



**Scénarios énergétiques Shell
à l'horizon 2050**

energy



**Scénarios énergétiques Shell
à l'horizon 2050**

Remerciements







Nous tenons à remercier tous nos collègues de Shell ainsi que les experts extérieurs pour leur contribution à l'élaboration de ces scénarios énergétiques Shell.

D'autres documents sur ce thème sont à votre disposition sur le site www.shell.com/scenarios

Les publications « Scénarios Shell à l'horizon 2025 » et « Signposts » sont également disponibles sur ce site.

Conçu par Peter Grundy

Table des matières

	Avant-propos	4
	Introduction	6
	Une ère de transitions révolutionnaires	8
	Scénario énergétique Scramble (Bousculade)	12
	Scénario énergétique Blueprints (Plans directeurs)	24
	Comparaison des deux scénarios	40

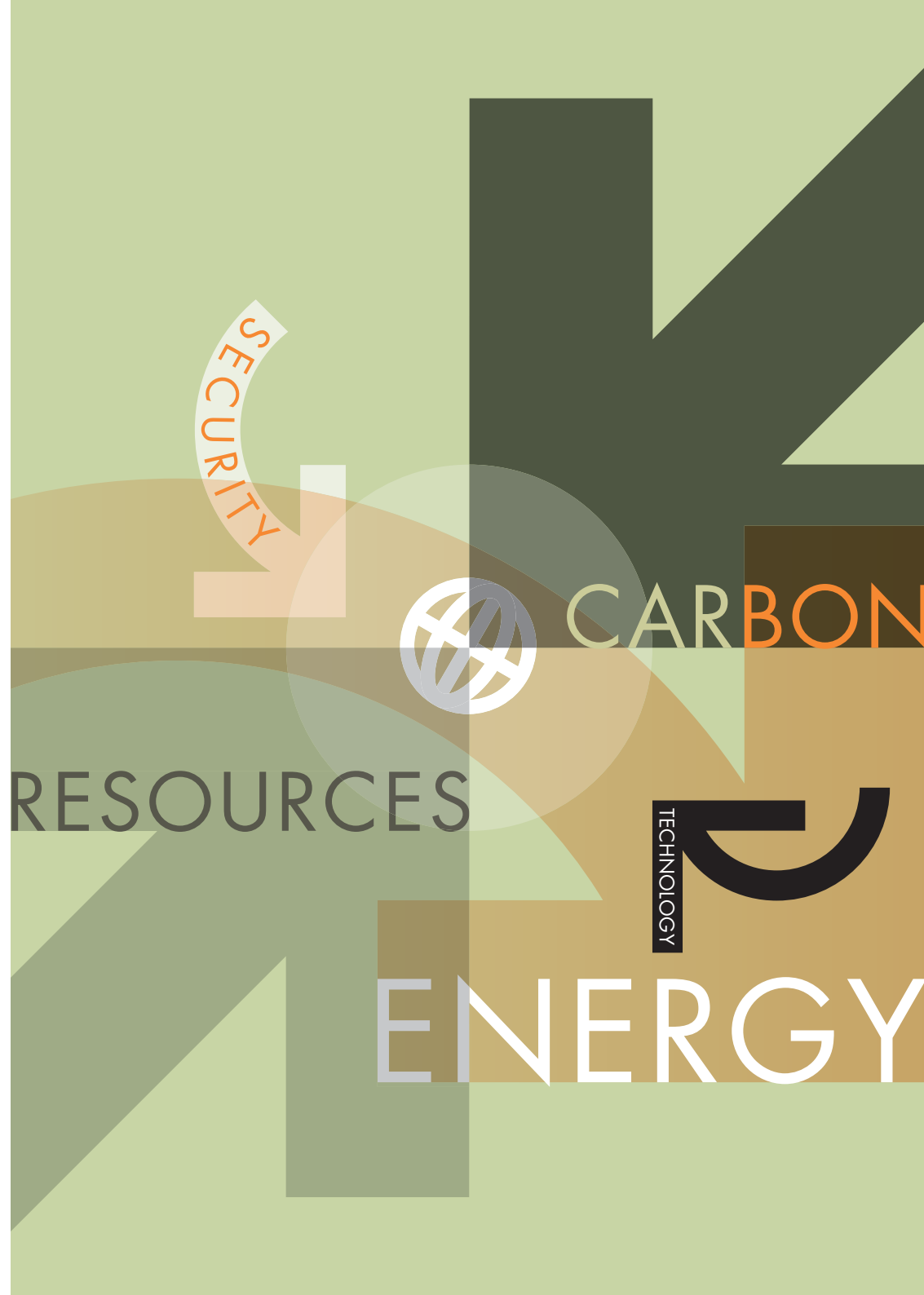
Avant-propos

Jamais encore l'humanité n'a été confrontée à un tel défi en ce qui concerne l'avenir des ressources énergétiques et de la planète. Ce défi peut se résumer en quelques mots : « davantage d'énergies, moins de dioxyde de carbone ».

Pour nous aider à réfléchir sur l'avenir des ressources énergétiques, nous avons établi deux scénarios décrivant chacun une évolution possible de la situation. Dans le premier scénario – appelé **Scramble (Bousculade)** – les décideurs font peu de cas d'une utilisation plus efficace de l'énergie jusqu'à ce que les approvisionnements se resserrent. De même, les émissions des gaz à effet de serre ne sont pas sérieusement prises en compte tant qu'il n'y a pas de grands bouleversements climatiques. Dans le second scénario – **Blueprints (Plans directeurs)** – on s'attaque de plus en plus aux niveaux locaux au développement économique, à la sécurité énergétique et à la pollution de l'environnement. Un prix est appliqué à une masse critique d'émissions, ce qui stimule le développement des technologies d'énergie propre, comme le captage et stockage du dioxyde de carbone, et des mesures favorisant l'efficacité énergétique. Il en résulte une diminution considérable des émissions de dioxyde de carbone.

Nous sommes déterminés à fournir de l'énergie de manière responsable et à servir nos clients et investisseurs de la façon la plus efficace possible. Ces deux scénarios nous permettent d'atteindre ces deux objectifs en testant notre stratégie face à une série d'évolutions possibles à long terme. Cependant, à notre avis, les résultats du scénario **Blueprints** offrent de meilleures perspectives pour un avenir durable, que ceux-ci se présentent exactement ou non de la façon dont nous les avons décrits. Je suis convaincu que ces résultats sont possibles moyennant un parfait équilibre entre ces trois composantes : politique, technologie et engagement de la part des gouvernements, de l'industrie et de la société en général. Ce ne sera cependant pas facile et le temps qui nous est donné est court. Nous devons y réfléchir de façon précise, faire d'énormes investissements et mettre en place un leadership efficace. Quel que soit le rôle qui sera le vôtre, j'espère que ces scénarios vous aideront à mieux comprendre les choix qui s'offrent à vous.

Jeroen van der Veer
Directeur général
Royal Dutch Shell plc





Introduction

Comment puis-je me préparer aux évolutions majeures du système énergétique mondial qui vont se produire dans les années à venir ou influencer sur celles-ci ?

C'est une question que devraient se poser tous les dirigeants politiques, industriels et civils responsables. Elle devrait être au centre des préoccupations de tous les citoyens.

Le système énergétique mondial est au cœur des plus gros dilemmes de notre temps. Le dilemme du développement qui oppose la prospérité à la pauvreté, le dilemme de la confiance qui oppose la mondialisation à la sécurité et le dilemme de l'industrialisation qui oppose la croissance à l'environnement. Il y a toujours eu des tensions au sein du système énergétique mondial, mais il est évident aujourd'hui que celles-ci sont de plus en plus vives.

Dans les années 90, les scénarios envisagés par Shell nous ont fait découvrir **TINA – There Is No Alternative** (Il n'y a pas le choix). Les forces retranchées de la libéralisation du marché, de la mondialisation et de

la technologie avaient créé un moteur économique mondial qui commençait déjà à engager l'énorme population des pays asiatiques. Les scénarios Shell, dans les années 90, ont permis à la société d'examiner et d'explorer différents aspects de TINA. Puis, en 2005 nous avons publié des scénarios qui analysaient les crises géopolitiques liées à la sécurité et à la confiance qui accompagnent TINA, comme le laissent prévoir les événements du 11 septembre et le scandale Enron. Aujourd'hui, comme nous l'indiquons dans notre dernier bulletin **Signposts**, des failles importantes apparaissent dans la mentalité et le comportement des plus grands pays producteurs et consommateurs d'énergie. Celles-ci intensifient les contraintes qu'exercent la croissance démographique et le développement économique sur l'offre et la demande énergétiques ainsi que sur l'environnement. Tout bien considéré, nous entrons dans une période de turbulences pour le système énergétique.

Comment pourrions-nous donc gérer les tensions et les contradictions qui existent au sein de ce système ? Et bien, le moment est venu de faire la

TANIA

Il n'y a pas de réponse idéale

connaissance de l'enfant naturel de TINA, **TANIA – There Are No Ideal Answers** (Il n'y a pas de réponse idéale).

Il y a beaucoup d'inertie dans le système énergétique moderne compte tenu de son énorme complexité et de son échelle. Les délais nécessaires, souvent très longs, pour planifier et construire de nouvelles infrastructures énergétiques montrent que les tensions mêmes au sein du système ne se résolvent pas facilement, ni rapidement, si tant est que l'on peut les résoudre. Il faudra plusieurs années avant que des changements majeurs ne soient perceptibles. Mais derrière le rideau, les choses bougent déjà. La question est de savoir comment identifier et affronter ces changements.

Les scénarios sont justement un outil qui permet d'identifier ces évolutions et d'envisager les interactions possibles entre les différentes perspectives et opportunités. Ils nous permettent de nous préparer, de façonner et même de profiter de la réalité qui finalement apparaît. Ce texte présente deux scénarios possibles d'évolution du système énergétique dans les 50 ans

à venir : le scénario **Scramble (Bousculade)** et le scénario **Blueprints (Plans directeurs)**.

Ces deux perspectives représentent un véritable défi. Aucun des deux ne reflète un monde idéal et cependant tous les deux sont possibles. Ils décrivent une ère de transformation. Chacun sait que, dans un siècle, le système énergétique sera différent de celui d'aujourd'hui. Mais comment ces transitions vont-elles se produire au cours des prochaines décennies. Ces scénarios font ressortir l'impact des différences critiques en terme de rythme et de type de changement politique, technologique et de réglementation.

Je suis sûr que vous les trouverez à la fois stimulants et instructifs. Mais surtout, j'espère qu'ils vous aideront à vous préparer et à adapter votre participation responsable dans un avenir énergétique durable.

Jeremy B. Bentham

Environnement commercial mondial
Shell International B.V.

Une ère de transitions révolutionnaires

Le monde ne peut plus éviter trois vérités implacables concernant l'offre et la demande énergétiques.

1 : Un changement progressif dans l'utilisation de l'énergie

Les pays en développement, notamment la Chine et l'Inde, pays géants en termes de population, entrent dans une phase de croissance économique, la plus importante de leur histoire sur le plan énergétique, du fait qu'ils s'industrialisent, construisent des infrastructures et intensifient leur utilisation des transports. Les pressions sur la demande vont stimuler l'offre alternative et une meilleure utilisation de l'énergie – mais cela ne suffira pas à compenser totalement les tensions de plus en plus grandes qui pèsent sur la demande. Aller à l'encontre des aspirations de millions de personnes en adoptant des politiques qui risquent de ralentir la croissance économique n'est pas non plus une réponse adaptée – ou tout du moins pas une réponse politiquement acceptable.

2 : L'offre suivra difficilement le rythme

D'ici à 2015, l'augmentation de la production de pétrole et de gaz facilement accessibles ne correspondra plus au rythme de la croissance prévue de la demande. Tandis que l'on trouve d'abondantes réserves de charbon dans de nombreuses régions du monde, les difficultés liées au transport et la dégradation de l'environnement constituent en fin de compte les limites de cette croissance. En attendant, les sources d'énergie de remplacement, telles que les biocarburants, risquent de représenter une part beaucoup plus importante de l'ensemble des différentes sources d'énergie – mais il n'existe pas « d'arme fatale » qui permette de résoudre totalement les tensions entre l'offre et la demande.

3 : Les contraintes environnementales ne cessent d'augmenter

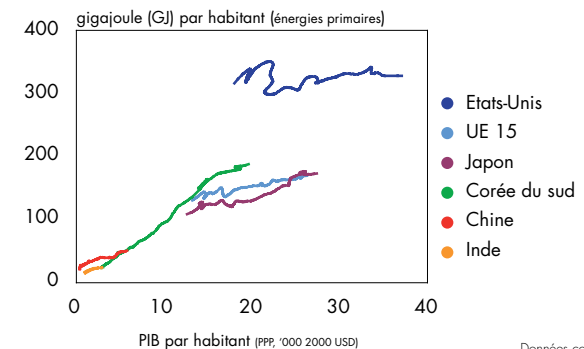
Même si l'on réussissait à conserver la part actuelle des énergies fossiles par rapport à l'ensemble des énergies et à répondre ainsi à la demande croissante, les émissions de CO₂ pourraient atteindre un niveau tel qu'elles constitueraient une véritable menace pour le bien-être des hommes. Même avec une utilisation modérée des énergies fossiles et une gestion efficace des émissions de CO₂, aller de l'avant constitue un véritable défi. Il va être de plus en plus difficile de maintenir les niveaux souhaitables de concentration de CO₂ dans l'atmosphère.

La population mondiale a doublé depuis 1950 et devrait encore augmenter de 40 % à l'horizon 2050. L'histoire a montré que plus la population s'enrichit, plus la consommation d'énergie augmente. La population et le PIB augmenteront sensiblement dans les pays non membres de l'OCDE tandis que la Chine et l'Inde entament leur progression sur l'échelle énergétique.

Population mondiale¹



Progression sur l'échelle énergétique



Remarque 1 : Toutes les sources des données indiquées sur les graphiques ainsi que la signification des abréviations utilisées figurent aux pages 44 et 45.

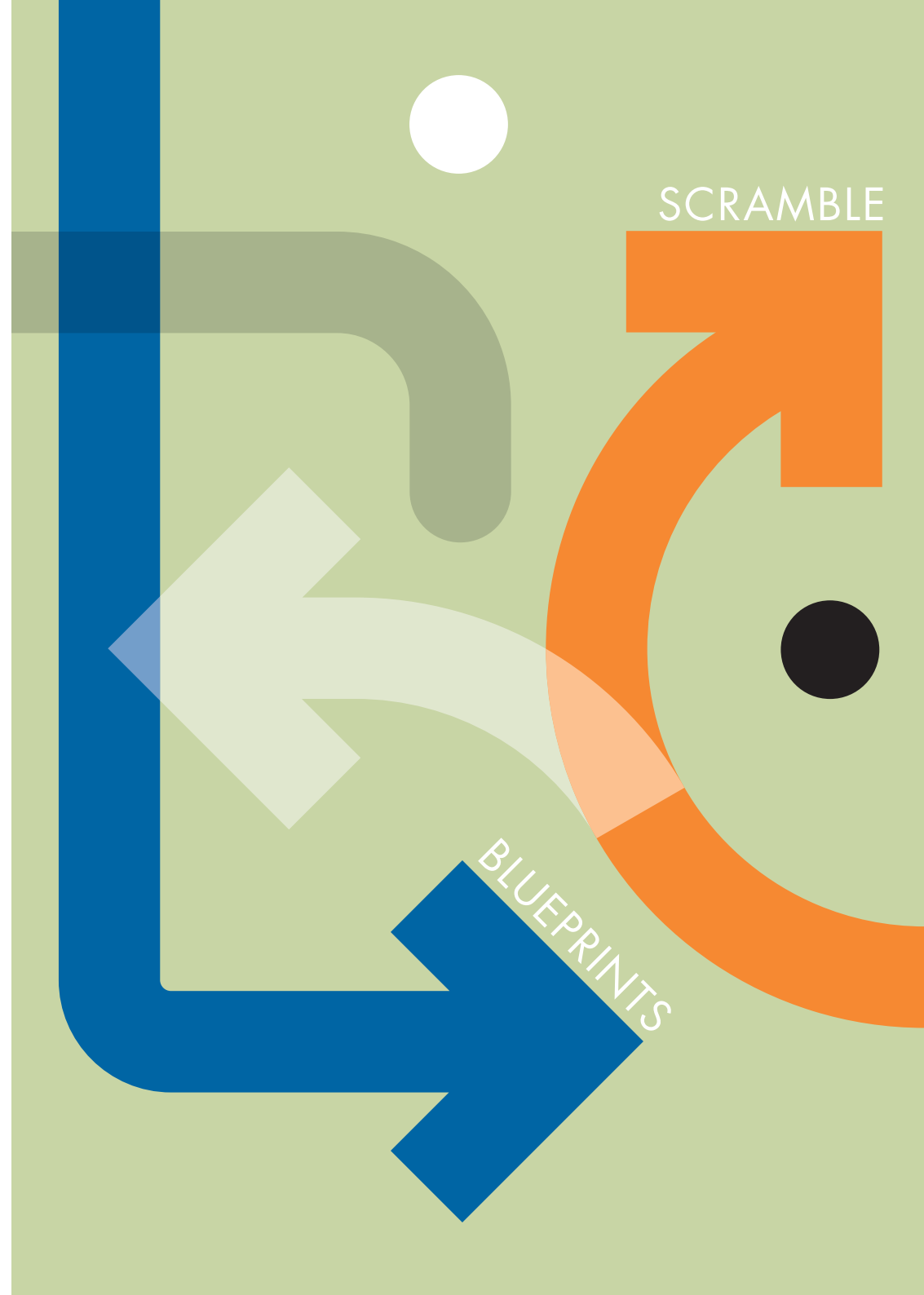
Préparer l'avenir

Lorsque les trois moteurs les plus puissants du monde énergétique actuel – la demande, l'offre et les effets sur l'environnement – commencent à subir des changements majeurs, on peut affirmer que nous entrons dans une ère de transitions révolutionnaires et d'énormes turbulences. Et bien que les prix et la technologie soient les moteurs de ces transitions, les choix politiques et sociaux auront une importance critique. Ces choix dépendent également de notre sensibilité à ces transitions lorsqu'elles se produisent en particulier parce que, depuis une décennie environ, notre attention est détournée par ce qui nous semble être un développement sain. Mais, derrière ce monde imperturbable « les affaires continuent », les transitions commencent déjà à se produire : les gouvernements et les sociétés se positionnent pour des solutions de rechange à plus long terme ; on commence à parler de cadres réglementaires ; comme il n'y aura pas d'armes fatales, de nouvelles combinaisons technologiques sont en train d'être mises au point, telles que les sources d'énergie renouvelables que l'on intègre aux réseaux de distribution électrique existants et de nouvelles infrastructures telles que le CCS (captage et stockage du dioxyde de carbone) sont nécessaires tandis que des anciennes, non performantes, doivent être mises hors service.

Les hommes commencent à réaliser que la consommation d'énergie peut à la fois nourrir et menacer ce à quoi ils tiennent le plus, à savoir leur santé, leur communauté et leur environnement, l'avenir de leurs enfants et la planète. Ces espoirs et ces craintes profondément personnels peuvent s'intensifier et interagir pour produire des résultats collectifs différents et marquer le début de cette ère nouvelle de manières très différentes.

Deux mondes possibles

Etant donné que ce changement en profondeur est inévitable, comment va-t-il se produire? Les gouvernements nationaux vont-ils simplement se **bousculer (Scramble)** pour protéger leurs propres approvisionnements énergétiques? Ou de nouveaux **plans directeurs (Blueprints)** vont-ils émerger de coalitions entre les diverses couches des sociétés et du gouvernement, du niveau local au niveau international, pour aboutir à un nouveau cadre énergétique?





2

Scramble



Scramble – aperçu

Le scénario **Scramble** reflète l'attention qui est portée à la sécurité énergétique aux niveaux nationaux. Ce sont les pressions immédiates qui guident les décideurs, en particulier la nécessité de protéger leur approvisionnement énergétique dans un futur proche, pour eux-mêmes et pour leurs alliés. L'attention des gouvernements nationaux se tourne naturellement vers les leviers du côté de l'offre d'accès facile, y compris la négociation d'accords bilatéraux et de primes d'encouragement pour le développement des ressources locales. La croissance dans les secteurs du charbon et des biocarburants devient particulièrement importante.

Malgré une rhétorique de plus en plus forte, les mesures pour faire face aux changements climatiques et encourager l'efficacité énergétique sont repoussées vers le futur, ce qui entraîne une attention très aléatoire à l'offre, la demande et aux contraintes climatiques. La politique en matière de demande n'est pas très cohérente, tant que les limites de l'offre ne se font pas sentir de façon critique. De même, la politique environnementale n'est pas envisagée de manière sérieuse, tant que l'on n'assiste pas à des manifestations climatiques majeures qui viennent stimuler les réactions politiques. Ces manifestations entraînent des réactions tardives mais sévères aux nouvelles pressions qui provoquent une hausse spectaculaire et une instabilité des prix de l'énergie. Ceci provoque un ralentissement temporaire dans un contexte général de forte croissance économique.

Bien que le rythme de l'augmentation des émissions de CO₂ dans l'atmosphère soit modéré vers la fin de la période considérée, la concentration s'achemine vers un niveau à long terme bien supérieur à 550 ppm. Une fraction de plus en plus importante de l'activité et de l'innovation économique tend finalement à se préparer pour l'impact du changement climatique.



Le processus

2.1 Crainte et sécurité

Les gouvernements nationaux, acteurs principaux du scénario **Scramble**, concentrent leur politique en matière énergétique sur les leviers de l'offre car freiner la croissance de la demande énergétique – et par conséquent la croissance économique – est tout simplement une mesure trop impopulaire pour que la classe politique l'envisage. Du fait du manque de coopération économique, les différents pays refusent d'agir unilatéralement d'une façon qui nuirait à leur propre croissance économique. Il en résulte une série de mandats et de primes d'encouragement nationaux non coordonnés pour le développement des ressources énergétiques locales, là où elles existent, y compris le charbon, le pétrole lourd, les biocarburants et autres énergies renouvelables, ce qui conduit à un patchwork de normes et de technologies locales.

Au niveau international, le scénario **Scramble** est un monde d'accords gouvernementaux bilatéraux entre les producteurs et les consommateurs d'énergie, les différents gouvernements nationaux étant en concurrence les uns avec les autres pour obtenir des conditions d'approvisionnement favorables ou des accès pour leurs sociétés énergétiques. Il existe un élément de rivalité important entre les gouvernements des pays consommateurs, mais ils s'alignent entre eux, dès lors que leurs intérêts coïncident. Dans ce monde, les sociétés énergétiques nationales jouent des rôles d'intermédiaires clés, mais elles s'enlisent de plus en plus dans les machinations politiques. La mondialisation exacerbe les tensions au sein de chacune des nations mais également entre elles et font perdre de vue aux élus la nécessité de prendre des mesures et de former des alliances internationales pour relever les défis énergétiques et liés au changement climatique.

Bien que les cycles commerciaux continuent à évoluer, les prix de l'énergie sont généralement forts. Cela n'est pas seulement dû aux pressions intrinsèques qui pèsent sur l'offre, cela vient également du fait que l'OPEP a tiré les leçons des différentes augmentations des prix depuis 2004 et sait désormais que le monde réussit à absorber les hausses de prix de l'énergie relativement facilement. C'est pourquoi, dans l'intérêt économique de ses membres, l'OPEP gère l'offre pétrolière de façon à minimiser la moindre baisse des prix. Avec des prix forts et une offre qui reste en deçà des besoins, les « conditions favorables » pour les pays importateurs signifient uniquement une sorte d'assurance d'approvisionnement ininterrompu.

Dans le scénario **Scramble**, ce sont les principaux propriétaires des ressources qui dictent les règles du jeu. Ils utilisent leur position de plus en plus forte dans le monde pour influencer les politiques internationales en particulier lorsqu'il s'agit de sujets, qui, ils le soulignent, sont internes tels que les droits de l'homme et la gouvernance démocratique. Les pays qui ont élaboré avec difficulté des contrats « favorables » avec les pays producteurs de pétrole ne veulent pas saborder le bateau sur lequel ils viennent d'embarquer, ce qui se traduit par un monde dans lequel les relations internationales se résument à une course à la prospérité permanente plutôt qu'à un effort de construction d'une communauté internationale plus durable.

Il existe d'énormes disparités au niveau des performances économiques et énergétiques des différents pays. Les pays en développement se précipitent pour se procurer l'énergie nécessaire pour se hisser vers le haut de l'échelle économique, tandis que les pays riches luttent pour adapter leurs habitudes en matière de consommation d'énergie et conserver leur mode de vie actuel. Or, cette course à l'énergie au niveau national est en permanence entravée par une implacable réalité : tous les pays dépendent les uns des autres. Les liens économiques et politiques complexes ainsi que la structure de transmission commune font que pour garantir la sécurité énergétique d'un pays il faut une certaine coopération avec les autres. Les problèmes qui surgissent inévitablement sont résolus lentement et de manière peu efficace en raison de l'absence de cadres internationaux pertinents et de la faiblesse des institutions multilatérales.

Compte tenu des contraintes de plus en plus fortes qui pèsent sur le système énergétique, les médias font régulièrement état de crises énergétiques dans une région du monde ou une autre. Les régimes au pouvoir, soumis à des tensions dans des sociétés qui évoluent rapidement, perdent facilement leur légitimité aux yeux de la population et l'on assiste à un changement politique radical dans de nombreux pays. Dans certains cas, celui-ci est provoqué par des tentatives mal interprétées pour modérer la demande énergétique par une suppression inattendue des subventions. Néanmoins, malgré les turbulences, la majorité des populations connaissent un progrès matériel important au cours de ces premières années. Le développement économique mondial se poursuit au même rythme pendant le premier quart du siècle – en grande partie grâce au charbon.

2.2 Envol du charbon

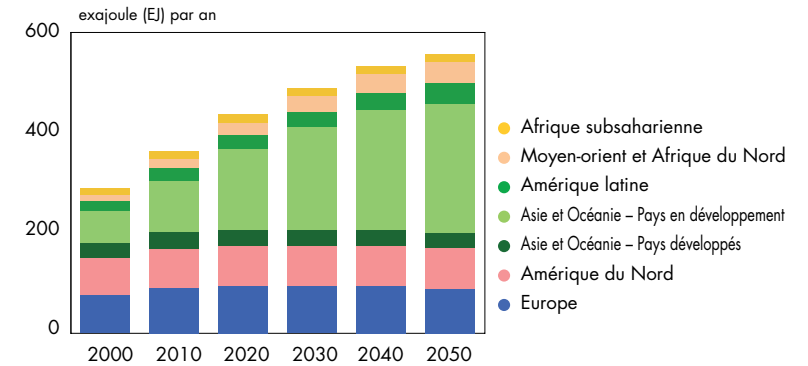
Face à ces problèmes d'énergie de plus en plus importants, les forces politiques et économiques favorisent le développement du charbon qui s'avère une option énergétique bon marché et largement disponible. En partie en réaction aux pressions publiques en faveur de « l'indépendance énergétique » et en partie parce que l'exploitation du charbon offre une source d'emplois locale, la politique économique de plusieurs grands pays encourage l'exploitation des ressources nationales. Entre 2000 et 2025, l'industrie mondiale du charbon va doubler en taille et, en 2050, elle sera deux fois et demie ce qu'elle est aujourd'hui.

Mais le charbon présente également des problèmes, que les groupes de pression environnementaux n'hésitent pas à montrer du doigt. Aux Etats-Unis ainsi que dans d'autres pays à revenu élevé, la construction de chaque centrale au charbon donne lieu à des protestations et des actions de résistance. En Chine, la dégradation locale de l'environnement provoque des mouvements d'émeute. Et l'infrastructure ferroviaire chinoise se bat pour transporter d'importantes quantités de charbon à travers le pays – ce qui nécessite des travaux importants et coûteux pour améliorer les infrastructures ferroviaires du pays, ainsi que des importations de charbon en provenance d'Australie, d'Indonésie et d'autres pays. Les changements perceptibles du climat mondial sont attribués au développement de l'industrie du charbon en Chine et aux Etats-Unis. Malgré les nombreuses protestations contre le charbon, les gouvernements – qui craignent une détérioration possible de la croissance économique – sont peu enclins à mettre en place des programmes sérieux de gestion des gaz à effet de serre fondés sur la taxation du carbone, l'échange de droits d'émission et des mandats d'amélioration de l'efficacité.

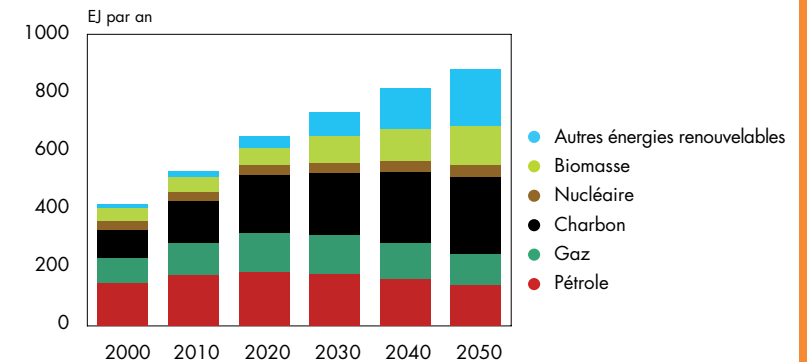
Cherchant à modérer la demande de charbon en vue de produire de l'électricité, plusieurs pays ont conclu qu'il fallait également développer de façon significative l'énergie nucléaire. Contrairement au charbon, cependant, le nucléaire est l'une des sources d'énergies les plus difficiles à développer rapidement à l'échelle mondiale. Mettre en place les conditions requises pour l'exploitation de l'uranium et la construction de centrales nucléaires prend du temps. Ajoutez à cela les difficultés liées à l'élimination des déchets nucléaires. Même dans les pays où les installations nucléaires appartiennent à des sociétés privées et sont gérées par celles-ci, il est essentiel que ces sociétés reçoivent un soutien important du gouvernement pour qu'elles prennent le risque énorme sur le plan financier à long terme de construire de nouvelles centrales. De plus, on constate une certaine réticence à partager la technologie nucléaire avec les Etats avec lesquels on n'entretient pas des relations privilégiées, par crainte de contribuer à la prolifération des armes nucléaires, qui fait que la part que représente le nucléaire par rapport à l'ensemble des énergies dans le scénario **Scramble** est beaucoup moins importante que ce à quoi on aurait pu s'attendre.

D'abord le charbon, puis les biocarburants suivis des énergies renouvelables, telles sont, dans l'ordre, les réponses en termes d'offre à la demande énergétique croissante. Mais il n'existe pas de solution simple ou unique au défi que représente la question de l'énergie. Des mesures d'efficacité énergétique pilotées par les gouvernements sont mises en place dès lors que les pressions deviennent trop fortes et que le marché ne parvient plus à les gérer.

Consommation finale d'énergie par région



Principales sources d'énergie



La biomasse comprend les énergies renouvelables traditionnelles telles que le bois, le fumier, etc.

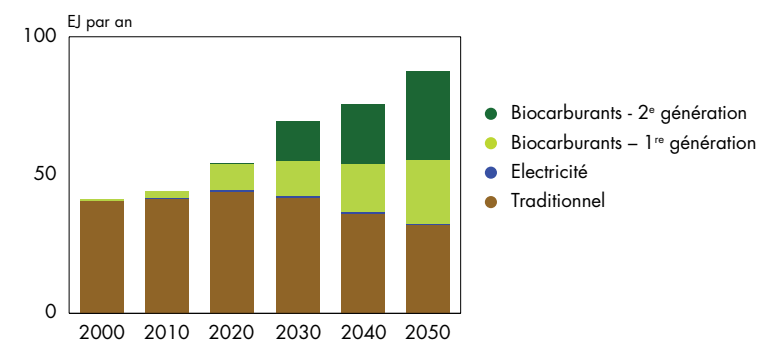
La biomasse représentera environ 15 % de l'énergie primaire à l'horizon 2050. Les biocarburants joueront alors un rôle important, en permettant notamment de diversifier l'offre de carburants. Mais la demande s'accroissant, les énergies fossiles continueront à représenter une part importante de l'ensemble des énergies.

2.3 La prochaine révolution verte

On compte de nombreux lobbies agricoles déjà très puissants dans les pays développés et un énorme courant en faveur des biocarburants se développe dès le début de ce scénario. Cette situation permet de répondre à l'augmentation rapide de la demande de carburants liquides pour les transports mais entraîne des conséquences inattendues. Les biocarburants de première génération sont en concurrence avec les produits alimentaires, provoquant une augmentation des prix du marché en particulier dans les pays où le maïs est le produit alimentaire de base. De plus, les régions dont le potentiel de production ne suffit pas à couvrir leurs besoins, telles que l'Union européenne, comblent ce déficit par des importations, encourageant ainsi les pays les plus pauvres à détruire d'importantes zones de forêts tropicales et d'habitat pour cultiver de l'huile de palme et de la canne à sucre. Il résulte de ces changements d'affectation des terres que d'importantes quantités de CO₂, stockées dans le sol, sont dégagées dans l'atmosphère.

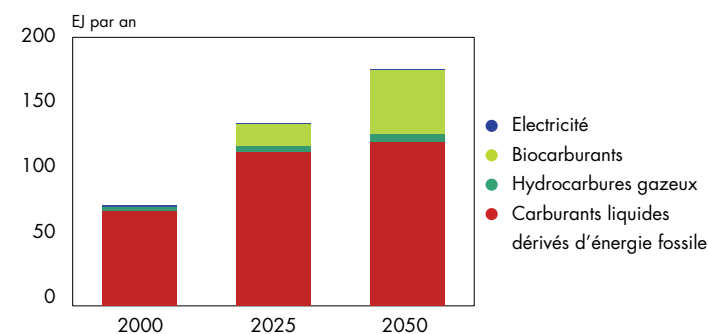
La réaction à ces conséquences inattendues se fait sentir en favorisant le développement des biocarburants de seconde génération d'ici à 2020 – ces biocarburants qui utilisent la partie fibreuse des plantes y compris les résidus tels que la tige et les feuilles des plantes cultivées pour la production agro-alimentaire. Des systèmes de certification ou homologation apparaissent également afin de promouvoir la durabilité des biocarburants de première et de seconde génération. L'un des gros avantages des biocarburants de seconde génération, c'est que les rendements énergétiques sont supérieurs en particulier dans les régions autres que les régions tropicales. La plupart des pays membres de l'OCDE, ceux-ci étant situés dans des régions tempérées, encouragent et soutiennent vivement les progrès et évolutions vers les biocarburants de seconde génération.

Consommation finale de biomasse comme source d'énergie



La biomasse comprend les énergies renouvelables traditionnelles telles que le bois, le fumier, etc.

Consommation d'énergie finale pour les transports



2.4 Quasiment toutes les solutions présentent des inconvénients

La façon dont le pétrole non classique, provenant de sables bitumineux, de schiste et de charbon, est mis en valeur est un exemple typique, dans le cadre du scénario **Scramble**, des solutions que l'on met en place et qui présentent des avantages immédiats en termes de sécurité énergétique, mais qui ont par la suite des conséquences néfastes. Dans les années 2010, les investisseurs placeront de plus en plus de capitaux dans les projets pétroliers non classiques, qui contribuent de façon importante à réduire les pressions sur l'offre. Néanmoins, ceux-ci rencontreront une opposition de plus en plus vive de la part des lobbies puissants en faveur de l'eau et du climat, qui s'opposent à l'empreinte sur l'environnement que provoqueraient de nouveaux développements. Ceci provoquera en définitive une réaction politique brutale qui remettra en cause même les projets les mieux gérés.

Étant donné que les mesures de stimulation de l'offre s'avéreront finalement impopulaires et ne suffiront pas à faire face aux pressions croissantes de la demande, les gouvernements prendront en fin de compte des mesures pour modérer la demande énergétique. Mais étant donné que les pressions ont déjà atteint un niveau critique, leurs actions apparaissent souvent comme des réactions instinctives, mal perçues et motivées par des raisons politiques à des pressions locales, et qui de surcroît ont des conséquences inattendues. Par exemple, le fait d'imposer brutalement des normes sévères en matière d'efficacité énergétique pour les nouvelles constructions retardent les nouveaux développements le temps que les entrepreneurs et les fonctionnaires s'adaptent à la législation. Dans certains cas, ceci ralentit véritablement la tendance en matière d'améliorations globales de cette efficacité.

Dans le scénario **Scramble**, un parcours en trois phases se dessine. Dans un premier temps, les pays répondent aux signes apparents d'une réduction de l'offre en se tournant vers le charbon, les hydrocarbures plus lourds et les biocarburants ; puis lorsqu'il n'est plus possible de maintenir la croissance du secteur du charbon, du pétrole et du gaz, il se produit une crise générale de l'offre et, finalement, les gouvernements réagissent en prenant des mesures draconiennes, telles que des augmentations fortes et brutales des prix intérieurs ou des restrictions sévères sur la mobilité des gens, accompagnées d'interruptions des chaînes de valeurs et d'importants bouleversements économiques. D'ici à 2020, la répétition de ce parcours dans de nombreux secteurs de l'économie énergétique se traduira par un ralentissement économique mondial, temporaire.

2.5 La route cahoteuse du changement climatique

La préoccupation première étant de préserver la croissance économique, en particulier dans les économies émergentes, la question du changement climatique est très nettement laissée de côté. Malgré les protestations de plus en plus véhémentes des militants, une certaine lassitude envahit l'opinion générale. Les discussions internationales sur le changement climatique commencent à s'enliser dans un « dialogue de sourds » idéologique entre les positions opposées des pays riches industrialisés et les pays pauvres en développement – une paralysie qui permet aux émissions de CO₂ dans l'atmosphère d'augmenter sans cesse.

Les pressions économiques émergentes que provoquent les tensions liées à l'offre et à la demande énergétiques rendent encore plus difficile la possibilité pour la classe politique d'agir à moins qu'elle n'y soit contrainte, malgré son discours sur ce sujet. S'attaquer au changement climatique est perçu comme une pression économique supplémentaire et, étant donné le type de réponse qui s'impose, personne n'est prêt à prendre le risque d'être le premier à agir.

Cependant, les pressions politiques s'intensifient dans les pays en développement où les aspirations grandissantes se voient soudain déçues. Les relations internationales sont elles aussi soumises à des tensions. L'utilisation nationale du pétrole russe étouffe la croissance attendue en Europe de l'Est et les pays privés d'énergie, tels que les pays africains à faible revenu, luttent pour y avoir accès.

En fin de compte, ce manque d'action crée les conditions idéales pour une condamnation opportuniste sur le plan politique des catastrophes atmosphériques et une situation critique de l'offre – et provoque des réactions inattendues et motivées par des raisons politiques. Celles-ci arrivent non seulement en retard, mais sont souvent insuffisantes pour vraiment faire une différence du côté de la demande. Dans certains cas, ce sont des réactions excessives et perturbantes comme lorsque des pays décrètent un moratoire sur le développement de certaines sources d'énergie à forte teneur en carbone.

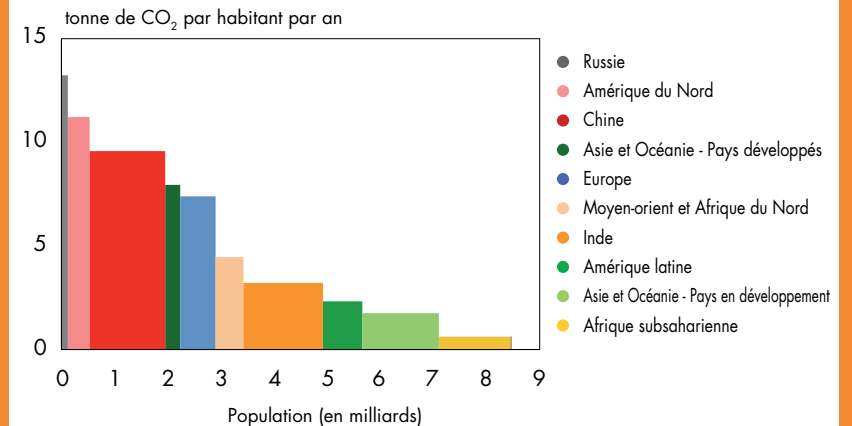
2.6 La nécessité – mère de l'invention

Bien que le changement doive se produire et se produise effectivement, le tournant prendra une décennie car il s'agit de transformations profondes du système énergétique. Les prix intérieurs élevés et les normes particulièrement contraignantes qu'imposent les gouvernements donnent lieu à des progrès significatifs en terme d'efficacité énergétique. Finalement, les offres alternatives développées localement – biocarburants, vent et l'énergie solaire thermique – contribuent également au processus sur une beaucoup plus grande échelle qu'auparavant. D'ici à 2030, on aura retrouvé une croissance économique saine avec une résonance particulière dans le secteur des énergies nouvelles qui aura été fortement stimulée en faveur de l'innovation pendant cette période difficile.

La part décroissante des carburants à base d'hydrocarbures par rapport à l'ensemble des énergies, la part de plus en plus importante des sources d'énergie nouvelles et une plus grande efficacité énergétique contribuent à modérer le taux d'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère. Mais du fait de la reprise de la croissance économique qui s'ensuit, on assiste à nouveau à une forte consommation énergétique avec la reprise des émissions de CO₂ qui en découlent – des concentrations déjà élevées. Un consensus se développe autour de la nécessité d'avoir une nouvelle approche internationale en matière de sécurité énergétique et d'atténuation du changement climatique – mais le monde a 30 ans de retard par rapport à là où il serait s'il avait mis en place un tel système avant 2015. La croissance économique continue à offrir une prospérité florissante à un grand nombre, mais les réactions du marché aux défis que représentent les gaz à effet de serre ont été retardées par un flou réglementaire ou l'absence d'accords internationaux. Une fraction de plus en plus importante de l'activité et de l'innovation économique tend finalement à se préparer pour l'impact du changement climatique. Ayant évité certains choix difficiles dans le passé, les pays reconnaissent aujourd'hui qu'ils risquent de se trouver confrontés à des conséquences coûteuses au-delà de 2050.

La Chine est déjà le plus gros émetteur de CO₂ et à l'horizon 2035, le pourcentage total d'émissions de carbone de ce pays représentera 30 % du chiffre total mondial.

Emissions directes de CO₂ provenant des sources énergétiques en 2035



Augmentation du taux de CO₂ et d'autres GES dans l'atmosphère

Le dégagement de CO₂ dans l'atmosphère dû à l'utilisation de combustible fossile depuis le début de la révolution industrielle et la déforestation vertigineuse de la planète qui a commencé au Moyen Âge ont changé l'équilibre de la planète en carbone. La concentration de plus en plus élevée de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est reconnue de façon quasiment universelle comme responsable du réchauffement climatique. Le taux de CO₂ est passé de 280 ppm (parties par million en volume) à l'époque préindustrielle à 380 ppm aujourd'hui et va augmenter rapidement au fur et à mesure que le développement économique mondial s'accéléra. Cette tendance ne durera pas si l'on doit modérer le changement climatique.



3

Blueprints



Blueprints – aperçu

Le scénario **Blueprints** décrit la dynamique qui sous-tend de nouvelles coalitions d'intérêts. Celles-ci ne reflètent pas nécessairement des objectifs communs mais une combinaison de préoccupations liées à l'offre, d'intérêts environnementaux et d'opportunités d'entreprise connexes. C'est un monde où des craintes encore plus vives concernant le style de vie et les perspectives économiques forgent de nouvelles alliances qui favorisent l'action aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement. On assiste à l'émergence d'une masse critique de réactions parallèles aux tensions liées à l'offre, à la demande et au climat, d'où la rapidité relative de certaines de ces réactions.

Il ne s'agit pas d'un mouvement altruiste mondial. Les initiatives prennent d'abord forme localement, sous l'égide de villes ou de régions. Celles-ci se rejoignent progressivement, les gouvernements étant obligés d'harmoniser ce patchwork de mesures et de profiter des opportunités qu'offrent ces nouvelles initiatives politiques. De fait, la perspective même d'un patchwork de politiques différentes conduit les entreprises à exiger plus de clarté dans la réglementation.

En conséquence, des mesures d'efficacité, au niveau de la demande, dictées par le marché apparaissent plus rapidement et des pratiques de gestion du CO₂ dictées par le marché se répandent. Les marchés d'échange du carbone deviennent plus performants et les prix du CO₂ se consolident. Les améliorations de l'efficacité énergétique et l'émergence de véhicules électriques grand public s'accroissent. Le rythme d'augmentation des émissions de CO₂ dans l'atmosphère est contenu ce qui ouvre la voie à un environnement plus durable.



Le processus

3.1 Un mouvement de base

Tandis que les instances internationales débattent de ce que devraient être les politiques environnementales et s'interrogent pour savoir quelles sont les politiques réalisables, et que de nombreux gouvernements nationaux s'inquiètent de la sécurité énergétique, de nouvelles coalitions apparaissent pour prendre des mesures. Certains forment des groupements d'entreprises provenant de différents secteurs industriels mais ayant un intérêt énergétique commun. D'autres impliquent des groupements de villes ou de régions, qui commencent à prendre leur destinée en main et à élaborer leurs propres plans directeurs pour leur avenir énergétique. Des particuliers commencent à déléguer la responsabilité des aspects complexes du système énergétique à un éventail plus large d'institutions parallèlement aux gouvernements nationaux. Des fonds, des voix et la légitimité récompensent la réussite.

C'est un processus lent au départ, deux pas en avant, un pas en arrière. Il y a pratiquement autant d'opportunisme politique que de convergences rationnelles dans les premières phases du développement. De nombreux groupes essaient de faire échouer, de saper ou d'exploiter à leur compte les nouvelles réglementations et les primes ou formes d'encouragement proposées sur de nouvelles voies énergétiques. Dans certains cas, les perspectives incertaines en matière de réglementation découragent les réalisations. Mais, alors qu'émergent de nouveaux partenariats, les progrès hésitants évoluent vers l'adoption de plus en plus large d'énergies plus propres telles que le vent et l'énergie solaire.

Un nombre toujours plus grand de consommateurs et d'investisseurs réalisant que le changement n'est pas nécessairement « douloureux » mais peut être au contraire intéressant, la peur du changement s'estompe et des mesures encore plus substantielles deviennent politiquement possibles. Ces mesures, y compris les taxes et primes d'encouragement liées à l'énergie et aux émissions de CO₂, sont prises très rapidement. Il en résulte que, bien que le monde dépeint dans le scénario **Blueprints** ait également sa part de transitions majeures et de turbulences politiques, l'activité économique mondiale reste vigoureuse et évolue de manière significative vers une voie moins critique sur le plan énergétique.

Au début du XXI^e siècle, partout sur la planète des villes tournées vers l'avenir partagent de bonnes pratiques en matière de développement d'infrastructures performantes, de gestion de la circulation automobile et d'alimentation électrique et de chauffage intégrés. Un certain nombre de villes investissent dans des énergies vertes pour couvrir leurs propres besoins et dans le souci d'une plus grande efficacité énergétique. Au début, la perception d'une crise locale, provoquée par exemple par des protestations concernant la baisse de la qualité de l'air et de l'eau, contribue à provoquer ces changements. Dans un monde de plus en plus transparent, les acteurs locaux très en vue réussissent à avoir une influence sur le plan national. Le succès d'initiatives individuelles renforce la légitimation politique des maires et des autorités régionales, encourageant les responsables nationaux et internationaux à en faire autant. Les efforts nationaux et locaux commencent à se suivre et s'amplifient, ce qui progressivement modifie le caractère du débat international.

Les perceptions commencent à changer en ce qui concerne le dilemme selon lequel une croissance économique soutenue contribue au changement climatique. Parallèlement à cette recherche d'amélioration économique, la qualité de l'air et les problèmes environnementaux locaux – plutôt que le changement climatique et l'entrepreneuriat vert – poussent au départ à l'action dans des pays tels que la Chine, l'Inde et l'Indonésie. Progressivement, cependant, les hommes font le lien entre le comportement irrégulier du climat local et les implications plus générales du changement climatique, y compris les menaces sur les ressources en eau et les régions côtières. De plus, les régions qui s'en sortent dans les pays en développement stimulent leur économie locale en attirant les investissements dans des usines propres, grâce aux dispositions relatives au développement des énergies propres des traités internationaux qui remplacent le protocole de Kyoto qui expirera en 2012. Ceux-ci autorisent les pays industrialisés à investir dans des projets visant à réduire les émissions de CO₂, dans les pays en développement plutôt que dans des projets nationaux plus coûteux.

L'élément déclencheur de ces plans directeurs concernant le système énergétique est l'introduction d'un mécanisme d'évaluation du prix du CO₂ fondé sur un plan d'échange de quotas d'émission de carbone, qui voit le jour dans l'Union Européenne et est progressivement adopté par d'autres pays, notamment les Etats-Unis, puis la Chine. Ce régime d'échange stimule les nouvelles industries qui émergent autour des combustibles renouvelables et propres et de la technologie de CCS (captage et stockage du carbone). En outre, les crédits de carbone stimulent les revenus – en particulier pour ceux qui investissent dans les énergies renouvelables – et réduisent les incertitudes qui entourent les investissements.

3.2 Les voies vers l'alignement

Cette masse critique de participation dans les cadres internationaux n'émane pas d'un accès d'altruisme mondial. Les nouvelles initiatives aux niveaux régional et national ont davantage suscité un changement plus vaste en partie en réaction aux pressions des multinationales. Les sociétés réclament à cor et à cri des politiques internationales harmonisées et claires qui permettraient d'éviter l'inefficacité et les incertitudes qui résultent d'un patchwork de normes et de réglementations nationales et locales.

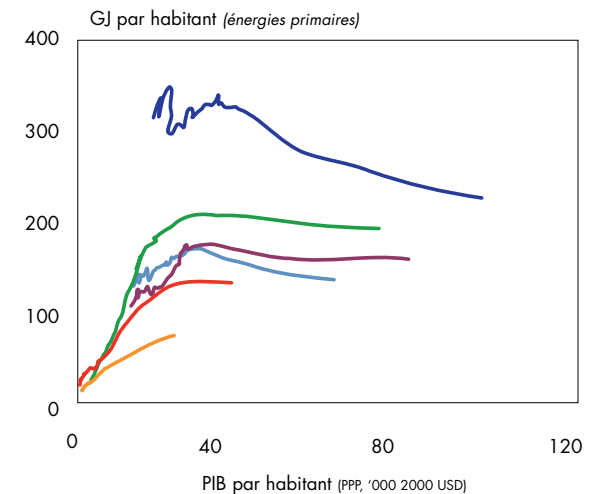
Les Etats-Unis répondent aux pressions du secteur industriel et aux pressions publiques en prenant des mesures importantes en faveur d'une plus grande efficacité énergétique au moyen de trois nouvelles initiatives : des analyses des émissions de carbone « du puits à la roue » des combustibles vendus, une augmentation progressive des normes minimales américaines en matière d'économie de carburant pour les voitures pour atteindre les niveaux européens de 2007 à l'horizon 2020 et des taxes sur la vente des véhicules plus gourmands afin d'encourager l'achat de véhicules offrant une meilleure efficacité énergétique. L'Europe, quant à elle, impose des limites d'émission de CO₂ plus strictes plutôt que d'augmenter les taxes sur les carburants déjà élevées et fixe des objectifs de réduction des émissions très ambitieux.

Les gouvernements chinois et indiens essaient d'équilibrer les fortes pressions politiques – tant nationales qu'internationales – afin de soutenir la croissance économique et de répondre aux préoccupations relatives au changement climatique et à l'efficacité énergétique. En échange de leur participation aux cadres internationaux, ils signent des accords qui faciliteront le transfert de technologie et les investissements dans divers projets en matière d'efficacité énergétique. Ils reçoivent également l'assurance qu'une partie substantielle des revenus à venir, provenant de la vente sur le marché international des permis d'émission, sera destinée aux pays sur la base d'une allocation par habitant. Derrière le rideau, les parties s'attendent à ce que ces accords bénéficient en fin de compte à tous, grâce à l'ouverture de la Chine et de l'Inde aux marchés et investissements internationaux.

Ces évolutions permettront une plus grande uniformisation entre les approches des Etats-Unis, de la Chine, de l'Inde, du Japon et de l'Europe concernant la gestion des émissions de CO₂. A partir de 2012, un nombre assez important de pays participent à ce système judicieux d'échange d'émissions, stimulant l'innovation et les investissements dans de nouvelles technologies et ouvrant la voie au captage et au stockage souterrain du CO₂ après 2020.

L'économie des pays en développement se hisse sur l'échelle énergétique mais, d'une manière générale, les pays développés et les pays en développement suivent un chemin à moins forte intensité énergétique.

Echelles énergétiques à l'horizon 2050



- Inde
- Corée du sud
- UE 15
- Chine
- Japon
- Etats-Unis

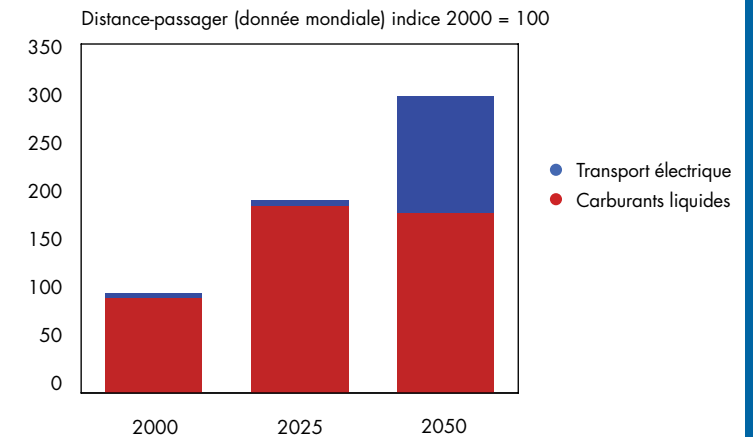
3.3 Les développements profitent aux pays pauvres en énergie

Dans le scénario **Blueprints**, le développement désordonné mais rapide de solutions innovantes et l'adoption de pratiques éprouvées dès le départ bénéficient également aux pays à faibles revenus. Initialement, cette situation vient de la dynamique du marché pétrolier. Les pays de l'OPEP augmentent la production de pétrole pour maintenir les prix bas et reporter le développement de sources de substitution plus coûteuses. On commence à voir les avantages de la croissance accélérée de la production d'électricité à partir de l'énergie solaire et du vent. De nouvelles éoliennes et des panneaux solaires moins onéreux peuvent facilement être exportés dans les zones rurales et, dans relativement peu de temps, de nombreux villages africains disposent de sources d'énergie solaire ou du vent qui leur permettent de puiser l'eau dans des puits plus profonds et plus propres – et de répondre aux besoins de développement futurs. L'Inde également investit largement dans l'énergie du vent, tandis que la Chine explore de nouvelles avenues dans le domaine de l'énergie solaire – et ces évolutions technologiques tant dans le secteur du vent que dans le secteur solaire sont réexportées à l'Ouest, permettant d'accroître l'intérêt pour l'énergie solaire, en particulier.

Les mandats gouvernementaux en faveur des véhicules à émission de CO₂ réduite et nulle, des encouragements fiscaux pour soutenir la production de masse et la part croissante des énergies solaire et éolienne stimulent une montée en flèche des transports électriques – qui reposent sur une alimentation par batterie, pile à combustible ou des technologies hybrides. Cette augmentation de l'utilisation de véhicules électriques permet à la plupart des pays de faire face au plafonnement de la production pétrolière sans connaître les chocs auxquels ils seraient confrontés autrement. Dans le scénario **Blueprints**, l'utilisation finale plus efficace de l'électricité et le ralentissement connexe de la croissance de la demande d'énergie primaire signifient que les pays autrefois pauvres en énergie connaissent une nouvelle amélioration de leur niveau de vie grâce à une énergie à prix abordable.

L'efficacité des véhicules électriques réduit la demande dans le secteur des transports et modifie la répartition entre les différentes sources d'énergie.

Croissance de l'électricité dans les transports



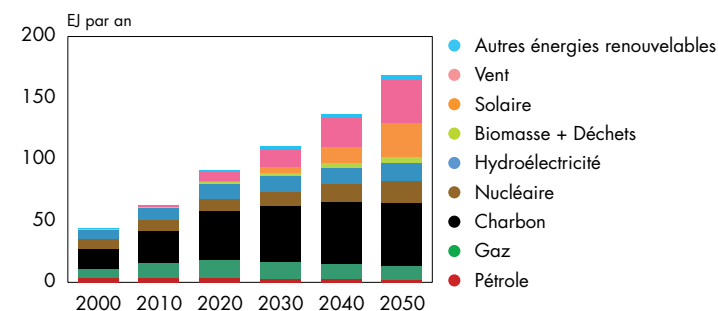
3.4 Désagrégation et intégration

A l'horizon 2050, l'une des principales transitions révolutionnaires observables du scénario **Blueprints** viendra du fait que la croissance économique ne reposera plus essentiellement sur une augmentation de l'utilisation des énergies fossiles. Il s'agira de plus en plus d'un monde d'électrons plutôt que de molécules. Les véhicules électriques deviendront la norme dans le secteur des transports, du fait de leur attrait pour les consommateurs et de leur prix raisonnable, lorsque les gouvernements auront encouragé la production de masse. La production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables augmentera rapidement, tandis que les réseaux publics qui reposent encore sur le charbon et le gaz devront mettre en œuvre des technologies permettant de réduire sévèrement le carbone. Dans les pays développés, près de 90 % des centrales au charbon et au gaz dans les pays membres de l'OCDE et 50 % dans les pays non membres de l'OCDE seront dotées des technologies CCS d'ici à 2050. Ces niveaux d'utilisation des technologies CCS se traduiront par une réduction des émissions de CO₂ de 15 à 20 %. On assiste à l'émergence de nouveaux marchés financiers, d'assurance et d'échange qui contribueront à financer les gros investissements nécessaires pour construire ces nouvelles infrastructures. Le manque de combustibles fossiles dont souffre l'Europe ne lui porte pourtant pas préjudice, grâce à l'émergence de ces nouvelles technologies liées aux énergies renouvelables. Elle se porte bien sur le plan économique malgré sa population qui se réduit et le fait que le capital d'investissement a été remplacé plus tôt pour répondre aux exigences de plus en plus sévères concernant l'efficacité énergétique.

Dans le scénario **Blueprints**, une seconde transition plus sensible se produira au niveau politique, qui connaît une synergie plus forte entre les politiques nationales et celles mises en place aux niveaux sub-nationaux et internationaux. Alors que les détails peuvent être différents d'un pays à l'autre, les organisations internationales – concernées par l'environnement, la santé économique mondiale et l'énergie – conviennent de plus en plus sur ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas. Cette évolution permet plus que jamais auparavant une action « à grande échelle » Des partenariats qui semblaient impossibles commencent à se former entre des formations politiques opposées. Des villes dans le monde continuent à partager leur expérience et à créer des partenariats plus importants. Le groupe des 40 plus grandes villes, qui continue à augmenter, identifie les meilleures pratiques en matière de développement urbain et finalement les zones rurales commencent à rejoindre ces coalitions – en partie pour éviter de devenir les décharges des anciennes technologies.

Réduire les émissions de CO₂ par l'électrification provoque une forte croissance du secteur électrique et renforce les énergies renouvelables. A l'horizon 2050, plus de 60 % de l'électricité sera produite à partir d'énergies autres que les combustibles fossiles. Le CCS (captage du carbone et stockage) peut contribuer de façon importante à réduire les émissions, mais ce n'est pas l'arme fatale.

Consommation finale d'énergie pour la production d'électricité



Captage de dioxyde de carbone et stockage (CCS)

Il existe de nombreuses possibilités techniques pour capter le CO₂. Une fois capté, le CO₂ peut être stocké sous terre (dans des aquifères ou dans certains champs pétroliers ou champs de gaz naturel) ou utilisé dans certains processus industriels. Cependant, capter et stocker le CO₂ est un processus à forte intensité énergétique et coûteux. Le CCS est réalisable avec les technologies d'aujourd'hui, mais n'est pas encore utilisé sur une grande échelle. Son développement exigera la création d'importantes infrastructures, la mise en place d'encouragements pour contrôler les émissions de gaz à effet de serre (comme la fixation du prix du CO₂ ou des objectifs d'émission) ainsi que des réglementations pour faire face aux problèmes de sécurité et de responsabilité.

Compte tenu de ces exigences, un déploiement sur une grande échelle du CCS ne devrait pas se produire avant 2020 selon les prévisions les plus optimistes. Même alors, le CCS n'est pas sans présenter des inconvénients : son utilisation entraîne inévitablement une réduction de l'efficacité des centrales et une augmentation de la pression sur le système énergétique. Atteindre une capacité de stockage annuelle de 6 gigatonnes de CO₂ – ce qui représente une contribution importante aux efforts pour réduire les émissions – exigerait d'énormes infrastructures de transport et de stockage, équivalentes à deux fois la taille des infrastructures mondiales actuelles du gaz naturel. Néanmoins, à l'horizon 2050, le CCS pourra représenter une contribution importante en matière de gestion du CO₂.

Une coopération transfrontalière plus étroite permet d'accélérer le rythme de l'innovation. Etant donné la plus grande synergie entre les réglementations locales, nationales et internationales, les nouvelles technologies deviennent plus rapidement compétitives et se répandent plus facilement dans le monde.

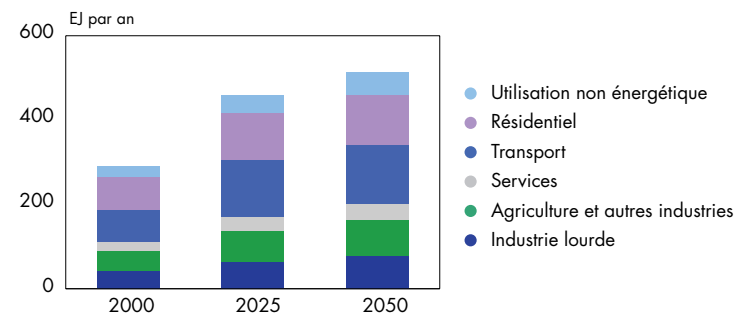
Un rôle important est joué par une sorte d'intérêt personnel stratégique, qui se traduit, par exemple, par le fait que la Russie et le Moyen-Orient développent des sources d'énergie alternatives pour leur utilisation propre et réservent leurs combustibles classiques pour l'exportation, qui est plus rentable. D'autres pays continuent à exploiter le charbon, mais adoptent des technologies propres et le CCS. De plus en plus, les pays exportateurs de charbon, et notamment les pays membres de l'OCDE, exigent des permis d'exporter du CO₂ et cela va plus loin que les cadres mis en place pour gérer les émissions de gaz à effet de serre. Ces développements contribuent à réduire les émissions de CO₂ à un niveau qui s'achemine vers une concentration atmosphérique plus acceptable.

Les dépenses en R&D des multinationales, une plus grande transparence et une plus grande fiabilité des statistiques en matière d'énergie, une détermination efficace du prix du carbone et une réglementation prévisible – favorisés par une nouvelle coopération entre l'industrie et les gouvernements – permettent de réduire les incertitudes qui règnent autour des investissements. Les sociétés et les investisseurs sont ainsi encouragés à investir plus dans la recherche et le développement et à mettre les innovations plus rapidement sur le marché.

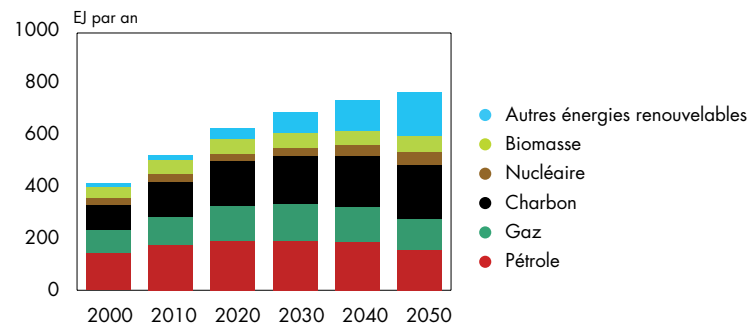
Il s'agit là de développement économique régulier et d'intégration économique à l'échelle de la planète. Cependant, les pressions de la population et la transparence croissante qui caractérisent le scénario **Blueprints** exercent également une pression continue sur les gouvernements pour qu'ils deviennent plus responsables, aussi bien dans les pays démocratiques que dans les pays autoritaires. Dans certains cas, ces pressions facilitent les transitions méthodiques. Cependant, le rythme accéléré de l'évolution de la technologie et de la réglementation ajoute des pressions supplémentaires, et les sociétés et les gouvernements plus rigides luttent pour s'adapter. Les tensions entre les collectivités urbaines et rurales augmentent et on constate un changement politique important dans plusieurs pays, en particulier, là où la gouvernance est moindre. A moins d'avoir agi et investi de manière sage, cette situation touche même les pays exportateurs d'énergie plus riches, lorsque les exportations et les revenus commencent à baisser. Il s'agit là d'un processus d'alignement planétaire ponctué de turbulences politiques permanentes et largement répandues. Mais ce sont des turbulences qui, progressivement, ont moins d'impact sur le fonctionnement du système énergétique mondial.

Une détermination judicieuse du prix du CO₂ stimule l'efficacité énergétique et l'électrification du système énergétique, réduisant ainsi la demande d'hydrocarbures classiques.

Consommation d'énergie finale par secteur



Energies primaires par source



La biomasse comprend les énergies renouvelables traditionnelles telles que le bois, le fumier, etc.

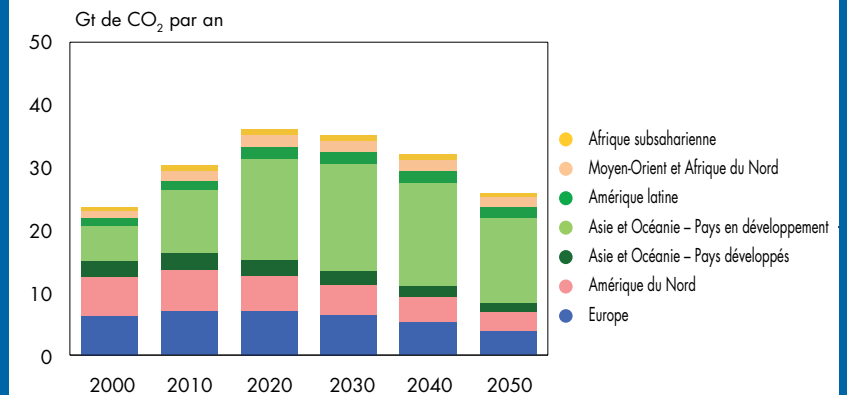
3.5 Blueprints pour répondre aux changements climatiques

Les accords sur la façon de résoudre les problèmes climatiques ne résultent pas d'un changement miraculeux de comportement des responsables politiques. Ils reflètent la façon dont les valeurs de base s'inscrivent désormais dans les programmes politiques grâce aux médias et aux groupes de pressions internationaux. Ils émanent également des pressions exercées par l'industrie qui désire ardemment une certaine clarté et une cohérence au niveau des réglementations. Ces pressions se traduisent par des percées dans une architecture internationale pour gérer les problèmes de sécurité énergétique parallèlement à des options pour un ralentissement du changement climatique et une adaptation à celui-ci. Après l'expiration du protocole de Kyoto en 2012, un cadre sérieux pour réglementer les échanges internationaux de carbone avec une vérification et une accréditation strictes émergent du patchwork de plans régionaux et d'accords entre villes. Un soutien politique réel de la part des Etats-Unis en faveur du déploiement de la technologie et d'investissements connexes s'avère payant en termes d'avancées vers un véritable changement. Des statistiques énergétiques plus fiables et des analyses de marché mieux documentées permettent aux marchés d'échange de carbone de demain de refléter des indications de prix plus claires sur le long terme. Compte tenu de ces cadres, les marchés peuvent anticiper des restrictions en matière d'émissions de CO₂ et les planifier.

En 2055, les Etats-Unis et l'Union Européenne utilisent en moyenne 33 % moins d'énergie, par habitant, par rapport à aujourd'hui. La consommation chinoise d'énergie a atteint son point culminant. L'Inde poursuit son ascension sur l'échelle énergétique, mais arrivant relativement tard, le pays doit faire preuve d'ingéniosité pour suivre une voie de développement à moins forte intensité énergétique. Les efforts politiques et administratifs pour harmoniser et aligner les politiques énergétiques sont ardues et exigent de nombreux investissements au départ ; cependant, dans le scénario **Blueprints**, il y a une masse critique de pays où les gens soutiennent les responsables nationaux qui promettent non seulement la sécurité énergétique mais également un avenir durable. Les souffrances initiales ont permis de réduire les incertitudes et préparé la voie pour des gains sur le long terme.

Des efforts mondiaux concertés permettent de réduire les émissions de CO₂ sans pour autant empêcher la croissance des économies, particulièrement celles des pays en développement. Maintenir les taux des GES dans l'atmosphère à un niveau égal ou inférieur à 450 ppm d'équivalents CO₂ – niveau nécessaire, selon les observations scientifiques, pour réduire le risque de changement climatique – demeure un défi de taille.

Emissions directes de CO₂ provenant des sources énergétiques



Réduire le taux de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère

Aujourd'hui, une attention est accordée à tous les gaz à effet de serre (GES), pas seulement au CO₂. Le méthane, par exemple, est un autre GES important dont les niveaux augmentent. Limiter l'augmentation des niveaux de tous les GES dans l'atmosphère devrait réduire la probabilité d'un changement climatique dangereux. Stopper l'augmentation des émissions exige de fixer de façon précise le prix du carbone pour guider les choix et favoriser une plus grande efficacité énergétique et d'adopter des politiques efficaces pour accélérer le déploiement de technologies à faible émissions. Les émissions de CO₂ de sources énergétiques comptent aujourd'hui pour les deux tiers de toutes les émissions de GES provenant d'activités humaines. Modifier notre utilisation de l'énergie constitue donc une priorité majeure qui nécessite la mise en place généralisée et rapide de la technologie de captage et de stockage du carbone, la production à grande échelle d'électricité renouvelable, des biocarburants de seconde génération et une percée rapide des véhicules électriques après 2020. Limiter les concentrations de GES à 450 ppm d'équivalent-CO₂ devrait permettre de limiter le réchauffement de la planète à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Or, pour atteindre cet objectif difficile, il faudrait une transformation industrielle dépassant même les développements les plus ambitieux décrits dans le scénario Blueprints. Ce niveau exigerait une stabilisation des émissions mondiales de GES d'ici à 2015, un secteur énergétique à émission zéro à l'horizon 2050 et un secteur des transports à émission proche de zéro dans la même période ainsi que l'électrification complète du secteur résidentiel, les émissions de source énergétique restantes étant limitées aux secteurs du transport et de production (de ciment et de métaux, par exemple).

Chronologie des scénarios

Trois vérités implacables

- 1 Un changement progressif dans l'utilisation de l'énergie**
- 2 L'offre suivra difficilement le rythme**
- 3 Les contraintes environnementales ne cessent d'augmenter**

Que peut-on attendre de l'avenir ?



Le présent
à l'horizon 2015



Turbulence
2015-2030



L'avenir
2030-2055

Blueprints



Élaboration d'un système mondial d'échange d'émissions après Kyoto

Ralentissement du nucléaire



Système mondial d'échange d'émissions de CO₂

Déploiement commercial du CCS

Arrivée des véhicules électriques sur le marché de masse



Reprise du nucléaire

Énergie solaire photovoltaïque centralisée



Les pays non membres de l'OCDE représentent désormais les deux tiers de la demande mondiale en énergie primaire



Un cinquième des centrales électriques au gaz et au charbon sont équipées du CCS

50 % véhicules neufs vendus sont électriques ou fonctionnent à l'hydrogène

Intérêt modéré pour les pétroles non classiques

Électrification du secteur des transports

Dissocier la croissance du PIB mondial de la croissance énergétique

Croissance soutenue des pétroles non classiques



30 % des besoins en matière de transport sont couverts par les carburants alternatifs



2015



2020

2030



2040



La population mondiale dépasse les 9 milliards

2050

Blueprints utilise 13 % moins d'énergie primaire que le scénario **Scramble**

2055

Scramble



La Chine passe devant les États-Unis en tant que gros émetteur de CO₂

Envol du charbon

Forte croissance des émissions de CO₂

Le vent s'envole

Les biocarburants mandatisés

Forte croissance des pétroles non classiques

Croissance modeste du nucléaire

Le charbon se heurte à des contraintes

Émissions de CO₂ modérées

Nouvelle augmentation des biocarburants



Émissions de CO₂ à nouveau à la hausse

Expansion de l'énergie solaire



Le retour du nucléaire

L'Inde passe devant les États-Unis en termes d'émissions de CO₂



Ralentissement des pétroles non classiques

Les émissions de CO₂ liées à l'énergie baissent mais les concentrations dans l'atmosphère continuent à augmenter

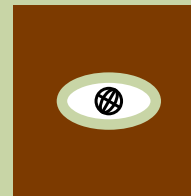
Des mesures d'adaptation au climat commencent à voir le jour

Biocarburants : ~30 % des combustibles liquides

Comparaison des deux scénarios

Quelles sont les différences entre les deux scénarios en matière d'énergie ?

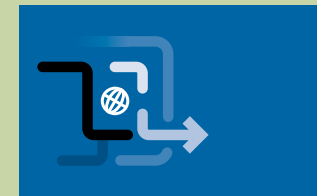
Facteurs



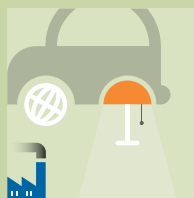
Scramble



Blueprints



Demande

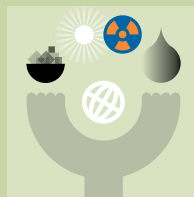


Choix
Prix
Technologie favorisant l'efficacité
Comportement favorisant l'efficacité

- Mandats
- Coûts externes non compris
- Mandats
- Nécessité

- Poussé par le marché mais encouragé
- Coûts externes compris
- Encouragements économiques et normes
- Intégré

Ressources



Pétrole et gaz
Charbon
Nucléaire
Énergies électriques renouvelables
Biomasse

- Croissance limitée
- Envol du charbon
- Intérêt modeste
- Séquentielles – vent, solaire
- Croissance forte

- Long plateau
- Charbon mal venu à moins qu'il ne soit « propre »
- Croissance continue
- Encourager les technologies de premier niveau
- Complète les carburants alternatifs

Technologie

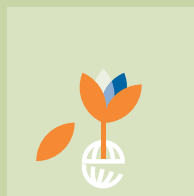


Innovation
Mise en oeuvre
Mobilité
Électricité
Informatique

- Fortement protégée
- « Points d'ancrage » nationaux
- Hybrides et réduction du parc
- Efficacité
- Optimisation de l'offre

- Largement partagée
- « Points de déclenchement » internationaux
- Hybrides et électrification
- Captage du carbone et stockage
- Système de gestion de la charge de la demande

Environnement



Utilisation des terres
Pollution
Climat / Biodiversité
Eau

- Concurrence entre la production énergétique et la production alimentaire
- Importante localement
- Préoccupation mondiale en toile de fond
- Impact de la production énergétique et du changement climatique

- Principe de la durabilité
- Importante
- Préoccupation locale et mondiale préminente
- Prise en compte dans le cadre de développement



Scénarios énergétiques Shell Conclusions

Les perspectives des scénarios **Scramble** et **Blueprints** reposent sur des analyses détaillées de l'offre, de la demande et des paramètres technologiques. Naturellement, il est impossible de condenser toute la richesse de ces scénarios dans une courte présentation, mais nous sommes convaincus que ce document vous a déjà donné un aperçu des principales idées que contiennent les derniers scénarios énergétiques Shell ainsi que des choix à faire et de leurs conséquences.

Aucun de ces deux scénarios n'est « rassurant », ce qui n'étonne pas compte tenu des dures réalités auxquelles nous sommes confrontés. Bien que l'un et l'autre misent sur le développement économique et la mondialisation, tous les deux comportent des « ramifications » qui pourraient conduire à une intensification du chaos géopolitique. Ils ont différentes conséquences bonnes et moins bonnes pour les générations futures. Ensemble, cependant, ils représentent le tableau des possibilités, contraintes, opportunités et choix pour cette ère de transitions révolutionnaires dans le système énergétique global.

Certains lecteurs pourront préférer un scénario à l'autre, ou trouver l'un plus plausible que l'autre. Ce qui n'est pas surprenant car les lecteurs aborderont ces perspectives avec leur propre expérience et leurs propres intérêts. De fait, nous avons obtenu toutes les combinaisons possibles de réactions lorsque nous avons élaboré ces scénarios et discuté de ceux-ci avec des spécialistes et des groupes provenant d'horizons différents. Ce résultat nous a confirmé que tous les deux sont réalistes et qu'ils représentent un défi de taille.

Pour tirer le meilleur parti de ces scénarios, nous préconisons de les analyser en gardant à l'esprit un certain nombre de questions telles que : « Quelles sont les étapes ou événements potentiels qui pourraient nous affecter en particulier ? », « Quels sont les paramètres les plus significatifs qui influenceront sur notre environnement et comment ceux-ci peuvent-ils intervenir ? » et « Que devons-nous faire dans les cinq années à venir pour nous préparer à la période de turbulences qui s'annonce et pour tenter de la modifier ? »

TANIA

Il
n'y a pas
de réponse
idéale

Nous sommes ravis de vous transmettre nos réflexions. C'est ensemble que nous vivrons l'effet TANIA dans les cinquante ans à venir. Bien qu'il n'existe pas de réponses idéales aux défis que nous réserve l'avenir, nous devons cependant prendre en compte un certain nombre de questions difficiles. Plus nous verrons clairement la dynamique complexe du monde de demain, plus nous pourrons naviguer facilement à travers ces turbulences inévitables. Nous espérons que ces scénarios contribueront de façon modeste à nous aider à progresser dans cette voie.

Jeremy B. Bentham
Shell International BV

«
Si les historiens considèrent aujourd'hui la fin du XIX^e siècle comme l'aube de la révolution industrielle, j'espère qu'ils verront la fin du XXI^e siècle comme l'aube de la révolution énergétique.



Rob Routs
Directeur général
Downstream
Royal Dutch Shell plc
Apeldoorn, juin 2007

Glossaire

Abréviations

bep = baril équivalent-pétrole

CCS = Captage de carbone et stockage

CO₂ = dioxyde de carbone

Gt = gigatonne

kWh = kilowatt-heure

mbj = million de barils par jour

ppm = partie par million en volume

tm = tonne métrique

Système International (SI) d'unité

MJ = megajoule = 10⁶ joules

GJ = gigajoule = 10⁹ joules

EJ = exajoule = 10¹⁸ joules

Conversions

1 bep = 5,63 GJ*

1 mbj = 2,05 EJ/an

1 million de mètres cube de gaz = 34 700 GJ*

1 tonne de charbon = 25 GJ*

1 kWh = 3,6 MJ

** Il s'agit d'une moyenne type, mais la teneur énergétique d'un porteur spécifique peut varier.*

Glossaire

Sources des données

Les principales sources de données utilisées pour l'élaboration des analyses et graphiques des scénarios Shell mentionnés dans ce document sont :

- Banque Mondiale WDI
- Oxford Economics
- UN Population Division
- Energy Balances of OECD Countries © OECD/IEA 2006
- Energy Balances of Non-OECD Countries © OECD/IEA 2006

Remarques

Quantification sommaire – énergie primaire

 Scramble	2000	2010	2020	2030	2040	2050
	EJ par an					
Pétrole	147	176	186	179	160	141
Gaz	88	110	133	134	124	108
Charbon	97	144	199	210	246	263
Nucléaire	28	31	34	36	38	43
Biomasse	44	48	59	92	106	131
Solaire	0	0	2	26	62	94
Vent	0	2	9	18	27	36
Autres énergies renouvelables	13	19	28	38	51	65
Total des énergies primaires	417	531	650	734	815	880

 Blueprints	2000	2010	2020	2030	2040	2050
	EJ par an					
Pétrole	147	177	191	192	187	157
Gaz	88	109	139	143	135	122
Charbon	97	137	172	186	202	208
Nucléaire	28	30	30	34	41	50
Biomasse	44	50	52	59	54	57
Solaire	0	1	7	22	42	74
Vent	0	1	9	17	28	39
Autres énergies renouvelables	13	18	29	40	50	62
Total des énergies primaires	417	524	628	692	738	769

Déclaration de non-responsabilité

Ce document contient des affirmations prospectives concernant l'état financier, les résultats des activités et les affaires de Royal Dutch Shell. Toutes les affirmations autres que celles ayant trait à des faits passés sont ou doivent être considérées comme étant des affirmations prospectives. Les affirmations prospectives sont la formulation d'hypothèses d'avenir basées sur les prévisions et suppositions actuelles de la direction et impliquent des risques et incertitudes connus et inconnus qui peuvent avoir pour conséquence que les résultats, performances ou événements réels diffèrent substantiellement de ceux énoncés dans ces affirmations ou impliqués par celles-ci. Les affirmations prospectives comprennent, entre autres, les affirmations concernant l'exposition potentielle de Royal Dutch Shell aux risques du marché et les affirmations exprimant les espoirs, convictions, estimations, prévisions, projections et hypothèses de la direction. Ces affirmations prospectives s'identifient par le fait qu'elles contiennent des termes et expressions comme « anticiper », « croire », « pourrait », « estimer », « escompter », « avoir l'intention », « peuvent », « plan », « objectifs », « perspective », « probablement », « projet », « chercher à », « cible », « risques », « buts », « devrait » et autres termes et expressions similaires ainsi que des verbes conjugués au futur. Un certain nombre de facteurs sont susceptibles d'influer sur les activités futures de Royal Dutch Shell et peuvent avoir pour conséquence que les résultats diffèrent substantiellement de ceux exprimés dans les affirmations prospectives incluses dans ce document, comprenant (sans s'y limiter) : a) les fluctuations des prix du pétrole brut et du gaz naturel ; b) les variations de la demande en produits du Groupe ; c) les fluctuations monétaires ; d) les résultats des forages et de la production ; e) les estimations des réserves ; f) les pertes de marché et la concurrence industrielle ; g) les risques environnementaux et physiques ; h)

les risques associés à l'identification d'objectifs et de biens d'acquisition potentiels appropriés, et au succès de la négociation et de l'aboutissement de telles transactions ; i) le risque de traiter des affaires dans les pays en développement et dans les pays assujettis à des sanctions internationales ; j) les développements sur le plan législatif, fiscal et réglementaire y compris les litiges potentiels et les effets de la réglementation découlant de la reclassification des réserves ; k) les situations des marchés économiques et financiers dans divers pays et régions ; l) les risques politiques, y compris les risques d'expropriation et de renégociation des termes des contrats avec les autorités gouvernementales, les délais ou les avancements dans l'approbation des projets et les délais dans le remboursement des frais partagés ; et m) les changements des conditions commerciales. Toutes les affirmations prospectives contenues dans ce document sont expressément nuancées dans leur intégralité par les avertissements contenus dans cette section ou auxquels il y est fait référence. Les lecteurs ne doivent en aucun cas accorder une confiance excessive aux affirmations prospectives. Les facteurs additionnels susceptibles d'affecter les résultats futurs figurent dans le document de Royal Dutch Shell « 20-F » pour l'année finie le 31 décembre 2007 (consultable sur les sites www.shell.com/investor et www.sec.gov). Ces facteurs doivent aussi être pris en compte par le lecteur. Toutes les affirmations prospectives sont des propos exprimés uniquement à la date de ce rapport, le 18 mars 2008. Ni Royal Dutch Shell ni aucune de ses filiales ne contractent l'obligation de mettre à jour ou réviser publiquement une quelconque affirmation prospective à la suite de nouvelles informations, d'événements futurs ou de toute autre information. Tenant compte de ces risques, les résultats peuvent différer substantiellement de ceux énoncés ou impliqués par les affirmations prospectives contenues dans ce document ou déduits de celles-ci.

Shell International BV

Carel van Bylandtlaan 16
2596 HR La Haye

P.O. Box 162
2501 AN La Haye
Pays-Bas

VMS La Haye H7133, 2008

2^e édition



2008