

Analyse de l'incident survenu sur le réseau synchrone de la plaque continentale européenne le 8 janvier 2021

Jean-Paul HULOT

1. INTRODUCTION

Un incident sur le réseau électrique européen, qui constitue une alerte très sérieuse, s'est produit le 8 janvier 2021. Il est intéressant d'analyser le phénomène : quels sont les faits et comment l'évènement a-t-il pu être maîtrisé ?

Le réseau synchrone européen (voir figure 1) regroupe les gestionnaires de réseaux de transport d'électricité de 24 pays de l'Europe continentale, il constitue l'un des plus grands systèmes électriques mondiaux.

Il est un sous-ensemble de l'ENTSO-E¹ qui regroupe 42 gestionnaires de réseaux de 35 pays de l'Europe. Ces réseaux représentent une capacité de production de 1,2 TW, une production annuelle de plus de 3 600 TWh et des échanges annuels entre gestionnaires de réseau de plus de 400 TWh.

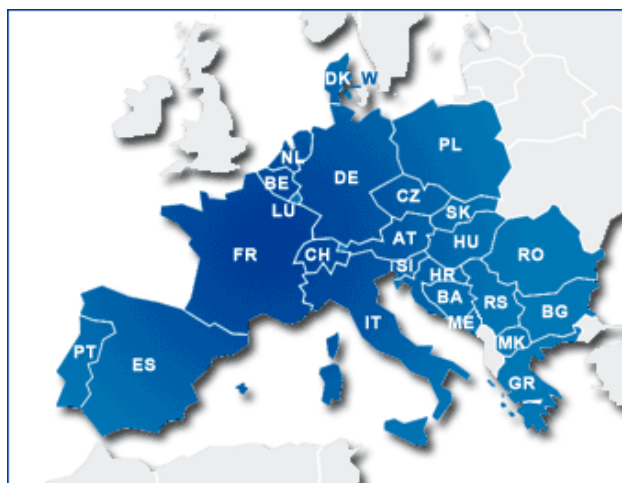


Figure 1 : réseau synchrone européen

2. LE CONTEXTE

Le 8 janvier en milieu de journée il faisait très chaud en Roumanie, Grèce (+ 28°C à Athènes), Bulgarie et Turquie alors qu'il faisait froid dans toute la zone ouest de l'Europe (- 10°C à Madrid et - 20°C en Autriche au-dessus de 600 m). L'Europe du sud-est était fortement exportatrice et l'Europe du nord-ouest était importatrice, principalement les pays de l'est de cette zone.

La production éolienne est très faible dans la zone N-O, le facteur de charge est de 8 % en France [1] et de 7 % en Allemagne [2].

Le flux d'échange entre ces deux zones peut être estimé à 6 000 MW.

3. LES FAITS

À 14 h 05, heure française et 13 h 05 temps universel, suite à la surcharge d'une ligne haute tension dans la zone S-E, deux disjoncteurs s'ouvrent, par surcharge de courant, dans un poste électrique en Croatie. Cela entraîne par un effet domino la surcharge d'autres lignes qui s'ouvrent à leur tour ; puis la scission du réseau électrique en deux zones séparées (voir figure 4).

La zone S-E, qui était fortement exportatrice vers la zone N-O, se retrouve en sur production, ce qui entraîne une sur fréquence.

La zone N-O, qui était fortement importatrice à partir de la zone S-E, se retrouve en sur consommation, ce qui entraîne une sous fréquence. La chute de fréquence est de 250 mHz. La figure 2 met en évidence cette chute de fréquence brutale, 250 mHz est une valeur élevée.

¹ European Network of Transmission System Operators for Electricity.

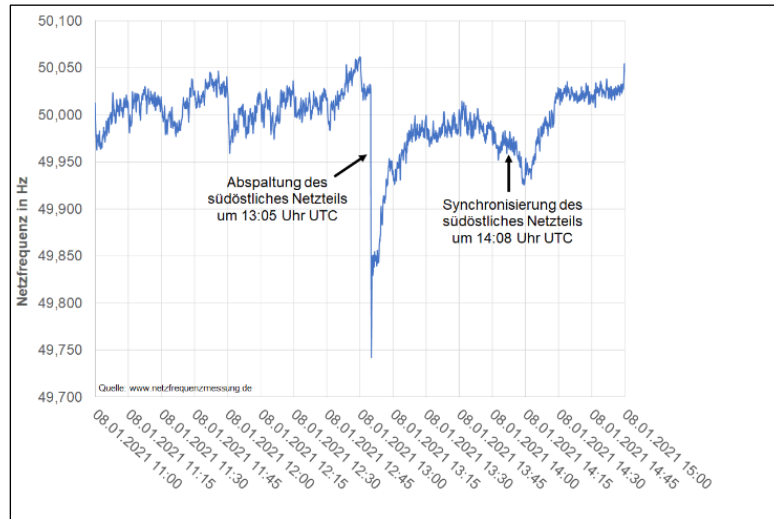


Figure 2 : fréquence du réseau dans la zone N-O (heures UTC)

Cette chute de fréquence dans la zone N-O est accompagnée d'une forte augmentation de la fréquence dans la zone S-E comme le montre la figure 3.

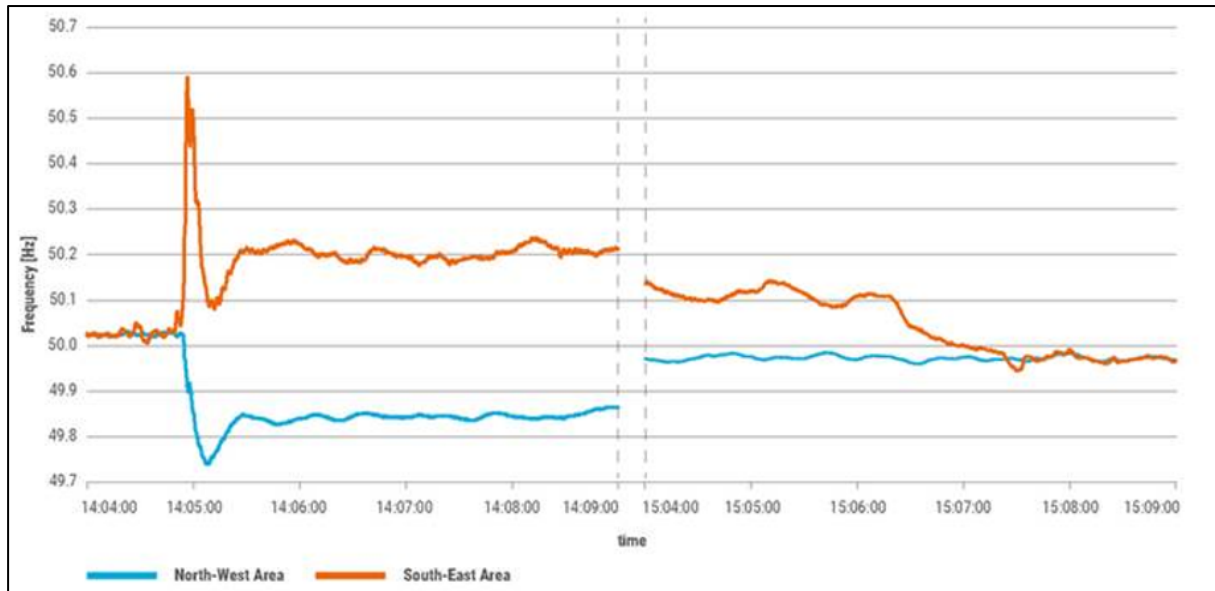
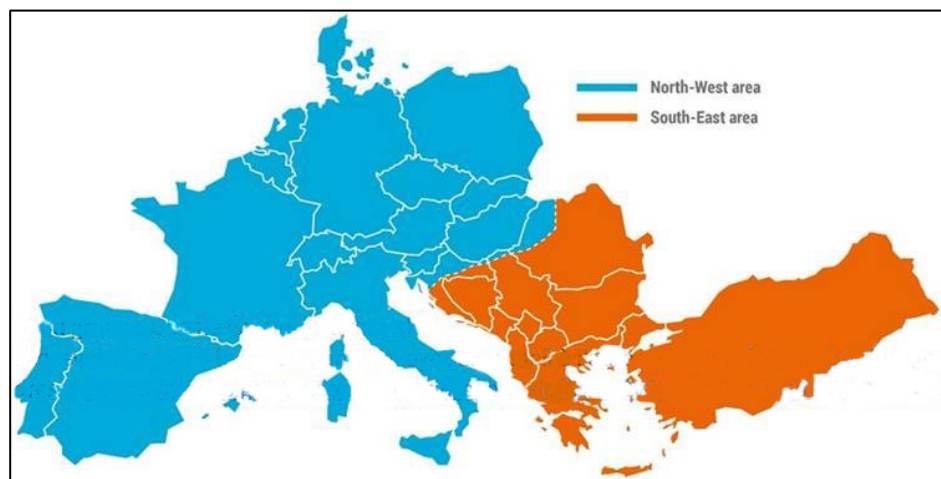


Figure 3 : fréquence du réseau dans les zones N-O et S-E (heures en France)

À la suite de ce phénomène l'Europe continentale se trouve coupée en deux zones séparées comme le montre la figure 4.



4. LES ACTIONS CORRECTIVES

Dans cette situation les actions correctives doivent être menées en extrême urgence.

Pour la zone S-E qui est en surproduction la fréquence atteint 50,6 Hz, il faut réduire la puissance des moyens de production pilotables, ce qui est rapidement fait car cette réduction est faite automatiquement par les robinets d'admission des machines pilotables. La figure 3 permet d'estimer qu'au bout de 8 à 9 secondes la fréquence est redescendue à 50,1 Hz, après cette oscillation un palier autour de 50,2 Hz est obtenu au bout d'une trentaine de secondes.

Pour la zone N-O qui est en sous-production la fréquence est descendue à 49,75 Hz en quelques secondes. Les délestages automatiques, qui permettent d'éviter le « black-out », interviennent dès que la fréquence descend à 49,8 Hz, il est donc urgent d'agir. Deux types d'actions sont possibles :

- Réduire la consommation, soit par coupure de l'alimentation de sites « électro-intensifs » sous contrat avec le gestionnaire de réseau, soit par délestage de nombreux consommateurs particuliers.
- Augmenter la production Cette action ne peut se réaliser qu'à partir des moyens de productions pilotables et plus particulièrement ceux qui ont des temps de réponse rapides (hydraulique de chute dont les STEP, turbines à combustion gaz ou fioul). A noter que les grands groupes de production sont tous à la puissance maximum compte tenu de la demande. Le rétablissement de la fréquence va donc être plus lent.

Il est difficile de connaître les actions réalisées par l'ensemble des gestionnaires de réseau de transport des deux zones. Parmi les actions réalisées on peut citer un délestage de sites industriels en Italie (1 000 MW) et une forte augmentation de la production hydraulique en Autriche.

La figure 3 permet de constater que le retour à une fréquence uniforme a pu se faire environ une heure après la survenue de l'évènement. Après égalisation des fréquences et des phases les deux zones ont pu être à nouveau interconnectées.

5. LES ACTIONS RÉALISÉES EN FRANCE

Des contrats entre les industriels « électro-intensifs » et RTE permettent à RTE de couper instantanément et sans préavis l'alimentation de ces consommateurs, actions qui entraînent un dédommagement pécuniaire. Cette action a été mise en œuvre automatiquement dès la détection de la chute de fréquence (200 mHz) pour 16 industriels et a permis de baisser la consommation de 1 300 MW². La production hydraulique, à partir des STEP, a augmenté d'environ 1 000 MW dès le début de l'incident.

La figure 5 compare la consommation des journées des 7 et 8 janvier. Elle permet de constater que, si celles-ci sont semblables de 0 h à 14 h, il y a une baisse significative le 8 janvier à partir de 14 h jusque vers 21 h, la figure 6 permet de quantifier cette différence à partir de 14h. Si on considère que la consommation aurait été, en l'absence de cet évènement, semblables sur des deux journées la baisse de consommation atteint plus de 2 000 MW à partir de 15 h.

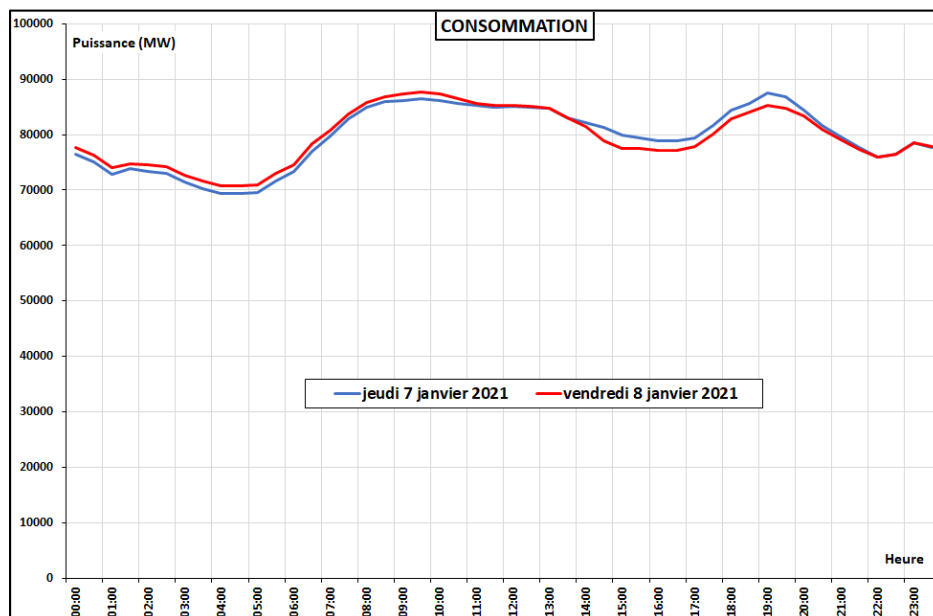


Figure 5 : Consommation des 7 et 8 janvier (0 h à 24 h)

² Les Italiens ont activé un mécanisme semblable qui a libéré 1 000 MW.

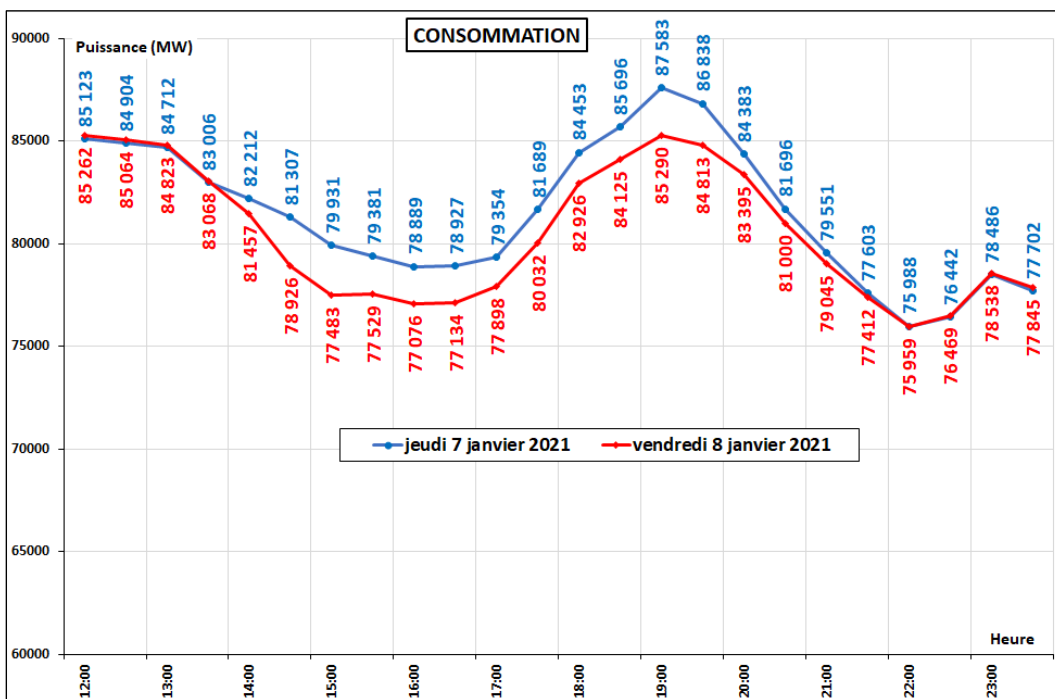


Figure 6 : Consommation des 7 et 8 janvier (12 h à 24 h)

Cette baisse de consommation permet d'inverser le flux des échanges avec nos voisins. La France était dans une période importatrice, elle a interrompu ses importations et a exporté à partir de 14 h. La figure 7, qui présente les productions cumulées, met en évidence l'arrêt des importations à partir de 14 h et la figure 8 met en évidence des exportations à partir de 14 h pendant environ 2 h. La figure 9 donne le détail des échanges transfrontaliers pendant la journée du 8 janvier.

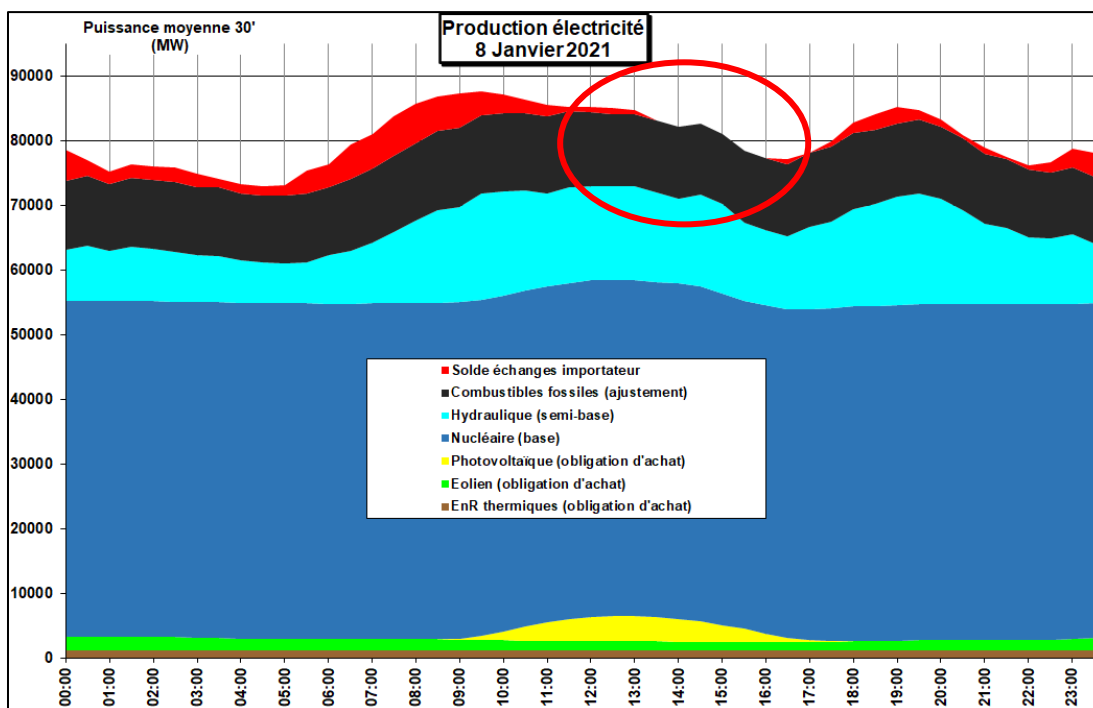


Figure 7 : Production du 8 janvier

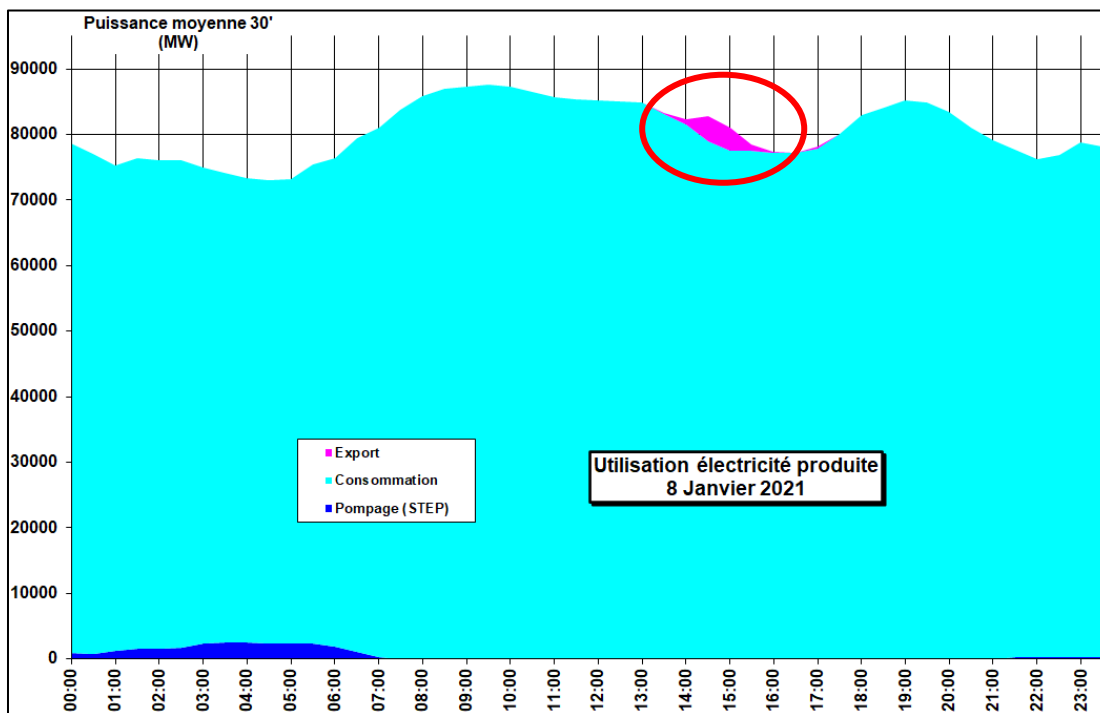


Figure 8 : Utilisation de l'électricité du 8 janvier

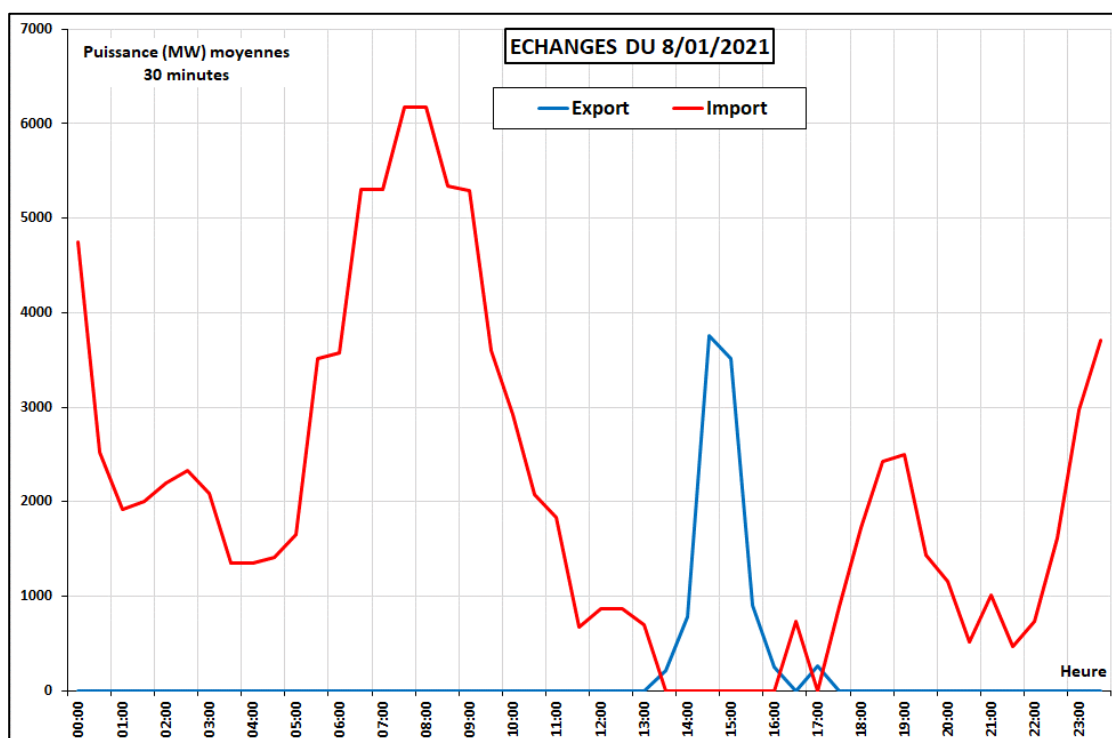


Figure 9 : Echanges transfrontaliers du 8 janvier

L'ensemble de ces actions a permis de contribuer au rétablissement de la fréquence de 50 Hz dans la zone N-O.

6. CONCLUSIONS

Les procédures et mécanismes de sauvegarde du réseau ont permis de limiter les conséquences de cette rupture de réseau et d'éviter le risque d'un « black-out » qui aurait pu se généraliser à l'ensemble de l'Europe. Ceci est le résultat d'un important retour d'expérience qui, au fil des incidents, a permis d'affiner les procédures et les mécanismes de sauvegarde du réseau. Les actions menées par la France, décrites ci-dessus, ne sont pas les seules à avoir permis de régler la situation mais elles y ont largement contribué.

L'équilibre d'un système électrique est un exercice qui doit être réalisé en permanence, la fiche GAENA n° 57 « L'équilibre du réseau électrique » précise les conditions de cet équilibre [3].

Le réseau synchrone de la plaque continentale européenne est un atout car il permet d'équilibrer la consommation et la production sur une grande échelle. Mais cela met également en évidence la fragilité de ce maillon que constitue le réseau de transport dans le système électrique. L'idée de base du réseau est de pouvoir compenser la perte d'un moyen de production. L'expérience montre que la perte de lignes de transport peut représenter une perte de puissance de plusieurs milliers de MW, alors que la perte d'un moyen de production peut rarement dépasser 3 000 MW³. Le dernier incident important en Europe, en 2006 en Allemagne, était lui aussi dû à une perte de lignes de transport. Cet incident est à l'origine de la création du mécanisme de délestage des industriels « électro-intensifs ».

Faut-il pour autant changer d'échelle et dire qu'il faut « régionaliser » le système électrique ? Surement pas, l'exemple récent du Texas qui a connu de nombreux délestages, par manque d'interconnexion avec ses états voisins⁴ ce qui l'a empêché d'être secouru par ces derniers, vient de nous en faire la démonstration. Le « black-out » survenu en Australie du sud en septembre 2016 mettait également en cause le manque d'interconnexion avec les régions voisines.

Cet évènement confirme également qu'il est important de disposer d'un parc de production pilotable important, en particulier les turbo-alternateurs de forte puissance (production nucléaire, hydraulique et thermique à flammes) dont l'inertie importante permet d'amortir les variations rapides. En France la part du parc pilotable est passée de 89 % en 2009 à 73 % en 2020 Les productions fatales, en particulier éoliennes et photovoltaïques, ne peuvent en aucun cas être utiles pour régler de telles situations, elles n'ont aucune inertie et leur seule manœuvrabilité est de pouvoir les arrêter.

7. RÉFÉRENCES

[1] Site energetique.com « statistiques sur l'électricité » :

<https://www.energetique.com/articles.php?pg=584>

[2] Site energy-charts. Info :

<https://energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=fr&c=DE>

[3] Fiche GAENA n° 57 « L'équilibre du réseau électrique » :

https://www.energetique.com/file/ARCEA/Argumentaire/Fiche_N_57_Equilibre_reseau_electrique.pdf

³ Perte simultanée de deux réacteurs nucléaires de 1 500 MW, référence prise par l'ENTSO-E.

⁴ Le manque d'interconnexion est un choix politique de cet état.