

Variabilité hydro-climatique et intégration d'énergies renouvelables en Europe: Évaluation multi-échelle de l'équilibre production-demande pour différentes sources et combinaisons d'énergies.

Dans un contexte de changement climatique, l'intégration des énergies renouvelables aux systèmes électriques est un enjeu majeur des décennies à venir. Les énergies liées au climat (photovoltaïque, éolien et hydro-électricité) peuvent contribuer à une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cependant, elles sont fortement intermittentes et la production électrique associée peine à répondre à la demande.

Cette étude vise à évaluer la faisabilité météorologique du développement d'un système de production électrique basé sur les sources d'énergie liées au climat (CRE - Climate-Related Energy). Nous considérons uniquement leurs variations spatiotemporelles et supposons un équilibre entre production et demande moyennes. Nous avons développé CRE-Mix, une chaîne de modèles permettant de convertir les variables météorologiques en chroniques énergétiques. Cet outil permet l'estimation des fluctuations spatiotemporelles de production et de demande énergétiques résultant de la variabilité hydro-climatique. Pour une sélection de régions en Europe, nous évaluons la facilité d'intégration des CRE en fonctions de leur cohérence temporelle avec la demande. Pour chaque source d'énergie et de multiples mix énergétiques nous estimons successivement (i) le taux de pénétration moyen (PE), qui quantifie la proportion de demande satisfaite sur une longue période et (ii) les caractéristiques des périodes de faible pénétration pour lesquelles le taux journalier de demande satisfaite reste bas pendant plusieurs jours consécutifs. Les résultats montrent que les systèmes basés sur une seule source ont du mal à répondre à la demande et souffrent de longues périodes de faible PE, en raison de leur variabilité temporelle. Cependant, une combinaison d'énergies, l'utilisation de systèmes de stockage ou l'échange d'énergie entre régions, permettent d'augmenter fortement la fiabilité des CRE (PE proche de 100% et rares/courtes périodes de faible pénétration).

Cette étude, basée sur 30 ans, a été étendue à l'ensemble de XX^{ème} siècle afin d'évaluer les fluctuations basse fréquence des CRE résultant de la variabilité interne du climat. De longues chroniques régionales de production et de demande ont été générées grâce au développement d'une méthode de descente d'échelle statistique basée sur les analogues atmosphériques (SCAMP). Cet outil génère des scénarios météorologiques multivariés physiquement cohérents. Les résultats montrent que les variations basse fréquence des CRE sont influencées par les grandes oscillations océano-climatiques. De plus, on montre que les variations multi-décennales de l'hydro-électricité sont particulièrement importantes avec notamment une différence en PE supérieure à 15% d'une décade à l'autre et des périodes de faible pénétration aux caractéristiques très irrégulières.

Enfin, nous évaluons la pertinence de systèmes électriques basés sur les CRE en climat futur. SCAMP permet de produire des scénarios régionaux de variables météorologiques à partir des modèles climatiques issus des simulations CMIP5. Pour les précipitations, les tendances simulées par SCAMP sont en désaccord avec de nombreuses études. L'application de SCAMP en "modèle parfait" semble indiquer que le lien entre les situations atmosphériques de grande échelle et les précipitations totales, mais également convectives et stratiformes, change en climat futur.