

A S S E M B L É E N A T I O N A L E

X I V ^e L É G I S L A T U R E

Compte rendu

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Examen du rapport sur « *L'hydrogène : vecteur de la transition énergétique ?* » présenté par MM. Laurent Kalinowski et Jean-Marc Pastor

Mercredi 18 décembre
2013

Séance de 16 h 30

Compte rendu n° 45

SESSION ORDINAIRE DE 2013-2014

**Présidence
de M. Bruno Sido,
sénateur,
*Président***



Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Mercredi 18 décembre 2013

Présidence de M. Bruno Sido, Sénateur, Président

La séance est ouverte à 17 heures

Examen du rapport sur « *L'hydrogène : vecteur de la transition énergétique ?* » présenté par MM. Laurent Kalinowski et Jean-Marc Pastor

M. Bruno Sido, sénateur, président. – J'ai le plaisir de vous accueillir au Sénat pour la dernière fois de l'année 2013 pour examiner le rapport de nos collègues, M. Laurent Kalinowski et M. Jean-Marc Pastor, sur « *L'hydrogène : vecteur de la transition énergétique ?* ».

Je vous annonce d'ores et déjà que, dès les 8 et 15 janvier, nous procéderons à l'examen de trois autres rapports, à savoir, à l'Assemblée nationale, le rapport sur « *La diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle* » présenté par Mme Maud Olivier et M. Jean-Pierre Leleux et, le 15 janvier au Sénat, deux rapports au cours de la même réunion de l'Office, à savoir le rapport sur « *Les enjeux scientifiques, technologiques et éthiques de la médecine personnalisée* » présenté par M. Alain Claeys et M. Jean-Sébastien Vialatte et celui sur « *Les nouvelles mobilités sereines et durables : concevoir des véhicules écologiques* » présenté par Mme Fabienne Keller et M. Denis Baupin.

Pour ces trois rapports, nous procéderons, comme nous venons de le faire récemment pour le rapport sur les techniques alternatives à la fracturation hydraulique et, cette semaine, pour le rapport sur la filière hydrogène.

Comme nous en avons déjà débattu et ainsi que l'a retenu le Bureau au cours de sa réunion du 22 octobre 2013, les nouvelles modalités de consultation des rapports devraient être de nature à permettre durablement à chacun de prendre connaissance dans de bonnes conditions de travaux complexes afin de ne pas les découvrir seulement au début de notre réunion d'examen du rapport.

Par ailleurs, je vous signale que, pour le Conseil stratégique de la recherche, nous avons désigné comme membres titulaires M. Jean-Yves Le Déaut, Premier Vice-président de l'OPECST, député, et M. Michel Berson, sénateur, et, comme suppléants, et M. Patrick Hetzel, député, et moi-même.

Ce Conseil sera installé solennellement demain, à l'Hôtel de Matignon, au cours d'une réunion présidée par le Premier ministre.

Si personne ne demande la parole sur les points que je viens d'évoquer, j'ai le plaisir de la donner maintenant à nos rapporteurs pour nous présenter, probablement à deux voix, leurs travaux sur la filière hydrogène et les recommandations auxquelles ils ont abouti.

J'ai le plaisir de donner la parole maintenant à nos rapporteurs pour nous présenter – *a priori* à deux voix mais ils feront comme ils l'entendent – leurs travaux sur la filière hydrogène et les recommandations auxquelles ils ont abouti.

M. Laurent Kalinowski, député, rapporteur. – Merci Monsieur le Président. Mes chers collègues, avec Jean-Marc Pastor, nous allons aujourd'hui vous présenter le rapport final de notre étude sur les usages énergétiques de l'hydrogène.

Nous vous avons tenu informés de l'avancement de nos travaux au mois de juin dernier, à l'occasion d'un point d'étape, afin d'apporter notre contribution au débat sur la transition énergétique. Comme je ne suis pas certain que vous ayez tous été présents à cette réunion, nous allons revenir sur certains des thèmes que nous avons abordés à l'époque, en essayant de leur donner, dans la mesure du possible, un nouvel éclairage. Mais pour éviter de lasser les plus assidus d'entre vous, nous avons choisi d'insister surtout sur nos recommandations majeures.

Ainsi que nous l'avons précisé en juin dernier, nous nous sommes attachés, avec Jean-Marc Pastor, à suivre scrupuleusement la démarche d'investigation qui est celle de l'Office. Nous avons procédé à une large consultation, au travers d'auditions et de plusieurs déplacements sur le terrain, en France comme à l'étranger. Au total, au cours de notre étude, nous avons ainsi rencontré près de deux cents acteurs directement impliqués dans les usages énergétiques de l'hydrogène ou, plus largement, les questions énergétiques. Depuis notre point d'étape, nous avons organisé une audition publique ainsi que plusieurs auditions privées et nous nous sommes rendus en Lorraine, avec Jean-Yves Le Déaut, pour visiter le laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée – le LEMTA – et dialoguer avec les industriels impliqués dans la démarche en cours, dans le cadre du PACTE Lorraine, pour la construction d'une filière hydrogène dans cette région.

Je voudrais aussi revenir sur la saisine à l'origine de notre étude. Le président de la Commission des affaires économiques du Sénat précisait dans celle-ci qu'il souhaitait que les nombreuses questions posées par le développement d'une filière hydrogène allant de la production de ce gaz à son utilisation, en passant par son stockage et son transport, soient étudiées avec le plus grand soin. C'est en priorité ce que nous nous sommes attachés à réaliser avec Jean-Marc Pastor. Toutefois, nous n'avons pas non plus voulu ignorer le contexte actuel qui est celui des réflexions en cours sur la transition énergétique, ni la question des conditions du développement d'une filière hydrogène nationale.

Avant de laisser la parole à Jean-Marc Pastor sur ce deuxième volet de notre étude, je vais donc d'abord m'attacher à répondre succinctement aux questions du président de la Commission de l'économie du Sénat sur les problèmes que posent les différentes étapes de production, de stockage, de transport et de distribution de l'hydrogène.

L'hydrogène est, pour tout dire, un gaz aux propriétés singulières. Ainsi, il est – et de loin – l'élément le plus répandu sur notre terre, et pourtant il est presque impossible de l'y trouver sous une forme autre que combinée avec de l'oxygène ou du carbone. De la même façon, il présente tout à la fois une très grande densité énergétique par unité de poids et très faible par unité de volume. Ce sont ces caractéristiques, quelque peu paradoxales, qui expliquent les difficultés qu'a pu poser – et pose encore – son utilisation industrielle.

J'en viens d'abord à sa production. L'hydrogène, comme je viens de l'indiquer, est rarement présent à l'état naturel sous la forme pure de dihydrogène. Des sources d'hydrogène existent néanmoins sur notre planète. L'IFP Energies nouvelles s'emploie d'ailleurs depuis quelques mois à les identifier et à évaluer la faisabilité de leur exploitation. Lors de l'audition publique que nous avons organisée le 30 octobre dernier sur les enjeux du vecteur hydrogène, M. François Kalaydjian, directeur adjoint aux ressources énergétiques de cet institut, a d'ailleurs précisé la localisation des sources possibles en Europe : au nord de l'Italie, à Chypre, en Grèce, en Russie, ainsi qu'en faible quantité dans le bassin du sud-est de la France. Il a aussi confirmé ce que nous avait dit son président, M. Olivier Appert : la découverte d'une nouvelle source d'énergie ne garantit pas que celle-ci sera exploitable dans des conditions économiques et environnementales acceptables. Aussi, nous considérons, avec Jean-Marc Pastor, que ces recherches doivent être poursuivies, en donnant bien entendu la priorité aux potentialités de notre territoire national.

En attendant d'avoir plus de certitudes sur les conditions d'exploitation de cet hydrogène naturel, l'essentiel de l'hydrogène produit aujourd'hui – soit environ un million de tonnes en France destinés en priorité à la chimie et à la pétrochimie – l'est à partir de gaz naturel ou d'autres hydrocarbures. Les technologies correspondantes, vaporeformage, vapocrackage, *etc.*, sont bien maîtrisées et sans cesse optimisées – l'IFPEN travaille également sur cette question moins révolutionnaire que l'hydrogène naturel. En sortie d'usine, le prix moyen de l'hydrogène obtenu, de l'ordre de deux euros le kilo, est tout à fait compétitif. Pour autant, utiliser cet hydrogène comme substitut aux hydrocarbures n'aurait que peu d'intérêt, puisque sa production est émettrice de CO₂. Il en va bien entendu tout autrement si l'on remplace le gaz naturel par du biogaz ou le charbon par des matériaux ligneux.

Mais le mode de production de l'hydrogène le plus prometteur à court et à moyen terme pour les applications énergétiques est l'électrolyse de l'eau. Depuis sa découverte au XVIII^e siècle, ce procédé a fait l'objet de nombreux développements. Il existe à ce jour trois technologies principales : les électrolyseurs alcalins, à membrane à échange de proton (PEM) et à électrolyte céramique solide. Malheureusement, chacune de ces trois technologies présente des inconvénients.

Compte tenu de ces limites, nous pensons que le domaine de l'électrolyse reste un champ d'investigation scientifique et de développement industriel assez largement ouvert. L'extension des applications énergétiques de l'hydrogène devrait conduire à un accroissement de la demande en électrolyseurs de toutes tailles. Nos centres de recherche et nos industriels sont plutôt bien placés dans ce domaine. Il s'agit donc d'un axe de développement à soutenir.

Pour aider au développement, dans notre pays, de ce marché prometteur de l'électrolyse, nous proposons une première mesure qui nous semble être de bon sens. Il s'agirait de la détaxation de l'électricité destinée à l'électrolyse de l'eau. Cette mesure n'est d'ailleurs que l'inversion, dans un sens vertueux, de celle prévue aujourd'hui par le Code des douanes en faveur des installations de production d'électricité à partir d'hydrocarbures.

Je vais dire à présent quelques mots du transport, du stockage et de la distribution de l'hydrogène. Principalement du fait de sa très faible densité, son stockage, son transport et sa distribution s'avèrent plus difficiles que pour les carburants liquides.

Néanmoins, les progrès réalisés dans le domaine du stockage, sous pression – à 350 ou 700 bars –, ou sous forme solide, notamment dans les hydrures, font que même dans le cas d'une application exigeante, comme les transports automobiles, la palette de solutions disponibles devrait permettre de répondre aux besoins, à des coûts potentiellement acceptables, après industrialisation.

Il en va tout autrement dans le cas du transport de l'hydrogène, qui reste et restera sans doute à l'avenir coûteux. Pour cette raison, nous estimons que les solutions permettant de produire l'hydrogène au plus près des lieux de consommation, de façon décentralisée, doivent être privilégiées.

Quant à la question de la distribution de l'hydrogène, elle se pose d'abord dans le secteur automobile. Est-il possible de mailler le territoire avec des stations à hydrogène, comme cela a été fait par le passé pour l'essence et le diesel, ou pour le gaz naturel véhicule dans certains pays ? Faut-il le faire avant ou après le déploiement d'un parc de véhicules à hydrogène et à quel rythme ? Certains pays, comme le Japon, la Corée, mais aussi l'Allemagne ou les pays de l'Europe du nord, ont, semble-t-il, répondu à cette question puisqu'ils prévoient d'installer, par avance, plusieurs dizaines ou centaines de stations à hydrogène. À fin 2012, plus de 200 de ces stations étaient installées dans le monde.

Dans des pays tels que l'Allemagne, la Corée du Sud ou le Japon, ce sont les constructeurs automobiles qui prendront en charge la plus grande partie des investissements nécessaires, puisque c'est le préalable à la commercialisation de nouvelles gammes de voitures à hydrogène dont la sortie est annoncée aux alentours de 2017. En France, cette solution n'est bien entendu pas envisageable, nos constructeurs ayant privilégié la voiture électrique.

Prenant en compte cette réalité, un certain nombre d'acteurs industriels français proposent une solution alternative qui nous semble prudente. Celle-ci consiste à déployer de petites stations à hydrogène avec des parcs de véhicules utilitaires électriques dotés d'un système de prolongation d'autonomie à hydrogène. Au départ dédiées, ces stations pourraient par la suite être ouvertes au public. Si cette proposition devait se concrétiser, par exemple dans le cadre du programme hydrogène Mobility France, déclinaison nationale d'un programme européen, nous pensons qu'il faudra très vite mettre en place une incitation à l'ouverture au public de ces stations. C'est en effet dès avant leur installation que cette possibilité doit être prévue.

J'en viens au dernier maillon de la chaîne de la filière hydrogène : celui de l'utilisation. La quasi-totalité des utilisations énergétiques de l'hydrogène passe par un dispositif permettant de produire directement de l'électricité : la pile à combustible qui fait appel à un principe inverse à l'électrolyse.

Tout comme pour les électrolyseurs, il existe plusieurs catégories de piles à combustibles, dont deux principales : les piles à basse température à membrane d'échange de protons – bien adaptées aux applications de mobilité – et les piles à oxydes solides qui fonctionnent à très haute température – mieux adaptées aux applications stationnaires.

Ce sont les progrès réalisés dans ces deux catégories de piles à combustible, sur le plan du prix, de la fiabilité et de la durée de vie, qui expliquent que les applications énergétiques de l'hydrogène se multiplient, même si elles se limitent pour l'instant à des marchés de niche. En 2012, 46 000 piles à combustible ont été commercialisées dans le

monde, soit une croissance de 86 % en un an. Ce sont les piles destinées aux appareils portables qui se sont le plus développées avec 19 000 unités et une croissance de 174 %.

Ainsi que l'a montré notre audition publique du 30 octobre 2013, ces marchés de niche concernent actuellement des applications telles que l'autonomie énergétique des sites isolés ou les chariots élévateurs, dans le cadre desquelles la pile à combustible et l'hydrogène parviennent progressivement à s'imposer face aux technologies existantes. Ces marchés devraient précéder des applications à destination du grand public, dans des domaines tels que l'aide à la mobilité, pour le rechargement des téléphones et ordinateurs, l'automobile ou la micro-cogénération, c'est-à-dire la production d'électricité et de chaleur dans les bâtiments.

En ce qui concerne l'automobile, étant donné les choix des grands constructeurs nationaux, ce sont des acteurs de plus petite taille qui essaient d'identifier des applications de mobilité pour lesquelles le véhicule à hydrogène pourrait devenir concurrentiel face aux autres solutions disponibles sur le marché. L'un de ces marchés est celui des véhicules utilitaires. Ces derniers représentent 15 % des véhicules légers, mais roulent et polluent plus que les voitures de tourisme. C'est pourquoi nous préconisons de favoriser le développement des solutions de prolongation d'autonomie basées sur l'hydrogène – et secondairement des voitures électriques qui sont toutefois moins bien adaptées à ce marché – en étendant le bénéfice du bonus écologique aux véhicules utilitaires dont le seuil d'émission de CO₂ est inférieur à 20 g/km. Afin de ne pas alourdir la fiscalité des entreprises, ce bonus serait uniquement gagé par un aménagement du malus écologique sur les véhicules de tourisme.

À côté de ces applications qui font appel à la pile à combustible, s'en développe une autre qui concerne la réutilisation directe de l'hydrogène dans le réseau gazier, c'est ce que nos voisins allemands ou anglo-saxons nomment le « Power to gas ». L'intérêt de cette technologie est de permettre des échanges dans les deux directions, entre réseau électrique et gazier. Jusqu'à présent, seule la production d'électricité à partir du gaz était possible. L'électrolyse combinée à l'injection d'hydrogène permet désormais de déverser dans le réseau de gaz naturel les surplus de production électrique, notamment à partir d'énergies renouvelables intermittentes. D'après une étude présentée par GRT Gaz, à l'horizon 2030, ce sont 25 térawatts-heure de production annuelle excédentaire qui pourraient ainsi être convertis pour réduire nos importations de gaz pour un coût final équivalent à celui de ce dernier.

Après avoir présenté nos principaux constats sur les différentes parties de la chaîne de l'hydrogène, je vais à présent donner la parole à Jean-Marc Pastor qui va évoquer les conditions du développement d'une filière hydrogène nationale.

M. Jean-Marc Pastor, sénateur, rapporteur. – Je remercie Laurent Kalinowski d'avoir montré, en présentant cette première partie de notre étude, que l'hydrogène est aujourd'hui un vecteur énergétique viable et durable, qu'il peut être produit sans émission directe de gaz carbonique, puis stocké, y compris dans les réservoirs des véhicules, transporté – bien sûr le moins possible étant donnée sa faible densité – et distribué.

Je vais à présent en venir à la deuxième partie de notre étude, en commençant par un rappel rapide sur le rôle que l'hydrogène pourrait jouer dans l'intégration des énergies renouvelables variables.

Comme l'ont démontré les précédents rapports de l'Office, le développement à grande échelle des énergies variables que sont l'éolien et le solaire impose de disposer de solutions de stockage massif de l'énergie, en complément d'autres solutions, tels les « réseaux

intelligents » ou l'effacement. Néanmoins, seul ce premier est en mesure de compenser, sur la durée, des fluctuations importantes de la production des énergies renouvelables.

Associer moyens de stockage de l'énergie et énergies renouvelables variables permet de réduire de façon sensible l'impact de ces dernières sur le réseau électrique, donc les besoins d'adaptation de celui-ci. Ces moyens de stockage ont bien entendu un coût, mais celui-ci présente l'immense avantage d'être identifiable à l'avance. Force est de constater, sur l'exemple de l'Allemagne, qu'à l'inverse le déploiement d'énergies variables sans stockage associé conduit à découvrir *a posteriori* leurs effets sur le réseau et l'étendue des besoins de mise à niveau correspondants. En la matière, l'hydrogène permet de compléter les outils existants tels que les batteries électrochimiques ou les stations de pompes (STEP).

Par rapport à d'autres solutions, l'intérêt de l'hydrogène est double. D'une part, il n'impose aucune contrainte en termes de localisation géographique ou de dimensionnement. D'autre part, l'hydrogène n'est pas qu'un moyen de stocker l'électricité pour la restituer un peu plus tard. Son principal intérêt est de permettre également un usage direct de l'énergie stockée pour des applications diversifiées : comme combustible pour véhicules ou pour la cogénération, pour être injecté directement dans le réseau gazier dans des pourcentages variant entre 5 à 20 %, pour enrichir des biocarburants, pour créer des carburants de synthèse, pour purifier les hydrocarbures ou encore comme composant pour la chimie. Or, ces usages directs de l'hydrogène correspondent à des besoins en énergie bien plus importants que l'électricité. Celle-ci ne représente en effet que 24 % de notre consommation finale d'énergie, trois fois moins que les hydrocarbures importés. Pour ces raisons, nous pensons que l'hydrogène produit par électrolyse à partir d'électricité est un élément important pour la transition énergétique à venir. Il peut en effet contribuer à lever les deux écueils que sont la variabilité des nouvelles énergies et le problème de la substitution des hydrocarbures.

Après ce bref rappel sur le rôle significatif que pourrait jouer l'hydrogène dans la transition énergétique, je vais vous présenter nos recommandations qui visent à créer les conditions du développement d'une filière hydrogène nationale.

D'abord, je tiens à souligner que le potentiel scientifique et industriel de notre pays dans ce domaine nous semble incontestable. Nous avons eu l'occasion de le vérifier tout au long de notre étude, au travers de nos entretiens et de nos déplacements. C'est vrai en France, au niveau national et local, mais aussi à l'étranger. Cette filière est d'ores et déjà exportatrice et ne demande qu'à développer encore ses activités à l'étranger.

Nous avons identifié deux freins majeurs à l'innovation pour cette filière. Le premier frein concerne l'absence de position claire du Gouvernement sur le rôle qu'elle pourrait jouer dans l'avenir énergétique du pays. Cette position attentiste contraste de façon saisissante avec celle de ces deux grandes puissances industrielles que sont l'Allemagne et le Japon – même si je n'oublie pas la Corée –, qui ont toutes deux décidé d'engager les efforts nécessaires au développement d'une nouvelle filière industrielle dédiée à ce vecteur. Il est vrai que ces deux pays ont chacun de bonnes raisons pour considérer que le rôle de l'hydrogène sera important pour leur économie.

Le Japon, dépourvu de ressources énergétiques propres, voit dans l'hydrogène un vecteur permettant de mettre en concurrence toutes les sources d'énergie, donc de réduire sa dépendance vis-à-vis de tel ou tel pays producteur. Pour l'Allemagne, l'hydrogène constitue une solution pour permettre l'intégration, à moindre coût, d'énergies renouvelables qui mettent à mal son réseau électrique. Mais si l'on met de côté la part d'énergie consommée

sous forme d'électricité, notre pays ne se trouve pas dans une situation très différente du Japon. Et si les énergies renouvelables doivent se développer fortement, nous pourrions nous trouver assez vite dans la situation de l'Allemagne.

C'est pourquoi, avec Laurent Kalinowski, nous avons formulé plusieurs recommandations portant sur la structuration de cette filière hydrogène.

Les premières concernent la mise en place d'un triptyque constitué de trois piliers : une prise de position claire du Gouvernement, l'élaboration d'un programme de développement de la filière, ainsi que la mise en place d'un coordonnateur.

D'abord, il nous semble nécessaire que le Gouvernement affirme clairement – dès que possible et au plus haut niveau – l'importance du vecteur énergétique hydrogène pour la transition énergétique, ainsi que du développement d'une filière industrielle nationale correspondante. Cette prise de position peut sembler superflue mais elle est réellement attendue par tous les acteurs que nous avons rencontrés, y compris récemment à l'occasion de l'audition publique du 30 octobre dernier. Il s'agit d'un signal fort qui facilitera, par effet de cascade, un certain nombre de prises de décision.

S'agissant du deuxième pilier, nous pensons que le Gouvernement doit rassembler les acteurs de la filière hydrogène autour d'un projet cohérent de développement à moyen terme, associé à un financement. Ce projet visera à doter notre pays, d'ici 5 à 10 ans, de solutions compétitives sur les principaux points de la chaîne de valeur allant de la production à l'utilisation de l'hydrogène-énergie.

Enfin, s'agissant du troisième pilier, il nous semble utile, pour assurer le suivi de ces actions que soit créé un Comité national d'orientation de la filière hydrogène. Placé sous l'égide du ministère du Redressement productif, ce comité sera une instance de concertation, d'orientation et de suivi. Il intégrera notamment des représentants de l'État, de l'Ancre, de l'Office parlementaire, des principaux acteurs industriels des PME du secteur mais aussi de représentants des territoires, afin d'assurer le suivi du plan de développement défini pour la filière. Une filiale administrative du Ministère gèrera le programme et l'enveloppe financière sous l'autorité de ce comité.

Ce sont là les principales mesures que nous préconisons sur cet aspect. D'autres mesures plus ciblées visent à faciliter le développement de certaines applications énergétiques. Laurent Kalinowski en a mentionné deux qui visent à préserver l'avenir dans le secteur de l'automobile, j'y reviendrai.

Le deuxième frein important que nous avons identifié pour l'innovation dans le domaine de l'hydrogène énergie est d'ordre réglementaire.

Notre pays dispose d'une réglementation très complète – pour ne pas dire complexe – et très aboutie sur l'hydrogène. Une réglementation efficace constitue un atout pour le développement d'une filière industrielle car elle fournit un cadre qui diminue l'incertitude pour les industriels et permet de faciliter l'acceptabilité sociétale, en évitant des dérives qui peuvent être fatales pour une filière naissante. Mais cette réglementation est aussi difficile et longue à adapter aux innovations, et singulièrement aux nouvelles applications énergétiques de l'hydrogène. En Allemagne, l'hydrogène et les autres gaz énergétiques sont couverts par une réglementation commune, ce qui facilite l'adaptation à des applications

diversifiées. Pour simplifier, pour plus d'adaptabilité et de clarté, une réglementation commune à tous les gaz énergétiques s'impose au niveau national.

L'ensemble des industriels que nous avons rencontrés nous ont fait part de l'obstacle que constituent ces freins réglementaires et les délais associés, directement pour le développement de projets en France, et indirectement pour l'exportation. Il est en effet difficile pour un industriel d'exporter alors qu'il n'a pas de référence à présenter dans son propre pays. Il est toujours possible de passer outre cette difficulté. Par exemple, la jeune entreprise McPhy Energy spécialisée dans le stockage solide de l'hydrogène a d'abord déployé ses produits à l'étranger, jusqu'au Japon, avant d'obtenir les autorisations nécessaires en France.

Nous nous sommes bien entendu interrogés, avec Laurent Kalinowski, sur les solutions à ce problème. Nous formulons deux recommandations principales à ce sujet.

La première concerne la création d'un groupe de travail pluraliste regroupant les experts de la direction générale de la Prévention des risques et de la direction générale de la sécurité civile et gestion des crises, de l'INERIS, de l'AFNOR, des industriels et d'au moins une association de défense de l'environnement. Ce groupe de travail chargé d'instruire les demandes d'autorisation transmises par les DREAL se réunira au moins une fois par mois.

La deuxième concerne l'instauration d'un délai maximum de trois mois pour la réponse initiale sur la faisabilité d'une nouvelle demande d'installation dans le domaine de l'hydrogène énergie et de 12 mois maximum pour l'instruction complète de ce type de dossier.

Ces deux mesures, si elles s'avèrent probantes pourraient, le cas échéant, être étendues à d'autres « filières émergentes ». La période difficile que nous traversons impose des comportements différents avec plus de souplesse et de réactivité administrative.

Nous proposons également d'autres mesures plus ciblées qu'il serait sans doute un peu long de présenter en détail aujourd'hui, mais je veux rappeler les deux mesures techniques évoquées par mon collègue, relatives au développement des solutions de prolongation d'autonomie basées sur l'hydrogène pour les véhicules utilitaires et à la réutilisation directe de l'hydrogène dans le réseau gazier, avec le « Power to gas ».

Enfin, j'en viens à la question du rôle essentiel des territoires. Malgré les efforts technologiques réalisés l'hydrogène restera du fait des coûts de transports élevés, une ressource avant tout locale, permettant de valoriser au mieux des énergies renouvelables elles-mêmes, par nature décentralisées et adaptées aux caractéristiques géographiques et climatiques de chaque territoire.

Aussi nous considérons, au-delà du seul cas de l'hydrogène, que le développement de ces nouvelles énergies doit laisser une place plus importante à l'initiative locale, seule à même d'effectuer des choix adaptés aux particularités des territoires. Ainsi le partenariat public-privé est-il à encourager, pour enclencher des projets, faire vivre des filières locales intégrant production, stockage et utilisation, ceci en complément de démarches nationales avec des opérateurs industriels de dimension nationale et internationale et sans perturber le schéma français, national, de mutualisation de l'énergie.

Cette orientation est non seulement conforme à la nature des énergies renouvelables, mais aussi cohérente avec d'autres évolutions technologiques en cours. Ainsi les « réseaux intelligents » ouvrent-ils la perspective d'une gestion dynamique des ressources et de la consommation au niveau du territoire. Le territoire, au travers de PACTE locaux, régionaux, à étendre, permet d'assurer une gestion rationnelle d'énergie par essence décentralisée.

Sur la fiscalité, afin de laisser la filière hydrogène se développer, ce vecteur énergétique doit être exclu de toute fiscalité pendant cinq ans (ou la durée du plan).

Si nous avons limité nos propositions à la création d'une filière hydrogène nationale et à l'adaptation de la réglementation, c'est afin de pouvoir mieux suivre la prise en compte de ces orientations prioritaires. Suivant la pratique de l'Office, nous serons donc conduits à nous assurer dans les prochains mois, de leur prise en compte. Je vous remercie. Nous essaierons à présent de répondre à vos interrogations.

M. Bruno Sido. – Toutes mes félicitations pour la qualité de votre rapport. Je ne doute pas que de nombreuses questions vous seront posées. Pour ma part, j'en ai deux, l'une à caractère plutôt technique et l'autre plutôt économique. Est-il possible de connaître le bilan énergétique de la production d'hydrogène, c'est à dire le rapport entre l'énergie consommée pour le produire et l'énergie qu'il est susceptible de libérer par la suite ? Outre l'intérêt écologique qu'il présente, l'hydrogène est-il un carburant compétitif, par exemple par rapport au méthane ?

M. Jean-Marc Pastor. – 75 % de la planète contient de l'hydrogène mais toujours associé à d'autres éléments. Le bilan énergétique dépend donc très fortement du territoire sur lequel on se trouve et des matières premières présentes. Ici, il s'agira d'énergie éolienne, là, d'énergie solaire et, ailleurs, de biogaz issu de la méthanisation de déchets agricoles ou ménagers. Les prix sont très différents s'il faut acheter les matières premières ou si l'on utilise des ressources locales. D'une façon générale, le bilan énergétique oscille entre 60 % et 80 %.

Toutefois, ne perdons pas de vue que l'on ne produit pas de l'hydrogène pour de l'hydrogène et qu'on n'investit pas pour fabriquer de l'hydrogène mais que, au contraire, on produit de l'hydrogène parce que l'on dispose d'équipements à mieux valoriser. Lorsque l'on a investi pour produire de l'électricité d'origine éolienne ou photovoltaïque, il n'est pas absurde de la stocker sous forme d'hydrogène aux moments où le réseau électrique est saturé.

M. Laurent Kalinowski. – Pour répondre à votre seconde question, une étude GRT gaz indiquait que dans une trentaine d'années l'hydrogène pourrait être compétitif par rapport au méthane. Il existe aussi plusieurs projets d'injection d'hydrogène, à hauteur de 5 %, pour enrichir le gaz et produire un gaz de synthèse. Cet apport d'hydrogène permettrait d'abonder le réseau existant.

M. Jean-Yves Le Déaut, député, premier vice-président. – En plus de mes félicitations, je voudrais vous adresser quelques questions et vous suggérer une recommandation.

Tout d'abord, que peut-on faire pour que notre filière comble son retard ? En conclusion du groupe de travail sur la transition énergétique, le Président de la République a exprimé trois idées qui résument parfaitement les débats, à savoir : il n'y aura pas de transition énergétique sans développement des énergies renouvelables ; ces dernières ne se développeront que si leurs prix se rapprochent des prix du marché de l'ensemble des énergies

et, enfin, la réussite de la transition énergétique dépend aussi de notre capacité à régler les questions de stockage.

Le développement de la filière hydrogène permettra-t-elle au moins de résoudre ces problèmes de stockage ? Si tel était le cas, les énergies aujourd'hui intermittentes pourraient jouer un nouveau rôle.

Quant à la présentation du rapport écrit, il me semblerait préférable qu'il reprenne le déroulement de votre présentation orale qui insiste sur l'importance du développement de la filière pour le pays avant de faire état du retard à rattraper. Au nom du Gouvernement, M. Arnaud Montebourg vient d'arrêter trente-quatre priorités industrielles pour l'innovation au sein desquelles les batteries sont évoquées mais non la filière hydrogène en tant que telle. Il faut savoir ce que l'on veut : soit on croit en cette filière et il faut l'inscrire dans nos priorités, soit on n'y croit pas et l'on laisse le soin de la développer à l'Allemagne, au Japon, à la Corée du Sud ou aux États-Unis d'Amérique – où, dès 2006, j'ai déjà eu l'occasion de conduire une voiture à hydrogène.

Votre rapport pourrait également mettre davantage en exergue les questions essentielles dont il traite. Quelles sont les données stratégiques de structuration de la filière ? Que faut-il faire en matière de réglementation et de normes, de coopération internationale et européenne ou de développement des territoires ? Quels sont les problèmes spécifiques liés à la fiscalité ? Cette présentation rendrait le rapport plus attractif.

M. Jean-Marc Pastor. – La filière a pris du retard mais notre pays a la particularité de posséder le plus d'industriels – y compris des petites et moyennes entreprises – qui travaillent sur l'hydrogène partout dans le monde. Au Japon, en Corée du Sud, en Floride, on voit partout des équipements Air liquide ou Total. Les compétences existent ; il faut maintenant les mettre en œuvre.

Tel est le sens du triptyque d'actions que nous proposons. Tout d'abord, la décision politique doit rassurer les acteurs industriels pour qu'ils développent leurs savoir-faire sur le territoire national. Ensuite, le programme de développement doit associer secteur public et secteur privé, et, enfin, un accompagnement financier doit être mis en place. Dans tous les pays qui développent la filière hydrogène, l'accompagnement financier est à la fois public et privé. Si nous misons sur cette filière, cette question devra être résolue chez nous.

M. Laurent Kalinowski. – La filière hydrogène permet de stocker l'énergie intermittente mais elle répond aussi à des besoins locaux ou à des enjeux de plus long terme, comme en témoigne le projet « Power to gas », ce dernier ayant aussi des conséquences sur notre autonomie énergétique.

En plus des compétences françaises que l'on voit se déployer à l'étranger, notre pays travaille – et c'est important – sur de multiples applications de niches, comme celles développées par le CEA à Grenoble.

L'une des grandes qualités de l'hydrogène est aussi sa flexibilité : il ne permet pas seulement de stocker l'énergie mais il peut la transformer ou la moduler, selon les besoins.

Mme Corinne Bouchoux, sénatrice. – J'ai beaucoup apprécié le nouveau mode de consultation des projets de rapports. Celui que vous nous présentez est clair, pédagogique, compact, structuré, logique et il affiche clairement la couleur : il y a un avenir pour la filière

hydrogène et il faut donc engager son développement. Nous aurions préféré que le rapport commence par son actuelle troisième partie pour poser ainsi, d'entrée, la question essentielle de la transition énergétique et du rôle que la filière hydrogène peut y jouer.

Nous sommes face à un agglomérat de niches, d'applications et d'acteurs, grands ou petits, mais cela suffit-il à constituer une filière ? Je suis convaincue de l'importance de la transition énergétique, j'estime moi aussi que l'hydrogène y jouera un rôle incontournable et je trouve votre propos intéressant et séduisant. Mais est-il convaincant ?

En effet, vous nous comparez à l'Allemagne alors qu'il s'agit d'un pays fédéral où les projets sont menés depuis plus de trente-cinq ans au niveau des territoires, ce qui est le contraire de nos habitudes colbertistes. De plus, en France l'industrie automobile a fait le choix de l'électrique tout en traînant le boulet du diesel alors que, en Allemagne, l'industrie automobile sert, en quelque sorte, de poisson pilote à la filière hydrogène. Cet effort est complémentaire de celui des Länder au niveau local et s'inscrit dans le cadre national d'une transition énergétique prévoyant la disparition du nucléaire.

La France n'est-elle pas, face à l'hydrogène, dans la situation d'un pays qui se serait lancé dans le chemin de fer cinquante ans après tout le monde ? D'autant que nous nous heurterons à des groupes de pression. L'industrie pétrochimique n'est favorable à l'hydrogène que dans la mesure où il répond à son besoin de respect des nouvelles normes. Mais elle ne veut pas de la concurrence de l'hydrogène. Quant à Areva, véritable État dans l'État, elle accepte aujourd'hui l'hydrogène comme un complément mais elle pourrait un jour être également dérangée par cette nouvelle filière.

Enfin, se pose la question des territoires. Compte tenu des coûts de transport, la production d'énergie doit émaner du niveau local. Mais cela sera-t-il possible dans notre État jacobin, au pays de l'ENA et des X-Mines ? En un mot, n'est-ce pas une utopie ?

M. Laurent Kalinowski. – Je ne pense pas que nous soyons dans l'utopie. Les expériences et les initiatives se multiplient sur nos territoires ; il nous faut assurer leur mise en cohérence au niveau national. En Lorraine, qu'il s'agisse du PACTE Lorraine ou dans le cadre de la vallée des matériaux, des actions sont engagées, cofinancées par l'État, les collectivités et les industriels qui travaillent avec les universités à des recherches et à des innovations dans l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur énergétique. Lors de notre journée consacrée à l'hydrogène dans le Tarn, nous avons rencontré d'autres acteurs de l'innovation impliqués dans des projets locaux. En matière de recherche, notre pays dispose d'atouts spécifiques par rapport à l'Allemagne ou au Japon, deux pays qui doivent apporter des réponses immédiates liées à l'abandon du nucléaire. Au Japon, par exemple, on produit l'hydrogène en faisant fi du monoxyde de carbone (CO) ou du dioxyde de carbone (CO₂) ; on utilise les raffineries et les installations immédiatement disponibles en se disant que, malgré tout, les voitures à l'hydrogène pollueront moins.

Dans ce domaine, outre son expertise industrielle, la France dispose d'un potentiel de recherche et d'innovation qui fait sa spécificité.

M. Jean-Marc Pastor. – Même si elle figure actuellement en troisième partie du rapport, la question de la place de la filière hydrogène dans la transition énergétique est bien au cœur de notre sujet. Cependant, nous pouvons tout à fait modifier la présentation pour mieux souligner l'importance de cet aspect et également faire en sorte que nos recommandations soient plus aisées à identifier.

Il est vrai que l'Allemagne possède une culture de la responsabilité locale que nous n'avons pas complètement. Mais, depuis cinq ou six ans, que voit-on en France ? Onze régions se sont organisées pour développer la filière, en particulier au travers de pactes. Nous étions, la semaine dernière, en Lorraine et nous avons vu comment de nombreux partenaires – collectivités territoriales, industriels ou acteurs issus du monde de la recherche et de l'enseignement supérieur – travaillent ensemble.

Depuis un an, nous avons pris l'initiative d'une rencontre annuelle de deux jours des acteurs des différentes régions, ce qui leur permet de partager leurs expériences et de s'encourager mutuellement. Cette démarche n'en est qu'à ses débuts mais elle est bel et bien engagée.

N'oublions pas, non plus, que, sans être comparables à nos grandes entreprises exportatrices, nombre de nos PME sont déjà très performantes et présentes sur les marchés étrangers. C'est sur elles que les régions s'appuient pour élaborer des schémas pertinents de développement de cette énergie.

À ce titre, je vous invite à participer, le 20 janvier 2014, à l'inauguration, par le ministre du Redressement productif, d'une filière hydrogène locale en Midi-Pyrénées basée sur la méthanisation de déchets ménagers et agricoles. Au départ, il y a deux ans, c'est un carrossier d'autobus qui a décidé que, désormais, il motoriserait lui-même ses véhicules. Dans un premier temps, il a envisagé un moteur électrique, mais il s'est heurté aux difficultés de rechargement des batteries. A force de recherches et d'innovation, il a mis au point un système – désormais breveté – de récupération de l'énergie issue de la pression hydraulique des tracteurs, fluidifiée par de l'azote. À chaque freinage ou à chaque redémarrage, ce dispositif produit de l'énergie, qui permet de recharger les batteries mais il manquait, toutefois, 30 % d'énergie pour donner à ces autobus une autonomie permanente. Or, elle a pu être obtenue grâce à une pile à combustible associée à une réserve d'hydrogène produit à partir d'une filière locale de méthanisation des déchets. Air Liquide n'est intervenu que pour les bornes de livraison et le stockage de l'hydrogène ; tout le reste de la technologie est entièrement local. Ces autobus ont été exposés, il y a un mois, au Salon de l'innovation, Porte de Versailles.

Cinq ou six régions sont actuellement porteuses de projets innovants dans cette filière. Il faut les encourager mais nous savons aussi que ce ne sont pas les déchets du Tarn ou de Midi-Pyrénées qui régleront la question de l'énergie en France, nous avons aussi besoin de grands opérateurs de dimension nationale. Le soutien aux initiatives locales s'impose en parallèle car il est le gage d'une véritable acceptation de la filière. Et si le Gouvernement n'en prend pas l'initiative, les territoires assumeront cette responsabilité.

Dans tous les cas, il importe cependant de réduire les obstacles et barrières administratives qui entravent l'innovation. Prenons l'exemple de Michelin : l'entreprise a développé, à Clermont-Ferrand, un moteur placé dans chacune des roues de l'automobile et destiné à assurer une meilleure adhérence à la route. Il s'agit d'un moteur électrique alimenté par une pile à combustible et une réserve d'hydrogène. Au bout de cinq années de démarches vaines auprès de l'administration française pour développer ce procédé, Michelin a délocalisé son équipe à Fribourg où toutes les autorisations ont été obtenues en trois mois. Désormais, les brevets sont suisses ainsi que les plaques d'immatriculation des véhicules équipés de cette innovation. L'un d'entre eux sera présenté le 20 janvier 2014. Au moment où l'on parle de relancer l'économie et en particulier l'économie verte, il faut que le ministre le voie ! Quant à nous, parlementaires, lorsque la réglementation bride l'innovation et pénalise les entreprises,

il nous revient de le crier haut et fort. À ce sujet, je rappelle qu'en Allemagne la réglementation sur l'hydrogène est la même que pour les autres gaz énergétiques.

M. Roland Courteau, sénateur, vice-président. – Le coût de production par électrolyse est-il tel qu'il faille proposer de détaxer l'électricité ainsi obtenue et celle nécessaire à la production d'hydrogène ? Vous avez dit que la production d'hydrogène resterait une énergie locale compte tenu du coût de son transport : comment ce dernier est-il effectué et pourquoi est-il si coûteux ?

Il est vrai que le réseau gazier est un fantastique lieu de stockage. Pourriez-vous nous préciser le pourcentage d'hydrogène qui pourrait y être introduit sans risques ? Vous avez évoqué le chiffre de 20 %...

Je suis convaincu que le développement massif des énergies renouvelables suppose le stockage de l'électricité produite et donc le développement de la filière hydrogène. S'agissant d'Areva, je précise qu'elle a créé une usine de production d'hydrogène totalement opérationnelle près d'Ajaccio.

M. Jean-Marc Pastor. – Les utilisations de l'hydrogène sont multiples. Les utilisations statiques peuvent consister en une pile à combustible alimentant un bâtiment de bureaux et complétant le réseau traditionnel pour éviter les microcoupures. Il peut aussi constituer une alternative au groupe électrogène pour alimenter des habitations isolées, évitant ainsi de mettre en place plusieurs kilomètres de lignes. Les utilisations embarquées peuvent concerner les téléphones et les ordinateurs portables ; des petites capsules de la taille du pouce permettant, par exemple, de charger l'appareil pour une semaine. Enfin, il y a les utilisations liées à la mobilité, notamment celles relatives aux automobiles. Bien entendu, les besoins de production diffèrent selon les utilisations.

L'électrolyse est effectivement un moyen connu depuis très longtemps pour capter l'hydrogène mais ce n'est pas le seul. Le vaporeformage est une autre technique qui permet, par exemple, d'obtenir de l'hydrogène à partir de biogaz sans produire d'électricité. Obtenir de l'hydrogène à partir d'une électricité produite comme celle qui nous éclaire cet après-midi n'a économiquement aucun intérêt. En revanche, il est intéressant de le faire en utilisant une électricité d'origine éolienne non utilisée par le réseau. Selon l'origine de la matière première, le coût d'un kilo d'hydrogène varie ainsi entre 2 euros et 8 euros. Tout dépend donc de la matière disponible et, partant, du territoire où l'on se trouve.

Le taux d'injection d'hydrogène dans le réseau gazier est compris entre 5 % et 20 %, selon les pays. Je vous indique tout de même que, en 1950, ce taux était de 50 % dans le gaz de ville, à Paris, à Toulouse ou à Londres. L'hydrogène a été abandonné au profit d'énergies meilleur marché mais, actuellement, on se pose la question d'y revenir.

M. Roland Courteau. – Cela représente tout de même des risques.

M. Jean-Marc Pastor. – Ce sont des risques similaires à ceux du gaz naturel, sachant que, malheureusement, il n'y a pas de sources d'énergie sans risque.

M. Roland Courteau. – Si tel est le cas, pourquoi limite-t-on la proportion d'hydrogène injectée ?

M. Jean-Marc Pastor. – Il faut de la modération en toutes choses et se donner le temps de maîtriser ce processus. Et puis, il y a aujourd’hui bien plus d’appareils ménagers fonctionnant au gaz de ville qu’il n’y en avait en 1950. C’est toute une industrie qui va devoir se réadapter.

M. Laurent Kalinowski. – La proportion dépend aussi de la nécessité d’adapter les différentes infrastructures.

Le coût de la production après électrolyse est d’environ 6 à 8 euros le kilo. Détaxer l’hydrogène le rendrait compétitif par rapport aux autres énergies, notamment dans l’automobile. Un kilo d’hydrogène donnant une autonomie de cent kilomètres, il suffit de faire le calcul... De même qu’il existe une taxation différenciée pour le pétrole, pourquoi ne pas envisager une détaxation de l’hydrogène ? Nous avons vu un véhicule qui utilise cinq kilos d’hydrogène comprimés à sept cents bars disposant d’une autonomie de cinq cent quatre-vingt-cinq kilomètres.

M. Jean-Yves Le Déaut. – Où ?

M. Laurent Kalinowski. – Au Japon.

M. Jean-Marc Pastor. – Avec un coût d’environ 10 euros pour cent kilomètres, l’hydrogène est compétitif par rapport à l’essence et au gasoil.

M. Jean-Yves Le Déaut. – Je partage globalement vos points de vue sur la filière de l’hydrogène. Celle-ci peut se développer sur des socles d’énergie très différents et il ne faut pas donc obligatoirement prendre l’Allemagne comme modèle. Elle l’est pour les énergies renouvelables mais, pour la transition énergétique, ce pays s’appuie sur un socle différent du nôtre. La France dispose du socle nucléaire, et les énergies renouvelables comme l’hydrogène viennent, pour l’instant, en complément. D’autres pays, comme le Danemark, ont opté pour un socle d’énergies fossiles, auquel les autres sources – énergie renouvelables et hydrogène – viennent s’ajouter. Ces énergies sont complémentaires. Au-delà de nos différences, ce qui importe c’est l’objectif commun de réussite de la transition énergétique. D’ailleurs, depuis la révolution industrielle au début du XIX^e siècle, chacune de ces transitions s’est faite en se fondant sur une forme d’énergie préexistante. M. Roland Courteau vient de nous dire qu’Areva s’engageait dans la filière hydrogène. En effet, elle a tout intérêt à investir dans l’hydrogène parallèlement au nucléaire.

Mme Corinne Bouchoux. – Dans le pré-rapport, il est fait mention d’un « rendement honorable » ; il me semble qu’une telle formulation plutôt littéraire n’a pas sa place dans un rapport scientifique.

M. Jean-Marc Pastor. – En effet, dans le rapport final nous avons décidé de remplacer cette mention par les chiffres correspondants.

Pour produire de l’hydrogène, il faut des matières premières. Au Japon – pays vraiment très avancé sur le sujet – on importe, pour ce faire, des hydrocarbures d’Australie. Je n’ai pas pu résister au plaisir de leur apprendre qu’ici nous allons produire de l’hydrogène à partir de matières premières que l’on nous amène gratuitement tous les matins et pour lesquels ce sont les producteurs qui nous paient !

M. Bruno Sido. – Dans le prolongement des préconisations de M. Jean-Yves le Déaut, je vous propose d’articuler davantage les recommandations du rapport autour de l’objectif de transition énergétique.

Le rapport est adopté à l’unanimité des votants.

M. Jean-Marc Pastor, sénateur, rapporteur. Dans la version définitive, nous tiendrons aussi compte de vos recommandations visant à mettre davantage en valeur la troisième partie du rapport.

La séance est levée à 18 h 30

Membres présents ou excusés

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Réunion du mercredi 18 décembre 2013 à 16 h 30

Députés

Présents. - M. Christian Bataille, M. Laurent Kalinowski, M. Jean-Yves Le Déaut

Excusés. - Mme Anne Grommerch, M. Alain Marty, M. Philippe Nauche, Mme Maud Olivier, Mme Dominique Orliac

Sénateurs

Présents. - Mme Corinne Bouchoux, M. Roland Courteau, Mme Virginie Klès, M. Jean-Claude Lenoir, M. Jean-Marc Pastor, Mme Catherine Procaccia, M. Bruno Sido

Excusés. - Mme Delphine Bataille, M. Marcel-Pierre Cléach, M. Marcel Deneux, M. Jean-Pierre Leleux