

ÉPREUVE 2

CONCOURS D'ÉLÈVES STAGIAIRES ADMINISTRATEURS DES AFFAIRES MARITIMES

(article 6 -1 du décret statutaire n°2012-1546)

ÉPREUVE 3

CONCOURS D'ÉLÈVES ADMINISTRATEURS DES AFFAIRES MARITIMES

(article 4 -1 et 4 -2 du décret statutaire n°2012-1546)

Session 2019

<p>RÉDACTION D'UNE NOTE A PARTIR D'UN DOSSIER PERMETTANT DE VÉRIFIER L'APTITUDE DU CANDIDAT A FAIRE L'ANALYSE ET LA SYNTHÈSE D'UN SUJET, SES QUALITÉS DE RÉDACTION ET DE PRÉSENTATION</p>
--

(DUREE : 5 HEURES – COEFFICIENT 6)

« Quand je vois la masse de solutions qui existe, je suis très optimiste. Quand je vois la lenteur des êtres humains à mettre en place ces solutions, je suis très pessimiste ». Ces mots prononcés par Bertrand PICCARD, qui a réalisé en 2016 le premier tour du monde à bord d'un avion solaire (SOLAR IMPULSE 2), résument à eux seuls toute la problématique des énergies renouvelables.

À partir des documents joints, vous rédigerez une note ayant pour objet de présenter les enjeux de cette « **révolution verte annoncée** », qui ne pourra vraiment s'épanouir sans une réelle volonté politique et une puissante implication citoyenne.

Votre travail ne devra pas dépasser 8 pages, soit deux copies doubles.

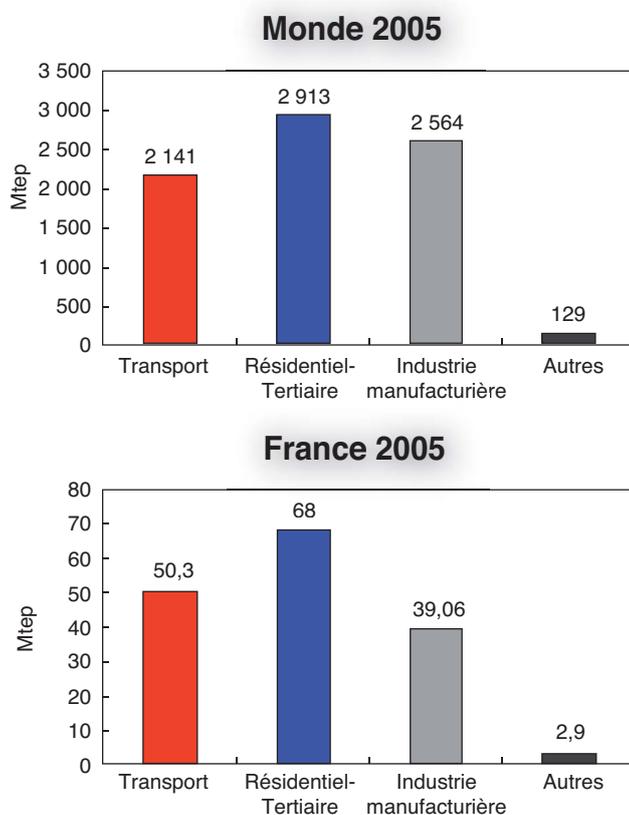
DOCUMENT 1	Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients	14 pages
DOCUMENT 2	« La France est en retard sur le développement des énergies renouvelables »	4 pages
DOCUMENT 3	Le 100 % d'électricité renouvelable, un objectif ambitieux mais réalisable	3 pages
DOCUMENT 4	La PFA et Enedis s'allient pour accélérer le déploiement des véhicules électrifiés	2 pages
DOCUMENT 5	Nucléaire: les trois scénarios étudiés par le gouvernement	2 pages
DOCUMENT 6	Évaluation du développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique – Assemblée Nationale	12 pages
DOCUMENT 7	Voiture électrique, renouvelables et recharge intelligente	3 pages
DOCUMENT 8	Renault fait de Belle-Île-en-Mer un laboratoire de la transition énergétique	2 pages
DOCUMENT 9	Rapport de l'Assemblée Nationale N°1678	19 pages
DOCUMENT 10	Rapport d'information du Sénat N°445	22 pages

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

Alors que le secteur des transports dépend à plus de 98 % des produits pétroliers, dans un contexte de prix des carburants élevés et de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, les énergies alternatives se multiplient. De nombreuses filières sont successivement mises en avant, afin de prendre la relève des carburants pétroliers. Quels sont les atouts et les faiblesses de ces énergies de demain et d'après-demain ? Le point.

Le transport est un secteur extrêmement énergétivore. Dans le monde, le transport consommait en 2005 l'équivalent de 2 141 Mtep. Pour la France, le transport est même le deuxième secteur consommateur d'énergie avec 31 % de la consommation énergétique du pays (figure 1).

Fig. 1 - Consommation d'énergie par secteur en 2005



Sources : Statistiques AIE et DGEMP

Aujourd'hui, le secteur des transports est étroitement lié au pétrole mais les alternatives sont potentiellement nombreuses. Les sources d'énergie exploitables pour les transports couvrent les ressources fossiles, la biomasse et les énergies renouvelables ou nucléaires (via la production d'électricité). À partir de ces ressources, plusieurs types de carburants peuvent être obtenus puis utilisés dans différents types de véhicules. Ceux-ci peuvent se classer en quatre grandes catégories (figure 2) parmi lesquelles les véhicules équipés de moteurs à combustion interne, les plus répandus à l'heure actuelle, ou les véhicules hybrides en cours de mise sur le marché.

Devant ces nombreuses solutions possibles, comment faire un choix ? Comment évaluer ces carburants et appréhender leurs forces et leurs faiblesses aux niveaux économique, environnemental ou de la disponibilité de la ressource ?

Les transports sont aujourd'hui très dépendants des carburants conventionnels d'origine pétrolière

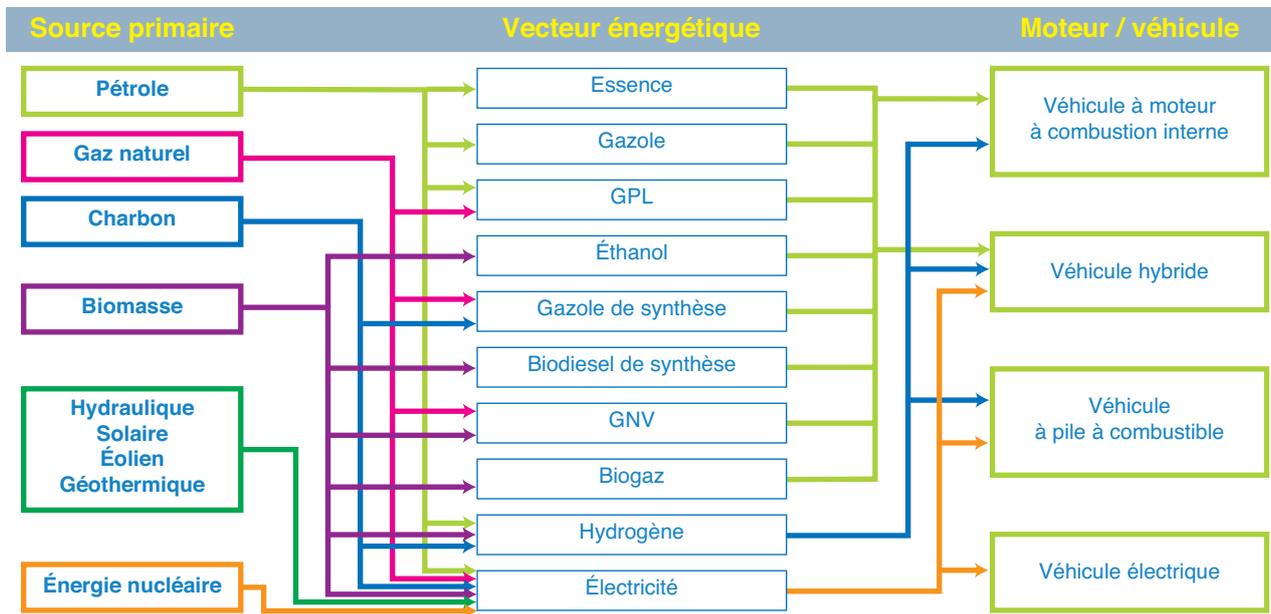
Les carburants conventionnels issus du pétrole assurent actuellement l'immense majorité des besoins en énergie pour la mobilité des personnes et des biens.

L'essence et le gazole couvrent 98 % de l'énergie utilisée dans le transport routier à l'échelle mondiale, et 96 % en Europe où les biocarburants représentent seulement 1,5 % et le gaz naturel à peine plus de 1 % (figure 3).

La consommation énergétique du secteur des transports augmente à un rythme annuel proche de 2 %. Les

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

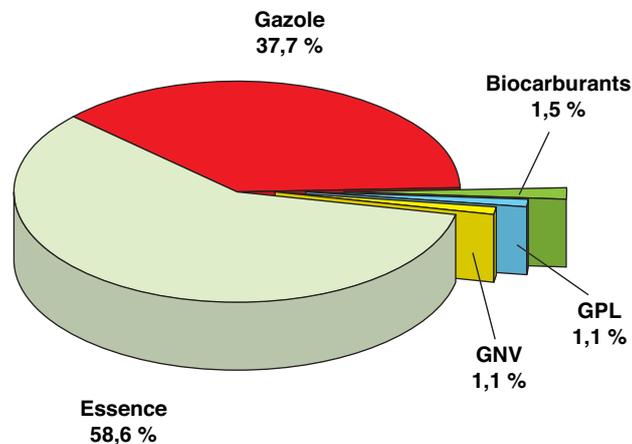
Fig. 2 - Les filières énergétiques



Source : IFP

carburants routiers traditionnels ont déjà fait l'objet de nombreuses améliorations (techniques : indices d'octane et cétane ; environnementales : teneur en plomb, soufre, etc.) pour répondre à des spécifications plus sévères et nécessitent encore d'autres améliorations pour répondre aux futures spécifications déjà programmées. Au-delà, il est vraisemblable que de nouvelles normes soient mises en œuvre d'ici à 2020, pour répondre aux futurs objectifs de qualité de l'air de l'UE et/ou aux éventuelles exigences de nouveaux modes de combustion des moteurs.

Fig. 3 - Consommation d'énergie dans le transport routier mondial en 2007, par type de carburant

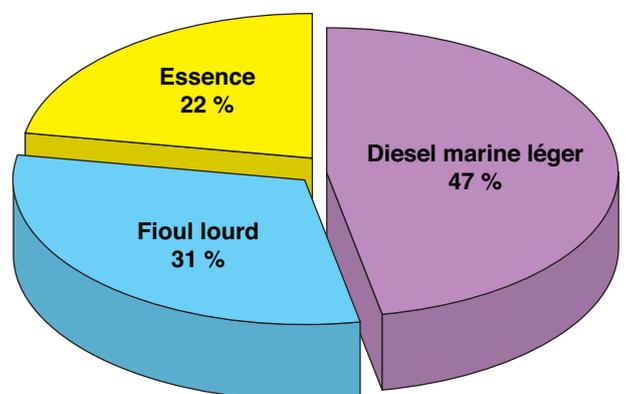


Source : Statistiques de l'OCDE

Le transport aérien est, quant à lui, encore plus intimement lié au pétrole car les avions sont alimentés à plus de 99,9 % en kérosène (*jet fuel*), produit dérivé du pétrole. Certains petits appareils utilisent encore un carburant proche de l'essence mais cela reste très marginal.

En ce qui concerne le transport maritime, il est lui aussi dépendant à 100 % d'hydrocarbures pétroliers (hormis les navires méthaniers), mais la flotte mondiale s'alimente en proportions plus équilibrées en essence, fioul lourd et enfin en diesel marine léger (équivalent du fioul domestique), qui est le carburant le plus répandu (figure 4).

Fig. 4 - Consommation de carburants dans le monde pour le transport maritime en 2006 : 18,8 Mtep



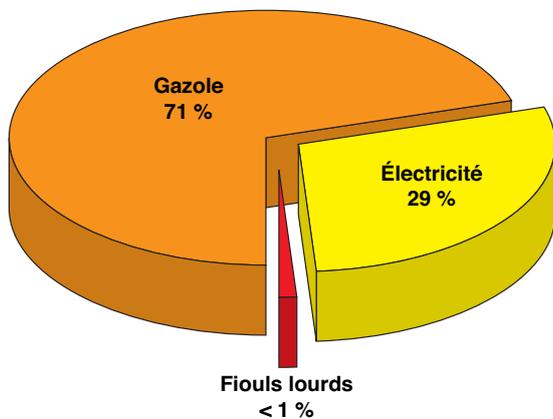
Source : Statistiques de l'OCDE

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

Pour le futur, l'enjeu principal de l'évolution des spécifications concerne la teneur en soufre des fiouls de soutes maritimes.

Le transport ferroviaire se détache légèrement des ressources pétrolières grâce à l'électrification avancée des réseaux ferroviaires dans certains pays. Cependant, le transport ferroviaire mondial reste encore dépendant à 71 % du gazole contre 29 % pour l'énergie électrique (figure 5).

Fig. 5 - Consommation d'énergie mondiale du transport ferroviaire en 2006 : 28 Mtep



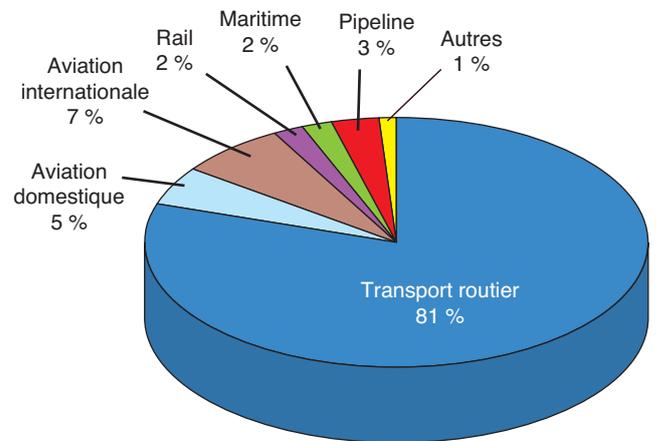
Source: Statistiques de l'OCDE

Les carburants liquides fossiles présentent des atouts considérables pour le transport. Leur densité énergétique importante permet une autonomie appréciable des véhicules (plus de 600 km). Les techniques de raffinage sont éprouvées et peu coûteuses (hors coût d'approvisionnement).

L'extrême dépendance pétrolière des principaux modes de transport pose des problèmes complexes. Au plan économique, l'utilisation d'une ressource rare (non renouvelable), dont les économies développées sont souvent très dépendantes (importations), et exposées à la volatilité des cours, est source de vulnérabilité énergétique. Au plan environnemental, le contenu en carbone des produits pétroliers, les émissions de gaz à effet de serre et la pollution locale associées aux activités de raffinage et à la combustion dans les moteurs sont des enjeux majeurs, dans un contexte où le développement durable prend une importance considérable.

En plus d'efforts sur la demande (comportements de conduite, modifications des habitudes de déplacement, etc.), une diversification des carburants dans le transport routier s'impose comme le levier d'action majeur dans la lutte contre les émissions de CO₂ (figure 6) et la réduction de la consommation de ressources non renouvelables.

Fig. 6 - Émissions de CO₂ du transport dans le monde en 2005



Source: Statistiques de l'OCDE

Les carburants alternatifs d'aujourd'hui

Le GPL

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) a été historiquement le premier vrai carburant alternatif. C'est un mélange de butane et de propane issu du raffinage du pétrole (40 % de la ressource) et du traitement du gaz naturel (60 % de la ressource au niveau mondial).

La consommation de GPL représentait 5,7 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole) en 2006 en Europe OCDE, en croissance de 6 % par rapport à 2005, notamment grâce à l'apparition de parcs de véhicules GPL dans les pays d'Europe de l'Est : la Pologne est ainsi passé d'un parc de 470 000 véhicules en 2000 à près de 2 000 000 de véhicules GPL fin 2007.

En revanche, en France, le parc de véhicules GPL est peu répandu et son développement semble en suspens à l'heure actuelle. On ne compte que 140 000 véhicules équipés en France contre 200 000 en Allemagne et un million en Italie, malgré les 2 000 stations réparties sur 98 % du réseau autoroutier français.

Le GPL – dans le cas d'un véhicule optimisé pour ce carburant – présente pourtant des avantages sur les carburants traditionnels, notamment au niveau environnemental :

- des émissions de CO₂ réduites de 10 % par rapport à un véhicule essence, mais supérieures au diesel,
- des émissions de NOx réduites par rapport aux véhicules essence et plus encore par rapport aux véhicules diesel,
- pas de rejet de particules de suie,
- un indice d'octane élevé qui permettrait d'améliorer le rendement du moteur,

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

- d'un point de vue économique, ce carburant a bénéficié en France de défiscalisations lui permettant d'être disponible à la pompe à des tarifs inférieurs à ceux du gazole.

Malgré ces bons points, les inconvénients du GPL expliquent le succès relatif de cette filière :

- l'équipement du véhicule entraîne un surcoût non négligeable (de l'ordre de 15 à 20 % par rapport au même modèle diesel),
- le réseau de distribution reste modeste, surtout loin des grands axes de circulation,
- la ressource en GPL, liée à celles de pétrole ou de gaz naturel, est limitée et n'apporte pas réellement de diversité énergétique,
- un apport limité à la lutte contre le changement climatique.

Le GNV

Le gaz naturel véhicule (GNV) a fait l'objet d'un intérêt important lié au développement du marché du gaz naturel et aux disponibilités a priori plus durables que le pétrole.

Malgré tout, la consommation de GNV reste très limitée ; elle représentait 0,55 Mtep en 2006 (données pour l'Europe OCDE), avec l'Italie comme marché leader, et ce grâce à un développement de la filière entrepris dès les années 1930.

En France, la consommation 2006 dépassait à peine les 60 ktep et le parc atteignait une dizaine de milliers de véhicules au milieu de l'année 2007. Parmi ceux-ci, on retrouve bon nombre de véhicules de flotte qui disposent d'un point fixe permettant de faire le plein la nuit par exemple.

Les véhicules GNV présentent des avantages sur le plan environnemental par rapport aux véhicules essence et diesel :

- des émissions de CO₂ réduites de 20 à 24 % par rapport à un véhicule essence ou un véhicule diesel,
- des émissions de NOx réduites par rapport aux véhicules diesel,
- pas de rejet de particules de suie et de manière générale, une toxicité de l'échappement nettement réduite,
- la bonne résistance au cliquetis, ce qui permet d'améliorer le rendement via la turbo-suralimentation.

Ces avantages ne font pas oublier les inconvénients d'une filière encore jeune :

- le réseau de distribution reste à mettre en place en France,

- un stockage à bord du véhicule et une autonomie plus contraignants,
- des évolutions technologiques sont attendues sur les véhicules aussi bien au niveau d'une amélioration des motorisations dédiées à un fonctionnement à 100 % en GNV qu'au niveau de la dépollution dans le respect des futures normes,
- le surcoût de tels véhicules est encore important mais l'élimination de la bicarburant permettrait d'abaisser la facture.

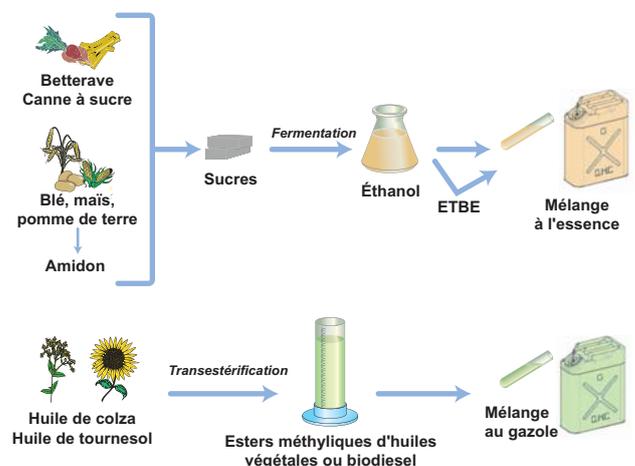
Les biocarburants

Il existe aujourd'hui deux grands types de biocarburants : l'éthanol et les esters méthyliques d'huile végétale (EMHV), voire animale, ou biodiesel. L'éthanol, qui s'utilise dans des moteurs de type essence, est un produit de plantes sucrières comme la canne à sucre et la betterave, ou de plantes amylacées comme le blé ou le maïs (figure 7). Rappelons que ces deux carburants, et en particulier l'éthanol, ont déjà été utilisés par le passé comme carburants.

Le principal biocarburant en termes de volumes consommés est le bioéthanol. Ainsi, 20 Mtep ont été produites dans le monde en 2006, essentiellement au Brésil et aux États-Unis. Dans le même temps, la production de biodiesel a atteint 4,9 Mtep, l'Allemagne étant le premier producteur mondial avec 41 % de la production totale et la France ayant produit 0,49 Mtep.

L'atout principal des biocarburants est qu'ils peuvent être mélangés à l'essence et au gazole, profitant ainsi des réseaux de distribution classiques de carburants, et qu'ils ne nécessitent pas de bouleversement technologique majeur au niveau des moteurs des véhicules.

Fig. 7 - Filières de biocarburants de 1^{re} génération



Source : IFP

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

Toutefois, l'utilisation de ces biocarburants devra prendre en compte le partage des ressources entre une utilisation alimentaire et une utilisation destinée à satisfaire nos besoins énergétiques. Une gestion globale devra être mise en place afin de satisfaire aux exigences de ces deux usages. De plus, si le bilan en CO₂ des biocarburants semble positif et certains impacts, notamment à l'échelle globale (effet de serre, épuisement des ressources énergétiques fossiles), sont bien renseignés, d'autres impacts (impacts sur l'eau, le sol, etc.) restent, en revanche, mal connus, en particulier aux échelles locales.

L'électricité

Le cas de l'électricité, qui est un vecteur d'énergie et non une énergie primaire, est quelque peu différent de celui des autres énergies déjà évoquées. L'électricité est déjà présente dans nos véhicules, gagnant peu à peu de l'importance via une hybridation grandissante. La Toyota Prius, véritable succès commercial, est l'étendard de la nouvelle génération de véhicules hybrides et a marqué le début d'une nouvelle ère. Les constructeurs automobiles ont, pour la plupart, annoncé de nouveaux véhicules hybrides pour compléter leur gamme.

Cependant, à l'heure actuelle, le fonctionnement en tant que machine électrique est transparent pour le conducteur. Nul besoin de raccorder le véhicule au secteur, les batteries sont rechargées notamment dans les descentes ou lors des freinages, puis déchargées pour propulser le véhicule à faible vitesse ou lui donner un surplus d'accélération.

La prochaine étape semble de plus en plus être le véhicule hybride *plug-in*, c'est-à-dire connectable au réseau électrique pour une recharge des batteries, augmentant le rôle alloué au moteur électrique. Cela permettrait d'améliorer les performances environnementales du véhicule, à condition de fournir de l'électricité à bas CO₂, c'est-à-dire dont le cycle entier de production produit de faibles quantités de CO₂.

Enfin, il faut également compter avec les véhicules entièrement électriques, c'est-à-dire équipés de batteries et de moteurs électriques capables de mouvoir le véhicule avec des performances acceptables sur des distances de l'ordre de 100 à 200 km sans émission au niveau du véhicule. Les projets de véhicules électriques reviennent en force chez les constructeurs aussi bien français que japonais, et de nouveaux modèles devraient apparaître sur le marché pour 2010.

Le seul obstacle reste encore et toujours les batteries. D'importants progrès sont nécessaires aussi bien pour faire décroître leurs coûts que pour améliorer leurs performances afin de diminuer les poids et volumes à

embarquer. La R&D est très active dans ce domaine et les effets d'annonce se multiplient pour laisser entrevoir d'importants progrès dans les années à venir.

Les carburants alternatifs de demain

À moyen terme, la production de carburants liquides peut être envisagée non plus uniquement à partir de pétrole, mais aussi d'autres ressources fossiles (gaz naturel, charbon) ou de biomasse.

Les carburants de synthèse

La production des carburants de synthèse repose sur deux étapes, qui sont communes à toutes les charges envisageables. Dans un premier temps, la matière première est convertie en gaz de synthèse (un mélange d'hydrogène et de monoxyde de carbone), puis en produits liquides par le procédé Fischer-Tropsch pour obtenir du gazole et du kérosène/jet. Cette voie produit des carburants, et en particulier du diesel, de très bonne qualité (indice de cétane supérieur à 60-65, pas d'aromatiques, pas de soufre). Le naphta est le principal coproduit du procédé.

Le gaz naturel, le charbon et la biomasse peuvent servir de matière première ; on parle des filières *XtL* (*Something to Liquids*). Les avantages et coûts environnementaux et économiques de chaque filière dépendent en grande partie du type de charge considéré.

À partir d'énergies fossiles, les filières *Gas to Liquids* (GtL) et *Coal to Liquids* (CtL) sont les deux options envisageables. La filière GtL offre un intérêt majeur pour les pays disposant d'importantes ressources en gaz naturel. Cependant, de nombreux projets envisagés au début des années 2000 ont été gelés du fait de la hausse importante des coûts d'investissement. Les progrès importants en matière de performance des procédés combinés à une augmentation sensible de la taille des projets (de l'ordre de 10 000 b/j au début des années 90 ; de 30 à 75 000 b/j actuellement) ont été plus que compensés par la hausse des coûts de construction (ingénierie, matériaux, etc.) depuis 2003. Actuellement, les coûts d'investissement des unités GtL sont de l'ordre de 60 000 \$/b/j, contre 20 à 35 000 \$/b/j au début des années 2000.

La majorité des projets démarrés ou en développement à l'heure actuelle sont concentrés au Qatar et au Nigeria.

Par ailleurs, Petronas vient de s'engager pour un projet GtL en Ouzbékistan. Des rapprochements entre développeurs de technologies de GtL et de raffinage (par

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

Tableau 1

Projets de nouvelles installations GtL

Projet	Partenaires	Capacité	Développement
Oryx (Qatar)	Qatar Petroleum et Sasol	34 000 b/j	Démarré début 2007
Escravos (Nigeria)	Sasol - Chevron	34 000 b/j	Démarrage en 2009
Oryx (Qatar)	Qatar Petroleum et Sasol	65 000 b/j	En cours
Pearl (Qatar)	Qatar Petroleum et Shell	140 000 b/j	En cours

exemple Rentech et UOP) sont également annoncés. Shell et Airbus réalisent des tests pour l'utilisation de carburants de synthèse dans le transport aérien (tableau 1).

D'un point de vue environnemental, le bilan peut être amélioré. Les émissions de CO₂ sur l'ensemble de la chaîne (production/véhicule) sont au mieux équivalentes à la voie classique par raffinage, mais le bilan est le plus souvent défavorable compte tenu d'un rendement énergétique sensiblement plus faible ; de l'ordre de moins de 60 %. Pour obtenir un bilan CO₂ plus favorable, des conditions très spécifiques sont nécessaires, comme le recours à du gaz brûlé par exemple, ou le développement du captage et du stockage du CO₂.

De la même manière, on peut envisager de produire les carburants de synthèse à partir du charbon ; c'est la voie CtL. Les pays disposant d'importantes ressources en charbon peuvent être particulièrement intéressés par une telle option. C'est notamment le cas de pays asiatiques comme l'Inde ou la Chine, qui disposent de réserves de charbon considérables et dont la consommation énergétique va croître fortement dans les prochaines décennies.

À l'heure actuelle, l'Afrique du Sud dispose de la seule infrastructure de production de CtL, à hauteur de 190 000 b/j de produits. De nombreux projets de CtL ont éclos ces trois dernières années. Dans un contexte de hausse des prix du brut, la rentabilité économique de la filière s'est accrue ; des enjeux autour de la sécurité d'approvisionnement ont également contribué à cet engouement. Ces projets sont actuellement à différents stades du processus de décision et tous ne seront vraisemblablement pas construits (tableau 2).

Par ailleurs, la Chine a annoncé de nombreux projets portant sur un total de 700 000 b/j d'ici 2020. On dénombre également aux États-Unis un minimum de six projets de liquéfaction pour une capacité finale cumulée de près de 150 000 b/j. Certains sont au stade de la demande d'autorisation administrative, d'autres sont simplement en cours d'étude de faisabilité.

Le CtL souffre cependant de deux inconvénients majeurs. Les coûts d'investissement requis sont largement

Tableau 2

Projets de nouvelles installations CtL

Projet	Partenaires	Capacité	Développement
Shenhua (Chine)	Shenhua	20 000 b/j	Démarrage en 2008
Shenhua (Chine)	Shenhua	50 000 b/j	Prévu pour 2015
H&WB (Philippines)	H&WB	50 000 b/j	Construction à partir de 2009
Sasol (Af. Sud ou Inde)	Sasol	80 000 b/j	

supérieurs à ceux d'une unité GtL, de l'ordre de 125 000 \$/b/j. D'autre part, le bilan gaz à effet de serre du CtL est particulièrement défavorable, si bien que cette option est, en pratique, difficilement envisageable sans technologie de captage et stockage du CO₂.

Pour le GtL et le CtL se pose la problématique des émissions de CO₂ qui sont supérieures à celles des filières traditionnelles. Le captage du CO₂ émis par ces unités et leur stockage dans des formations géologiques pourraient être envisagés à terme pour améliorer le bilan effet de serre de ces options, mais en entraînant un surcoût.

La dernière ressource envisageable pour la production de carburants de synthèse est la biomasse (incluant les déchets), et l'on parle de filière BtL (*Biomass to Liquids*). Cette filière, qui n'a pas la maturité technologique du GtL ou du CtL, en est encore au stade de la recherche-développement. Des opérations de démonstration existent, en particulier dans le cadre de projets européens, avec l'objectif d'optimiser les étapes de collecte, pré-traitement et gazéification de la biomasse, et purification du gaz de synthèse.

Pour l'instant, une unité pilote de démonstration est en service à Freiberg. Cette unité doit servir à démontrer et dimensionner dans le futur une unité de production de BtL d'une capacité d'un million de tonnes de biomasse sèche, pour une production de 200 000 t/an de carburant. Pour cette unité, l'investissement dépasserait les 800 M€. Les coûts d'approvisionnement en biomasse sont évalués, en moyenne, de l'ordre de 180 à 280 €/tep.

Des travaux sont en cours pour l'utilisation de carburants BtL dans l'aviation.

Les biocarburants de deuxième génération

La filière BtL est une voie thermo-chimique de conversion indirecte¹ de la biomasse en carburants de synthèse, au même titre que les filières DME (Di Methyl Ether), méthanol, gaz naturel synthétique ou éthanol par

(1) Il existe aussi une voie de liquéfaction directe, qui permet de convertir la biomasse en biobrut sans passer par une étape de gazéification : c'est la liquéfaction hydrothermale.

Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients

gazéification ; elle fait partie des filières biocarburants de deuxième génération.

Les programmes de recherche se sont également largement développés autour de la conversion de la biomasse lignocellulosique en éthanol par voie biochimique. Il s'agirait alors, par fermentation des sucres contenus dans la lignocellulose, de produire de l'éthanol substituable à l'essence traditionnelle.

Aujourd'hui, la faisabilité industrielle de production d'éthanol lignocellulosique reste à démontrer. Cependant, la mise en œuvre industrielle de cette filière soulève de nombreuses questions en termes d'optimisation des différentes étapes (prétraitement, hydrolyse, fermentation), notamment au plan économique.

Les premières unités pilotes d'éthanol lignocellulosique ont été réalisées en Amérique du Nord à partir de 2006. Sous l'effet de politiques de subventions importantes du gouvernement américain, les États-Unis comptent une douzaine de projets d'unités pilotes et commerciales. Ils sont soutenus essentiellement par des groupes producteurs d'éthanol, producteurs d'enzymes ou de l'agroalimentaire. Au Brésil, la première unité pilote a été mise en service cette année par Petrobras ; plusieurs autres projets sont prévus pour 2009-2010. Un pilote a également été mis en service au Japon. Enfin, l'Europe compte six projets annoncés pour des pilotes ; l'un d'eux, le projet Futurol, rassemble des industriels, financiers et centres de recherche français, dont l'IFP.

À long terme, la biomasse marine (algues) pourrait constituer une autre ressource mobilisable pour la production de nombreux biocarburants. La voie privilégiée à l'heure actuelle consiste en la production de biodiesel à partir d'huiles algales.

L'hydrogène

Sur le long terme, l'hydrogène peut être envisagé comme un carburant, utilisé soit directement, soit en mélange avec du gaz naturel (jusqu'à 20 %) dans un moteur à combustion interne. Son utilisation pure, via une pile à combustible et un moteur électrique, peut être vue comme une alternative au stockage direct d'électricité dans les batteries.

Aujourd'hui, l'hydrogène est utilisé à 99 % comme gaz industriel. À l'échelle mondiale, le raffinage est le

secteur le plus consommateur d'hydrogène (51 %), devant la production d'ammoniac (34 %) et la production d'autres spécialités chimiques (14 %). Seul 1 % du volume mondial est aujourd'hui valorisé à des fins énergétiques dans le secteur spatial. Les énergies fossiles sont les sources d'énergie les plus utilisées pour produire l'hydrogène. Le vaporéformage du gaz naturel est aujourd'hui la technologie la plus communément employée pour une production en grandes quantités et à moindre coût. La production d'hydrogène par transformation de la biomasse est une voie attrayante, mais qui nécessite des travaux de R&D importants. Enfin, malgré son coût actuel très élevé et son rendement énergétique médiocre, l'électrolyse de l'eau est la principale voie de production de l'hydrogène à partir de composés non fossiles : toutefois son véritable intérêt environnemental dépendra du mode de production d'électricité utilisé. Il reste à souligner que, pour le long terme, l'usage de l'hydrogène impliquera la mise en place d'une infrastructure lourde (transport par *pipe*, stockage intermédiaire, stockage à bord du véhicule) qui soulève des difficultés techniques et entraîne des surcoûts importants. Aujourd'hui, il existe une quarantaine de stations-service distribuant de l'hydrogène au niveau mondial, réparties de manière relativement homogène entre l'Europe, l'Amérique du Nord et le Japon.

En conclusion, la dépendance pétrolière dans le secteur du transport va durer. Les carburants alternatifs les plus utilisés au niveau mondial sont les biocarburants, le GPL et le GNV. La solution biocarburants offre un avantage net en termes de contenu de CO₂.

À moyen terme, on devrait assister à la montée en puissance des carburants de synthèse produits à partir du gaz naturel (GtL), du charbon (CtL) et de la biomasse (BtL), pour lesquels il existe des projets pilotes ou industriels. Leur rentabilité comparée aux carburants fossiles dépend toutefois du prix du pétrole brut.

L'électricité va voir son poids s'accroître, quel que soit le niveau d'électrification du véhicule. Enfin, sur le plus long terme, l'hydrogène pourrait être envisagé comme un carburant de substitution si certains obstacles sont levés, notamment aux plans technique et économique.

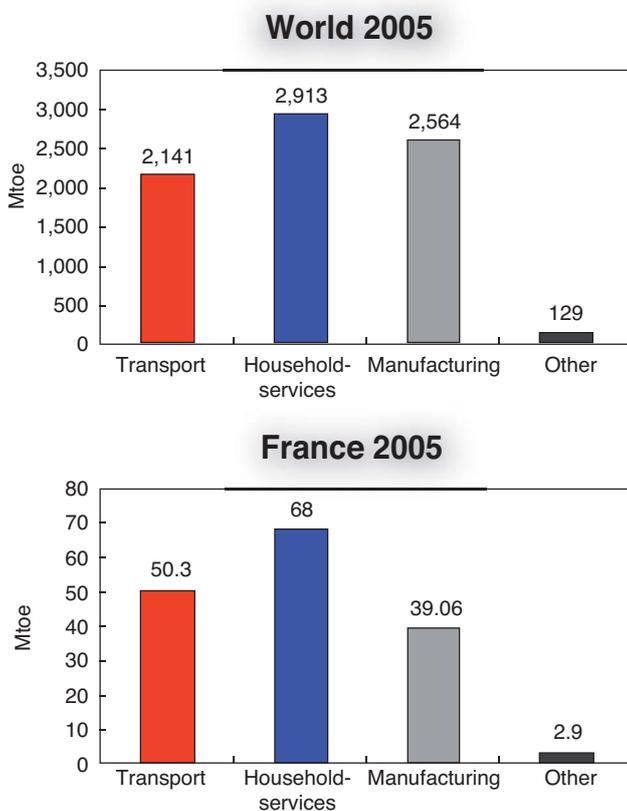
*Stéphane Tchong-Ming & Simon Vinot
stephane.tchong-ming@ifp.fr - simon.vinot@ifp.fr
Manuscrit remis en décembre 2008*

Transport energies: advantages and disadvantages

More than 98% of all transport fuels are petroleum-based, but there has been a multiplication of alternative energies driven by high motor fuel prices and the need to mitigate greenhouse gas emissions. Many pathways are contenders in the quest to choose replacements for petroleum-based motor fuels. What are the pros and cons of the energy sources under consideration for use in the near or distant future?

The transport sector is extremely energy-intensive. In 2005, world transport consumed the equivalent of 2,141 million tons oil equivalent (Mtoe). In France, transport is the second-ranked sector for energy consumption, with 31% of the total (Figure 1).

Fig. 1 - Energy consumption per sector in 2005



Sources: IEA & General Directorate for Energy and Raw Materials, France

The transport sector currently depends very heavily on oil, but there are many possible alternatives such as other fossil resources, biomass, renewable energies and nuclear power (via electricity production), which could all have transport applications by yielding different types of fuel for different types of vehicle. Figure 2 shows the four main vehicle categories, including vehicles powered by internal combustion engines, the most common, as well as the new hybrids just reaching the market.

On what basis should solutions be preferred? What methods should be implemented to evaluate alternative motor fuels and establish the pros and cons of using them in terms of economic viability, environmental performance and resource availability?

Today, the transport sector is heavily dependent on conventional petroleum-based motor fuels

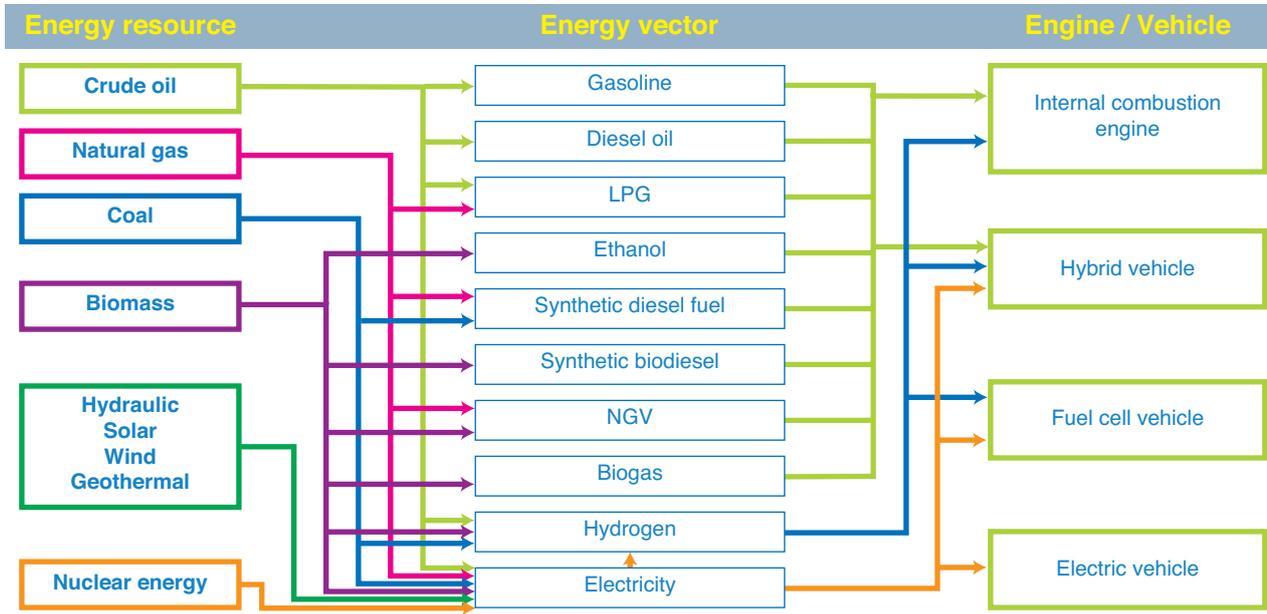
Conventional petroleum-based motor fuels currently cover the vast majority of demand for energy to ensure the mobility of passengers and goods.

Gasoline and diesel represent 98% of the energy used in the global road transport sector. In Europe, they account for 96% with biofuels covering a scant 1.5% and natural gas only 1% (Figure 3).

Energy consumption in the road transport sector is climbing by nearly 2% a year. Conventional motor fuels have already undergone various improvements, both technical (octane and cetane numbers) and environmental (e.g. lead and sulfur content), to meet more stringent specifications. Yet further improvements are required to

Transport energies: advantages and disadvantages

Fig. 2 - Energy pathways



Source: IFP

meet the even stricter regulations scheduled to come into effect. It is likely that new standards will be implemented by 2020 to meet future EU air quality targets and/or specifications for any new engine combustion techniques.

The air transport sector is even more dependent on oil. More than 99.9% of jet fuel is petroleum-based. Some types of small aircrafts still use a type of fuel that is very much like gasoline, but this is a very marginal case.

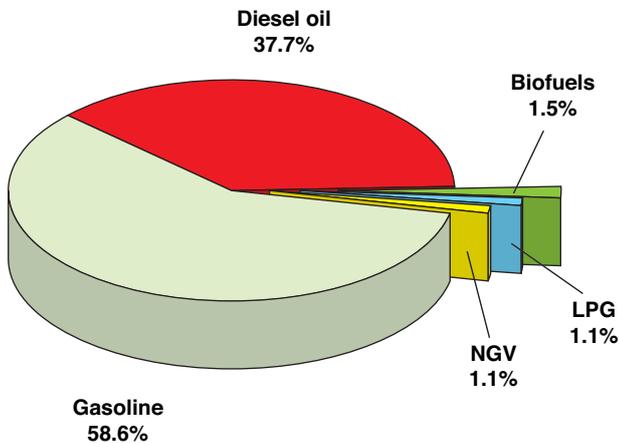
As for maritime transport, it is 100% dependent on petroleum hydrocarbons (except methane carriers), but

the consumption of the world fleet is more evenly balanced between gasoline, heavy fuel and light marine diesel. The latter, the equivalent of domestic heating oil, is in most widespread use (Figure 4).

What is most likely to change in future are the specifications governing the sulfur content in the fuels contained in ship bunkers.

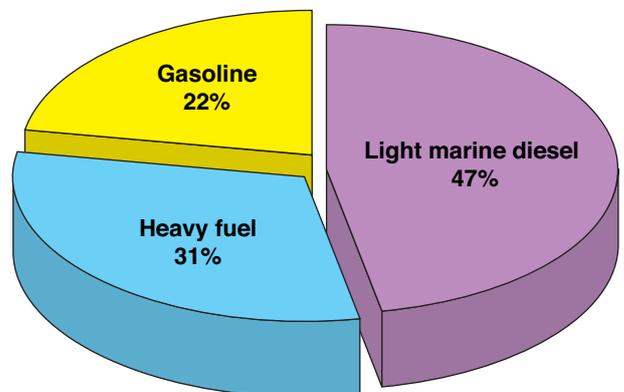
The rail transport sector has been slightly more successful in weaning itself from petroleum energy sources. This is because some countries have electrified a substantial portion of their respective rail networks.

Fig. 3 - Energy consumption in the World road transport sector in 2007, by type of motor fuel



Source: Based on statistics from the OECD

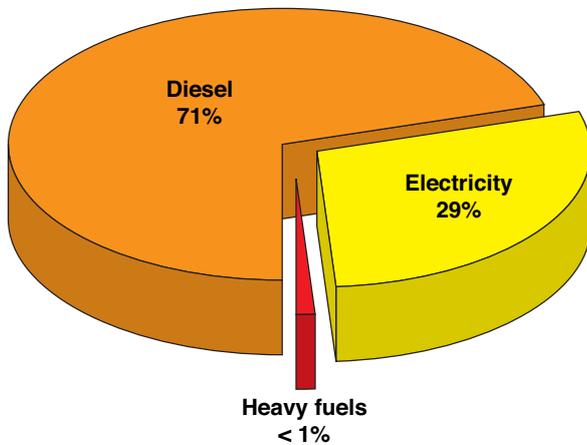
Fig. 4 - Fuel consumption in the maritime sector in 2006, 18.8 Mtoe



Source: Based on statistics from the OECD

Transport energies: advantages and disadvantages

Fig. 5 - Energy consumption in the world transport sector in 2006, 28 Mtoe



Source: Based on statistics from the OECD

Nevertheless, the global transport sector still relies on diesel to cover 71% of demand and electric power only accounts for 29% (Figure 5).

Liquid fossil fuels offer big advantages for transport applications. Their high energy density allows a motor vehicle to travel more than 600 km and they can be refined using tried and tested techniques at low cost (excluding the cost of supply).

The fact that the most common transport modes depend so heavily on petroleum raises complex problems. From an economic standpoint, the use of a rare (non-renewable) resource, from which many developed economies are largely dependent, and exposed to the volatility of crude oil prices, is a source of energy vulnerability. From the environmental perspective, the carbon content to be found in petroleum products as well as the GHG emissions and local pollutants associated with refinery operations and combustion engines are major issues at a time when the concept of sustainable development is gaining ground.

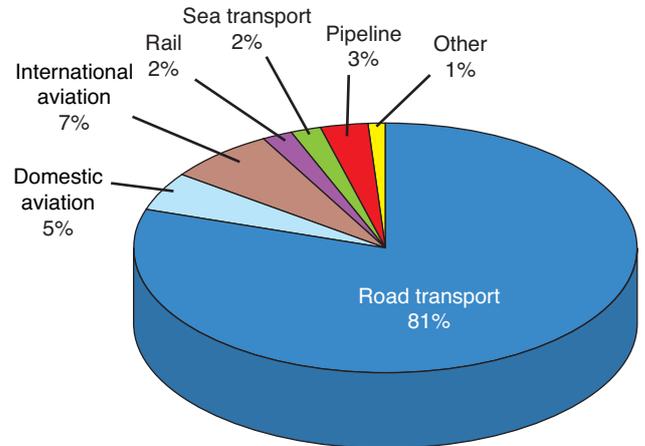
Efforts to influence demand (for instance, by changing driving behaviors and travel habits) and diversify motor fuels in the transport sector can be key levers in the reduction of CO₂ emissions (Figure 6) and the consumption of non-renewable resources.

The current status of alternative motor fuels

LPG

Historically, liquefied petroleum gas (LPG) was the first true alternative motor fuel. A mix of butane and propane, LPG is derived from oil refining (40% of the world total) and natural gas processing (60%).

Fig. 6 - World transport-related CO₂ emissions in 2005



Source: Based on statistics from the OECD

In 2006, LPG consumption for European OECD countries stood at 5.7 Mtoe, up 6% year-on-year, largely due to the emergence of LPG fleets in Eastern Europe. By way of an example, the Polish fleet of LPG vehicles went from 470,000 in 2000 to nearly 2,000,000 at year-end 2007.

In contrast, the LPG fleet in France is small and its growth is apparently stagnating. There are only 140,000 vehicles in France compared to 200,000 in Germany and a million in Italy, despite the fact that 2,000 service stations cover 98% of the French motorway system.

When LPG motor fuel is used in a properly equipped vehicle, it has advantages over conventional motor fuels, particularly environmental benefits:

- CO₂ emissions are 10% lower than for vehicles running on gasoline (but higher than for diesel vehicles),
- NO_x emissions are lower than for gasoline vehicles and much lower than for diesel vehicles,
- no soot particles are emitted,
- the octane number is high, which should improve engine efficiency,
- it costs less at the pump than diesel in France, due to tax incentives.

However, there are also disadvantages that explain why the LPG pathway has encountered only limited success:

- for a given model of vehicle, the LPG version costs about 15 to 20% more than the diesel one,
- the size of the distribution network is still small, especially in areas remote from major highways,
- a close relative of oil and natural gas, LPG is a limited resource that does not really help diversify energy sources,

Transport energies: advantages and disadvantages

- it does not make much of a contribution to the fight against climate change.

NG motor fuels

Much more attention is being paid to NG motor fuels, because of the development of the natural gas market and the assumption that natural gas will take longer to reach depletion than oil.

Even so, the consumption of NG motor fuel remains quite low. In 2006, it amounted to 0.55 Mtoe (data for European OECD countries). Italy, which began to develop this pathway in the 1930s, is the leading market.

In France, consumption barely exceeded 60 ktoe in 2006 and the NG fleet numbered about 10,000 vehicles in mid-2007. Many of these vehicles have a fixed refueling point where they can fill up at night, for instance.

An NG vehicle offers several environmental benefits compared to a gasoline or diesel vehicle:

- it emits 20 to 24% less CO₂ than a gasoline or diesel vehicle,
- its NO_x emissions are lower than for a diesel vehicle,
- it does not emit particulates and the overall toxicity of its tailpipe emissions is significantly lower,
- it offers good resistance to engine knock, which improves efficiency through turbosupercharging.

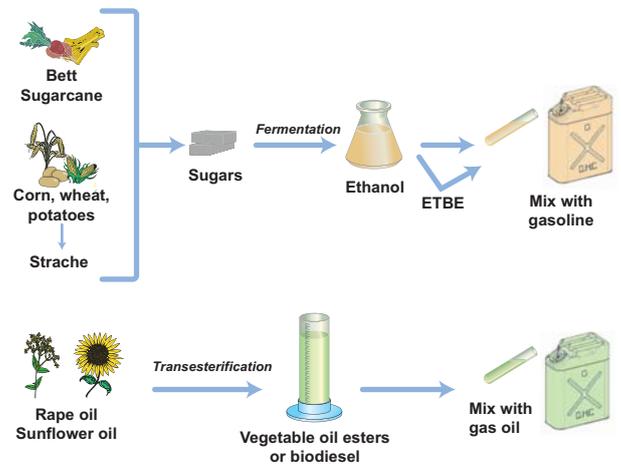
These benefits do not yet outweigh the disadvantages of this pathway, still fairly recent:

- the distribution network has yet to be installed in France,
- this type of vehicle presents larger constraints pertaining to on-board storage and range,
- advances in technology are needed to improve the engines of dedicated NG vehicles as well as their emissions control equipment, which must be compliant with future emissions standards,
- the added cost of NG vehicles is still high, but using monofuel instead of bifuel vehicles would reduce the bill.

Biofuels

There are two main types of biofuels: ethanol and methyl esters of vegetable or animal oils (biodiesel). Used in gasoline engines, ethanol is made from sugar-producing plants, such as sugar cane and sugar beets, or starch-producing plants like wheat and corn (Figure 7). Both types, especially ethanol, have already served as motor fuels in the past.

Fig. 7 - First-generation biofuel pathways



Source : IFP

In volume terms, more bioethanol is consumed than any other biofuel. In 2006, 20 Mtoe were produced worldwide, mostly in Brazil and the United States. During the same period, global biodiesel output reached 4.9 Mtoe, with Germany ranking as the top world producer (41% of the total) and French production standing at 0.49 Mtoe.

The biggest advantage of biofuels is that they can be blended with gasoline or diesel and distributed via the conventional systems. Furthermore, there is no need for major technology breakthroughs in the area of engine design.

The downside is that the resources must be divided up between food and energy applications. A comprehensive management system should be established to determine how to meet both types of demand. Furthermore, although the CO₂ balance for biofuels seems to be encouraging and some of their impacts are well known—especially global impacts like the greenhouse effect and the depletion of fossil energy resources—much less is known about other impacts (e.g. on the water and soil), especially at local level.

Electricity

The case of electricity, which is an energy vector and not a primary energy, is slightly different compared to the energies already mentioned. Vehicles today are already equipped with electricity and, as its role in hybrid vehicles expands, their reliance on it will grow. A commercial success, the Toyota Prius became the standard-bearer for a new generation of hybrids and marked the advent of a new era. Most auto manufacturers have announced the addition of new hybrid vehicles to their range.

Today's hybrids operate as electric machines, but do not

Transport energies: advantages and disadvantages

need to be plugged in: their batteries recharge during coasting or braking, then discharge to propel the vehicle at low speed or provide extra acceleration.

Increasingly, it appears that the next step will be a plug-in hybrid electric vehicle that recharges its batteries by connecting to the grid. This would give the electric motor a more important role. It would also improve eco-performance if the vehicle is recharged with low-CO₂ electricity, in other words, if low quantities of CO₂ are emitted throughout the entire production cycle.

Last but not least is the all-electric vehicle equipped with batteries and an electric motor. It can travel a respectable distance (100 to 200 km) and does not generate any tailpipe emissions. Auto manufacturers are back at work on projects for electric vehicles and new models are expected to reach the market by 2010.

As usual, the electric battery is the only obstacle. A great deal of progress is needed to reduce its on-board weight and volume to cut costs and improve performance. This is a prime objective for many R&D teams and the number of recent projects announced offers hope for big strides forward in the years to come.

The alternative motor fuels of the future

Looking to the medium term, one can expect to see liquid motor fuels derived from other fossil resources besides oil (natural gas and coal) and also from biomass.

Synfuels

There are two steps involved in the production of synfuels, irrespective of the feedstock used. First of all, the raw material is converted to synthesis gas (hydrogen and carbon monoxide). Then the Fischer-Tropsch process is used to obtain liquid products to make diesel and jet fuels. This pathway yields motor fuels, especially diesel, of very high quality (cetane number > 60-65, no aromatics, no sulfur). Naphtha is the principal process co-product.

The feedstock can be natural gas, coal or biomass. The term XtL is used to refer to the conversion of different feedstock to liquids. The advantages of each pathway and its associated costs, whether environmental or economic, largely depend on the type of feedstock involved.

For fossil fuels, there are two options: gas to liquids (GtL) and coal to liquids (CtL). The GtL pathway is especially attractive for countries with large natural gas reserves. However, many projects that were in the planning stage in the early 2000s have been postponed,

further to a steep rise in investment costs. Major advances in process performance and significant increases in project size—up from about 10,000 barrels per day in the early 1990s to about 30-75,000 bbl/d today—have been more than neutralized by a rise in construction costs since 2003 (e.g. that of engineering and building materials). Building a GtL unit today requires about US\$60,000/barrel/day in capital expenditure, compared to US\$20-35,000 in the early 2000s.

Most of the projects undertaken or under development are located in Qatar and Nigeria.

In addition, Petronas has also committed to a GtL project in Uzbekistan. Alliances have also been announced between developers of GtL and refining technologies (e.g. Rentech and UOP). Shell and Airbus are conducting tests on the use of synfuels in the air transport sector (Table 1).

Table 1
Projects to build new GtL units

Project	Partners	Capacity	State
Oryx (Qatar)	Qatar Petroleum and Sasol	34 000 b/d	Started in 2007
Escravos (Nigeria)	Sasol - Chevron	34 000 b/d	Starts in 2009
Oryx (Qatar)	Qatar Petroleum and Sasol	65 000 b/d	Ongoing
Pearl (Qatar)	Qatar Petroleum and Shell	140 000 b/d	Ongoing

As far as environmental performance is concerned, there is room for improvement. For the entire chain of production and vehicle life, the total CO₂ emissions are—at best—equivalent to the conventional refining pathway; usually, it compares unfavorably, because its energy efficiency is so much lower (less than 60%). It would take very specific conditions to improve the CO₂ balance, e.g. using flare gas or developing CO₂ capture and storage.

Using the CtL pathway to produce synfuels from coal is another possibility. This alternative is of interest to countries with substantial coal resources, such as India or China, which anticipate an upsurge in energy consumption in the decades to come.

Right now, South Africa is the only country equipped with a CtL production unit (capacity: 190,000 bbl/d). However, many CtL projects have taken shape in the last three years, because the profitability of CtL technology increased with every hike in the crude price. Another reason is concern over security of supply. The new projects are at different stages in the decision-making process and it is probable that not all of them will be carried out (Table 2).

Transport energies: advantages and disadvantages

Table 2
Projects to build new CtL units

Project	Partners	Capacity	State
Shenhua (Chine)	Shenhua	20 000 b/d	Started in 2008
Shenhua (Chine)	Shenhua	50 000 b/d	Planned for 2015
H&WB (Philippines)	H&WB	50 000 b/d	Construction from 2009
Sasol (South Af. or India)	Sasol	80 000 b/d	

China has announced its intention to build a number of projects by 2020 for a total capacity of 700,000 bbl/d. At least six coal liquefaction projects are planned in the United States (aggregate capacity: nearly 150,000 bbl/d). Some are already at the stage of applying for a permit from the competent authorities, others still at the feasibility stage.

The CtL option has two significant disadvantages. First of all, it requires about US\$125,000/bbl more in capital expenditure than a GtL unit. Secondly, it turns in a poor performance regarding GHG emissions. In practice, it is almost impossible to consider implementing CtL without CO₂ capture and storage technology.

The GtL and CtL pathways have the same problem: their CO₂ emissions are higher than for conventional pathways. One possibility would be to capture the CO₂ emitted by GtL or CtL units and store it in geological formations, which would improve eco-performance but only at additional cost.

Last but not least, biomass (including waste) can be used to produce synfuels via the biomass to liquids pathway. BtL has not reached the same stage of technical maturity as GtL or CtL: it is still in the R&D phase. A few demo plants have been built, particularly as part of European projects. Their purpose is to optimize the collection, preliminary processing and gasification of biomass, as well as the purification of synthesis gas.

There is only one pilot demo unit in operation, located in Frieberg, Germany. Its purpose is demonstration and to facilitate the sizing of a future BtL production plant which should produce 200,000 t/yr of motor fuel from one million tons of dry biomass. The estimated cost of the unit would come to €800 million and that of the biomass supply would be €180-280/toe.

There is also research underway on the use of BtL jet fuels.

Second-generation biofuels

The BtL pathway relies on the indirect thermochemical conversion¹ of biomass to produce synfuels, which is also true of the technologies based on DME (dimethyl ester), methanol, syngas or ethanol obtained using gasification. BtL is one of the pathways that yields second-generation biofuels.

Extensive research programs have been developed to explore the biochemical conversion of lignocellulosic biomass into ethanol. The idea is to produce ethanol to replace conventional gasoline by fermenting the sugars in the lignocellulose.

The industrial viability of producing ethanol from lignocellulosic biomass has yet to be demonstrated. Taking this process to industrial scale would raise a number of questions pertaining to the optimization of each step (preliminary processing, hydrolysis and fermentation), especially from the economic standpoint.

The first pilot lignocellulosic plants dedicated to ethanol production were built in North America in 2006. There are now about a dozen pilot and commercial units operating in the United States, with large subsidies from the U.S. government providing a healthy stimulus. These units are primarily funded by ethanol or enzyme manufacturers and agribusiness or food companies. This year, Petrobras brought Brazil's first pilot unit onstream; several other projects are slated for 2009-2010. In Japan, a pilot plant has also started up. Six pilot projects have been announced in Europe, including Futurol, which is supported by a number of French industrial firms, financial institutions and research centers, including IFP.

In the long-term future, it may be possible to use marine biomass (algae) to produce many biofuels for motor vehicles. At present, researchers are concentrating on producing biodiesel from algal oils.

Hydrogen

In the long term, it may be possible to use hydrogen to fuel internal combustion engines, either directly or blended with natural gas (up to 20%). Used pure in a fuel cell with an electric motor, it could be viewed as an alternative to the direct storage of electricity in batteries.

Today, industry accounts for 99% of all hydrogen consumed. At global level, refining is the most hydrogen-intensive sector (51%), followed by the manufacture of ammonia (34%) and the production of other specialty chemicals (14%). The energy sector—thanks to the

(1) There is also a direct liquefaction process, used to convert biomass into biocrude without requiring a gasification step. This is called hydrothermal liquefaction.

Transport energies: advantages and disadvantages

space industry—only represents 1% of world hydrogen consumption, in volume terms. Fossil fuels are the most common energy sources used to produce hydrogen. Today, steam reforming of natural gas is the technology most commonly used to produce large quantities at low cost. The conversion of biomass to produce hydrogen seems like an attractive alternative, but needs a great deal of R&D. Finally, despite its cost (currently very high) and its mediocre energy efficiency, the electrolysis of water is the preferred pathway for producing hydrogen from non-fossil sources. This being said, the environmental benefit actually derived from its use will depend on the mode of electricity production. It is important to stress that, looking to the long-term future, the choice of hydrogen implies the installation of heavy infrastructure (pipelines, intermediate storage facilities, on-board storage units), accompanied by technical difficulties and large additional costs. Today, there are about forty hydrogen service stations in the world, fairly equally distributed between Europe, North America and Japan.

In conclusion, the transport sector will continue to be heavily dependent on petroleum products. The most commonly used alternative motor fuels at global level are bio-fuels, LPG and NG motor fuel. Biofuels offer a clear environmental benefit with respect to the CO₂ content.

In the medium term, synfuels derived from natural gas (GtL), coal (CtL) and biomass (BtL) and for which pilot plants or industrial facilities already exist, should come into increasing use. Their profitability in comparison with fossil-based motor fuels will depend on the crude price.

The role of electricity will be increasing, no matter what the level of vehicle electrification might be. In a more distant future, it may be possible to consider hydrogen a replacement fuel if certain technical and economic challenges are overcome.

*Stéphane Tchong-Ming & Simon Vinot
stephane.tchong-ming@ifp.fr - simon.vinot@ifp.fr
Final draft submitted in December 2008*

« La France est en retard sur le développement des énergies renouvelables »

« Le Monde » s'interroge sur les manières de lutter contre le dérèglement climatique. Jean-Baptiste Lebrun, directeur du CLER, a répondu à vos questions.

Publié le 12 décembre 2018 à 14h48 - Mis à jour le 12 décembre 2018 à 14h48

A l'occasion de la COP24 qui se tient en Pologne, *Le Monde* s'interroge toute la semaine sur les manières de lutter contre le dérèglement climatique. Ce mercredi : peut-on se chauffer autrement ? **Jean-Baptiste Lebrun**, directeur du CLER réseau pour la transition énergétique

Marc : Où en est la France avec les énergies renouvelables ?

Jean-Baptiste Lebrun : Commençons par un état des lieux, globalement la France est en retard sur le développement des énergies renouvelables. En retard [par rapport à ses objectifs](#), par rapport à ses voisins (Allemagne, Espagne, Suisse...), et surtout par rapport à son potentiel.

Il faut distinguer les différents types d'énergies renouvelables en fonction de leurs usages possibles. Les filières électriques (éolien, solaire, photovoltaïque, etc.) connaissent depuis quelques années un essor important même s'il est freiné par un système énergétique encore trop centralisé. On peut aussi verdir le gaz, comme l'ont montré de récentes études par l'Ademe et GRDF (méthanisation et demain « Power to gas »).

En revanche, ce qu'il faut vraiment accélérer c'est la production de chaleurs renouvelables à partir de ressources locales : bois, géothermie, solaire thermique, récupération de chaleur fatale...

Arthur : Existe-t-il une étude sur la « meilleure » façon de se chauffer ? (pompe à chaleur, cheminée traditionnelle ou aux copeaux de bois, chauffage au sol, etc.)

La meilleure solution de chauffage, c'est d'abord de réduire ses consommations. Aujourd'hui, on sait techniquement isoler, optimiser les ventilations pour diviser la consommation et la facture. Ensuite, on peut, bien sûr, recourir aux énergies renouvelables. Ça dépend de chaque situation, c'est à traiter au cas par cas, en fonction du lieu à chauffer, des ressources disponibles localement.

Un enjeu essentiel est de pouvoir fournir un conseil et un accompagnement à chaque citoyen curieux ou engagé dans un projet pour son habitation. C'est le rôle aujourd'hui notamment des espaces info-énergies (environ 450 conseillers en France) [et du réseau FAIRE](#). Des spécialistes indépendants peuvent répondre à vos questions particulières.

Il faut, désormais, renforcer ce service. Depuis 2015, la loi prévoit la mise en place d'un service public de la performance énergétique pour l'habitat. Faute de financement, il n'est toujours pas mis

en œuvre et, malheureusement, les annonces récentes du gouvernement restent très insuffisantes sur ce point.

Pascal : Pouvez-vous définir clairement ce que l'on appelle aujourd'hui une énergie dite « renouvelable » ?

On peut définir simplement ce qu'est une énergie renouvelable. C'est une manière de répondre à nos besoins énergétiques qui ne consomme pas de ressources finies ou épuisables comme le pétrole ou l'uranium par exemple.

Elles ont généralement l'avantage de ne pas polluer, ni de produire d'émissions de gaz à effet de serre. Et elles sont souvent disponibles localement, ce qui permet de développer les filières et les territoires.

Fouilla : Si l'urgence absolue est bien le changement climatique, pourquoi le chauffage électrique, pauvre en carbone chez nous, est-il diabolisé ?

Le chauffage électrique pose plusieurs problèmes. Son rendement global est très médiocre surtout quand il est produit à partir d'une source de chaleur comme les centrales thermiques ou nucléaires aujourd'hui (environ 30 % seulement), c'est-à-dire qu'il est à peu près trois fois plus efficace d'utiliser directement la chaleur disponible pour se chauffer plutôt que de la transformer en électricité et d'utiliser un chauffage électrique.

Deuxièmement, le chauffage électrique est la principale cause du problème de la pointe hivernale. Les jours de grand froid, le système électrique français peut être sollicité trois fois plus qu'en temps normal. Outre les risques d'approvisionnement, dont on a pu avoir des exemples l'hiver dernier, cela suppose de dimensionner tout le système (réseau, production...) pour répondre à cette pointe saisonnière. Cela a évidemment un coût et l'électricité est aujourd'hui le mode de chauffage le plus cher.

Jean : La question du chauffage et de l'état assez mauvais des logements en général en France semble susciter une attention mitigée des pouvoirs publics ? Pourquoi, alors que c'est une question qui concerne tous les Français et qui impacte considérablement leur vie quotidienne ?

La transition énergétique consiste à passer d'un modèle où l'enjeu était principalement d'adapter un système de production à une consommation que l'on imagine augmenter sans cesse à un modèle où l'on doit, au contraire, adapter nos consommations aux ressources finies de la planète et à l'urgence de ralentir le réchauffement climatique.

Le système industriel existant (grandes entreprises, modèle économique et parfois, malheureusement aussi, les pouvoirs publics) résiste à cette transformation, car cela peut aller

contre des intérêts de court terme. On l'a vu récemment avec [la publication de la programmation pluriannuelle de l'énergie](#) qui ne parle quasiment pas de rénovation ou ne propose, en tout cas, aucune mesure nouvelle alors que le rythme est cinq fois trop lent par rapport à l'objectif de 500 000 rénovations annuelles fixé depuis 2012.

Les gouvernements successifs observent cette situation en se contentant d'ajustement à la marge alors qu'un tel chantier nécessite des mesures structurantes. Il faut revoir le système d'aides financières pour les rendre plus efficaces et plus accessibles. Il faut introduire un mécanisme de contraintes et d'obligations progressives de rénovation, en particulier, pour protéger les locataires en situation de précarité énergétique. Et il faut un dispositif d'accompagnement indépendant couvrant l'ensemble du territoire pour conseiller les particuliers et aider à la structuration des filières professionnelles. C'est pourquoi le CLER demande qu'un service public de la performance énergétique ambitieux et territorialisé soit mis en œuvre le plus rapidement possible.

Jean : Comment la réduction de la consommation est-elle compatible avec les personnes qui sont en précarité énergétique toujours plus nombreuses en France ?

Quand on gagne 900 euros par mois et qu'on n'arrive pas à payer sa facture une rénovation ambitieuse ou un changement de chaudière peut sembler inaccessible. C'est d'autant plus regrettable que les économies d'énergie sont le seul moyen de diviser sa facture de manière importante et sur le long terme.

Il existe pourtant des solutions y compris dans les cas de grande précarité. [Le réseau éco-habitat](#) comme de nombreux autres adhérents du CLER ou professionnels locaux déploient des dispositifs d'accompagnement de ces ménages jusqu'à réaliser des travaux importants. On constate souvent que ces travaux, en plus de faire baisser les factures, sont souvent l'occasion pour les ménages concernés de reprendre confiance dans leurs droits et leurs capacités à bénéficier de conditions de vie décentes, de se réinsérer socialement, de résoudre des problèmes de santé, etc.

Il faut maintenant que les pouvoirs publics et, au premier rang desquels l'Etat, soutiennent et permettent à ces initiatives de se développer massivement. Là encore, aides financières et accompagnements adaptés sont la clé.

Toto : Selon le potentiel énergétique renouvelable en France, quelles sont les sources mobilisables (géothermie, solaire, éolien, marées, hydro-électrique...) et dans quelles proportions ?

La France dispose d'un potentiel exceptionnel en matière d'énergies renouvelables. On a une grande façade maritime avec des vents réguliers, des montagnes avec des cours d'eau puissants, un ensoleillement qui devrait permettre d'utiliser l'énergie solaire partout, des forêts en croissance et une production agricole importante. Grâce à tous ces facteurs, la France peut disposer d'un mix

énergétique 100 % renouvelable, s'appuyant sur des filières diversifiées pour l'ensemble de nos besoins énergétiques.

De nombreuses études ont montré que cet objectif était atteignable, réaliste, souhaitable. C'est le cas du scénario Negawatt, bien sûr, mais [également de l'Ademe](#) ou d'acteurs comme GRDF, pour qui un objectif 100 % gaz renouvelable en 2050 est devenu central. Ces scénarios sont d'ailleurs les seuls compatibles avec l'objectif de neutralité carbone pour l'ensemble des secteurs et de contenir le réchauffement climatique en dessous de 1,5 °C. Ces scénarios reposent, évidemment, sur des efforts considérables de réduction des consommations.

Ils sont bien connus depuis de nombreuses années. Il est regrettable que le gouvernement actuel ne s'en soit pas saisi à l'occasion de la programmation pluriannuelle de l'énergie et de nouveau privilégié une forme de statu quo incohérent sur les plans économiques et écologiques.

Baptiste : Les énergies renouvelables sont-elles réellement plus écologiques ? Qu'en est-il de la consommation des ressources et matières premières nécessaires à la production des énergies renouvelables (infrastructures, matériels, etc.) ?

Comme tout système de production, les énergies renouvelables ont besoin de matériaux pour se développer. On entend beaucoup de critiques sur l'utilisation de terres rares, par exemple. Il est vrai que certaines technologies peuvent y recourir. Néanmoins dans des proportions bien moindres que l'ensemble du reste de notre économie.

Notre consommation de produits électroniques (téléphones portables, ordinateurs) pose un défi autrement plus important que le développement des énergies renouvelables. Ces dernières s'inscrivent, au contraire, dans une logique plus globale d'économie circulaire ou la baisse des besoins, l'écoconception, le recyclage deviennent les principes fondamentaux du modèle de production et de consommation.

Le 100 % d'électricité renouvelable, un objectif ambitieux mais réalisable

Par Gary Dagorn Publié le 12 décembre 2018 à 10h05 - Mis à jour le 12 décembre 2018 à 15h09

Une électricité produite à 100 % par les énergies renouvelables est-elle possible ? C'est ce que pense le gouvernement espagnol, [qui a annoncé le 15 novembre](#) vouloir tenir cet objectif pour l'année 2050 et viser la neutralité carbone la même année. C'est aussi ce que pensaient trois candidats à l'élection présidentielle en 2017, Philippe Poutou, Benoît Hamon et Jean-Luc Mélenchon, [qui l'avaient intégré à leurs programmes](#).

À l'heure où les scientifiques rappellent, de travaux scientifiques en tribunes médiatiques, que la fenêtre d'action contre le changement climatique se referme, à l'heure où les marches pour le climat reçoivent le soutien d'une part grandissante de la société civile, le débat sur les sources d'énergie est devenu incontournable. Même en France, où la production d'électricité est pourtant largement décarbonée par l'utilisation de l'énergie nucléaire (non-renouvelable, mais [ne rejetant quasiment pas de gaz à effet de serre](#)).

Les énergies renouvelables (solaire, éolien, hydroélectricité, biomasse) ont représenté dans notre pays, ces trois dernières années, en moyenne 19 % de la production électrique, un chiffre qui progresse lentement, à la faveur de l'installation de nouveaux parcs éoliens et d'une surface grandissante de panneaux solaires, la source d'énergie qui a crû le plus rapidement ces dernières années dans l'Hexagone.

Des scénarios « 100 % renouvelables » optimistes...

Lors de la signature, en 2008, du plan d'action européen dit « paquet climat-énergie 2020 », la France s'est fixé l'objectif d'atteindre une part de 23 % de sa consommation finale brute d'énergie issue des énergies renouvelables en 2020 – objectif qu'elle n'atteindra probablement pas. La [loi sur la transition énergétique](#), votée en 2015, a fixé un second objectif de 32 % de la consommation énergétique pour 2030.

Mais, au-delà de ces échéances à moyen terme, et contrairement à certains de ses voisins, la France ne s'est pas dotée de scénario sur l'évolution de sa production d'électricité, et encore moins sur un objectif de 100 % d'énergies renouvelables. Un tel scénario est-il possible ? Théoriquement, il l'est, mais pose à la fois de sérieux défis technologiques et dépend d'évolutions économiques et matérielles importantes.

Le scénario négaWatt, conçu par l'association homonyme, est probablement le plus travaillé et le plus précis qui existe à l'heure actuelle. Celui-ci prévoit une électricité issue entièrement d'énergies d'origine renouvelable en 2050 en France. Mais une telle production est conditionnée à trois facteurs principaux : la réduction de la consommation d'électricité par une réglementation des usages énergivores et une amélioration de l'efficacité énergétique des objets du quotidien, l'augmentation significative des capacités de production des énergies renouvelables et le

développement de solutions de stockage d'électricité pour pallier l'intermittence des moyens de production solaires et éoliens.

La consommation d'électricité, pour prendre le premier défi, passe dans le scénario négaWatt, de 431 térawattheures (TWh) en 2015 à 272 TWh en 2050. Soit une réduction de 37 % de la consommation électrique en trente-cinq ans, dans un pays qui aura gagné 6,82 millions d'habitants (selon [la projection démographique centrale de l'Insee](#)) et qui comptera très certainement un nombre accru de voitures électriques et d'équipements domestiques électroniques. Une telle réduction n'est possible qu'en prenant une panoplie complète de mesures politiques destinées à réduire la consommation d'énergie :

- accroissement draconien du rythme de rénovation énergétique des bâtiments ;
- gains significatifs de l'efficacité énergétique des appareils électriques ;
- régulation des usages énergivores (éclairages nocturnes, par exemple) ;
- développement des modes de transport doux (marche, vélo) ;
- favorisation des circuits économiques locaux et du tourisme local ;
- développement du recyclage (des plastiques, notamment) ;
- lutte contre le gaspillage alimentaire.

Mais une partie des prérequis à une baisse importante de la consommation repose sur des comportements qu'il est plus difficile de régir avec la loi :

- réduction de la part de l'alimentation carnée ;
- dimensionnement et baisse du nombre d'équipements électriques domestiques (taille des téléviseurs, nombre de sèche-linge, type de réfrigérateurs utilisés) ;
- sobriété des usages et de la consommation.

À rebours d'un mouvement « mondialisateur » qui a développé les échanges économiques internationaux et intensifié les flux de matière et d'énergie sur de longues distances, un scénario énergétique, social et économique, fondé sur l'utilisation des énergies renouvelables questionne un certain nombre de processus et d'usages.

... mais constituant un objectif atteignable

Le défi concernant la production de l'électricité en elle-même n'est pas tant les moyens de production que l'on déploie que son intermittence et son difficile stockage. En effet, si l'énergie que l'on peut obtenir du vent, des cours d'eau et du soleil est présente en grande quantité, elle se répartit bien mal dans le temps. L'hydroélectricité, par exemple, qui représente l'écrasante part de l'électricité renouvelable produite en France et dans le monde, n'est pas capable de fournir la même quantité d'électricité toute l'année. En France, celle-ci atteint son apogée entre avril et juillet, lorsque la fonte des neiges fait tourner les turbines des barrages, puis diminue en hiver, malgré la pluviométrie plus importante.

La production d'électricité d'origine éolienne connaît le même problème, puisqu'elle chute assez bas à partir du printemps, et ce jusqu'à l'automne. Quant au solaire produit à partir de panneaux photovoltaïques, sa production tombe évidemment à zéro la nuit (qui dure entre huit et seize heures par jour, en France) et reste maigre en hiver, quand l'ensoleillement est limité.

L'éolien et le solaire, intermittents mais complémentaires

Facteurs de charge mensuels des installations éoliennes et solaires entre juin 2012 et septembre 2018. Le facteur de charge est le rapport entre l'électricité produite et l'électricité maximale théorique « produisible » durant la même période.

En complément d'une production de moyens intermittents, un système électrique fiable doit donc posséder des moyens de production pilotables, c'est-à-dire programmables et mobilisables rapidement pour pallier l'intermittence des autres moyens de production et assurer la sécurité d'approvisionnement, quelles que soient les conditions climatiques et météorologiques (période de grand froid, absence prolongée de vent ou d'ensoleillement, etc.). Par exemple, en 2017, la production hydraulique a décliné de 16,3 % par rapport à 2016. « *Ce volume annuel figure parmi les plus bas jamais enregistrés* », [note RTE \(Réseau de transport d'électricité\) dans son bilan électrique](#), expliquant cette baisse par une pluviométrie déficitaire, « *qui a atteint respectivement - 40 % et - 50 % aux mois de janvier et avril 2017 sur l'Hexagone* ».

Pour assurer un approvisionnement continu en électricité et faire face aux besoins, plusieurs technologies relativement efficaces existent :

- la conversion d'électricité en gaz (*power to gas*), qui convertit l'électricité en hydrogène ou méthane de synthèse (méthanisation), lequel peut ensuite être utilisé dans le réseau gazier ou être reconverti en électricité (stockage longue durée) ;
- les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), qui pompent de l'eau d'un bassin vers un second situé plus haut, celui-ci pouvant servir à produire de l'électricité n'importe quand lors de l'ouverture des vannes (stockage longue durée) ;
- le stockage d'énergie par air comprimé (CAES), qui comprime de l'air dans un réservoir à très haute pression (jusqu'à 300 bars) puis l'injecte avec du gaz dans une chambre de combustion où le tout fait fonctionner une turbine et un alternateur (stockage court, quelques heures).

Contrairement aux stations de transfert d'énergie par pompage, qui sont utilisées depuis longtemps, les solutions de stockage de l'électricité par méthanisation et par compression de l'air sont encore peu employées, du fait de la maturité naissante de ces technologies. Mais l'appétit grandissant pour les solutions de stockage de l'énergie devrait permettre d'en améliorer les rendements et les coûts si elles étaient amenées à être déployées sur des systèmes électriques à grande échelle.

Et pourquoi pas, à terme, d'ouvrir la voie à une électricité entièrement issue des énergies renouvelables

La PFA et Enedis s'allient pour accélérer le déploiement des véhicules électrifiés

Publié le 5 octobre 2018 par [Antonin Moriscot](#)

En marge du Mondial de l'automobile, Luc Chatel, président de la Plateforme automobile, et Philippe Monloubou, président d'Enedis, ont signé une convention de partenariat afin de faciliter le développement de la mobilité électrique.

Enedis a déjà participé au raccordement de plus de 20 000 points de charge en France.

Enedis et la **Plateforme automobile** (PFA) veulent concourir à l'émergence des **véhicules électrifiés** (100 % électriques ou hybrides plug-in) dans le parc roulant français.

En marge du **Mondial de l'automobile**, les deux acteurs ont décidé d'unir leurs efforts afin **d'informer et de former** toute la filière sur les enjeux de la mobilité électrique. Ces partenaires souhaitent également mobiliser leur expertise auprès **des pouvoirs publics** dans le but de faire évoluer, par exemple, **le cadre réglementaire** régissant le raccordement des infrastructures de recharge au réseau électrique.

« *Nos industriels déploient des moyens considérables en recherche et développement, mais si derrière il n'y a pas les infrastructures nécessaires cela ne sert à rien* » a commenté **Luc Chatel**, le président de la **Plateforme automobile**, lors de la signature de cette convention. « *Le **besoin de déploiement de bornes** est sans précédent, et Enedis a un vrai **savoir-faire** dans ce domaine* », a-t-il rappelé.

En effet, alors que les **nouvelles normes d'homologation** des véhicules fixent les **rejets polluants** à des niveaux toujours plus bas, les constructeurs se sont lancés dans une course à l'**électrification** de leurs gammes afin de respecter les seuils imposés. Ce qui implique d'implanter **davantage de bornes** de rechargement sur la voie publique ou dans des lieux privés (copropriétés, entreprises, parkings...).

Augmenter le nombre de points de charge et réduire les coûts de raccordement

Gestionnaire du réseau de distribution d'électricité en France et détenteur de la **deuxième plus grande flotte** de véhicules électriques (1 700 voitures sur environ 15 000 véhicules en parc), Enedis a déjà participé au **raccordement de plus de 20 000 points de charge** en France et entend bien continuer à concourir au maillage du territoire français.

« *On va basculer dans un monde de plus en plus électrique* » prédit **Dominique Lagarde**, directeur du programme mobilité électrique d'Enedis. Qui poursuit : « *La mobilité électrique s'inscrit dans le **projet de l'entreprise**, et nous passons désormais d'un **cycle***

de démonstration à une échelle plus industrielle. » Ce qui signifie devoir raccorder toujours plus de bornes, dans des délais réduits, en recherchant une optimisation des coûts d'installation.

« *C'est un défi formidable que d'accompagner techniquement la transition énergétique,* affirme Philippe Monloubou, le président d'Enedis. *Ce dont on est certain, c'est du succès des véhicules électrifiés.* »

Nucléaire: les trois scénarios étudiés par le gouvernement

- Par [Arthur Marcadé](#)
- Publié le 20/11/2018 à 15:14 - Le Figaro

Dans un document préparatoire que s'est procuré l'AFP, le gouvernement prévoit 3 scénarios concernant le renouvellement du parc nucléaire français. La voie choisie par le gouvernement sera annoncée dès la semaine prochaine.

Le calendrier de l'énergie en France se précise. Après avoir, en septembre, [reporté à 2035](#) l'objectif de réduction du poids du nucléaire à 50%, en lieu et place de 2025, l'exécutif devrait annoncer la semaine prochaine dans le cadre de la future Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de nouvelles projections concernant l'avenir des réacteurs nucléaires du pays. D'après un document obtenu par l'AFP, trois scénarios sont actuellement étudiés par l'exécutif, et un seul sera définitivement retenu.

● **Le premier** scénario est baptisé «MTES» et provient a priori, comme son sigle l'indique, du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire. Il prévoit de respecter l'objectif des 50% de nucléaire à l'horizon 2035. Pour ce faire, aucune nouvelle fermeture de réacteur n'interviendrait durant le quinquennat actuel d'Emmanuel Macron: six devraient être démantelés entre 2023 et 2028, date butoir de la PPE annoncée par Macron dans quelques jours, et six autres entre 2028 et 2035. Au total, si ce scénario devait être suivi à la lettre, ce seraient donc 14 réacteurs nucléaires - ceux de Fessenheim compris - qui devraient disparaître sur les 58 que compte notre parc. S'il ne prévoit pas la mise en service de nouveaux réacteurs d'ici 2035, hormis celle de [l'EPR de Flamanville](#), ce plan ne ferme pas expressément la possibilité de futures constructions. Selon l'AFP, ce scénario laisse entendre que des indemnités seraient versées à EDF. Et des trois envisagés, il est celui qui prévoit le développement le plus rapide de la production d'électricité renouvelable, principalement au travers de l'éolien et du solaire, de sorte que l'objectif de 40% d'électricité renouvelable soit atteint dès 2030.

● **Le second** scénario est qualifié d'«intermédiaire» dans le document de travail du gouvernement. S'il ne prévoit aucun arrêt de réacteur d'ici 2028, douze d'entre eux devraient tout de même fermer avant 2035. Dans ce cas, le gouvernement ne prévoit pas d'indemnisation d'EDF. Par ailleurs, cette stratégie retarderait le gros de l'effort sur les énergies renouvelables, repoussant l'objectif des 40% d'électricité renouvelable à 2032, soit deux ans de plus que dans le premier scénario.

● **Le troisième** scénario, poussé par Bercy selon le document, ne prévoit lui non plus aucune fermeture d'ici 2028. Seuls neuf réacteurs seraient arrêtés avant 2035, repoussant ainsi à 2040 l'objectif des 50% d'énergie nucléaire. En plus de l'EPR de

Flamanville, ce plan prévoit la construction de quatre nouveaux réacteurs avant 2041. Un programme qui reporterait à 2034 l'ambition des 40% d'électricité renouvelable.

En septembre, le premier ministre rappelait «l'engagement pris par le président de la République de permettre la constitution d'un mix énergétique à l'horizon de 2035 avec 50% de nucléaire». En attendant, le gouvernement envisage, selon un autre document dont l'AFP a pris connaissance en octobre, de [décider entre 2021 et 2025](#) s'il lancera la construction d'une série de réacteurs EPR, sous réserve d'un coût acceptable.



Évaluation du développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

Suivi des conclusions du
rapport du 15 mai 2014 sur la mise en œuvre
du paquet « énergie-climat »

M. Jean-Jacques Guillet et
M. François de Rugy, rapporteurs

19 octobre 2016

AVANT-PROPOS

- ❑ Le 15 mai 2014, le Comité de contrôle et d'évaluation des politiques publiques (CEC) a autorisé la publication du rapport sur la mise en œuvre du paquet « énergie climat ».
- ❑ Il revient aux rapporteurs de présenter un suivi de leurs conclusions. Ce nouveau travail est centré sur un volet essentiel de la lutte contre le réchauffement climatique : le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.
- ❑ Les politiques publiques dans ce domaine ont été réformées par l'adoption :
 - de nouvelles lignes directrices de la Commission européenne en matière d'aides d'État à l'énergie (juin 2014) ;
 - d'un nouveau « paquet européen », le « cadre pour l'énergie et le climat » (octobre 2014) ;
 - de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.
- ❑ La présente évaluation porte une première appréciation de ces évolutions et de leur degré de pertinence vis-à-vis des trois enjeux identifiés par les rapporteurs comme étant déterminants pour la conduite de politiques efficaces.
- ❑ Ces trois enjeux sont : la stabilisation des dispositifs, leur simplification et la mobilisation des investissements privés et publics pour lever les verrous technologiques de la transition énergétique.

1. Des objectifs de développement des énergies renouvelables difficiles à atteindre

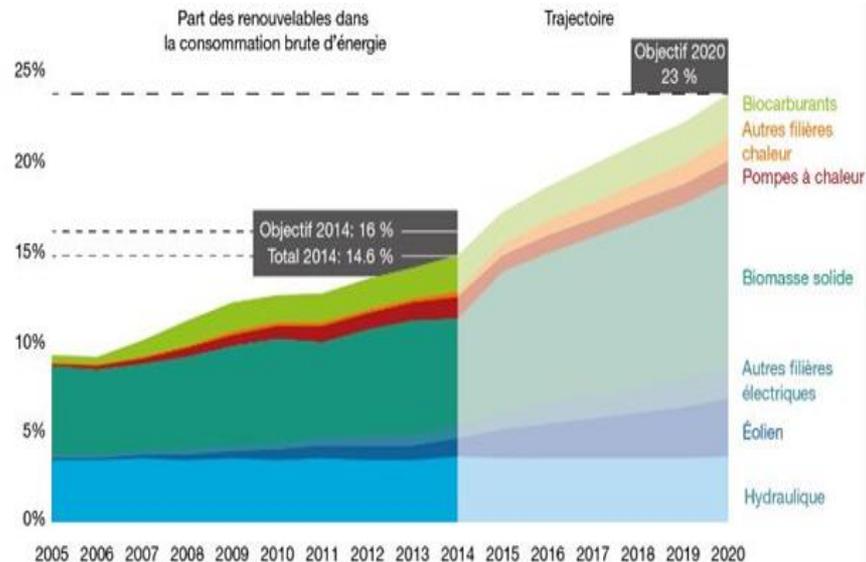
- ❑ La France s'est fixée depuis 2005 **des objectifs chiffrés** d'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Ils sont **pertinents mais très ambitieux**.

LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

OBJECTIFS EUROPÉENS		
Paquet énergie-climat (2008)	Cadre pour le climat et l'énergie (2014)	
Horizon 2020	Horizon 2030	
<ul style="list-style-type: none"> • 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'UE 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Au moins</i> 27 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'UE 	
OBJECTIFS NATIONAUX		
Loi « POPE » de 2005	Loi « Grenelle I » de 2009	Loi « TEPCV » de 2015
<ul style="list-style-type: none"> • Assurer 10 % des besoins énergétiques par les énergies renouvelables en 2010 • Porter à 21 % la part de ces énergies dans le mix électrique • Accroître de 50 % la chaleur renouvelable d'ici 2010 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter à au moins 23 % en 2020 la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter à 32 % en 2030 la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie <p>Ces énergies doivent représenter 40 % de la production d'électricité, 38 % de la consommation finale de chaleur, 15 % de la consommation finale de carburant et 10 % de la consommation de gaz.</p>

- ❑ **Il n'est pas aisé de présenter un bilan synthétique de la réalisation des objectifs**

- Les cibles varient selon les documents de programmation, comme les indicateurs et les périodes de référence.
- Si l'on se fie aux calculs de l'OCDE, l'objectif de 23 % de part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie en 2020 sera difficile à atteindre.



Source : OCDE.



2. Un contexte économique et juridique peu propice au développement des énergies renouvelables

- ❑ Un soutien public déséquilibré au profit des énergies renouvelables électriques, qui ne cesse de croître *via* la contribution au service public de l'électricité (CSPE).

COÛT DU SOUTIEN PUBLIC AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES

(En M€)

	Coût constaté en 2010	Coût constaté en 2012	Coût constaté en 2014	Coût constaté en 2015	Prévisions pour 2016
Électricité renouvelable	754,6	2 673,4	3 749,1	4 205,8	5 092,8
Dont photovoltaïque	249,8	1 880,6	2 438,2	2 622,4	2 877,7
Dont éolien	347,2	555,4	820,7	1 029,5	1 366,4

Source : d'après la Commission de régulation de l'énergie (CRE).

- ❑ Un développement des énergies renouvelables thermiques qui repose sur un fonds « chaleur » sous-dimensionné (1,2 milliard d'euros sur la période 2009-2014) et n'appuyant pas assez une énergie pour laquelle la France dispose d'un potentiel considérable : le biogaz (0,6 % des aides sur la période 2009-2015). Ce fonds ne parvient pas à assurer la compétitivité des projets exploitant la biomasse, qui est menacée par la chute des prix du gaz.

- ❑ Un prix du mégawattheure qui baisse et dont le niveau (26 euros au 2e trimestre 2016) n'a aucun sens économique.

PRIX DE GROS MOYEN DE L'ÉLECTRICITÉ (SEMESTRIEL) EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE



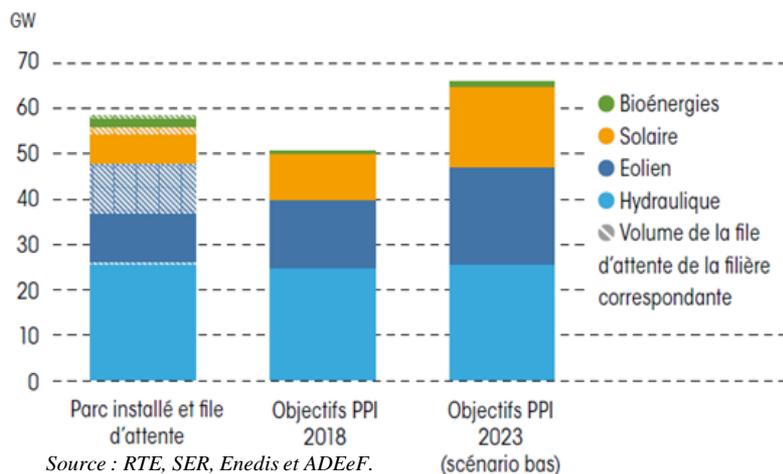
Source : IDDRI.

- ❑ Des outils de programmation du développement des énergies renouvelables incomplets, avec notamment un décret relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui n'est toujours pas publié.
- ❑ Des programmations nationales et locales incohérentes : par ex., un écart de 16 000 MW (32 TWh) entre les schémas régionaux et l'objectif national pour l'éolien terrestre et le photovoltaïque.

3. Des énergies renouvelables bridées par des facteurs structurels

- ❑ **Des problèmes d'organisation industrielle des filières**, comme dans le cas du biogaz : 65 % des sites de méthanisation déclarent une rentabilité inférieure aux prévisions car les installations françaises appliquent les méthodes de production allemandes alors que la matière première n'est pas la même dans les deux pays...
- ❑ **Des délais et des coûts de raccordement au réseau qui ont augmenté** (de respectivement 50 % et 100 % entre 2007 et 2014). En conséquence, la file d'attente pour le raccordement empêche la France d'atteindre l'objectif prévu pour 2018 par la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) dans les filières renouvelables électriques.
- ❑ **De nombreux facteurs d'allongement des délais** : suspensions des travaux en raison des recours (presque systématiques contre les projets éoliens) ; problématiques de création et de renforcement du réseau ; délais administratifs, etc. Résultat : **un développement des projets qui, pour l'éolien, dure 2 à 3 fois plus longtemps en France** que dans les autres pays.
- ❑ **Une simplification effective** de l'environnement réglementaire des projets d'énergie renouvelable **engagée depuis 2016 seulement**.
- ❑ **Des questions délicates** soulevées par les professionnels : **l'encadrement des recours abusifs** (80 % des recours = rejetés ou déclarés irrecevables) et **la réduction des délais contentieux** par la suppression d'un niveau de recours juridictionnel pour l'éolien terrestre (sur le modèle de la procédure appliquée depuis 2016 à l'éolien marin).
- ❑ Une augmentation des coûts de raccordement qui résulte de la **suppression, en 2010, du mécanisme de réfaction** (le gestionnaire de réseau couvrait 40 % de ces coûts). Un projet de loi prévoit de rétablir une réfaction tarifaire mais il est critiqué par la Commission de régulation de l'énergie (CRE).

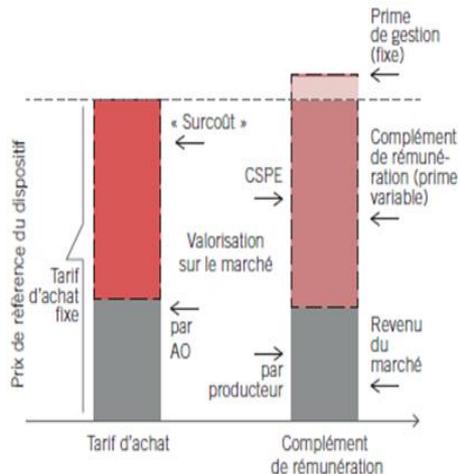
PUISSANCE INSTALLÉE ET EN FILE D'ATTENTE AU 30 JUIN 2016



4. Un nouveau mécanisme d'aide aux producteurs d'énergies renouvelables qui suscite des interrogations

- ❑ Jusqu'à cette année, le soutien à la production renouvelable = **des contrats d'obligation d'achat à prix fixe, sécurisants** pour les producteurs et les investisseurs, **mais qui « déforment » le marché.**
- ❑ Mise en place, sous contrainte européenne, d'un **complément de rémunération** pour les nouvelles installations de plus de 500 kW hors éolien terrestre, **versé aux producteurs qui vendent leur électricité sur le marché.**
- ❑ **Une prime variable** qui incite les producteurs à adapter leur offre à la situation du marché et n'est pas versée en heure de prix négatifs.

REVENUS TYPES D'UNE INSTALLATION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE EN FONCTION DU MÉCANISME DE SOUTIEN



- ❑ Un dispositif qui :
 - induit des **alés de rémunération** pour les installations ;
 - **risque de renchérir le financement bancaire** de certains projets.
- ❑ **Des « filets de sécurité » qui doivent faire leurs preuves** : une prime de gestion fixe prévue pour couvrir les frais de commercialisation à la charge des producteurs dont le montant paraît faible + un seul dispositif pour assurer des recettes minimales aux projets : la désignation d'un « acheteur en dernier recours ».
- ❑ Une politique de soutien qui ne pourra être efficace que si :
 - un **marché de l'agrégation suffisamment liquide** émerge pour lui confier la vente d'électricité renouvelable ;
 - les appels d'offres utilisés pour l'allocation des aides permettent de **préserver la diversité des producteurs** (projets participatifs ou citoyens) ;
 - **le prix du carbone est relevé** pour assurer la rentabilité de long terme des énergies renouvelables.

5. Un effort d'investissement nécessaire pour lever les verrous technologiques

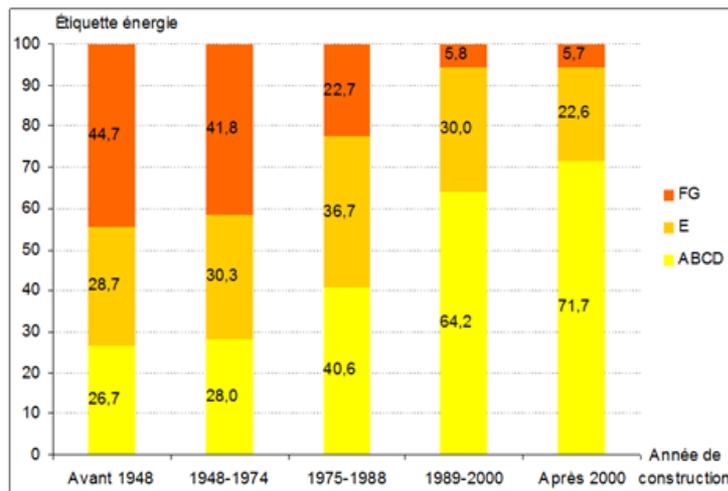
- ❑ **Un double défi** – le stockage des surplus d'électricité renouvelable et le développement de réseaux adaptés à l'accueil d'énergies variables – **qui nécessite des investissements** pour :
 - **développer les interconnexions** régionales et nationales afin de « foisonner » la production éolienne et photovoltaïque ;
 - **adopter des solutions de stockage qui répondent aux besoins de flexibilité** du réseau électrique ;
 - **déployer les réseaux électriques intelligents** (*smart grids*), cette phase devant succéder aux 17 démonstrateurs pilotes, et **assurer la complémentarité des réseaux gaz et électricité**, le premier pouvant servir de batterie au second.
- ❑ Des **investissements** importants consentis par les opérateurs pour renforcer les réseaux et intégrer les énergies renouvelables (970 M€ en 2015 pour Enedis, 1,2 Md€ prévus par RTE en 2017-2020). À l'inverse, les 234 M€ en investissements d'avenir prévus pour les *smarts grids* ont été amputés de 36 % suite à des redéploiements de crédits.
- ❑ **Un effort d'investissement qui devrait être complété** :
 - par le **doublé annoncé du fonds chaleur d'ici 2017** qui devrait assurer la compétitivité des projets « biomasse » et soutenir davantage la filière « biogaz » ;
 - par la mise en place d'**incitations spécifiques au développement des technologies qui rendent des services au système électrique** (écrêtement de la production, stockage, etc.) *via* des subventions ou une adaptation de certaines taxes (le TURPE par ex.), ce qui suppose de redéployer, dans un cadre contraint, des moyens budgétaires et de cibler les solutions ayant démontré leur potentiel technologique et leur impact économique ;
 - par des **mesures destinées aux petits projets à caractère industriel** (les unités de méthanisation rattachées à des exploitations agricoles par ex.), les moins aidés par les banques, *via* l'entrée de la Caisse des dépôts ou des collectivités territoriales dans leur capital ou un mécanisme de garantie publique.

6. Un défi de taille : la rénovation du parc résidentiel ancien

- ❑ Les 35 millions de logements = 30 % de la consommation finale d'énergie (dont 8 millions de maisons d'avant 1974 = 10 % des consommations d'énergie du bâtiment, des transports et de l'industrie).
- ❑ 53,6 % des logements ont une étiquette « énergie » médiocre (lettres D et E du diagnostic de performance énergétique) et près d'un tiers sont des « passoires thermiques » (F et G). Or plus de 60 % des logements ont été construits avant la première réglementation thermique (la RT 1974).

RÉPARTITION DES ÉTIQUETTES « ÉNERGIE » EN 2012 SELON LA DATE DE CONSTRUCTION DU LOGEMENT

(En %)



Source : Commissariat général au développement durable.

- ❑ Des logements en location (= 42 % du parc) qui disposent souvent de mauvaises étiquettes :
 - plus du quart des locataires occupent des logements classés G, contre 10 % des propriétaires ;
 - la proportion des étiquettes performantes (A, B ou C) des locations du secteur privé est inférieure de moitié à celle constatée pour les propriétaires et les locataires du parc social.
- ❑ Des logements en location qui sont aussi **les moins susceptibles d'être rénovés**, puisque les propriétaires ne payent pas les factures d'énergie...
- ❑ Au total, une **fragmentation de la demande de rénovation** qui se conjugue avec **une offre de rénovation éclatée** :
 - 380 000 entreprises du bâtiment ayant de 1 à 10 salariés, avec seulement un tiers des actifs entrant dans la filière qui sont issus d'une formation du bâtiment ;
 - en amont et en aval du secteur, un grand nombre d'acteurs, organisés les uns à côté des autres plutôt que les uns avec les autres (7 000 fabricants de produits et équipements de construction, 12 000 bureaux d'études ou sociétés d'ingénierie, 30 000 architectes, etc.).

7. Des dépenses de rénovation considérables mais peu efficaces

- Des dépenses d'investissement élevées dans la rénovation des logements

= 11,1 milliards d'euros en 2014 (10,6 milliards en 2011), ce qui crée de la « valeur verte », matérialisée par la plus-value à la revente liée à une meilleure performance énergétique du logement.

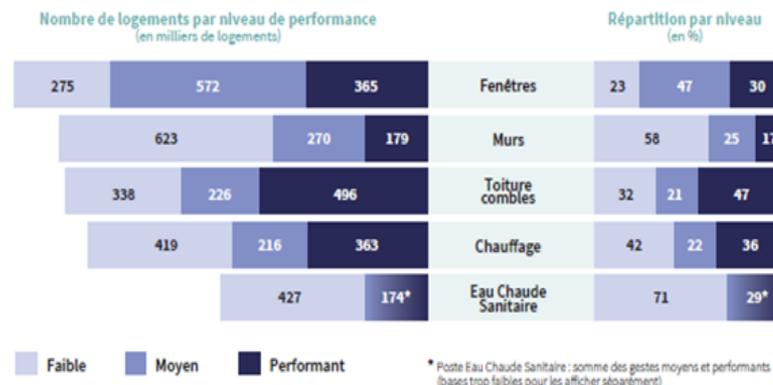
- Des rénovations, en très grande majorité, de qualité médiocre ou moyenne

- Un plan de rénovation énergétique de l'habitat de 2013 qui fixe un objectif national de 500 000 rénovations par an d'ici 2017.

- En additionnant les 288 000 rénovations performantes ou très performantes recensées par l'ADEME (sur les 3,5 millions achevées) et les 105 000 rénovations de logements sociaux = total de 395 000 en 2014 (79 % de l'objectif). Mais si l'on tient compte de l'objectif « bâtiment de basse consommation » fixé par le Parlement, les rénovations performantes, au sens de la loi du 17 août 2015, ne totalisent, en réalité, que quelques centaines d'opérations par an.

- Le poste de travaux le plus fréquent (les fenêtres = 1,212 million de rénovations) est le moins efficace sur le plan thermique et les chantiers concernant les murs sont ceux qui dénombrent le moins de gestes performants (17 %).

NIVEAU DE PERFORMANCE DES LOGEMENTS ET DES TRAVAUX DE RÉNOVATION



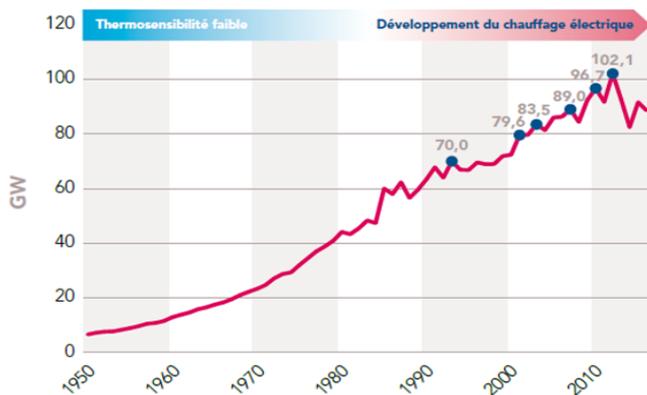
Source : ADEME.

- Des travaux fortement contraints, qui dépendent de la conjoncture économique et des revenus des ménages, les catégories socioprofessionnelles supérieures les réalisant plus souvent que les autres. Près d'un ménage sur deux qui déclare avoir encore des travaux à faire les repousse et près d'un sur cinq n'a pas l'intention de les faire, principalement en raison de leur impact financier.

8. Une réglementation thermique (RT) pour les logements neufs coûteuse mais efficace

- ❑ Un surcoût « RT » pour les constructions neuves **variable** (4 % à 15 % selon les estimations), **aujourd'hui en grande partie absorbé** par la diffusion d'équipements et de procédés plus performants.
- ❑ Un effet positif sur la « **pointe électrique** » = son rythme d'évolution est désormais équivalent à celui de la consommation d'énergie.
- ❑ Alors qu'auparavant le développement du chauffage électrique (part de marché > à 70 % dans le neuf entre 2005 et 2009) pouvait menacer la stabilité énergétique du pays par grand froid, **les nouvelles surfaces chauffées au gaz et à l'électricité ont été rééquilibrées** (42 % chacune en 2015).
- ❑ Une nouvelle RT prévue pour 2018 qui doit prendre en compte le niveau d'émission des gaz à effet de serre.
- ❑ Une perspective qui suscite de **vifs débats entre les experts et les opérateurs** :
 - pour certains d'entre eux, le chauffage électrique ne devrait plus être pénalisé par la nouvelle réglementation par rapport au gaz, émetteur de CO₂ ;
 - pour d'autres, cette réorientation pourrait conduire le système électrique à faire appel soit à des centrales thermiques françaises soit aux centrales à charbon allemandes.
- ❑ Un **nouvel équilibre à construire avec finesse** pour éviter que les économies d'énergie gagnées d'un côté ne se traduisent, de l'autre, par des externalités environnementales négatives.

HISTORIQUE DES POINTES DE CONSOMMATION ÉLECTRIQUE ANNUELLES



Source : RTE.

9. Des politiques d'accompagnement et de professionnalisation à renforcer dans le domaine de la rénovation énergétique

- ❑ **Un accompagnement des ménages qui doit s'inspirer, dans certains cas, de la logique du « guichet unique »**
- **Les structures** (plateformes territoriales, PRIS, EIE) **d'accompagnement personnalisé des ménages souhaitant effectuer des rénovations thermiques**, qui vont du montage technique du projet à celui du plan de financement des travaux, **sont trop rares**.
- Ces dispositifs devraient être multipliés car ils ont un **pouvoir « déclencheur » fort auprès des ménages modestes**. Les plus aboutis proposent un montage des aides fiscales et financières disponibles (nationales et locales), en les complétant par des prêts bonifiés.
- L'accompagnement des ménages en situation de précarité énergétique repose sur les aides du **programme Habiter mieux**, dont le versement est précédé d'une phase de conseil et d'expertise reposant sur des visites à domicile. Or ce dispositif exemplaire est géré par un **opérateur fragile sur le plan financier, l'ANAH**. Les ressources propres de cette agence devraient être augmentées à hauteur des financements nécessités par les objectifs de rénovation qui lui sont assignés pour 2016 (70 000 logements) et 2017 (100 000 logements).
- ❑ **Des actions de professionnalisation de la filière insuffisantes**
 - **un label pour entreprise** (reconnu garant de l'environnement ou RGE = environ 62 000 entreprises sur les 401 000 du secteur) qui ne garantit pas aux particuliers l'intervention, à leur domicile, d'une personne formée et compétente en matière énergétique ;
 - **deux dispositifs de formation**. Le premier (FeeBAT) a concerné environ 80 000 salariés et artisans (sur un total de 1 million) et le second (programme PACTE), qui met en œuvre un réseau de plateaux techniques dédiés, a été lancé en janvier 2015 seulement.
- ❑ **Des actions à conforter** en déployant davantage le label RGE (un référent par entreprise) et en privilégiant les actions de formation destinées aux groupes de salariés d'un même territoire et relevant de corps d'état complémentaires.



10. Des aides fiscales à la rénovation thermique enfin simplifiées qu'il faut stabiliser

- ❑ Un outil imparfait mais attractif et pédagogique : le crédit d'impôt en faveur de la transition énergétique (CITE)
- ❑ Un dispositif qui a connu trois phases depuis 2005 car il est entaché d'un **fort soupçon d'effet d'aubaine** et peut conduire à une mauvaise orientation des investissements. Mais c'est aussi **un outil fiscal « grand public » en matière de sensibilisation aux enjeux de la rénovation énergétique.**

ÉVOLUTION DE LA DÉPENSE FISCALE ASSOCIÉE AU CITE DEPUIS 2005

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CITE <i>(en millions d'euros)</i>	400	985	1 873	2 100	2 763	2 625	2 015	1 110	673	619	874	1 670
Nombre de bénéficiaires <i>(en millions)</i>	nd	0,992	1,255	1,329	1,559	1,558	1,512	1,269	0,85	0,728	0,660	-
Montant moyen du crédit d'impôt <i>(en euros)</i>	nd	993	1 492	1 580	1 772	1 685	1 333	875	792	850	-	-

Source : tome II du fascicule des Voies et moyens annexé aux projets de loi de finances (jusqu'au PLF pour 2017).

- ❑ Le gouvernement a fait le choix, depuis le PLF 2014, de « massifier » le CITE, notamment en supprimant la condition de réalisation d'un bouquet de travaux. Au vu des multiples évolutions qu'il a connues, **il paraît prudent de laisser « prospérer » ce dispositif en le stabilisant** avant de l'évaluer et, le cas échéant, de le modifier ou de l'abandonner.

- ❑ Un dispositif ciblé mais sous-utilisé : l'éco-PTZ
- ❑ **Un plus fort effet de levier que le CITE**, car le prêt s'adresse à des ménages qui ne pourraient pas, sans cette aide, réaliser l'opération.
- ❑ **Ce dispositif s'est pourtant effondré entre 2010 et 2015**, en passant de 78 484 à 23 567 prêts distribués, pour plusieurs raisons :
 - attribution de la responsabilité d'attester de l'éligibilité des travaux aux banques et non aux entreprises, un problème identifié fin 2011 mais corrigé en 2014 seulement ;
 - amenuisement de l'avantage accordé en période de faibles taux d'intérêt ;
 - moindre notoriété du prêt par rapport aux autres aides fiscales (connu par 42 % des ménages contre 56 % pour la TVA à taux réduit sur les travaux d'entretien).

- ❑ **Des mesures récentes pourraient le dynamiser** : l'autorisation de cumuler le prêt avec les aides de l'ANAH ou avec le CITE et la création d'un fonds spécifique, chargé de garantir les prêts distribués à des ménages modestes et de contre-garantir les prêts pour la rénovation énergétique des copropriétés.

Voiture électrique, renouvelables et recharge intelligente

Natura-Sciences | Mis à jour le 25/03/2018 à 23:13 - Publié le 31/03/2016 à 12:22

Le Gouvernement veut mettre sur nos routes 2 millions de véhicules électriques d'ici 2020. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoit l'installation de 7 millions de bornes de recharge pour les voitures électriques d'ici à 2030. Selon les chiffres de RTE, la production électrique française a été de 546 térawattheures (TWh) en 2015, pour une puissance installée de 129,3 GW. Est-ce suffisant pour recharger 2 millions de véhicules en 2020 ? Comment assurer la protection du réseau électrique et ne pas augmenter la demande de pointe qui dimensionne le réseau ?

L'association entre énergies renouvelables et voitures électriques est capitale pour assurer des véhicules « zéro émission ». PHOTO//DR

Une voiture électrique qui consommerait 25 kilowattheures (kWh) pour 100 km et qui roulerait 10 000 km par an, consommerait chaque année 2,5 mégawattheures (MWh). Pour 2 millions de véhicules électriques, le besoin annuel serait donc d'environ 5 TWh. Comparés aux 475,4 TWh de consommation nationale en 2015, ces 5 TWh ne pèsent que peu sur la consommation électrique. En revanche, entre une recharge lente de 3 kW et une recharge rapide de 43 kW, le besoin de puissance s'élève entre 6 et 80 GW pour l'ensemble de ces véhicules. Si 2 millions de véhicules se rechargeaient rapidement en même temps, ils appelleraient donc 62% de la capacité de notre parc électrique. Les voitures électriques nous posent donc avant tout un problème de puissance installée.

Bien évidemment, ces véhicules ne se chargeront pas tous au même moment. Mais l'impact sur le réseau pourra être significatif. « *Le problème n'est pas lié à la quantité d'électricité produite sur l'année mais à la puissance dont on a besoin à un certain moment !* », insiste Claude Ricaud, directeur de l'innovation chez Schneider Electric. Le bilan électrique de RTE note d'ailleurs qu'« *un pic historique de consommation a ainsi été atteint début février 2012, avec une puissance appelée de 102 100 MW, lors de la vague de froid exceptionnelle qui a touché l'ensemble du pays pendant cette période* ». Que ce serait-il passé si l'on avait chargé en même temps quelques centaines de milliers de véhicules électriques ? Une surcharge du réseau ? Ou un vrai [black-out européen](#) ?

Favoriser les recharges intelligentes

Si des flottes de véhicules se rechargent lorsque les réseaux sont sous tension et qu'il n'y a pas de contrôle, la [demande de pointe](#) peut être considérablement augmentée et engendrer le lancement de centrales thermiques au gaz ou au charbon. Pour des véhicules promis à « zéro émission », on repassera ! « *Faire une charge rapide de 50 kW, c'est comme rajouter un petit bâtiment sur le réseau* », simplifie Claude Ricaud.

Pour résoudre ce problème, il faut définir un nouveau paradigme. « Avec les véhicules électriques, il va falloir s'habituer à charger quand on s'arrête mais ne pas s'arrêter pour charger », prévient-il. La recharge pourra se faire à la maison, sur des parkings, sur le lieu de travail, pendant une séance de cinéma, etc.

Les standards de chargement ont défini 4 modes différents. Les modes 1 et 2 concernent des modes non gérés, où la voiture se branche au mur comme un appareil électroménager classique. Au contraire, les modes 3 (courant alternatif) et 4 (courant continu) sont des modes gérés : la voiture se connecte à un équipement pour un chargement intelligent. Ces chargeurs intelligents doivent connaître la demande sur le réseau et les besoins de l'utilisateur ; par exemple, l'heure à laquelle le véhicule doit être chargé. Le chargeur peut alors augmenter ou diminuer la vitesse de charge du véhicule. Cette charge contrôlée limite l'ampleur du pic de demande.

La recharge intelligente amène de la souplesse : si beaucoup de voitures se chargent en même temps, le chargement se modulera. Cela se passera comme lorsque l'on connecte plusieurs ordinateurs sur une même connexion wifi et que la vitesse de navigation est limitée. Au contraire, dès que l'un des utilisateurs se déconnecte, la vitesse de navigation repart à la hausse !

Lier voitures électriques et énergies renouvelables

Le lien entre véhicules électriques et énergies renouvelables est capital, car ceux-ci sont vendus sur le principe de « zéro émission ». Les émissions liées au véhicule électrique dépendent du mix électrique. Pour que celles-ci soient inférieures à celles d'un véhicule thermique, il faut que le mix électrique soit décarboné. D'après les chiffres de l'ADEME pour 2008, une voiture électrique émet 112 g/km avec le mix électrique moyen européen, mais 255 g/km lorsque l'électricité est produite à partir de charbon. En Chine, avec 70 % de charbon, une voiture émettrait 249 g/km. La Chine prévoit 200 millions de voitures électriques sur ses routes en 2020... Ce véhicule ne semble plus tout aussi propre. Avec un objectif de 95 g CO₂/km pour les véhicules thermiques en 2020, une voiture électrique émettra donc plus de CO₂ qu'une voiture thermique. Globalement, le développement du véhicule électrique augmente les émissions de gaz à effet de serre du secteur automobile dans la plupart des pays. Mais étudions plus en détail les promesses de la recharge intelligente, car elle pourrait changer la donne.

Un peu de prospective solaire et éolienne...

Les puissances **éolienne** et **photovoltaïque** installées devraient respectivement être de 25 GW et 5 GW en France en 2020. La production associée sera alors de 49 TWh d'éolien et 6 TWh de photovoltaïque. Cela ne permettrait-il pas de recharger proprement ces véhicules ? On s'aperçoit d'ores et déjà qu'une partie de la production d'énergie renouvelable peut être perdue, notamment à certains moments des pics de production renouvelables où la demande est faible. D'ici 2020, Schneider Electric estime entre 50 et

100, le nombre de nuits où il y aura un surplus de production éolienne par rapport à la demande. Le surplus d'énergie serait de 3 à 8 TWh, à comparer aux 5 TWh nécessaires pour recharger annuellement 2 millions de véhicules électriques. Si l'on arrive à gérer ce surplus pour charger les voitures, les véhicules seront donc véritablement « zéro émission ».

Au final, l'équation ne semble pas si compliquée. Les pics liés au rechargement des véhicules électriques doivent être limités en utilisant les modes de recharge 3 ou 4. Ensuite, il faut maximiser le taux d'énergie renouvelable du réseau. Enfin, à partir de 2017, il conviendra de permettre l'échange bidirectionnel d'électricité par le véhicule en lui autorisant à renvoyer de l'électricité au réseau avec rétribution financière. Au lieu de devenir un cauchemar pour le réseau, le véhicule électrique jouerait ainsi un vrai rôle de capacité pour le stockage de l'électricité sans coût supplémentaire.

Auteur : *Matthieu Combe, fondateur du webzine Natura-sciences.com*

Renault fait de Belle-Île-en-Mer un laboratoire de la transition énergétique

Publié le 24 septembre 2018 par [Antonin Moriscot](#)

En partenariat avec d'autres acteurs, le constructeur français vient de lancer une expérimentation mêlant véhicules électriques en autopartage, stockage stationnaire de l'énergie et recharge intelligente.

Dès 2019, résidents comme visiteurs de Belle-Ile-en-mer vont avoir accès à une flotte de Renault Zoe et Kangoo Z.E. rechargés localement.

Renault met ses véhicules au service de la [transition énergétique](#). À compter de début 2019, et pour une durée de vingt-quatre mois, [le groupe Renault et ses partenaires](#) (Morbihan Énergies, les Cars Bleus et Enedis) vont faire vivre aux habitants et visiteurs de Belle-Île-en-Mer **une expérience** unique en France.

Nommée **FlexMob'île**, cette expérimentation vise à mettre à disposition à des insulaires une **flotte de véhicules électriques** alimentés à 100 % en **électricité propre et locale**.

Proposés *via* un système de **location en libre service**, les véhicules retenus (des [Renault Zoe et Kangoo Z.E.](#)) pourront recharger leurs batteries grâce à des bornes spécifiques installées à proximité des points d'intérêts de l'île. Le courant électrique alimentant ces prises, et par extension les véhicules, proviendra lui du **surplus de production** généré par les **panneaux solaires** équipant le toit de certains bâtiments publics.

Utiliser une ressource abondante et réduire la facture énergétique

« Grâce au **système de recharge intelligente**, nous pourrons déclencher la recharge des véhicules quand le bâtiment produit plus d'énergie qu'il n'en consomme » détaille Gilles Normand, directeur du véhicule électrique du groupe Renault.

Le constructeur cite en exemple, les panneaux solaires installés sur le toit de l'école communale. Ces derniers permettent d'alimenter en électricité et de chauffer les salles de classe en semaine. Ainsi, *"l'énergie produite le week-end et pendant les vacances scolaires sera utilisée pour charger les voitures"*.

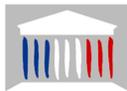
Dans le cadre de cette expérimentation, le groupe Renault va aussi permettre à d'autres acteurs de l'île de **réduire leur facture d'énergie** et de consommer davantage d'électricité issue des sources renouvelables.

Les batteries usagées mises à contribution

La marque au losange va fournir à l'un des villages vacances de l'île des **batteries usagées** issues de ses véhicules. **Moins performantes** pour faire fonctionner un véhicule électrique, [ces batteries de seconde main](#) permettent toujours de **stocker de l'énergie**. En journée, elles emmagasineront l'électricité issue des panneaux solaires du village vacances et *"la restitueront le soir, essentiellement sous forme de chaleur"*, indique Renault.

*"Notre objectif est de concevoir des solutions globales, avec des technologies déjà **bien éprouvées** et d'autres **plus nouvelles**, pour répondre à des besoins locaux"*, développe Gilles Normand. *"Les optimisations mises en place sont applicables à d'autres îles mais aussi à l'échelle de quartiers ou de ville"*, souligne-t-il.

En Europe, Renault mène **une expérimentation similaire** à Porto Santo, au **Portugal**.



N° 1678

ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

QUINZIÈME LÉGISLATURE

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 13 février 2019.

RAPPORT

FAIT

AU NOM DE LA COMMISSION DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES SUR LA PROPOSITION DE RÉSOLUTION
tendant à la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique.

PAR MME ANNE-FRANCE BRUNET,
Députée

SOMMAIRE

—

Pages

INTRODUCTION	5
EXAMEN EN COMMISSION	9
TEXTE DE LA PROPOSITION DE RÉOLUTION.....	19
Article unique	19

INTRODUCTION

Mesdames, Messieurs,

M. Julien Aubert et plusieurs de ses collègues ont déposé, le 11 décembre 2018, une proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique (n° 1489).

En application de l'article 140 du Règlement de l'Assemblée nationale, « les propositions de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête sont renvoyées à la commission permanente compétente ». Il appartient donc à la commission des affaires économiques de se prononcer sur cette proposition.

M. Christian Jacob, président du groupe Les Républicains, a choisi d'utiliser le pouvoir confié à certains présidents de groupe par l'article 141 du Règlement, qui prévoit que, « chaque président de groupe d'opposition ou de groupe minoritaire obtient, de droit, une fois par session ordinaire, à l'exception de celle précédant le renouvellement de l'Assemblée, la création d'une commission d'enquête ».

Dans le cadre de ce « droit de tirage », comme le prévoit l'article 140 du Règlement, la commission compétente doit uniquement vérifier si les conditions requises pour la création de la commission d'enquête sont réunies, sans se prononcer sur l'opportunité de la commission d'enquête. Aucun amendement au texte de la proposition de résolution n'est recevable.

Par la suite, si la commission estime que les conditions requises pour cette création sont réunies, la conférence des présidents prendra acte de la création de la commission d'enquête.

Ces conditions sont au nombre de trois :

1° Tout d'abord, l'article 6 de l'ordonnance n° 58-1100 du 17 novembre 1958 relative au fonctionnement des assemblées parlementaires dispose, à son I, que « les commissions d'enquête sont formées pour recueillir des éléments d'information soit sur des faits déterminés, soit sur la gestion des services publics ou des entreprises nationales ». Cette condition est réitérée à l'article 137 du Règlement, qui prévoit que les commissions d'enquête « doivent

déterminer avec précision soit les faits qui donnent lieu à enquête, soit les services ou entreprises publics dont la commission doit examiner la gestion ».

Dans le cas présent, l'article unique de la proposition de résolution vise à créer une commission d'enquête portant sur « l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique ». L'exposé des motifs permet d'en savoir davantage sur les faits en cause. Celui-ci interroge l'efficacité de la dépense publique au service de la transition énergétique. Il questionne également les modalités de financement des énergies renouvelables en mentionnant des affaires de corruption et de trafic d'influence et, plus généralement, une absence de transparence de la fiscalité verte. Il insiste sur l'importance de mesurer le « degré de justice sociale » de cette fiscalité ainsi que son impact sur le pouvoir d'achat et sur la croissance économique.

Les objectifs que la commission entend poursuivre apparaissent donc décrits avec une précision suffisante ;

2° En deuxième lieu, l'article 138 du Règlement prévoit l'irrecevabilité de « toute proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête ayant le même objet qu'une mission effectuée dans les conditions prévues à l'article 145-1 ou qu'une commission d'enquête antérieure, avant l'expiration d'un délai de douze mois à compter du terme des travaux de l'une ou de l'autre ».

La proposition de résolution remplit ce critère de recevabilité. Certes, l'Assemblée nationale s'intéresse de près à la politique énergétique française et au financement des énergies renouvelables. En témoignent les travaux en cours de la mission d'information de la conférence des présidents relative aux freins à la transition énergétique créée en juillet 2018 à l'initiative du président du groupe du Mouvement démocrate et apparentés ou les travaux achevés de la mission d'évaluation et de contrôle (MEC) sur les outils publics encourageant l'investissement privé dans la transition écologique. Néanmoins, ces missions n'ont pas fait usage des pouvoirs dévolus aux rapporteurs des commissions d'enquête qui peuvent être demandés dans le cadre de l'article 145-1 du Règlement ;

3° Enfin, le I de l'article 6 de l'ordonnance du 17 novembre 1958 précitée dispose qu'« il ne peut être créé de commission d'enquête sur des faits ayant donné lieu à des poursuites judiciaires et aussi longtemps que ces poursuites sont en cours ».

L'application de cette disposition est précisée de la manière suivante par l'article 139 de notre règlement :

« Le dépôt d'une proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête est notifié par le Président de l'Assemblée au garde des Sceaux, ministre de la justice.

« Si le garde des Sceaux fait connaître que des poursuites judiciaires sont en cours sur les faits ayant motivé le dépôt de la proposition, celle-ci ne peut être mise en discussion. »

Interrogée par le Président de l'Assemblée nationale, Mme Nicole Belloubet, garde des Sceaux, ministre de la justice, lui a fait savoir qu'à sa connaissance, aucune poursuite judiciaire n'était actuellement en cours sur les faits ayant motivé le dépôt de cette proposition de résolution.

En conclusion, selon votre rapporteure, la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique, est, d'un point de vue juridique, recevable.

EXAMEN EN COMMISSION

Au cours de sa réunion du 13 février 2019, la commission des affaires économiques a procédé à l'examen de la proposition de résolution de M. Julien Aubert et plusieurs de ses collègues tendant à la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique (n° 1489), sur le rapport de Mme Anne-France Brunet, rapporteure.

Mme Sophie Beaudouin-Hubiere, vice-présidente. Mes chers collègues, M. Julien Aubert et de plusieurs de ses collègues ont déposé une proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique (n° 1489).

Notre commission est appelée à vérifier si les conditions requises pour la création de cette commission d'enquête sont réunies.

Je vous rappelle que le président du groupe Les Républicains a exercé son droit de tirage pour la création de cette commission d'enquête. Aucun amendement n'est donc recevable et nous ne pouvons pas nous prononcer sur son opportunité.

Après une présentation d'une dizaine de minutes de notre rapporteure, Mme Anne-France Brunet, nous aurons une discussion générale faisant intervenir des orateurs de groupe pour quatre minutes et les députés qui le souhaitent pour deux minutes.

Mme Anne-France Brunet, rapporteure. M. Julien Aubert et plusieurs de ses collègues ont déposé, le 11 décembre 2018, une proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique.

Lorsqu'un président de groupe exerce le droit de tirage prévu par l'article 140 du Règlement de l'Assemblée nationale, la commission compétente doit vérifier si les conditions requises pour la création de la commission d'enquête sont réunies, sans se prononcer sur son opportunité. Aucun amendement n'est recevable.

Si la commission estime que ces conditions sont réunies, la Conférence des présidents prendra acte de la création de la commission d'enquête.

Ces conditions sont au nombre de trois.

Tout d'abord, le I de l'article 6 de l'ordonnance n° 58-1100 du 17 novembre 1958 relative au fonctionnement des assemblées parlementaires dispose que « les commissions d'enquête sont formées pour recueillir des éléments d'information soit sur des faits déterminés, soit sur la gestion des services publics ou des entreprises nationales ». Cette condition est réitérée à l'article 137 du Règlement, qui prévoit que les commissions d'enquête « doivent déterminer avec précision soit les faits qui donnent lieu à enquête, soit les services ou entreprises publics dont la commission doit examiner la gestion ».

Dans le cas présent, l'article unique de la proposition de résolution vise à créer une commission d'enquête portant sur « l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique ». L'exposé des motifs permet d'en savoir davantage sur les faits en cause. Celui-ci interroge l'efficacité de la dépense publique au service de la transition énergétique. Il questionne également les modalités de financement des énergies renouvelables en mentionnant des affaires de corruption et de trafic d'influence et, plus généralement, une absence de transparence de la fiscalité verte. Il insiste sur l'importance de mesurer le « degré de justice sociale » de cette fiscalité ainsi que son impact sur le pouvoir d'achat et sur la croissance économique.

Les objectifs que la commission entend poursuivre paraissent donc décrits avec une précision suffisante.

En deuxième lieu, l'article 138 du Règlement de l'Assemblée nationale prévoit l'irrecevabilité de « toute proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête ayant le même objet qu'une mission effectuée dans les conditions prévues à l'article 145-1 ou qu'une commission d'enquête antérieure, avant l'expiration d'un délai de douze mois à compter du terme des travaux de l'une ou de l'autre ».

La proposition de résolution remplit ce critère de recevabilité. Certes, l'Assemblée nationale s'intéresse de près à la politique énergétique française et au financement des énergies renouvelables. En témoignent les travaux en cours de la mission d'information de la Conférence des présidents relative aux freins à la transition énergétique créée en juillet 2018 à l'initiative du président du groupe du Mouvement démocrate et apparentés ou les travaux achevés de la mission d'évaluation et de contrôle (MEC) sur les outils publics encourageant l'investissement privé dans la transition écologique. Néanmoins, ces missions n'ont pas fait usage des pouvoirs dévolus aux rapporteurs des commissions d'enquête, qui peuvent être demandés dans le cadre de l'article 145-1 du Règlement.

Enfin, le I de l'article 6 de l'ordonnance du 17 novembre 1958 précitée dispose qu'« il ne peut être créé de commission d'enquête sur des faits ayant donné lieu à des poursuites judiciaires et aussi longtemps que ces poursuites sont en cours ».

L'application de cette disposition est précisée de la manière suivante

par l'article 139 de notre règlement :

« Le dépôt d'une proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête est notifié par le Président de l'Assemblée au garde des Sceaux, ministre de la justice. Si le garde des Sceaux fait connaître que des poursuites judiciaires sont en cours sur les faits ayant motivé le dépôt de la proposition, celle-ci ne peut être mise en discussion ».

Interrogée par le Président de l'Assemblée nationale, Mme Nicole Belloubet, garde des Sceaux, ministre de la justice, lui a fait savoir qu'à sa connaissance, aucune procédure judiciaire n'était en cours sur les faits ayant motivé le dépôt de cette proposition de résolution.

Ces trois conditions étant remplies, la création d'une commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique, est, d'un point de vue juridique, recevable.

Mme Sophie Beaudouin-Hubiere, vice-présidente. Nous allons maintenant entendre les rapporteurs des groupes.

Mme Célia de Lavergne. Après les commissions d'enquête sur Lactalis, puis sur l'alimentation industrielle, nous pouvons encore nous féliciter que notre commission soit régulièrement saisie pour se prononcer sur la recevabilité de propositions de résolution tendant à la constitution de commissions d'enquête.

Cela démontre que notre commission travaille chaque jour sur des enjeux essentiels pour notre société ; nous pouvons donc en être fiers. La proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête que nous examinons aujourd'hui couvre un champ très large de sujets qui nous préoccupent tous ici présents, et également à l'extérieur, en écho à l'actualité que nous connaissons. L'impact des énergies renouvelables, sur le plan économique, industriel, environnemental, l'acceptabilité sociale de la politique de transition énergétique, ou la transparence des financements, sont des sujets qui ont une résonance particulière. Le grand débat national lancé par le Président de la République, dont nous pouvons constater aujourd'hui la réussite, trouve son origine dans une contestation forte portant sur l'acceptabilité sociale de cette transition énergétique. Dans nos débats locaux, dans les courriers de nos administrés, dans les réunions publiques que nous organisons, nous savons tous qu'il est impérieux de trouver aujourd'hui le juste équilibre qui nous permettra de concilier transition écologique et solidarité. C'est pourquoi, comme l'a rappelé la rapporteure, les conditions de la recevabilité de cette commission d'enquête étant réunies, les députés du groupe La République en Marche ne s'opposeront pas à sa création.

Je formulerai toutefois deux remarques.

Le début des travaux de cette commission d'enquête coïncidera avec la fin du grand débat national et ses conclusions sur le volet de la transition

écologique. Il nous faudra donc veiller à ce que ces travaux ne fassent pas doublon, et au mieux qu'ils se complètent avec ce qui résultera de ce grand débat.

Enfin, sur les énergies renouvelables, nous avons des objectifs ambitieux dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie ; nous serons amenés évidemment à en parler et en débattre de manière approfondie lors de l'examen d'un projet de loi sur l'énergie qui arrivera au printemps. Il nous faudra donc bien concilier les deux démarches.

Je suis certaine que ces travaux parallèles convergeront sur la même trajectoire : celle de permettre une transition écologique et énergétique ambitieuse, qui soit socialement et économiquement acceptable. Dans ces conditions, les députés du groupe La République en Marche participeront pleinement aux travaux de cette commission d'enquête souhaitée par le groupe Les Républicains.

M. Julien Aubert. Mes chers collègues, vous avez saisi le sens de cette proposition de constitution d'une commission d'enquête. Même si nous ne sommes pas là pour débattre de son opportunité, je rappelle que je travaille depuis six ans sur la transition énergétique ; j'ai connu les débats sur la loi relative à la transition énergétique.

Arrivés au moment de la crise des gilets jaunes, on s'aperçoit que, quelles que soient les architectures que l'on bâtit, on se retrouve à un moment donné face à un devoir d'explication à l'égard de nos concitoyens. Pour ma part, j'ai beau travailler depuis plusieurs années sur le sujet, je serais bien en peine d'expliquer à un de mes concitoyens combien exactement on prélève pour financer la fameuse politique de transition énergétique... Non seulement on prélève dans diverses poches, et de différentes manières, mais plusieurs chiffres circulent.

Ensuite, je serais bien en peine de dire si la totalité de ce qu'on prélève est reversée pour la transition énergétique, et pourquoi une partie échappe à cette politique de verdissement. Enfin, je ne suis pas certain de pouvoir témoigner que tout ce qui est utilisé est efficace en termes d'objectifs d'émissions de carbone. Mme de Lavergne s'inquiète de la concomitance entre la commission d'enquête, le grand débat et l'examen du projet de loi sur l'énergie ; je crois qu'au contraire le *timing* est parfait. Lorsque l'on prend en considération le point de départ de la crise que nous avons connue, on voit bien qu'il s'agit d'une crise de financement. Pas plus tard que ce matin, je lisais dans *Le Figaro* une tribune qui remet ce sujet au centre de la question.

M. Grégory Besson-Moreau. Très bonne lecture !

M. Julien Aubert. Je pense effectivement que c'est un excellent journal du matin, et je me félicite que la majorité ait choisi *Le Figaro* ! (*Sourires.*)

Avant de chercher à savoir quel doit être le niveau de la contribution climat, carbone, etc., on doit respecter un devoir de transparence et un devoir d'efficacité. À cet égard, ce n'est pas un hasard si, lors du grand débat organisé par le Conseil économique, social et environnemental (CESE), sur les 1 784 contributions portant sur la transition écologique, 335 concernaient l'éolien ; ce sujet fait à l'évidence des questions devant être explicitées. Se pose enfin le

problème des détournements, parce que l'on peut suspecter qu'effectivement tout un écosystème s'est bâti, qui profite de cette opacité ou de ce manque d'organisation de la transition énergétique.

Il ne s'agit donc pas d'instruire uniquement à charge, mais également à décharge, et d'aider le Parlement à y voir plus clair pour faire en sorte de bâtir une meilleure transition énergétique, ce qui signifie qu'elle soit plus efficace et moins chère.

Voilà ce qui m'a motivé ainsi mon groupe Les Républicain à proposer la constitution d'une commission d'enquête.

Mme Laure de La Raudière. Au nom du groupe UDI, Agir et Indépendant, je voudrais saluer l'initiative du groupe Les Républicains qui a utilisé son droit de tirage sur ce sujet primordial. Comme l'a dit la rapporteure, nous sommes tous attachés à une transition écologique ambitieuse, mais également socialement et économiquement acceptable.

Ce sujet m'est particulièrement cher parce que je l'ai récemment étudié. La Cour des comptes a indiqué que 150 milliards d'euros de fonds publics étaient investis dans l'éolien. Cela est-il exact ou non ? Quel serait le résultat ? Le coût du mix énergétique que nos sommes en train de construire est-il pertinent, alors que nous avons, avec la Finlande, l'électricité la plus décarbonée d'Europe ?

J'ai également entendu dire, et j'aimerais savoir si cela correspond à la réalité, que le coût de cession d'une autorisation d'exploitation d'une éolienne serait de 800 000 euros. Un promoteur d'éolien pourrait donc revendre donc à EDF Renouvelables, par exemple, une autorisation d'exploitation pour 800 000 euros. Or c'est de l'argent public qui va financer cela : est-ce normal ? Notre industrie réalise quelques pourcentages de résultats annuels sur le chiffre d'affaires ; j'entends dire que des promoteurs éoliens affichent des rentabilités atteignant 150 %. Est-ce vrai ou non ? Je pense que la Représentation nationale, puisqu'il s'agit d'argent public, doit s'y intéresser.

D'autre part la France compte 1 350 associations locales anti-éoliennes ; la question de l'acceptabilité de cette énergie est donc aujourd'hui beaucoup plus prégnante qu'il y a quatre ou cinq ans. Cela notamment parce que – et on rejoint là la question du pouvoir d'achat – c'est en milieu rural qu'on installe des éoliennes ; or les maisons situées à proximité de ces installations perdraient, semble-t-il, entre 25 % et 40 % de leur valeur initiale. Est-ce vrai ou non ? j'attends que cette commission d'enquête y réponde, car il est normal que ce sujet provoque des émotions.

Par ailleurs, j'aimerais aussi savoir, et la commission d'enquête doit y répondre, quelle est réellement l'électricité produite à partir de ces énergies renouvelables ? Quel est le rendement par rapport à la puissance installée ?

On nous dit aussi encore que la durée d'exploitation des éoliennes installées est maintenant sans limite de durée ; ce qui pose la question de savoir si, au cas où des élus locaux souhaiteraient modifier plans locaux d'urbanisme

(PLU), ou des aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine (AVAP) prévues par la loi, il est possible de revenir en arrière.

Il me semble que la politique actuelle de développement de l'énergie renouvelable a déjà été très ambitieuse. Il faut maintenant réfléchir pour savoir si ce qui a été fait pour pousser ces énergies renouvelables a du sens par rapport au mix énergétique du pays, et s'il n'y a pas quelques garde-fous à mettre en place afin d'éviter des dérives que l'on regretterait plus tard.

Mme Véronique Hammerer. Excellent !

M. Jean-Luc Lagleize. La transition écologique est un thème essentiel pour notre avenir ; c'est ce qui explique que nous soyons nombreux à considérer que les objectifs de préservation de la biodiversité et de lutte contre le réchauffement climatique font partie intégrante de notre engagement politique. Plus personne ou presque ne conteste l'impérieuse nécessité d'agir vite et efficacement.

C'est d'ailleurs en ayant cet objectif à l'esprit que le groupe du Mouvement Démocrate et apparentés a demandé, dès l'été 2018, la création d'une mission d'information de la Conférence des présidents relative aux freins à la transition énergétique, qui devrait présenter ses conclusions au cours des prochains mois.

Nous accueillons donc favorablement cette proposition de résolution tendant à la création d'une commission d'enquête pour approfondir ces sujets cruciaux.

Nous serons toutefois attentifs à ce que l'exercice ne soit pas simplement dupliqué mais puisse aboutir à des synergies, notamment dans les préconisations respectives de ces deux instances.

Force est de constater qu'au fil des années et de la prise de conscience écologique de nos dirigeants, les politiques publiques énergétiques se sont considérablement complexifiées et que les dispositifs se sont superposés. Résultat : des outils pouvant bénéficier aux particuliers ou aux entreprises qui se révèlent trop peu connus, parfois indéchiffrables, ou insuffisants au regard du pouvoir d'achat de certains Français.

Pourtant, ces investissements se révèlent rentables pour la société dans son ensemble – voire, et peut-être surtout pour les sociétés... Du coup, la transition écologique appelle tout à la fois une simplification et un investissement massif ; c'est du reste un des quatre thèmes proposés dans le cadre du grand débat national que cette commission d'enquête, nous l'espérons, pourrait contribuer à enrichir.

Permettez-moi désormais de revenir brièvement sur les quatre grands axes développés dans l'exposé des motifs.

Sur le premier axe, il est en effet important d'améliorer la lisibilité des recettes et des dépenses publiques relatives à la transition écologique et solidaire. Ce besoin de visibilité et de clarté ne doit pas remettre pour autant en question le

principe d'universalité de notre budget, selon lequel l'ensemble des recettes couvre l'ensemble des dépenses, et qui se décompose en deux règles : la non-compensation et la non-affectation.

En ce qui concerne le deuxième axe, qui s'intéresse aux coûts des énergies renouvelables d'origine éolienne et photovoltaïque, il conviendra d'objectiver le débat, en cohérence avec les priorités de notre politique énergétique. Nous devons en effet prendre toute notre part dans la lutte contre le changement climatique, l'amélioration de la qualité de l'air, la protection du pouvoir d'achat, la préservation de notre souveraineté, et le développement de nos territoires ruraux. Ainsi, sur l'ensemble de ces sujets, il serait totalement contre-productif de s'opposer au développement des énergies renouvelables et d'aller à l'encontre des objectifs de la programmation pluriannuelle de l'énergie qui est en cours de discussion.

S'agissant du troisième axe relatif à l'acceptation sociale, le groupe du Mouvement Démocrate et apparentés sera vigilant à ce que les débats ne soient pas instrumentalisés.

La diversification de notre mix énergétique doit avoir pour conséquence le renforcement de la solidarité entre les Français et entre les territoires, mais aussi l'amélioration de l'acceptabilité sociale des projets. Plutôt que de nous cantonner à une opposition systématique et stérile aux projets d'énergie renouvelable, nous préférons travailler à l'intégration territoriale afin que ces projets puissent bénéficier au plus grand nombre de nos concitoyens.

Finalement, le quatrième axe nous paraît le plus propice à la création de cette commission d'enquête parlementaire : il s'agira de mettre au jour, dans le respect des pouvoirs de l'autorité judiciaire, les éventuels agissements délictueux, voire les pratiques illégales, qui pourraient avoir cours dans ces secteurs.

Pour conclure, nous attendons de cette commission d'enquête qu'elle permette de débattre des outils et des solutions pour mieux mobiliser l'ensemble des citoyens, des collectivités, des entreprises et des corps intermédiaires, afin de parvenir à notre objectif de zéro émissions nettes de gaz à effet de serre en 2050, tout en diversifiant notre mix énergétique au profit des énergies renouvelables.

Mme Marie-Noëlle Battistel. L'objet de la commission d'enquête que nous propose notre collègue Julien Aubert est triple : évaluer l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, faire la lumière sur les financements, et évaluer l'acceptation sociale des politiques de transition énergétique.

Le groupe Socialistes et apparentés dénonce régulièrement l'opacité des flux financiers en matière de fiscalité énergétique et de fiscalité affectée à la transition énergétique. Très récemment encore, dans le cadre de l'examen de la loi de finances, nous avons dénoncé le fait que seul un tiers des recettes issues de l'augmentation des tarifs du carburant était affecté à des mesures environnementales. Nous approuvons donc la création de cette commission d'enquête, même si nous ne plaçons pas nécessairement les mêmes motivations

que le groupe Les Républicains derrière les trois objectifs qui l’animent. À nos yeux, évaluer l’impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables est nécessaire pour rehausser notre ambition en matière de transition énergétique et solidaire. C’est permettre de lever les freins et créer une véritable filière industrielle du renouvelable adaptée à nos territoires, c’est encore faire la transparence sur les financements. Cette évaluation est également indispensable pour garantir à tous que la fiscalité énergétique est bien intégralement dévolue à la transition écologique, qu’elle est solidaire afin que nos concitoyens soient accompagnés dans cette transition et qu’elle est transparente notamment en matière de certificats d’économie d’énergie (CEE), et de taxes diverses et variées sur l’énergie.

Cela fait évidemment le lien avec l’acceptabilité sociale de ces politiques. Le mouvement des gilets jaunes démontre, s’il en était besoin, une sensibilité particulière des Français aux moyens affectés à la transition énergétique. Certains souhaitent en tirer la conclusion d’une opposition à cette dynamique irrévocable, mais la réalité des sondages d’opinion est tout autre et montre que le climat, l’environnement et la santé sont les premières priorités des Français devant l’emploi ou l’immigration. Nos concitoyens demandent une transition énergétique juste qui ne soit pas punitive pour ceux qui, par exemple, roulent au diesel aujourd’hui parce que l’État les incite à le faire pendant quinze ans, et ils souhaitent que les fonds collectés soient effectivement affectés aux mesures d’accompagnement.

C’est d’ailleurs ce dont j’avais fait état dans le rapport pour avis sur les crédits consacrés à la politique énergétique que j’avais présenté dans le cadre de l’examen de la loi de finances.

De nouvelles taxes ont aussi été créées, notamment la redevance sur les concessions hydroélectriques en délais glissants créée par la loi de finances pour 2019. Je suis totalement d’accord avec cette mesure ; mais où iront les recettes de ce nouveau fonds collecté par l’État ? Cela fait partie de tous les questionnements qui, me semble-t-il, devront être traités par cette commission d’enquête.

Le groupe Socialistes et apparentés soutiendra cette proposition de commission d’enquête, mais il veillera, le cas échéant, à ce que ces travaux, nous amènent à une transition énergétique plus ambitieuse, plus solidaire, qui ruisselle dans l’économie et l’industrie et permette d’offrir à tous nos concitoyens, un cadre de vie de qualité.

Mme Sophie Beaudouin-Hubiere, vice-présidente. Pardonnez-moi de vous taquiner, Madame Battistel, mais il est pour le moins inattendu de vous entendre soutenir la théorie du ruissellement ! (*Sourires.*)

M. Xavier Breton. Je ne suis pas membre de cette commission, mais je tenais à soutenir la proposition de notre collègue Julien Aubert de constituer une commission d’enquête sur la question de la transition énergétique.

Il me semble que beaucoup de questions se posent, au niveau national comme au niveau local. On le voit bien à l’occasion du grand débat national, où de

nombreuses questions portant sur le financement de la transition énergétique, mais aussi au niveau local, notamment à l’occasion de projets de construction dans le domaine de l’éolien. Je pense que les trois axes choisis pour cette commission d’enquête sur la transparence des financements, sur leur efficacité, mais également sur l’adhésion de nos concitoyens sont vraiment très intéressants.

Ce sera donc avec beaucoup d’intérêt que nous suivrons les travaux de cette commission d’enquête.

Mme Sophie Beaudouin-Hubiere, vice-présidente. Nous allons procéder au vote.

La commission se prononce favorablement pour la constitution de la commission d’enquête.

Mme Sophie Beaudouin-Hubiere, vice-présidente. Se prononçant en application de l’article 140, alinéa 2, du règlement, **la commission constate que les conditions requises pour la création de la commission d’enquête demandée par M. Aubert et plusieurs de ses collègues sont réunies** ; il appartiendra donc à la prochaine Conférence des présidents de prendre acte de la création de cette commission d’enquête.

TEXTE DE LA PROPOSITION DE RÉOLUTION

Article unique

En application des articles 137 et suivants du Règlement, il est créé une commission d'enquête de trente membres, sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique.

N° 445

SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 2017-2018

Enregistré à la Présidence du Sénat le 18 avril 2018

RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

au nom de la commission des finances (1) sur l'enquête de la Cour des comptes sur le soutien aux énergies renouvelables,

Par M. Jean-François HUSSON,

Sénateur

(1) Cette commission est composée de : M. Vincent Éblé, *président* ; M. Albéric de Montgolfier, *rapporteur général* ; MM. Éric Bocquet, Emmanuel Capus, Yvon Collin, Bernard Delcros, Mme Fabienne Keller, MM. Philippe Dominati, Charles Guené, Jean-François Husson, Georges Patient, Claude Raynal, *vice-présidents* ; M. Thierry Carcenac, Mme Nathalie Goulet, MM. Alain Joyandet, Marc Laménie, *secrétaires* ; MM. Philippe Adnot, Julien Bargeton, Jérôme Bascher, Arnaud Bazin, Yannick Botrel, Michel Canevet, Vincent Capo-Canellas, Philippe Dallier, Vincent Delahaye, Mme Frédérique Espagnac, MM. Rémi Féraud, Jean-Marc Gabouty, Jacques Genest, Alain Houpert, Éric Jeansannetas, Patrice Joly, Roger Karoutchi, Bernard Lalande, Nuihau Laurey, Mme Christine Lavarde, MM. Antoine Lefèvre, Dominique de Legge, Gérard Longuet, Victorin Lurel, Sébastien Meurant, Claude Nougéin, Didier Rambaud, Jean-François Rapin, Jean-Claude Requier, Pascal Savoldelli, Mmes Sophie Taillé-Polian, Sylvie Vermeillet, M. Jean Pierre Vogel.

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
AVANT-PROPOS	5
LES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DU RAPPORTEUR SPÉCIAL	7
1. <i>En dépit d'indéniables progrès, la France a pris du retard par rapport à ses objectifs de développement des énergies renouvelables</i>	8
2. <i>Les freins au développement des énergies renouvelables électriques doivent être levés</i>	9
3. <i>Un bilan industriel décevant, des opportunités à saisir</i>	10
4. <i>Le soutien financier aux énergies renouvelables : un coût appelé à augmenter, une participation insuffisante du Parlement</i>	11
5. <i>Au regard du poids budgétaire des engagements passés, une meilleure anticipation des volumes de charges futurs apparaît indispensable</i>	15
6. <i>Renforcer le soutien aux énergies renouvelables thermiques</i>	16
7. <i>Un financement de la transition énergétique qui repose sur une fiscalité punitive</i>	19
8. <i>Une gouvernance de la politique énergétique à améliorer</i>	21
TRAVAUX DE LA COMMISSION : AUDITION POUR SUITE À DONNER	23
ANNEXE : COMMUNICATION DE LA COUR DES COMPTES À LA COMMISSION DES FINANCES	53

Mesdames, Messieurs,

Le 19 décembre 2016, la commission des finances a demandé à la Cour des comptes de réaliser une **enquête portant sur les politiques publiques de soutien aux énergies renouvelables**.

Le **développement des énergies renouvelables** constitue en effet un **enjeu environnemental et industriel** de premier plan, car il permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre provoquées par les énergies fossiles et de remplacer une partie de l'énergie électrique d'origine nucléaire. À ce titre, notre pays s'est d'ailleurs fixé des objectifs ambitieux dans ce domaine dans le cadre de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte adoptée en 2015 : atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie en 2020 et 32 % en 2030.

Or, la plupart des sources d'énergies renouvelables bénéficient de soutien public, dont le montant, voté chaque année en loi de finances, va croissant. L'enquête confiée à la Cour des comptes permet de faire le **bilan des politiques de soutien au développement des énergies renouvelables**.

Pour donner suite à la remise de l'enquête par la Cour des comptes, la commission des finances du Sénat a organisé, le **18 avril 2018**, une audition **réunissant des représentants de la Cour des comptes et des principales parties prenantes** : la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), la Commission de régulation de l'énergie (CRE), l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et le Syndicat des énergies renouvelables (SER).

Ont ainsi été entendus Catherine de Kersauson, présidente de la deuxième chambre de la Cour des comptes, Laurent Michel, directeur général de l'énergie et du climat, Jean-François Carenco, Président de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), Laurent Boissier, Directeur général délégué de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et Jean-Louis Bal, Président du Syndicat des énergies renouvelables (SER).

LES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DU RAPPORTEUR SPÉCIAL

1. Clarifier la stratégie énergétique de la France en matière de développement des énergies renouvelables en précisant rapidement de quelle façon et à quelle échéance le Gouvernement entend réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % ;

2. Simplifier les procédures d'autorisation des projets de production d'énergies renouvelables électriques et encadrer les recours dont ils peuvent faire l'objet, afin de réduire leurs délais de mise en service ;

3. Soutenir davantage les acteurs industriels spécialisés dans les énergies renouvelables en les aidant à se positionner sur des secteurs innovants (batteries, réseaux intelligents, infrastructures de stockage, etc.) ;

4. Pour assurer une validation démocratique de la stratégie énergétique et associer le Parlement à la définition des objectifs de développement des énergies renouvelables et des volumes financiers de soutien aux énergies renouvelables, remplacer la programmation pluriannuelle de l'énergie, publiée par voie réglementaire, par une loi de programmation pluriannuelle de l'énergie ;

5. Pour garantir des soutiens pérennes tout en évitant d'octroyer des rémunérations excessives aux producteurs, améliorer les mesures de l'impact financier de long terme des mécanismes de soutien, grâce à une meilleure connaissance des coûts de production et des prix des différentes filières ;

6. Pour atteindre les objectifs fixés en matière de développement de la chaleur renouvelable, augmenter les moyens alloués au fonds chaleur, géré par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;

7. Pour atténuer les effets sur le pouvoir d'achat des ménages de la montée en charge de la « taxe carbone », qui se feront sentir sur toute la durée du quinquennat, proposer de véritables contreparties financières dès le prochain projet de loi de finances.

1. En dépit d'indéniables progrès, la France a pris du retard par rapport à ses objectifs de développement des énergies renouvelables

La France s'est fixée ces dernières années **d'ambitieux objectifs** en matière de développement des énergies renouvelables (ENR) : elle souhaite porter leur part dans la consommation finale brute d'énergie à **23 % en 2020** et **32 % en 2030**, conformément au cap fixé par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Le chemin parcouru ces dernières années par notre pays **ne doit pas être minimisé**, ainsi que l'a rappelé lors de son audition le directeur général de l'énergie et du climat (DGEC). La forte mobilisation française en faveur des énergies renouvelables a permis **de modifier significativement notre mix énergétique**, puisque la part des ENR dans la consommation finale brute d'énergie est passée de **9,2 % en 2005** à **15,7 % en 2016**, dont **20,7 %** de la consommation finale **de chaleur** et **19,1 %** de la consommation finale **d'électricité**.

Pour autant, comme le souligne la Cour des comptes dans son rapport, la France a d'ores-et-déjà **accumulé trop de retard** pour que **la cible de 23 % d'ENR** dans la consommation finale brute d'énergie en 2020 puisse rester crédible, le chiffre de 32 % en 2030 étant lui aussi **fortement compromis**.

Si la production d'électricité renouvelable représentait, en 2016, **92 % du niveau prévu** à cette date, ce chiffre n'était en effet que de **78 %** pour la chaleur renouvelable. Il sera donc nécessaire d'accélérer fortement le développement de cette catégorie d'énergies (cf. *infra*).

Votre rapporteur spécial note que la Cour des comptes partage ses inquiétudes sur le point le plus sensible de la stratégie énergétique française : **la place de l'énergie nucléaire dans notre mix énergétique**. Il n'est plus possible de gérer les énergies renouvelables et l'énergie nucléaire en silo : elles doivent toutes deux s'articuler d'une manière beaucoup plus cohérente, car leurs avenir respectifs sont étroitement liés.

De fait, si la France souhaite développer les ENR pour réduire ses émissions de dioxyde de carbone, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte précitée a également prévu que les énergies vertes devraient permettre de **baissier la part de l'énergie nucléaire à 50 % du mix électrique en 2025**.

Or, si le ministre de la transition écologique et solidaire a officiellement renoncé en novembre 2017 à atteindre cet objectif à la date prévue, **sa stratégie** en la matière reste pour l'heure **beaucoup trop floue** et devra très rapidement faire l'objet **d'une clarification dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)** actuellement en cours de discussion.

2. Les freins au développement des énergies renouvelables électriques doivent être levés

Les procédures d'obtention des autorisations nécessaires à la mise en œuvre des projets d'énergies renouvelables électriques paraissent aujourd'hui **beaucoup trop complexes** et doivent impérativement **être simplifiées**.

De fait, les contraintes en matière **de patrimoine**, celles qui sont liées à **la présence de radars militaires** sur le territoire sont nettement **plus fortes en France que chez nos partenaires européens** : les critères utilisés dans ces différents domaines devraient donc être **significativement assouplis**, en concertation avec les administrations concernées.

Surtout, **les risques de contentieux** liés à ces autorisations sont aujourd'hui **beaucoup trop importants** et viennent **pénaliser la majorité des projets** en cours de développement. **Plus de sept ans s'écoulent ainsi entre la conception d'un projet d'éoliennes et sa mise en service en France**, là où il en faut à peine **trois** en Allemagne et aux Pays-Bas, ce qui n'est **pas acceptable**.

Lors de son audition, le président de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) a avancé plusieurs solutions de bon sens que votre rapporteur spécial souhaiterait voir rapidement mises en place par le Gouvernement ou adoptées par le Parlement, lorsque des modifications législatives sont nécessaires.

Il paraît tout d'abord indispensable de **mieux encadrer le droit au recours** aujourd'hui utilisé de façon systématique par les opposants des projets d'ENR pour les retarder, par exemple en **limitant les délais de saisine** ou en **interdisant l'introduction d'un moyen nouveau au-delà de trois mois après l'introduction du recours initial**.

Pour certains types de projets, tels que l'éolien *offshore*, il serait souhaitable que les autorisations obtenues par les industriels soient dès le départ **purgées de tout recours pour le lauréat**, afin que les difficultés juridiques considérables auxquelles ont été exposés les lauréats des premiers appels d'offre ne se reproduisent plus à l'avenir.

Enfin, il faudra veiller à ce que les nombreux sites qui vont faire prochainement l'objet d'un *repowering*, c'est-à-dire la construction d'une nouvelle installation en lieu et place d'une installation existante, **bénéficient de procédures d'autorisations réduites au strict nécessaire**.

3. Un bilan industriel décevant, des opportunités à saisir

La France avait formalisé une forte ambition dans le cadre du Grenelle de l'environnement de 2008 pour que la transition énergétique contribue à développer **de nouvelles filières industrielles créatrices d'emplois**, en particulier dans le secteur des énergies renouvelables.

Malheureusement, cet objectif **est progressivement passé au second plan**, si bien que, selon la Cour des comptes, la France présente aujourd'hui **un bilan industriel décevant dans ce domaine**.

Selon les chiffres de l'ADEME, les industries françaises couvrent ainsi actuellement **moins de la moitié de la valeur ajoutée des investissements** et **moins de 25 % de la fabrication** dans les ENR électriques.

Dans l'éolien, **les turbines installées sont fabriquées par des industriels étrangers**, quatre grands groupes européens se partageant 80 % du marché. Selon l'ADEME et la direction générale des entreprises (DGE), seulement **40 % environ de la part de la valeur ajoutée dans les nouveaux parcs éoliens terrestres serait d'origine française**.

Dans le domaine de **l'énergie solaire**, la part française de la valeur ajoutée **des installations photovoltaïques représente 44 % environ**. Si le marché des modules est dominé à 90 % par les industriels asiatiques, des entreprises françaises sont relativement bien positionnées sur l'intégration et la gestion des systèmes.

Parmi les industriels qui parviennent à tirer leur épingle du jeu dans le domaine des énergies renouvelables, la Cour des comptes cite **Compte-R** (chaudière biomasse de grande puissance), **Poma** (éoliennes terrestres renforcées ou adaptées aux plafonds aéronautiques bas), **DualSun** (panneaux solaires hybrides), **Photowatt** (fabrication intégrée de modules photovoltaïques) ou **Vergnet** (éoliennes à résistance cyclonique). Il convient toutefois de noter que **plusieurs de ces entreprises rencontrent actuellement de fortes difficultés**.

Si l'industrie française n'a pas à ce stade autant bénéficié de la transition énergétique qu'espéré, plusieurs pistes devront être explorées pour **accroître le développement des filières existantes** et permettre **l'émergence de nouvelles filières**.

Un enjeu important sera tout d'abord de parvenir à **gérer l'intermittence et la variabilité des énergies renouvelables** grâce à **une gestion « intelligente »** de l'énergie et au développement de technologies **de stockage**, avec notamment des innovations de rupture possibles en matière **de batteries** ou **de réseaux intelligents** (« smart grids »), un domaine dans lequel l'entreprise française Schneider Electric est très présente. Les grands énergéticiens français s'intéressent également à cette problématique, en

particulier EDF ou bien encore Total avec le rachat du spécialiste de batteries Saft.

L'ADEME considère en outre que de nombreuses opportunités s'offriront aux industriels français **dans le secteur de l'éolien**, avec la **rénovation des premiers parcs** (enjeu du « *repowering* », mentionné *supra*, qui consiste à démanteler et remplacer une éolienne ancienne par une éolienne plus puissante) ou le **développement de l'éolien flottant**.

Elle estime également que la filière gagnerait à se positionner sur **des marchés spécifiques**, à attirer sur le sol français l'usine d'un turbinier étranger ou à accompagner les PME/ETI pour investir dans le secteur de la sous-traitance de composants.

Mais pour que l'industrie française puisse véritablement saisir ces différentes opportunités, il faudra que **l'État mette enfin en place une véritable stratégie industrielle identifiant les filières et les maillons de la chaîne de valeur les plus porteurs**. La révision de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) doit être l'occasion de mener cette réflexion.

4. Le soutien financier aux énergies renouvelables : un coût appelé à augmenter, une participation insuffisante du Parlement

a) Le soutien au développement des énergies renouvelables, un enjeu budgétaire majeur et au poids croissant

Les charges de service public de l'énergie, dont le montant est arrêté tous les ans par une délibération de la commission de régulation de l'énergie (CRE)¹, représenteront **7,9 milliards d'euros en 2018**, soit **une hausse de 10 %** par rapport à 2017.

Cette augmentation s'explique avant tout par la hausse de 13 % des charges liée à la production de l'électricité par des énergies renouvelables, qui atteignent **5,4 milliards d'euros** et représentent à elles-seules près de **70 % des charges du service public de l'énergie** (cf. graphique ci-dessous).

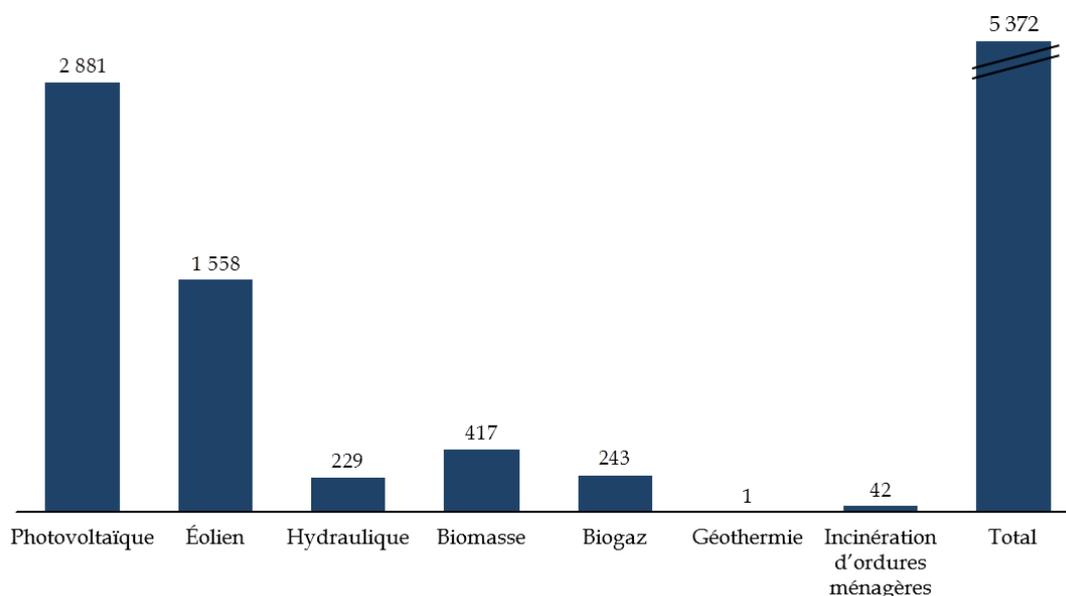
Cette nouvelle hausse considérable des coûts du soutien aux énergies renouvelables s'explique essentiellement par l'accroissement des capacités installées, en particulier pour **la filière photovoltaïque et la filière éolienne**, qui représenteront respectivement **54 % et 29 % des charges en 2018**.

Cette tendance engendre une hausse des montants dus par l'État au titre de l'obligation d'achat et du complément de rémunération.

¹ Délibération n° 2017-169 du 13 juillet 2017.

Surcoût du soutien à la production d'électricité renouvelable en 2018

(en millions d'euros)



Source : commission de régulation de l'énergie (CRE)

Le soutien aux énergies renouvelables électriques

Il existe deux modalités d'attribution du soutien au développement des énergies renouvelables électriques :

- le guichet ouvert, qui ouvre un droit à bénéficier d'un soutien pour toute installation éligible ;
- les procédures de mise en concurrence, qui peuvent prendre la forme d'appels d'offres ou de dialogues concurrentiels, et où le soutien est attribué aux seuls lauréats.

Au sein de ces dispositifs, les modalités de rémunération se présentent sous deux formes : l'obligation d'achat ou le complément de rémunération, leur niveau visant à permettre au producteur de couvrir les coûts de son installation tout en lui assurant une rentabilité normale.

Dans le cadre de l'obligation d'achat, tout kilowattheure injecté sur le réseau public est acheté par un acheteur obligé à un tarif d'achat fixé à l'avance. Du fait de sa simplicité, ce dispositif vise les installations de petites tailles.

Dans le cadre du complément de rémunération, les producteurs commercialisent leur électricité sur les marchés et bénéficient d'une prime visant à compenser l'écart entre les revenus tirés de cette vente et un niveau de rémunération de référence. Ce dispositif renforce l'exposition des producteurs aux signaux des prix de marché de court terme, tout en garantissant une rémunération raisonnable.

Source : commission des finances du Sénat, d'après les réponses transmises par la Commission de régulation de l'énergie (CRE)

Les projections réalisées par la Commission de régulation de l'énergie (CRE) montrent que **ce mouvement de hausse n'en est qu'à ses débuts : les charges de service public de l'énergie s'élèveront à 10,1 milliards d'euros en 2022 - soit 2,2 milliards d'euros de plus qu'en 2018 -, dont 7,5 milliards d'euros de soutien aux énergies renouvelables électriques.**

Au total, les charges de service public de l'énergie représenteront un effort budgétaire de 45 milliards d'euros sur la période 2018-2022, dont **30 milliards d'euros pour les énergies renouvelables électriques** (67 % du total).

b) Le Parlement demeure exclu des décisions budgétaires s'agissant du soutien public aux énergies renouvelables

Depuis 2016, le Parlement est en mesure de **contrôler un peu mieux** les sommes allouées au soutien aux énergies renouvelables, dont **les montants deviennent chaque année plus importants.**

En effet, jusqu'en 2015, c'est **la contribution au service public de l'électricité (CSPE)**, imposition de toutes natures, qui finançait, *via un circuit « extrabudgétaire »*, **les dépenses destinées à compenser les obligations de service public** assignées aux entreprises du secteur de l'électricité et du gaz : obligation d'achat à un prix garanti de l'électricité produite par des sources d'énergie renouvelable, injection de bio-méthane dans les réseaux de transport et de distribution de gaz naturel, etc.

Le taux de cette contribution était arrêté chaque année par le ministre chargé de l'énergie, sur proposition de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), afin que ces contributions **couvrent l'ensemble de ces charges de service public de l'énergie.**

Cette situation était profondément insatisfaisante car elle revenait à **soustraire du vote et du contrôle du Parlement de nombreuses dépenses de nature budgétaire** et à **l'exclure totalement de la détermination du taux d'un impôt** représentant **plus de 5 milliards d'euros de recettes**, alors même qu'il est supposé, aux termes de l'article 34 de la Constitution, « *déterminer l'assiette, le taux et le recouvrement des impositions de toutes natures* ».

La loi de finances rectificative pour 2015¹ a procédé à une **refonte de ce dispositif** fort peu démocratique en intégrant **dans le budget de l'État l'ensemble des charges de service public de l'énergie** jusque-là financées de façon « extrabudgétaire » par l'ancienne CSPE². Le compte d'affectation spéciale « Transition énergétique » retrace dorénavant, dans un programme

¹ Loi n° 2015-1786 du 29 décembre 2015 de finances rectificative pour 2015.

² La même loi a également intégré la CSPE dans le régime de la taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité (TICFE), ce qui a conduit à élargir l'assiette de cette taxe à l'ensemble des consommations d'électricité et à en augmenter le taux.

dédié au « Soutien à la transition énergétique », le soutien aux énergies renouvelables électriques ainsi que le soutien à l'injection de bio-méthane.

En dépit de cette réforme, qui lui permet désormais de se prononcer sur ces charges et de suivre les dépenses liées à la politique de l'énergie, **le Parlement demeure exclu des grands choix qui engagent en matière de soutien aux énergies renouvelables, tant en termes d'objectifs fixés que de soutien public qui y sont associés.**

En effet, les tarifs d'achat garantis et les compléments de rémunération, qui expliquent principalement le dynamisme des charges, sont fixés par **voie réglementaire**, et les appels d'offre lancés par l'État permettant de fixer la quantité d'énergie bénéficiant du soutien public et le prix d'achat échappent au contrôle du Parlement. Le Parlement n'est pas non plus associé à la définition des objectifs de développement des énergies renouvelables, décidés dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie.

Cette situation, qui **condamne le Parlement à une totale impuissance** face à la hausse exponentielle de ces dépenses, est **profondément insatisfaisante**. Tant que le Parlement ne sera pas davantage associé à la définition du rythme de développement des énergies renouvelables, il n'aura aucun contrôle sur le montant des charges à compenser et ne sera donc pas en mesure de contenir l'évolution des coûts.

Votre rapporteur souscrit ainsi totalement à la proposition de la Cour des comptes de **mieux associer le Parlement à la définition des objectifs de développement des énergies renouvelables et des volumes financiers qui y sont dédiés.**

Votre rapporteur appelle de ses vœux le vote d'une **loi de programmation pluriannuelle de l'énergie**, qui remplacerait la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), et conférerait à cette programmation une autorité bien plus grande que celle d'un simple décret, en permettant une validation démocratique de la stratégie énergétique. Cette loi fixerait notamment **le plafond par filière des nouvelles capacités de production d'électricité issues de sources d'énergie renouvelable**, ainsi que **le plafond des surcoûts compensés aux opérateurs au titre de l'achat d'électricité issue de sources d'énergies renouvelables.**

Dès lors que les dispositifs de soutien aux énergies renouvelables engagent l'État sur de longues durées (cf. *infra*) et représentent des montants de plus en plus considérables, un renforcement du pilotage budgétaire des charges apparaît indispensable, afin que les conséquences des engagements soient mieux anticipées.

5. Au regard du poids budgétaire des engagements passés, une meilleure anticipation des volumes de charges futurs apparaît indispensable

Les mécanismes de soutien aux énergies renouvelables tels que les obligations d'achat ou les compléments de rémunération (cf. encadré *supra*) **contraignent les finances publiques** pour de longues périodes, pouvant aller **jusqu'à vingt ans**.

D'après les estimations faites par la Commission de régulation de l'énergie (CRE)¹ :

- pour les **cinq prochaines années, 94 %** des charges prévisionnelles en matière d'énergie renouvelables et de cogénération **sont d'ores et déjà engagées** ;

- **près de la moitié des charges qui seront financées** par le budget de l'État en 2022 ont été engagées **avant 2011** ;

- **84 %** du montant des charges qui seront financées par le budget de l'État **en 2023** correspondront à des dépenses engagées **avant 2017** ;

- en outre, l'ensemble des charges engagées ou en cours d'engagement sur la période 2018-2022 devraient représenter **168 milliards d'euros** sur la durée de vie des contrats.

Ces soutiens financiers ont contribué à la baisse des coûts de production des énergies renouvelables, comme en témoignent les résultats des derniers appels d'offres pour les installations solaires photovoltaïques au sol (55 euros par mégawattheure) ou éoliennes terrestres (65 euros par mégawattheure). Néanmoins, comme le rappelle la Cour des comptes, **les conséquences financières des mécanismes de soutien ont pu, dans certains cas, être mal appréciées**, les montants de soutien alloués ne reflétant alors plus les coûts réels des technologies subventionnées.

C'est par exemple le cas dans la filière de l'éolien *offshore* posé en mer : les tarifs d'achat octroyés par les deux appels d'offres conclus en 2011 et 2013 représenteraient, d'après la CRE, près de 2 milliards d'euros de soutien public par an, soit environ 40 milliards d'euros sur vingt ans, pour une production équivalent à 2 % de la production française d'électricité.

Ainsi, compte tenu de la diminution des coûts observés pour cette filière ces dernières années, le Gouvernement a souhaité négocier les montants de soutiens publics prévus. Le Président de la République a annoncé, en juin dernier, un ajustement à la baisse de 30 % des tarifs de rachat par EDF, ce qui permettrait de diminuer de 40 % le soutien public, dont découlerait une **économie de 15 milliards d'euros sur vingt ans**.

¹ Délibération n° 2017-169 du 13 juillet 2017 de la Commission de régulation de l'énergie (CRE).

Or, l'efficacité d'un soutien public s'apprécie par la capacité à offrir une visibilité aux producteurs sur les volumes à moyen et à long termes, afin de diminuer les coûts du capital, mais aussi par la **stabilité des dispositifs déployés**.

Pour éviter que de telles situations se reproduisent, il apparaît capital, comme le recommande la Cour des comptes, de **mieux mesurer l'impact financier de long terme des mécanismes de soutien**, grâce à une **meilleure connaissance des coûts de production et des prix des différentes filières**, dans une démarche prospective.

6. Renforcer le soutien aux énergies renouvelables thermiques

Dès lors qu'elle représente plus de la moitié de la consommation énergétique nationale, la chaleur représente un enjeu essentiel du développement des énergies renouvelables. La loi de transition énergétique pour la croissance verte fixe ainsi des objectifs ambitieux s'agissant du développement de la chaleur renouvelable, en prévoyant de :

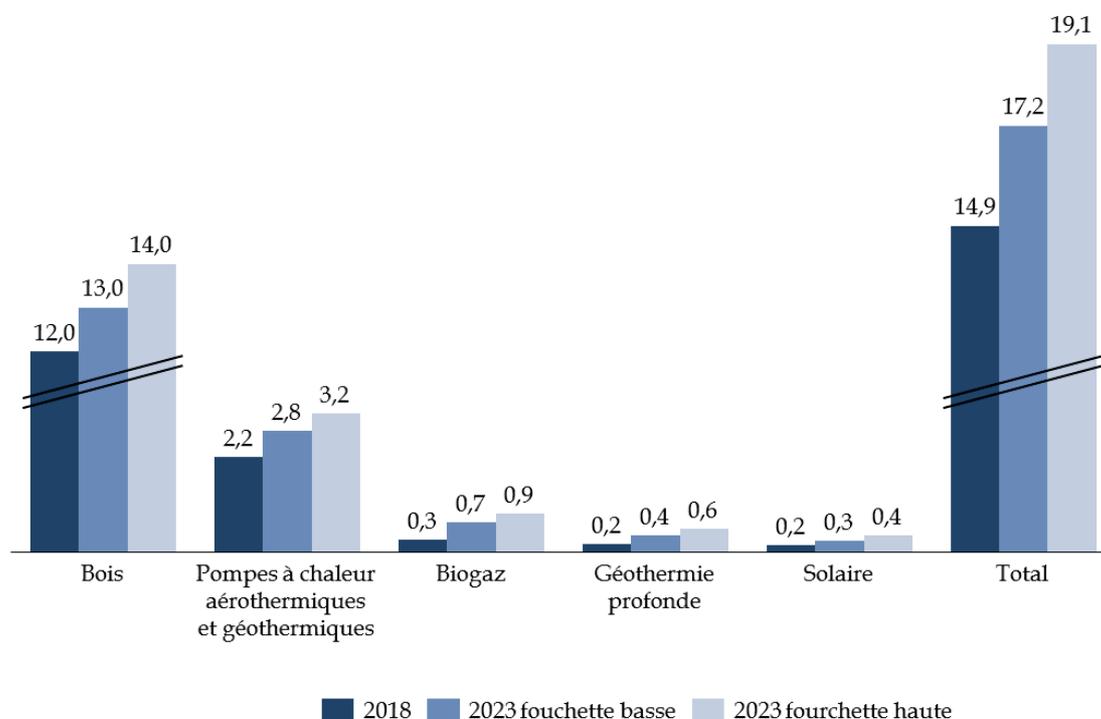
- **porter la part des énergies renouvelables à 38 % de la consommation finale de chaleur d'ici 2030 ;**
- **multiplier par cinq la quantité de chaleur renouvelable et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid.**

Le décret relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) détermine par ailleurs des objectifs intermédiaires en 2018 et 2023¹.

¹ Voir le décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie.

Objectifs de développement des filières chaleur renouvelable et de récupération de la programmation pluriannuelle de l'énergie¹

(en million tonne équivalent pétrole- Mtep)



Source : commission des finances du Sénat

En 2016, les énergies renouvelables couvrent **20,7 % de la consommation finale de chaleur**. Cependant, le **rythme de croissance annuelle de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur paraît aujourd'hui insuffisant pour atteindre ces objectifs**.

Or, alors qu'elles représentent 60 % de la production d'énergies renouvelables, les énergies renouvelables thermiques ne bénéficient que de **10 % des soutiens publics**.

Le soutien à la chaleur renouvelable passe principalement par le fonds « chaleur », dont la gestion est déléguée à l'ADEME, et qui **visé le développement des investissements de production et des réseaux de distribution de chaleur renouvelable** pour les besoins de l'habitat collectif, du tertiaire, de l'industrie et de l'agriculture.

Ce fonds finance **deux types de projets** : les installations de petite et moyenne taille, en complément d'autres aides pouvant être versées (par exemple via l'éco-prêt à taux zéro) ; les installations biomasses de grande taille dans les secteurs agricole et tertiaire, mises en place dans le cadre des

¹ Décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie.

appels à projets nationaux annuels « Biomasse Chaleur Industrie Agriculture Tertiaire » (BIACT).

Bilan des principales filières aidées par le Fonds chaleur entre 2009 et 2015

(en nombre et en millions d'euros)

	Bois	Géo-thermie	Biogaz	Solaire	Réseaux de chaleur	Installation de récupération de chaleur fatale	Total des aides du fonds chaleur
Nombre de projets	909	394	51	1 590	668	32	3 644
Montant des investissements réalisés	2 162	499	200	154	1 565	46	4 626
Aide de l'ADEME	661	106	31	73	506	14	1 501

Source : commission des finances, d'après les réponses communiquées au rapporteur

Environ 215 millions d'euros ont été octroyés au fonds chaque année par l'ADEME sur la période 2009-2016.

En premier lieu, si le soutien à la chaleur renouvelable constitue cette année encore le principal poste de dépense de l'ADEME, **le budget qui y est alloué apparaît en diminution de 10 % par rapport à 2017**, et devrait s'élever à **200 millions d'euros en 2018**. Ce montant n'apparaît pas suffisant pour satisfaire les besoins évalués par l'ADEME pour atteindre les objectifs inscrits dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), et a conduit l'ADEME à réguler les engagements de 2017, reportant à 2018 des projets pourtant prêts à être financés¹.

En outre, **le volume de soutien nécessaire dépend des évolutions des prix des combustibles fossiles**. Compte tenu d'un **contexte de prix des énergies fossiles très bas**, un niveau d'aides plus élevé s'avère nécessaire pour rétablir la **compétitivité des projets de chaleur renouvelable**. Si la révision à la hausse de la trajectoire de la composante carbone, actée en loi de finances pour 2018 (cf. *infra*), devrait conduire à une augmentation significative du prix des combustibles fossiles, améliorant la compétitivité des projets de chaleur renouvelable², ce **rééquilibrage serait progressif** – malgré la révision à la hausse de la trajectoire de la composante carbone, le prix du gaz pourrait rester, ces prochaines années, inférieur à ce qu'il était à la fin de l'année 2012.

¹ En outre, le portefeuille de projets identifiés par l'ADEME pour 2018 dépasse les 300 millions d'euros d'aide, pour une capacité d'engagement attribuée à ce stade de 215 millions d'euros.

² L'aide du fonds chaleur est calculée en fonction du différentiel de compétitivité entre la production de chaleur renouvelable et une solution gaz de référence.

Alors que l'augmentation progressive de la composante carbone ne permet pas encore de couvrir le différentiel de compétitivité avec les énergies fossiles, l'émergence des projets doit donc s'accompagner d'un **renforcement des moyens du fonds chaleur, qui reste aujourd'hui sous-dimensionné par rapport aux objectifs fixés.**

Enfin, le **crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)** constitue le principal instrument de soutien public au développement de la chaleur renouvelable à destination des particuliers. Or, comme pour les projets collectifs, la rentabilité relative de la chaleur renouvelable évolue en fonction de l'évolution des prix des combustibles fossiles.

À ce titre, votre rapporteur veillera à ce que les équipements de production de chaleur renouvelable¹ gardent toute leur place dans le cadre de la **transformation du CITE en prime à l'investissement**, qui devrait figurer au projet de loi de finances pour 2019.

En tout état de cause, il apparaît indispensable que la **prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) vise l'atteinte des objectifs de la loi de transition énergétique et acte l'accélération du rythme de production de chaleur renouvelable.**

7. Un financement de la transition énergétique qui repose sur une fiscalité punitive

L'article 32 de la loi de finances pour 2014² a introduit une « composante carbone » dans le calcul des taxes intérieures de consommation sur les produits énergétiques, dite contribution climat-énergie (CCE), ou « taxe carbone ». **Cette composante est proportionnelle au contenu en dioxyde de carbone (CO₂) des produits taxés.**

Plus précisément, le tarif de la « composante carbone » dépend, pour chaque produit énergétique, **du prix de la tonne de carbone**, déterminé par la loi, et **du contenu carbone standardisé de ce produit.**

Depuis 2017, la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) constitue la recette principale du compte d'affectation spéciale « Transition énergétique » : ainsi, **le financement du soutien aux énergies renouvelables repose exclusivement sur les énergies les plus carbonées.**

Par ailleurs, l'article 1^{er} de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte³ a prévu un objectif de prix de la tonne de carbone de **56 euros** en 2020 et de **100 euros** en 2030.

¹ Pour rappel, les dépenses en faveur des équipements de chaleur renouvelable éligibles au CITE représentent environ 280 millions d'euros par an.

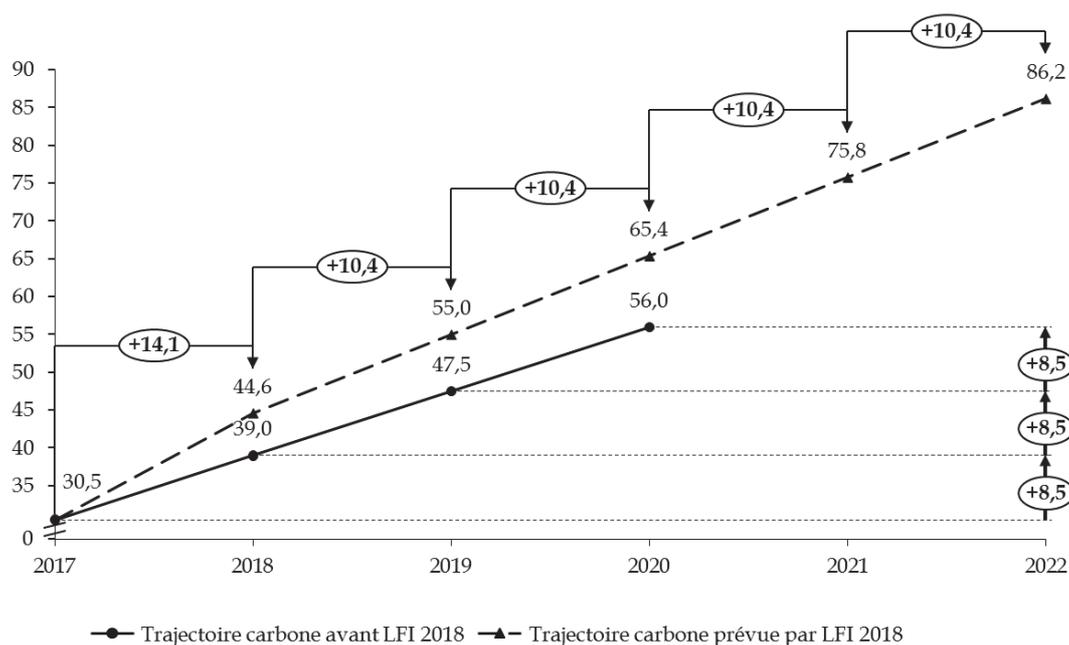
² Loi n° 2013-1278 du 29 décembre 2013 de finances pour 2014

³ Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Or, la loi de finances pour 2018¹ a acté une accélération considérable de la trajectoire de la composante carbone pour la période de 2018 à 2022. Aussi le prix de la tonne de carbone est-il fixé pour 2018 à **44,60 euros**, puis **augmenterait-il chaque année de 10,40 euros**, pour atteindre **86,20 euros en 2022**.

Les tarifs de la composante carbone actuellement prévus et ceux proposés par le Gouvernement pour la période 2018-2022 dans la LFI 2018

(en euros par tonne de carbone)



Source : commission des finances du Sénat

Contrairement à la Cour des comptes, votre rapporteur est plus que réservé sur cette nouvelle trajectoire autant que sur la **méthode employée par le Gouvernement pour l'entériner**. En effet, cette accélération pour une durée de cinq ans n'a fait l'objet d'aucune concertation préalable.

En réalité, la détermination **pour toute la durée du quinquennat, de la trajectoire de la composante carbone** traduit l'objectif de rendement que poursuit le Gouvernement :

- en 2018, la hausse de la composante carbone de 30,5 euros à 44,6 euros par tonne de CO₂ cumulée à la hausse de 2,6 centimes d'euro du tarif de la TICPE applicable au gazole devrait dégager un rendement de **3,7 milliards d'euros** ;

¹ Loi n° 2017-1837 du 30 décembre 2017 de finances pour 2018.

- sur la totalité de la période 2018-2022, **ces deux mesures provoqueront une hausse massive de 46 milliards d'euros des prélèvements obligatoires pesant sur les contribuables**, ménages comme entreprises.

Les contreparties avancées par le Gouvernement pour atténuer les effets de cette hausse brutale de fiscalité énergétique apparaissent bien faibles et très largement insuffisantes.

En effet, ni le renforcement de la prime à la conversion automobile ni la généralisation du chèque énergie n'atténueront suffisamment les effets du « coup de massue fiscal » asséné par le Gouvernement.

En 2018, le Gouvernement a prévu 127 millions d'euros pour financer les primes à la conversion, soit **100 millions d'euros** de plus qu'en 2017 et **80 millions d'euros supplémentaires** pour le chèque énergie (581 millions d'euros en 2018 contre 500 millions d'euros en 2017). Votre rapporteur a déjà eu l'occasion de relever, dans le cadre de l'examen du projet de loi de finances pour 2018, que ces 180 millions d'euros de dépenses supplémentaires apparaissaient peu crédibles pour compenser l'alourdissement de 3,7 milliards d'euros de fiscalité énergétique pesant sur les ménages en 2018.

Le Gouvernement se doit de proposer des compensations concrètes, crédibles et suffisantes dès le prochain projet de loi de finances.

8. Une gouvernance de la politique énergétique à améliorer

Au-delà de la place insuffisante qui a jusqu'ici été réservée au Parlement, la Cour des comptes relève **plusieurs carences de la gouvernance actuelle de la politique de soutien aux énergies renouvelables.**

Sont notamment mis en lumière l'existence de trop nombreuses instances de consultation dépourvues de pouvoirs réels, le manque de représentation de certaines parties prenantes ou bien encore une coordination entre directions ministérielles nettement perfectible.

Pour remédier à ces dysfonctionnements, la Cour des comptes préconise la mise en place d'un comité chargé d'éclairer les choix gouvernementaux relatifs à l'avenir de la politique de l'énergie ainsi que la création d'une instance de pilotage interministériel de la politique énergétique placée auprès du Premier ministre.

Sur la création d'un comité, votre rapporteur spécial tend à penser qu'il serait **plus pertinent de renforcer les instances qui existent déjà, à commencer par la Commission de régulation de l'énergie (CRE) et l'ADEME**, et d'élargir leur mission, plutôt que d'en créer de nouvelles.

Si la dimension interministérielle de la politique de soutien au développement des énergies renouvelables doit indéniablement être

renforcée, il convient toutefois de réaffirmer le **rôle de chef de file joué par la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)**.

Il serait du reste sans doute judicieux de renforcer les effectifs de cette direction qui travaillent sur les énergies renouvelables, eu égard à l'importance des sommes en jeu, ceux de nos partenaires européens étant nettement plus importants (une quarantaine d'experts en charge des projets d'ENR au Danemark, aux Pays-Bas ou en Allemagne contre une douzaine seulement en France).