

# Projet « Reactive Power Market » :

## Rapport d'analyse de mi-parcours



### Table des matières

- 1) Introduction
- 2) Historique du projet
- 3) Analyse technique du service pour le réseau
- 4) Analyse technique et économique du service pour l'asset de production
  - 4.1) Challenges techniques liés au service
  - 4.2) Analyse économique pour l'asset de production
- 5) Analyse économique pour ORES
- 6) Futures étapes
- 7) Conclusions

## 1) Introduction

Conformément au dossier de présentation de ce projet pilote approuvé par la CWaPE en début d'année 2024, ce document a pour objectif de réaliser une première analyse à mi-parcours du concept testé. Pour rappel, nous observons dans ce démonstrateur l'utilisation d'un service auxiliaire de gestion de l'énergie réactive fourni par la société Luminus au gestionnaire de réseau ORES. Ce service est rendu par quatre de leurs éoliennes, situées à [REDACTED], pour gérer le poste haute tension de Villeroux situé en province du Luxembourg. Ce projet pilote est supposé fonctionner durant l'entièreté de l'année 2024 : nous analysons ici les résultats allant du 1er janvier au 30 juin de cette année. Enfin, en ce qui concerne le "pourquoi" du projet : il y a avant tout un aspect financier (les coûts liés au réactif sont facturés par Elia aux GRDs et donc à la collectivité) mais il y a aussi problème technique réel chez Elia qui est à mettre en relation avec l'imposition découlant de l'article 15 du Code DCC (Règlement 2016/1388 du 17/8/2016).

Nous présenterons dans cette analyse des séries temporelles pour les mesures de réactif au niveau des différents assets (compteur de tête des éoliennes, raccordement client au poste, agrégation du poste) pour essayer de mesurer l'impact technique du service. Nous discuterons également des aspects de rentabilité économique pour ORES et Luminus. Des simulations plus complètes seront réalisées dans le rapport final du projet, en février 2025 (voir chapitre 6).

Enfin, la conclusion de ce rapport mènera à la décision à prendre quant à la suite du projet, c'est-à-dire :

- Poursuite du projet
- Poursuite du projet avec certaines modifications (par exemple, sur le prix ou limitation de la quantité de MVARh demandée)
- Arrêt prématuré du projet

## 2) Historique du projet

Il convient avant de présenter les différentes séries temporelles de faire un récapitulatif du fonctionnement du service au fil des six premiers mois de test. En effet, ces tests relèvent purement de l'innovation tant pour Luminus (qui teste les capacités de leurs éoliennes pour fournir ce genre de service) que pour Ores (qui doit envoyer la bonne consigne de setpoint et garantir l'efficacité économique pour l'ensemble des URD).

La consigne demandée par ORES était que "l'éolienne fournisse de l'énergie réactive inductive tant en injection qu'en prélèvement". De manière plus visuelle, les deux cadrans demandés étaient donc les suivants (I= Inductif, C= Capacitif. Les lettres en jaunes correspondent à la nomenclature d'Elia) :

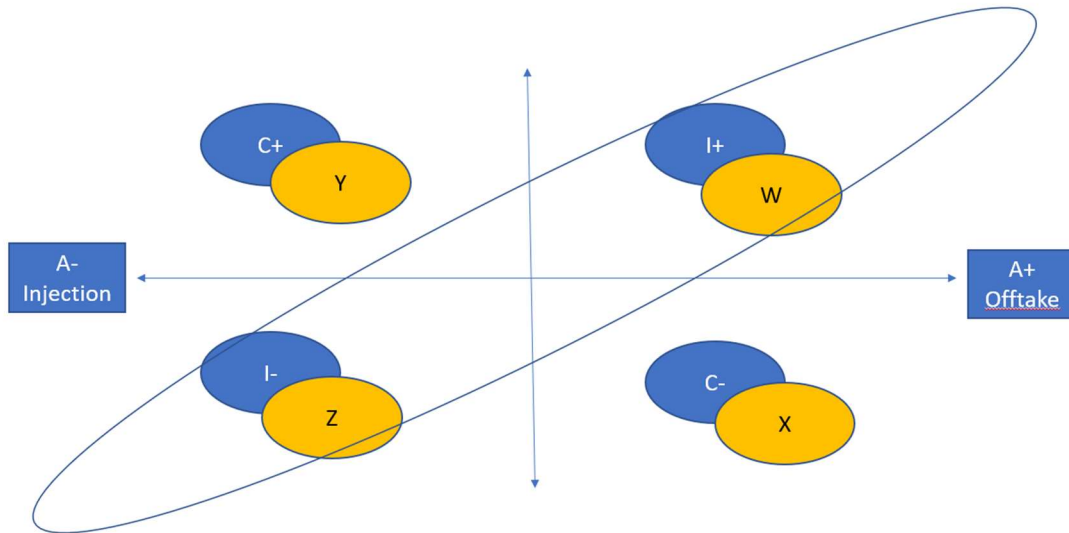


Figure 1: Première consigne de setpoint pour le service réactif (Janvier – Février 2024)

Or, nous nous sommes rendus compte, assez rapidement (courant du mois de janvier), qu'en essayant de retranscrire ces consignes les éoliennes fournissent un service qui ressemble plutôt à ce graphique :

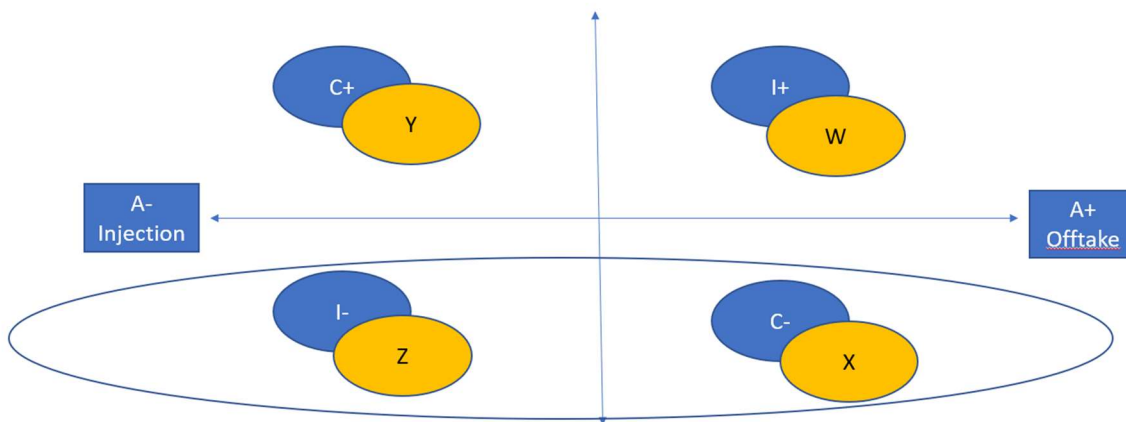


Figure 2: Fonctionnement observé pendant les deux premiers mois en essayant de correspondre à la consigne de la Figure 1

Nous avons donc dans un premier temps rapidement décidé de stopper le service lorsqu'il n'y a pas de vent (c'est-à-dire lorsqu'elle fournit un service au prélèvement, dans le cadran en bas à droite) afin de ne pas davantage dégrader le cos phi de l'éolienne et du poste. Durant le mois de février, seule la partie inductive/en injection était donc fournie par Luminus (cadran en bas à gauche).

Après plus de réflexions et d'analyses des données d'Elia concernant le poste, nous avons réalisé fin février qu'une erreur de compréhension des conventions de signes dans le comptage des énergies était à l'origine de la confusion. Le setpoint avait en réalité besoin de se situer dans les deux cadrans supérieurs pour diminuer la quantité de réactif excédentaire au poste de Villeroux ; en d'autres mots, l'éolienne doit "consommer" l'énergie réactive capacitive lorsqu'elle injecte de l'actif, et "consommer" l'énergie réactive inductive lorsqu'elle prélève de l'actif.

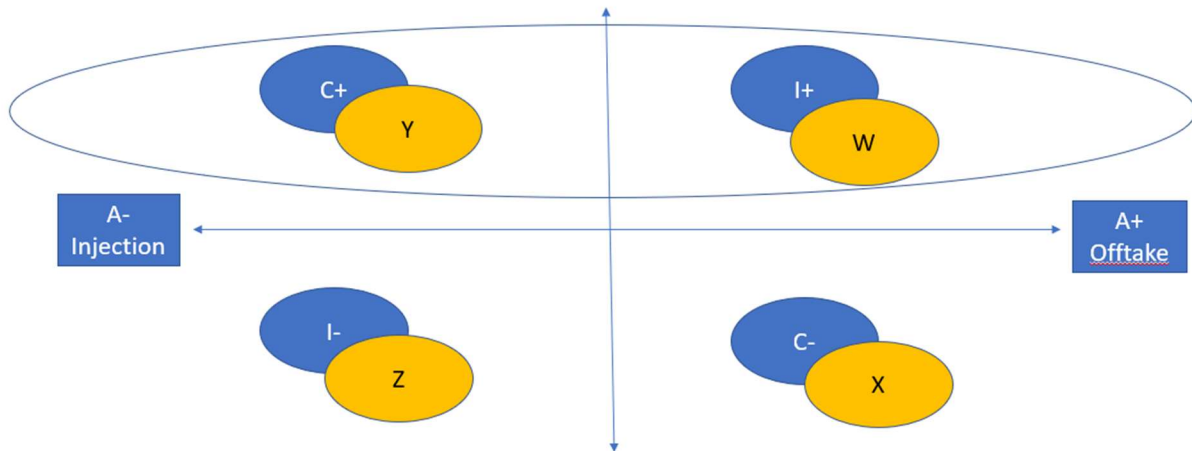


Figure 3 : Consigne mise en place à partir de mars 2024 jusqu'à la fin du projet

A partir du 1er mars, les consignes du service ont donc été modifiées ; ce changement a été contractualisé sous forme d'un avenant au contrat de base<sup>1</sup>. Le service fourni est donc conforme depuis mars aux nouveaux setpoint demandé par ORES, tant lorsque les éoliennes injectent que quand elles prélèvent. En termes de quantités et de puissance, ORES ne spécifie pour le moment pas de montant maximum ; les éoliennes fournissent donc un service en utilisant toute la capacité réactive disponible, à tout moment. Ce setpoint se trouve à approximativement 1 MVAR pour les 6 premiers mois<sup>2</sup>.

On peut donc résumer ce changement au contrat comme le passage du graphique 1 au graphique 3. En dehors du changement de signe, rien n'a été modifié parmi les autres clauses. Le prix au MVARh de l'inductif (au prélèvement) comme du capacitif (à l'injection) est toujours fixé à **■** € HTVA.

Cette information est importante pour bien comprendre les prochains chapitres et séries temporelles présentés. En effet, le démonstrateur n'a "réellement fonctionné" qu'à partir de mars ; les données des deux premiers mois sont exposées à titre indicatif mais ne démontrent pas

<sup>1</sup> Cet avenant est joint en annexe.

<sup>2</sup> Ce montant s'élèvera toutefois à 1,4 MVAR pour les 6 mois suivants, voir chapitre 6

l'(in)efficacité du service, puisque tant le setpoint du contrat que celui de la machine étaient incorrects pour répondre aux besoins réels du réseau.

### 3) Analyse technique du service pour le réseau

Pour rappel, le but du service mis en place est de réduire les quantités **excédentaires** d'énergie réactive mesurées sur le poste haute tension de Villeroux. En effet, ces quantités doivent être payées par ORES et les coûts sont répercutés dans le tarif final du réseau pour tous les utilisateurs wallons. Nous présentons donc ci-dessous les mesures par quart d'heure d'énergie réactive capacitive au prélèvement et d'énergie réactive inductive à l'injection, ces deux composantes étant celles qui accaparent la quasi-totalité de la facture liée au réactif. Ces données ont été fournies par Elia, gestionnaire du réseau de transport d'électricité.

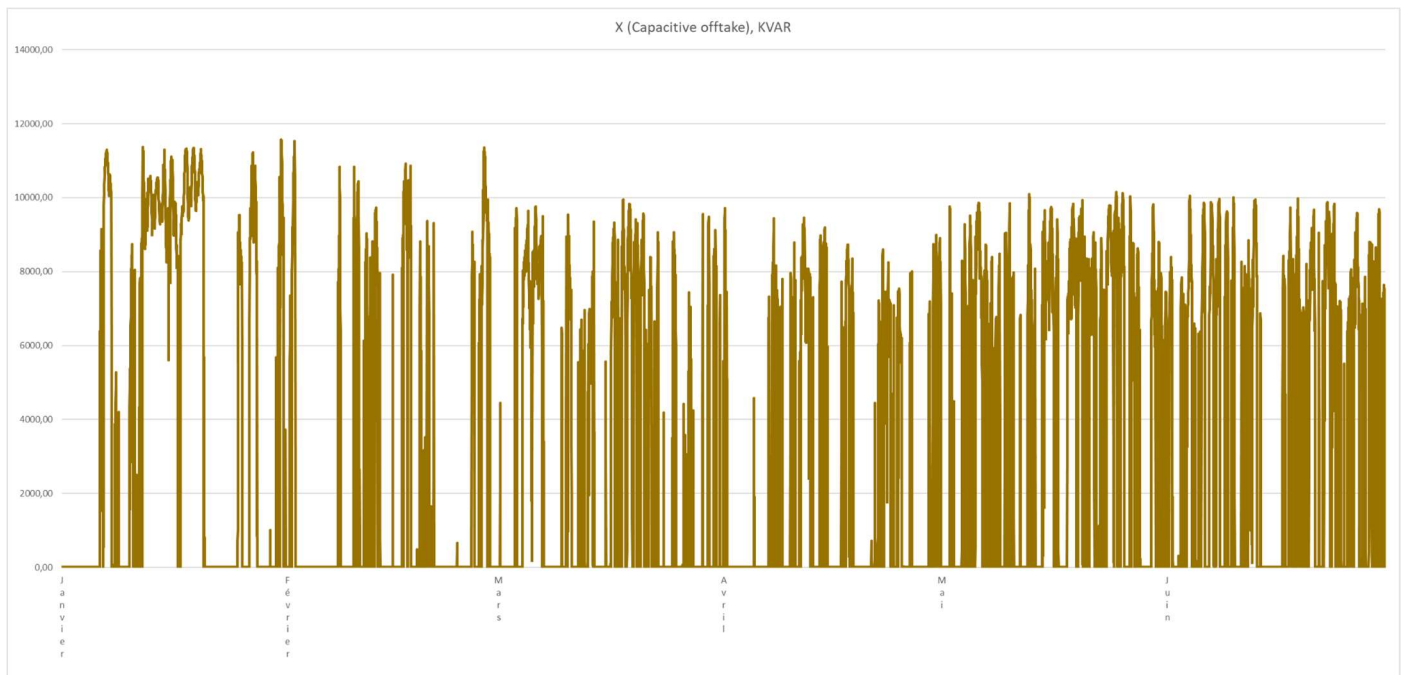


Figure 4 : Quantité d'énergie réactive capacitive au prélèvement mesurée durant le premier semestre de 2024 au poste de Villeroux (KVAR)

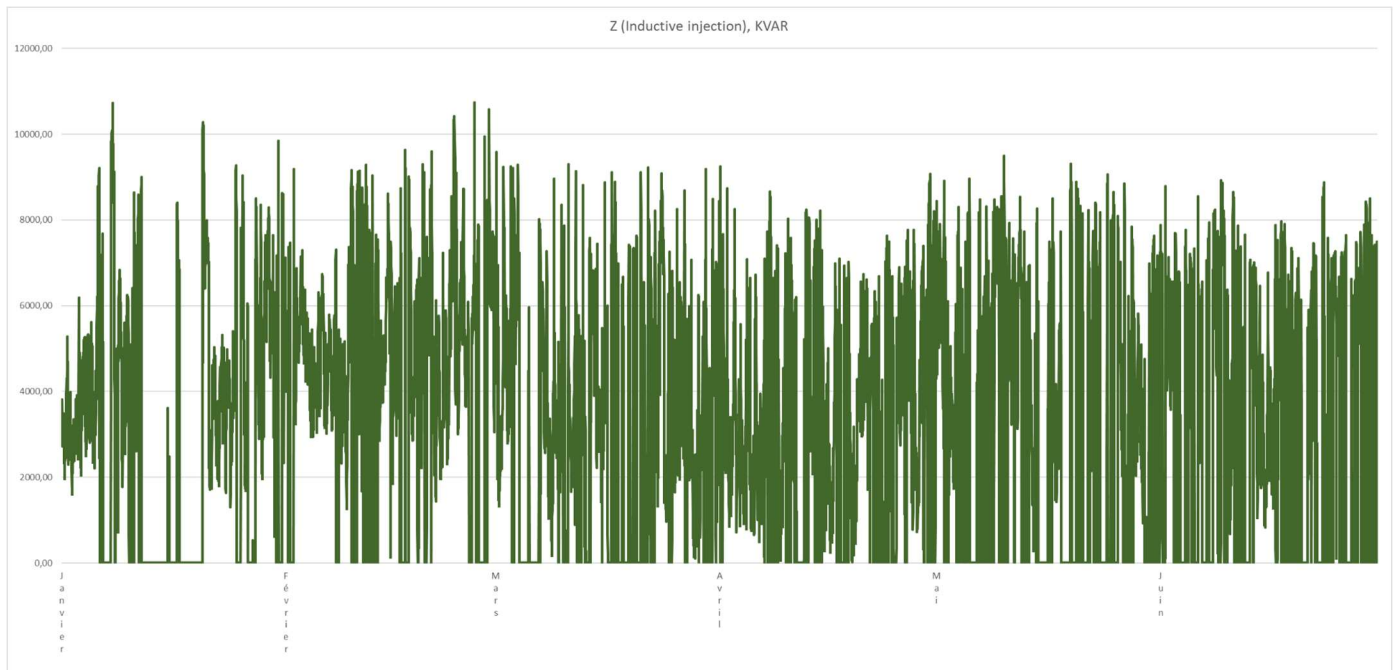


Figure 5 : Quantité d'énergie réactive inductive à l'injection mesurée durant le premier semestre de 2024 au poste de Villeroux (KVAR)

Bien qu'il soit peu intéressant de parler de moyennes sur un laps de temps si court car les quantités d'actif/réactif dépendent en partie de la météo et varient d'un mois à l'autre, on observe une belle diminution de la pointe de puissance réactive à partir de mars (date à partir de laquelle le service fonctionne avec le bon setpoint) dans les 2 graphiques. Cette différence est d'à peu près 1 MVAR, ce qui correspond à la puissance absorbée par les éoliennes. On peut donc affirmer, à la vue de ces données, que le service se révèle satisfaisant sur l'aspect technique. Il est également bon de mentionner que ce service a un impact limité sur les quantités d'énergie active injectées ou prélevées sur le poste.

Il reste donc à analyser dans le chapitre 5 (analyse économique) les retombées financières de ces progrès afin de déterminer si le business case global est positif ou non. Avant cela, nous démontrons dans le chapitre 4 la capacité des éoliennes à fournir ce service de manière permanente.

#### 4) Analyse technique et économique du service pour l'asset de production

##### 4.1) Challenges techniques liés au service

Pour rendre le projet pilote réalisable, Luminus a dû procéder à une mise à niveau du logiciel du parc éolien. Cette mise à jour du logiciel est effectuée par [REDACTED] et était nécessaire pour fournir de la puissance réactive au parc éolien même si celui-ci ne produisait pas de la puissance active. Cette mise à jour s'appelle [REDACTED].

Le diagramme P-Q des turbines de [REDACTED] montre qu'avec un réglage de  $\cos \phi$  de [REDACTED], une turbine peut fournir une puissance réactive maximale de [REDACTED] pendant l'injection de puissance active et une puissance réactive de [REDACTED] pendant prélèvement avec l'option [REDACTED] activée [REDACTED]

Après l'activation de l'option [REDACTED], certains problèmes ont été rencontrés durant les premiers mois de la prestation du service, comme décrit brièvement au chapitre 2.

Le premier problème rencontré lors de la fourniture de puissance réactive avec notre parc éolien était que [REDACTED] avait mis les paramètres par défaut incorrects pour le  $\cos \phi$  du parc éolien. Il avait programmé le parc éolien à un  $\cos \phi$  de 0,9 alors qu'il aurait dû être de 0,95. De ce fait, seule une quantité limitée de la puissance réactive pouvait être fournie. Un point de consigne de +/- 1Mvar pouvait être mis au lieu de +/-1.4Mvar. Bien que nous ayons remarqué cette erreur dans le premier mois de prestation du service (janvier), le problème n'a été résolu qu'à la fin du mois de juin par le prestataire. Maintenant que l'erreur de réglage est résolue, il est possible de fournir une plus grande quantité de puissance réactive, soit +/- 1.4Mvar, pour les derniers mois du projet pilote.

Ensuite, nous avons remarqué durant les premiers mois du projet pilote que la puissance réactive mesurée au parc éolien n'était pas conforme aux mesures d'Ores à la sous-station de Villeroux. Des études internes ont été menées pour expliquer cette différence. Les principaux écarts étaient dus à une utilisation différente des conventions de signes et à l'effet capacitif important des câbles souterrains (+/-5.6km) allant du parc éolien vers la sous-station d'Ores. Cet effet de câble capacitif est affecté par la quantité d'énergie active produite par le parc éolien et varie donc en fonction de la production.

À partir de mars 2024, nous avons résolu la plupart des problèmes et nous étions en mesure de fournir un service de puissance réactive correct à Ores avec un point de consigne de +/-1Mvar. Sans défauts ni entretien, nous pourrions continuer à fournir ce service de manière permanente sur la durée du pilote avec le parc éolien pendant le prélèvement ou l'injection.

#### **4.2) Analyse économique pour l'asset de production**

Dans ce sous-chapitre, nous faisons référence à l'analyse effectuée sur les données de puissance réactive du parc éolien de Luminus et les données de puissance réactive de la sous-station d'Ores. Sur la base des données des deux sources, une analyse a été réalisée pour déterminer un coût en €/Mvarh pour la prestation du service.

Puisque la rémunération de la puissance réactive par Mvarh est basée sur la puissance réactive capacitive et inductive mesurée à la sous-station d'Ores, les données de puissance réactive du compteur Ores ont été utilisées pour effectuer cette analyse.

Pour l'analyse, l'accent a été mis sur la consommation de puissance active pendant prélèvement du parc éolien puisque la consommation de puissance active pour produire la puissance réactive ne peut pas être vue pendant l'injection du parc éolien. La puissance active consommée pour produire de la puissance réactive est trop petite proportionnellement à la grande injection de puissance active qui varie avec la vitesse du vent. Pour le moment nous émettons comme hypothèse que la consommation de puissance active, nécessaire à la gestion du réactif, est identique entre une éolienne en fonctionnement qu'une éolienne à l'arrêt (où dans ce dernier cas elle va soutirer de l'énergie au réseau) mais des analyses supplémentaires sont nécessaires pour voir si cette hypothèse peut être maintenue. Des discussions avec [REDACTED] et des experts en électricité pour mieux comprendre la livraison de puissance réactive sont en cours.

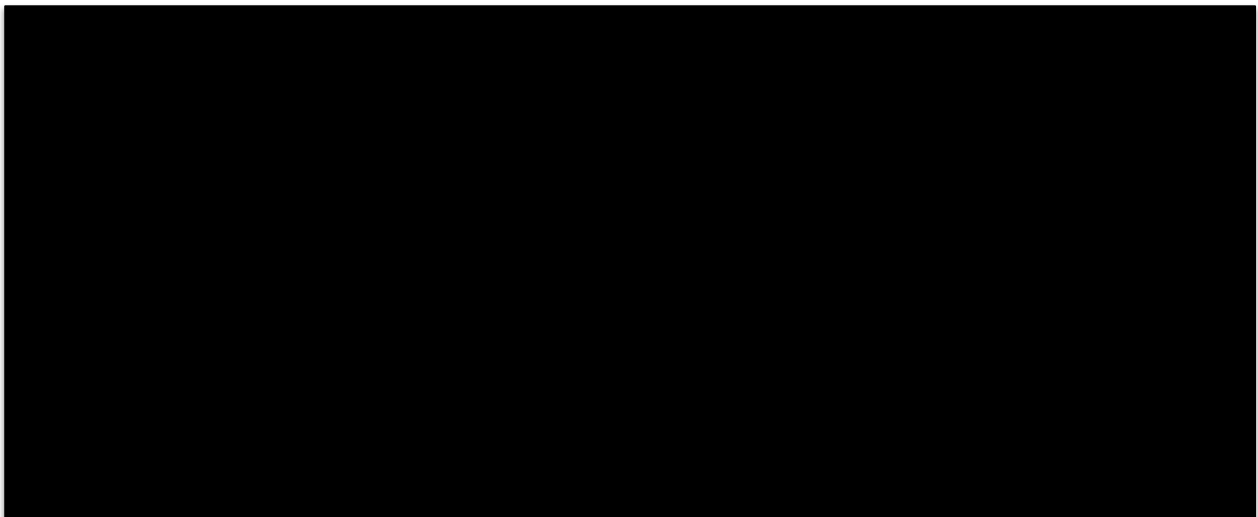
Pour arriver au coût de la prestation du service, les facteurs suivants devaient être calculés :

*Coût de la consommation active = Prix de la puissance active \* Consommation Puissance active /Mvarh*

$$\text{€/Mvarh} = \text{€/MWh} * \text{MWh/Mvarh}$$

Le prix de la puissance active est la somme du prix de l'électricité (considéré à 100% \* BELPEX), des coûts du réseau et des certificats à remettre pour la puissance consommée.

Pour obtenir la puissance active consommée par Mvarh, nous avons examiné dans les données l'augmentation moyenne de la consommation de puissance active entre l'année de référence 2023 et la période où le service de puissance réactive fonctionnait correctement (à partir de mars/2024). Ceci est représenté par la dernière ligne du tableau ci-dessous.



Le tableau ci-dessus montre les résultats de l'analyse effectuée. Une séparation a été faite entre les puissances réactives inductives et capacitatives produites par le parc éolien avec la consommation de puissance active correspondante pendant cette période. Sur la base de ces valeurs, la puissance active consommée par Mvarh peut être trouvée pour les cas inductifs et capacitifs. Le tableau montre que la puissance active consommée par Mvarh est plus élevée pour



la production de puissance réactive inductive que capacitive. Cela est dû à l'effet des câbles souterrains de +/-5.6km. Lors de la production de puissance réactive capacitive, les câbles aident cet effet, conduisant à une consommation de puissance active plus faible, pour la puissance réactive inductive, c'est l'inverse.

Pour obtenir une puissance active totale consommée correcte par Mvarh, une moyenne pondérée est prise à partir de la puissance active consommée par Mvarh pour la puissance réactive inductive et capacitive. Cette valeur, combinée à l'augmentation moyenne de la consommation de puissance active par rapport à l'année de référence, nous donne la valeur de la puissance active consommée/Mvarh. La formule ci-dessous montre comment cette valeur est calculée.

$$Cons\ PA/Mvarh = \left( \frac{Vol_I}{Vol_I+Vol_C} * Cons\ PA/Mvarh\ Ind + \frac{Vol_C}{Vol_I+Vol_C} * Cons\ PA/Mvarh\ Cap \right) * \frac{Augmentation\ PA\ cons}{moyenne\ PA\ cons\ 2024}$$

*PA* = Puissance active

*Vol<sub>I</sub>* = volume de puissance réactive inductive produite

*Vol<sub>C</sub>* = volume de puissance réactive capacitive produite

La formule ci-dessus remplie donne une puissance active totale consommée par Mvarh de [REDACTED]. Comme indiqué au chapitre 4.2, cette valeur doit être multipliée par le prix de la puissance active, qui comprend le prix d'électricité BELPEX, les coûts de réseau et le coût lié au quota CV qui doivent être cédés pour la puissance active consommée. Cela aboutit à un coût de consommation de puissance active de [REDACTED]. Ce coût reflète le coût pour un parc éolien spécifique avec une distance de câble spécifique au compteur officiel et un prix de marché spécifique. Toute interprétation/interpolation doit être effectuée avec prudence.

En plus de ce coût de puissance active, nous prenons un risque non quantifiable en utilisant les actifs pour fournir des services de puissance réactive supplémentaires. Nous n'avons pour le moment aucune idée de l'impact à long terme de la fourniture de ce service sur nos actifs. En outre, il y a des coûts liés à l'investissement initial de la mise à niveau du logiciel et au travail administratif, analytique et de monitoring pour le suivi du service. Aucune quantification n'a été faite à ce moment.

## 5) Analyse économique pour ORES

\*Les informations relatives à ce chapitre ne peuvent pas être divulguées publiquement. Cette analyse est donc réalisée en annexe et transmis à la Cwape de manière confidentielle.

## 6) Simulations planifiées pour le rapport de fin d'année & futures étapes

Comme expliqué dans le point précédent, des simulations et analyses supplémentaires sont nécessaires pour démontrer avec précision l'intérêt économique de ce service. S'il est certain

que celui-ci est efficace d'un point de vue technique (voir chapitre 3), il reste à trouver le prix et la quantité économiquement optimale. Pour cela, voici les étapes importantes à venir dans les 6 prochains mois :

- Augmentation de la quantité de Mvarh fourni par les éoliennes : Passage de 1 Mvar à 1,4 Mvar

Comme souligné dans le chapitre 4.1, ■ a corrigé les paramètres incorrects du cos phi pour le parc éolien. Avec cette correction en place, nous visons à activer le service mi-juillet avec un point de consigne maximum de -1.4Mvar. Avant de mettre en œuvre ce point de consigne, il est crucial de réaliser des tests pour confirmer la résolution du problème d'un point de vue technique. À cette fin, un test sera effectué avec une seule éolienne active pour s'assurer qu'elle ne dépasse pas sa limite technique de production de puissance réactive. Pendant ce test, trois des quatre éoliennes seront arrêtées, et un point de consigne de puissance réactive de -1Mvar sera attribué au contrôleur. L'éolienne opérationnelle isolée devrait générer de la puissance réactive jusqu'à sa limite technique maximale, qui est de -875kvar pendant l'injection de la puissance active. Avec les anciens paramètres de cos phi, les turbines dépassaient leur limite technique maximale autorisée. Cette situation doit être évitée à tout moment. Un résultat de test réussi indiquerait que ■ a effectivement rectifié le problème, nous permettant de procéder au point de consigne supérieur souhaité.

- 2 simulations seront réalisées par Luminus :
  - a) Une simulation sans l'existence du service, en considérant que les éoliennes continuent de fonctionner comme elles le faisaient déjà en 2023.
  - b) Une simulation "optimisation des coûts", c'est-à-dire en considérant que les éoliennes de ■ aient utilisé leur capacité de modulation du réactif uniquement pour équilibrer leur raccordement et amoindrir leur propre facture, sans chercher à fournir un service à ORES pour autant.

Une fois ces simulations menées et les données générées, nous enverrons celles-ci à Elia qui pourra générer une facture pour le poste de Villeroux "as if" pour chaque situation : il sera alors possible de déterminer laquelle des trois solutions (sans service / optimisation individuelle / avec service) est la plus efficace et dans quelles conditions. Ces résultats seront présentés dans le rapport de fin de projet, prévu en février 2025.

Après le projet pilote d'un an, nous pourrions lancer un projet pilote subséquent ou élargi pour améliorer le service actuel. Cela impliquerait d'accorder à Ores la capacité de transmettre directement des points de consigne externes au contrôleur RTU du parc éolien, permettant des ajustements en temps réel du point de consigne de puissance réactive selon les besoins de leur sous-station. Cependant, cette avancée nécessite une mise à jour logicielle supplémentaire de ■. Nous proposons cette prochaine étape du projet pilote uniquement pour l'année prochaine en raison ■ à une telle demande.

Enfin, ORES est également en train d'étudier les modalités nécessaires dans le cadre d'un lancement d'appel d'offre plus généralisé si ce genre de service venait à s'industrialiser : pré-qualification nécessaire, éventuelles pénalités à mettre en place, durée du contrat... Les premières réflexions seront également présentées à la Cwape courant du premier semestre 2025.

## **7) Conclusion**

Le service fourni par les éoliennes de [REDACTED] est conforme aux attentes techniques, bien qu'une erreur initiale de setpoint ait été corrigée en mars 2024. Il semble également qu'un équilibre économiquement efficient soit trouvable : il reste toutefois à analyser les simulations dans le rapport réalisé en fin de projet pour tirer de véritables conclusions.

Nous décidons donc de continuer le projet en gardant le même prix, en augmentant la puissance délivrée (+0,4 MVAR) jusqu'au 31 décembre 2024. L'analyse finale sera rendue en février 2025, ce qui mènera à un potentiel appel d'offres plus étendu pour ce genre d'initiative dans d'autres zones du réseau.