Vers un nouveau paysage énergétique mondial ?

Dmitri SAVOSTIANOFF
Promo 63

C'est la question que pose le rapport 2012 de l'IEA (Agence Internationale de l'Énergie) que nous résumons ci-dessous. Le développement rapide des sources non conventionnelles d'hydrocarbures en Amérique du Nord, la perspective de voir l'Irak devenir l'un des plus grands producteurs et exportateurs mondiaux d'hydrocarbures, mais aussi la croissance continue de la consommation de gaz naturel, l'abandon du nucléaire dans certains pays et le développement rapide des énergies « renouvelables » vont assurément bouleverser le système énergétique mondial. Qui tarde cependant à prendre le virage du développement durable. Dans cette perspective, l'efficacité énergétique reste le gisement énergétique le plus riche et le moins exploité.

La résurgence de la production pétrolière et gazière aux États-Unis, qui dépasserait l'Arabie saoudite pour devenir premier producteur mondial vers 2020, l'abandon du nucléaire dans certains pays, la croissance rapide des énergies solaire et éolienne et la généralisation de la production de gaz non conventionnel au niveau mondial sont en train de remodeler le paysage énergétique.

Les marchés pétroliers vont aussi être impactés par la capacité de l'Irak à revitaliser son industrie pétrolière pour devenir, vers 2030, le 2e exportateur mondial, derrière l'Arabie saoudite mais devant la Russie. Le développement et la mise en œuvre de nouvelles politiques concertées d'amélioration de l'efficacité énergétique à tous les niveaux pourraient également changer la donne, et offrir une meilleure chance de limiter à 2°C le réchauffement climatique à long terme.

L'édition 2012 du *World Energy Outlook* (Perspectives énergétiques mondiales) évalue, à la lumière de différents scénarios, la manière dont ces nouveaux développements sont susceptibles d'affecter les tendances énergétiques et les évolutions climatiques mondiales au cours des décennies à venir. Ainsi que leur impact sur les défis majeurs auxquels le système énergétique est confronté :

- **la croissance constante des besoins mondiaux** en énergie, liée à la hausse des revenus et à la croissance démographique,
- **l'accès à l'énergie** des populations les plus pauvres,
- la réalisation des objectifs de la communauté internationale en matière de **changement climatique**.

Un système énergétique mondial qui n'est toujours pas engagé sur une voie plus durable

Dans le scénario « *nouvelles politiques* », la demande énergétique mondiale devrait augmenter de plus d'un tiers sur la période s'étendant jusqu'à 2035 ; la Chine, l'Inde et le Moyen-Orient représentant 60 % de cette hausse. La demande énergétique n'augmentera que très peu dans les pays de l'OCDE, où l'on notera un virage très net visant à se détourner du pétrole et du charbon (et, dans certains pays, du nucléaire) au profit du gaz naturel et des énergies renouvelables. En dépit de la croissance des sources d'énergie à faible teneur en carbone, les combustibles fossiles conserveront une position dominante dans le mix énergétique mondial. Dans cette hypothèse, les émissions de gaz à effet de serre correspondraient à une hausse de 3,6°C de la température mondiale moyenne à long terme.

• *L'Amérique du Nord exportatrice nette d'énergie vers 2030*

La récente résurgence des productions pétrolière et gazière aux USA, liée à l'exploitation des ressources en huile et en gaz de schiste, stimule l'activité économique – avec une baisse des prix du gaz et de l'électricité qui permet à l'industrie de gagner en compétitivité – et modifie en profondeur le rôle de l'Amérique du Nord en matière de commerce énergétique mondial. Les États-Unis, qui importent actuellement près de 20 % de leurs besoins énergétiques totaux deviendraient aux alentours de l'année 2020 le plus gros producteur mondial de pétrole (dépassant l'Arabie Saoudite). Il en résulte une chute régulière des importations pétrolières des États-Unis, l'Amérique du Nord devenant exportatrice nette autour de 2030.

Ceci accélère le mouvement du commerce pétrolier international vers l'Asie, et accentue l'importance de sécuriser les routes stratégiques qui transportent le pétrole du Moyen-Orient vers les marchés asiatiques.

• *Interdépendance accrue des marchés mondiaux*

Actuellement les prix modérés du gaz naturel entraînent une réduction de la consommation de charbon aux États-Unis, qui peuvent donc exporter leur production excédentaire vers l'Europe, où le charbon a détrôné le

gaz plus onéreux. En 2012, à son niveau le plus bas, le gaz naturel était vendu aux États-Unis à près d'un cinquième des prix d'importation pratiqués en Europe et à un huitième de ceux pratiqués au Japon. À l'avenir, les interrelations de prix entre marchés gaziers régionaux seront amenées à se renforcer, avec la flexibilisation du commerce de gaz naturel liquéfié. Les changements ressentis dans une partie du monde se répercuteront alors plus rapidement ailleurs.

• *Efficacité énergétique : un potentiel insuffisamment exploité*

Au cours de l'année passée, les principaux pays consommateurs d'énergie ont annoncé de nouvelles mesures : la Chine vise une réduction de 16 % de son intensité énergétique d'ici à 2015 ; les États-Unis ont adopté de nouvelles normes en matière de consommation de carburant ; l'Union européenne s'est engagée à diminuer de 20 % sa demande énergétique en 2020, et le Japon prévoit de couper 10 % de sa consommation d'électricité d'ici à 2030. Selon le Scénario « nouvelles politiques », ces mesures permettent d'accélérer les progrès en matière d'efficacité énergétique mondiale, dont le rythme est resté d'une lenteur décevante au cours des dix dernières années. Mais, même avec ces mesures et les politiques déjà en place, une part significative du potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique – quatre cinquièmes du potentiel dans le secteur de la construction et plus de la moitié dans le secteur industriel – restent inexploités.

« Un monde plus efficace » pour une demande en pétrole culminant avant 2020

Ce scénario pourrait apporter d'énormes progrès en matière de sécurité énergétique, de croissance économique et de protection de l'environnement.
Ces progrès ne se fondent pas sur des percées technologiques majeures ou inattendues, mais simplement sur la suppression des obstacles à la mise en place de mesures d'efficacité énergétique économiquement viables. Ceci aurait un impact majeur sur les tendances climatiques et énergétiques au niveau mondial par rapport aux prévisions du scénario « nouvelles politiques ». La croissance de la demande mondiale en énergie primaire jusqu'en 2035 s'en trouverait divisée par deux. La demande en pétrole culminerait avant 2020, et serait inférieure de près de 13 Mb/j en 2035. Une telle baisse correspondrait à la production actuelle combinée de la Russie et de la Norvège, et relâcherait la pression pour de nouvelles découvertes et développements pétroliers. L'investissement supplémentaire de 11 800 milliards de dollars (en dollars de 2011) dans les technologies éco-énergétiques serait très largement compensé par la réduction des dépenses en combustibles. Ces bénéfices permettraient une réorientation graduelle de l'économie mondiale et augmenteraient la production économique cumulée jusqu'en 2035 de 18 000 milliards de dollars, les augmentations de produit intérieur brut (PIB) les plus importantes étant ressenties en Inde, en Chine, aux États-Unis et en Europe. L'accès universel aux énergies modernes serait plus facile à atteindre et la qualité de l'air s'améliorerait, grâce à une forte chute des émissions de polluants au niveau local. Les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) liées à l'énergie culmineraient avant l'année 2020, suivies par une baisse, correspondant à une augmentation à long terme de la température de 3°C.

Maintenir la porte des 2°C (de réchauffement climatique) ouverte un peu plus longtemps ?

Pour maintenir plus longtemps la porte des 2°C de réchauffement climatique des actions d'envergure dans six domaines doivent être mises rapidement en place en matière d'efficacité énergétique pour :
1• La rendre beaucoup plus visible en en mesurant et publiant les avantages économiques.
2• La mettre en avant, afin qu'elle soit prise en compte dans les décisions des gouvernements, des industriels et de la société.
3• La rendre plus abordable, par la création et le soutien de modèles de marchés, de vecteurs de financement et de mesures incitatives, afin de garantir un retour sur investissement générant des bénéfices économiques.
4• La rendre dominante par la mise en place de réglementations visant à décourager les approches les moins efficaces et à encourager les approches les plus efficaces.
5• La rendre mesurable par des mesures de surveillance, de contrôle et de pénalité visant à vérifier l'obtention du niveau d'économie d'énergie escompté.
6• Pour la soutenir par des investissements et par une capacité administrative adéquate à tous les niveaux.

Toutefois, le Rapport souligne que près de quatre cinquièmes des émissions de CO_2 admissibles d'ici à 2035 proviennent des centrales électriques, usines, bâtiments, etc. déjà existants. Faute de prendre des mesures de réduction des émissions de CO_2 avant 2017, les infrastructures énergétiques existant à cette date atteindront à elles seules la limite d'émissions admissibles. Un déploiement rapide de technologies éco-énergétiques – tel que prescrit dans le scénario « pour un monde plus efficace » reporterait cette échéance à 2022, ce qui représenterait un gain de temps pour arriver à un accord mondial sur la nécessaire diminution des émissions de gaz à effet de serre. Si nous voulons atteindre l'objectif mondial de 2°C, notre consommation, d'ici à 2050, ne devra pas représenter plus d'un tiers des réserves prouvées de combustibles fossiles, à moins d'un déploiement à grande échelle de la technologie de captage et de stockage du carbone (CCS) dont le rythme de déploiement demeure malheureusement très incertain.

• *Le pétrole reste dominant dans les transports*

Dans le scénario « *nouvelles politiques* » la demande en pétrole passerait de 87,4 Mb/j en 2011 à 99,7 Mb/j en 2035. Le secteur des transports représente d'ores et déjà plus de la moitié de la consommation mondiale de pétrole, une proportion qui ne cesse d'augmenter avec le doublement du parc de véhicules de tourisme (à 1,7 milliard en 2035) et la hausse rapide de la demande en fret routier. Ce dernier est responsable de près de 40 % de l'augmentation de la demande

mondiale en pétrole. La consommation de carburant pour poids lourds – principalement du diesel – augmente beaucoup plus rapidement que celle des véhicules de tourisme.

• *L'âge d'or du gaz naturel : jusqu'à quand ?*

Le gaz naturel est le seul combustible fossile pour lequel la demande mondiale augmente quel que soit le scénario envisagé. Mais les perspectives diffèrent selon les régions. La Chine, l'Inde et le Moyen-Orient connaissent une croissance soutenue de la demande : un soutien actif des autorités et les réformes réglementaires entraînent la consommation chinoise à la hausse, de près de 130 milliards de mètres cubes (Gm^3) en 2011 à 545 Gm^3 en 2035. Aux États-Unis, des prix modérés et un approvisionnement abondant stimulent également la croissance du gaz, qui dépasserait le pétrole autour de 2030 pour devenir le combustible numéro un du mix énergétique. L'Europe pour sa part mettrait près de dix ans pour recouvrer son niveau de demande en gaz de 2010. La croissance de la demande au Japon est limitée de manière similaire par des prix du gaz plus élevés et un virage politique en faveur des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Le gaz non conventionnel comptera pour près

PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2010/2040 SELON EXXON MOBIL

Les majors du pétrole publient régulièrement leurs propres études énergétiques prospectives. Celles d'Exxon Mobil, le leader mondial incontesté de la profession, sont toujours étudiées attentivement autant pour leur contenu factuel et statistique que pour ce qu'elles pourraient révéler des intentions d'un groupe qui conteste ouvertement les théories généralement admises sur le réchauffement climatique. Résumé.

Pour Exxon Mobil, la demande énergétique mondiale en 2040 sera d'environ 30 % supérieure à celle de 2010, menée par la croissance chinoise, indienne et celle de l'Afrique et d'autres économies émergentes.

Tandis que le pétrole restera le carburant le plus largement utilisé, on assistera à un déplacement continu vers des sources d'énergie à plus faible teneur en carbone comme le gaz naturel. pour le PDG d'Exxon Mobil, Rex W. Tillerson : « ***Les Perspectives énergétiques démontrent que grâce à l'innovation et à la technologie, le monde n'a pas besoin de choisir entre croissance économique et gestion de l'environnement*** ».

Exxon Mobil prévoit que **la demande mondiale d'électricité augmentera de 80 % d'ici 2040**, celle–ci se substituant à des combustibles fossiles. D'ici à 2040, 40 % de l'énergie produite dans le monde seront consacrées à la production d'électricité.

En 2040, 30 % de l'électricité mondiale seront produits grâce au gaz naturel ; **la demande de charbon connaîtra son pic** et amorcera un déclin pour la première fois de l'histoire moderne. Exxon Mobil estime que **le gaz naturel provenant de schistes** et de sources similaires représentera **30 % de la production mondiale de gaz d'ici 2040**.

Principaux faits mis en avant par Exxon Mobil :

• Tandis que la demande aux États-Unis et dans les autres pays développés restera relativement constante, **la croissance mondiale de la demande énergétique sera tirée par la Chine et les autres pays** non membres de l'OCDE, dont la demande augmentera de presque 60 % entre 2010 et 2040.

• **L'efficacité énergétique** est la principale raison pour laquelle **la demande en énergie n'augmentera que de 1 % par an en moyenne, pour une croissance moyenne du PIB mondial de 3 % par an**. Pour la même raison, la demande énergétique de l'OCDE restera relativement stable jusqu'en 2040, alors que sa production sera presque multipliée par deux.

• Pour le transport, le deuxième secteur qui connaît la plus forte croissance de la demande derrière la production d'électricité, Exxon Mobil prévoit que **les véhicules hybrides représenteront 50 % des voitures en circulation en 2040**, comparativement à 1 % aujourd'hui. La demande en énergie pour les voitures particulières restera relativement stable jusqu'en 2040, malgré le quasi doublement du nombre de véhicules individuels dans le monde. Cependant, la demande énergétique pour les transports de marchandises – par voie routière, aérienne, maritime et ferroviaire – augmentera de plus de 70 %, poussée par la croissance économique, particulièrement dans les pays non-membres de l'OCDE.

• La demande de **pétrole et autres carburants liquides** augmentera de presque 30 %, et la majeure partie de cette augmentation sera liée au secteur des transports.

• **Pour le gaz naturel** la demande augmentera d'environ 60 % entre 2010 et 2040. Cette croissance est particulièrement forte dans les pays non-membres de l'OCDE en Asie-Pacifique, où la demande en gaz naturel devrait tripler au cours des 30 prochaines années.

• Alors que la croissance de la capacité nucléaire devrait ralentir à court terme, **la demande d'énergie nucléaire devrait presque doubler** pendant la période retenue, les nations cherchant à réduire leurs émissions et à diversifier leurs sources d'énergie.

• Les énergies renouvelables connaîtront une forte croissance. En 2040, plus de 15 % de l'électricité mondiale sera générée par des énergies renouvelables, solaire, éolienne, biocarburants, biomasse, géothermique et hydroélectrique. Celle qui connaîtra la plus forte croissance sera l'énergie éolienne.

de la moitié de l'augmentation de la production mondiale de gaz d'ici 2035, cette augmentation venant en majeure partie de la Chine, des États-Unis et de l'Australie. Mais ce secteur n'en est encore qu'à ses débuts, avec des incertitudes, dans de nombreux pays, sur l'étendue et la qualité des ressources disponibles. De plus, l'impact environnemental de la production de gaz non conventionnel fait l'objet de préoccupations qui, si elles ne sont pas correctement prises en compte, risqueraient de stopper la révolution du gaz non conventionnel.

• *Quelle place pour le charbon : premier émetteur de gaz à effet de serre ?*

Au cours de la dernière décennie, le charbon a répondu pour près de la moitié à l'augmentation de la demande mondiale d'énergie, croissant à un rythme plus élevé que la somme des énergies renouvelables. L'évolution de la demande en charbon dépendra de la portée des mesures favorables aux sources d'énergie à faible émission, du déploiement de technologies de combustion du charbon plus efficaces et, point particulièrement important à long terme, du captage et du stockage du carbone. C'est à Pékin et à New Delhi que seront prises les décisions pesant le plus sur le marché mondial du charbon : la Chine et l'Inde comptent en effet pour près des trois quarts de la hausse de la demande en charbon projetée hors OCDE (la consommation de charbon baisse dans les pays membres de l'OCDE). La demande de la Chine connaîtra un pic autour de l'année 2020, puis elle se stabilisera jusqu'en 2035. La consommation de charbon en Inde poursuivra sa progression et, en 2025, ce pays dépassera les États-Unis, devenant le deuxième consommateur au monde. Le commerce international du charbon poursuivra sa progression jusqu'en 2020, seuil auquel l'Inde prend la place de premier importateur net. Puis il se stabilisera, avec le déclin des importations de la Chine.

• *Quel substitut à une énergie nucléaire en baisse ?*

La demande mondiale en électricité augmente presque deux fois plus vite que la consommation totale d'énergie. Ceci pose un véritable défi, qui se trouve amplifié par le niveau d'investissement nécessaire au remplacement d'infrastructures énergétiques vieillissantes. Près d'un tiers de la nouvelle capacité de génération électrique construite jusqu'en 2035 servira à remplacer les unités de production obsolètes. Elle se fonde pour moitié sur des sources d'énergie renouvelables, même si le charbon reste le premier combustible mondial pour la production d'électricité. Sur la période allant jusqu'en 2035, la croissance de la demande chinoise en électricité dépasse la demande d'électricité totale actuelle des États-Unis et du Japon, la production des centrales à charbon de la Chine croissant presque aussi vite que ses productions nucléaire, éolienne et hydraulique combinées. Le rôle anticipé de l'énergie nucléaire a été revu à la baisse, certains pays remettant leur politique en question après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi en 2011. Le Japon et la France ont récemment rejoint la liste des pays prévoyant de réduire leur utilisation d'énergie nucléaire, alors que la compétitivité de cette dernière fait face, aux États-Unis et au Canada, au prix relativement bas du gaz naturel. L'IEA a revu à la baisse ses prévisions sur la croissance de la capacité nucléaire installée par rapport à celles de l'Outlook de l'an dernier. Et si la production nucléaire augmente encore en termes absolus (en raison de l'augmentation de la production en Chine, en Corée, en Inde et en Russie), sa part du mix électrique global diminue légèrement avec le temps. La sortie du nucléaire peut avoir des répercutions significatives sur les dépenses d'un pays en importation de combustibles fossiles, sur le prix de l'électricité et sur l'effort nécessaire pour atteindre les objectifs climatiques.

• *Une place au soleil pour les énergies renouvelables*

Une croissance continue de la production hydro-électrique ainsi que le développement rapide des énergies éolienne et solaire ont consolidé la position des énergies renouvelables comme part indispensable du mix énergétique mondial. D'ici à 2035, les énergies renouvelables représenteront près d'un tiers de la production totale d'électricité. De toutes les technologies renouvelables, c'est l'énergie solaire qui connaît la croissance la plus forte. En 2015, les énergies renouvelables seront la deuxième source de production d'électricité mondiale, représentant en gros la moitié de la part du charbon et, en 2035, elles ne seront pas loin de détrôner ce dernier comme première source mondiale d'électricité. La consommation de biomasse pour la production d'électricité et de biocarburants quadruple, avec des volumes échangés à l'international de plus en plus importants. Les ressources bioénergétiques mondiales sont plus que suffisantes pour satisfaire la fourniture de biomasse et de biodiesel prévue sans concurrencer la production alimentaire, même s'il reste certain que les implications en matière d'utilisation des terres doivent faire l'objet d'une gestion attentive. La croissance rapide des énergies renouvelables est soutenue par la baisse des coûts technologiques, par l'augmentation des prix des combustibles fossiles et du prix du carbone, mais aussi – et surtout – par le maintien des subventions : de 88 milliards de dollars en 2011 au niveau mondial, elles s'élèveront à près de 240 milliards de dollars en 2035. Avec le temps, les subventions de soutien aux nouveaux projets d'énergie renouvelable devront faire l'objet d'un ajustement, afin de s'adapter à une capacité croissante et à la chute du prix des technologies renouvelables, et pour éviter les charges excessives sur les gouvernements et les consommateurs.

L'accès universel à l'énergie : un objectif plus que jamais d'actualité

En dépit des progrès réalisés au cours de l'année passée, près de 1,3 milliard de personnes n'ont toujours pas accès à l'électricité, et 2,6 milliards sont privées de combustibles et technologies de cuisson modernes. Dix pays – dont quatre pays asiatiques en voie de développement et six pays d'Afrique sub-saharienne – représentent à eux seuls deux tiers de la population n'ayant pas accès à l'électricité, et seulement trois pays – l'Inde, la Chine et le Bangladesh – comptent pour plus de la moitié de la population privée de combustibles et technologies

de cuisson modernes. Si le Sommet de Rio+20 n'a pas permis d'obtenir un engagement contraignant garantissant un accès universel à l'énergie moderne d'ici à 2030, l'Année internationale de l'énergie durable pour tous, décrétée par l'ONU, a fait naître de nouveaux engagements en faveur de cet objectif. Mais cela est loin d'être suffisant. À défaut d'actions supplémentaires, l'IEA prévoit qu'en 2030, près d'un milliard de personnes se trouveront encore sans électricité, et 2,6 milliards sans combustibles et technologies de cuisson modernes. Selon les estimations, près de 1 000 milliards de dollars d'investissements cumulés seront nécessaires pour atteindre l'objectif d'accès universel à l'énergie d'ici à 2030.

L'IEA propose un Indicateur de Développement Énergétique (EDI) pour 80 pays, afin d'offrir aux responsables politiques un outil leur permettant de suivre les progrès réalisés en matière d'accès aux sources d'énergie modernes. L'EDI est un indicateur composite qui permet de mesurer le stade de développement énergétique d'un pays donné, au niveau de ses habitations individuelles et de ses équipements communautaires. Il met en lumière une nette amélioration de la situation au cours de ces dernières années, les progrès les plus importants ayant été réalisés en Chine, en Thaïlande, au Salvador, en Argentine, en Uruguay, au Vietnam et en Algérie. Dans un certain nombre de pays (notamment africains), l'EDI reste cependant à un bas niveau.

Enfin, l'IEA conclut son rapport en soulignant que les besoins en eau pour la production d'énergie sont appelés à croître deux fois plus rapidement que la demande énergétique. L'eau est un facteur essentiel à la production d'énergie : pour la génération d'électricité, pour l'extraction, le transport et le traitement du pétrole, du gaz et du charbon, et, de plus en plus, pour l'irrigation des cultures destinées à la production de biocarburants. L'agence estime qu'en 2010 les prélèvements d'eau à des fins de production énergétique se sont élevés à 583 Gm^3, dont 66 Gm^3 pour la consommation d'eau – c'est-à-dire le volume prélevé qui n'est pas retourné à sa source. Les 85 % de hausse prévue pour la consommation d'eau sur la période allant jusqu'en 2035 reflètent un mouvement vers une production d'électricité plus gourmande en eau et une progression de la production de biocarburants. L'eau devient un critère de plus en plus important d'évaluation de la viabilité des projets énergétiques, à mesure que la croissance démographique et économique intensifie la concurrence pour les ressources. ■

LES BIOCARBURANTS : PANACÉE OU FAUSSE BONNE IDÉE ?

Avec l'incorporation d'éthanol d'origine agricole dans le super 95 et de « diester » dans les carburants diesel, l'Europe utilise déjà des quantités importantes de biocarburants. Qu'en est-il de la pertinence économique et écologique de cette démarche ? Dans une récente publication, le groupe Total répond à certaines interrogations.

« Le contexte est favorable aux biocarburants pour deux raisons principales : la sécurité énergétique, puisqu'ils se substituent à des produits fossiles dont l'origine est pour l'essentiel du brut importé, et la maîtrise des émissions de GES (gaz à effet de serre). Mais leur développement rencontre des limites. D'une part, sur le plan technique, le biocarburant n'étant accepté par la plupart des motorisations qu'additionné à un carburant d'origine fossile ; d'autre part, un recours trop important aux biocarburants renchérit le prix de certaines cultures alimentaires. C'est pourquoi, des travaux importants sont engagés pour développer des biocarburants dits de seconde génération, c'est-à-dire qui n'utilisent pas de ressources à usage alimentaire. Il s'agit par exemple de la voie de l'hydrolyse enzymatique pour l'éthanol lignocellulosique ou de la gazéification de la biomasse pour le biodiesel. Avec 900 000 tonnes incorporées dans ses productions de carburants, Total est leader en matière de biocarburants en Europe. Le Groupe a été pionnier dans la production d'ETBE « ethyl tertio butyl ether », base bioessence combinant éthanol et une coupe de raffinage (isobutylène) qui ne soulève pas de problèmes d'incorporation. Total distribue également du biodiesel, tout en engageant des travaux sur l'adaptation des hydrotraitements de son raffinage à des charges comme l'huile de palme. Des travaux de recherche sur les biocarburants de seconde génération sont également engagés. En ce qui concerne le bilan environnemental, il varie beaucoup selon la filière. Pendant sa phase de croissance, la plante absorbe du dioxyde de carbone et produit de l'oxygène, tandis que le CO_2 est rejeté dans l'atmosphère quand le biocarburant est brûlé dans un moteur. Les phases de culture et de transformation de la plante induisent des consommations supplémentaires d'énergie fossile, avec émissions de CO_2. La filière la plus écologique est celle de **la canne à sucre brésilienne**, les coproduits de cette plante fournissant aussi l'énergie de transformation (bagasse). **La réduction des émissions de CO_2 pour cette filière dépasse 80 %**. En revanche, **elle n'est que de 30 % pour l'éthanol issu du blé ou de la betterave** par les procédés traditionnels. **Cette réduction avoisine plutôt 50 % pour les biodiesels à base de colza.**