

► **Interconnexion AQUIND : Pertes sur le réseau français**

PRIVÉ ET CONFIDENTIEL

© AQUIND LIMITED, 2020

1 L'impact d'AQUIND sur les pertes en France

L'Interconnexion AQUIND sera une nouvelle interconnexion électrique à courant continu à haute tension (« CCHT ») de 2 GW entre la France et la Grande-Bretagne. Le projet, mis en service en 2024, profitera à la France et à la Grande-Bretagne en facilitant les flux transfrontaliers d'électricité entre les marchés de gros de l'électricité. Ces flux d'électricité auront un impact sur les réseaux électriques français et britannique sous la forme d'éventuelles contraintes du réseau et de pertes sur le réseau.

Des pertes sur le réseau se produisent dans tous les réseaux électriques. Les flux d'énergie sur le réseau entraînent des pertes thermiques dues à la résistance des actifs du réseau. Les pertes doivent être prises en compte dans l'offre et la demande afin de garantir que le réseau électrique respecte les limites de sécurité et de maintenir l'équilibre du marché. Les pertes se produisent dans toutes les parties du réseau électrique, des transformateurs aux lignes aériennes, en passant par les câbles CCHT.

L'ENTSO-E remarque que bien que certains développements du réseau puissent réduire les pertes, *« il convient de noter qu'actuellement le principal facteur des projet de transport est la nécessité d'un transport sur de longues distances, ce qui peut accroître les pertes »*. En ce qui concerne les interconnexions, l'ENTSO-E observe également que *« bien que les nouvelles interconnexions réduisent généralement la résistance électrique du réseau et donc les pertes, les échanges supplémentaires, résultant de l'accroissement des capacités de transfert, et le changement de taille de production peuvent conduire à l'augmentation. L'emplacement précis des unités de production a également un effet significatif sur le volume des pertes, puisque la production au niveau de différents nœuds entraîne différents flux »*.¹

Cette note présente un résumé de l'impact que l'Interconnexion AQUIND pourrait avoir sur les pertes sur le réseau en France. Cette note ne fournit aucune nouvelle analyse, mais résume les études réalisées à ce jour, notamment :

- ▶ L'analyse réalisée par RTE, et soumise à la CRE, dans le cadre de la demande d'exemption de l'Interconnexion AQUIND 2017, en juillet 2017²
- ▶ La réponse de RTE donnée à AQUIND dans le cadre de la consultation d'AQUIND [REDACTED] en mai 2019³
- ▶ L'analyse coûts-bénéfices (ACB) de l'Interconnexion AQUIND réalisée par AQUIND et ses conseillers en 2018 et 2019
- ▶ Une étude technique indépendante sur l'impact d'AQUIND sur les pertes liées au transport en France, réalisée par Tractebel en 2019

¹ Méthodologie 2.0 de l'ACB de l'ENTSO-E, disponible [ici](#).

² « Informations transmises par RTE à la Commission de Régulation de l'Énergie dans le cadre de l'examen de la demande d'exemption d'AQUIND » – juillet 2017

³ [REDACTED]

1.1 Calcul des pertes sur le réseau

L'ENTSO-E présente une méthodologie de calcul des pertes dans le cadre de la Directive relative à l'analyse coûts-bénéfices du SDDR. La méthodologie envisage le volume de pertes, mesuré en GWh, avec et sans le projet en question. Les pertes sur le réseau sont mesurées dans un modèle de conception ou un modèle de flux de charge technique. La modification des pertes entre l'application du modèle avec et sans le projet spécifique isole l'impact de ce projet sur les pertes sur le réseau.

Les pertes se produisent sur l'ensemble des lignes de transport, qu'elles soient intérieures (c.-à-d. dans un pays particulier) ou transfrontalières (entre pays). Toutefois, pour plus de clarté, il est possible de distinguer et d'estimer l'impact de l'Interconnexion AQUIND sur les pertes dans différentes parties du réseau comme suit :

- ▶ **Pertes sur l'Interconnexion AQUIND :** Les flux d'électricité entre la France et la Grande-Bretagne dans l'Interconnexion AQUIND entraîneront des pertes thermiques. En termes simples, si 100 MW partent de France, alors seulement 96,235 MW arriveront en Grande-Bretagne. Pour AQUIND, la valeur maximale de ces pertes correspond à 3,765 % des flux totaux et pourra être légèrement réduite par les choix technologiques. Hormis une petite partie, les pertes sur l'interconnexion se produiront uniquement si l'électricité est transportée. Le Tableau 1 présente la ventilation des pertes sur l'Interconnexion AQUIND.
- ▶ **Pertes sur le réseau intérieur :** Il s'agit des pertes sur les réseaux de transport français et britannique. Il s'agit des coûts associés aux pertes thermiques lorsque l'énergie circule dans le réseau de transport français ou britannique. Il existe un impact de l'interconnexion sur les pertes dans les réseaux nationaux lorsque l'interconnexion est utilisée. Les pertes sur le réseau intérieur augmentent également lorsque l'offre d'électricité sur le réseau intérieur augmente (et est transportée jusqu'aux centres de consommation) – en d'autres termes, les pertes intérieures sont une caractéristique générale du réseau électrique et ne concernent pas uniquement les flux de l'interconnexion.
- ▶ **Pertes sur les autres interconnexions :** L'un des impacts fondamentaux de toute nouvelle interconnexion est qu'elle peut avoir une incidence sur les flux des autres projets transfrontaliers. Cela comprend les projets sur la même frontière et les connexions vers d'autres marchés. Si les flux de ces projets changent en raison d'AQUIND, les pertes sur ces lignes changeront également – des flux moins importants entraîneront des pertes plus faibles, et vice-versa.

Tableau 1 Répartition des pertes sur l'Interconnexion AQUIND

Composant	Perte (MW)
Station de conversion x 2	20,75
Câbles CC sous-marins	13,2
Câbles CC côté français	1,9
Câbles CC côté britannique	1,4
Câbles CA côté français	0,2
Câbles CA côté britannique	0,2
Pertes du projet global	75,3 MW
Perte par pôle	37,65 MW

Dans sa méthodologie de l'ACB plus récente, l'ENTSO-E a reconnu un éventuel double comptage dans son calcul des pertes sur le réseau dans le SDDR 2018. L'ENTSO-E a remarqué que la façon dont la demande est calculée dans la modélisation du marché, utilisée pour calculer le surplus socio-économique (« SEW »), représentait déjà une partie de l'impact des pertes.⁴ Cela signifie que le calcul utilisé dans le SDDR 2018 n'est pas un reflet exact du coût des pertes pour AQUIND ou les autres projets.⁵ Nous en concluons donc que les estimations des pertes dans le SDDR 2018 ne sont pas des estimations fiables de l'impact d'AQUIND sur les pertes en France. Nous comprenons que les pertes dans le SDDR 2020 seront calculées à l'aide de la méthodologie actualisée et corrigée.

La Figure 1 présente la nouvelle équation 3.0 de l'ACB de l'ENTSO-E utilisée pour calculer les pertes, en évitant le double comptage présent dans l'ACB 2.0.

Figure 1 Équation des pertes 3.0 de l'ENTSO-E⁶

⁴ L'ENTSO-E remarque en particulier que « pour les simulations de marché, les courbes de la demande sont construites pour inclure les pertes sur le réseau (c.-à-d. à l'aide d'une série chronologique), ce qui signifie qu'une partie des pertes est déjà quantifiée dans le SEW de l'indicateur B1 (à savoir, dans le surplus des consommateurs, qui prend en compte l'effet du changement dans les coûts marginaux, amené par le projet, sur la partie pertes de la demande). Cet effet doit être pris en compte lors de la quantification des pertes à partir des simulations du réseau. » Extrait de la 3ème directive de l'ENTSO-E relative à l'analyse coûts-bénéfices des projets de développement de réseau

⁵ « Dans le SDDR 2018, l'ENTSO-E a utilisé une nouvelle approche pour quantifier les pertes associée à chaque projet décrit dans une nouvelle méthodologie de l'analyse coûts-bénéfices, discutée avec les parties prenantes et approuvée par la Commission européenne. La méthodologie a été correctement et rigoureusement suivie. Toutefois, il semble que les résultats définitifs aient été, de manière inattendue, fortement affectés, pour certains projets, par la différence de granularité des variables d'entrée ou par la sensibilité des différents projets aux conditions climatiques (les mêmes conditions ont été appliquées à tous les projets). Les mesures nécessaires pour modifier l'approche, notamment en modifiant la méthodologie, en en discutant avec les parties prenantes et en la mettant en œuvre, étaient impossibles à appliquer pendant la durée du développement du SDDR 2018. Cela a donné lieu à ce que l'on peut considérer comme des valeurs de pertes quantifiées trop élevées qui ne pourraient exister en réalité. L'ENTSO-E reconnaît ces faits et recommande d'utiliser les résultats du calcul des pertes avec précaution lors de la réalisation d'analyses financières en vue d'estimer la faisabilité et la rentabilité du projet. » – Fiche de projet SDDR 2018 AQUIND, disponible [ici](#).

⁶ Extrait de la 3ème directive de l'ENTSO-E relative à l'analyse coûts-bénéfices des projets de développement de réseau

$$\Delta \text{Losses (monetized)} = \sum_{\text{market node } i} \left(\sum_{\text{time step } h} s'_{h,i} (p'_{h,i} - p_{h,i}) \right)$$

Légende :

Volume des pertes, $p'_{h,i}$ (avec le projet) et $p_{h,i}$ (sans le projet) en MWh.

Coûts marginaux, $s'_{h,i}$ (avec le projet) et $s_{h,i}$ (sans le projet) en €/MWh pendant un intervalle de temps donné.

Enfin, il est important de faire une distinction entre les estimations physiques des pertes (en GWh) et leur valeur monétaire (en €). Cela vient du fait que la valeur monétaire d'un MWh d'énergie perdu est supérieure à des périodes de tension dans le réseau (p. ex. pic de demande). Dans les chapitres suivants, nous allons faire référence aux pertes physiques et à leur valeur monétaire pour décrire les deux facettes de l'impact d'AQUIND.

1.2 Comparaison des estimations

Plusieurs parties différentes ont tenté de calculer l'impact d'AQUIND sur les pertes sur le réseau en France. Les estimations varient en raison de différences dans les hypothèses de modélisation sous-jacentes. À un niveau élevé, les grands écarts de prix entre la Grande-Bretagne et la France entraîneront davantage de flux d'électricité dans l'Interconnexion AQUIND. L'augmentation des importations ou des exportations devrait entraîner des flux d'énergie plus importants dans le réseau intérieur français, puisque la production est répartie pour répondre à la demande en Grande-Bretagne, ce qui peut conduire à un accroissement des pertes.⁷ Toutefois, les flux d'AQUIND plus importants n'augmentent pas toujours les pertes sur le réseau intérieur : par exemple, en Grande-Bretagne, l'augmentation des importations dans le Sud-Est du pays aurait typiquement tendance à réduire les pertes sur le réseau car il ne serait pas nécessaire de transporter l'électricité du Nord jusqu'aux centres de demande situés dans le Sud. Dans le cas de la France, il est également possible que les pertes sur le réseau puissent être réduites à certaines périodes, par exemple lorsque la France importe de l'électricité de Grande-Bretagne ou de Normandie, qui dispose d'un large surplus de production d'électricité par rapport à sa consommation dans la région et qui exporte via l'interconnexion vers la Grande-Bretagne.

1.2.1 Évaluation de RTE

En 2017, RTE a présenté une évaluation de l'impact d'AQUIND sur les pertes sur le réseau français. RTE a fourni cette analyse à la CRE, sur demande, afin d'étayer l'évaluation de la CRE de la Demande d'exemption d'AQUIND 2017.

Dans cette analyse, RTE a conclu qu'AQUIND réduira le volume total des pertes sur le réseau de transport français. RTE a en particulier calculé une réduction du volume de pertes en 2022 et 2027, de 128 GWh et 2 GWh respectivement.

À titre de référence, RTE remarque « *qu'en 2016, le volume annuel des pertes sur le réseau RTE s'élevait à environ 11 000 GWh et que le prix d'achat des pertes était d'environ 480 M€* ».

Pour estimer ces pertes sur le réseau, RTE calcule le coût des pertes avec et sans AQUIND à l'aide d'une méthodologie qui semble cohérente avec la méthodologie proposée par l'ENTSO-E dans sa

⁷ L'impact précis d'AQUIND dépendra du modèle de flux avec et sans AQUIND.

méthodologie 2.0 de l'analyse coûts-bénéfices.⁸ L'estimation de RTE montre que le coût des pertes augmentera avec AQUIND (d'environ 4 M€ par an en 2022 et avec un coût de zéro en 2027), alors que le volume des pertes diminuera effectivement. Nous remarquons que depuis l'évaluation de RTE en 2017, l'ENTSO-E a corrigé sa méthodologie afin d'éviter tout double comptage et, à ce titre, la valeur monétaire des pertes devrait être inférieure avec l'utilisation de la nouvelle méthodologie (corrigée).

Bien que nous n'ayons pas de données permettant d'actualiser les calculs de RTE avec la nouvelle méthodologie, nous prévoyons que la correction du calcul montrera que le coût des pertes en France dues à AQUIND est négligeable.

1.2.2 Analyse d'AQUIND

Pour soutenir l'engagement réglementaire auprès de la CRE et de l'Ofgem, AQUIND a réalisé une analyse indépendante pour estimer les bénéfices du projet. Cette étude complète prend en compte la valeur socio-économique d'AQUIND en France, en Grande-Bretagne et dans les autres pays européens. Dans le cadre de l'évaluation des bénéfices, AQUIND a commandé au bureau d'ingénieurs Tractebel une étude spécifique de l'impact du projet sur les pertes sur le réseau en France.

L'analyse de Tractebel a suivi la méthodologie présentée par l'ENTSO-E (l'ACB 2.0 et la méthodologie actualisée présentée dans la directive relative à l'analyse coûts-bénéfices 3.0 actualisée). Tractebel a calculé l'impact d'AQUIND sur les pertes sur le réseau pour chacun des scénarios d'AQUIND. Les scénarios d'AQUIND fournissent une vaste palette de résultats potentiels sur le marché basés sur un ensemble d'hypothèses ascendantes détaillées relatives au futur mix des capacités électriques, à la demande et aux prix des commodités en Europe.

L'analyse de Tractebel est axée sur l'impact d'AQUIND sur les pertes sur le réseau intérieur en France. Le volume et le coût des pertes dans l'Interconnexion AQUIND elle-même et dans les autres interconnexions transfrontalières ont déjà été pris en compte dans l'analyse du surplus social d'AQUIND.

L'analyse conjointe réalisée par Tractebel et AQUIND montre que l'augmentation des pertes sur le réseau français, conformément à la méthodologie du SDDR corrigée, se situe dans une fourchette d'environ 3 à 7 M€ par an dans les trois principaux scénarios. D'après l'estimation par RTE de la valeur totale des pertes en 2016 d'environ 480 M€ (voir ci-dessus), cela correspond à un changement de moins de 2 % en termes monétaires.

AQUIND a déjà pris en compte ce coût dans l'évaluation des bénéfices en termes de surplus social plus larges (l'analyse coûts-bénéfices AQUIND). Le bénéfice total d'AQUIND pour la France dans le scénario central d'AQUIND devrait approcher 1 Md€ (présenté en termes de valeur actuelle nette). Cela comprend le coût des pertes en France qui est d'environ 23 M€ sur 25 ans (en termes de valeur actuelle nette).

Tableau 2 Valeur actuelle quantifiée de la variation des pertes sur le réseau découlant d'AQUIND mise à l'échelle par rapport au taux d'utilisation⁹

⁸ La 2ème directive de l'ENTSO-E relative à l'analyse coûts-bénéfices est disponible ici : <https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/tyndp-documents/Cost%20Benefit%20Analysis/2018-10-11-tyndp-cba-20.pdf>

⁹ Basée sur l'analyse de Baringa et de Tractebel pour AQUIND.

VAN en M€ à 4,0 % (réel 2018)	Scénario de Marché AQUIND	Scénario AQUIND de prix bas des commodités	Scénario AQUIND de prix élevés des commodités/énergies renouvelables
Variation des pertes, France	-23 €	-29 €	-52 €
Variation des pertes, GB	-165 €	-108 €	-158 €

1.2.3 Évaluation du SDDR des pertes sur le réseau

Nous avons déjà établi que les pertes calculées par l'ENTSO-E dans le cadre du SDDR 2018 ne sont pas exactes. Nous observons toutefois que même si les pertes sur le réseau en France, en raison d'AQUIND, étaient considérablement supérieures, c.-à-d. alignées sur le SDDR 2018, AQUIND procurerait encore un bénéfice net significatif à la France.

Les estimations des pertes dans le SDDR 2018 prévoient des pertes totales pour l'Europe, sans fournir de ventilation par État membre. L'ENTSO-E estime que le coût des pertes causées par AQUIND dans les trois scénarios de l'ENTSO-E augmentera, passant de 16 M€ en 2025 à une moyenne d'environ 60 M€ par an (d'après une évaluation pour 2030). Conformément à la méthodologie de l'ACB de l'ENTSO-E, cette valeur comprend également les pertes sur l'interconnexion elle-même (ainsi que les pertes sur le réseau européen).

1.3 Conclusion

Il est inévitable qu'AQUIND ait un impact sur les pertes sur le réseau en France, mais notre principale constatation, basée sur un éventail d'études résumées dans cette note, est que cet impact devrait être limité. L'analyse entreprise par RTE indique que le coût des pertes en France pourrait atteindre environ 4 M€ par an (sachant aujourd'hui que cette analyse est erronée). L'étude distincte réalisée par AQUIND et ses conseillers arrive à une estimation similaire – environ 3 à 7 M€ par an. L'analyse d'AQUIND et de RTE arrive cependant à un résultat similaire bien que les scénarios modélisés soient très différents.

Prise en compte dans le cadre de l'ACB plus large d'AQUIND, la valeur actuelle nette des pertes dans l'une ou l'autre étude entraîne une très légère modification de l'évaluation globale des bénéfices de la France. Les pertes sur le réseau réduisent le bénéfice d'AQUIND en France d'environ 2 % dans le scénario central d'AQUIND.