

# Prévision de la ressource éolienne

MAKHOULFI Saida, Maître de Recherche B  
 Division Energie Eolienne - CDER -  
 CDER E-mail : s.makhloufi@cder.dz

## Introduction

Avec les nouveaux engagements visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et l'épuisement des ressources pétrolières, la production de l'électricité à partir des énergies renouvelables est devenue une solution inévitable, prédominante et efficace. En Algérie, de nombreuses études portant sur l'intégration des sources d'énergie renouvelables dans le système électrique ont été élaborées afin d'accompagner la politique énergétique du gouvernement. Pour la technologie de l'énergie éolienne, bien que la capacité totale installée de nos jours ne soit que de 10.2 MW, l'Algérie vise à relever la puissance éolienne installée à 5010 MW à l'horizon 2030 (Figure 1).

prévisions peuvent améliorer la stabilité du système électrique et participent souvent à la réduction des coûts de fonctionnement (1).

En effet, si nous pouvons prévoir la production d'une éolienne convenablement et avec précision, le système électrique peut non seulement augmenter sa capacité de réserve, mais aussi réduire l'impact négatif de l'intermittence du vent sur le système lui-même. Ainsi, le taux d'utilisation de l'énergie éolienne augmente considérablement.

A cet effet, depuis la fin des années 80, parallèlement à l'augmentation mondiale de la capacité éolienne installée, de nombreux travaux ont été orientés vers le développe-

physiques et approches statistiques. L'approche physique (ou déterministe) utilise des données de prévisions météorologiques d'un site (température, pression, rugosité de surface et caractéristiques physiques du terrain local), extrapolées à la hauteur du moyeu de l'éolienne. La puissance éolienne attendue est obtenue utilisant la courbe caractéristique de l'éolienne qui exprime la conversion de la vitesse du vent en puissance. L'avantage des modèles physiques est qu'ils ne nécessitent pas beaucoup de données historiques. Ils peuvent donc être adaptés aux nouveaux parcs éoliens. Néanmoins, ces modèles sont complexes et nécessitent de bonnes connaissances météorologiques ainsi que les caractéristiques du site.

L'approche statistique est basée sur un ou plusieurs paramètres et permet d'établir une relation entre les valeurs historiques des données météorologiques et la puissance éolienne prévisionnelle. Les paramètres statistiques estimés, y compris les prévisions météorologiques et les puissances attendues, peuvent être mis à jour en utilisant des données météorologiques récentes. Les modèles statistiques sont classés en modèles linéaires et modèles non linéaires. Les modèles linéaires incluent principalement le modèle ARMA, le modèle de filtre de Kalman, etc. Parmi les modèles non linéaires, nous pouvons citer le modèle de machine à vecteur de support, le modèle d'intelligence artificielle, les approches hybrides intelligentes, etc. En général, les modèles statistiques permettent d'obtenir la relation entre les données d'entrée et de sortie.

En raison de l'irrégularité du fonctionnement des éoliennes, les prévisions peuvent produire un risque d'incertitude du système électrique. Par conséquent, la prévision probabiliste, qui fournit des informations précises sur l'incertitude ou sur les indices de risque des prévisions, a fait l'objet de nombreux travaux de recherche.

Dans la plupart des modèles commerciaux, les modèles physiques sont combinés aux modèles statistiques. Il en résulte de très bonnes prédictions de la ressource éolienne.

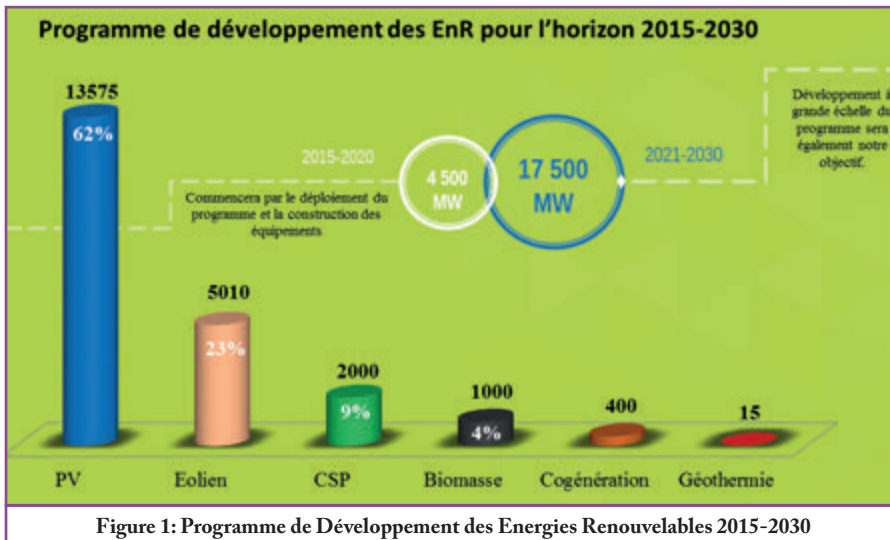


Figure 1: Programme de Développement des Energies Renouvelables 2015-2030

Cependant, les caractéristiques de l'énergie éolienne sont différentes de celles de l'énergie conventionnelle. L'intégration des 5010 MW entraîne donc des défis importants pour le système électrique. La fluctuation continue et le comportement aléatoire du vent ainsi que les changements météorologiques font que la puissance produite est instable et imprévisible. La variation rapide de la puissance d'une éolienne provoque souvent de sérieux problèmes dans les systèmes électriques, notamment dans les cas des réseaux électriques isolés ou de petite taille. Les prévisions à toutes les échelles de temps de la production énergétique des éoliennes permettent de mieux gérer ces problèmes. Les

modèles et approches de prévision précise de l'énergie éolienne. Dans les pays ayant une part importante de l'énergie éolienne dans leur système électrique (comme le Danemark, l'Allemagne et l'Espagne), la prévision de l'énergie éolienne (et des énergies renouvelables) constitue une part essentielle du marché de l'électricité car elle permet d'aider les compagnies d'électricité à prendre des décisions pertinentes concernant l'achat ou la vente de l'énergie.

## Modèles de prévision

En ce qui concerne les méthodes de prévision de l'énergie éolienne, les techniques qui existent peuvent être divisées en approches

## Différentes échelles de temps de prévisions

Une autre classification des modèles de prévision peut être adoptée selon l'échelle du temps, à savoir :

- 1) Prévision à très court-terme, où l'échelle de temps varie de quelques secondes à 30 minutes. La prévision à très court terme s'utilise pour le contrôle de la turbine. Ces approches reposent généralement sur des modèles statistiques, notamment le RNA.
- 2) Prévision à court-terme, où l'échelle du temps peut varier entre de 30 min et 6 h, en fonction de la taille du système et du type d'unités conventionnelles disponibles (comme les groupes électrogènes diesel ou les turbines à gaz, dont l'autonomie peut être inférieure à 3 h). Seules quelques applications intègrent ce type d'application en temps réel. Ces dernières sont utilisées pour les systèmes électriques isolés ou de petite taille. Plusieurs outils ont été développés pour la prévision de l'énergie éolienne à court terme parmi lesquels WPPT, Predictor, Zephyr, Ewind, WPFs et AWPPS.
- 3) Prévision à moyen-terme, dont l'échelle de temps varie de 6 h à 24 h. Les prévisions à moyen terme sont exigées par différents utilisateurs (services publics, opérateurs de marché d'électricité, gestionnaires de transport, opérateurs du système, etc.) et ce, pour différentes applications telles que la répartition économique de la production, l'évaluation de la sécurité dynamique, la gestion du marché de l'électricité, etc.
- 4) Prévision à long-terme, avec une échelle de temps allant d'une journée à 7 jours ou plus. La prévision à long terme est utilisée pour l'établissement du planning de maintenance des éoliennes, des décisions d'engagement des unités et des décisions relatives aux exigences de réserve (cela vise particulièrement la sécurité du système électrique). Des échelles de temps encore plus longues permettraient de prévoir le planning de maintenance de grandes centrales d'éoliennes ou des lignes de transmission.

De bons résultats prévisionnels peuvent être obtenus par les approches statistiques pour différentes échelles de temps (à court, moyen et long terme). Mais l'utilisation des approches physiques devient nécessaire à court et à long terme en raison de l'impact des changements climatiques.

## Evaluation des modèles de prévision

On évalue les modèles de prévision en calculant la différence entre la production réelle et la production prévisionnelle. Généralement, ces évaluations sont effectuées en utilisant l'erreur moyenne, l'erreur moyenne absolue (Mean Absolute Error, MAE), l'erreur quadratique moyenne (Mean Square Error, MSE), la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (Root Mean Square Error, RMSE), l'histogramme de la distribution de fréquence de l'erreur, le coefficient de corrélation (R), l'erreur absolue moyenne en pourcentage (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) et le coefficient de détermination (R2). L'erreur sur la prévision augmente avec l'échelle de temps. Une erreur de prévision importante peut entraîner une augmentation des coûts de fonctionnement (2).

Les modèles de prévision de la ressource éolienne, précis et fiables, ont contribué dans une large mesure à l'augmentation du taux de pénétration de l'énergie éolienne. WPMS est l'un des modèles de prévision en temps réel à court terme commerciaux les plus avancés. Ce modèle a montré d'excellentes performances avec un RMSE de 7% à 19%. AWPPS a été adapté et validé avec succès à plusieurs parcs éoliens, implantés sur différents types de terrains (plats ou complexes). La prévision des performances d'un seul parc éolien varie entre 2% et 5% pour des prévisions sur l'heure suivante et de 10% à 15% sur les 48 heures à venir. Les prévisions régionales des performances peuvent aller jusqu'à 10% pour les 24 heures à venir [2].

## Conclusion

Le secteur énergétique subit actuellement de fortes pressions pour intégrer les sources d'énergie renouvelables, et répondre à la politique énergétique de l'Algérie. Selon le dernier Programme National des Energies Renouvelables (2015-2030), l'énergie éolienne représente 23% de la capacité globale des énergies renouvelables à installer. Les variations aléatoires de l'énergie éolienne sont l'un des principaux obstacles à l'augmentation de la part de cette source d'énergie en Algérie. Des difficultés de gérer l'ensemble du parc de production et particulièrement, les centrales thermiques, les centrales à gaz et les centrales à cycles combinés, vont apparaître, en raison des changements météorologiques et de la complexité géographique de chaque région de l'Algérie. Ceci montre la nécessité de développer des outils de prévision de la ressource éolienne aussi précis que possible. Des modèles de prévision adaptés à chaque zone géographique sont nécessaires pour plus de précision. Une bonne prévision permet de gérer facilement les réserves de puissance et les transits de puissance entre les régions. Aussi, au CDER, nous travaillons non seulement sur l'intégration de l'énergie éolienne au réseau, mais aussi sur les modèles de prévision adéquats à chaque région de l'Algérie.

## Références

1. George Kariniotakis. Renewable Energy Forecasting From Models to Applications. A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, Elsevier Ltd, 2017.
2. S.Makhloufi and G.P.Gobind, 'Wind Speed and Wind Power Forecasting Using Wavelet Denoising-GMDH Neural Network, The 5th International Conference on Electrical Engineering – Boumerdes (ICEE-B), October 29-31, 2017, Boumerdes, Algeria.

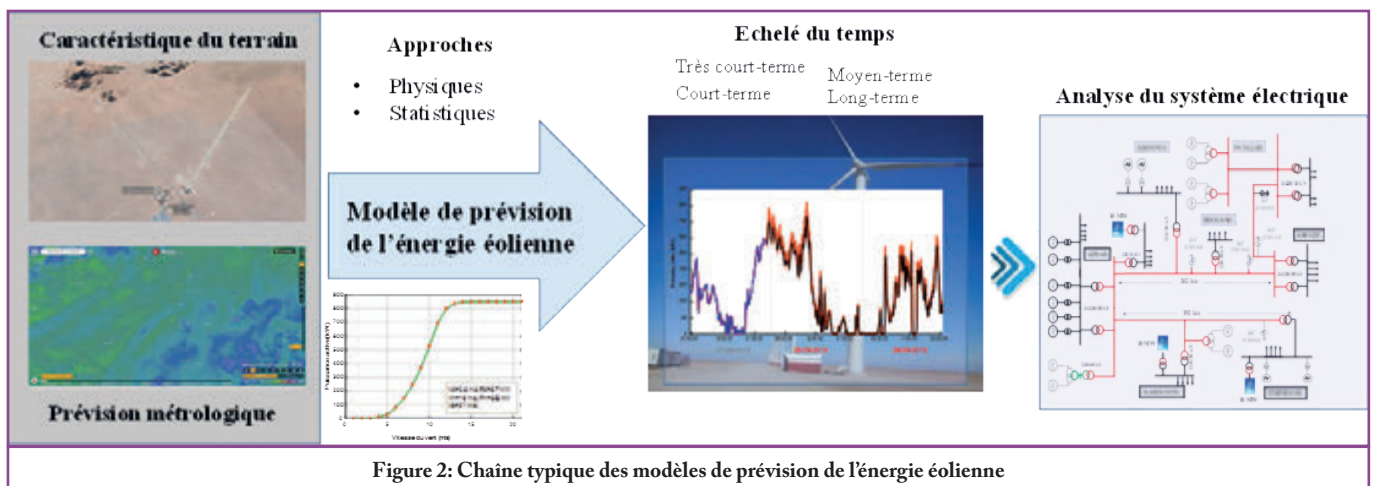


Figure 2: Chaîne typique des modèles de prévision de l'énergie éolienne