



# CAUSES & ENJEUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

*Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC « Causes et enjeux du changement climatique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.*

## *Rechercher les conditions technologiques d'une transition énergétique intelligente*

**Nadia MAÏZI**

*Professeur – MINES ParisTech*

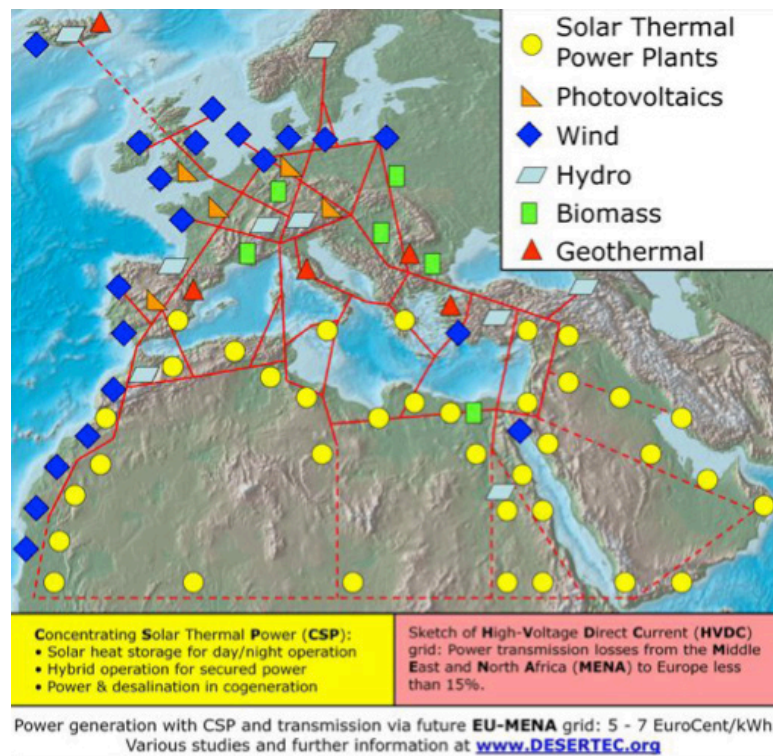
On va aborder maintenant les questions liées aux potentialités que les technologies peuvent apporter aux réductions d'émissions de gaz à effet de serre tant du côté de l'offre, que du côté de la demande.

- Et pour illustrer mon propos, je vous propose de nous concentrer sur le secteur électrique qui est un secteur emblématique de l'accélération du réel pour trois raisons qui nécessitent sa mutation.
    - Alors, ces raisons, c'est tout d'abord l'explosion de la demande dans l'électricité qui préfigure des investissements gigantesques.
    - De plus, ce secteur est un des premiers concernés par la raréfaction des ressources fossiles puisqu'il est extrêmement émetteur.
- ⇒ C'est le premier secteur contributeur en termes de production électrique, il pèse pour 45 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales.

Donc à travers l'étude d'un petit exemple, je voudrais vous montrer ce que seraient les conditions d'une transition intelligente de ce secteur, c'est-à-dire une transition qui nous permette à la fois de nous adapter aux changements que je viens d'exposer tout en conservant

les qualités de fourniture d'électricité que nous connaissons aujourd'hui, en rationalisant les investissements à venir et en étant le moins émissifs possible.

- ⇒ On peut voir une multitude de recommandations émerger pour sous-tendre cet objectif.
- Alors tout d'abord, si on regarde ce transparent illustré par la vision DESERTEC, qui n'a pas abouti, de déploiement d'énergie intermittente sur l'Europe du Sud et le Maghreb, on peut avoir comme type de solution proposée des solutions en génération.



- Donc ces sources renouvelables mais aussi le nucléaire que l'on peut présenter comme une technologie zéro émission ou des technologies de capture et de séquestration de dioxyde de carbone.
- On peut aussi proposer des solutions qui sont dites d'instruments et de mesures, c'est-à-dire des instruments de marché : marché du carbone, quotas, taxes, prix, subventions, des engagements nationaux, des lois d'orientation de la politique énergétique, des lois qui inscrivent le Facteur 4 - c'est-à-dire qui disent que, pour nous la France, nous diviserons par quatre nos émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 par rapport au niveau de 90, ou alors des engagements internationaux comme ceux qui seront discutés dans les conférences du climat à venir -.
- Et puis il y a également des bouquets techniques qui sont proposés, qui vont être des solutions dites d'efficacité énergétique, de *smartgrids*, *smartwater*, c'est-à-dire réseaux électriques intelligents, villes intelligentes, villes durables, mobilité électrique, biocarburants, réseaux centralisés, décentralisés.

- En fait, toutes ces propositions constituent un imbroglio de solutions, de recommandations techniques et politiques qu'il s'agit de démêler.
- Et pour cela, il est nécessaire de les prendre en compte dans des visions de long terme qui permettent de réconcilier des échelles de temps et d'espace, de prendre en compte l'aspect systémique de ces solutions, de savoir si l'on n'est pas en train d'appuyer sur un morceau du matelas pneumatique faisant remonter tout le reste, et d'effectuer des arbitrages en conséquence.

Alors pour cela, ce que je vous propose, c'est d'explorer le cas de l'île de la Réunion qui est une île qui souhaite être 100 % renouvelable en 2030 et qui présente un contexte tout à fait idéal pour le développement de ces ressources.

- Donc, si l'on considère des modèles qui permettent de décliner le long terme, des modèles d'offre technologique, on peut par exemple proposer le scénario que vous avez sous les yeux et qui permet d'exploiter les ressources naturelles abondantes venant de l'océan : donc des ressources sur la conversion thermique des océans, les vents (de l'énergie éolienne), le soleil de l'énergie (à base de panneaux photovoltaïques).



- ⇒ Donc on voit que ce scénario, qui était gris au début, c'est-à-dire basé sur des ressources fossiles, essentiellement de l'importation de charbon et des ressources pétrolières, va se verdier et devenir de plus en plus vertueux.

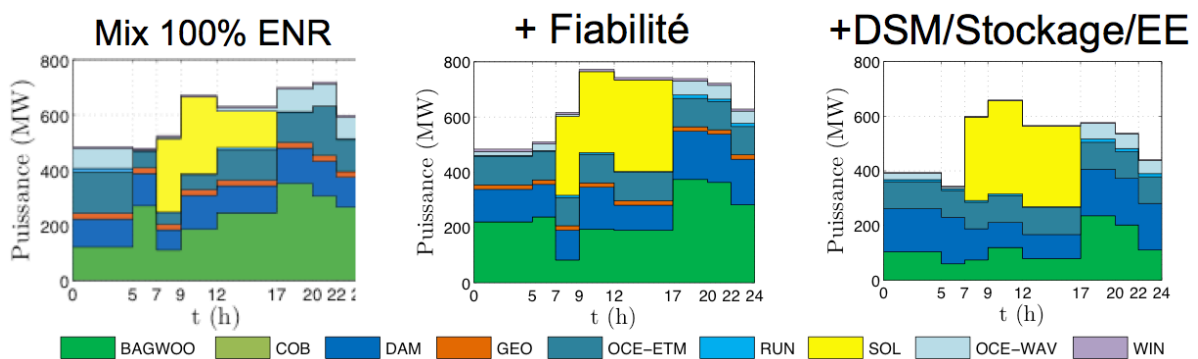
Je ne le commente pas plus, parce que ce que je voudrais discuter maintenant, c'est une fois que ces scénarios sont élaborés, sont proposés, quelles sont les conditions techniques de leurs réalisations ?

- Il faut aller plus loin pour comprendre que les systèmes sous-tendus vont être des systèmes complexes comme par exemple le système électrique et que ce système, ce que

l'on souhaite, c'est qu'il soit fiable, c'est-à-dire que l'on puisse rétablir sa stabilité après une fluctuation de charge via le contrôle de ces réserves et ces qualités techniques permettent d'envisager en fait des questions de très court terme alors que les visions et les scénarios proposés dans les différentes publications sont des scénarios de très long terme.

- Donc pour adresser ces questions, et bien nous avons développé un indicateur de fiabilité qui va permettre d'éviter les événements, tel que celui illustré par la photographie, dans lequel vous vous rappelez sans doute, on représente le black-out de l'Europe créé à partir d'incidents en Italie, en 2003.
- Donc, ces combinaisons techniques, ce qui est intéressant c'est maintenant d'essayer de les évaluer avec les éléments scientifiques dont nous disposons.

Alors, ce que je vous propose, c'est simplement de vous raconter ce qu'il y a sur ces trois schémas et qui représente la correspondance de notre scénario de 2030 - 100 % renouvelable à la Réunion, avec ce qui se passerait pendant une journée type d'été si le mix de production d'électricité tel qu'on la conçu était installé.



Un jour d'été type en 2030 à La Réunion

**Perte en fiabilité**

**ENR ≥ 50%**

**ENR ≥ 50%**

**↗ % capacités : 9.4**

**↘ % capacités : 6**

Source : S. Bouckaert et al, Energy Procedia, 2014, CMA/MINES ParisTech

- Alors complètement à gauche, vous avez un mix qui est 100 % d'énergies renouvelables et on constate, quand on mesure avec nos indicateurs de fiabilité, que l'on va avoir une perte en fiabilité, c'est-à-dire qu'on n'aura pas assez de réserves pour pouvoir assurer l'équilibre offre/demande à chaque instant.
- ⇒ C'est traduit d'ailleurs par la pénétration du jaune : on voit que pendant certaines heures de la journée, on a beaucoup de ressources photovoltaïques et ce que l'on sait, c'est que cette ressource photovoltaïque, elle est fatale, c'est-à-dire que si on ne l'utilise pas tout de suite et bien on la perd.

- Alors, on a ajouté des conditions qui sont des conditions de fiabilité et on a contraint notre scénario pour que la fiabilité dont on dispose aujourd'hui en référence à notre scénario 2010, et bien ce soit la même sur l'horizon prospectif de déploiement de ce scénario 100 % renouvelable.
- ⇒ Là, on arrive à des résultats très intéressants parce qu'il faut savoir qu'à la Réunion aujourd'hui, le régulateur, c'est-à-dire celui qui opère le réseau qui n'est autre qu'EDF d'ailleurs, limite à 30 % la pénétration de renouvelable d'origine intermittente, c'est-à-dire provenant du vent ou du soleil, à chaque instant, en puissance appelée.
- ⇒ Or, nous ce que nous avons pu prouver, c'est que l'on peut faire pénétrer cette énergie intermittente à hauteur de 50 % sous réserve que l'on installe des capacités supplémentaires de 9,4 % par rapport au scénario 100 % ENR qui ne donnait aucune condition technique à sa réalisation.
- Si on va un peu plus loin, on regarde la dernière figure, et là on se rend compte que si on ajoute en plus du côté de la demande des efforts, c'est-à-dire que l'on réalise ce que l'on appelle du *demand side management*, de l'effacement (les consommateurs s'effacent pendant certaines périodes, acceptent que certains usages qu'ils font de l'électricité soient décalés), si l'on ajoute du stockage et si l'on ajoute de l'efficacité énergétique (c'est-à-dire si l'on prend des technologies extrêmement efficaces pour réaliser notre production d'électricité), alors le résultat devient encore plus intéressant, c'est-à-dire que non seulement la pénétration des énergies intermittentes peut aller au-delà de 50 %, mais en plus on n'est même pas obligés d'augmenter les capacités supplémentaires, au contraire, on va diminuer ces capacités installées.

Donc tout ça pour dire que si on considère les enjeux du réchauffement climatique et que l'on cherche à déployer des systèmes qui soient adaptés dans une transition intelligente à réduire ces émissions, et bien on peut également constituer des systèmes techniques qui ont de très bonne qualités par rapport à celles que l'on a aujourd'hui et ne pas simplement déployer sans prendre en compte ces contraintes des solutions parce qu'elles sont vendables ou médiatiques.

Donc, pour conclure, ce que je vous proposerais, c'est de suivre le principe énoncé par Pascal sur le monde politique : « travaillons donc à bien penser, c'est le principe de la politique. ». Sans quoi toutes les transitions sont envisageables et surtout, prenons en compte la place du citoyen qui va être sans doute déterminante pour arbitrer dans le futur ces enjeux autour du climat.