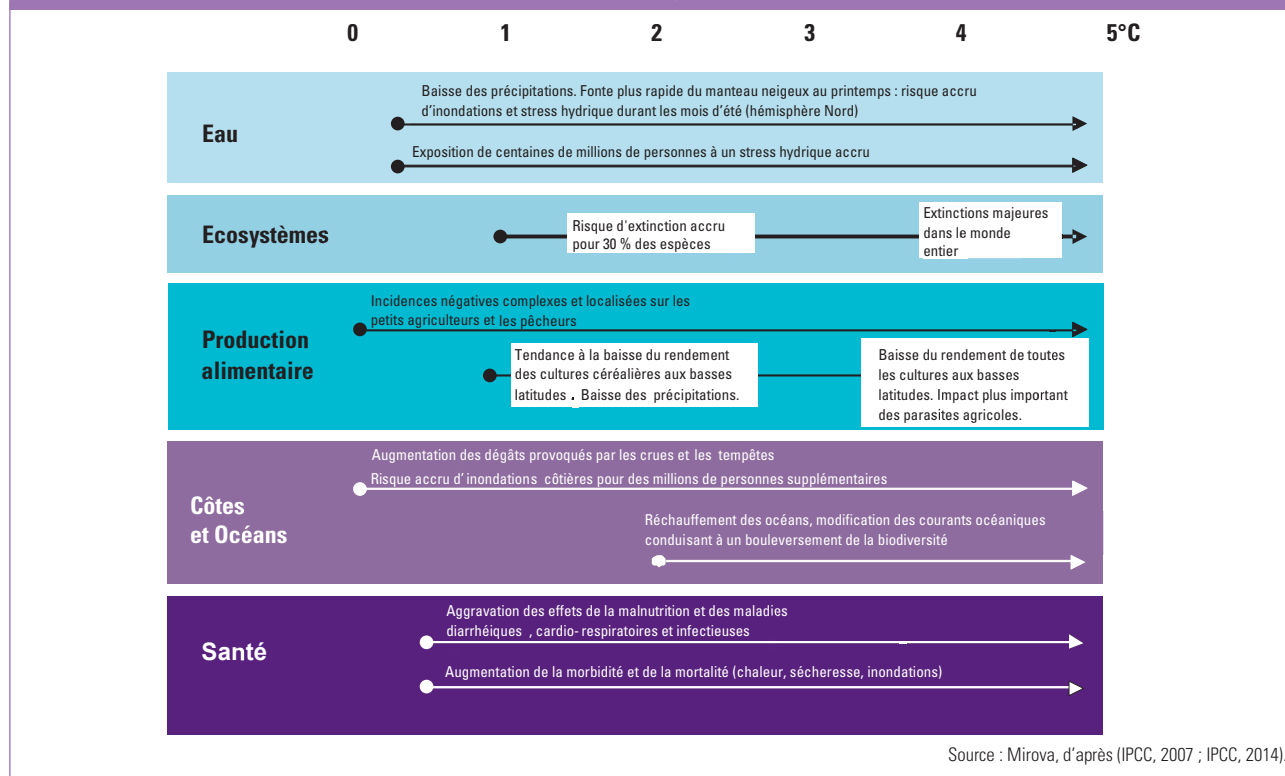
1111 Le changement climatique : un risque pour les investisseurs mais également une source d'opportunités

Le changement climatique présente des risques environnementaux, sociaux et économiques, dont les impacts

pourraient avoir des conséquences irréversibles sur l'ensemble des chaînes de valeurs, et affecter profondément le développement soutenable des économies à l'échelle mondiale. Le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat) considère qu'une élévation des températures à 2,5°C pourrait, sous toute réserve, avoir un impact de 2 à 20 points de base sur le PIB (produit intérieur brut) mondial, tandis qu'une hausse au-delà de cette trajectoire pourrait avoir des conséquences beaucoup plus importantes dont on ne peut chiffrer l'estimation ni sur le plan économique, ni écologique, ni social.

Le dérèglement climatique pourrait donc avoir des incidences, à différents degrés, sur l'ensemble des secteurs, et faire peser un risque systémique sur l'économie et

Figure 1. Les principales conséquences du changement climatique



— 90 — **la société dans son ensemble.** Dès lors, intégrer ce risque dans le modèle de développement économique des entreprises relève de leur durabilité, de même que l'adaptation des stratégies d'investissement pour tenir compte du risque carbone relève de la viabilité financière à long terme des passifs. En effet, la limitation de la hausse des températures à 2°C suppose une réévaluation des besoins en ressources fossiles à la baisse, de sorte à limiter les émissions de gaz à effet de serre au niveau du scénario de référence. Cette réévaluation devrait alors entraîner une dévaluation significative de la valeur boursière des sociétés pétrolières et minières.

Une théorie qui, malgré la contestation par certains acteurs du secteur énergétique, est loin d'être irréaliste si l'on se réfère au dernier rapport publié par Standard & Poor's en août 2015. **L'agence de notation crédit alerte en effet sur le déclin du marché du charbon, qui aurait d'ores et déjà perdu 20% de sa valeur depuis un an et 76 % sur 5 ans.** Anticipation des évolutions réglementaires, baisse de la demande chinoise, développement des énergies renouvelables, autant de facteurs qui impactent structurellement ce marché à long terme, et par conséquent les rendements des investissements correspondants.

Ainsi, même si les incertitudes sur les risques associés aux futurs scénarios climatiques et le faible prix actuel du carbone limitent la matérialisation à court terme du risque financier lié au changement climatique, l'investissement dans des secteurs intensifs en carbone aura, à terme, un impact direct sur la valeur des actifs qui se déprécieront à mesure que le marché intégrera ces risques dans les modèles de valorisation des entreprises. A contrario, **l'investissement dans des entreprises qui tiennent compte, dès à présent, du risque climatique dans leur stratégie de développement**, à travers l'intégration d'un prix carbone, l'anticipation des réglementations,

l'adaptation des modèles de production, la proposition de nouvelles solutions d'efficacité énergétique, ou encore le développement de technologies bas carbone, **peut représenter une opportunité pour les investisseurs dont les horizons d'investissement sont orientés vers le long terme.** cf. Étude Mirova. Comprendre : quelles solutions technologiques pour une économie bas carbone ?

1112 L'opinion publique : facteur de risque de réputation pour les investisseurs

Au-delà des accords gouvernementaux qui seront conclus, **la COP 21 aura indéniablement suscité une mobilisation sans précédent des acteurs économiques et financiers en faveur de la lutte contre le réchauffement climatique.** La multiplication des initiatives volontaires² des entreprises et des investisseurs dans le cadre de l'agenda des solutions en marge des négociations gouvernementales en est l'illustration concrète.

Côté entreprises, les différentes annonces participent d'un mouvement déjà amorcé depuis quelques années pour répondre à un renforcement progressif de la réglementation, et saisir les opportunités pouvant émerger du développement de nouveaux marchés en lien avec l'environnement. On notera toutefois une réelle rupture dans le discours des acteurs de l'industrie pétrolière, qui appellent collectivement pour un signal prix carbone permettant d'améliorer la compétitivité du gaz face au charbon.

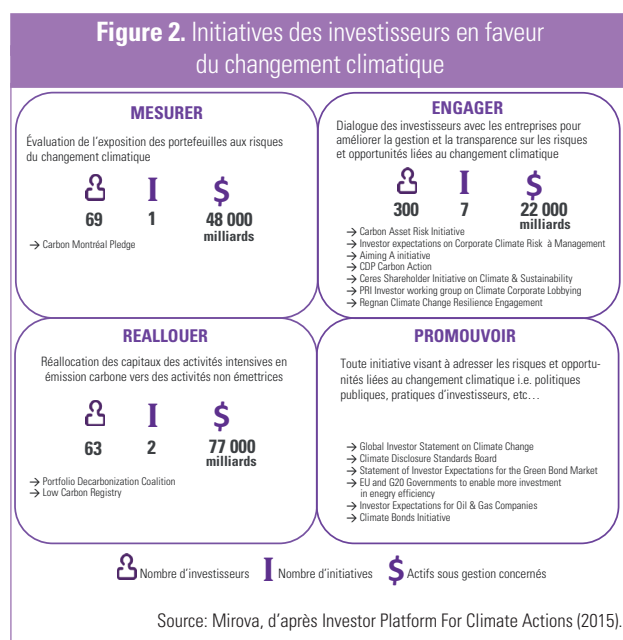
Le secteur financier, pour sa part, fait montre depuis plus d'un an d'une mobilisation plus importante sous la pression de la société civile.

2. Le NACZA, portail lancé lors de la COP 20 à Lima pour recenser les initiatives des secteurs publics et privés en faveur de la lutte contre le changement climatique en amont des accords gouvernementaux de la COP 21.

En effet, depuis 2012, les investisseurs sont soumis à des pressions grandissantes de la part de mouvements comme « GoFossilFree » portée par l'ONG 305.org, Divest / Invest menée par des institutions philanthropiques, ou « Keep it in the ground » portée par The Guardian. Leurs revendications visent le désinvestissement des entreprises les plus émettrices de gaz à effet de serre.

Grâce au soutien très important des universités américaines et européennes, des congrégations religieuses et des fondations, mais aussi au relai d'opinion dont ils ont bénéficié à travers les médias et les réseaux sociaux, ces mouvements ont réussi à influencer les stratégies d'investissements de plusieurs universités, fonds de pension et investisseurs privés, qui ont pris des engagements publics en faveur du désinvestissement dans le charbon et/ou les énergies fossiles plus largement. Ainsi, on recense plus de 18 universités détenant plus de 19 milliards d'euros d'actifs sous gestion ayant déjà pris des engagements au désinvestissement des entreprises ciblées, auxquelles viennent se rajouter les actifs de l'Église d'Angleterre (12,4 milliards € d'actifs), et ceux des grandes villes américaines (18,4 milliards € d'actifs). La puissance de ces mouvements est telle qu'elle a entraîné dans son sillage les acteurs du secteur financier. Les engagements pris par ces derniers témoignent de l'importance du double risque carbone / réputation auquel ils sont exposés.

En effet, la plateforme des investisseurs en faveur d'une action pour le climat lancée en mai 2015 lors de la « Climate Week » par 7 organisations influentes dans le secteur de la finance (PRI³, IIGCC⁴, CDP⁵, INCR⁶, IGCC⁷, UNEP FI⁸, AIGOCC⁹) recense plus de **17 initiatives regroupant 400 investisseurs, qui représentent 25 000 milliards de dollars d'actifs**. Ces initiatives sont classées en 4 catégories : mesurer, engager, réallouer, promouvoir.

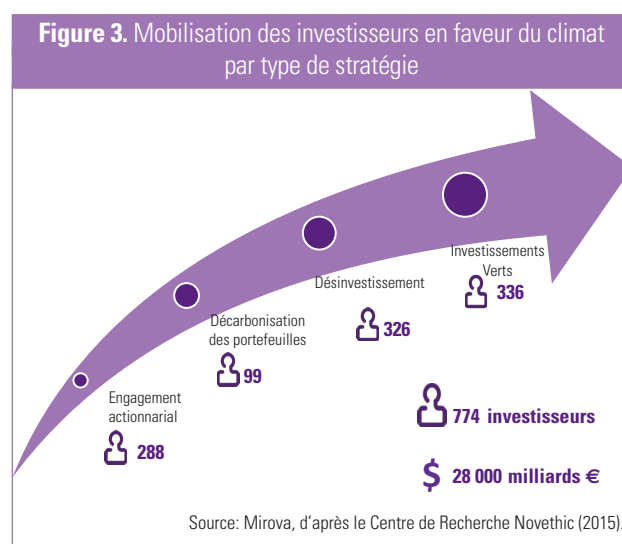


Parmi celles-ci, deux initiatives sont considérées comme particulièrement stratégiques pour le secteur financier et l'industrie de la gestion d'actifs. Il s'agit du « Montreal Pledge

Carbon », lancé sous l'égide des PRI, et le « Portfolio Decarbonization Coalition », portée par l'Unep FI. Lancées en septembre 2014 lors du Sommet des Nations Unies en faveur du climat, ces initiatives ont pour objectif d'inciter les investisseurs à mesurer l'empreinte carbone de leurs portefeuilles, et à décarboner leurs investissements. **Une novation dans le secteur de la gestion d'actifs qui introduit une réelle inflexion dans les stratégies d'investissement des acteurs financiers en faveur d'une économie bas carbone.**

A côté de ces initiatives se sont également multipliées les annonces des banques, des assureurs, et des grands fonds de pensions européens et américains en faveur du **désinvestissement dans le charbon** (Axa, Crédit Agricole, Bank of America, le Fonds Norvégien, etc.) et **d'une augmentation des investissements dans les actifs bas carbone** (Axa, APG, PensionDanemark, Calsters pour un montant total de 34 Mds \$).

Novethic recense par ailleurs plus de **774 investisseurs** représentant **28 000 milliards €** d'actifs sous gestion, engagés en faveur du climat à travers 4 grandes stratégies : **l'engagement actionnarial, la décarbonation des portefeuilles, le désinvestissement, les investissements verts.**



Cette mobilisation croissante reflète donc la prise de conscience du risque climatique par la communauté financière et économique, et amorce le début d'une réelle révolution énergétique en faveur d'une croissance plus résiliente aux changements climatiques, pour laquelle la société civile aura sans doute été un vecteur essentiel au niveau institutionnel mais également politique.

1113 Au-delà de la prise de conscience, l'anticipation du risque réglementaire

Sous la pression de la société civile et avec la prise de conscience du risque climatique comme facteur de risque systémique, la réglementation sur le climat devrait progressivement se renforcer. La France a d'ailleurs ouvert la voie avec l'adoption de la loi sur la transition énergétique et la

3. PRI: Principles for Responsible Investment. 4. IIGCC: Institutional Investors Group on Climate Change. 5. CDP: Carbon Disclosure Project. 6. INCR: Investor Network on Climate Risk. 7. IGCC: Investor Group on Climate Change. 8. UNEP FI: United Nations Environment Program Finance Initiative. 9. AIGOCC: Asia Investor Group On Climate Change.

croissance verte, qui introduit de nouvelles obligations pour les émetteurs et les investisseurs. Ainsi, dans le cadre de l'article 173 de la loi sur la transition énergétique et écologique, les émetteurs devront désormais « rendre compte des risques financiers liées aux effets du changement climatique et des mesures qu'ils prennent pour les réduire en mettant en œuvre une stratégie bas-carbone dans toutes les composantes de leur activité ». Les investisseurs devront de leur côté calculer et publier l'empreinte carbone des portefeuilles. Par ailleurs, le gouvernement français vient d'annoncer le lancement d'un label « transition énergétique et climat » qui aura pour objectif de rendre visible auprès du grand public les fonds dont les flux d'investissement sont orientés vers le financement de l'économie verte.

Au Royaume-Uni, la Banque d'Angleterre a été mandatée pour étudier le rôle des assureurs dans la prévention du risque climatique.

La Commission Européenne travaille sur la question de la responsabilité fiduciaire des investisseurs face aux enjeux du changement climatique. Un projet qui s'intègre dans une réflexion plus large sur la relance de la croissance économique au sein de la zone européenne, témoignant de l'enjeu du changement climatique pour le développement soutenable des économies européennes.

Au niveau international, le G20 a mandaté récemment le FSB (ou Conseil de Stabilité Financière – groupement économique international créé post crise en 2009) pour identifier les pistes sur la manière dont le secteur financier peut tenir compte des enjeux liés au risque climatique.

Par ailleurs, la mobilisation des politiques en faveur du climat semble également prendre un tournant nouveau plus engagé et affirmé. L'inflexion dans les politiques climatiques de pays autrefois réfractaires comme les États Unis ou la Chine en est l'exemple concret.

Ainsi, on ne peut ignorer le risque d'un renforcement réglementaire qui impacterait l'ensemble des acteurs économiques à différentes échelles. Un accord international des États autour d'un signal prix carbone reste une éventualité et ce malgré les obstacles qui se dressent aujourd'hui devant la mise en place d'un tel dispositif à l'échelle internationale.

Outre ce risque carbone, des politiques climatiques à l'échelle nationale en faveur du développement des énergies propres ne seraient pas non plus sans conséquence sur les équilibres économiques actuels.

Risque carbone, risque de réputation et risque réglementaire: autant de facteurs qui justifient la prise en compte des enjeux climatiques dans les stratégies d'investissement. Certains acteurs ont d'ores et déjà amorcé des stratégies en ce sens, démontrant la capacité d'innovation et d'adaptation du secteur financier face aux enjeux du changement climatique.

112 Quels leviers d'actions pour les investisseurs de long terme ?

11211 L'innovation financière au service de l'économie bas carbone

Au delà de la reconnaissance du changement climatique comme un facteur de risque pour les investisseurs, la prise en compte du risque climat dans les stratégies d'investissement se heurte à plusieurs barrières :

1. **La différence de temporalité entre les impacts physiques et économiques du changement climatique**, qui sont plutôt à échéance long terme, **et les horizons d'investissement des marchés financiers** orientés vers le court terme.
2. **La prévalence des stratégies d'investissement passives ou indicielles** qui conduiraient, en cas de décarbonation réelle et significative des portefeuilles, à un dépassement des limites d'écart avec les indices de référence actuels (tracking error).
3. **Le manque de transparence des entreprises sur leur propre exposition au risque carbone**, ou à l'inverse **sur leurs stratégies en matière de développement de produits verts**.
4. **Les limites méthodologiques du calcul de l'impact carbone** des investissements, souvent restreint aux scopes 1 et 2 des émissions.
5. **Le manque de méthodologies adéquates de mesure de l'impact climat** sur les performances et les risques des portefeuilles.

Ces limites, malgré leur importance, commencent à être progressivement levées avec la prise de conscience de l'impact financier du risque carbone, l'innovation financière et l'évolution réglementaire.

A ce titre, on peut citer trois avancées :

- Le développement des investissements bas carbone, que ce soit via des stratégies actions ambitieuses, le développement des obligations vertes, les infrastructures d'énergies renouvelables ou l'immobilier bas carbone voire à énergie positive.
- Le développement de méthodologies de calcul de l'impact carbone plus robustes et tenant compte à la fois des émissions induites et évitées tout au long du cycle de vie des produits. Un premier pas qui favorisera l'intégration du risque carbone dans les stratégies d'investissement et la transition vers des investissements bas carbone.
- L'introduction d'obligations en matière de transparence pour les émetteurs sur l'impact carbone des produits et services proposés (en France, article 173 de la transition énergétique), qui donneront plus de visibilité aux investisseurs sur les choix d'investissement à mêmes de contribuer à une croissance soutenable.

11212 Stratégies d'intégration du risque climat dans les décisions d'investissement

Ces avancées ouvrent la voie vers une meilleure intégration du risque climat dans les stratégies d'investissement et ce à travers cinq leviers majeurs pouvant être activés de manière séparée ou combinée :

→ Orientation des investissements vers des actifs favorisant la transition vers une économie bas carbone

Cela peut passer par le financement d'infrastructures vertes, de technologies propres, ou des projets visant à réduire les émissions de carbone. Le portage peut être fait par des véhicules d'investissement dédiés aux infrastructures ou via des obligations vertes dédiées à des projets à impact environnemental positif et mesurable.

→ Évolution des modèles de construction des portefeuilles en ligne avec un scénario 2°C

Cela peut passer par deux leviers complémentaires :

1. **L'allocation sectorielle** : en rééquilibrant la composition des portefeuilles en faveur des secteurs contribuant à la transition vers une économie bas carbone (macro secteurs des énergies renouvelables, et de la transition énergétique), et au détriment des secteurs intensifs en carbone (pétrole, charbon, gaz, etc.), de sorte à obtenir un mix énergétique du portefeuille aligné avec un scénario 2°C.
2. **La sélection des valeurs** : en favorisant les acteurs qui proposent des solutions technologiques, des produits ou des services répondant aux enjeux du développement durable.

→ Désinvestissement des énergies fossiles

En excluant des secteurs fortement émetteurs en gaz à effet de serre et pouvant mettre en risque toute stratégie de limitation de la hausse des températures à 2°C, comme le charbon ou le pétrole.

→ Mesure d'impact carbone

La mesure de l'empreinte carbone des investissements est un premier pas en faveur de la transition vers des stratégies moins intensives en carbone. La prise de conscience des émissions induites et évitées des financements permet d'intégrer progressivement ce risque dans les décisions d'investissement et de définir progressivement des objectifs de réduction de l'empreinte carbone des portefeuilles.

→ L'engagement

Investissement dans les obligations vertes, rééquilibrage des portefeuilles en faveur des technologies propres, désinvestissement des secteurs intensifs en carbone, gestion indiciaire bas carbone, etc. Autant de leviers qui peuvent être actionnés pour agir en faveur d'une économie bas carbone suivant

la stratégie, l'horizon d'investissement, et le degré d'aversion au risque climat. La palette de solutions est large, et permet de répondre aux contraintes des différentes catégories d'investisseurs. A côté des mesures impactant de manière directe les stratégies de financement et donc l'allocation du capital vers une économie bas carbone, les actions d'engagement actionnarial peuvent représenter une réponse collective appropriée pour encourager les entreprises à tenir compte des risques climatiques dans leurs propres décisions d'investissement.

2 | Comment l'engagement peut contribuer à une stratégie d'investissement de long terme en faveur d'une économie bas carbone ?

211 Le financement de la transition vers une économie bas carbone : principal enjeu d'engagement pour les investisseurs de long terme

2111 Les leviers d'actions en faveur de la transition vers une économie bas carbone

La transition vers une économie bas carbone nécessite une accélération des politiques climatiques afin de réduire d'une part les émissions de gaz à effet de serre, et d'adapter d'autre part les modèles de développement des économies au changement climatique. La mise en œuvre de ces ambitions nécessite des actions ciblées et coordonnées sur 3 volets : réglementaire, solutions, financement.

- **Sur le volet réglementaire**, il s'agit de fixer des objectifs énergie / climat, de soutenir le développement de nouvelles technologies d'efficacité énergétique, et de mettre en place les incitations adéquates pour orienter les capitaux vers une économie bas carbone.
- **Sur le volet solutions**, il s'agit d'accélérer le développement des énergies vertes et des nouvelles technologies qui feront le système énergétique de demain, ainsi que les innovations qui contribueront à la réduction de la dépendance aux énergies fossiles pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.
- **Sur le volet financement**, il s'agit essentiellement de réorienter les flux de capitaux et la création monétaire vers les solutions bas carbone et de soutenir le développement des filières énergétiques propres.

Soutien politique, implications des acteurs industriels, et contribution des acteurs financiers faciliteront l'émergence d'un nouveau modèle économique bas carbone. Sur le plan réglementaire, la 21^{ème} conférence des partis a créé une émulation politique sans précédent, témoignant de la prise de conscience de la mesure des enjeux. Des engagements ont été formulés et des lois comme celle de la transition énergétique et écologique en France émergent, traçant la voie vers une économie bas carbone.

Les acteurs privés du monde industriel se sont également saisis des sujets et la révolution technologique est en ordre de marche. Filières d'énergies renouvelables, véhicule électrique, systèmes de réseaux intelligents, solutions d'efficacité énergétique dans le bâtiment, etc. Autant de solutions qui démontrent la capacité d'innovation des industriels et d'adaptation aux changements climatiques.

Ces avancées sont certes encourageantes, mais ne constituent que le commencement du chemin vers une économie bas carbone. Les défis sont à la hauteur des enjeux et la mobilisation doit s'accroître et s'accélérer pour atteindre les objectifs des scénarios de référence.

Demeure par conséquent le volet financement, point d'achoppement de la politique climatique. La mobilisation du secteur financier demeure insuffisante alors même qu'elle est essentielle pour répondre aux enjeux posés par le changement climatique au regard de son poids économique, et de sa capacité à réorienter les flux de capitaux vers les solutions d'atténuation et d'adaptation au risque climatique. Selon l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie), sur les 1 600 Mds \$ investis dans l'énergie en 2013, seuls 250 Mds \$ ont été alloués aux énergies renouvelables, alors que les besoins de financements se chiffrent aux alentours de 690 Mds \$ dans le cadre d'un scénario 2°C.

Parallèlement, une part prépondérante des investissements dans l'énergie, 1 100 Mds \$, correspond aux investissements dans les énergies fossiles (extraction et transport, raffinage ou encore construction de centrales électriques carbo-intensives). Si l'on projette ces estimations jusqu'en 2035, l'approvisionnement en énergie représentera 40 000 Mds \$ dont la moitié sera dédiée à la recherche de nouveaux puits d'hydrocarbures ou encore à la construction de centrales devenues obsolètes.

Considérant les investissements actuels dans les réserves d'énergies fossiles et les équipements intensifs en carbone, l'allocation du capital semble inefficace et doit être réorientée vers des actifs bas carbone pour répondre aux enjeux du changement climatique. La création monétaire, à défaut de signal prix carbone satisfaisant, est également neutre, alors que la responsabilité des acteurs commande de mettre en œuvre des politiques appropriées.

Ainsi, le secteur financier se retrouve au cœur des enjeux climatiques du fait de son exposition au risque carbone, et de son rôle de financeur. En outre, son poids dans les indices boursiers mondiaux (20 % du MSCI World et 47 % du l'indice obligataire IBxx), expose les investisseurs à un risque financier important justifiant la nécessité d'engager avec ce secteur pour préserver la valeur long terme des investissements.

21112 Rôle du secteur financier dans le financement de la transition vers une économie bas carbone

Comme vu précédemment, les acteurs du secteur financier intègrent progressivement les enjeux du risque climatique. Les engagements de désinvestissement des sociétés les plus émettrices en carbone, de calcul de l'empreinte carbone des portefeuilles, d'investissements dans des

obligations vertes, ou encore d'augmentation des investissements dans les énergies propres en sont des illustrations concrètes.

Ces mesures demeurent néanmoins insuffisantes, comme le relève l'UNEP-FI dans un document de travail intitulé « Risque climatique et économie mondiale ». L'organisation estime en effet que la plupart des institutions financières n'ont pas encore pris la mesure des enjeux climatiques et ne l'intègrent que très peu dans leur processus de décision.

Ainsi, la priorité pour ce secteur sera de définir une stratégie climat intégrée c.a.d reposant sur la prise en compte des risques mais aussi des opportunités issues du changement climatique. Cela suppose d'identifier les zones de risque par métier et de les intégrer dans les processus opérationnels, mais aussi de définir des objectifs ambitieux de financement de l'économie bas carbone.

212 Intégration du risque climat dans les produits et services financiers

L'impact du risque climat sur le secteur financier sera différent suivant les métiers. A court terme, nous identifions deux principales sources de risque :

→ **Risque réglementaire** : les engagements des États en faveur de la limitation des émissions de gaz à effet de serre se traduiront fort probablement par de nouvelles contraintes pour les acteurs économiques afin de garantir l'atteinte des objectifs fixés. Le secteur financier peut être impacté de manière directe à travers la matérialisation du risque carbone, ou de manière indirecte via ses activités de financement et d'investissement dans les différents secteurs économiques.

→ **Risque de réputation** : la mobilisation de la société civile en faveur de la lutte contre le changement climatique fait peser un risque croissant sur le secteur financier, qui se retrouve au cœur des campagnes de désinvestissement des énergies fossiles. Ces campagnes pourraient d'ailleurs prendre des ampleurs plus importantes à mesure que les effets du changement climatique se manifestent.

À plus long terme, les acteurs financiers sont également exposés aux risques liés au changement climatique, dont les impacts sont plus difficiles à identifier. Il n'en demeure pas moins que l'intégration de ces risques dans les stratégies d'investissement et de financement est indispensable, au regard des risques potentiels discutés plus en amont, et de l'impératif besoin d'atténuer les risques climatiques pour la croissance soutenable des économies.

Ainsi, la matérialisation des risques carbone et climat se traduiront par des dommages financiers relativement importants suivant la nature des métiers c.à.d. baisse de la rentabilité pour les métiers de financement, dépréciation de la valeur des actifs pour les métiers de la gestion d'actifs et de l'assurance, ou défaut de contrepartie pour les métiers de prêts, etc.

Cf. Tableau 1 : Principaux Risques carbone et climat par type d'activité.

Figure 4. Principaux risques carbone et climat par type d'activité

	Principales activités exposées au risque carbone / climat	Nature du risque
Activités d'investissement et de financement regroupe les activités d'investissement et financement de projets et d'entreprises	- Financement d'installations relatives à des actifs carbonés qui ne pourront pas être brûlés. (stranded asset) - Financement de secteurs fortement exposés au risque de réglementation sur les émissions de gaz à effet de serre i.e. charbon - Investissement dans les entreprises exposées au risque climat	- Risque de baisse des rendements des investissements - Risque de défaut - Risque de réputation
Activités d'épargne regroupe l'ensemble des activités d'investissement à travers les différentes classes d'actifs i.e. actions, obligations, etc.	- Exposition des investissements aux actifs carbonés qui ne pourront pas être brûlés. (stranded asset) - Investissements en actions ou dette dans les acteurs fortement exposés au risque de réglementation sur les émissions de gaz à effet de serre / ou risque climat	- Risque de dépréciation des actifs - Risque de contentieux relatif à la responsabilité fiduciaire des investisseurs - Risque de réputation
Assurance Regroupe les activités d'assurance vie et non vie, ainsi que les activités de gestion d'actifs	- Exposition au risque carbone / climat via les produits d'assurance ou d'épargne	- Risque de dépréciation des actifs - Risque de réputation

Source : Mirova.

Pour limiter les impacts sous-jacents à ces risques, plusieurs mesures peuvent être adoptées :

- réalisation d'une cartographie des risques par type de métier et par secteur d'activité ;
- identification des impacts carbone associés aux clients et/ou produits ;
- mise en place de politiques sectorielles contraignantes ;
- intégration des risques climat dans les processus de décision d'investissement ou de financement ;
- mesure et suivi des impacts carbone ;
- collaboration avec les acteurs économiques pour les inciter à intégrer les risques climatiques dans leur stratégie de développement.

Au-delà de la prise en compte des risques, il s'agira également de contribuer au développement d'une économie bas carbone afin d'atténuer les risques climatiques.

2I3 Réallocation des capitaux vers l'économie bas carbone

2I3I1 Leviers de financement de l'économie bas carbone par type d'activité

Le financement de la transition vers une économie bas carbone suppose deux stratégies :

- désinvestissement partiel ou total des acteurs très émetteurs en gaz à effet de serre,
- investissements massifs dans les solutions d'atténuation ou d'adaptation au changement climatique i.e. énergies et technologies propres, financement des projets ou infrastructures vertes, solutions d'efficacité énergétique, etc.

Il s'agit donc essentiellement d'une réallocation des capitaux des secteurs intensifs en carbone vers des secteurs propres. Les formes de financement et véhicules peuvent être très variés i.e. investissement dans les actions d'entreprises soutenables, obligations vertes, projets d'infrastructures, dérivés climatiques, etc.

De manière plus spécifique, la contribution des différents métiers de la banque au financement de la transition énergétique peut se matérialiser comme suit :

→ les banques de détail

Via leur activité de collecte de dépôts, de gestion des prêts et de conseils en produits d'épargne auprès d'une clientèle de particuliers et de petites entreprises, les banques de détail peuvent proposer des offres d'éco-prêts aux particuliers pour l'acquisition de biens immobiliers respectant des normes environnementales élevées, la réalisation de travaux d'efficacité énergétique, ou encore l'achat de véhicules électriques. Elles peuvent également proposer des produits d'épargne orientés vers le financement de l'économie bas carbone.

→ les banques de financement et d'investissement

Les banques de financement et d'investissement sont un acteur clé du financement de la transition énergétique. Du fait de la diversité de leurs activités, et de l'importance de leurs capacités financières, ces acteurs disposent de leviers importants pour la réallocation des capitaux vers des entreprises et/ou secteurs bas carbone. Cela peut passer par l'investissement en dette ou en capital dans les technologies propres, le financement de projets dans les énergies renouvelables, l'origination des obligations vertes, ou encore la création d'indices bas carbone.

→ les sociétés de gestion

Ces acteurs disposent également de moyens de financement considérables et de leviers importants à travers : le développement de produits d'épargne à impact environnemental mesurable comme les fonds thématiques

ciblés, les fonds d'obligations vertes, les fonds de projets infrastructures vertes, les fonds de projets en énergies renouvelables, etc.

→ les assureurs

Les métiers de l'assurance portent principalement sur l'identification et la gestion des risques. Pour les activités d'assurance, des produits assortis de primes avantageuses corrélées au bénéfice climat peuvent contribuer aux objectifs du changement climatique. Pour les activités d'investissement, leur levier sera identique à celui des sociétés de gestion.

21312 Stratégie d'engagement avec le secteur financier

Comme vu précédemment, l'intégration des enjeux du changement climatique par le secteur financier peut passer par deux mécanismes :

→ La prise en compte des risques liés au changement climatique dans les produits et services proposés pour l'ensemble des métiers ;

→ La réallocation des financements vers les solutions favorisant l'atténuation et l'adaptation au changement climatique.

Partant de ce constat, la stratégie d'engagement avec le secteur financier peut s'articuler autour de 3 axes majeurs :

Axe 1 : Transparence de l'exposition de la banque au risque carbone et climat pour l'ensemble de ses activités.

Il s'agira pour les acteurs financiers de mesurer d'une part les impacts carbone associés à leurs produits et services de financement et/ou d'investissements, mais aussi d'évaluer leur exposition au risque climat au regard de leur diversification sectorielle.

Axe 2 : Définition d'une stratégie climat adaptée aux métiers de la banque et communication des objectifs associés.

Il s'agira d'encourager les acteurs financiers à définir une stratégie climat qui constituera la feuille de route en matière d'intégration des enjeux du changement climatique dans les métiers de la banque.

Axe 3 : Communication des objectifs de contribution au financement de l'économie bas carbone.

Il s'agira d'encourager les acteurs financiers à prendre des engagements en matière de financement de l'économie bas carbone et à les communiquer publiquement.

La déclinaison de ces axes d'engagement pour les grands métiers de la banque se présente ainsi :

Figure 5. Déclinaison des axes d'engagement avec le secteur financier sur le financement de la transition énergétique par grands métiers

	Axe 1 Transparence de l'exposition au risque carbone et climat	Axe 2 Définition d'une stratégie climat adaptée aux métiers et communication des objectifs associés	Axe 3 Communication des objectifs de contribution au financement de l'économie bas carbone
Banque Investissement et de financement - Financement des entreprises - Financement de projet - Solutions financières à destination des entreprises	- Identification des enjeux environnementaux et sociaux par secteur / type de projet / zone géographique. - Évaluation de l'exposition des financements/investissements au risque climat et carbone. - Évaluation de l'empreinte carbone des financements / investissements.	- Définition d'une stratégie climat pour les activités de financement et d'investissement intégrant : - des politiques sectorielles d'atténuation et d'adaptation au risque climat, - des objectifs en matière de réduction de l'empreinte carbone des investissements/ financements, - des objectifs d'intégration des enjeux climat dans les processus de décision sur les financements à réaliser i.e. intégration du coût carbone dans les rendements des investissements, - des objectifs en matière de financement des actifs verts. → - Définition d'une stratégie de financement de l'économie bas carbone i.e. développement du marché des obligations vertes, financement des technologies vertes.	- Mise en place d'un reporting sur la mise en œuvre de la stratégie climat en intégrant : - la mesure de l'impact carbone des financements / investissements, - la part des investissements/ financements dédiés à la transition vers une économie bas carbone.
Gestion d'actifs - Investissements pour compte de tiers dans les actions, obligations corporate ou souverain, projets, etc.	- Identification des enjeux environnementaux et sociaux par secteur / projet. - Évaluation de l'exposition des financements/investissements au risque climat et carbone. - Évaluation de l'empreinte carbone des financements / investissements.	- Définition d'une politique d'investissement responsable intégrant des objectifs en matière : - d'allocations de l'épargne vers des actifs verts i.e. fonds transition énergétique, fonds d'obligations vertes, etc., - d'intégration des enjeux climat dans la construction des portefeuilles et l'allocation des actifs, - de réduction de l'impact carbone des investissements, - d'engagement avec les émetteurs pour une intégration plus large du risque climat dans les stratégies de développement de leurs activités. →	- Publication d'un reporting sur la mise en œuvre de la politique d'investissement responsable intégrant : - la mesure de l'impact carbone des investissements, - la part des investissements dédiés aux solutions orientées vers une économie bas carbone, - les initiatives d'engagement en faveur de la lutte contre le changement climatique et la transition vers une économie bas carbone.
Assurance - Assurance de biens et de personnes - Gestion d'actifs	- Identification de l'exposition des investissements aux enjeux climat. - Évaluation de l'exposition des investissements au risque climat et carbone. - Évaluation de l'empreinte carbone des investissements. →	- Définition d'une politique d'assurance responsable intégrant des objectifs en matière : - gestion du risque climat dans les produits d'assurance, - prise en compte des enjeux climat / carbone dans les investissements (cf. gestion d'actifs). - Contribution à la recherche scientifique pour identifier les risques et opportunités du changement climatique.	Cf. gestion

Source : Mirova.

3 Conclusion

Le changement climatique est source de risques importants mais aussi d'opportunités pour les acteurs qui anticiperont les évolutions qui en découleront tant sur le plan économique, que sociétal. Par ailleurs, la transition vers une économie bas carbone ne pourra s'opérer sans un portage politique fort, des innovations technologiques audacieuses, et une stratégie de financement ambitieuse. Pouvoirs publics, acteurs privés et financiers ont tous un rôle primordial à jouer dans cette révolution.

Le secteur financier plus particulièrement, de par son rôle central dans le financement de l'économie, est au cœur du dispositif. Son engagement dans la lutte contre le changement climatique sera déterminant pour tracer la voie de la croissance économique et du développement que connaîtra la société de demain. Les défis sont à la hauteur des enjeux et la mobilisation des acteurs financiers sera la clef du succès.

Mirova, en tant qu'investisseur responsable, entend jouer pleinement son rôle dans la transition vers une économie bas carbone. Outre ses choix d'investissement privilégiant les produits et services répondant aux enjeux du développement durable, sa mobilisation pour la définition d'une méthodologie robuste de mesure de l'empreinte carbone de ses investissements, et son engagement au côté des régulateurs pour développer les mécanismes à même de contribuer à la transition vers une économie bas carbone, **Mirova souhaite aujourd'hui mobiliser le secteur financier autour de l'enjeu d'une économie bas carbone.**

La stratégie d'engagement sera mise en œuvre avec le soutien des membres de sa plateforme d'engagement, et s'articulera autour de deux objectifs majeurs :

- **Inciter les acteurs à intégrer le risque climat et carbone dans les activités de financement et d'investissement, et**
- **Réorienter les capitaux vers une économie bas carbone.**

MESURER UNE MÉTHODOLOGIE CARBONE EN LIGNE AVEC LES ENJEUX D'UN SCÉNARIO 2°C

Manuel Cœslier

Analyste Carbone, doctorant

Esther Finidori

Manager, Carbone 4

Contributeur : Ladislav Smia, Responsable adjoint
Recherche ISR



TABLE DES MATIÈRES

1 Pourquoi développer une nouvelle méthodologie carbone ?	99	4 Agrégation des résultats	103
2 Présentation des principaux indicateurs	100	4.1 Entreprise	103
2.1 Émissions induites	100	4.2 Portefeuille	103
2.2 Émissions évitées	101	4.2.1 élimination des doubles comptes	103
2.3 Carbon Impact Ratio	101	4.2.2 Agrégation des résultats quantitatifs	104
2.4 Indicateur qualitatif	101	4.2.3 Note qualitative globale	104
3 Principes de calcul	101	5 De la mesure d'impact à la réorientation des investissements	104
3.1 Sectorisation de l'économie autour de la Transition énergétique	101		
3.2 Indicateur quantitatif	102		
3.3 Indicateur qualitatif	103		

Il existe aujourd'hui des attentes fortes sur la mesure d'impact carbone. Les initiatives volontaires comme – peu à peu – la législation poussent les investisseurs institutionnels à se pencher sur cette question de l'impact des portefeuilles sur le climat et la transition énergétique. Néanmoins, les méthodologies actuelles de mesure de l'empreinte carbone ne sont pas suffisantes pour juger de la contribution d'un portefeuille d'investissement à ces enjeux. Ces approches, ne retenant pas une vision « cycle de vie » de l'empreinte carbone, ont en particulier le défaut de ne pas prendre en compte les émissions liées aux produits et services des entreprises. Leur impact sur le climat est pourtant crucial dans de nombreux secteurs, que ce soit positivement pour les énergies renouvelables et les solutions d'efficacité énergétique, ou négativement pour les énergies fossiles.

Suite à ce constat, Mirova et Carbone 4 ont décidé de créer un partenariat afin de développer une nouvelle méthodologie capable de fournir une mesure carbone en ligne avec les enjeux d'une économie bas-carbone : Carbon Impact Analytics (CIA).

Principes méthodologiques

La méthodologie CIA se focalise principalement sur trois indicateurs :

- une mesure des émissions « induites » par l'activité de l'entreprise dans une approche « cycle de vie » prenant en compte les émissions directes mais aussi celles des fournisseurs et des produits,

- une mesure des émissions « évitées » grâce aux efforts d'efficacité ou au déploiement de solutions « vertes »,
- une évaluation globale prenant en compte, en plus des éléments de mesure carbone, des informations additionnelles sur la trajectoire d'évolution de l'entreprise comme la nature des investissements ou de la R&D.

Afin de réaliser ces évaluations, la méthodologie se base sur une approche « bottom-up » où chaque entreprise est examinée individuellement selon une grille d'analyse adaptée à chaque secteur d'activité. Un focus particulier est réalisé sur les entreprises ayant un impact important sur le climat : les producteurs d'énergie, les secteurs carbo-intensifs (industrie, bâtiment, transport) et les fournisseurs d'équipements et de solutions bas-carbone. Ces évaluations sont ensuite agrégées à l'échelle du portefeuille en retraitant les problématiques de doubles comptes.

Un indicateur, et après ?

En adoptant une vision « cycle de vie » prenant en compte les émissions induites et les émissions évitées, la méthodologie CIA est un baromètre fiable pour mesurer la contribution des investissements aux enjeux de la transition énergétique. Une fois les diagnostics rendus publics, les acteurs financiers feront face à une pression croissante afin d'améliorer leur « performance carbone ». Dès lors, cette mesure s'accompagnera nécessairement dans la durée d'une action renforcée sur les stratégies d'investissement bas-carbone.

1 Pourquoi développer une nouvelle méthodologie carbone ?

Les initiatives récentes, comme le Montreal Carbon Pledge ou la Portfolio Decarbonisation Coalition, montrent l'intérêt croissant des investisseurs pour la production d'un reporting carbone¹ sur les portefeuilles d'investissement. En France, cet intérêt, volontaire, est désormais rendu obligatoire pour la première fois dans le monde : « [Dès l'exercice clos en décembre 2016] les sociétés d'investissement [...] mentionnent dans leur rapport annuel et mettent à disposition de leurs souscripteurs une information sur les moyens mis en œuvre pour contribuer à la transition énergétique et écologique. [...] L'exposition aux risques climatiques, **notamment la mesure des émissions de GES associées aux actifs détenus [...] et la contribution au respect de l'objectif de limitation du réchauffement [...] »**² font partie de cette information.

Les méthodologies existantes se concentrent essentiellement sur les émissions directes (scope 1 + scope 2) et traitent rarement des émissions indirectes (scope 3), en particulier les émissions liées à l'utilisation des produits vendus. Ces choix méthodologiques s'expliquent principalement par deux raisons. D'une part, la comptabilisation des émissions en approche cycle de vie crée des problèmes de double-comptage : la même tonne de carbone est attribuée à plusieurs entreprises différentes et donc comptée plus d'une

fois. Le retraitement de ces double-comptes implique des analyses et des choix d'allocation complexes. Par ailleurs, la transparence des entreprises en matière de carbone est souvent limitée, nécessitant de réaliser des estimations en cas d'absence d'information.

Les méthodologies se focalisant principalement sur les émissions directes trouvent rapidement leurs limites et peuvent même donner un message trompeur. Prenons un exemple : un premier portefeuille, majoritairement composé d'entreprises du secteur tertiaire, aura probablement une faible empreinte carbone, même en prenant en compte les émissions indirectes. Un second portefeuille, majoritairement composé d'entreprises du secteur énergétique proposant des produits innovants à forte valeur ajoutée environnementale, aura une empreinte carbone non négligeable, supérieure à celle du premier portefeuille. Prenons un autre exemple : dans le cas où les émissions indirectes de scope 3 ne sont pas prises en compte, un constructeur d'avions et un producteur pétrolier auront une empreinte carbone bien inférieure à une compagnie aérienne qui utilise les avions et brûle le kérosène. Or chacun des acteurs a un rôle clé à jouer dans la limitation de l'empreinte carbone finale : améliorer le carburant en amont, optimiser la consommation de l'avion lors de la conception, optimiser les trajets en aval... Ces simples exemples montrent que l'utilisation de l'empreinte carbone seule ne peut être recommandée à un investisseur, que l'objectif soit de mesurer l'efficacité d'une stratégie mise en place en amont ou de jouer un rôle dans les prises de décisions stratégiques comme la composition du portefeuille.

1. Le mot « carbone » est en réalité un abus de langage qui désigne l'ensemble des gaz à effet de serre, exprimés en « carbone équivalent » ou CO₂ eq.

2. Article L533-22-1 du code monétaire et financier en vigueur au 31/12/2016 modifié par l'article 173 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Focus: les scopes d'émissions

Les scopes d'émissions, tels que définis par le GHG Protocol³, le principal organisme de standardisation de la comptabilité carbone des entreprises, permettent de séparer les émissions de gaz à effet de serre d'une entreprise selon le périmètre d'étude : observe-t-on les émissions dont l'entreprise est directement responsable ou bien les émissions autre part (en amont ou en aval) dans la chaîne de valeur des produits de l'entreprise ? En voici les définitions :

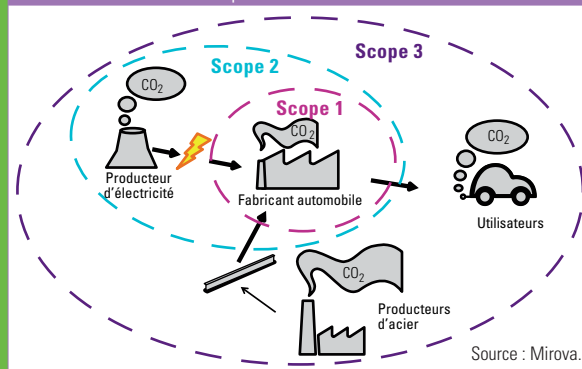
Scope 1 : Toutes les émissions directes de GES, liées notamment aux combustions qui peuvent avoir lieu dans les moteurs appartenant à l'entreprise, à la production de produits chimiques par des procédés internes etc.

Scope 2 : Les émissions indirectes provenant de la consommation de l'électricité, de la chaleur ou de la vapeur achetées.

Scope 3 amont : Les émissions indirectes, telles que l'extraction et la production des combustibles achetés ou toute autre émission qui a lieu durant le cycle de vie des produits servant d'inputs à l'entreprise.

Scope 3 aval : Toutes les émissions qui apparaissent dans le cycle de vie des outputs, donc des produits ou services vendus.

Figure 1. Représentation schématique des scopes d'émissions pour un fabricant automobile



Source : Mirova.

Comment aller au-delà ?

Une contribution active à la transition énergétique – et donc à la limitation du réchauffement climatique – implique une analyse précise des secteurs qui sont fortement exposés aux enjeux climatiques : pétrole, gaz, producteurs d'électricité, industrie lourde, transport, bâtiment etc. Il n'existe pas d'indicateur « parfait », permettant de mesurer à lui seul la contribution d'un portefeuille d'investissement – a fortiori d'un investisseur – à la transition énergétique. Cependant, une mesure de la performance relative d'une entreprise doit nécessairement prendre en compte une approche cycle de vie des produits des entreprises (scope 1, 2 et 3) mais aussi donner une indication sur de potentielles émissions évitées grâce à l'usage de technologies « vertes ».

Enfin, une entreprise et sa contribution à la transition énergétique ne peuvent être seulement jugées à l'aune d'indicateurs quantitatifs : certains enjeux du changement climatique ne trouvent pas – ou pas encore – de traduction dans les chiffres. Ainsi, deux entreprises parfaitement identiques dans leurs actifs tangibles peuvent prendre des décisions stratégiques très différentes et déterminantes dans leur impact climatique futur. Les investissements ou les choix en matière de Recherche & Développement donnent en effet une information sur ce que sera l'entreprise demain. Or ces investissements, données stratégiques de l'entreprise, sont rarement disponibles dans le détail des technologies concernées. Il s'agit donc d'estimer la pertinence et l'impact futur de ces stratégies de manière qualitative.

Sur cette base, on peut rapidement déduire que « la contribution au respect de l'objectif de limitation du réchauffement » que les investisseurs institutionnels seront réglementairement contraints de communiquer en France dès l'année 2016 ne peut se limiter aux mesures d'empreinte carbone actuelles.

Partant de ce constat, Mirova s'est engagé dans un partenariat avec le cabinet de conseil Carbone 4, spécialiste des problématiques climatiques des entreprises, afin de construire une méthodologie nouvelle répondant aux enjeux et aux besoins de l'investissement responsable. La méthodologie CIA prend le parti d'effectuer une évaluation entreprise par entreprise afin de construire un jugement objectif sur l'impact que les entreprises ont sur la transition énergétique. Au delà d'une mesure d'empreinte, l'objectif est ici de mesurer la contribution, positive ou nulle, qu'une entreprise a vis-à-vis de l'objectif climatique. Pour ne pas tomber dans l'écueil des moyennes sectorielles et/ou géographiques qui ont tendance à « lisser » les performances, il est donc nécessaire d'étudier en profondeur une entreprise donnée afin de pouvoir la comparer objectivement avec ses pairs.

2 | Présentation des principaux indicateurs

Afin de mesurer la performance d'une entreprise vis-à-vis de la transition énergétique, la méthodologie CIA s'appuie sur différents indicateurs complémentaires. En premier lieu, les indicateurs quantitatifs sur les émissions induites et évitées par l'entreprise permettent de situer celle-ci vis-à-vis de ses pairs et d'avoir un jugement sur sa contribution à l'objectif de décarbonation de l'économie. Deuxièmement, les indicateurs qualitatifs permettent de juger de l'évolution de l'entreprise dans le temps et de sa capacité à atteindre une performance optimale ou suffisante dans les années à venir, ce qui est un point primordial dans le choix d'investissement.

211 Émissions induites

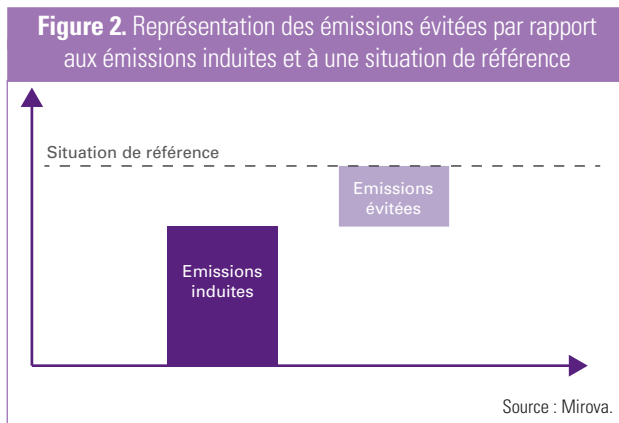
Les émissions induites par l'entreprise sont calculées sur l'ensemble de son périmètre, comprenant donc également le scope 3 lorsque cela est pertinent. Les émissions des scopes 1 et 2 sont souvent tirées des données communi-

3. Greenhouse Gas Protocol

quées par les entreprises, qui fournissent désormais des évaluations comparables car basées sur les mêmes standards. Lorsque les émissions directes et/ou la consommation d'électricité ne sont pas communiquées, la méthodologie estime les émissions grâce aux données d'activités. En revanche, concernant le scope 3, la méthodologie base prioritairement ses calculs sur les données d'activités auxquelles sont appliqués des facteurs d'émissions. Ainsi les données sont plus comparables d'une entreprise à l'autre et la comparabilité ne pâtie plus des choix qui peuvent être faits par les entreprises (périmètre utilisé, méthode de calcul choisie...).

212 Émissions évitées

Le périmètre d'étude pour le calcul des émissions évitées est le même que pour les émissions induites. L'objectif est ici de quantifier les émissions qui n'ont pas été induites par une entreprise, en comparaison avec une référence. La sectorisation de la méthode CIA permet de faire varier cette référence de manière pertinente. Une entreprise qui a des émissions évitées est donc une entreprise qui s'appuie sur des procédés et des produits plus efficaces que la référence.



Le concept d'émissions évitées est déjà largement répandu pour mesurer l'impact carbone dans la finance de projet et dérive directement des méthodologies qui ont été utilisées dans les Mécanismes de Développement Propre du Protocole de Kyoto.

Les émissions évitées sont des émissions virtuelles : elles auraient existé sans les efforts faits par l'entreprise pour les diminuer. Les émissions induites prennent déjà en compte cette diminution vis-à-vis du scénario de référence. Il n'y a donc pas sens à soustraire les émissions évitées aux émissions induites, ce qui reviendrait à compter deux fois ces « émissions négatives ».

213 Carbon Impact Ratio

Il s'agit du ratio des émissions évitées sur les émissions induites. C'est un indicateur facilement lisible de l'impact carbone d'une entreprise, qui permet une comparaison rapide avec les pairs au sein du même secteur.

$$\text{Carbon Impact Ratio d'une entreprise} = \frac{\text{Émissions évitées (tCO}_2\text{eq)}}{\text{Émissions induites (tCO}_2\text{eq)}}$$

Si le ratio est nul, cela signifie qu'une entreprise n'a pas d'émissions évitées. S'il est égal à 10, cela signifie que les produits d'une entreprise ont permis d'éviter l'émission de dix fois la quantité de GES nécessaire à la manufacture, la distribution et l'utilisation du produit, en comparaison à la référence de son sous-secteur.

214 Indicateur qualitatif

Afin de compléter l'analyse quantitative, la méthodologie fournit également un indicateur qualitatif de l'évolution tendancielle des émissions induites et évitées. Cette estimation implique l'analyse des investissements en capital et en Recherche & Développement qui contribueront à la diminution – ou l'augmentation – des émissions de GES de l'entreprise, ainsi que son positionnement et sa stratégie au regard de la transition énergétique. Le reporting étant largement incomplet sur le sujet des investissements, notamment lorsqu'il s'agit de les différencier par secteur, la méthodologie s'attachera dans sa première version à donner une estimation qualitative des impacts futurs de la stratégie de l'entreprise.

3 | Principes de calcul

311 Sectorisation de l'économie autour de la transition énergétique

Que l'objectif soit de mesurer une empreinte carbone, de quantifier les émissions de GES qu'une entreprise permet d'éviter ou de qualifier sa stratégie concernant la transition énergétique, les méthodes, les indicateurs et l'expertise varient en fonction du secteur économique concerné. La granularité des sectorisations utilisées dans le secteur financier n'est pas adaptée à une étude spécifique des enjeux de la transition énergétique. La méthode CIA s'appuie donc sur une classification nouvelle, couvrant l'ensemble de l'économie et construite autour de la problématique carbone. La première distinction est faite entre les entreprises à forts enjeux vis-à-vis de la TE et les autres. Les entreprises à forts enjeux sont ensuite distinguées selon trois macro-catégories qui se différencient par les leviers qu'elles ont sur la transition énergétique :

- ➔ **Fournisseurs d'énergie** : Leur objectif est d'orienter leur mix énergétique vers des sources moins intensives en carbone et de réduire leurs émissions directes ;
- ➔ **Fournisseurs d'équipements à potentiel bas-carbone** : Leur objectif est d'innover et de rendre ces innovations accessibles au marché ;
- ➔ **Secteurs historiquement carbo-intensifs** : Leur objectif est d'implémenter les solutions d'efficacité énergétique afin d'atteindre une « performance climatique opérationnelle ».

Ces macro-catégories sont divisées en secteurs, et sous-secteurs : Les sous-secteurs ont spécialement été conçus car leurs enjeux vis-à-vis de la transition énergétique sont différents. Ainsi, l'agriculture devra notamment se concentrer à diminuer ses émissions de méthane et de protoxyde d'azote tandis que le secteur du bâtiment devra se concentrer sur

Tableau 1. Classification sectorielle de la méthodologie CIA

Catégories à enjeux	Secteurs	Sous-secteurs
Secteurs de l'énergie	Combustibles fossiles	Industries du pétrole, du gaz et du charbon
	Electricité	Industrie de l'électricité
Fournisseurs d'équipements à potentiel bas-carbone		Fournisseurs de : Solutions énergétiques pour les bâtiments : construction et équipements Solutions énergétiques pour l'industrie et les TICs Solutions énergétiques pour le transport Solutions pour la production d'électricité
Secteurs historiquement carbo-intensifs	Industrie lourde	Production de ciment et clinker Production d'acier Production d'aluminium Production de plastiques Industrie chimique Production de verre Production de sucre
	Forêt et papier	Bois et produits de la forêt Production de papier
	Transport	Opérateurs de transports
	Bâtiment	Bâtiments – Gestionnaires de parc et propriétaires
	Agriculture	Agriculture, pêche, agro-alimentaire et fertilisants

Source : Mirova.

l'efficacité de son chauffage et de son isolation. Les analyses, bien que communes à l'ensemble des secteurs, se différencient donc par les méthodes de calcul qui sont propres à chacun des sous-secteurs.

Les autres secteurs, qui représentent le reste de l'économie, ont un impact potentiel moindre sur la transition énergétique. L'évaluation de leur impact climatique peut donc être simplifiée à des estimations plus rapides étant donné leur impact limité sur le climat.

312 Indicateur quantitatif

Pour chacun des macro-secteurs de la méthodologie CIA, les indicateurs quantitatifs dépendent de paramètres différents. Pour les émissions induites, la question principale est celle du périmètre d'étude. Pour les émissions évitées, la question est délicate puisque c'est dans le choix du référentiel que réside l'ensemble du raisonnement. Le choix de ce référentiel varie en fonction de la macro-catégorie concernée, parfois même en fonction du secteur, car l'objectif est toujours de valoriser les entreprises selon des critères ambitieux, critères qui peuvent être différents selon les enjeux inhérents à chaque secteur.

Fournisseurs d'énergie	
Principes de calcul pour les émissions induites	Scopes 1 + 2 + 3, amont et aval (combustion des combustibles produits ou vendus pendant l'année)
Principes de calcul pour les émissions évitées	Seulement pour l'électricité: Comparaison de l'intensité carbone de l'électricité produite par l'entreprise avec un scénario de référence
Résultats de l'analyse : émissions induites	La comparaison des intensités carbone permet la sélection d'entreprises à mix énergétique bas-carbone. Dans les énergies fossiles en particulier, les entreprises à émissions induites plus faibles sont préférées
Résultats de l'analyse : émissions évitées	Dans le secteur électrique, les entreprises ayant des émissions évitées ont une intensité carbone par source d'énergie inférieure à une référence ambitieuse

Fournisseurs d'équipements à potentiel bas-carbone	
Principes de calcul pour les émissions induites	Scopes 1 + 2 + 3 aval (dû aux produits et services vendus par l'entreprise) Les émissions induites prennent en compte les émissions futures dues aux produits vendus pendant l'année (s'ils consomment de l'énergie), sur l'ensemble de leur durée de vie
Principes de calcul pour les émissions évitées	Les émissions évitées grâce aux produits efficaces vendus pendant l'année sont calculées sur la durée de vie des produits et en comparaison avec les produits qui sont remplacés
Résultats de l'analyse : émissions induites	Les entreprises à fortes émissions induites sont celles qui vendent des produits qui consommeront de l'énergie durant leur vie (voitures, bâtiments...). Les émissions induites ne sont pas suffisantes à elles seules pour juger de l'impact carbone des entreprises dans cette catégorie
Résultats de l'analyse : émissions évitées	Les entreprises « carbo-efficaces » sont celles qui ont de forts ratios CIR ainsi que d'importantes quantités d'émissions évitées par euro de chiffre d'affaire

Secteurs carbo-intensifs	
Principes de calcul pour les émissions induites	Scopes 1 + 2 + 3
Principes de calcul pour les émissions évitées	Diminution de l'intensité carbone de l'entreprise sur les cinq dernières années (intensité carbone par unité de volume produit ou géré) et dans certains cas, comparaison avec un scénario de référence
Résultats de l'analyse : émissions induites	Les entreprises avec les émissions induites les plus faibles sont les plus performantes <i>Note : Les intensités carbone des activités de différentes entreprises peuvent être comparées au sein du même sous-secteur. Cependant, des différences opérationnelles (intégration verticale, sous-traitance) peuvent aussi expliquer des variations d'intensité</i>
Résultats de l'analyse : émissions évitées	Les entreprises au CIR les plus élevées sont celles qui ont le plus réduit leur intensité carbone durant les cinq dernières années

3I3 Indicateur qualitatif

Cette évaluation se base sur l'estimation de deux indicateurs sur une échelle allant de -- à ++.

Concernant la stratégie et le positionnement vis-à-vis de la transition bas-carbone :

- **++** : L'entreprise a intégré la lutte contre le changement climatique comme un élément clé de sa stratégie, ses émissions induites sont faibles et/ou elle a grandement réduit ses émissions par unité de produit vendu, elle a des objectifs de réduction ambitieux. La part des ventes en ligne avec les objectifs du changement climatique est supérieure à 50% avec une tendance à la croissance à moyen terme.
- **+** : L'entreprise a intégré la lutte contre le changement climatique comme un élément important de sa stratégie et elle a réduit ses émissions par unité de produit vendu et/ou a des objectifs de réduction ambitieux. La part des ventes en ligne avec les objectifs du changement climatique se situe entre 20% et 50% avec une tendance à la croissance à moyen terme.
- **-** : L'entreprise a des niveaux d'émissions induites élevés tout en les ayant réduits ou en ayant fixé des objectifs de réduction. Cependant, ces réductions manquent d'ambition ou ne semblent pas totalement crédibles. La part des ventes en ligne avec les objectifs du changement climatique se situe entre 5% et 20% du chiffre d'affaires, avec stabilité attendue à moyen terme.
- **--** : L'entreprise est carbo-intensive et n'a pas intégré le changement climatique en tant qu'élément important de sa stratégie. La part des ventes en ligne avec les objectifs du changement climatique est inférieure à 5% du chiffre d'affaires et rien n'indique qu'elle augmentera à moyen terme.

Concernant les dépenses d'investissement et de R&D :

- **++** : Les investissements et la politique R&D de l'entreprise sont en ligne avec le changement climatique. La part des investissements et dépenses en R&D liés à la transition énergétique est supérieure à 50%.
- **+** : Bien qu'intégrés dans la politique d'investissement et de R&D de l'entreprise, les objectifs climatiques n'en représentent pas la majorité. Généralement, entre 20% et 50%.
- **-** : Les objectifs climatiques sont pris en compte de manière limitée dans la politique d'investissement et de R&D de l'entreprise. Généralement, ils n'en représentent que 5% à 20%.
- **--** : L'entreprise n'a pas intégré les objectifs climatiques dans sa politique d'investissement et de R&D. Ils en représentent alors généralement moins de 5%.

La note qualitative globale est ensuite déterminée sur la base des deux notes qualitatives précédentes. L'évaluation

ainsi obtenue est complétée par une évaluation de la qualité et de la transparence de l'entreprise afin d'ouvrir la voix ou dialogue et à l'engagement.

4 | Agrégation des résultats

4I1 Entreprise

Lors de l'analyse d'une entreprise, ce sont d'abord ses secteurs d'activités qui sont analysés : l'entreprise est ainsi « répartie » parmi les sous-secteurs de la méthodologie CIA, qui nécessitent chacun des données (physiques ou financières) d'activité différentes.

Les données ainsi collectées permettent de calculer les indicateurs quantitatifs pour chacun des sous-secteurs CIA de l'entreprise concernée : émissions induites, émissions évitées, émissions communiquées par l'entreprise.

L'analyse consiste ensuite à produire les indicateurs quantitatifs pour l'ensemble de l'entreprise :

- Émissions induites : somme des émissions induites de chacun des secteurs d'activité de l'entreprise ;
- Émissions évitées : sommes des émissions évitées de chacun des secteurs d'activité de l'entreprise ;
- Carbon Impact Ratio : Ratio de la somme des émissions évitées sur la somme des émissions induites.

Enfin, la méthodologie fournit une note globale de la performance carbone de l'entreprise. Cette note est déterminée par un comité d'évaluation sur la base de deux critères :

- Les résultats de l'entreprise concernant les indicateurs quantitatifs et qualitatifs de la méthodologie, qui donnent un aperçu de la performance carbone intrinsèque ;
- La comparaison de cette performance avec la performance des entreprises agissant dans les mêmes sous-secteurs.

La note globale est le résultat d'une évaluation fine de la performance carbone d'une entreprise au sein de son secteur et permet donc d'assister le gestionnaire de fonds dans ses choix de gestion.

4I2 Portefeuille

L'agrégation des évaluations, quantitatives comme qualitative à l'échelle du portefeuille posent de nombreux problèmes méthodologiques que nous allons évoquer dans cette partie. De l'élimination des doubles comptes à l'agrégation des notes qualitatives en passant par l'attribution des émissions à l'investisseur pour pouvoir les sommer, chacune des problématiques nécessite une méthodologie claire afin d'obtenir des résultats pertinents.

4I2I1 Élimination des doubles comptes

Les doubles comptes ne sont pas un problème à l'échelle de l'entreprise puisque c'est alors l'impact de l'entreprise et d'elle seule qui importe. Ainsi l'on peut comparer deux entre-

prises du même secteur sans retraiter les émissions puisque l'entreprise la plus performante aura nécessairement une intensité carbone globale inférieure à l'autre. Le problème apparaît lorsque l'on veut sommer les émissions de plusieurs entreprises qui interviennent dans les mêmes chaînes de valeur. Les émissions de l'une sont alors nécessairement une partie des émissions de l'autre et il est impossible de prétendre « émettre » ou « éviter » une quantité de carbone à l'échelle du portefeuille.

En effet, quel que soit l'indicateur quantitatif observé (émissions induites ou émissions évitées), le risque de double-compte est le même : une tonne de CO₂, induite ou évitée, peut être comptée plusieurs fois au sein d'une même chaîne de valeur. Prenons l'exemple d'un camion : les émissions liées à la combustion du carburant qu'il utilise sont comptabilisées comme des émissions directes de l'entreprise de fret qui l'opère et des émissions indirectes pour le constructeur automobile qui l'a vendu ainsi que pour le producteur pétrolier. En résumé, si ces trois entreprises sont présentes dans le portefeuille d'investissement, les tonnes de GES émises par ce camion seront comptées trois fois. Il convient donc de trouver des règles d'allocation de ces émissions afin de les répartir sur les différents acteurs qui en sont responsables. Les trois premières catégories indépendantes qui peuvent être soulignées sont les macro-catégories de la méthodologie CIA :

- Les fournisseurs d'énergie (le producteur pétrolier dans notre exemple)
- Les entreprises historiquement carbo-intensives (l'entreprise de fret)
- Les entreprises qui fournissent des solutions et équipements (le constructeur automobile)

La méthodologie distribue donc les émissions à parts égales parmi ces trois catégories d'acteurs, ce qui permet d'éliminer la plupart des doubles comptes.

4I2I2 Agrégation des résultats quantitatifs

Une question transverse est celle de l'attribution à un détenteur d'actif financier d'une part de l'empreinte carbone de l'entreprise sous-jacente. Ainsi les méthodologies ne couvrant que les actions répartissent intégralement les émissions parmi les actionnaires d'une entreprise tandis que les méthodologies couvrant également les portefeuilles obligataires (ou mixtes, le plus souvent) utilisent comme clé de répartition la part de la valeur d'entreprise⁴ détenue en portefeuille.

Une fois les doubles comptes traités, les émissions induites et évitées peuvent être calculées à l'échelle du portefeuille. Pour cela, l'investisseur doit déterminer quelle part des émissions induites et évitées d'une entreprise peut lui être imputée. La méthodologie s'appliquant aux actions comme aux obligations, on déterminera quelle proportion de la valeur d'entreprise se trouve en portefeuille. Afin de terminer l'agrégation, il convient ensuite de calculer une intensité carbone par euro de valeur d'entreprise pour chacune des entreprises

en portefeuille⁵. En résumé, le calcul des indicateurs quantitatifs à l'échelle du portefeuille se fait en trois temps :

- 1) Calcul de l'intensité carbone de l'entreprise exprimée en tCO₂eq/euro de Valeur d'Entreprise
- 2) Multiplication par l'exposition du portefeuille à cette entreprise, en M€

$$\frac{\text{Émissions retraitées (tCO}_2\text{eq)}}{\text{Valeur d'entreprise (M€)}} \bullet \text{Exposition du portefeuille (M€)} = \text{Émissions à sommer (tCO}_2\text{eq)}$$

- 3) Somme sur l'ensemble du portefeuille des émissions induites d'une part et des émissions évitées d'autre part

4I2I3 Note qualitative globale

La note qualitative à l'échelle du portefeuille est obtenue grâce à la distribution des évaluations des entreprises sous-jacentes. Il en ressort une proportion des valeurs en portefeuilles qui devraient voir leur intensité carbone décroître dans un avenir proche (leur évaluation étant de + ou ++) ainsi que la proportion des valeurs pour lesquelles la tendance est opposée.

Tableau 2. Exemple de distribution des notes qualitatives d'un portefeuille

Note qualitative	Poids dans le portefeuille
++	10 %
+	55 %
-	30 %
--	5 %

L'investisseur a également accès à une note qualitative globale, équivalente à la moyenne pondérée des notes globales de chacune des entreprises sous-jacentes.

5 | De la mesure d'impact à la réorientation des investissements

Nous venons de décrire une méthodologie destinée à estimer l'impact d'un portefeuille d'investissement sur la transition énergétique. En se basant sur le carbone, indicateur transverse de la problématique climatique, la méthodologie permet de juger de la contribution d'un portefeuille à l'objectif de décarbonation de l'économie ainsi que de sa tendance à s'aligner ou non avec cet objectif. Ces mesures, qui constituent des éléments de communication, doivent avant tout devenir des paramètres de la décision d'investissement, en complément des indicateurs financiers traditionnels. La réorientation des investissements vers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique préconisée pour limiter l'augmentation de la température moyenne à la surface du globe à 2°C doit être appuyée par des indicateurs tangibles permettant aux investisseurs d'effectuer les bons choix.

4. Définie comme la somme de la capitalisation boursière et de la dette financière de l'entreprise

5. L'hypothèse est faite ici que les émissions de GES sont équi-réparties sur les actions et les obligations de l'entreprise.

 Plus d'infos : www.mirova.com

Suivez-nous :  @Mirova_RI  Profil Mirova

Mentions légales

Ce document d'information à caractère non contractuel est destiné à des clients professionnels/non professionnels au sens de la Directive MIF. Il ne peut pas être utilisé dans un but autre que celui pour lequel il a été conçu et ne peut pas être reproduit, distribué ou publié, en totalité ou en partie, sans autorisation préalable et écrite de Mirova.

Ce document est produit à titre purement indicatif. Aucune information contenue dans ce document ne saurait être interprétée comme possédant une quelconque valeur contractuelle. Mirova se réserve la possibilité de modifier les informations présentées dans ce document à tout moment et sans préavis.

Le contenu de ce document est issu de sources considérées comme fiables par Mirova. Néanmoins, Mirova ne saurait garantir la parfaite fiabilité, exhaustivité et exactitude des informations provenant notamment de sources extérieures et figurant dans ce document.

Les simulations/hypothèses sont réalisées/indiquées à titre d'exemple, elles ne constituent pas un engagement contractuel de la part de Mirova et ne sauraient engager sa responsabilité.

Les chiffres cités ont trait aux années écoulées. Les performances passées et les simulations de performances passées ou futures ne sont pas un indicateur fiable des performances futures. Les références à un classement, un prix ou à une notation d'un fonds ne préjugent pas des résultats futurs de ce dernier.

Mirova présente à la date de ce document des scénarios et stratégies de gestion. Il est rappelé que la description de ces derniers ne constitue en aucun cas un engagement de la part de Mirova, cette dernière se réservant la possibilité de faire évoluer les dits scénarios et stratégies notamment en fonction de l'évolution des marchés et en tenant compte de la réglementation en vigueur.

Dans le cadre de sa politique de responsabilité sociétale et conformément aux conventions signées par la France, Mirova exclut des fonds qu'elle gère directement, toute entreprise impliquée dans la fabrication, le commerce et le stockage de mines anti-personnel et de bombes à sous munitions.

Mentions complémentaires

Les analyses et les opinions mentionnées dans le présent document représentent le point de vue de l'auteur référencé, sont à la date indiquée et sont susceptibles de changer. Il n'y a aucune garantie que les développements futurs correspondront à ceux prévus dans le présent document.

Lorsque la réglementation locale l'exige, ce document est fourni uniquement sur demande écrite. Aux pays francophones de l'UE, le présent document est fourni aux Clients Professionnels par NGAM S.A. ou sa succursale sous-mentionnée. NGAM S.A. est une société de gestion luxembourgeoise qui est autorisée par la Commission de Surveillance du Secteur Financier, constituée conformément à la loi luxembourgeoise et immatriculée sous le numéro B 115843. Siège social de NGAM S.A. : 2, rue Jean Monnet, L-2180 Luxembourg, Grand-Duché de Luxembourg. France : NGAM Distribution (n.509 471 173 RCS Paris). Siège social: 21 quai d'Austerlitz, 75013 Paris. En Suisse, le présent document est fourni aux Investisseurs Qualifiés (Qualified Investors) par NGAM, Switzerland Sàrl.

Les entités susmentionnées sont des unités de développement commercial de Natixis Global Asset Management, la holding d'un ensemble divers d'entités de gestion et de distribution de placements spécialisés présentes dans le monde entier. Bien que Natixis Global Asset Management considère les informations fournies dans le présent document comme fiables, elle ne garantit pas l'exactitude, l'adéquation ou le caractère complet de ces informations.

Mirova.
Responsible investing*

MIROVA

Mirova est une filiale de Natixis Asset Management
Société anonyme au capital de 7 461 327,50 euros
Immatriculée au RCS de Paris sous le numéro 394 648 216
Agrément AMF GP 02-014
21 quai d'Austerlitz - 75013 Paris

* Plus d'infos : www.mirova.com

Suivez-nous : [@Mirova_RI](https://twitter.com/Mirova_RI)

[in](#) Profil Mirova

NATIXIS GLOBAL ASSET MANAGEMENT

Société Anonyme au capital de 156 344 050 euros
Immatriculée au RCS de Paris sous le numéro 453 952 681 00022
Siège social : 21 quai d'Austerlitz - 75013 Paris Cedex 13



Voir à court terme, c'est ne rien voir venir.

L'époque où la rentabilité ne se concevait qu'à court terme est maintenant derrière nous.

Pour concilier création de valeur et durabilité, nous étudions la pérennité des business models sur le long terme, nous exerçons notre responsabilité actionnariale et nous nous engageons concrètement.

Mirova élue meilleure société de gestion ISR en 2014 par Thomson Reuters et l'association britannique de finance et d'investissement durable^(*).

(*) L'étude 2014 a été conduite auprès de 360 professionnels de l'investissement dans 27 pays entre le 24 mars et le 7 mai 2014. Il s'agit de la plus vaste étude sur l'investissement responsable en Europe. Elle reflète la contribution de 179 sociétés buy side et de 14 sociétés de courtage. Consultez le site www.uksif.org pour plus d'information.

Document promotionnel. Les références à un classement, un prix ou à une notation d'un OPCVM ne préjugent pas des résultats futurs de ce dernier.



MIROVA

Mirova est une filiale de Natixis Asset Management
Société anonyme au capital de € 7 461 327,50
Immatriculée au RCS de Paris sous le numéro 394 648 216
Agrément AMF GP 02-014
21 quai d'Austerlitz - 75013 Paris

NATIXIS GLOBAL ASSET MANAGEMENT

Société Anonyme au capital de 156 344 050 euros
Immatriculée au RCS de Paris sous le numéro 453 952 681 00022
Siège social : 21 quai d'Austerlitz - 75013 Paris Cedex 13

 Plus d'infos sur www.mirova.com

Suivez-nous sur  @Mirova_RI  Profil Mirova