



## Compte-rendu de la réunion du 10 octobre 2016

### Énergies renouvelables : bilan actuel et perspectives

#### 1. Exposés

##### **Energies renouvelables dans la transition énergétique et perspectives technologiques**

Jean-Louis BAL, Président du Syndicat des Energies Renouvelables

*La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation*

- Le marché des renouvelables se développe rapidement et a représenté en 2015 un investissement de 286 milliards de dollars dans le Monde. La puissance installée de l'énergie éolienne a atteint 433 GWc., celle du parc photovoltaïque s'élève à 227 GWc
- Les coûts du photovoltaïque ont beaucoup baissé. Dans les cas les plus favorables (puissance installée importante, fort ensoleillement), ils peuvent descendre à 33 Euros/MWh (Mexique) ou même 25 Euros/ MWh (Abu Dhabi).
- Ces baisses de coût sur le photovoltaïque ont eu comme effet un ralentissement des projets de solaire à concentration.
- En France, le développement tendanciel des EnR se poursuit, mais l'objectif de 23% dans la consommation finale d'énergie ne devrait être atteint (en projection tendancielle) qu'en 2023 au lieu de 2020, comme c'était prévu dans la loi de transition énergétique.
- Une pénétration importante des EnR à un niveau de 20-25% va nécessiter des moyens spécifiques pour adapter l'offre à la demande.
- Les technologies de stockage, et notamment les batteries progressent, compte-tenu, notamment, des besoins de l'automobile. Le coût des batteries au lithium est descendu de 1000 Euros par kWh stocké à 300 Euros
- Le soutien par les politiques publiques reste nécessaire, ainsi qu'un vrai prix du CO2.

##### **Le photovoltaïque : avancées en cours**

Daniel LINCOT, Directeur Scientifique IPVF

*La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation*

- Le développement du photovoltaïque est lié à la baisse des coûts et à la progression des rendements.
- Une étape décisive dans le développement des capteurs au silicium a été la construction d'usines dédiées à la production de silicium de qualité photovoltaïque, alors qu'auparavant on se contentait d'employer les rebuts de l'industrie électronique.
- Lorsque la capacité de production est multipliée par 2, le coût est réduit de 22%.



- L'IPVF a été créé pour mener la recherche amont, afin de concevoir les futures générations de dispositifs, avec comme ambition de devenir l'un des principaux centres mondiaux de recherche, d'innovation et de formation sur le photovoltaïque.
- L'énergie solaire reçue varie entre 1,3 (région parisienne) et 2,7 MWh (au Sahara) par m<sup>2</sup> et par an.
- Le rendement des cellules solaires a progressé. Au laboratoire, il atteint 26,3 % pour le silicium monocristallin, 21,3% pour le silicium polycristallin et 13,6% pour le silicium amorphe. Il s'élève à 28,8% pour les cellules Mono-C GaAs, mais la limite pratique se situe aux environs de 30%.
- Le rendement dépend de la largeur de la bande interdite. Lorsque celle-ci augmente, la tension recueillie augmente, mais l'intensité diminue. Le maximum de puissance est obtenu pour une largeur de bande comprise entre 1,1 et 1,5 eV.
- On peut dépasser la limite de 30% avec des cellules multi-jonctions, en superposant des couches dont la largeur de bande interdite va en diminuant.
- De nouvelles générations de cellules peuvent être réalisées en déposant une couche mince d'arséniure de gallium (GaAs) sur du silicium. D'autres combinaisons sont possibles.
- De nouveaux matériaux qui n'étaient pas du tout considérés auparavant se développent, avec des résultats intéressants : perovskites, matériaux poreux imprégnés, polymères organiques.

## 2. Discussion / Conclusion

Débat animé par Pierre Odru et Jean-François Le Romancer, Animateur du Groupe Energies renouvelables et Stockage de l'Énergie

### **Pénétration des renouvelables**

- Le problème de la prédictibilité de la ressource est atténué par le foisonnement. Le passage d'un nuage peut conduire à une variation imprévisible sur un site particulier, mais cette variation ne concerne pas l'ensemble des sites.
- Les énergies renouvelables sont mal adaptées aux besoins des industries intensives (aluminium, PVC), qui demandent une fourniture d'énergie en continu.
- En cas de substitution du nucléaire par les renouvelables, si le back up est assuré par des énergies fossiles, il en résulte une hausse des émissions de CO<sub>2</sub>. Selon les derniers chiffres publiés par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement (UBA), les émissions de GES en Allemagne ont augmenté de 6 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2015 par rapport à l'année précédente, soit une hausse de 0,7 %. Elles atteignent désormais 908 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Entre 1990 et 2015, les émissions en Allemagne ont cependant baissé de 27,2 %.
- En France, d'après le bilan 2015 publié par RTE, les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation de combustibles primaires en production d'électricité ont également augmenté de 2014 à 2015. Cette évolution liée à l'augmentation de la consommation brute et à la diminution de la production hydraulique, a engendré une reprise des



émissions de CO<sub>2</sub> (+21,7%). La majeure partie de ces émissions est due à l'augmentation de la production thermique à gaz. Le volume des émissions de CO<sub>2</sub>, sans prise en compte de l'autoconsommation, reste cependant en recul par rapport à 2013 avec une diminution de 28%.

- Le développement de moyens de stockage en complément de la production des EnR reste à terme indispensable pour produire de l'électricité décarbonée.

### **Cellules photovoltaïques**

- Il existe une limite thermodynamique au rendement, ce qui peut paraître surprenant: l'ensemble qui nous fournit de l'énergie constitue un système qui comprend une source chaude (soleil T=6000K) et une source froide (cellule T=300K). Le principe de Carnot nous indique que le rendement maximum est  $\rho = 1 - (300 / 6000) = 0,95$
- Le bilan carbone n'est pas nul, mais les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la fabrication des cellules seraient compensées au bout d'un délai de un à trois ans, relativement court, par rapport à la durée de vie des cellules. L'empreinte carbone des panneaux voltaïques est l'une des plus faibles parmi tous les dispositifs de génération d'électricité : 24 g environ par kWh produit.
- Les panneaux sont fabriqués principalement en Chine. Cela est dû à l'investissement massif opéré par les Chinois. Ceci étant, les panneaux ne représentent que 25% environ du coût total d'un système.
- Une des principales contraintes consiste à trouver des surfaces inutilisées pour placer les capteurs (toitures, parkings, etc). Un projet futuriste consiste à produire de l'électricité dans l'espace.
- Certains éléments utilisés pour les couches minces peuvent être toxiques. Toutefois, alors que le cadmium est toxique, le tellure de cadmium ne pose pas de très gros problèmes de manipulation.
- Le projet de centrale solaire photovoltaïque géante (plusieurs km<sup>2</sup>) dans l'espace est toujours actif. Le rendement serait dix fois supérieur à celui d'une centrale solaire implantée sur Terre. Porté par l'agence japonaise d'exploration spatiale (Jaxa), il a le support d'Airbus Group (ex-EADS) et de quelques entreprises européennes. La transmission des microondes est techniquement faisable, mais pose des problèmes de sécurité. Ce sont la construction et la maintenance de la première station elle-même qui décideront de sa réalisation à l'horizon 2030 - 2040.
- Il paraît intéressant de développer nouvelles options, pouvant s'intégrer dans le bâti ou dans d'autres types de structures. Les cellules semi-transparentes peuvent servir dans de nombreuses applications (serres, verrières)

### **3. Prochaine réunion**

**Energies Renouvelables et réseaux intelligents**  
Lundi 9 janvier 2017