Le solaire photovoltaïque face au défi du 21e siècle

VEILLE ET PROPOSITIONS N°11 | FÉVRIER 2012

Sommaire

L'avenir radieux du photovoltaïque **2**

Le potentiel important du solaire En France **4**
Une ressource abondante 4
Les réseaux à l'épreuve du solaire photovoltaïque 5

Le solaire photovoltaïque vers l'excellence environnementale ? **7**
Les émissions de gaz à effet de serre du solaire photovoltaïque 7
Les autres impacts environnementaux 9

Le défi économique du solaire photovoltaïque **10**
Une énergie qui reste chère 10
Rendre acceptables les mécanismes de soutien 11

Conclusion **15**

www.fnh.org

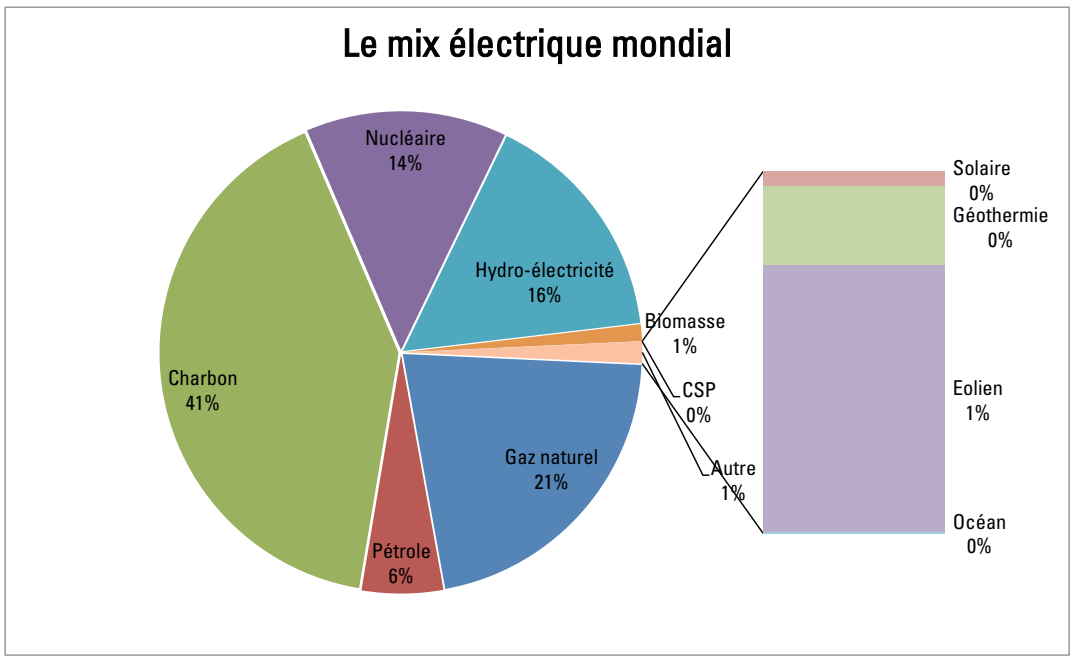
Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'homme
think tank

L'avenir radieux du photovoltaïque

Le débat sur la transition énergétique a été relancé en France en 2011, autour de plusieurs éléments clés. Le moratoire sur le solaire photovoltaïque a dans un premier temps mis sur le devant de la scène les interrogations sur l'économie des énergies renouvelables, et la capacité de nos sociétés à assumer le coût du développement de ces énergies faiblement carbonées dans un contexte de crise. Peu de temps après, la catastrophe de Fukushima a largement questionné la filière électronucléaire, imposant une analyse en profondeur de sa capacité à produire massivement de l'énergie en minimisant les risques pour l'environnement et les populations. Enfin, la parution des derniers chiffres d'émissions de gaz à effet de serre pour l'année 2010, en battant tous les records d'émissions, montre que le monde s'éloigne d'une trajectoire compatible avec le maintien du réchauffement de la planète en-deçà de 2°C.

Bien connus, les défis de la transition énergétique continuent donc d'occuper le devant de la scène. Les enjeux sociaux, économiques et environnementaux posés par la raréfaction des énergies fossiles et les questions d'accès à l'énergie, mais aussi les impacts environnementaux de la production et de la consommation d'énergie, imposent un cahier des charges aux décideurs politiques et économiques comme aux citoyens. Ce cahier des charges implique :

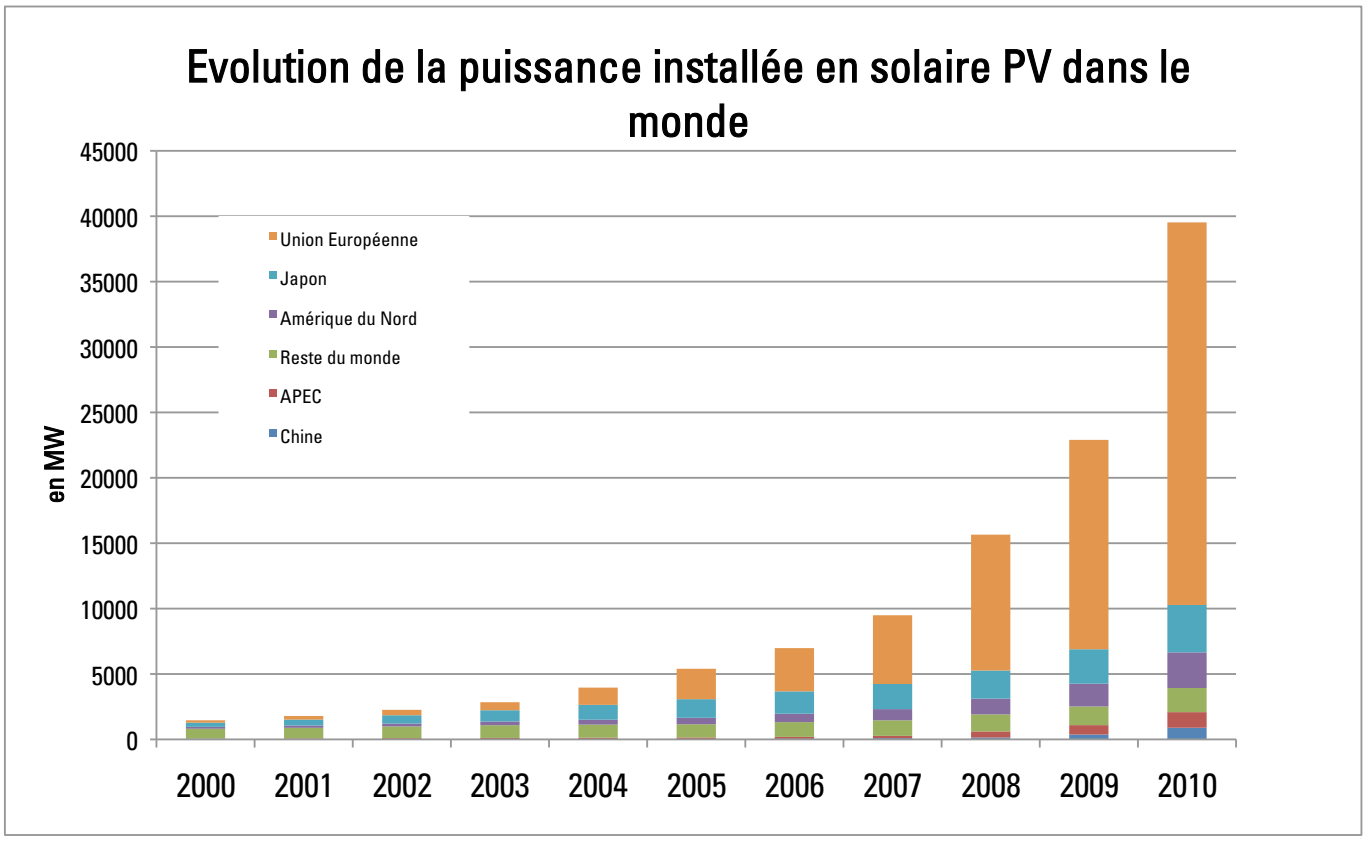
- Le développement d'un nouveau modèle énergétique résilient face aux crises, c'est-à-dire moins dépendant des importations, et plus résistant an cas d'aléa (climatique, géopolitique, etc.) ;
- Une réduction des consommations énergétiques dans les pays du Nord, pour en limiter les impacts environnementaux et sociaux ;
- Un meilleur partage des ressources énergétiques pour garantir à tous, au Nord comme au Sud, un accès à l'énergie pour la satisfaction des besoins essentiels ;
- La décarbonisation du mix énergétique, en particulier dans les transports, l'industrie et la production d'électricité ;
- Une recherche toujours plus grande d'une meilleure efficacité énergétique, afin de réduire les gaspillages et d'optimiser l'utilisation des ressources.



Face à ce double défi, les énergies renouvelables ont la capacité, parce qu'elles dépendent moins de stocks finis et parce qu'elles présentent des avantages environnementaux importants (faible pollution atmosphérique et faibles émissions de gaz à effet de serre (GES)) de répondre au double défi climatique et énergétique. Si elles connaissent aujourd'hui une forte croissance, leur part reste très minoritaire aussi bien dans le mix énergétique mondial que dans les investissements en direction du monde de l'énergie. Ainsi, le solaire photovoltaïque représente toujours moins de 1% de la production électrique mondiale, même si le parc de production n'est pas loin de doubler chaque année, et double presque de taille tous les ans.

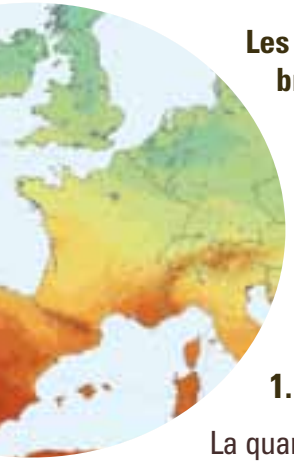
Mais l'énergie solaire photovoltaïque reste chère, en comparaison des autres sources de production d'électricité. Son coût, s'il a diminué fortement au cours des dernières années, reste élevé. L'enjeu du coût, supporté par les consommateurs via des taxes sur la consommation et via les citoyens par l'impôt, est au coeur du débat sur la transition énergétique. Car deux grands systèmes énergétiques sont en compétition : le premier basé sur les énergies fossiles, encore peu coûteuses mais dont le prix est amené à croître, est porteur d'externalités environnementales fortes; tandis que le deuxième, construit sur les énergies renouvelables dont le prix est élevé mais en décroissance régulière depuis plus de 10 ans, répond mieux au cahier des charges environnemental.

Demeure toutefois la question des quantités d'électricité consommées, au moins dans les pays industrialisés. En effet, celles-ci continuent d'augmenter, et de nouveaux usages apparaissent : informatiques et loisirs, véhicules électriques... Or sans réduction massive des consommations, il est peu probable que les consommateurs soient capables d'absorber le choc d'une hausse des prix de l'électricité, qu'elle soit liée au développement des énergies renouvelables ou à la raréfaction des combustibles fossiles. Une politique de maîtrise de la demande est donc la clé d'une transition énergétique réussie.



Le potentiel important du solaire en France

Une ressource énergétique abondante et peu contrainte physiquement



Les quantités d'énergie que la Terre reçoit du soleil sont conséquentes. La quantité d'énergie brute issue du soleil et parvenant sur les terres émergées est supérieure d'un facteur 3 à 100 à la demande primaire de toutes les énergies utilisées aujourd'hui par l'Homme. Cependant, le potentiel varie énormément selon les grandes régions du monde concernées, mais aussi dans le temps, puisque le niveau d'exposition au soleil varie, surtout dans les hautes latitudes, au rythme des saisons (tant en termes de puissance du rayonnement solaire, que d'heures d'ensoleillement).

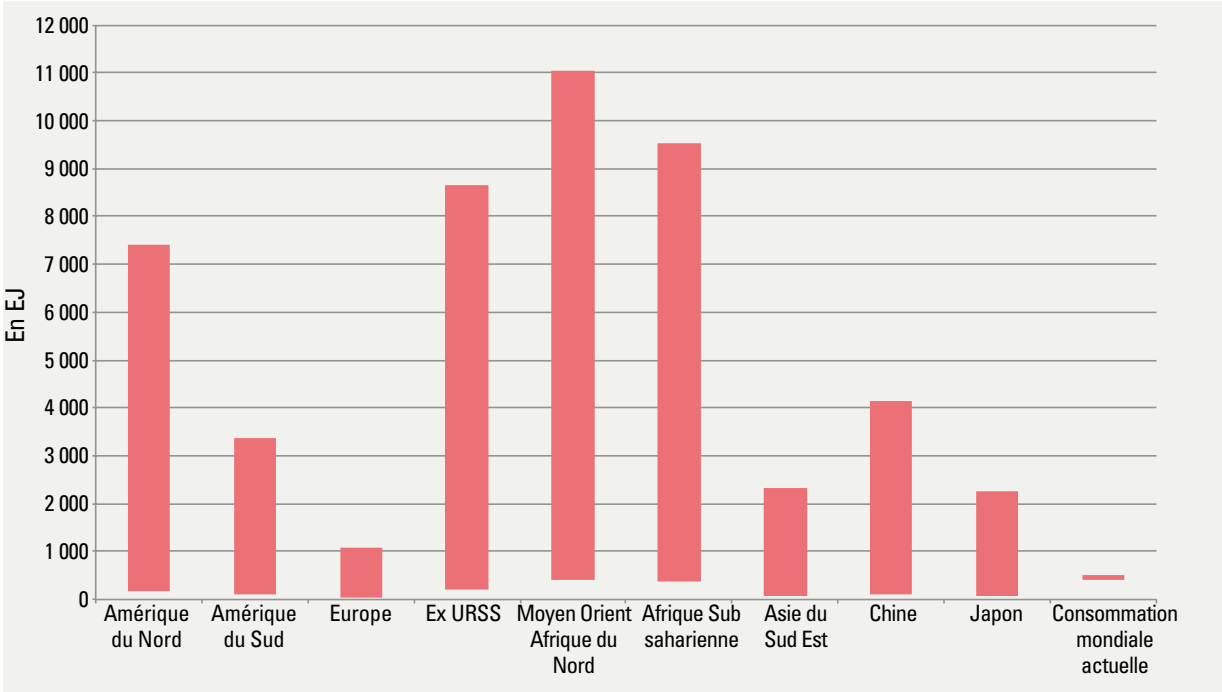
1. UNE RESSOURCE ABONDANTE

La quantité d'énergie que la Terre reçoit du soleil est largement supérieure aux besoins humains. Et même en prenant en compte les limites physiques liées aux contraintes géographiques et climatiques, ainsi qu'aux espaces disponibles pour installer des panneaux solaires, la plupart des régions du monde disposent d'un potentiel important de production électrique à partir du solaire.

En Europe, le potentiel de génération de l'électricité solaire photovoltaïque est donc important, principalement dans les pays du Sud, plus fortement ensoleillés. Mais cela n'empêche pas cette énergie de se développer aussi dans des pays avec un taux d'ensoleillement plus faible, comme par exemple l'Allemagne, qui recourt massivement à cette énergie.

L'un des intérêts du solaire photovoltaïque est que cette énergie est très peu contrainte par la disponibilité de ressources physiques, notamment minérales. Le silicium, qui est la base de plus de 80% des panneaux solaires, est en effet très abondant, et selon les différentes études sur les autres composants de ces technologies, il est peu vraisemblable que des limites sur les quantités de certains métaux ou terres rares restreignent le potentiel de développement de cette énergie.

Le potentiel brut de l'énergie solaire dans le monde



2. LES RÉSEAUX À L'ÉPREUVE DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Gérer la variabilité et l'intermittence

Mais comme d'autres énergies renouvelables, le solaire photovoltaïque est une énergie variable et intermittente : les unités de production ne produisent en effet que sous certaines conditions d'ensoleillement, elles ne fonctionnent pas la nuit, et des perturbations météorologiques comme la couverture nuageuse peuvent réduire rapidement les niveaux de production.

En France la production d'électricité photovoltaïque est très asynchrone de la consommation. En effet, avec un maximum le midi en été alors que la consommation est faible, et un niveau de production proche de zéro le soir en hiver au moment où la production connaît un maximum, il apparaît évident que le solaire photovoltaïque ne peut jouer le rôle d'énergie de pointe. Mais combiné à d'autres énergies renouvelables, et en jouant sur de multiples sources de production, il est possible de faire du solaire une des composantes importantes de la production de base d'électricité en France.

La variabilité de la production est aussi une contrainte pour les opérateurs des réseaux de transports et de distribution, qui doivent gérer une multitude de sources dont la production peut varier fortement au cours d'une même journée. Pour ces opérateurs, le défi est en effet d'intégrer des sources comme l'éolien ou le solaire photovoltaïque dont la production peut varier fortement au cours d'une même journée, notamment en fonction de paramètres météorologiques. Cela implique le développement d'outils de gestion sophistiqués, qui permettent de garantir la stabilité de l'approvisionnement électrique et l'équilibre entre la demande et l'offre.

Le stockage de l'électricité

Plusieurs solutions existent pour stocker l'électricité : batteries, stations de transfert d'énergie par pompage, mais aussi des solutions de stockage thermique, où des stocks de chaleur sont constitués pour être transformés en électricité au moment des pics de consommation.
Cependant, force est de constater que ces solutions présentent aujourd'hui soit des potentiels physiques limités, soit des coûts assez élevés ou ne sont encore qu'à un stade de recherche, et avec peu ou pas d'applications concrètes. Même si des efforts importants doivent être déployés dans la recherche pour ces technologies, les techniques de stockage de grande capacité sont finalement assez peu adaptées à la production d'énergie solaire photovoltaïque, et il ne faut vraisemblablement pas compter sur ces solutions dans un avenir proche. Si sur les sites isolés, des batteries peuvent être utilisées, les moyens de stockage thermique restent limités. La clé de la gestion de l'intermittence est donc bien plus dans la gestion fine des réseaux que dans le développement à grande échelle de techniques de stockage.

Investir massivement dans les réseaux intelligents

Ces éléments mettent donc au défi les gestionnaires de réseaux, qui doivent développer des moyens de gestion de ces sources de production diffuses, variables et intermittentes. Les réseaux intelligents, qui combinent le développement des outils informatiques avec des innovations technologiques offrent néanmoins des possibilités de gérer au mieux les intermittences et la variabilité, et donc d'insérer les énergies renouvelables dans les réseaux électriques à un niveau important. Ces investissements, couplés à d'autres facteurs pouvant améliorer la gestion de l'intermittence et de la variabilité, comme l'amélioration des prévisions météorologiques, sont indispensables pour assurer un bon déploiement des énergies renouvelables.

Ces investissements représentent des coûts non négligeables pour les opérateurs de réseaux, coûts qui sont généralement transférés vers les consommateurs, particuliers comme entreprises.

Il existe peu d'études sur les surcoûts d'investissements rendus nécessaires par un fort déploiement des énergies renouvelables. En France, le travail de scéna-

risation réalisé par l'UFE en 2011 donne néanmoins quelques indications sur les volumes d'investissement nécessaires en fonction du déploiement des énergies renouvelables.

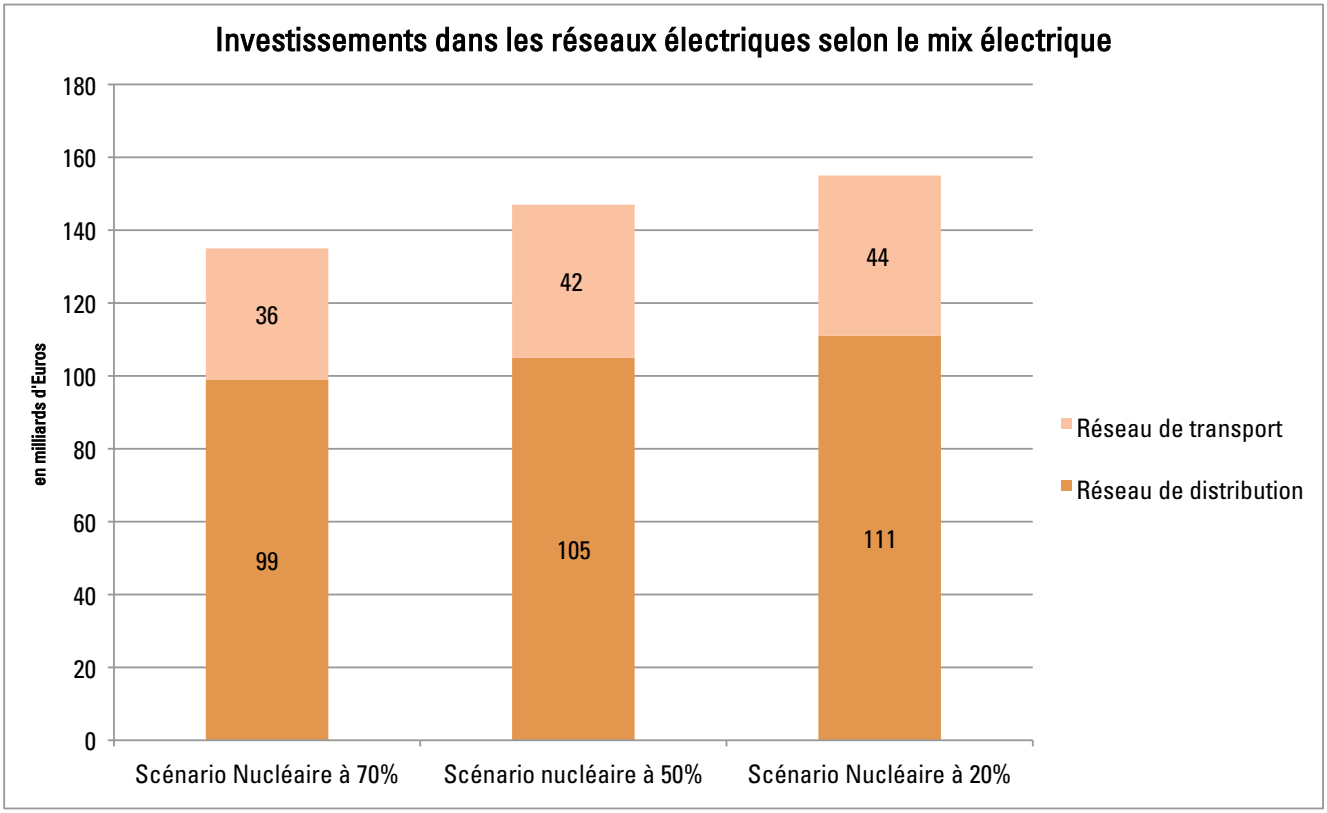
Ainsi, l'UFE présente trois scénarios, autour de la place du nucléaire : le premier correspond au scénario tendanciel, où le nucléaire représente environ 70% de la production ; dans le second, le nucléaire ne représente que 50% de la production ; dans le troisième, la part de cette énergie est ramenée à 20%.

L'UFE procède à un travail d'évaluation économique et estime ainsi les investissements nécessaires dans le réseau de transport et de distribution selon ces trois hypothèses. Selon ces travaux, présentés dans le graphique ci-après, les investissements rendus nécessaires par le choix d'un fort développement des énergies renouvelables (dans les scénarios à 50% et à 20% de nucléaire) sont importants, et compris entre 147 et 155 milliards d'euros.

Cependant, ces chiffres méritent d'être relativisés. En effet, les investissements des scénarios plus classiques sont eux aussi élevés, de l'ordre de 135 millions d'euros. Ainsi, dans un scénario à 50% de nucléaire, où les ENR représentent 35% de la production d'électricité, le surcoût n'est que de 12 milliards d'ici à 2030, soit 10 euros environ par Français et par an. De même, dans un scénario où le nucléaire est très réduit, à 20% de la production d'électricité, et où les ENR représentent 50% de la production, le surcoût imposé par ces choix énergétiques en termes d'investissements dans les réseaux est de 20 milliards d'ici 2030, soit environ 20 euros par Français et par an.

Aujourd'hui, la plupart des acteurs du monde de l'électricité s'accordent pour dire qu'une forte pénétration des énergies renouvelables dans le mix électrique est possible, à condition d'investir massivement dans les réseaux de transport et de distribution. Les rares chiffres disponibles montrent que ces investissements ne sont pas extrêmement élevés, mais qu'ils sont réels.

La clé réside donc dans l'acceptabilité de ces investissements, aussi bien économique qu'environnementale. En effet, ces investissements se traduisent notamment, dans les territoires, par le développement de nouvelles infrastructures de transport, telles que des lignes à haute et très haute tension. Sujet de préoccupation chez les citoyens, ces infrastructures doivent être réalisées dans le strict respect de paramètres environnementaux prenant en compte aussi bien la santé humaine que les équilibres des écosystèmes. En outre, si le photovoltaïque n'exige pas de développement de ligne à très haute tension, son association avec d'autres sources d'énergies renouvelables devra mener à une redéfinition de la configuration du réseau.



Les recommandations de la fondation

- ***Investir massivement dans les réseaux intelligents et la maîtrise de la demande, pour favoriser l'intégration des énergies renouvelables dans le mix électrique français***

Cette proposition fait partie des grands chantiers de la transition écologique identifiés par la Fondation Nicolas Hulot, et est donc éligible au financement du plan d'investissements par la Banque Centrale Européenne et la Banque Européenne d'Investissements dans le cadre de la proposition «financer l'avenir sans creuser la dette». > www.financerlavenir.fnh.org

- ***Favoriser la concertation et le dialogue avec les parties prenantes dans le développement du réseau de transport et de distribution d'électricité***

Pour prendre en compte les enjeux d'acceptabilité sociale, environnementale et économique liés au développement des réseaux pour accompagner le développement des énergies renouvelables sur les territoires.

Le solaire photovoltaïque vers l'excellence environnementale ?

Une énergie capable de s'adapter à un cahier des charges rigoureux.

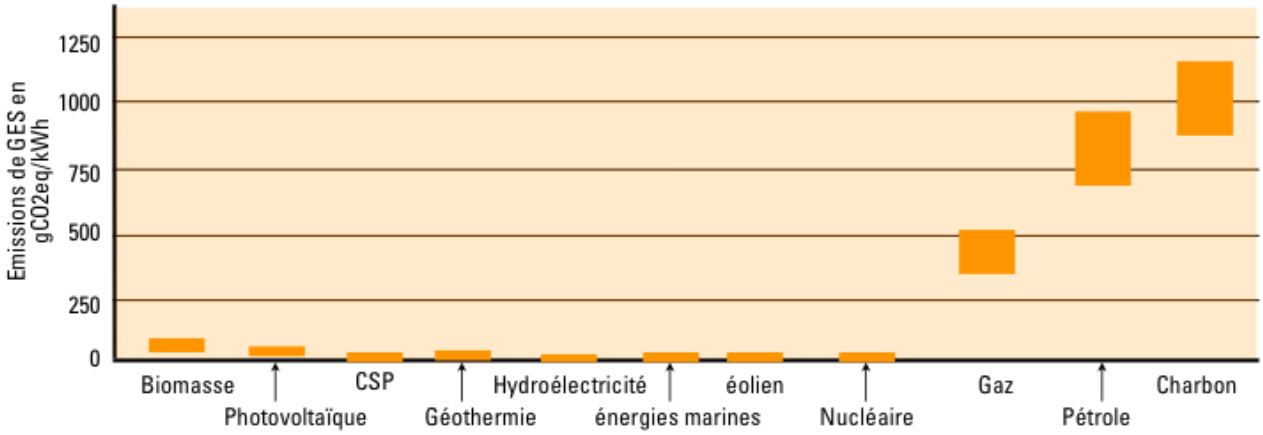
1.LES EMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DU SOLAIRE

Un bilan modeste...

De manière générale, les énergies renouvelables présentent un bilan d'émissions de gaz à effet de serre très modeste, de 10 à 50 fois inférieur à ceux des énergies fossiles (cf. graphique). Ces éléments plaident donc en faveur, au vu des objectifs de lutte contre le changement climatique, d'un développement des énergies renouvelables en substitution des énergies fossiles. Cependant, il existe des différences importantes en termes d'émissions de GES aussi bien au sein des différentes technologies renouvelables, qu'entre filières d'une même technologie.

La filière solaire photovoltaïque est assez bien positionnée en terme d'émissions de GES, avec des émissions comprises en moyenne entre 30 gCO2eq/kWh et 90 gCO2eq/kWh. Ses émissions sont toutefois légèrement supérieures à celles des autres sources de production d'électricité renouvelables que sont l'énergie éolienne et l'hydroélectricité.

Emissions de GES comparées des différentes sources d'électricité



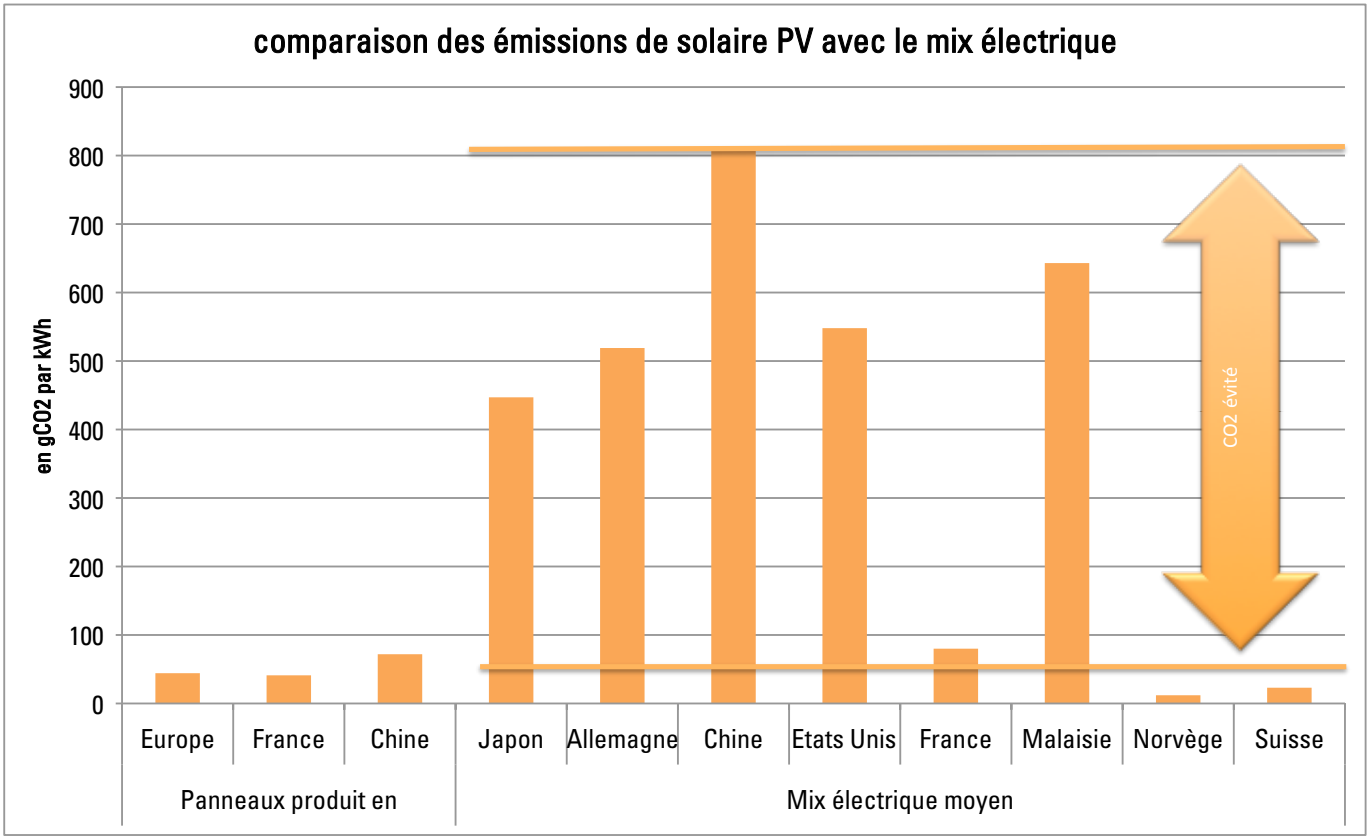
➔ ... mais des différences selon les technologies et les zones de production.

Concernant le solaire, en fonction du pays de fabrication des panneaux (et de la qualité de son mix électrique), mais aussi en fonction de la technologie choisie, le gain en émissions de GES peut être important ou au contraire très faible.

Ainsi, les technologies à couche mince, et notamment la filière à base de tellure de cadmium, dont la production est peu gourmande en énergie, présentent un bilan d'émissions de GES plus favorable que les technologies à base de silicium.

Par ailleurs, l'origine des panneaux solaires photovoltaïques influe sur les émissions induites par la production d'électricité. Dans les pays où le mix électrique est fortement carboné (là où l'électricité est produite principalement à base d'énergies fossiles, gaz et charbon), le contenu carbone du kWh photovoltaïque est bien plus important que pour des panneaux produits dans des pays où l'électricité provient en majorité de sources renouvelables ou nucléaires.

Comme l'illustre le graphique ci-dessous, les gains en émissions de GES du développement de l'énergie solaire photovoltaïque sont d'autant plus importants que d'une part la zone de production des panneaux a un mix électrique peu carboné, et que cette énergie est implantée dans des pays où la production d'électricité émet des quantités importantes de CO2. Si, du point de vue de la lutte contre le changement climatique, il est intéressant d'installer des panneaux solaires en Allemagne, où les gains sont importants quelle qu'en soit la zone de production, la question se pose de manière différente en France. Dans notre pays, les gains apportés par l'installation de panneaux produits dans des pays où l'électricité est fortement carbonée se pose, car le mix électrique a déjà un contenu CO2 assez faible du fait de l'utilisation du nucléaire. Par contre, l'installation de panneaux produits en Europe, ou issus des technologies les moins consommatrices d'énergie, présentent des avantages non négligeables du point de vue des émissions de gaz à effet de serre.



2.LES AUTRES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

➔ Biodiversité, artificialisation des sols et santé humaine

L'énergie solaire photovoltaïque est aussi confrontée à d'autres défis environnementaux, notamment en ce qui concerne les parcs au sol et leur consommation d'espace. Car si le solaire photovoltaïque présente l'avantage, comme l'éolien, de ne pas émettre de polluants atmosphériques à la production d'électricité, son implantation nécessite la consommation d'espace, ce qui peut susciter des conflits d'usages des sols, dont certains ont une valeur agricole ou contribuent au bon état des continuités écologiques.

Cependant, ces problèmes sont à relativiser. Premièrement, les surfaces requises pour produire de l'énergie solaire photovoltaïque sont relativement modestes, même dans le cas d'un fort déploiement de cette technologie. Ensuite, même si les parcs au sol restent de loin la filière la plus compétitive, il existe bon nombre de surfaces à mobiliser, notamment sur les grandes toitures et les bâtiments neufs, qui permettent de limiter l'emprise au sol de l'électricité photovoltaïque. Ensuite, à la condition du respect d'un cahier des charges environnemental rigoureux, il existe de nombreuses stratégies pour concilier le déploiement des parcs au sols avec les enjeux de protection de la biodiversité, et ainsi minimiser les impacts environnementaux des installations.

➔ *Panneaux solaires et santé humaine*

Si certaines technologies solaires photovoltaïques utilisent des matériaux qui, libérés dans l'atmosphère, peuvent présenter des risques pour la santé humaine, l'état des connaissances et le fait que ces substances soient encapsulées au coeur des panneaux laissent penser que les risques pour la santé humaine du déploiement du solaire photovoltaïque sont très limités, et de toute façon bien moindre que ceux des énergies fossiles.

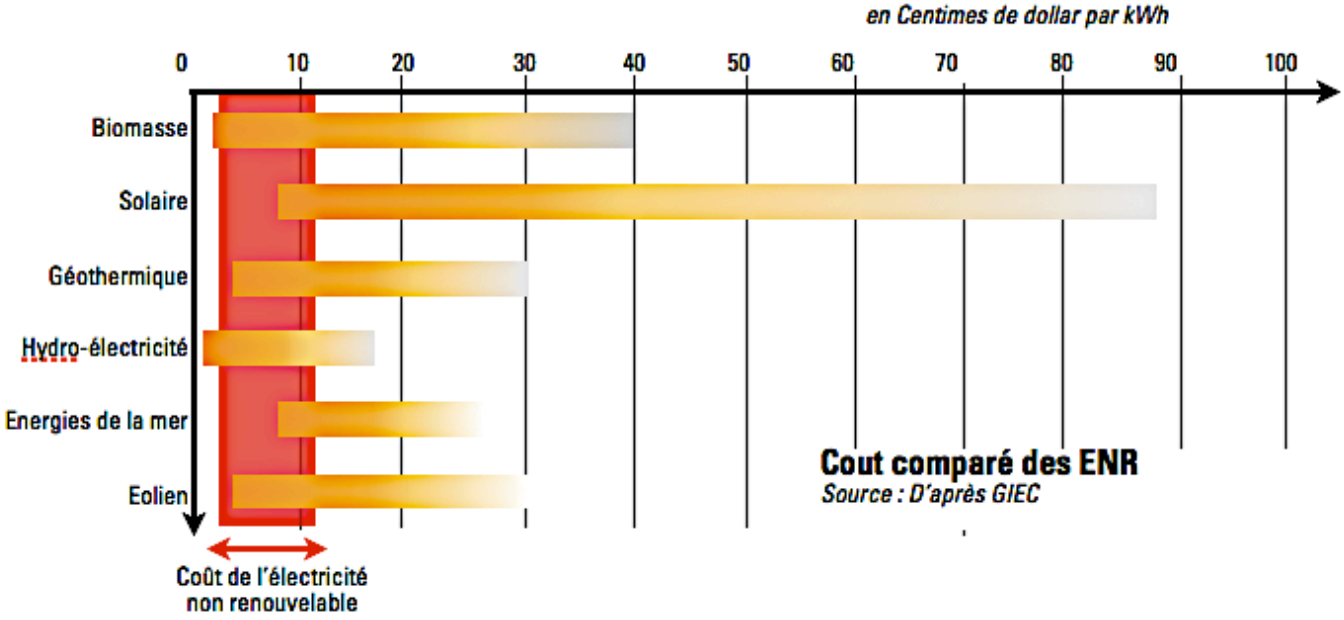
ÉNERGIES RENOUVELABLES	Liste des impacts potentiels ou observés	Estimation globale des impacts sur la biodiversité
BIOMASSE (matière première dédiée)	• Destruction des écosystèmes naturels, par la déforestation ou l'utilisation de pesticides • Dégradation des sols et de la qualité de l'eau (engrais) • Dissémination d'espèces génétiquement modifiées	Modéré à élevé
BIOMASSE (utilisation des déchets)	• Dégradation des sols (par prélèvement de la biomasse résiduelle) • Pertes d'habitats pour certaines espèces dans les espaces forestiers	Faible à modéré
SOLAIRE PV (pour les parcs au sol)	• Perturbation des écosystèmes au moment de la phase d'installation de la centrale (bruits, circulation) • Modification des espèces végétales (et animales) liée au changement dans l'ensoleillement	Faible
SOLAIRE À CONCENTRATION	• Modification des écosystèmes fragiles du désert	Faible à modéré
GÉOTHERMIE	• Perturbation des écosystèmes en cas de fuite des produits chimiques utilisés • Modification des écosystèmes dans les zones fragiles et protégées	Faible à modéré
HYDRO-ÉLECTRICITÉ	• Modification du littoral et des écosystèmes côtiers • Perturbation des routes migratoires des poissons • Changement dans la sédimentation et les zones d'érosion des cours d'eau	Modéré à élevé
HYDRO-ÉLECTRICITÉ (Réservoirs)	• Destruction d'écosystèmes par inondations • Changement dans la composition et la température de l'eau • Changement du régime hydrique (crues, inondation et sécheresses) • Impacts sur les espèces natives et invasives par les modifications des biotopes.	Modéré
ÉNERGIE MARÉE MOTRICE (barrage)	• Altération des écosystèmes marins et côtiers • Changement dans la qualité de l'eau et sa salinité • Modification des dépôts de sédiments dans les estuaires • Affectation des écosystèmes côtiers (végétation, oiseaux, poissons)	Modéré à élevé
ÉNERGIES DE LA MER (selon les technologies)	• Modification de la salinité de l'eau • Modification de la quantité de nutriments contenus en surface • Bruits, vibrations, pouvant perturber des espèces sensibles (grands mammifères marins, ou espèces benthiques par exemple)	Faible à modéré
ÉOLIEN TERRESTRE	• Perturbation des routes migratoires • Pertes d'oiseaux liées à des collisions (rapaces, chauve-souris) • Perturbations locales pouvant entraîner des modifications de l'habitat et/ou une reproduction réduite	Faible
ÉOLIEN OFF SHORE	• Les ondes sonores lors de la phase d'installation peut affecter négativement les mammifères marins et perturber les habitats benthiques	Faible

Source : GIEC, SRREN, 2011

Le défi économique du solaire photovoltaïque

Réduire les coûts et maximiser les co-bénéfices

Sur les 20 dernières années, le prix des modules solaires photovoltaïques a diminué de 20% chaque fois que les ventes ont doublé. Au cours des 5 dernières années, le prix des modules a diminué de 50% en Europe. Malgré ces éléments encourageants, les coûts de production de l'électricité solaire photovoltaïque sont aujourd'hui bien supérieurs à ceux des autres filières de production d'électricité (nucléaire, fossile et même éolien et hydro-électricité), comme l'illustre le graphique ci-contre.



1. UNE ÉNERGIE QUI RESTE CHÈRE

➔ A quand la parité réseau ?

Les exercices prospectifs de long terme sur les coûts et prix de l'énergie permettent d'obtenir des estimations du prix comparé entre les différentes sources énergétiques. Même s'ils impliquent des niveaux d'incertitude élevés, compte tenu de la multiplicité et de la variété des paramètres rentrant en ligne de compte, ils mettent en lumière de grandes tendances. Selon la *PV Roadmap* de l'AIE, les gains sur l'investissement et le coût du kWh produit pourraient atteindre 50% entre 2008 et 2020, et 80% entre 2008 et 2050. À cet horizon, le photovoltaïque devrait donc atteindre des coûts de production largement comparables à ceux d'autres sources renouvelables ou thermiques, alors qu'en 2020, un déficit de compétitivité, au moins dans certaines régions ne bénéficiant pas d'un ensoleillement optimal, devrait perdurer. On note par ailleurs que dans l'ensemble des projections, les plus grandes installations (parcs au sol, grandes toitures) resteront les plus compétitives devant les installations résidentielles.

Les différences économiques entre les filières de production d'électricité impliquent des écarts de coûts plus ou moins importants. Une comparaison du coût du kWh entre sources peut toutefois être effectuée, même si elle doit tenir compte des spécificités propres à chaque énergie. Face aux tendances actuelles, et sur la base d'une raréfaction des ressources fossiles et une prise en compte des externalités environnementales dans le coût de l'énergie (prix du CO_2 émis notamment), on peut tirer deux grands constats :

• Le prix du kWh renouvelable est encore généralement plus cher que le prix du kWh thermique (fossile ou nucléaire). Il connaît néanmoins une orientation à la baisse, car tiré par un marché en forte croissance permettant des économies d'échelles et des innovations technologiques ;

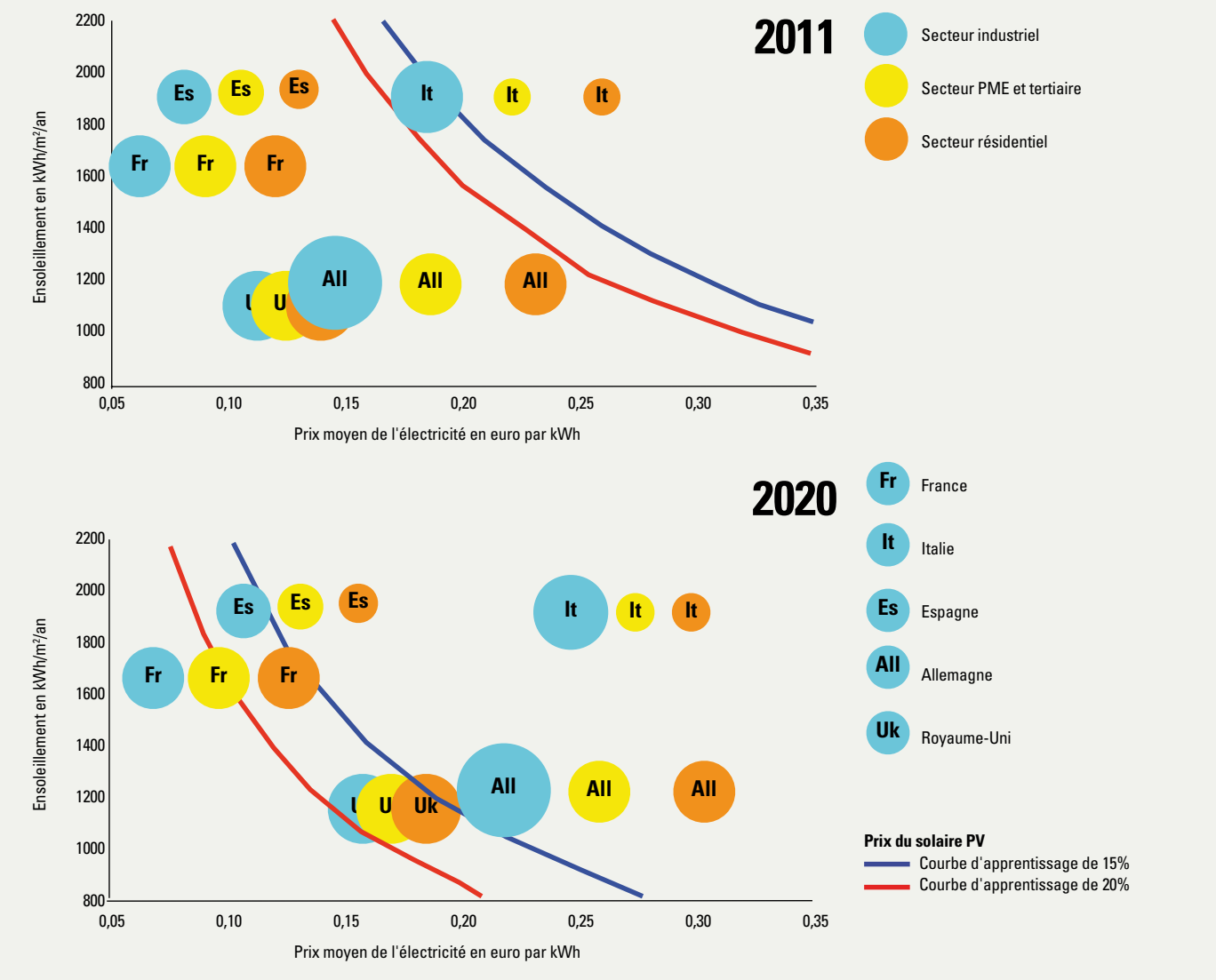
• Le prix du kWh thermique est plutôt orienté à la hausse, en raison de la raréfaction ou des tensions sur le prix des combustibles fossiles, mais aussi du renfor-

cement des exigences de sécurité pour la filière électronucléaire, et enfin de l'internalisation d'un prix du CO_2. Ce dernier devrait par ailleurs être croissant, dans la perspective d'une division par 2 ou 3 des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici 2050.

2.RENDRE ACCEPTABLES LES MÉCANISMES DE SOUTIEN

Accompagner la filière vers la parité réseau

Afin d'assurer le développement du photovoltaïque, des mécanismes de soutien économique sont donc aujourd'hui indispensables, à l'image d'autres filières d'énergies renouvelables. Ceux-ci permettent ainsi de compenser par des financements publics le différentiel entre le prix au consommateur et les coûts de production. Le principal mécanisme de soutien pour l'énergie solaire photovoltaïque est le tarif d'achat, qui permet aux producteurs de bénéficier d'une rémunération pour leur production, supérieure au prix de marché de l'énergie. D'autres types d'aides peuvent aussi intervenir et favoriser le déploiement de l'énergie photovoltaïque, sur des aspects plus ciblés, comme la priorité de raccordement au réseau, le soutien à la R&D, ou encore des subventions à l'installation d'usines de production de modules.



Ce graphique présente, pour deux hypothèses d'évolution des prix du solaire, des estimations du moment où le solaire photovoltaïque devrait être compétitif face aux prix actuels de l'électricité payés par différents types de consommateurs. Il montre que dans le Sud de l'Europe, le solaire PV est sur certains marchés, déjà compétitif. A l'horizon 2020, le solaire PV pourrait donc, sous certaines conditions, se retrouver à des niveaux de prix inférieurs à ceux pratiqués sur le marché, et donc dans la décennie qui suit, devenir autonome par rapport aux différents mécanismes de soutien.

Les consommateurs face au coût de l'énergie solaire photovoltaïque

En France, la question des tarifs d'achat de l'énergie solaire fait aujourd'hui débat. Le coût de cette énergie pour la collectivité a justifié la mise en place à la fin de l'année 2010 d'un moratoire sur les installations de cette source d'énergie, au motif que ses coûts n'étaient pas maîtrisés, et que ses co-bénéfices en termes d'emploi et de perspectives industrielles n'étaient pas établis.

Ce point fait encore débat aujourd'hui, car il suppose en effet une hausse de la CSPE pour couvrir les coûts de développement de l'énergie éolienne (en particulier le off-shore) et solaire photovoltaïque. Ce point est même le noeud politique de la question du déploiement du solaire photovoltaïque en France, dans la mesure où l'acceptabilité sociale d'une hausse des tarifs est très limitée, alors même que l'électricité française compte parmi les moins chères d'Europe. Le débat sur les tarifs d'achat a donc tourné à la caricature en France, en stigmatisant les énergies renouvelables, sans considérer par ailleurs les milliards investis, à la charge du contribuable, dans les exonérations fiscales dont bénéficient bon nombre d'énergies fossiles. Ainsi, alors que les mécanismes de soutien au solaire PV ne dépassent pas les 2 milliards d'euros par an actuellement, les exonérations de fiscalité sur les carburants dont bénéficient le transport routier et aérien dépassent allègrement les 4 milliards d'euros par an.

En 2012, les charges estimées de la CSPE pour le développement du solaire photovoltaïque sont de l'ordre de 1,4 milliard d'euros, soit 25 euros par Français. Cette énergie représente environ un tiers des dépenses de cette taxe, devant la péréquation tarifaire avec les Dom-Com (30%), la cogénération gaz (18%) et l'éolien (12%). Il est évident que cette charge est amenée à croître de manière régulière en France jusqu'à ce que le solaire photovoltaïque atteigne la parité réseau, entre 2020 et 2030. Cela est lié au fait que le volume d'installation vient nettement compenser les baisses de coûts anticipées dans la filière.

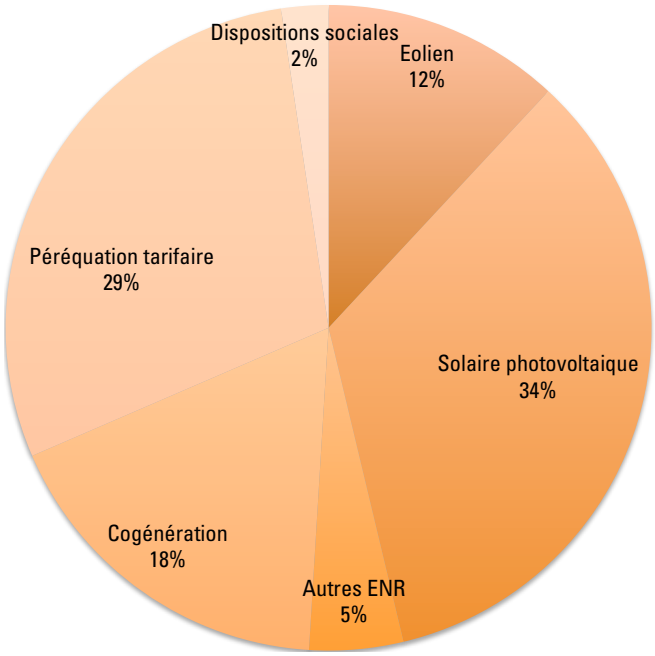
Cette évolution, avec des charges en hausse sur le consommateur, est nécessaire si l'on souhaite développer les énergies renouvelables. Pour la Fondation Nicolas Hulot, ces perspectives sont néanmoins intéressantes, à la condition que s'engage en France un grand plan de sobriété énergétique. En effet, seule la baisse des quantités consommées permettra d'assumer une hausse du coût unitaire du kWh électrique.

Le financement du solaire photovoltaïque par la CSPE

En France, ce sont les consommateurs d'électricité qui financent le développement des énergies renouvelables, par le biais d'une taxe, la Contribution au Service Public d'Electricité (CSPE). Cette taxe, qui est fonction de la consommation d'électricité, couvre les frais du tarif d'achat de l'électricité d'origine renouvelable (éolien et solaire), mais contribue aussi à la péréquation tarifaire avec l'outre-mer, ainsi qu'à financer les tarifs sociaux de l'électricité.

Les particuliers comme les entreprises paient la CSPE, mais celle-ci est plafonnée pour les gros consommateurs d'électricité.

Répartition des dépenses de la CSPE en 2012

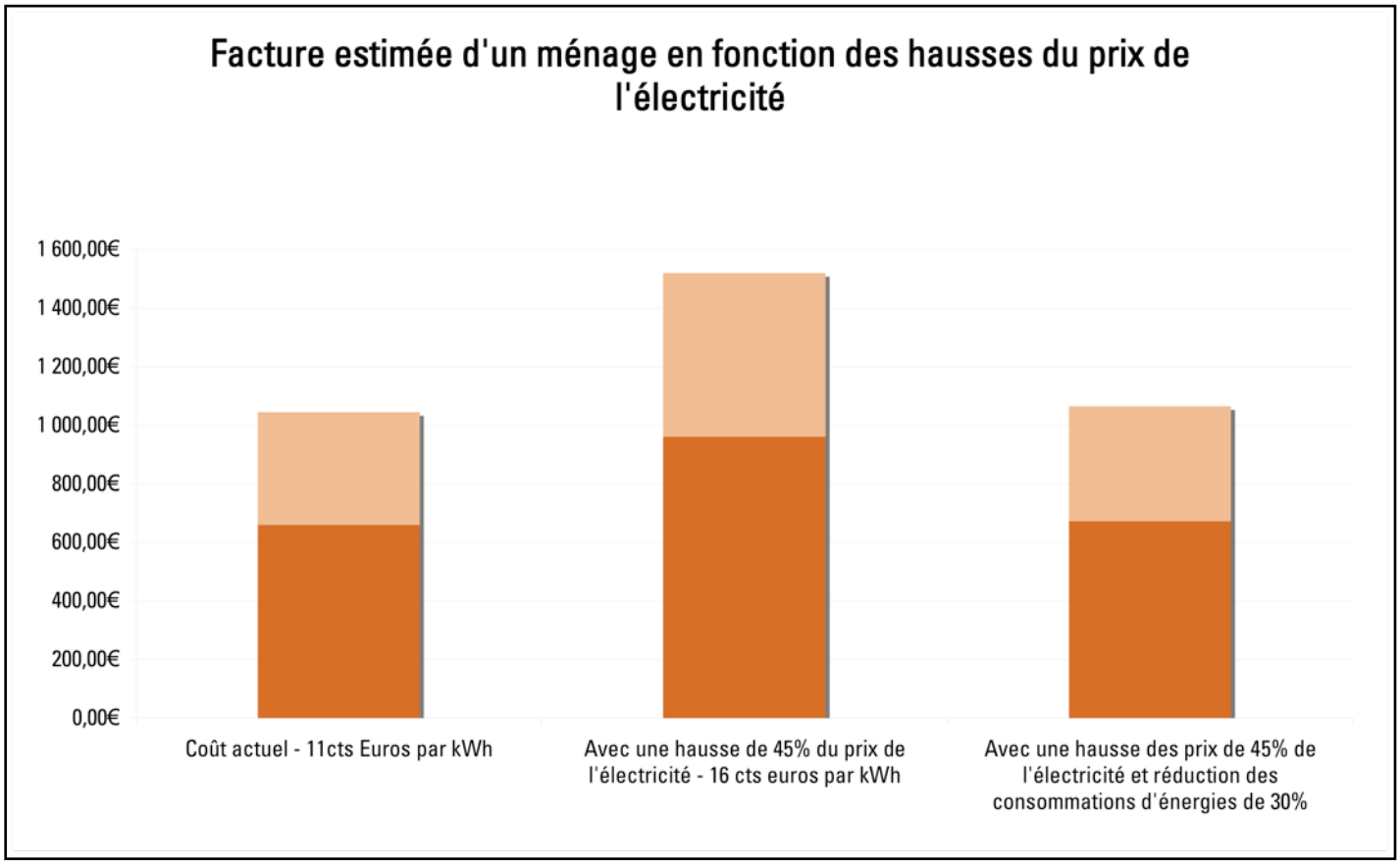


Ainsi, il est clair que si le prix de l'électricité augmente, à la fois en raison des investissements dans le parc classique et dans les énergies renouvelables, et que dans le même temps les consommations continuent à augmenter, les coûts économiques et sociaux risquent de s'emballer. Par contre, la perspective d'une baisse des consommations électriques permettrait de financer les investissements dans le parc de production, notamment renouvelable, en permettant aux consommateurs de maintenir un niveau de dépense acceptable tout en assumant une hausse du prix unitaire du kWh.

En tenant compte de cette hausse inéluctable des prix de l'énergie, le graphique ci-après illustre l'impact d'une réduction de la consommation sur la facture d'un ménage français, en projetant une augmentation de prix de l'électricité de 45% (soit à peu de chose près un alignement sur les prix européens). Dans l'hypothèse où la consommation d'électricité d'un ménage qui utilise l'électricité pour le chauffage, l'eau chaude, et ses usages spécifiques (loisirs, éclairage, électro-ménager) reste équivalente à celle d'aujourd'hui, sa facture connaîtra une hausse importante, de l'ordre de 500 euros par an. Par contre, dans le cas où ce ménage entreprend des actions de réduction de ses consommations (isolation du logement, petits gestes d'économie d'énergie, pas de suréquipement), la facture peut rester stable, même avec une hausse du prix de l'énergie.

Cela montre bien que les actions d'efficacité énergétiques constituent un élément important de l'acceptabilité sociale de l'évolution du modèle énergétique. Elles rendent supportables pour les ménages des choix énergétiques plus durables, qui présentent par ailleurs de nombreux autres bénéfices :

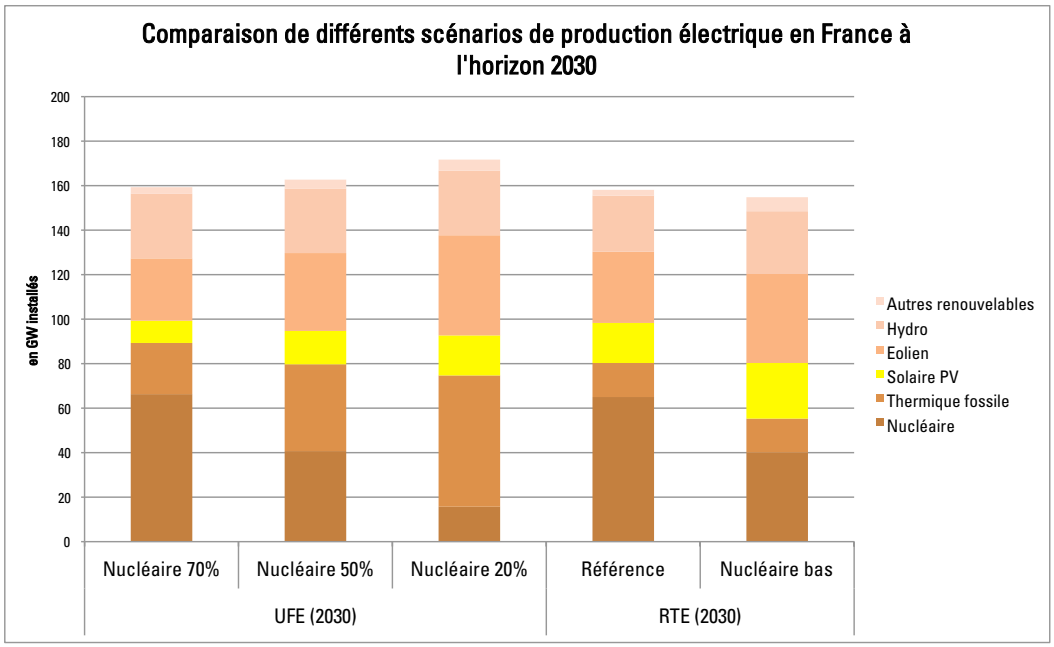
- Réduction de la facture énergétique globale de la France ;
- Amélioration de la sécurité d'approvisionnement énergétique ;
- Développement d'emplois locaux sur les réseaux électriques et les infrastructures de production renouvelables ;
- Réduction des externalités environnementales autres que climatiques (pollution de l'air, risque de dégradation des écosystèmes...).



Quelle place pour le solaire photovoltaïque en France en 2030 ?

Si les exercices de prospective sont toujours périlleux, ils apportent néanmoins un éclairage précieux sur le rôle que peuvent jouer les différentes énergies dans le futur. Les graphiques ci-dessous présentent 5 scénarios réalisés par l'UFE d'un côté et RTE de l'autre, qui estiment le rôle que peuvent jouer les différentes sources d'énergie dans le mix électrique français.

Ces scénarios montrent qu'ils existe en France un débat important sur la possibilité d'inclure fortement les renouvelables dans le réseau électrique. D'un côté l'UFE estime que le développement des renouvelables en substitution du nucléaire implique un recours massif à la production d'électricité thermique, ce qui entraînera inévitablement une hausse des émissions de GES. De l'autre côté, les scénarios de RTE, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité français, laissent envisager un avenir plus radieux pour les ENR, sans entraîner forcément une hausse importante des émissions de GES. Quoi qu'il en soit, on retient de cette comparaison rapide des scénarios qu'il est possible d'imaginer un développement important du solaire photovoltaïque, à condition d'une part que la volonté politique soit au rendez-vous, et que le consommateurs acceptent une hausse des prix de l'énergie de toute manière inéluctable.



➔ *Remarque :*
Le scénario NégaWatt, qui prévoit une sortie du nucléaire dans les années 2030, accompagné d'un fort développement des énergies renouvelables et surtout d'un effort conséquent en matière de maîtrise de la consommation n'est pas étudié ici, car les données pour 2030 ne sont pas encore accessibles.

Les recommandations de la Fondation

- ***Rendre transparente la contribution des consommateurs au financement des énergies renouvelables, en les informant annuellement du montant de leur facture consacrée au développement des énergies renouvelables.***
- ***Maintenir dans le temps un système de tarif d'achat transparent, adaptable en fonction des réductions des coûts observées.***
- ***Fixer un plafond en Euros consacré au soutien de la filière, et non en puissance installée, afin de maximiser le potentiel du solaire photovoltaïque tout en maîtrisant les coûts.***
- ***Accompagner le développement des énergies renouvelables et des mécanismes de soutien par un plan national de réduction des consommations d'électricité, pour limiter l'impact du coût de l'énergie sur la facture des consommateurs, ménages comme entreprises.***

conclusion

L'énergie solaire photovoltaïque répond aux nombreuses exigences environnementales du défi énergétique du XXIème siècle. Avec des ressources importantes, peu de contraintes liées à des matières premières et des émissions de gaz à effet de serre très modestes, le solaire peut s'insérer pleinement dans le mix électrique, aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en développement.

L'heure des choix est venue

Nous sommes donc plus que jamais à un tournant énergétique. Dans un monde où le prix de l'énergie est appelé à croître fortement, en raison aussi bien de la raréfaction des ressources naturelles que des investissements colossaux nécessaires pour renouveler les infrastructures, deux grandes familles de scénarios se dessinent.

Dans le premier, qui poursuit les tendances actuelles, les choix sont peu compatibles avec les grandes options environnementales. Le modèle de surconsommation énergétique se poursuit, entraînant une hausse des émissions de GES. Socialement, la poursuite du scénario tendanciel implique la non-résolution du problème de précarité énergétique dans les pays du Nord, et le maintien des difficultés d'accès à l'énergie dans les pays du Sud.

Dans le second, le couple sobriété & renouvelable est activé et permet une baisse des émissions de GES, accompagnée d'une réduction des consommations énergétiques des acteurs. Si les prix de l'énergie sont eux aussi élevés, ils peuvent être maîtrisés. Mais surtout, le développement des énergies renouvelables implique une relocalisation de la production énergétique et donc une réduction, pour les régions pauvres en ressources fossiles, une réduction de la dépendance aux importations et ainsi une réduction de la facture énergétique.

L'indispensable volonté politique

Parce que le développement de l'énergie solaire photovoltaïque nécessite dans un premier temps d'importants soutiens économiques et financiers, il dépend d'une volonté politique forte. Les différents volte-faces qu'a dû subir la filière photovoltaïque en France, et notamment les révisions successives et subites des tarifs d'achat, a mis en péril le développement harmonieux de l'énergie photovoltaïque dans notre pays. Ainsi, le gouvernement doit s'attacher à construire une politique énergétique de long terme, posant des objectifs ambitieux, et offrant les outils économiques et financiers adéquats, seules conditions permettant aux acteurs photovoltaïques de se projeter avec certitude. L'importance des investissements requis exige en effet un contexte stable, que seul le gouvernement peut garantir.

D'autre part, le développement d'une filière française de production de panneaux et modules photovoltaïques ne peut être garanti que par un soutien en termes de recherche et développement, permettant au marché français de prendre sa place au niveau mondial. De cette manière, notre pays en tirerait un double bénéfice : il aurait à sa disposition des équipements photovoltaïques produits grâce à une énergie déjà faiblement carbonée, plutôt que de se fournir sur des marchés étrangers dont les panneaux photovoltaïques ont un contenu carbone plus important ; il obtiendrait d'importants bénéfices économiques et sociaux, contribuant à la valeur ajoutée de la France et créant des emplois locaux non délocalisables. Il est en effet primordial de souligner que le contenu en emploi des énergies renouvelables est plus important que dans les autres filières énergétiques. C'est donc une manière bénéfique tant du point de vue environnemental qu'économique ou social de contribuer à la sortie de la crise multiple à laquelle est aujourd'hui confrontée la France.

L'énergie solaire photovoltaïque
état des lieux et analyse

Afin de mettre en lumière les différents enjeux liés au photovoltaïque, et d'appréhender son véritable potentiel dans un contexte de crise climatique et énergétique, il est important de permettre un état des lieux reposant sur des éléments factuels et les nombreuses études réalisées par la communauté scientifique au cours des dernières années. Cette analyse permet également de poser les principales questions encore soulevées par cette énergie. La Fondation a donc choisi de travailler à la réalisation d'un tableau de bord de l'énergie solaire photovoltaïque "Etat des lieux et analyse: l'énergie solaire photovoltaïque".

Retouvez la publication de la Fondation Nicolas Hulot en téléchargement gratuit sur notre site Internet. >