



Schwartz and Co
Strategy Consulting



Étude de l'efficacité des gestionnaires de réseau de distribution d'électricité et de gaz naturel en Région wallonne pour la période régulatoire 2024-2028 (lot 2)

Rapport final (fin de phase 2)

12 novembre 2020

Version 1.01

Préparé pour : Commission Wallonne pour l'Energie (CWaPE)

Préparé par : Schwartz and Co



SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DU DOCUMENT.....	6
2. RÉSULTAT CLÉS.....	8
3. ANALYSE COMPARATIVE DES MÉTHODES DE MESURE D’EFFICIENCE	15
3.1. Vue d’ensemble des méthodes de mesure d’efficience	15
3.2. Méthodes paramétriques	16
3.2.1. Vue d’ensemble des méthodes paramétriques	16
3.2.2. Création de la base de coûts	22
3.2.3. Choix de la fonction de coût et des variables explicatives.....	23
3.2.4. Analyse de la validité statistique du modèle	25
3.2.5. Calcul de la frontière d’efficience	28
3.2.6. Calcul de l’efficience	28
3.2.7. Avantages / Inconvénients.....	29
3.3. Méthodes non paramétriques	31
3.3.1. DEA.....	31
3.3.2. StoNED	42
3.3.3. TFP.....	47
3.4. Méthodes hybrides.....	53
4. REVUE DE PAYS EUROPÉENS UTILISANT DES MÉTHODES DE MESURE D’EFFICIENCE .	56
4.1. Allemagne	56
4.2. Autriche.....	63
4.3. France.....	69
4.4. Finlande.....	72
5. PROPOSITION D’UN MODÈLE DE MESURE DE L’EFFICIENCE DES GRD EN RÉGION WALLONNE.....	76
5.1. Description de la méthode proposée et justification	76
5.1.1. Type de méthode de mesure d’efficience	76
5.1.2. Positionnement de la frontière d’efficience	77
5.1.3. Base de coûts	78
5.2. Éléments de mise en œuvre	80
5.2.1. Sélection des variables explicatives	80
5.2.2. Analyse de validité statistique du modèle	82
5.2.3. Taille et constitution de l’échantillon de données.....	82
5.2.4. Comparabilité des bases de coûts.....	83



INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1. Description des différentes méthodes de mesure d'efficacité selon le type de frontière et la famille statistique.....	10
Tableau 2. Comparaison des différentes méthodes de mesure d'efficacité	11
Tableau 13. Comparaison des différentes méthodes de mesure d'efficacité par les régulateurs de 10 pays européens	12
Tableau 4. Éléments clés des méthodes paramétriques.....	17
Tableau 5. Synthèse des avantages et des inconvénients des méthodes paramétriques.....	20
Tableau 6. Éléments clés de la méthode DEA	32
Tableau 7. Synthèse des avantages et des inconvénients de la méthode DEA	34
Tableau 8. Éléments clés de la méthode StoNED	43
Tableau 9. Synthèse des avantages et des inconvénients de la méthode StoNED	44
Tableau 10. Éléments clés de la méthode TFP.....	48
Tableau 11. Synthèse des avantages et des inconvénients de la méthode TFP.....	49
Tableau 13. Comparaison des différentes méthodes de mesure d'efficacité par les régulateurs de 10 pays européens	54
Tableau 12. Comparaison des mesures d'efficacité obtenues par les GRD allemands d'électricité et de gaz en 2019 par différentes méthodes de mesure d'efficacité.....	55
Tableau 14. Éléments de contexte du calcul d'efficacité des GRD en Allemagne	56
Tableau 15. Éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité des GRD en Allemagne	56
Tableau 16. Comparaison des résultats de mesures d'efficacité sur une base de coûts réels et une base de coûts standardisés pour la méthode DEA et la méthode SFA.....	58
Tableau 17. Paramètres de comparaison (outputs) utilisés dans les différentes méthodes de calculs d'efficacité par le régulateur allemand	59
Tableau 18. Éléments de contexte du calcul d'efficacité des GRD en Autriche	63
Tableau 19. Éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité des GRD en Autriche.....	64
Tableau 20. Durée de vie moyenne de chaque actif retenu par le régulateur autrichien pour le calcul des CAPEX standardisés.....	66
Tableau 21. Paramètres d'output utilisés dans les différentes méthodes de calculs d'efficacité par le régulateur autrichien.....	67
Tableau 22. Objectif annuel d'évolution des coûts contrôlables en fonction de la mesure d'efficacité pour les GRD d'électricité	69
Tableau 23. Éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité réalisée sur les OPEX de GRDF dans le cadre de l'audit des charges d'exploitation de GRDF pour la période de régulation de 2016 à 2020	70
Tableau 24. Éléments de contexte du calcul d'efficacité des GRD en Finlande	73
Tableau 25. Éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité des GRD en Finlande.....	73



INDEX DES FIGURES

Figure 1. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficacité pour les méthodes paramétriques.....	17
Figure 2. Schéma de la frontière d'efficacité et du calcul d'efficacité en fonction des différentes méthodes paramétriques.....	20
Figure 3. Schéma du calcul de la frontière d'efficacité à partir de la régression OLS	28
Figure 4. Schéma de la frontière d'efficacité et du calcul d'efficacité en fonction des différentes méthodes paramétriques.....	29
Figure 5. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficacité pour la méthode DEA	32
Figure 6. Schéma de la frontière d'efficacité et du calcul d'efficacité pour une méthode DEA...34	
Figure 7. Schéma des frontières d'efficacité d'une méthode DEA avec un rendement d'échelle (return to scale) constant, un rendement d'échelle croissant et un rendement d'échelle décroissant	36
Figure 8. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficacité pour la méthode StoNED	43
Dans la pratique, les valeurs d'efficacité obtenues pour un échantillon de GRD en appliquant une méthode StoNED sont supérieures aux valeurs maximales obtenues en appliquant une méthode DEA et une méthode SFA à ce même échantillon (voir détail à la Figure 9). En particulier, nous observons sur un échantillon de GRD finlandais, un GRD ayant une efficacité d'environ 80 % avec une méthode StoNED et une efficacité d'environ 55 % en considérant l'efficacité maximale calculée avec une méthode DEA et une méthode SFA. Par ailleurs, nous observons également un nombre plus important de GRD ayant une efficacité de 100 % avec une méthode StoNED qu'avec une méthode DEA ou une méthode SFA.	46
Figure 10. Comparaison de la mesure d'efficacité des GRD finlandais entre 2005 et 2008 en utilisant la méthode StoNED et le meilleur résultat pour le GRD de la méthode DEA et de la méthode SFA	46
Figure 11. Schéma du calcul de l'efficacité à partir du calcul des indices TFP.....	48
Figure 12. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficacité pour la méthode TFP	48
Figure 13. Schéma du calcul de l'efficacité à partir du calcul des indices TFP.....	52
Figure 14. Comparaison de la mesure d'efficacité des GRD allemands en utilisant la méthode DEA et la méthode SFA sur une base de coûts réels.....	62
Figure 15. Comparaison de la mesure d'efficacité des GRD allemands en utilisant la méthode DEA et la méthode SFA sur une base de coûts standardisés.....	63



GLOSSAIRE

CNI	Charges nettes liées aux immobilisations
CNLS	Complex nonlinear least-squares
CRE	Commission de régulation de l'énergie
COLS	Corrected Ordinary Least Squares
CWaPE	Commission Wallonne pour l'Energie
DEA	Data Envelopment Analysis
GRD	Gestionnaire de réseau de distribution
MOLS	Modified Ordinary Least Squares
OLS	Ordinary Least Square
PP	Parametric Programming
SFA	Stochastic Frontier Analysis
TFP	Total Factor Productivity
StoNED	Stochastic Nonparametric Envelopment of Data



1. Contexte et objectif du document

La Région wallonne compte à ce jour 2 gestionnaires de réseaux de distribution (GRD) d'électricité et de gaz (ORES et Resa), et 3 gestionnaires de réseaux de distribution d'électricité (AIEG, AIESH et REW), après un mouvement important de consolidation du secteur au cours des quinze dernières années. La Commission Wallonne pour l'Energie (CWaPE) est responsable, depuis le 1er juillet 2014, de l'approbation et du contrôle des tarifs appliqués par les GRD d'électricité et de gaz naturel en Région wallonne.

Après une période transitoire de 4 ans au cours de laquelle les méthodologies tarifaires définies par la CWaPE se sont inscrites très largement dans la continuité des méthodologies tarifaires issues des arrêtés royaux du 2 septembre 2008, la CWaPE a adopté le 17 juillet 2017 « la méthodologie tarifaire applicable aux gestionnaires de réseau de distribution d'électricité et de gaz naturel actifs en Région wallonne pour la période régulatoire 2019-2023 ». Cette méthodologie tarifaire a servi de cadre pour l'approbation par la CWaPE, en novembre 2018 et février 2019, des tarifs de distribution d'électricité et de gaz naturel pour la période régulatoire 2019-2023. Elle a été établie dans le cadre du décret modifié du 19 janvier 2017, relatif à la méthodologie tarifaire applicable aux gestionnaires de réseaux de distribution de gaz et d'électricité¹. L'article 4 de ce décret énonce les principes devant être respectés par la CWaPE lors de la construction de sa méthodologie tarifaire, et en particulier, concernant l'efficacité des gestionnaires de réseau, les paragraphes 15, 17 et 20 de cet article indiquent notamment :

- 15° : toute méthode de contrôle des coûts reposant sur des techniques de comparaison tient compte des différences objectives existant entre gestionnaires de réseau de distribution et qui ne peuvent être éliminées à l'initiative de ces derniers. Toute décision utilisant des techniques de comparaison des coûts tient compte de la qualité des services rendus et est basée sur des données homogènes, transparentes et fiables. Toute comparaison avec d'autres gestionnaires de réseau est réalisée entre des sociétés ayant des activités similaires et opérant dans des circonstances analogues ;
- 17° : les efforts de productivité éventuellement imposés ou réalisés par les gestionnaires de réseau de distribution ne peuvent pas mettre en péril à court ou à long terme la qualité des réseaux, la sécurité des personnes ou des biens ni la continuité de la fourniture ou encore la viabilité économique des gestionnaires de réseau de distribution ;
- 20° : les tarifs visent à offrir un juste équilibre entre la qualité des services prestés et les prix supportés par les clients finals.

Cette méthodologie tarifaire met en place une régulation incitative de type *revenue cap* sur les TOTEX (charges et produits opérationnels et charges nettes liées aux immobilisations), avec un point de départ de la trajectoire tarifaire en 2019 basée construit par les GRD sur base de leurs propres hypothèses et des charges nettes contrôlables pour les années 2020 à 2023, évoluant par

¹ [lien vers la version consolidée du décret](#)



rapport à 2019 sur la base de l'inflation (indice santé IS) et d'un facteur d'efficacité commun à tous les GRD fixé à 1,5%.

La CWaPE a entamé au cours de l'année 2019 les travaux préparatoires relatifs à la méthodologie tarifaire 2024-2028.

Dans ce contexte, la CWaPE a sélectionné le cabinet Schwartz and Co pour la réalisation d'une étude visant à proposer une méthode appropriée de la mesure de l'efficacité individuelle des gestionnaires de réseaux de distribution d'électricité et de gaz wallons afin de pouvoir remplacer le facteur d'efficacité commun par un facteur individuel dans le cadre de la régulation de la prochaine période tarifaire.

Plus précisément, les objectifs de cette étude sont les suivants :

- réaliser une analyse comparative des différents modèles et de leurs paramètres sous-jacents utilisés pour mesurer l'efficacité des gestionnaires de réseau de distribution d'électricité et de gaz naturel en Belgique et dans un échantillon représentatif d'autres pays européens. La comparaison tiendra compte des spécificités de chaque modèle et, notamment :
 - les objectifs prioritaires de la régulation ;
 - le modèle de régulation tarifaire ;
 - la durée des périodes régulatrices ;
 - la base des coûts sur laquelle l'incitant est placé ;
 - la structure du secteur ;
 - l'historique de régulation des différents pays ;
- formuler une ou plusieurs propositions de modèle (et des paramètres sous-jacents) de mesure de l'efficacité applicable aux gestionnaires de réseau de distribution actifs en Région wallonne (sur base des contraintes propres à la Région wallonne telles que le nombre de GRD, la disponibilité et la fiabilité des données, le cadre législatif, etc.).

Le présent document constitue le rapport final de cette étude. Il présente une analyse comparative des méthodes de mesure de l'efficacité, étayé notamment par un éclairage sur les méthodes appliquées dans ce domaine notamment par les régulateurs allemand, autrichien, finlandais et français, ainsi qu'une proposition de méthode de mesure d'efficacité qui pourrait être mise en œuvre par la CWaPE pour les 5 GRD wallons. Ce document inclut les compléments et adaptations apportés suite à la consultation des GRD sur le rapport intermédiaire menée entre le 9 septembre 2020 et le 7 octobre 2020.



2. Résultat clés

Analyse comparative des méthodes de mesure d'efficacité

La mesure d'efficacité d'une société est un exercice ardu et subtil. Bien que s'appuyant sur la théorie économique, les mathématiques et une démarche scientifique, il ne s'agit pas, dans sa mise en œuvre pratique, d'une science exacte, et il convient de bien conserver cet élément à l'esprit pour éviter de faire un mauvais usage des méthodes de mesure d'efficacité. Les méthodes de mesure d'efficacité appropriées permettent d'estimer l'efficacité relative d'un opérateur par rapport à ses pairs, avec un certain niveau de confiance mesuré par des tests statistiques. Elles permettent d'obtenir des ordres de grandeur de l'efficacité de chaque opérateur et doivent être utilisées avec une précaution. Elles constituent cependant le seul outil à disposition des régulateurs pour objectiver la fixation de facteurs d'efficacité individuels dans le cadre de régulations incitatives.

Du point de vue de la théorie économique, l'efficacité d'une société est la mesure de la « quantité » de produits et services qu'elle fournit (les outputs) pour une « quantité » donnée de facteurs de production (les inputs). Une société est d'autant plus efficace qu'elle produit une quantité d'autant plus élevée de produits et services pour une quantité donnée de facteurs de production (vision orientée output de l'efficacité), ou, de manière équivalente qu'elle utilise une quantité d'autant plus faible d'inputs pour produire une quantité donnée d'outputs (vision orientée input de l'efficacité). Pour mesurer l'efficacité totale d'une société, appelée efficacité économique totale ou efficacité de coût, la méthode doit être capable de capturer la totalité de ses inputs et de ses outputs. Par ailleurs, l'efficacité n'est pas une notion absolue. Une société ne peut être jugée comme plus ou moins efficace que par comparaison avec ses pairs (exercice de *benchmarking*).

Si l'on applique ces notions aux gestionnaires de réseaux d'électricité et de gaz soumis à la régulation, l'efficacité est mesurée en modélisant de manière appropriée les inputs et les outputs de tels opérateurs. Les inputs d'un GRD sont constitués de ses coûts totaux contrôlables (TOTEX ou OPEX selon le schéma de régulation incitative), la mesure de l'efficacité n'ayant pas de sens sur les coûts non contrôlables. Les outputs, souvent appelés également paramètres de comparaison (cf. régulation allemande) ou facteurs de coût ou variables explicatives des coûts, sont des paramètres inducteurs des coûts du GRD, qui doivent être exogènes. Il s'agit de paramètres exogènes propres à l'activité du GRD (ex : longueur du réseau, nombre de clients desservis, énergie distribuée, pointe etc.), mais il peut s'agir également de paramètres environnementaux exogènes ayant une influence sur les coûts du GRD.

La mesure d'efficacité globale des GRD repose sur une mesure orientée input de l'efficacité, dans laquelle on considère comme input les coûts totaux contrôlables du GRD. Ces coûts totaux mesurent les facteurs de production que sont le capital et le travail.

On distingue 2 grandes catégories de méthodes de mesure de l'efficacité : les méthodes paramétriques et les méthodes non-paramétriques (voir détails au Tableau 1).



Les méthodes paramétriques (OLS, COLS, MOLS, Advanced COLS, SFA) sont des méthodes économétriques consistant à modéliser pour un échantillon de GRD observés une fonction de production permettant d'expliquer le coût de chaque GRD (input) à partir des paramètres inducteurs de coût (outputs) : coût total=FP(paramètres inducteurs de coût). Cette fonction de production constitue une référence à partir de laquelle est estimée une frontière d'efficacité, à travers une approche qui diffère selon les méthodes (dans tous les cas, la frontière d'efficacité est la fonction de production plus ou moins décalée). La mesure d'efficacité est ensuite réalisée en comparant la position de chaque GRD par rapport à cette frontière d'efficacité. Les méthodes paramétriques sont des méthodes statistiques qui de ce fait ont l'énorme avantage de permettre la validation de la qualité et de la robustesse statistique du modèle obtenu de manière objective grâce à des tests et techniques statistiques. Elles permettent en particulier de vérifier la significativité statistique de chaque paramètre d'output intégré au modèle ainsi que la significativité statistique globale du modèle, c'est-à-dire son pouvoir explicatif des coûts par les paramètres d'output retenus. La méthode paramétrique Advanced COLS permet même de générer le meilleur modèle d'un point de vue statistique à partir d'un jeu de paramètres inducteurs de coûts possibles, sans préjuger des paramètres finalement utilisés dans le modèle, ni dans une large mesure de la forme spécifique de la fonction de production.

Contrairement aux méthodes paramétriques, les méthodes non paramétriques (DEA, StoNED, TFP) ne sont pas intrinsèquement des méthodes statistiques. Elles s'affranchissent de la modélisation d'une fonction de production et permettent de calculer directement l'efficacité de chaque GRD de l'échantillon observé soit par programmation linéaire (méthodes DEA et StoNED) soit par modélisation et comparaison d'indices représentant un ratio entre une combinaison linéaire des outputs et une combinaison linéaire des inputs (méthode indicielle : TFP). Contrairement aux méthodes paramétriques, qui estiment la frontière d'efficacité, les méthodes de programmation linéaire calculent directement cette frontière. Les méthodes indicielles comme TFP n'utilisent pas de frontière d'efficacité. L'absence de modélisation d'une fonction de production est considérée généralement comme l'un des grands avantages des méthodes non paramétriques, en particulier de la méthode DEA, par rapport aux méthodes paramétriques. Nous jugeons cet avantage très relatif, en particulier par rapport à la méthode Advanced COLS, qui s'affranchit notablement de ce problème. En revanche les méthodes non paramétriques ne permettent pas de validation de la qualité et de la robustesse statistique des résultats obtenus² et en particulier de la significativité statistique des paramètres d'output retenus, ce qui de notre point de vue est une caractéristique rédhibitoire de ces méthodes, d'autant plus que les résultats de ces méthodes sont très sensibles au choix des outputs (comme le montre l'expérience du régulateur néerlandais au début des années 2000 lors d'un exercice de benchmarking des GRD électricité néerlandais par la méthode DEA).

² Note : des recherches théoriques récentes visent à montrer que la méthode DEA est malgré tout une méthode à caractère statistique et peut donner lieu à un certain nombre de tests statistiques, mais ces recherches ne sont pas passées dans la pratique et n'apportent pas de réponse au test statistique de la robustesse de la modélisation par DEA ; certains tests statistiques sont néanmoins possibles avec la méthode StoNED.



A l'intérieur de chacune de ces deux catégories de méthodes, les méthodes de mesure d'efficacité peuvent également être scindées en fonction du type de frontière d'efficacité :

- **Tendance centrale** : il s'agit d'obtenir une fonction traduisant l'efficacité moyenne des différents GRD. L'erreur de cette fonction par rapport aux points représentant les GRD est positive (le GRD est plus efficace que la moyenne) ou négative (le GRD est moins efficace que la moyenne). Cette approche n'est pas utilisée en pratique par les régulateurs européens, car elle tend à ramener les GRD les moins efficaces vers la moyenne et non vers les GRD les plus efficaces.
- **Frontière déterministe** : il s'agit de déterminer une fonction traduisant l'efficacité du ou des GRD les plus efficaces, l'efficacité d'un GRD donné correspondant alors à sa distance par rapport à cette fonction.
 - **Décalage de la tendance centrale** : cette fonction est obtenue en effectuant une translation de la fonction de production obtenue pour une mesure de tendance centrale d'un certain facteur (selon les méthodes, ce décalage est égal à la distance entre la tendance centrale et le GRD le plus efficace, ou à l'écart type de la régression relative à la fonction de production, ou à la distance entre la tendance centrale et le GRD représentant par exemple le 1^{er} quartile ou décile des GRD les plus efficaces) ;
 - **Contrainte de signe sur le terme d'erreur** : cette fonction est obtenue en imposant que l'erreur de la fonction recherchée par rapport aux points représentant les GRD soit négative ou nulle. Si l'erreur est nulle, le GRD est considéré comme efficace.
- **Frontière stochastique** : il s'agit de déterminer une fonction traduisant l'efficacité du ou des GRD les plus efficaces identique à la frontière déterministe, puis à décomposer la distance entre chaque GRD et cette fonction en une part de bruit statistique et une part d'inefficacité technique.
- **Sans frontière** : les approches indicielles comme la méthode TFP ne nécessitent pas de frontière d'efficacité.

Tableau 1. Description des différentes méthodes de mesure d'efficacité selon le type de frontière et la famille statistique

Type de frontière		Catégorie de méthode	
		Paramétrique	Non-paramétrique
Tendance centrale		OLS Cobb et Douglas (1928) <i>Description au paragraphe 3.2</i>	CNLS Hildreth (1954) <i>Description au paragraphe 3.3.2</i>
Frontière déterministe	Décalage de la tendance centrale	COLS/MOLS/Advanced COLS Winsten (1957) et Greene (1980) <i>Description au paragraphe 3.2</i>	C ² NLS Kuosmanen et Johnson (2010) <i>Non décrit dans ce document</i>
	Contrainte de signe sur le terme d'erreur (négatif ou nul)	PP (Parametric Programming) Aigner et Chu (1968) et Timmer (1971) <i>Non décrit dans ce document</i>	DEA Farrell (1957) Charnes et al. (1978) <i>Description au paragraphe 3.3.1</i>



Frontière stochastique	SFA Aigner et al. (1977) et Meeseun et Vanden Broeck (1977) <i>Description au paragraphe 3.2</i>	StoNED Kuosmanen et Kortelainen (2012) <i>Description au paragraphe 3.3.2</i>
Sans frontière		Approche indicelle : TFP <i>Description au paragraphe 3.3.3</i>

Source : Schwartz and Co

Chaque méthode présente des caractéristiques spécifiques qu'il convient de bien appréhender. Les caractéristiques principales de chaque méthode de mesure d'efficacité sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 2. Comparaison des différentes méthodes de mesure d'efficacité

Catégorie de méthode	Paramétrique			Non paramétrique		
	COLS/M OLS	Advanced COLS	SFA	DEA	SToNED	FTP
Calcul d'une frontière d'efficacité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Séparation de l'inefficacité entre un bruit statistique et une inefficacité technique	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non
Présupposition des paramètres inducteurs de coût (output)	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Présupposition de la forme de la fonction de production	Oui	Partielle	Oui	Non	Non	Non
Mesure de la pertinence statistique du modèle	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Prise en compte de l'impact des paramètres environnementaux sans retraitement	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Retour d'expérience sur l'utilisation de la méthode	Important	Important	Important	Important	Faible	Satisfaisant
Utilisation actuelle de la méthode par des régulateurs européens	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Marginal
Taille minimale de l'échantillon de GRD nécessaire pour garantir la pertinence des résultats	11 + nombre de paramètres explicatifs du modèle	11 + nombre de paramètres explicatifs du modèle	>> 11 + nombre de paramètres explicatifs du modèle (outputs)	3*(nombre d'input + nombre d'output) ³	Pas de règle spécifique, mais besoin d'un large échantillon	N/A

Source : Analyse Schwartz and Co

³ Il s'agit d'une règle empirique, la méthode DEA ne permettant pas de mesurer la qualité statistique de la modélisation obtenue



Les régulateurs des pays européens que nous avons analysés en détail (Allemagne, Autriche, France, Finlande) utilisent des méthodes de mesure d'efficacité différentes, qui sont soit des méthodes paramétriques, soit des méthodes non paramétriques non indicielles⁴, soit une combinaison des 2.

Les caractéristiques principales des méthodes de mesure d'efficacité appliquées par un échantillon de pays européens sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 3. Comparaison des différentes méthodes de mesure d'efficacité par les régulateurs de 10 pays européens

Pays	Régulateur	GRD	Réalisation de la mesure	Période de régulation	Méthode utilisée
Allemagne ⁵	BNetzA	Electricité et gaz	Systématique	2018 à 2022 pour le gaz et 2019 à 2023 pour l'électricité	Méthode hybride (SFA + DEA)
Autriche ⁶	E-Control	Electricité et gaz	Systématique	2018 à 2022 pour le gaz et 2019 à 2023 pour l'électricité	Méthode hybride (MOLS + DEA)
France ⁷	CRE	Gaz	Ponctuelle	2016 à 2020	Advanced COLS
Finlande ⁸	Energiavirasto	Electricité	Systématique	2016 à 2019 et 2020 à 2023	StoNED
Irlande ⁹	CER	Electricité	Systématique	2016 à 2020	COLS
Royaume-Uni ¹⁰	Ofgem	Electricité	Systématique	2015 à 2023	COLS (Pooled OLS)
Suède ¹¹	Energimarknadsinspektionen	Electricité	Systématique	2016 à 2019	DEA
Norvège ¹²	NVE	Electricité	Systématique	2013 à 2018	DEA
Danemark ¹³	Forsyningstilsynet	Electricité	Systématique	2020 à 2022	Méthode hybride (SFA + DEA)

⁴ Le régulateur flamand a fait réaliser récemment une étude de calcul de l'objectif d'amélioration de l'efficacité de Fluvius sur base d'une méthode TFP, mais cette méthode n'est pas utilisée pour mesurer l'efficacité de Fluvius par rapport à des pairs, mais par rapport à d'autres secteurs d'activités.

⁵ Effizienzvergleich verteilernetzbetreiber gas (3. Rp)

Effizienzvergleich Verteilernetzbetreiber Strom der dritten Regulierungsperiode (EVS3)

⁶ Electricity Distribution System Operators, 1 January 2019 - 31 December 2023 Regulatory Regime for the Fourth Regulatory Period, December 2018

Regulierungssystematik für die dritte Regulierungsperiode der Gasverteilernetzbetreiber

1. Jänner 2018 - 31. Dezember 2022

⁷ Rapport public de l'étude réalisée par Schwartz and Co pour la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) en France, publiée par la CRE le 18 novembre 2015, dans le cadre de la consultation publique de la CRE sur le prochain tarif d'utilisation des réseaux publics de distribution de gaz naturel de GRDF (dit « ATRD5 »)

⁸ Regulation methods in the fourth regulatory period of 1 January 2016 – 31 December 2019 and the fifth regulatory period of 1 January 2020 – 31 December 2023, Energiavirasto, November 2015

⁹ Consultancy Support for Electricity Transmission and Distribution Revenue Controls (2016-2020), Commission for Energy Regulation, Jacobs, June 2015

¹⁰ RIIO-ED1: Final determinations for the slowtrack electricity distribution companies Business plan expenditure assessment, Ofgem, 2014

¹¹ Benchmarkingrapport, Afsluttende rapport, Février 2017, Benchmarkingekspertgruppen

¹² National Report 2019, VNE, 2020

¹³ Effektiviseringspotentialet i eldistributionssktoren, Forsyningstilsynet, Avril 2020



Portugal ¹⁴	ERSE	Electricité et gaz	Systématique	2020 à 2021 pour le gaz et 2018 à 2020 pour l'électricité	DEA
------------------------	------	--------------------	--------------	---	-----

Proposition de modèle de mesure d'efficacité des GRD wallons d'électricité et de gaz

Sur la base des analyses précédentes, nous recommandons un modèle de mesure d'efficacité des GRD wallons d'électricité et de gaz basé sur une méthode paramétrique avec une frontière d'efficacité déterministe (positionnée soit au premier décile, soit au second décile, soit au premier quartile en fonction de l'objectif que la CWaPE souhaite fixer), appliquée à une base de coût constituée des charges nettes contrôlables hors OSP au sens de la méthodologie tarifaire (OPEX + charges nettes liées aux immobilisations), avec prise en compte des CAPEX sur base comptable pour le calcul des charges amortissements. La forme de la fonction de coût et ses variables explicatives seront déterminées de manière statistiquement optimale selon la méthodologie advanced COLS, qui intègre également une vérification de la validité économique et opérationnelle du modèle économétrique obtenu. En raison des contraintes techniques de taille minimale de l'échantillon de GRD à utiliser pour appliquer cette méthode, tout en respectant les règles de bonnes pratiques économétriques définissant la taille minimale d'échantillon à considérer, la mesure d'efficacité sera exécutée à travers un benchmark international regroupant :

- Pour l'électricité : un minimum de 15 GRD et dans la mesure du possible jusqu'à 20, en fonction de la disponibilité de données de qualité suffisante, dont les 5 GRD électricité wallons, les 2 autres GRD électricité belges Sibelga et Fluvius, les autres GRD étant sélectionnés par Schwartz and Co dans un jeu de pays pouvant comprendre notamment l'Autriche, l'Allemagne, le Royaume Uni, les Pays-Bas et la France.
- Pour le gaz : un minimum de 15 GRD et dans la mesure du possible jusqu'à 20, en fonction de la disponibilité de données de qualité suffisante), dont les 2 GRD gaz wallons, les 2 autres GRD gaz belges Sibelga et Fluvius, les autres GRD étant sélectionnés par Schwartz and Co dans un jeu de pays pouvant comprendre notamment l'Autriche, l'Allemagne, le Royaume Uni, les Pays-Bas et la France.

La borne haute de 20 GRD n'est pas fixée de façon absolue. Des tests statistiques détaillés dans le présent rapport seront réalisées pour valider la robustesse des modèles économétriques générés dans le cadre de la méthode Advanced COLS. Si ces tests étaient non concluants, la taille de l'échantillon serait augmentée au-delà de la borne haute de 20 GRD autant que de besoin.

Nous excluons les autres méthodes pour les raisons principales suivantes :

- TFP : la qualité de la modélisation ne peut pas être mesurée et cette méthode ne produit pas de frontière d'efficacité à laquelle sont comparés les différents GRD ;

¹⁴ Proveitos permitidos e ajustamentos para o ano gás 2020-2021 das empresas reguladas do setor do gás natural, ERSE, Juin 2020

Proveitos permitidos e ajustamentos para 2020 das empresas reguladas do setor elétrico, ERSE, Décembre 2019



- DEA : il n'existe pas de test statistique pertinent permettant de mesurer la qualité de la modélisation ;
- StoNED : le nombre minimal de GRD requis dans le benchmark est trop important dans le cadre d'un benchmark international et le retour d'expérience sur cette méthode n'est pas suffisant ;
- SFA : le nombre minimal de GRD requis dans le benchmark est trop important dans le cadre d'un benchmark international, et le bénéfice réel de la méthode SFA en termes de positionnement non déterministe de la frontière d'efficacité par rapport au positionnement proposé reste à prouver étant donné la nécessité de présupposer la distribution statistique modélisant la part d'inefficacité technique et la part de bruit dans la méthode SFA.



3. Analyse comparative des méthodes de mesure d'efficacité

3.1. Vue d'ensemble des méthodes de mesure d'efficacité

Du point de vue de la théorie économique, l'efficacité d'une société est la mesure de la « quantité » de produits et services qu'elle fournit (les outputs) pour une « quantité » donnée de facteurs de production (les inputs). Une société est d'autant plus efficace qu'elle produit une quantité d'autant plus élevée de produits et services pour une quantité donnée de facteurs de production (vision orientée output de l'efficacité), ou, de manière équivalente qu'elle utilise une quantité d'autant plus faible d'inputs pour produire une quantité donnée d'outputs (vision orientée input de l'efficacité). Pour mesurer l'efficacité totale d'une société, appelée efficacité économique totale ou efficacité de coût, la méthode doit être capable de capturer la totalité de ses inputs et de ses outputs. Par ailleurs, l'efficacité n'est pas une notion absolue. Une société ne peut être jugée comme plus ou moins efficace que par comparaison avec ses pairs (exercice de *benchmarking*).

Les méthodes de calculs d'efficacité individuelle des GRD utilisées par les régulateurs sont donc basées sur un benchmark qui peut être national ou international en fonction du nombre de GRD pertinents existants à l'échelle nationale.

Les méthodes de mesure d'efficacité se distinguent en deux grandes catégories :

- les méthodes paramétriques :
 - COLS (Corrected Ordinary Least Squares) ;
 - MOLS (Modified Ordinary Least Squares) ;
 - Advanced COLS (Advanced Corrected Ordinary Least Squares¹⁵) ;
 - SFA (Stochastic Frontier Analysis) ;
- les méthodes non paramétriques :
 - programmation linéaire :
 - DEA (Data Envelopment Analysis) ;
 - StoNED (Stochastic Nonparametric Envelopment of Data) ;
 - approche indiciaire : TFP.

Les méthodes paramétriques sont des méthodes économétriques consistant à modéliser pour un échantillon de GRD observés une fonction de production permettant d'expliquer le coût de chaque GRD (input) à partir des paramètres inducteurs de coût (outputs) : coût total=FP(parameters inducteurs de coût). Cette fonction de production constitue une référence à partir de laquelle est estimée une frontière d'efficacité, à travers une approche qui diffère selon les méthodes (dans tous les cas, la frontière d'efficacité est la fonction de production plus ou moins décalée). La mesure d'efficacité est ensuite réalisée en comparant la position de chaque GRD par rapport à cette frontière d'efficacité. Les méthodes paramétriques sont des méthodes statistiques qui de ce fait ont l'énorme avantage de permettre la validation de la qualité et de la robustesse statistique du

¹⁵ Méthode COLS adaptée et améliorée par Schwartz and Co et le professeur d'économétrie Régis Bourbonnais, Université Paris Dauphine



modèle obtenu de manière objective grâce à des tests et techniques statistiques. Elles permettent en particulier de vérifier la significativité statistique de chaque paramètre d'output intégré au modèle ainsi que la significativité statistique globale du modèle, c'est-à-dire son pouvoir explicatif des coûts par les paramètres d'output retenus. La méthode paramétrique Advanced COLS permet de générer le meilleur modèle d'un point de vue statistique à partir d'un jeu de paramètres inducteurs de coûts possibles, sans préjuger des paramètres finalement utilisés dans le modèle, ni dans une large mesure de la forme spécifique de la fonction de production.

Contrairement aux méthodes paramétriques, les méthodes non paramétriques (DEA, StoNED, TFP) ne sont pas intrinsèquement des méthodes statistiques. Elles s'affranchissent de la modélisation d'une fonction de production et permettent de calculer directement l'efficacité de chaque GRD de l'échantillon observé soit par programmation linéaire (méthodes DEA et StoNED) soit par modélisation et comparaison d'indices représentant un ratio entre une combinaison linéaire des outputs et une combinaison linéaire des inputs (méthode indicielle : TFP). Contrairement aux méthodes paramétriques, qui estiment la frontière d'efficacité, les méthodes de programmation linéaire calculent directement cette frontière. Les méthodes indicielles comme TFP n'utilisent pas de frontière d'efficacité. L'absence de modélisation d'une fonction de production est considérée généralement comme l'un des grands avantages des méthodes non paramétriques, en particulier de la méthode DEA, par rapport aux méthodes paramétriques. Nous verrons qu'il s'agit d'un avantage très relatif, en particulier par rapport à la méthode Advanced COLS, qui s'affranchit notablement de ce problème. En revanche les méthodes non paramétriques ne permettent pas comme on le verra de validation de la qualité et de la robustesse statistique des résultats obtenus et en particulier de la significativité statistique des paramètres d'output retenus.

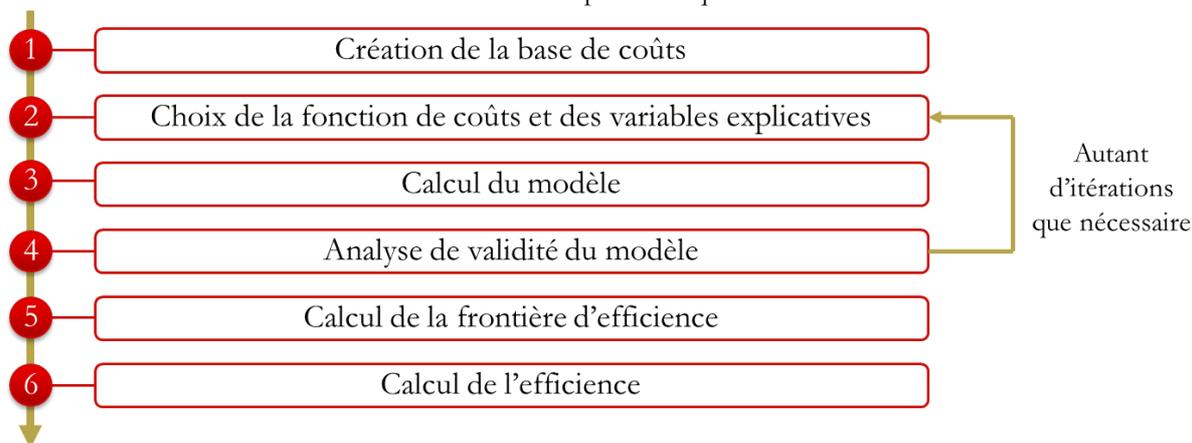
3.2. Méthodes paramétriques

3.2.1. Vue d'ensemble des méthodes paramétriques

Les méthodes paramétriques sont des méthodes économétriques de mesure d'efficacité basées sur la modélisation d'une fonction de coût, appelée également fonction de production, à partir d'un échantillon de GRD observés. Cette dernière permet d'expliquer la base de coûts d'un GRD (input), par des paramètres inducteurs de ces coûts et exogènes comme la longueur du réseau, le nombre de clients, le volume d'énergie distribué, la pointe de consommation (outputs) etc. Le calcul de l'efficacité s'effectue en 6 étapes principales décrites sur la Figure 1.



Figure 1. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficacité pour les méthodes paramétriques



Source : Schwartz and Co

De manière schématique, il existe actuellement 4 méthodes paramétriques principales utilisées pour le calcul de l'efficacité des GRD :

- COLS : Corrected Ordinary Least Squares
- MOLS : Modified Ordinary Least Squares
- Advanced COLS : Advanced Corrected Ordinary Least Squares¹⁶
- SFA : Stochastic Frontier Analysis

Les différences entre ces méthodes résident en particulier dans le choix de la forme de la fonction de coût et des variables explicatives, le calcul de la frontière d'efficacité et le calcul de l'efficacité. Les éléments clés de chaque méthode et leurs différences sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4. Eléments clés des méthodes paramétriques

Etape	Description
1. Création de la base de coûts	La base de coûts est constituée des coûts contrôlables du GRD (OPEX ou TOTEX en fonction du schéma de régulation). Il est nécessaire que le périmètre des coûts retenus soit identique entre les différents GRD, en particulier lors d'un benchmark international. Il peut être nécessaire d'effectuer des retraitements de coûts afin d'homogénéiser les bases de coût des différents GRD, tout particulièrement dans un benchmark international.
2. Choix de la fonction de coût et des variables explicatives	Une fonction de coût est modélisée afin d'exprimer la base de coûts (OPEX ou TOTEX) en fonction de différentes variables explicatives exogènes (longueur du réseau, nombre de clients, volume d'énergie distribué, pointe annuelle etc.) qui peuvent être exprimées en valeur linéaire ou en logarithme. En particulier, les paramètres environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail ...) peuvent

¹⁶ Méthode COLS adaptée et améliorée par Schwartz and Co et le professeur d'économétrie Régis Bourbonnais, Université Paris Dauphine



	<p>être traités comme des variables explicatives. Pour obtenir des résultats statistiquement pertinents, la taille minimale de l'échantillon de GRD composant le benchmark doit être strictement égale à 10 plus le nombre de variables explicatives plus 1. C'est-à-dire que pour un modèle comportant 3 variables explicatives, il est nécessaire de disposer d'au moins 14 GRD.</p>
2.a. COLS, MOLS et SFA	<p>Pour ces méthodes, la forme de la fonction de coût et les variables explicatives retenues sont présumées. Les formes de fonctions de coûts communément utilisées sont les suivantes : Cobb-Douglas, linéaire, Translog et Constant Elasticity of Substitution (CES).</p>
2.b. Advanced COLS	<p>Pour la méthode Advanced COLS, les variables explicatives ne sont pas présumées parmi un jeu de variables explicatives utilisables et la forme de la fonction de coût est le résultat de la méthode, les variables explicatives étant testées en logarithme, en linéaire et pour certaines d'entre elles en ratios (ex : nombre de clients par kilomètre). Deux approches sont appliquées afin de définir les variables explicatives et la fonction de coût les plus pertinentes statistiquement :</p> <ul style="list-style-type: none">• l'approche « stagewise regression » visant à sélectionner le meilleur ensemble de paramètres et la meilleure fonction de coût, minimisant l'intercorrélation entre les variables explicatives en étudiant les résidus de régression (voir étapes 3 et 4) ;• l'approche « all possible models » visant à tester toutes les combinaisons possibles de variables explicatives et de forme de fonction de coût. Tous les modèles possibles sont ainsi calculés par régression multilinéaire (voir étape 3) et testés (voir étape 4). <p>D'un point de vue théorique, la méthode « all possible models » est la méthode optimale, mais elle ne peut pas toujours être implémentée en pratique si le nombre de paramètres à tester est trop important (temps de calcul).</p>
3. Calcul du modèle	<p>Sur la base des choix effectués pour la forme de la fonction de coût et pour les variables explicatives, une régression multilinéaire par la méthode des moindres carrés ordinaires, dite OLS (Ordinary Least Square), est réalisée sur l'ensemble des observations de l'échantillon de GRD pour aboutir à un modèle explicatif des coûts (COLS, MOLS, SFA).</p> <p>Dans le cas de la méthode Advanced COLS, il y a autant de régressions multilinéaires réalisées que de modèles testés (« all possible models »), ainsi qu'une régression par étape (stagewise).</p>
4. Analyse de validité du modèle	<ul style="list-style-type: none">• Tests statistiques : des tests statistiques sont réalisés afin de s'assurer de la robustesse du modèle (significativité du modèle et des variables individuelles), qui dépend de la fonction de production et des variables explicatives :<ul style="list-style-type: none">○ Pour les méthodes COLS, MOLS et SFA, le choix de la fonction de production étant fait a priori, des tests statistiques non satisfaisant conduisent à revoir en pratique uniquement les variables explicatives (étape 2), une remise en cause de la fonction de production étant malgré tout possible.



	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dans le cas de la méthode advanced COLS, les tests statistiques permettent de choisir le meilleur modèle économétrique qui se traduit à la fois par une forme particulière de fonction de coût non présumée et la sélection des variables explicatives optimales parmi un ensemble de variables explicatives possibles. C'est l'un des avantages majeurs de la méthode advanced COLS, qui s'affranchit ainsi d'une des critiques principales des méthodes paramétriques, qui est le choix arbitraire d'une forme de fonction de coût. ● Gestion des points aberrants (outliers) : des analyses sont réalisées afin d'identifier les points aberrants (notamment l'analyse de la distance de Cook). Un GRD présentant une efficacité supérieure, jugée aberrante, par rapport aux autres GRD peut être exclu du benchmark en lui appliquant une efficacité plafond (généralement 100 %) et un GRD présentant une efficacité inférieure, jugée aberrante, par rapport aux autres GRD peut être exclu du benchmark en lui appliquant une efficacité plancher (soit une valeur arbitraire ou le minimum d'efficacité résultant du benchmark sur les GRD jugés cohérents).
5. Calcul de la frontière d'efficacité	<i>Voir le schéma sur la figure suivante</i>
5.a. COLS ¹⁷	La frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS pour la faire passer par le GRD le plus efficace.
5.b. MOLS ¹⁸	La frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS à l'écart-type de la régression en supposant une distribution demi-normale du terme d'inefficacité.
5.c. Advanced COLS ¹⁹	La frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS pour atteindre par exemple le premier quartile (ou décile, il s'agit d'un paramètre de la méthode à fixer par le régulateur) des GRD les plus efficaces.
5.d. SFA ²⁰	La frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS pour la faire passer par le GRD le plus efficace.
6. Calcul de l'efficacité	<i>Voir le schéma sur la figure suivante</i>
6.a. COLS, MOLS et Advanced COLS	L'inefficacité de chaque GRD est mesurée par la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité. Ainsi, un GRD situé sur la frontière d'efficacité ou au-delà a une inefficacité de 0 %. Dans la méthode COLS, un seul GRD bénéficie d'une inefficacité de 0 %. Pour la méthode MOLS, un ou plusieurs GRD peuvent bénéficier d'une inefficacité de 0 %. Pour la méthode Advanced COLS, le premier quartile / décile (selon le paramètre fixé par le régulateur) des GRD les plus efficaces bénéficie d'une inefficacité de 0 %.

¹⁷ Corrected Ordinary Least Squares

¹⁸ Modified Ordinary Least Squares

¹⁹ Méthode COLS adaptée par Schwartz and Co

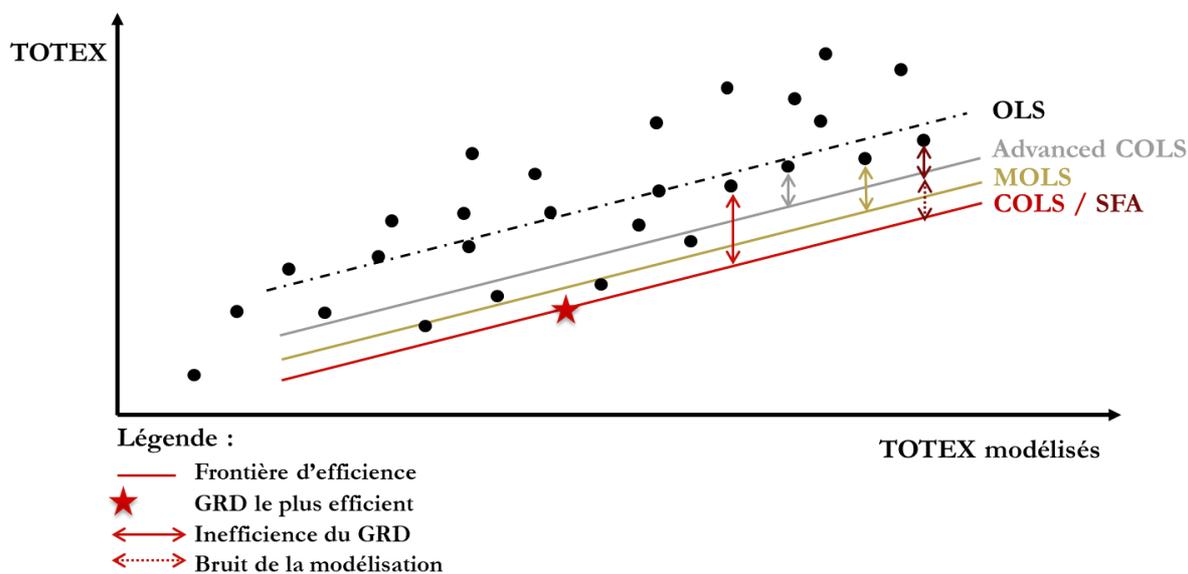
²⁰ Stochastic Frontier Analysis



6.b. SFA	<p>A l'inverse des méthodes COLS, MOLS et Advanced COLS qui considèrent que la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité traduit l'inefficacité de ce GRD, la méthode SFA considère que la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité est décomposée en deux parties : d'une part un bruit statistique, dû aux limitations de la modélisation, et d'autre part à une inefficacité du GRD. Le bruit est postulé être modélisé par une fonction normale centrée à l'origine alors que l'inefficacité du GRD peut être approchée par une fonction demi-normale. En pratique, la séparation de la part d'inefficacité technique et du bruit statistique est réalisée à travers un logiciel de statistique (le régulateur allemand utilise par exemple le logiciel Stata).</p>
----------	--

Source : Schwartz and Co

Figure 2. Schéma de la frontière d'efficacité et du calcul d'efficacité en fonction des différentes méthodes paramétriques



Source : Schwartz and Co

Tableau 5. Synthèse des avantages et des inconvénients des méthodes paramétriques

Type de méthode	Avantage	Inconvénient
COLS	<ul style="list-style-type: none"> La robustesse statistique du modèle (significativité statistique du modèle) et la validité des variables explicatives (significativité statistique de chaque variable) peuvent être mesurées objectivement par des tests statistiques. Les différences de taille entre les GRD sont prises en compte dans la méthode (par le choix des paramètres explicatifs). 	<ul style="list-style-type: none"> Les variables explicatives et la forme de la fonction de coût sont présupposées. L'inefficacité mesurée est une combinaison de l'inefficacité effective et du bruit sans qu'il soit possible de les séparer.



	<ul style="list-style-type: none"> • Les facteurs environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail...) peuvent être inclus comme variables explicatives ; • La fonction de coût produite peut être appréhendée aisément par les GRD (méthode assez intuitive). 	
MOLS	<ul style="list-style-type: none"> • La robustesse statistique du modèle (significativité statistique du modèle) et la validité des variables explicatives (significativité statistique de chaque variable) peuvent être mesurées objectivement par des tests statistiques. • Les différences de taille entre les GRD sont prises en compte dans la méthode (par le choix des paramètres explicatifs) ; • Les facteurs environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail...) peuvent être inclus comme variables explicatives. • La fonction de coût produite peut être appréhendée aisément par les GRD (méthode assez intuitive). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les variables explicatives et la forme de la fonction de coût sont présumées. • L'inefficience mesurée est une combinaison de l'inefficience effective et du bruit sans qu'il soit possible de les séparer. Néanmoins, celle-ci est calculée à partir d'un positionnement de la frontière d'efficience plus favorable à l'efficience des GRD que la méthode COLS
Advanced COLS	<ul style="list-style-type: none"> • Les variables explicatives et la forme de la fonction de coût ne sont pas présumées et sont choisies à travers l'application de deux méthodes de régression (régression par étape, dite « stagewise regression », et calcul de tous les modèles possibles dite « all possible models ») et une batterie de tests statistiques permettant de sélectionner le meilleur modèle. • La robustesse statistique du modèle (significativité statistique du modèle) et la validité des variables explicatives (significativité statistique de chaque variable) peuvent être mesurées objectivement par des tests statistiques. • Les facteurs environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail...) 	<ul style="list-style-type: none"> • L'inefficience mesurée est une combinaison de l'inefficience effective et du bruit sans qu'il soit possible de les séparer. Néanmoins, celle-ci est calculée à partir d'un positionnement de la frontière d'efficience plus favorable à l'efficience des GRD que la méthode COLS.



	<p>peuvent être inclus comme variables explicatives.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les différences de taille entre les GRD sont prises en compte dans la méthode (par le choix des paramètres explicatifs) ; • La fonction de coût produite peut être appréhendée aisément par les GRD (méthode assez intuitive). 	
SFA	<ul style="list-style-type: none"> • La qualité de la fonction de coût et de la corrélation des variables explicatives avec la base de coûts peut être mesurée statistiquement ; • L'inefficience est séparée entre un bruit statistique et une inefficience technique ; • Les facteurs environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail...) peuvent être inclus comme variables explicatives ; • Les différences de taille entre les GRD sont prises en compte dans la méthode (par le choix des paramètres explicatifs) ; • La fonction de coût produite peut être appréhendée aisément par les GRD (méthode assez intuitive). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les variables explicatives et la forme de la fonction de coût sont présupposées. • Pour le calcul de l'inefficience, il est nécessaire de présupposer une distribution statistique particulière pour le calcul du bruit et pour celle de l'inefficience effective. • Il est nécessaire de disposer d'un échantillon plus important de GRD que les autres méthodes paramétriques pour le calcul de l'inefficience effective et du bruit.

Source : Schwartz and Co

3.2.2. Création de la base de coûts

La base de coûts est utilisée en tant qu'input et elle doit être strictement identique entre les différents GRD analysés afin de garantir la pertinence des résultats. Dans le cas d'un benchmark international, la complexité consiste à harmoniser les différentes bases de coûts issues des différents pays en retraitant certains postes de coûts afin d'obtenir finalement une base de coûts identique pour l'ensemble des GRD.

La base de coûts doit refléter les coûts contrôlables du GRD, TOTEX ou OPEX selon le schéma de régulation

Lorsqu'une base de coût TOTEX est utilisée, nous avons observé dans certains pays l'utilisation de plusieurs bases de coûts :

- une base de coûts calculée à partir des données comptables pour la partie CAPEX ;
- une base de coûts standardisés, où les CAPEX sont calculés à partir de valeurs de remplacement prenant en compte la durée de vie moyenne de différents groupes d'actifs immobilisés. Cette méthode permet de limiter un effet d'aubaine en termes d'efficience



pour des GRD ayant un nombre important d'actifs déjà amortis vis-à-vis d'un autre GRD ayant une base d'actif équivalente, mais dont les actifs ne sont pas encore amortis. Cette base de coûts est notamment utilisée en Allemagne (détail du calcul de la base de coûts standardisés au paragraphe 4.1) et en Autriche (détail du calcul de la base de coûts standardisés au paragraphe 4.2).

3.2.3. Choix de la fonction de coût et des variables explicatives

Une fonction de coût est modélisée afin d'exprimer la base de coûts (OPEX ou TOTEX) en fonction de différentes variables explicatives exogènes (longueur du réseau, nombre de clients, volume d'énergie distribué, pointe annuelle etc.) qui peuvent être exprimées en valeur linéaire ou en logarithme.

En particulier, les paramètres environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail ...) peuvent être traités comme des variables explicatives.

COLS, MOLS et SFA

Les choix de la forme de la fonction de coût et les variables explicatives sont présumés. Différentes analyses préliminaires, dont des analyses de corrélations entre variables explicatives envisagées et la base de coût, sont menées à cet effet.

Advanced COLS

Pour la méthode Advanced COLS, les variables explicatives ne sont pas présumées parmi un jeu de variables explicatives envisagées et la forme de la fonction de coût est le résultat de la méthode, les variables explicatives étant testées en logarithme, en linéaire et pour certaines d'entre elles en ratios (ex : nombre de clients par kilomètre). Deux méthodes sont appliquées afin de définir les variables explicatives et la fonction de coût les plus pertinentes statistiquement :

- la méthode « stagewise regression » ;
- la méthode « all possible models ».

La méthode de régression par étape (« **stagewise regression** ») est un processus de régression multilinéaire visant à sélectionner le meilleur ensemble de variables explicatives, minimisant l'intercorrélation entre les variables explicatives en étudiant les résidus de régression. Considérons n variables explicatives notées x_i (i de 1 à n) et la base de coûts, noté y . Le processus se déroule en plusieurs étapes comme suit :

1. Sélectionner la variable explicative notée x_1 avec le coefficient de corrélation le plus élevé avec la variable dépendante (y).
2. Calculer le résidu de la régression de y sur x_1 . Sélectionner ensuite la variable explicative notée x_2 avec le coefficient de corrélation le plus élevé avec le résidu de la régression.



3. Calculer le nouveau résidu de la régression de y sur x_1 et x_2 . Sélectionnez ensuite la variable explicative notée x_3 avec le coefficient de corrélation le plus élevé avec le résidu de régression et répéter l'opération. Le processus se termine lorsque le coefficient de corrélation entre les variables restantes et le résidu de régression n'est pas significativement différent de 0.

La méthode « **all possible models** » consiste à calculer et tester tous les modèles possibles à partir des variables explicatives disponibles. Le processus se déroule comme suit :

1. Pour chaque sous-ensemble de variables explicatives parmi l'ensemble des variables explicatives à disposition, un modèle est calculé par régression multilinéaire.
2. Seuls les modèles pour lesquels toutes les variables explicatives sont statistiquement pertinentes sont conservés, c'est-à-dire avec un critère p - valeur $< 5\%$ (= probabilité que le coefficient du modèle pour ce paramètre soit 0) ;
3. Parmi ces modèles valides, sélectionner le meilleur modèle, c'est-à-dire celui qui minimise les critères d'Akaike et Schwarz. Dans le cas d'échantillons de petite taille (typiquement pour $n/k < 40$, avec n le nombre d'observations et k le nombre de variables explicatives), il est utilisé dans sa forme dite corrigée (AICc), tel que préconisé par Burnham et Anderson²¹ (AICc tend vers l'AIC lorsque le nombre d'observation devient grand).

Le critère AIC consiste à retenir le modèle qui minimise la quantité $AIC = \ln(SCR/n) + 2k/n$, avec SCR, la somme des carrés des résidus, tandis que dans sa version dite corrigée il consiste à minimiser la quantité avec $AICc = AIC + (2k * (k + 1)) / (n - k - 1)$.

Le critère de maximisation du R^2 (coefficient de détermination) consiste à retenir le modèle dont le R^2 est le plus élevé. Ce critère présente l'inconvénient de ne pas arbitrer entre la perte de degrés de liberté du modèle et l'ajustement qui en résulte. C'est pourquoi il est préférable d'utiliser les critères d'information d'Akaike et de Schwarz afin de comparer des modèles impliquant un nombre différent de variables explicatives.

Dans certains cas assez rares, ces méthodes de détermination peuvent aboutir à des variables explicatives qui sont les plus pertinentes statistiquement, mais qui sont difficiles à appréhender d'un point de vue métier pour les GRD. Dans ce cas, le choix des variables explicatives peut être ajusté en pleine connaissance d'une perte de qualité statistique du modèle, en choisissant un modèle ayant une qualité statistique légèrement moindre que le modèle optimal, mais plus facilement appréhendable d'un point de vue métier.

Le meilleur modèle économétrique identifié par les critères d'Akaike-Schwarz est donc validé par une méthodologie à deux étapes :

²¹ Burnham, Kenneth P. and David R. Anderson. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretical Approach. 2d ed. New York: Springer-Verlag.



- **Etape 1 - validité statistique :** une série de tests statistiques (voir paragraphe 3.2.4) est mise en œuvre dans le but de valider statistiquement la pertinence et la robustesse du modèle.
- **Etape 2 - validité économique et opérationnelle :** la validité économique et opérationnelle du modèle économétrique est vérifiée en contrôlant que les variables explicatives du modèle sont cohérentes avec les pratiques métiers des GRD et que les signes attendus des coefficients sont conformes à l'intuition économique.
Si le modèle économétrique n'est pas ainsi validé, il n'est pas retenu et le meilleur modèle économétrique suivant au sens d'Akaike-Schwarz est testé. L'itération s'arrête lorsque le modèle économétrique a satisfait aux deux étapes de validation.

3.2.4. Analyse de la validité statistique du modèle

Tests statistiques

Une série de tests statistiques peut et doit être réalisée afin de s'assurer de la qualité globale du modèle obtenu (fonction de production) et de la pertinence individuelle des variables explicatives.

Ces tests s'appliquent à toutes les méthodes paramétriques implémentées correctement (COLS, MOLS, Advanced COLS, SFA), en particulier :

- le test de Fisher, pour vérifier la significativité globale du modèle ;
- le test de Student, pour vérifier la significativité de chaque variable explicative du modèle ;
- le test de White pour vérifier l'absence d'hétéroscédasticité du modèle ;
- le test de Jarque-Bera pour vérifier la normalité des résidus de régression.

Le test de Fisher permet de vérifier la significativité globale du modèle, en rejetant l'hypothèse de nullité de tous les paramètres du modèle. Pour cela, la statistique suivante est calculée :

$$F = \frac{r^2/p}{(1-r^2)/(n-p-1)}, \text{ avec } n = \text{nombre d'observations}, p = \text{nombre de variables explicatives}$$

Sous l'hypothèse H_0 de nullité de tous les paramètres du modèle, cette statistique suit une loi de Fisher à $(p, n - p - 1)$ degrés de liberté. Une valeur critique à 5% est ensuite calculée en utilisant la loi inverse de Fisher : si la statistique F est supérieur à cette valeur critique, l'hypothèse de nullité de tous les paramètres du modèle avec une probabilité d'erreur de moins de 5% et rejetée et donc il est possible de conclure sur l'existence d'une relation entre les variables explicatives et les observations.

Les tests de Student permettent de vérifier la significativité individuelle de chaque variable explicative dans la régression. L'hypothèse testée est la nullité du paramètre du modèle pour la variable explicative étudiée. La statistique T calculée pour une variable explicative comme le ratio entre le coefficient de la régression (i.e. l'estimateur du paramètre) de cette variable et l'erreur type de ce coefficient :



$$T_i = \frac{m_i}{se_i}, \text{ avec } m_i = \text{coefficient pour la variable explicative } i, se_i = \text{erreur type pour le coefficient } m_i$$

Sous l'hypothèse H_0 de nullité du coefficient de la régression, cette statistique suit loi de Student à $(n - p - 1)$ degrés de liberté. Une valeur critique à 5% est calculée en utilisant la loi inverse de Student : si la statistique T est supérieure à cette valeur critique, l'hypothèse de nullité du paramètre du modèle pour la variable explicative étudiée avec une probabilité d'erreur de moins de 5% est rejetée et il existe une relation entre cette variable explicative et les observations.

Le test de White a pour but de rechercher une liaison entre le carré du résidu (qui est donc représentatif de la variance) et les valeurs prises par une ou plusieurs variables explicatives. Dans ce test, il n'est donc pas nécessaire de trier les données. En cas de doute sur une influence croisée de deux variables comme étant la source de l'hétéroscédasticité, on peut ajouter au modèle à estimer des termes croisés, par exemple : $x_{1t} * x_{2t}$. L'hypothèse d'hétéroscédasticité est acceptée s'il existe au moins un coefficient (hormis le terme constant) non nul. Dans le cas où le modèle présente une hétéroscédasticité, il est possible de corriger le modèle afin de retrouver une loi normale.

Le test de Jarque-Bera permet de vérifier l'hypothèse de normalité du résidu de la régression²².

Recherche et gestion des points aberrants / valeurs anormales, de l'effet de levier et des points d'influence

Lorsque dans un échantillon un individu a une valeur à expliquer particulièrement élevée ou particulièrement faible, cela peut poser un problème d'estimation statistique.

Dans un modèle économétrique le fait que la variable à expliquer ait une amplitude de valeurs importantes peut ne pas être problématique si une ou plusieurs variables explicatives permettent de capter l'effet taille, ce qui est normalement le cas dans les modèles économétriques relatifs aux coûts des GRD, en particulier à travers la variable de longueur du réseau.

Afin de vérifier la robustesse du modèle économétrique obtenu et de contrôler que la présence d'un opérateur de grande taille ou au contraire d'autres opérateurs de faible taille ne biaise pas l'estimation statistique, des recherches des points aberrants, appelés encore valeurs anormales (ou outliers en anglais), de l'effet de levier et des points d'influence qui peuvent en résulter sont réalisées sur la base de méthodes et tests statistiques²³.

Un point aberrant (*outliers*) est un GRD qui présente un résidu de régression beaucoup plus élevés que les résidus des autres GRD (ce qui peut résulter ensuite en une mesure d'efficacité « anormalement » haute ou « anormalement » basse de l'efficacité). La caractérisation de ces points aberrants est effectuée de manière préférentielle à partir de critères statistiques (comme le calcul du

²² « Économétrie », Dunod, Collection Module économique, 10ème éd., Régis Bourbonnais, pages 262-263

²³ « Économétrie », Dunod, Collection Module économique, 10ème éd., Régis Bourbonnais, pages 66-69



résidu standardisé, utilisé typiquement dans le cadre de la méthode advanced COLS, ou la distance de Cook).

Sur cette base, les GRD qualifiés d'aberrants peuvent être exclus du benchmark le cas échéant, notamment s'ils apparaissent comme des points d'influence du modèle et la mesure de leur efficacité est alors fixée arbitrairement par le régulateur (valeur minimale / maximale choisie par le régulateur, mesure d'efficacité la plus basse / la plus haute obtenue par les GRD conservés pour le benchmark etc.).

Une observation exerce **un effet de levier** si elle est éloignée des autres en termes de combinaison des variables explicatives ; c'est-à-dire que les valeurs prises par les variables explicatives, pour cette observation de la variable à expliquer, sont inattendues. Ces effets de levier sont identifiés à partir du calcul de la diagonale de la matrice *HAT*, qui permet également à travers un test simple sur les coefficients de la diagonale de la matrice, appelés leviers, de déterminer le ou les GRD qui sont le cas échéant points d'influence (voir paragraphe suivant).

Les points d'influence sont des observations qui ont une contribution exagérément élevée à la détermination du modèle. Le point d'influence est une observation qui contribue très fortement au pouvoir explicatif du modèle (sans cette valeur la régression peut être non significative). L'observation pèse de manière exagérée dans la régression, au point que les résultats obtenus sont très différents selon qu'elle est intégrée ou non dans la régression. Ces points peuvent être détectés par le calcul de la statistique DFFITS, qui permet de mesurer l'impact sur le modèle du retrait de chacun des GRD sur les N GRD de l'échantillon, et un test associé.

Les GRD qui représentent des points d'influence peuvent être retirés du benchmark ou conservés dans le benchmark en pleine connaissance de leur influence. Les résultats devront le cas échéant être interprétés à la lumière de cette influence.

La méthode advanced COLS intègre l'utilisation des outils statistiques suivants :

- le test de Student sur les variables explicatives ;
- le test de Fischer sur le modèle analysé ;
- le test de White ;
- le test de Jarque-Bera ;
- les critères Akaike et Schwarz sur l'ensemble des modèles générés pour détecter les meilleurs modèles parmi tous les modèles possibles générés par régression multiple ;
- la détection des éventuels points aberrants / valeurs anormales par le calcul du résidu standardisé ;
- le calcul de l'effet de levier de chacun des GRD par le calcul de la matrice *HAT* ;
- la détection des éventuels points d'influence par un test sur la matrice *HAT* et par le calcul de la statistique DFFITS.

Ces outils peuvent également s'appliquer aux autres méthodes paramétriques.

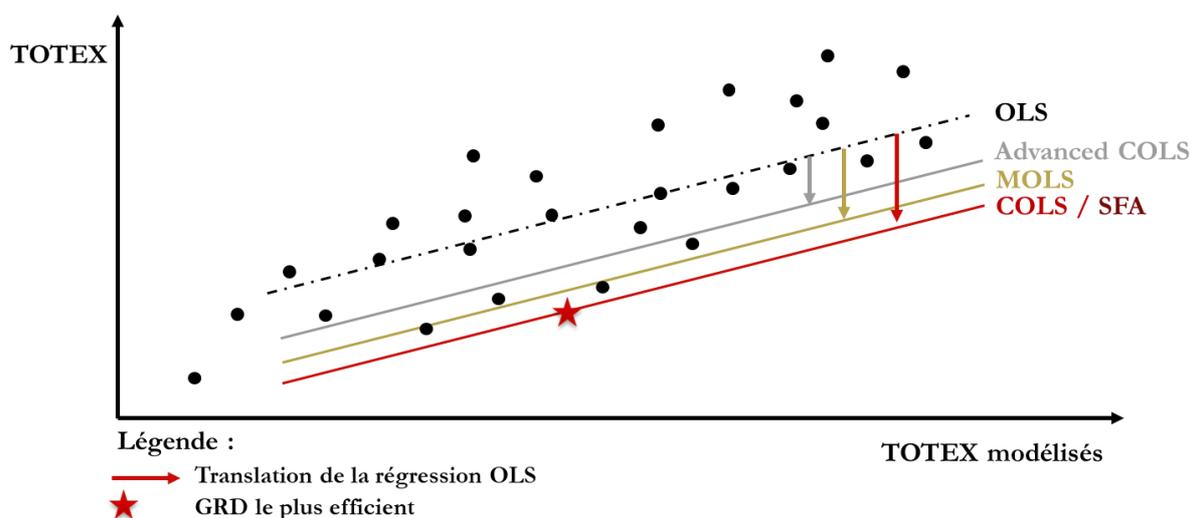


3.2.5. Calcul de la frontière d'efficacité

La frontière d'efficacité est obtenue en décalant la régression OLS de façon différente selon les différentes méthodes paramétriques (voir Figure 3) :

- Pour la méthode COLS et la méthode SFA : la frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS pour la faire passer par le GRD le plus efficace.
- Pour la méthode Advanced COLS : la frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS pour atteindre le premier quartile / décile (selon le paramètre fixé par le régulateur) des GRD les plus efficaces.
- Pour la méthode MOLS : la frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression OLS à l'écart-type de la régression en supposant une distribution demi-normale du terme d'inefficience.

Figure 3. Schéma du calcul de la frontière d'efficacité à partir de la régression OLS



Source : Schwartz and Co

3.2.6. Calcul de l'efficacité

COLS, MOLS et Advanced COLS

L'inefficience de chaque GRD est mesurée par la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité (voir la Figure 4). L'intégralité de cette distance est considérée comme de l'inefficience du GRD. Ainsi, un GRD situé sur la frontière d'efficacité ou au-delà à une inefficience de 0 %. Dans la méthode COLS, un seul GRD bénéficie d'une inefficience de 0 %. Pour la méthode MOLS, un ou plusieurs GRD peuvent bénéficier d'une inefficience de 0 %. Pour la méthode Advanced COLS, le premier quartile / décile (selon le paramètre fixé par le régulateur) des GRD les plus efficaces bénéficie d'une inefficience de 0 %.



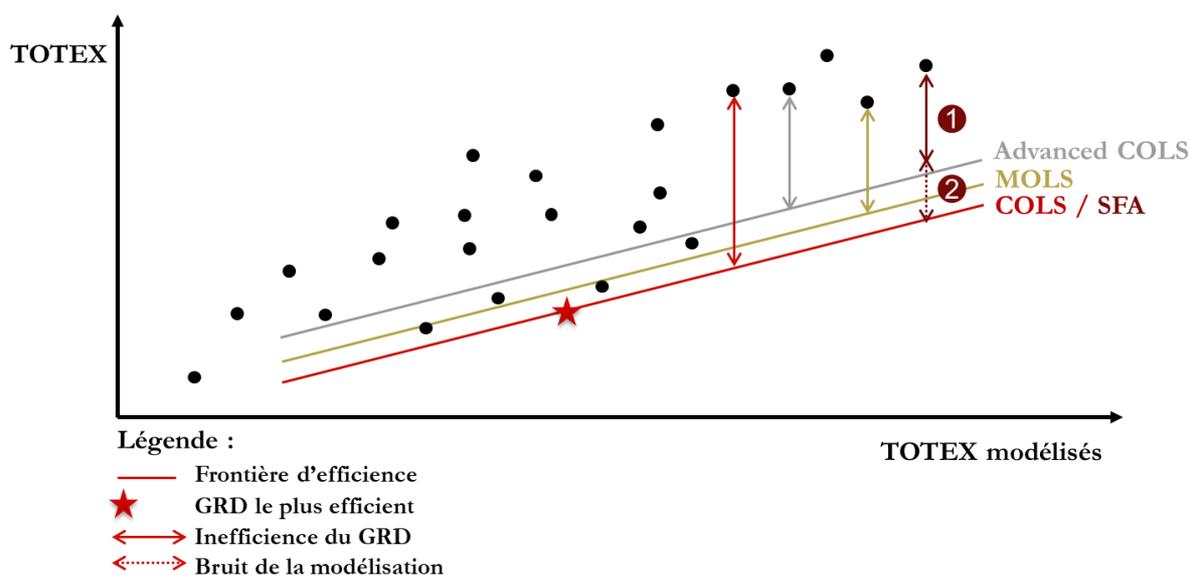
SFA

A l'inverse des méthodes COLS, MOLS et Advanced COLS qui considère que la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité traduit l'inefficacité de ce GRD, la méthode SFA considère que la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité est décomposée en deux parties : d'une part à une inefficacité du GRD (1), dû aux limitations de la modélisation, et d'autre part à un bruit statistique (2) (voir le schéma à la Figure 4).

La séparation entre la part de bruit statistique et la part d'inefficacité est effectuée en présupposant que ces deux parts peuvent être modélisées par des distributions statistiques connues. En particulier, la part d'inefficacité répond à des valeurs uniquement positives alors que la part de bruit statistique répond à des valeurs positives et négatives, avec une moyenne nulle.

Ainsi, le bruit statistique est postulé être modélisé par une fonction normale centrée à l'origine alors que l'inefficacité technique du GRD peut être approchée par une fonction demi-normale.

Figure 4. Schéma de la frontière d'efficacité et du calcul d'efficacité en fonction des différentes méthodes paramétriques



Source : Schwartz and Co

Dans la pratique, la séparation entre la part de bruit statistique et la part d'inefficacité est effectuée à l'aide d'un logiciel de statistique. Le régulateur allemand qui a recours à une méthode SFA utilise le logiciel Stata.

3.2.7. Avantages / Inconvénients

Les méthodes paramétriques présentent trois avantages principaux qui sont communs à l'ensemble des méthodes :



- La pertinence statistique du modèle obtenu (fonction de coût) et de chacune des variables explicatives peut être mesurée objectivement par des tests statistiques.
- Les facteurs environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail...) peuvent être inclus comme variables explicatives sans retraitement ni ajustement de la méthode.
- La fonction de coût produite peut être appréhendée aisément par les GRD (méthode assez intuitive).

De plus, certaines méthodes paramétriques présentent des avantages spécifiques :

- La méthode Advanced COLS ne présuppose par les variables explicatives à retenir dans la fonction de coût (parmi un jeu de variables envisagées) ni dans une large mesure la forme de la fonction de coût.
- La méthode SFA distingue dans le calcul de l'inefficience, une part d'inefficience et une part de bruit statistique.

Les méthodes paramétriques présentent néanmoins un inconvénient qui est commun à l'ensemble de ces méthodes, à l'exception de la méthode Advanced COLS (dans une large mesure) : le choix de la forme de la fonction de coût et les variables explicatives retenues pour le modèle sont présupposées. Pour ce qui concerne les variables explicatives, cet inconvénient est malgré tout à modérer par les analyses statistiques effectuées pour les retenir avec construction du modèle par régression et par les tests statistiques de significativité individuelle des variables explicatives et de significativité globale du modèle qui permette d'ajuster les variables en cas de problème. La méthode Advanced COLS est néanmoins celle qui permet le mieux de s'affranchir de ces problèmes.

De plus, certaines méthodes présentent des inconvénients singuliers :

- A l'exception de la méthode SFA, pour les autres méthodes paramétriques, l'inefficience mesurée est une combinaison de l'inefficience effective et du bruit sans qu'il soit possible de les séparer ;
- Même si la méthode SFA distingue dans le calcul de l'inefficience, une part d'inefficience et une part de bruit statistique, il est nécessaire de présupposer la distribution statistique modélisant la part d'inefficience technique et la part de bruit. Par ailleurs, cette méthode nécessite de disposer d'un large échantillon de GRD. Cette limite (typiquement au moins une centaine d'observations) nous a été confirmée lors d'entretiens avec les régulateurs allemands et autrichiens et est largement documentée dans la littérature, et en particulier dans les documents cités par certains GRD dans le cadre de la consultation sur le rapport intermédiaire :
 - The Office of Rail and Road (2018), "PR18 Econometric top-down benchmarking of Network Rail A report", juillet, p. 43 : pour l'analyse des routes, l'échantillon analysé comporte 8 points de mesure par période temporelle et 5 périodes temporelles. La méthodologie a été conduite avec une méthode COLS et une



méthode SFA. Néanmoins, après diverses analyses, la méthode SFA a été rejetée et le modèle de mesure d'efficacité retenu est uniquement une méthode COLS : « *Given the small size of our dataset as well as difficulties in getting reliable data on some potential cost drivers, we preferred to base our final analysis on the results from the simplest but most widely used model specification i.e. the COLS model* ».

- Sumicsid (2016), “Project E2GAS Benchmarking European Gas Transmission System Operators“, juin, pp. 32 : L'échantillon analysé comporte 22 points de mesure. La mesure d'efficacité a été réalisée avec une méthode DEA. La méthode SFA a été utilisée comme une simple méthode de validation des résultats compte tenu de la faible taille de l'échantillon : « *In a study of European gas TSOs, the number of observations is too small for a fullscale application of SFA as main instrument. We have therefore used DEA as our base estimation approach. As part of the robust check, we have additionally estimated the same model using SFA. Part of the motivation for this is also to discipline the modelling effort.* ».
- The Office of Rail and Road (2013), “PR13 Efficiency Benchmarkings of Network Rail using LICB“, août, p. 6 : l'échantillon analysé comporte 14 points et 21 modèles sont testés, dont deux méthodes SFA (PSFA et Pitt and Lee). A la suite des différentes analyses, les modèles SFA n'ont pas été retenus pour la mesure d'efficacité.
- Rapport de consultation de RESA, AIEG, AIESH et REW - Analyse académique du professeur Axel Gauthier, 2020, p.14 : « *Si les méthodes basées sur un OLS permettent d'avoir une estimation de l'efficacité individuelle sur base d'un échantillon très réduit, ce n'est pas le cas avec la méthode SFA qui nécessite plus d'observations* ».

3.3. Méthodes non paramétriques

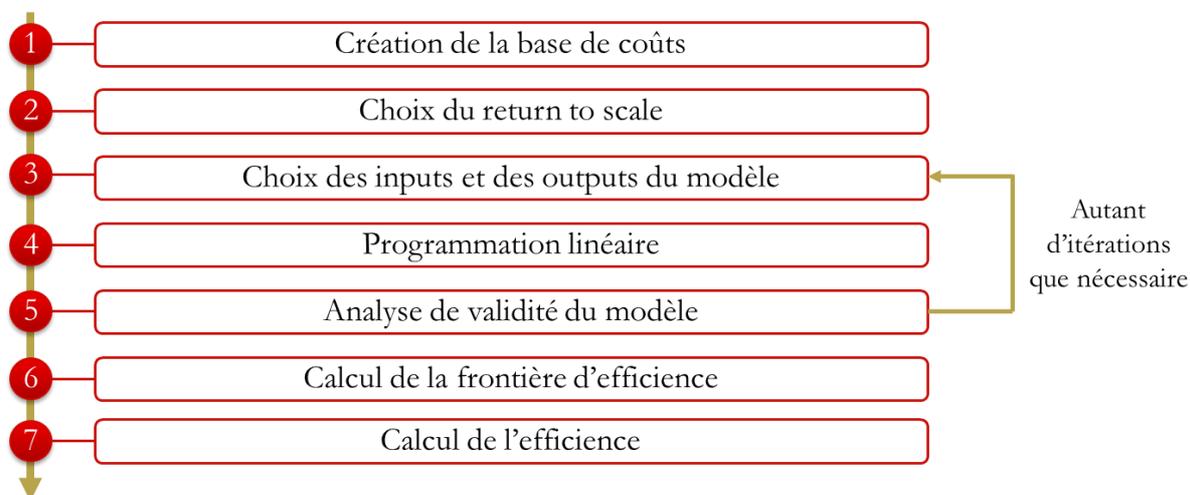
3.3.1. DEA

3.3.1.1. Vue d'ensemble de la méthode

La méthode DEA (Data Envelopment Analysis) est une méthode de mesure de l'efficacité non-paramétrique. Cette méthode de calcul est basée sur de la programmation linéaire et permet de mesurer l'efficacité de l'utilisation d'inputs (en pratique un seul input comme dans les méthodes paramétriques : les coûts contrôlables du GRD) afin de produire des outputs (i.e. les paramètres inducteurs des coûts comme dans les méthodes paramétriques : nombre de clients, volume d'énergie distribué etc.). Le calcul de l'efficacité s'effectue au travers de 7 étapes (voir Figure 5), dont les éléments clés sont présentés dans le Tableau 6.



Figure 5. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficience pour la méthode DEA



Source : Schwartz and Co

Tableau 6. Eléments clés de la méthode DEA

Etape	Description
1. Création de la base de coûts	La base de coûts est constituée des coûts contrôlables du GRD (OPEX ou TOTEX en fonction du schéma de régulation). Il est nécessaire que le périmètre des coûts retenus soit identique entre les différents GRD, en particulier lors d'un benchmark international. Il peut être nécessaire d'effectuer des redressements de coûts afin d'homogénéiser les bases de données des différents GRD.
2. Choix du return to scale	<p>Le rendement d'échelle (return to scale) traduit l'évolution de la quantité d'output par rapport à l'évolution de la quantité d'input et est un paramètre présumé de la méthode DEA :</p> <p>Si pour une évolution de la quantité d'input de X %, la quantité d'output évolue de X %, le rendement d'échelle est constant.</p> <p>Si pour une évolution de la quantité d'input de X %, la quantité d'output évolue de Y %, avec $Y > X$, le rendement d'échelle est croissant et si $X > Y$, le rendement d'échelle est décroissant.</p> <p>Le choix d'un rendement d'échelle constant implique que l'intégralité de l'inefficience observée pour les GRD est une inefficience technique. Le choix d'un rendement d'échelle croissant ou décroissant suppose qu'une partie de l'inefficience est due à des effets d'échelles qui peuvent être supprimés en faisant évoluer la taille du GRD.</p> <p>Communément, le rendement d'échelle présumé par les régulateurs européens utilisant la méthode DEA est un rendement d'échelle constant, car les GRD ne peuvent pas modifier facilement leur taille et n'en sont pas responsables. Par ailleurs, la fiabilité des résultats d'une méthode DEA utilisant un rendement d'échelle croissant ou décroissant est critiquée dans</p>



	<p>certaines études²⁴. Enfin, le nombre de GRD ayant une efficacité de 100 % avec une méthode DEA utilisant un rendement d'échelle croissant ou décroissant est supérieur à celui d'une méthode DEA utilisant un rendement d'échelle constant.</p>
3. Choix des inputs et des outputs du modèle	<p>Les inputs et les outputs sont présumés. Les inputs sont constitués de la base de coût du GRD et les outputs sont constitués de différents paramètres inducteurs des coûts et exogènes (longueur du réseau, nombre de clients etc.).</p> <p>Contrairement aux méthodes paramétriques, l'utilisation de paramètres environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de desserte urbaine et rurale, coût du travail ...) comme des outputs peut entraîner des problèmes de qualité de modélisation par la méthode DEA, car ces paramètres environnementaux ne respectent pas systématiquement l'hypothèse d'un rendement d'échelle constant. Il est donc préférable de ne pas les utiliser comme outputs, ce qui est un désavantage par rapport aux méthodes paramétriques. Pour tenir compte de ces paramètres environnementaux, il convient alors de recourir à une méthode DEA à plusieurs étages. (<i>description détaillée dans la partie dédiée</i>).</p>
4. Programmation linéaire	<p>La méthode DEA consiste à maximiser, pour chaque GRD, une fonction correspondant au rapport entre une combinaison linéaire d'outputs et une combinaison linéaire d'inputs. Il s'agit ainsi de déterminer sous certaines contraintes, le poids de chaque output et de chaque input afin de maximiser le ratio. Les contraintes sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none">• Les poids appliqués aux outputs et aux inputs d'un GRD ne peuvent pas générer un calcul d'efficacité supérieur à 100 % lorsqu'ils sont appliqués à chaque GRD de l'échantillon ;• Les poids appliqués aux outputs et aux inputs sont strictement positifs. <p>Il s'agit d'un problème d'optimisation qui se résout par programmation linéaire. Contrairement aux méthodes paramétriques, la méthode DEA ne nécessite donc pas de présumer la forme de la fonction de coût.</p> <p>Pour obtenir des résultats « statistiquement » pertinents, la taille de l'échantillon de GRD nécessaire doit être supérieure à 3*(nombre de données d'entrées + nombre de données de sortie). C'est-à-dire que pour un modèle comportant 3 données de sortie, il est nécessaire de disposer d'au moins 12 GRD. Cette notion de pertinence « statistique » est cependant sujette à forte caution, la règle précédente étant ce qu'il est convenu d'appeler une « rule of thumb », la méthode DEA n'étant pas intrinsèquement une méthode statistique (voir point 5.)</p>
5. Analyse de validité du modèle	<ul style="list-style-type: none">• Tests statistiques : la méthode DEA ne permet pas de vérifier la significativité de la modélisation ni des outputs utilisés par des tests statistiques. Des tests de sensibilité et de validation peuvent être effectués, mais n'ont pas de pertinence statistique.

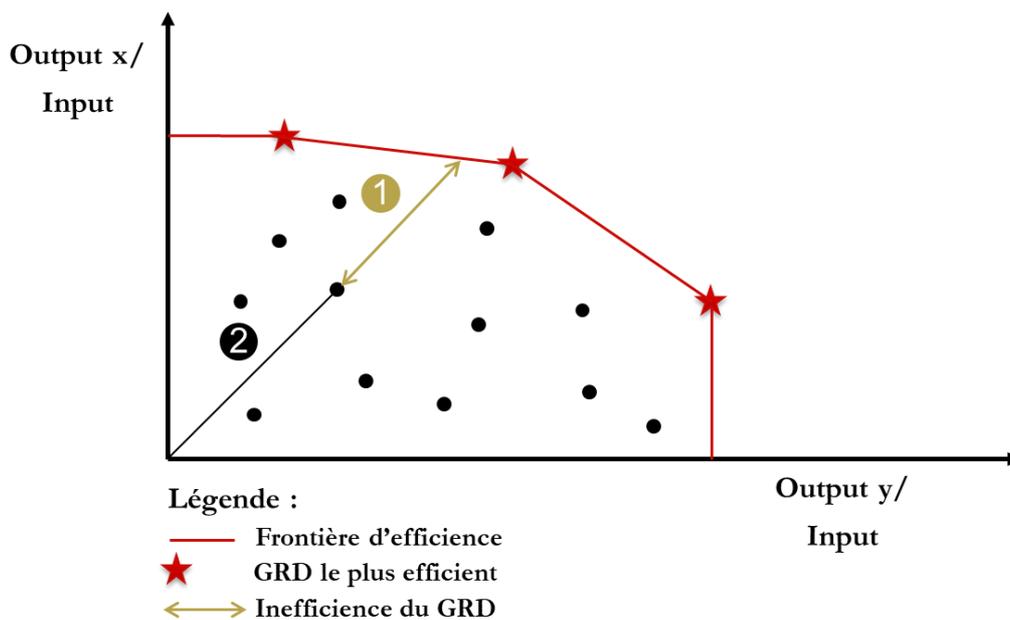
²⁴ Productivity Analysis and Variable Returns of Scale: DEA Efficiency Frontier Interpretation, Juliana Benicio, João Carlos Soares de Mello, 2015



	<ul style="list-style-type: none"> Gestion des points aberrants (outliers) : les points qualifiés d'aberrants sont identifiés à l'aide de l'analyse de super-efficacité et/ou de l'analyse de dominance. Ils sont exclus du benchmark et obtiendront une mesure d'efficacité égale à 100 %. Il est également possible de fixer un seuil plancher pour la mesure d'efficacité. Les GRD ayant une efficacité inférieure à ce seuil plancher sont exclus du benchmark et leur efficacité est égale au seuil plancher. Le seuil plancher peut-être fixé comme l'efficacité du GRD ayant la plus faible efficacité ou par une valeur arbitraire imposée par le régulateur.
6. Calcul de la frontière d'efficacité	La frontière d'efficacité est l'enveloppe des GRD les plus efficaces, qui se voient affecter une efficacité de 100 %. L'efficacité de chaque GRD est calculée directement par programmation linéaire. Le terme de déviation de chaque GRD par rapport à la frontière d'efficacité est donc négatif ou nul. (voir le schéma sur la figure suivante).
7. Calcul de l'efficacité	L'inefficacité de chaque GRD est mesurée par la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité (

Source : Schwartz and Co

Figure 6. Schéma de la frontière d'efficacité et du calcul d'efficacité pour une méthode DEA



Source : Schwartz and Co

Tableau 7. Synthèse des avantages et des inconvénients de la méthode DEA

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> Aucune forme de la fonction de production n'est présupposée (le modèle étant défini seulement par les valeurs des inputs et des outputs). Le modèle peut prendre en compte de multiples inputs et outputs. 	<ul style="list-style-type: none"> Il n'existe pas de mesure statistique pertinente permettant d'évaluer la qualité et la robustesse du modèle, ni la pertinence des outputs sélectionnés L'utilisation des paramètres environnementaux ne pouvant pas être



	<p>contrôlés par le GRD comme des outputs peut entraîner des imprécisions/erreurs sur les résultats d'une méthode DEA avec un return to scale constant.</p> <ul style="list-style-type: none">• Le nombre de GRD ayant une efficacité de 100 % augmente significativement avec l'augmentation du nombre d'outputs utilisés.• Les résultats sont très sensibles aux choix des outputs du modèle, dont il n'est pas possible de vérifier la significativité statistique dans la modélisation (cf. expérience du régulateur néerlandais au début des années 2000²⁵).• La méthodologie de calcul de la frontière d'efficacité peut être difficile à appréhender pour les GRD, car très peu intuitive contrairement à une méthode paramétrique.
--	--

Source : Schwartz and Co

3.3.1.2. Création de la base de coûts

La création de la base de coût est identique à celle déjà exposée pour les méthodes paramétriques.

3.3.1.3. Choix du rendement d'échelle

Le rendement d'échelle est un paramètre supposé de la méthode DEA traduisant l'évolution de la quantité d'output par rapport à l'évolution de la quantité d'input. Si pour une évolution de la quantité d'input de X %, la quantité d'output évolue de X %, le rendement d'échelle est constant. Si pour une évolution de la quantité d'input de X %, la quantité d'output évolue de Y %, avec $Y > X$, le rendement d'échelle est croissant et si $Y < X$, le rendement d'échelle est décroissant. Dans le cas d'un rendement d'échelle croissant ou décroissant, ce paramètre est intégré comme une condition supplémentaire du problème mathématique à résoudre (voir détail au paragraphe 3.3.1.5). La méthode DEA avec un rendement d'échelle constant est appelée dans la littérature une méthode DEA CCR (Charnes, Cooper et Rhodes) et la méthode DEA avec un rendement d'échelle variable (croissant ou décroissant) est appelée dans la littérature une méthode DEA BCC (Banker, Charnes et Cooper).

Le choix d'un rendement d'échelle constant implique par ailleurs que l'intégralité de l'inefficacité observée pour les GRD est une inefficacité technique. Le choix d'un rendement d'échelle croissant ou décroissant suppose qu'une partie de l'inefficacité est due à des effets d'échelles qui peuvent être supprimés en faisant évoluer la taille du GRD. Communément, le rendement d'échelle présupposé par les régulateurs européens utilisant la méthode DEA est un rendement d'échelle constant, car les GRD ne peuvent pas modifier facilement leur taille et n'en sont pas responsables.

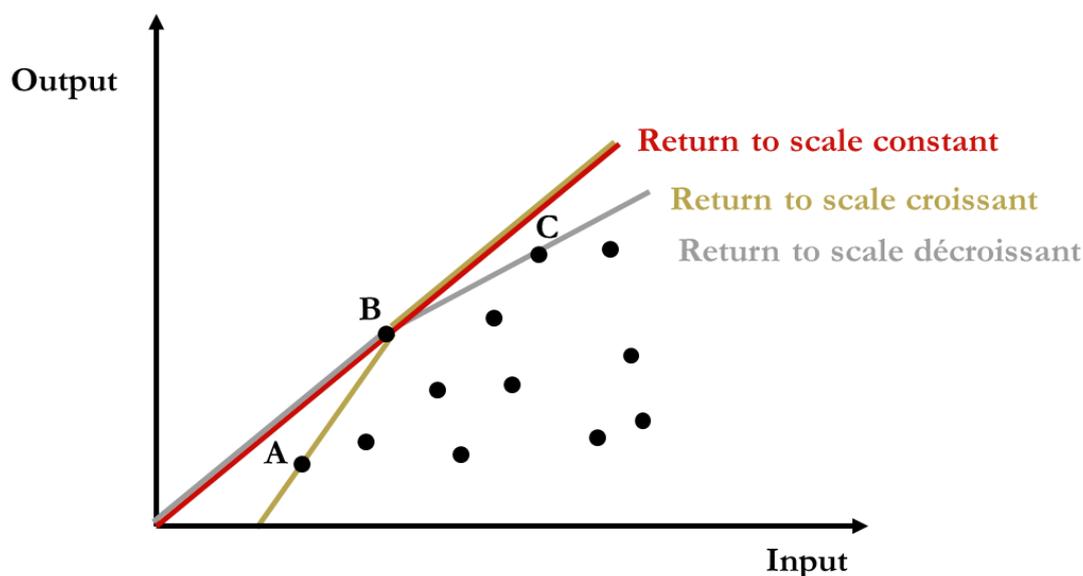
²⁵ En 2000, le régulateur néerlandais DTe, qui avait réalisé un DEA pour calculer l'efficacité de 19 GRD électricité, a accepté un changement des outputs à la demande de Nuon, qui a fait passer l'efficacité de Nuon de 65% à 95%. Ceci a déclenché des contestations de plusieurs autres GRD (source : Review of benchmarking techniques, CEPA, 2003)



Par ailleurs, la fiabilité des résultats d'une méthode DEA utilisant un rendement d'échelle croissant ou décroissant est critiquée dans certaines études²⁶. Enfin, le nombre de GRD ayant une efficacité de 100 % avec une méthode DEA utilisant un rendement d'échelle croissant ou décroissant est supérieur à celui d'une méthode DEA utilisant un rendement d'échelle constant, ce qui impose de disposer d'un échantillon plus important de GRD dans le cas du choix d'un rendement d'échelle croissant ou décroissant.

En prenant l'exemple d'un cas simple avec seulement un input et un output, la frontière d'efficacité avec un rendement d'échelle constant est supérieure à celle obtenue avec un rendement d'échelle croissant et un rendement d'échelle décroissant (voir détail à la Figure 7). Le point B a une efficacité de 100 % avec un rendement d'échelle constant, un rendement d'échelle croissant et un rendement d'échelle décroissant. Le point A a une efficacité de 100 % avec un rendement d'échelle croissant et une efficacité $< 100\%$ avec un rendement d'échelle constant et un rendement d'échelle décroissant. Le point C a une efficacité de 100 % avec un rendement d'échelle décroissant et une efficacité $< 100\%$ avec un rendement d'échelle constant et un rendement d'échelle croissant.

Figure 7. Schéma des frontières d'efficacité d'une méthode DEA avec un rendement d'échelle (return to scale) constant, un rendement d'échelle croissant et un rendement d'échelle décroissant



Source : Schwartz and Co

3.3.1.4. Choix des inputs et des outputs du modèle

Le choix des inputs et des outputs est un élément très important et sensible de la méthode DEA, car la frontière d'efficacité est définie presque exclusivement (le rendement d'échelle est également un paramètre influençant le calcul de la frontière d'efficacité) à partir des valeurs de ces inputs et de ces outputs.

²⁶ Productivity Analysis and Variable Returns of Scale: DEA Efficiency Frontier Interpretation, Juliana Benicio, João Carlos Soares de Mello



L'utilisation de paramètres environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail ...) comme des outputs peut entraîner des problèmes de qualité de modélisation par la méthode DEA. En effet, le choix d'un rendement d'échelle constant impose que pour une variation de X % de la quantité d'input, la quantité d'output varie de X %. Les inputs et les outputs doivent donc varier dans les mêmes proportions. Il est donc recommandé de ne pas utiliser de paramètres environnementaux exogènes comme outputs.

Différentes méthodes existent afin de prendre en compte les paramètres environnementaux dans l'analyse, qui sont détaillées dans le paragraphe 3.3.1.8.

3.3.1.5. Programmation linéaire et calcul du modèle

La méthode DEA consiste à maximiser, pour chaque GRD, sous contraintes, une fonction correspondant au rapport entre une combinaison linéaire d'outputs et une combinaison linéaire d'inputs.

Mathématiquement, le problème à résoudre est la suivante :

Problème mathématique à résoudre

Maximiser $\frac{\sum_{r=1}^s u_r * y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i * x_{ik}}$

Sous contraintes $\frac{\sum_{r=1}^s u_r * y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i * x_{ik}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$
 $u_r, v_i > 0 \quad \text{pour tous } r = 1, \dots, s ; i = 1, \dots, m$

y_{rk} est la quantité de l'output r produit par l'organisation k ;
 x_{ik} est la quantité de l'input i consommé par l'organisation k ;
 u_r est le poids de l'output r ;
 v_i est le poids de l'input i ;
n est le nombre d'organisations à être évaluées ;
s est le nombre d'outputs ;
m est le nombre d'inputs.

Ce problème de programmation linéaire peut être résolu selon deux approches. Dans la première, la somme pondérée des outputs est maximisée tout en maintenant constants les inputs (modèle orienté vers les outputs). Dans la deuxième, la somme pondérée des inputs est minimisée en maintenant les outputs constants (modèle orienté vers les inputs). Dans cet exemple, nous retenons une résolution du problème orienté vers les inputs. Les équations primales du modèle orienté vers les inputs sont précisées ci-dessous. Elles représentent la « forme multiplicatrice » du problème à résoudre.



« Forme multiplicatrice » du problème mathématique à résoudre orientée vers les inputs

Maximiser $\sum_{r=1}^s u_r * y_{rk}$

Sous contraintes $\sum_{i=1}^m v_i * x_{ik} - \sum_{r=1}^s u_r * y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$

$$\sum_{i=1}^m v_i * x_{ik} = 1$$

$$u_r, v_i > 0 \quad \text{pour tous } r = 1, \dots, s ; i = 1, \dots, m$$

En appliquant les propriétés du théorème de dualité utilisé en programmation linéaire, une forme équivalente, appelée la « forme enveloppe », peut être dérivée de ce problème. La « forme enveloppe » est souvent privilégiée en programmation informatique, car elle contient seulement $s + m$ contraintes plutôt que les $n + 1$ contraintes de la « forme multiplicatrice ».

« Forme enveloppe » du problème mathématique à résoudre orientée vers les inputs

Minimiser θ_k

Sous contraintes $y_k - \sum_{j=1}^n \beta_j y_{rj} \leq 0 \quad r = 1, \dots, s$

$$\theta_k * x_{ik} - \sum_{j=1}^n \beta_j x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\beta_j \geq 0 \quad \text{pour tous } j = 1, \dots, n$$

θ_k représente l'inefficacité technique de l'organisation k ;

β_j représente le poids associé aux outputs et aux inputs de l'organisation j .

Dans le cas où le return to scale est constant, le problème mathématique précédemment exposé reste identique. Dans le cas où le return to scale est croissant ou décroissant, la « forme enveloppe » du problème mathématique est la suivante :

« Forme enveloppe » du problème mathématique à résoudre orientée vers les inputs avec un return to scale croissant ou décroissant

Minimiser θ_k

Sous contraintes $y_k - \sum_{j=1}^n \beta_j y_{rj} \leq 0 \quad r = 1, \dots, s$

$$\theta_k * x_{ik} - \sum_{j=1}^n \beta_j x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \beta_j = 1$$

$$\beta_j \geq 0 \quad \text{pour tous } j = 1, \dots, n$$



θ_k représente l'inefficience technique de l'organisation k ;
 β_j représente le poids associé aux outputs et aux inputs de l'organisation j.

3.3.1.6. Analyse de validité du modèle

Tests statistiques

Il n'existe pas de test statistique permettant d'évaluer la qualité d'un modèle DEA, c'est-à-dire la corrélation entre les variables explicatives utilisées dans le modèle et les coûts des GRD ou encore la pertinence des poids attribués à chaque variable explicative. Cette absence de test statistique constitue un désavantage majeur de cette méthode. Elle nous a été confirmée par les régulateurs allemands et autrichiens, et est largement documentée dans la littérature scientifique :

- « *The user of data envelopment analysis (DEA) has little available guidance on model quality. The technique offers none of the misspecification tests or goodness of fit statistics developed for parametric statistical methods.*», On the quality of the data envelopment analysis model, Pedraja-Chaparro, Salinas-Jiménez et Smith, 1999
- « *Since DEA is a non-parametric approach the impact the respective input factors on the efficiency can not be determined. Furthermore, DEA does not regard possible noise in the data and outliers can have a large effect on the outcomes* » (Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities – Non-Parametric and a Parametric Test, Christian von Hirschhausen and Andreas Kappeler, 2006, p7-8)
- « *There are no estimates or significance tests of the parameters of the production function, a potentially serious problem if results are sensitive to the specification of inputs and outputs* » (Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education, Jill Johnes, 2005, p5)
- « *resultant weights associated with the input variables have no economic interpretation. They simply define the relative contribution of reference points on the frontier to the estimation of efficient or capacity output for the point under examination* » (Measuring and assessing capacity in fisheries, Appendix D, S. Pascoa, J.E. Kirkley, D.Gréboval, C.J. Morrison-Paul, 2003)
- Les différentes analyses entre les mesures d'efficacité conduites dans les rapports suivants : Benchmarking Opex and Capex in Energy Networks, AER 2012 et Review of benchmarking techniques, CEPA, 2003

Pedraja-Chaparro, Salinas-Jiménez et Smith notent également (1999) qu'un modèle DEA est susceptible de donner des résultats fallacieux en raison d'une mauvaise spécification du modèle (due à l'inclusion ou à l'exclusion incorrectes de variables explicatives et à une hypothèse incorrecte de rendement d'échelle) et/ou à des données inadéquates. Ces auteurs rejettent également les règles approximatives souvent utilisées pour soi-disant garantir la fiabilité des résultats d'un DEA (comme la taille minimale de l'échantillon de GRD par rapport au nombre d'inputs+outputs).



Pour tester la robustesse d'un modèle DEA, des analyses de sensibilités sur les résultats peuvent être conduites, sans garantie sur la valeur statistique de cette approche.

Une première manière de tester la sensibilité des résultats d'un modèle DEA consiste à ajouter ou à retirer des organisations dans le modèle DEA.

Une autre manière de tester la sensibilité des résultats d'un modèle DEA consiste à modifier les valeurs des outputs et des inputs. Cette approche permet de déterminer la variation maximale, dans les variables d'un GRD donné, afin que celui-ci conserve sa mesure d'efficacité. Les variantes de cette approche incluent :

- la modification d'une seule variable d'une organisation efficace, les données des autres organisations demeurant fixes ;
- la modification simultanée et proportionnelle de tous les outputs et tous les inputs d'une organisation efficace, les données des autres organisations demeurant fixes ;
- la modification simultanée des outputs et des inputs d'une organisation efficace, ces derniers pouvant être modifiés de manière individuelle et les données des autres organisations demeurent fixes ;
- la modification simultanée et proportionnelle de tous les outputs et de tous les inputs de toutes les organisations.

Gestion des points aberrants

Les points aberrants sont des GRD pour lequel le calcul de l'efficacité produit des mesures « anormalement » haute ou « anormalement » basse par rapport aux autres GRD. La caractérisation de ces points aberrants peut être effectuée à partir de différentes analyses (comme l'analyse de super-efficacité ou de dominance) ou sur la base d'un seuil d'efficacité fixé arbitrairement (efficacité inférieure à X % ou écart entre le GRD le plus efficace et le second GRD le plus efficace égal à Y %).

Sur cette base, les GRD qualifiés d'aberrants peuvent être exclus du benchmark et la mesure de leur efficacité est fixée arbitrairement par le régulateur (seuil choisi par le régulateur, mesure d'efficacité la plus basse obtenue par les GRD conservés pour le benchmark...).

3.3.1.7. Calcul de la frontière d'efficacité et de l'efficacité

Le calcul de la frontière d'efficacité est effectué à partir de résolution informatique de la « forme enveloppe » du problème mathématique (voir détail au paragraphe 3.3.1.5). La frontière d'efficacité est définie par les GRD les plus efficaces, présentant une efficacité de 100 %. Aucun GRD ne peut par définition présenter une efficacité supérieure à 100 %.

L'inefficacité de chaque GRD est calculée comme la distance du point qualifiant le GRD et la frontière d'efficacité divisée par la distance entre l'origine et la frontière d'efficacité en passant par le GRD concerné.



3.3.1.8. Gestion des paramètres environnementaux non contrôlables par le GRD

Une approche couramment adoptée dans la littérature pour incorporer des paramètres environnementaux non contrôlables par le GRD dans une méthode DEA consiste à effectuer une analyse en deux étapes ou plus.

Dans la première étape, une méthode DEA « classique » est appliquée. Dans la deuxième étape, une régression est effectuée entre les mesures d'efficacité calculées par la méthode DEA à la première étape et les paramètres environnementaux non contrôlables par le GRD. Cette régression est effectuée en utilisant généralement une régression Tobit ou une régression OLS. Ces estimations permettent d'identifier les paramètres environnementaux qui ont une influence sur les mesures d'efficacité, ainsi que la direction de cette influence (positive ou négative). Les coefficients des paramètres environnementaux, estimés par l'analyse de régression, sont utilisés pour ajuster les scores d'efficacité à une condition identique de l'environnement pour tous les GRD.

Néanmoins, si les paramètres environnementaux non contrôlables par le GRD sont corrélés avec les données outputs utilisés dans la première étape, les résultats de cette seconde étape peuvent être biaisés. Par ailleurs, une autre critique de la méthode à deux étapes utilisant une régression de Tobit est que cette régression nécessite de présupposer la forme de la fonction de régression. L'avantage de la méthode DEA consistant à ne pas présupposer d'une forme de fonction de production est ainsi limité.

Enfin, des méthodes à trois étapes composées d'un étage avec une méthode DEA « classique », d'un étage d'évaluation de l'impact des paramètres environnementaux et d'un étage de décomposition stochastique de la frontière d'efficacité (à la façon d'une méthode SFA ou d'une méthode StoNED) sont documentées dans la littérature, mais ne sont pas utilisées en pratique par les régulateurs européens.

3.3.1.9. Avantages et inconvénients

La méthode DEA présente des avantages et des inconvénients qui sont dans l'ensemble à l'opposé des avantages et des inconvénients des méthodes paramétriques.

Le principal avantage de la méthode DEA est que celle-ci ne nécessite pas de présupposer la forme de la fonction de production, mais a recours à la résolution informatique d'un problème de programmation linéaire. Dans une moindre mesure, cette méthode permet l'utilisation d'un nombre important de paramètres inputs et/ou output (dans le respect d'une taille d'échantillon permettant une bonne acceptabilité des résultats, présentée au paragraphe 3.3.1.1).

Néanmoins, la méthode DEA présente certains inconvénients majeurs :



- Il n'existe pas de mesure statistique pertinente permettant d'évaluer la qualité et la robustesse du modèle, ni la pertinence des outputs sélectionnés
- L'utilisation des paramètres environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD comme des outputs peut entraîner des imprécisions/erreurs sur les résultats d'une méthode DEA avec un return to scale constant.
- Les résultats sont très sensibles aux choix des outputs du modèle, dont il n'est pas possible de vérifier la significativité statistique dans la modélisation.

La méthode DEA présente d'autres inconvénients de moindre importance :

- Un nombre non négligeable de GRD ont une efficacité de 100 % dans le cas d'un modèle utilisant plusieurs inputs.
- Les résultats avec un rendement d'échelle croissant ou décroissant peuvent être incohérents d'après certaines études.
- La méthodologie de calcul de la frontière d'efficacité peut être difficile à appréhender pour les GRD.

3.3.2. StoNED

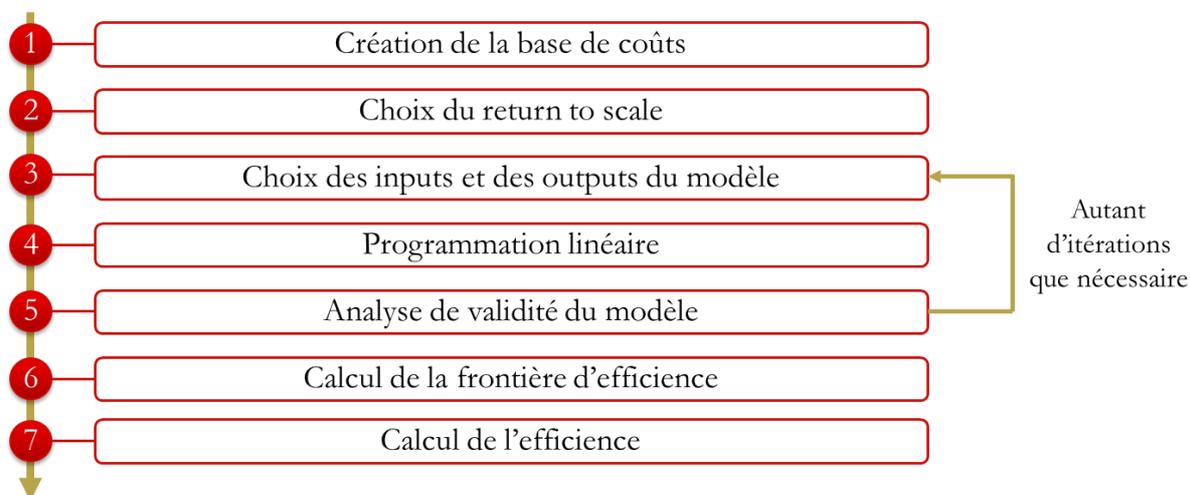
3.3.2.1. Vue d'ensemble de la méthode

La méthode StoNED est une méthode de mesure d'efficacité relativement récente, développée par Timo Kuosmanen et Andrew L. Johnson. Elle a été utilisée pour la première fois par le régulateur Finlandais en 2012 et n'est à l'heure actuelle pas utilisée par d'autres régulateurs (que ce soit dans le secteur de l'énergie ou dans d'autres secteurs).

Cette méthode a été développée avec l'ambition de combiner les avantages de la méthode DEA et de la méthode SFA tout en supprimant les inconvénients. Cette méthode peut être décomposée en deux phases : la détermination d'une frontière d'efficacité en utilisant la programmation linéaire (s'affranchissant de la présupposition de la forme de la fonction de coût) et une mesure de l'inefficacité de chaque GRD séparée entre une part de bruit statistique et une part d'efficacité technique. Le calcul de l'efficacité s'effectue au travers de 7 étapes (voir détail à la Figure 8).



Figure 8. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficience pour la méthode StoNED



Source : Schwartz and Co

Les éléments clés de la méthode StoNED sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8. Éléments clés de la méthode StoNED

Etape	Description
1. Création de la base de coûts	La base de coûts est constituée des coûts contrôlables OPEX du GRD. Il est nécessaire que le périmètre des coûts retenus soit identique entre les différents GRD, en particulier lors d'un benchmark international. Il peut être nécessaire d'effectuer des redressements de coûts afin d'homogénéiser les bases de données des différents GRD.
2. Choix du return to scale	Le return to scale traduit l'évolution de la quantité d'output par rapport à l'évolution de la quantité d'input et est un paramètre présupposé de la méthode StoNED. Si pour une évolution de la quantité d'input de X %, la quantité d'output évolue de X %, le return to scale est constant. Si pour une évolution de la quantité d'input de X %, la quantité d'output évolue de Y %, avec $Y > X$, le return to scale est croissant et si $Y < X$, le return to scale est décroissant. Communément, le return to scale retenu pour cette méthode est un return to scale constant.
3. Choix des inputs et des outputs du modèle	Les inputs et les outputs sont présupposés. Les inputs sont constitués de la base de coûts du GRD et de la valeur standardisée du réseau d'électricité ²⁷ . Les outputs sont constitués de différents paramètres inducteurs de coût (nombre de clients, volume d'énergie distribué...). En particulier, de façon similaire à la méthode DEA, l'utilisation des paramètres environnementaux ne pouvant pas être contrôlés par le GRD (densité de population des zones de désertes, pourcentage de zone de déserte urbaine et rurale, coût du travail ...) comme des outputs peut entraîner des imprécisions/erreurs sur les résultats d'une méthode StoNED. L'analyse de l'impact de ces paramètres

²⁷ Cette valeur est calculée en fonction de la durée de vie de référence des différents actifs constituant le réseau de manière analogue aux calculs réalisés par le régulateur autrichien (voir détail au paragraphe 4.2) et le régulateur allemand (voir détail au paragraphe 4.1)



	environnementaux sur la fonction de production est effectuée dans un second temps par une méthode spécifique ²⁸ .
4. Programmation linéaire	La programmation linéaire est utilisée dans la méthode StoNED afin d'effectuer une régression CNLS ²⁹ . La méthode de programmation linéaire est similaire à la méthode utilisée pour la méthode DEA. Elle consiste à maximiser, pour chaque GRD, une fonction correspondant au rapport entre une combinaison linéaire d'outputs et une combinaison linéaire d'inputs. Il s'agit ainsi de déterminer sous certaines contraintes, le poids de chaque output et de chaque input afin de maximiser le ratio. Néanmoins, la régression CNLS autorise que les termes d'erreur (déviations par rapport à la fonction de production) soit positif ou négatif, alors que le terme d'erreur doit être négatif dans la méthode DEA. La régression CNLS est comparable à une régression OLS pour les méthodes paramétriques.
5. Analyse de validité du modèle	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : la qualité de la régression CNLS peut être mesurée par des analyses statistiques similaires à celles utilisées par les méthodes paramétriques (test-t, valeur-p, test d'hétéroscédasticité...) • Gestion des points aberrants (outliers) : aucune gestion particulière des points aberrants n'est appliquée par le régulateur finlandais (qui est le seul utilisateur de cette méthode). Néanmoins, l'application d'un plancher d'efficacité pourrait être mise en œuvre.
6. Calcul de la frontière d'efficacité	Contrairement à la méthode DEA, la frontière d'efficacité n'est pas obtenue directement à partir de la fonction résultant de la programmation linéaire. De façon similaire à la méthode MOLS, la frontière d'efficacité est obtenue en décalant la courbe de régression CNLS obtenue résultante de la programmation linéaire à l'écart-type de la régression CNLS.
7. Calcul de l'efficacité	À l'instar de la méthode SFA, la méthode StoNED considère que la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficacité est décomposée en deux parties : d'une part un bruit statistique, dû aux limitations de la modélisation, et d'autre part à une inefficacité effective du GRD. Le bruit est postulé être modélisé par une fonction normale centrée à l'origine alors que l'inefficacité du GRD peut être approchée par une fonction demi-normale. Energiavirasto nous a indiqué que des développements récents s'appuyant sur une régression CNLS+ et une déconvolution Kernel permettraient de séparer le bruit statistique et l'inefficacité effective de chaque GRD sans présupposition de la forme de chaque fonction.

Tableau 9. Synthèse des avantages et des inconvénients de la méthode StoNED

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Aucune fonction de production n'est présupposée (le modèle étant défini seulement par les valeurs des inputs et des outputs). 	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe peu de retour d'expérience de l'application de la méthode StoNED, qui n'est utilisée dans le monde que par le régulateur finlandais depuis 2012. L'analyse des limites et de la pertinence de cette méthode repose ainsi sur un nombre faible

²⁸ Efficient Semi-parametric One-Stage Estimators, Andrew L. Johnson and Timo Kuosmanen, 2009

²⁹ Complex nonlinear least-squares



<ul style="list-style-type: none">• La qualité de la fonction de coût et la corrélation des variables explicatives avec la base de coûts peuvent être mesurées statistiquement.• L'inefficience est séparée entre un bruit statistique et une inefficience technique.	<ul style="list-style-type: none">• d'études, réalisées quasi-exclusivement par les créateurs de celle-ci.• Il est nécessaire de disposer d'un échantillon important de GRD pour le calcul de l'inefficience technique et du bruit.• Cette méthode n'est pas répliquable facilement compte tenu de sa complexité.
--	---

Source : Schwartz and Co

3.3.2.2. Programmation linéaire

La première phase de la méthode StoNED est le calcul d'une fonction de production explicative des outputs du GRD (nombre de clients, volume d'énergie distribué...) par les coûts de celui-ci, et ceux pour l'ensemble des GRD. Cette première étape est similaire dans l'approche au calcul de la fonction de coût utilisée dans les méthodes paramétriques, sauf qu'aucune forme de la fonction de production n'est présupposée. Pour ce faire, une régression CNLS³⁰ est effectuée. Cette régression est le pendant de la régression OLS pour les méthodes paramétriques.

Cette régression est calculée par la résolution d'un problème mathématique similaire à celui résolu dans une méthode DEA, mais dans lequel les termes d'erreur (déviations par rapport à la fonction de production) sont positifs ou négatifs, alors que le terme d'erreur doit être négatif dans la méthode DEA. Ainsi, de la même manière que pour la méthode DEA, la régression CNLS passe par un certain nombre de points représentant des GRD de l'échantillon.

3.3.2.3. Analyse de validité du modèle

Concernant les tests statistiques, la méthode StoNED étant basée sur une régression non paramétrique OLS, les outils d'inférence statistique établis dans la littérature d'analyse de régression peuvent être appliqués. Les tests d'analyses statistiques de type test-t, valeur-p ou test d'hétéroscédasticité peuvent être réalisés afin de déterminer une mesure de la qualité statistique du modèle.

3.3.2.4. Calcul de la frontière d'efficience et calcul d'efficience

La frontière d'efficience est calculée dans la méthode StoNED en décalant la courbe de régression CNLS à l'écart-type de la régression.

À l'instar de la méthode SFA, la méthode StoNED considère que la distance entre le point caractérisant le GRD et la frontière d'efficience est décomposée en deux parties : d'une part à une inefficience effective du GRD, dû aux limitations de la modélisation, et d'autre part à un bruit statistique. La séparation entre la part de bruit statistique et la part d'inefficience technique est

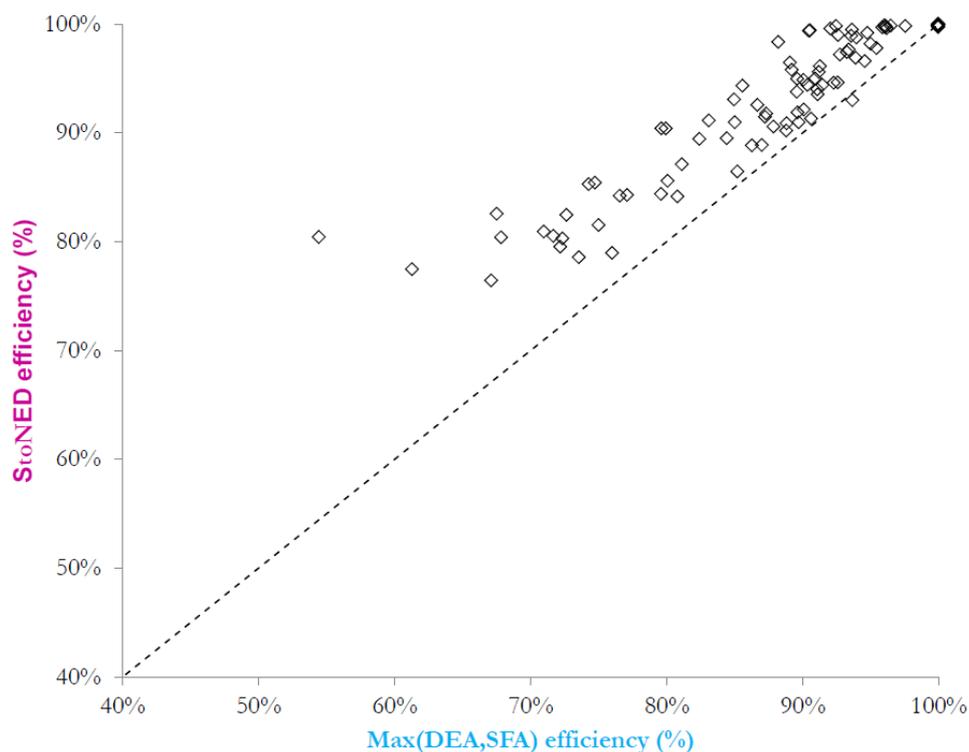
³⁰ Complex nonlinear least-squares



effectuée en présupposant que ces deux parts peuvent être modélisées par des distributions statistiques connues. En particulier, la part d'inefficience technique répond à des valeurs uniquement positives alors que la part de bruit statistique répond à des valeurs positives et négatives, avec une moyenne nulle. Ainsi, le bruit statistique est postulé être modélisé par une fonction normale centrée à l'origine alors que l'inefficience technique du GRD peut être approchée par une fonction demi-normale.

Dans la pratique, les valeurs d'efficience obtenues pour un échantillon de GRD en appliquant une méthode StoNED sont supérieures aux valeurs maximales obtenues en appliquant une méthode DEA et une méthode SFA à ce même échantillon (voir détail à la Figure 9). En particulier, nous observons sur un échantillon de GRD finlandais, un GRD ayant une efficience d'environ 80 % avec une méthode StoNED et une efficience d'environ 55 % en considérant l'efficience maximale calculée avec une méthode DEA et une méthode SFA. Par ailleurs, nous observons également un nombre plus important de GRD ayant une efficience de 100 % avec une méthode StoNED qu'avec une méthode DEA ou une méthode SFA.

Figure 10. Comparaison de la mesure d'efficience des GRD finlandais entre 2005 et 2008 en utilisant la méthode StoNED et le meilleur résultat pour le GRD de la méthode DEA et de la méthode SFA



Source : Timo Kuosmanen, *StoNED method in benchmark regulation*, Bundesnetzagentur Conference, 24/05/2014

3.3.2.5. Avantage/Inconvénient

La méthode StoNED présente des avantages à la fois de la méthode DEA et de la méthode SFA, mais souffre en particulier d'un manque important de retour d'expérience sur son utilisation.



Le principal avantage de la méthode StoNED est que celle-ci ne s'appuie pas sur la présupposition d'une fonction de coût afin de calculer la frontière d'efficacité, mais à recours à la résolution informatique d'un problème de programmation linéaire (avantage commun avec la méthode DEA). Par ailleurs, cette méthode décompose l'inefficacité de chaque GRD entre une part de bruit statistique et une part d'efficacité technique (avantage commun avec la méthode SFA). Enfin, la qualité de la fonction de production et la corrélation des variables explicatives avec la base de coûts peuvent être mesurées statistiquement (avantage commun avec les méthodes paramétriques).

Néanmoins, la méthode StoNED présente certains inconvénients importants :

- Il existe très peu de retours sur expérience de l'application de la méthode StoNED, qui n'est utilisée dans le monde que par le régulateur finlandais depuis 2016. L'analyse des limites et de la pertinence de cette méthode repose ainsi sur un nombre faible d'études, réalisées exclusivement par les créateurs de celle-ci (Timo Kuosmanen et Andrew L. Johnson) ;
- Il est nécessaire de disposer d'un échantillon important de GRD pour le calcul de l'inefficacité effective et du bruit.
- Cette méthode n'est pas répliquable facilement compte tenu de sa complexité.

3.3.3. TFP

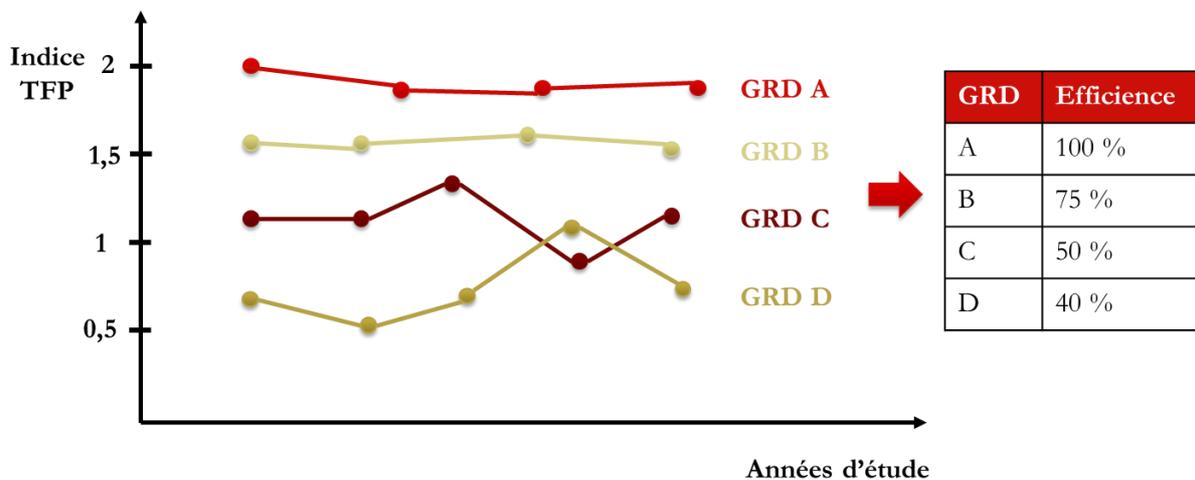
3.3.3.1. Vue d'ensemble de la méthode

La méthode TFP (Total Factor Productivity) est une méthode de mesure de productivité basée sur le ratio d'un indice de quantité sur les données d'outputs (investissement, masse salariale, matériel, autres coûts opérationnels, longueur du réseau...) et d'un indice de quantité sur les données d'inputs (investissement, masse salariale, matériel, autres coûts opérationnels, longueur du réseau...). Le ratio finalement obtenu est appelé indice TFP.

L'indice TFP est calculé entre deux observations, soit deux GRD au même horizon de temps, soit un même GRD à des horizons de temps différents. Même si cet indice est couramment utilisé pour évaluer l'évolution de la productivité d'un GRD ou d'une entreprise à différents horizons de temps, il est possible d'utiliser cette méthode afin d'effectuer un benchmark d'efficacité entre différents GRD. Dans ce cas, l'une des observations est fixée et identique pour tous les GRD. L'indice calculé ne dépend donc que d'une observation, un GRD donné. La mesure d'efficacité est calculée en comparant les différents indices obtenus pour les différents GRD et en attribuant une efficacité de 100 % au GRD ayant l'indice TFP le plus grand (voir détails à la Figure 11).



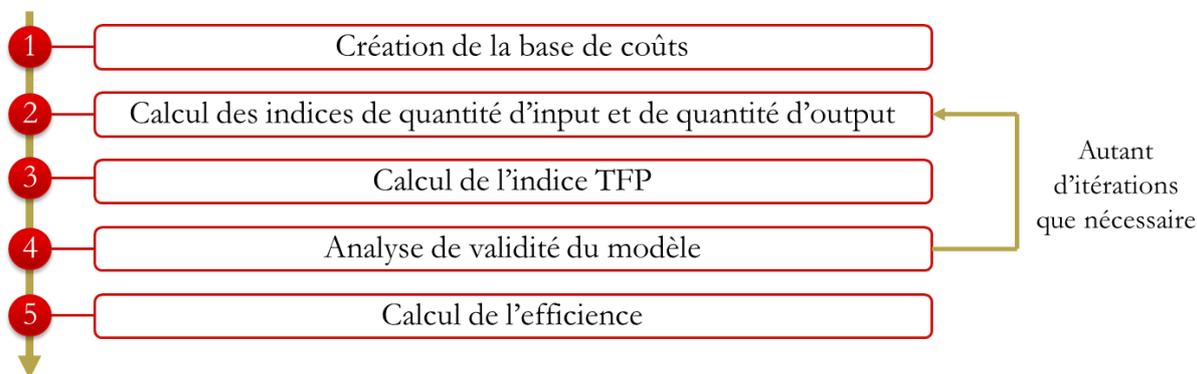
Figure 11. Schéma du calcul de l'efficacité à partir du calcul des indices TFP



Source : Schwartz and Co

La mesure d'efficacité est ainsi réalisée par le biais d'une observation tierce. Cette comparaison est mathématiquement correcte dans la mesure où les indices utilisés sont transitifs. Le calcul de l'efficacité s'effectue au travers de 5 étapes (voir détail à la Figure 12).

Figure 12. Schéma fonctionnel des étapes de calcul aboutissant à la mesure de l'efficacité pour la méthode TFP



Source : Schwartz and Co

Les éléments clés de la méthode TFP sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10. Eléments clés de la méthode TFP

Etape	Description
1. Création de la base de coûts	La base de coûts est constituée des coûts contrôlables du GRD (OPEX ou TOTEX en fonction du schéma de régulation). Il est nécessaire que le périmètre des coûts retenus soit identique entre les différents GRD, en particulier lors d'un benchmark international. Il peut être nécessaire d'effectuer des redressements de coûts afin d'homogénéiser les bases de données des différents GRD.



<p>2. Calcul des indices de quantité d'input et de quantité d'output</p>	<p>Des indices de quantités sont calculés entre le GRD analysé et un GRD de référence (identique pour le calcul de tous les indices), pour les données inputs (investissement, masse salariale, matériel, autres coûts opérationnels, longueur du réseau...). Des indices de quantités sont également calculés entre le GRD analysé et le GRD de référence pour les données outputs (volume d'énergie, nombre de clients...).</p> <p>Différentes formules peuvent être retenues pour le calcul de ces indices. Les formules de calcul les plus communément utilisées dans la littérature pour les indices de quantités (pour les données inputs et les données outputs) sont les formules de Tornqvist et leurs versions modifiées, garantissant la transitivité mathématique et la comparaison des GRD à travers un GRD de référence.</p> <p>En particulier, ces formules de calculs imposent de pondérer chaque input utilisé par la part des coûts qu'il représente et de pondérer chaque output utilisé par la part des revenus qu'il génère. Les poids utilisés pour ces pondérations peuvent être fixés de façon empirique (au moyen de statistiques historiques) ou par la production d'une fonction de coût explicative des inputs par rapport aux coûts ou des outputs par rapport aux revenus (par une méthode économétrique).</p> <p>D'autres indices peuvent également être utilisés (Laspeyres, Paasche et Fisher).</p>
<p>3. Calcul de l'indice TFP</p>	<p>L'indice de TFP est calculé, pour chaque GRD, en divisant l'indice de quantités des données outputs par rapport à l'indice de quantités des données inputs.</p>
<p>4. Analyse de validité du modèle</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : il n'y a pas de tests statistiques appliqués • Gestion des points aberrants (outliers) : il n'y a pas de gestion des points aberrants
<p>5. Calcul de l'efficacité de chaque GRD</p>	<p>Les indices TFP calculés entre le GRD analysé et un GRD de référence sont comparés un à un afin de comparer l'ensemble des GRD entre eux. Cette comparaison est mathématiquement valable si les formules utilisées par le calcul des indices préliminaires des données d'entrées et des données de sortie assurent la transitivité.</p> <p>La méthode de calcul d'efficacité basée sur le TFP n'implique donc pas de calcul de frontière d'efficacité.</p>

Source : Schwartz and Co

Tableau 11. Synthèse des avantages et des inconvénients de la méthode TFP

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Le calcul est relativement simple à mettre en œuvre (en fixant les poids de façon empirique) • Les résultats sont facilement reproductibles par les GRD et le calcul ne nécessite pas de logiciel ou de solver complexe (un modèle Excel est suffisant) • La méthode peut prendre en compte de multiples inputs et outputs 	<ul style="list-style-type: none"> • Les résultats du modèle sont extrêmement sensibles aux poids (part des coûts, respectivement des revenus, générée par chaque input, respectivement output) • Le calcul des poids est basé sur des statistiques historiques/empiriques (présentant un risque important de contestation) ou sur le calcul d'une fonction de coût à travers une méthode paramétrique



	<p>(dans ce dernier cas, il est plus pertinent de recourir directement à une méthode de mesure d'efficacité paramétrique)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'existe pas de mesure statistique permettant d'évaluer la qualité et la robustesse du modèle • Cette méthode n'est utilisée actuellement par aucun régulateur européen (à l'exception récente du régulateur flamand pour Fluvius, mais pour une analyse d'efficacité par comparaison avec d'autres secteurs d'activité)
--	---

Source : Schwartz and Co

3.3.3.2. Calcul des indices de quantité d'input et de quantité d'output et calcul de l'indice TFP

L'indice TFP est calculé comme le rapport entre l'indice de quantité des données outputs (volume d'énergie, nombre de clients...) et l'indice de quantité des données input (investissement, masse salariale, matériel, autres coûts opérationnels, longueur du réseau...). Chacun de ces indices est calculé entre deux observations (entre deux GRD au même temps t, un même GRD à un temps x et ce même GRD à un temps y). Différentes formules peuvent être utilisées pour le calcul de ces indices. Les plus communément utilisées sont les formules de Tornqvist :

- Pour les indices de quantité des données d'input, en expression logarithmique :

$$\ln(I_{m,n}^T) = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^A (W_{i,m} + W_{i,n}) * (\ln(x_{i,m}) - \ln(x_{i,n}))$$

Avec :

$I_{m,n}^T$: indice de quantité d'input au temps T entre les GRD m et n

$W_{i,m}$: part du coût associé à l'input i pour le GRD m

$x_{i,m}$: quantité de l'input i pour le GRD m

$W_{i,n}$: part du coût associé à l'input i pour le GRD n

$x_{i,n}$: quantité de l'input i pour le GRD n

A : le nombre d'input i

- Pour les indices de quantité des données d'output, en expression logarithmique :

$$\ln(O_{m,n}^T) = \frac{1}{2} * \sum_{j=1}^B (R_{j,m} + R_{j,n}) * (\ln(y_{j,m}) - \ln(y_{j,n}))$$

Avec :

$O_{m,n}^T$: indice de quantité d'output au temps T entre les GRD m et n

$R_{j,m}$: part du revenu associé à l'output j pour le GRD m

$y_{j,m}$: quantité de l'output j pour le GRD m

$R_{j,n}$: part du revenu associé à l'output j pour le GRD n

$y_{j,n}$: quantité de l'output j pour le GRD n

B : le nombre d'output j



Néanmoins, les indices de Tornqvist ne garantissent néanmoins pas mathématiquement une transitivité parfaite et donc la possibilité de comparer entre eux les GRD. Afin de garantir mathématiquement une transitivité parfaite, Caves, Christensen and Diewert proposent une version modifiée des indices de Tornqvist :

- Pour les indices de quantité des données d'input, en expression logarithmique :

$$\ln(I_{m,n}^T) = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^A (W_{i,m} + W_i^*) * (\ln(x_{i,m}) - \ln(x_i^*)) + \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^A (W_{i,n} + W_i^*) * (\ln(x_{i,n}) - \ln(x_i^*))$$

Avec :

$I_{m,n}^T$: indice de quantité d'input au temps T entre les GRD m et n

$W_{i,m}$: part du coût associé à l'input i pour le GRD m

$x_{i,m}$: quantité de l'input i pour le GRD m

$W_{i,n}$: part du coût associé à l'input i pour le GRD n

$x_{i,n}$: quantité de l'input i pour le GRD n

A : le nombre d'input i

*: moyenne des différentes valeurs des GRD composant le benchmark

- Pour les indices de quantité des données d'output, en expression logarithmique :

$$\ln(O_{m,n}^T) = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^B (R_{i,m} + R_i^*) * (\ln(y_{i,m}) - \ln(y_i^*)) + \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^B (R_{i,n} + R_i^*) * (\ln(y_{i,n}) - \ln(y_i^*))$$

Avec :

$O_{m,n}^T$: indice de quantité d'output au temps T entre les GRD m et n

$R_{i,m}$: part du revenu associé à l'output j pour le GRD m

$y_{i,m}$: quantité de l'output j pour le GRD m

$R_{i,n}$: part du revenu associé à l'output j pour le GRD n

$y_{i,n}$: quantité de l'output j pour le GRD n

B : le nombre d'output j

*: moyenne des différentes valeurs des GRD composant le benchmark

Le calcul de la part du coût, respectivement du revenu, associée à chaque input, respectivement à chaque output est un paramètre clé de la méthode de calcul TFP et sa détermination peut s'avérer complexe. Différentes méthodes peuvent être appliquées afin de déterminer ces parts :

- Une méthode empirique : la part du coût, respectivement du revenu, associée à chaque input, respectivement à chaque output est calculée sur la base de données historiques caractéristiques du secteur. Néanmoins, cette méthode présente une forte incertitude, notamment pour des inputs et des outputs dont le poids dans le revenu ou dans le coût est difficile à évaluer (longueur du réseau électrique, nombre de transformateurs basse tension...);
- Une méthode paramétrique : la part du coût, respectivement du revenu, associée à chaque input, respectivement à chaque output est calculée en déterminant une fonction de production qui établit une relation entre les coûts et les inputs et en déterminant une fonction de coût qui établit une relation entre les revenus et les outputs. Le détail de cette méthode est explicité dans le paragraphe 3.2 relatif aux méthodes paramétriques. Dans ce



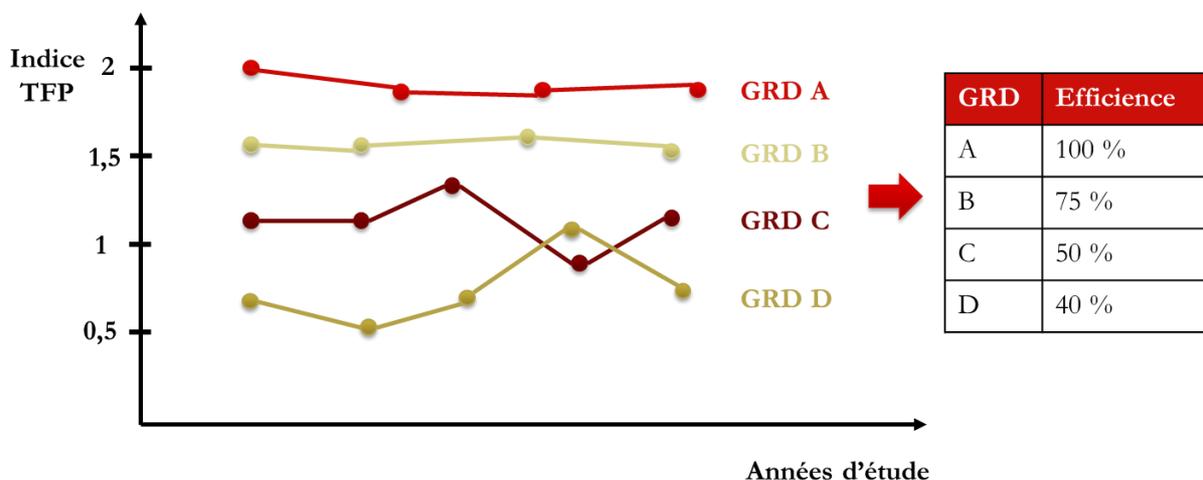
cas, il est préférable d'effectuer une méthode paramétrique de mesure d'efficacité dans son intégralité.

3.3.3.3. Calcul de l'efficacité de chaque GRD

Les indices TFP sont calculés pour chaque GRD entre deux observations, une image au temps t du GRD concerné et une image à un temps x d'un GRD de référence. Pour chaque GRD, l'indice TFP est calculé en considérant la seconde observation identique, c'est-à-dire, en considérant l'observation à un temps x d'un GRD de référence. Cette observation peut être la moyenne des observations de tous les GRD, une observation nulle ou encore une GRD sélectionnée arbitrairement dans la mesure où celle-ci soit identique pour le calcul de tous les indices TFP.

Les indices TFP ayant tous été calculés en considérant une observation de référence, les GRD peuvent être comparés un à un par rapport à cette observation de référence. Le GRD ayant l'indice TFP le plus élevé est considéré comme celui ayant une efficacité de 100 %. L'efficacité de chaque autre GRD est obtenue en divisant l'indice TFP du GRD concerné par l'indice TFP du GRD ayant une efficacité égale à 100 % (qui est le GRD ayant l'indice TFP le plus grand) (voir détails à la Figure 13).

Figure 13. Schéma du calcul de l'efficacité à partir du calcul des indices TFP



Source : Schwartz and Co

3.3.3.4. Avantage/Inconvénient

La méthode TFP présente les avantages suivants :

- Le calcul est relativement simple à mettre en œuvre (en fixant la part des coûts, respectivement des revenus, générée par chaque input, respectivement output de façon empirique) ;
- Les résultats sont facilement reproductibles par les GRD et le calcul ne nécessite pas de logiciel ou de solver complexe (un modèle Excel est suffisant) ;
- La méthode peut prendre en compte de multiples inputs et outputs.



Néanmoins, la méthode FTP présente des inconvénients majeurs :

- Les résultats du modèle sont très sensibles aux poids ;
- Le calcul des poids est basé sur des statistiques historiques/empiriques (présentant un risque important de contestation) ou sur le calcul d'une fonction de coût à travers une méthode économétrique (dans ce dernier cas, il est plus pertinent de recourir directement à une méthode de mesure d'efficacité paramétrique) ;
- Il n'existe pas de mesure statistique permettant d'évaluer la qualité et la robustesse du modèle ;
- Cette méthode n'est utilisée actuellement par aucun régulateur européen, à l'exception récente du régulateur flamand pour Fluvius, mais pour une analyse d'efficacité par comparaison avec d'autres secteurs d'activité

Dans l'ensemble, la méthode FTP présente des inconvénients majeurs et peu d'avantages pour le calcul de la mesure d'efficacité de GRD d'électricité et de gaz.

3.4. Méthodes hybrides

Les différentes méthodes de mesure d'efficacité présentées précédemment, paramétriques et non paramétriques possèdent chacune des avantages et des inconvénients spécifiques. Ces méthodes sont donc imparfaites, à des degrés divers, et peuvent faire l'objet de différentes critiques plus ou moins importantes de la part des GRD dont l'efficacité mesurée est faible.

Afin de limiter au maximum les recours ou les critiques, certains régulateurs utilisent des méthodes que nous dénommons « hybrides », caractérisées par une mesure d'efficacité effectuée à l'aide de plusieurs méthodes existantes (par exemple une méthode paramétrique et une méthode non paramétrique type DEA). La mesure finale d'efficacité d'un GRD peut être soit une combinaison linéaire des résultats de chaque méthode, ou la mesure d'efficacité la plus élevée parmi les résultats des méthodes utilisées.

Les pratiques réglementaires observées dans différents pays européens montrent que l'utilisation d'une méthode hybride ne constitue pas une pratique dominante : sur les 10 régulateurs analysés, seulement 3 utilisent une méthode de mesure d'efficacité hybride (voir tableau suivant).



Tableau 12. Comparaison des différentes méthodes de mesure d'efficacité par les régulateurs de 10 pays européens

Pays	Régulateur	GRD	Réalisation de la mesure	Période de régulation	Méthode utilisée
Allemagne ³¹	BNetzA	Electricité et gaz	Systématique	2018 à 2022 pour le gaz et 2019 à 2023 pour l'électricité	Méthode hybride (SFA + DEA)
Autriche ³²	E-Control	Electricité et gaz	Systématique	2018 à 2022 pour le gaz et 2019 à 2023 pour l'électricité	Méthode hybride (MOLS + DEA)
France ³³	CRE	Gaz	Ponctuelle	2016 à 2020	Advanced COLS
Finlande ³⁴	Energiavirasto	Electricité	Systématique	2016 à 2019 et 2020 à 2023	StoNED
Irlande ³⁵	CER	Electricité	Systématique	2016 à 2020	COLS
Royaume-Uni ³⁶	Ofgem	Electricité	Systématique	2015 à 2023	COLS (Pooled OLS)
Suède ³⁷	Energimarknadsinspektionen	Electricité	Systématique	2016 à 2019	DEA
Norvège ³⁸	NVE	Electricité	Systématique	2013 à 2018	DEA
Danemark ³⁹	Forsyningstilsynet	Electricité	Systématique	2020 à 2022	Méthode hybride (SFA + DEA)
Portugal ⁴⁰	ERSE	Electricité et gaz	Systématique	2020 à 2021 pour le gaz et 2018 à 2020 pour l'électricité	DEA

Les méthodes hybrides n'ont pas de fondements scientifiques et sont en règle générale le résultat d'une négociation entre les GRD et le régulateur à l'issue d'un rapport de force. L'utilisation de plusieurs méthodes de mesure d'efficacité permet aux GRD dans ces pays de maximiser leur

³¹ Effizienzvergleich verteilernetzbetreiber gas (3. Rp)

Effizienzvergleich Verteilernetzbetreiber Strom der dritten Regulierungsperiode (EVS3)

³² Electricity Distribution System Operators, 1 January 2019 - 31 December 2023 Regulatory Regime for the Fourth Regulatory Period, December 2018

Regulierungssystematik für die dritte Regulierungsperiode der Gasverteilernetzbetreiber
1. Jänner 2018 - 31. Dezember 2022

³³ Rapport public de l'étude réalisée par Schwartz and Co pour la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) en France, publiée par la CRE le 18 novembre 2015, dans le cadre de la consultation publique de la CRE sur le prochain tarif d'utilisation des réseaux publics de distribution de gaz naturel de GRDF (dit « ATRD5 »)

³⁴ Regulation methods in the fourth regulatory period of 1 January 2016 – 31 December 2019 and the fifth regulatory period of 1 January 2020 – 31 December 2023, Energiavirasto, November 2015

³⁵ Consultancy Support for Electricity Transmission and Distribution Revenue Controls (2016-2020), Commission for Energy Regulation, Jacobs, Juin 2015

³⁶ RIIO-ED1: Final determinations for the slowtrack electricity distribution companies Business plan expenditure assessment, Ofgem, 2014

³⁷ Benchmarkingrapport, Afsluttende rapport, Février 2017, Benchmarkingekspertgruppen

³⁸ National Report 2019, VNE, 2020

³⁹ Effektiviseringspotentialet i eldistributionssktoren, Forsyningstilsynet, Avril 2020

⁴⁰ Proveitos permitidos e ajustamentos para o ano gás 2020-2021 das empresas reguladas do setor do gás natural, ERSE, Juin 2020

Proveitos permitidos e ajustamentos para 2020 das empresas reguladas do setor elétrico, ERSE, Décembre 2019



chance d'obtenir une mesure d'efficacité élevée, sans considération objective du degré de validité de chacune des méthodes considérées. Or toutes ces méthodes hybrides associent une méthode paramétrique (MOLS ou SFA) à une méthode DEA, dont nous avons montré le problème fondamental d'absence de vérification de la qualité du modèle obtenu sur la base de critères statistiques objectifs.

Nous avons mené une analyse sur les données de mesure d'efficacité publiées par le régulateur allemand pour l'année 2019. Il apparaît que la méthode hybride utilisée par le régulateur allemand augmente sensiblement les résultats de mesure d'efficacité obtenus en moyenne par les GRD d'électricité et de gaz (à l'exception des résultats de mesure d'efficacité obtenus en moyenne par les GRD d'électricité en utilisant la méthode SFA).

Tableau 13. Comparaison des mesures d'efficacité obtenues par les GRD allemands d'électricité et de gaz en 2019 par différentes méthodes de mesure d'efficacité

Type de mesure	GRD Electricité	GRD Gaz
Moyenne - DEA base comptable	86%	82%
Moyenne - SFA base comptable	93%	75%
Moyenne - DEA base standardisée	87%	85%
Moyenne - SFA base standardisée	94%	75%
Moyenne - Meilleur des quatre mesures	95%	96%

*Source : Analyse Schwartz and Co sur la base des données publiées par la BNetzA
(ARegV31Tabelle_2020_geschwaerzt)*



4. Revue de pays européens utilisant des méthodes de mesure d'efficacité

4.1. Allemagne

Vue d'ensemble de la méthode de mesure d'efficacité des GRD appliquée en Allemagne

Le régulateur de l'énergie allemand, qui est également le régulateur pour toutes les industries de réseaux (Bundesnetzagentur) utilise pour la troisième période de régulation des GRD d'électricité et de gaz une régulation incitative de type « revenue-cap » sur une base de coûts TOTEX. Dans le cadre de cette régulation incitative, une mesure d'efficacité est effectuée au travers d'un benchmark national pour les GRD de plus de 30 000 clients en gaz et plus de 15 000 clients en électricité. Les GRD de plus petites tailles ne sont pas soumis à cette mesure d'efficacité (voir détails au Tableau 14).

Tableau 14. Eléments de contexte du calcul d'efficacité des GRD en Allemagne

Elément clé	Description
Nombre de GRD concernés	<ul style="list-style-type: none">• 185 GRD en gaz• 179 GRD en électricité Seuls les GRD de plus de 30 000 clients en gaz et plus de 15 000 clients en électricité sont concernés par une méthode de calcul d'efficacité basée sur un benchmark. Le régulateur allemand nous a confirmé que cette décision est une décision politique et n'est pas liée à des considérations mathématiques ou de modélisations.
Méthodologie tarifaire	Régulation incitative de type « revenue-cap » sur une base de coûts TOTEX (troisième période de régulation de 2018 à 2022 pour le gaz et 2019 à 2023 pour l'électricité)

Source : Schwartz and Co

Le régulateur allemand a choisi une méthode hybride utilisant une méthode SFA et une méthode DEA, appliquée chacune à deux bases des coûts distinctes (une base de coûts réels et une base de coûts standardisés). La mesure de l'efficacité retenue pour le GRD est la mesure d'efficacité qui lui est la plus favorable. Les éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité retenue par le régulateur allemand sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15. Eléments clés de la méthode de calcul d'efficacité des GRD en Allemagne

Elément clé	Description
Nombre de GRD composant le benchmark	Les GRD composant le benchmark sont uniquement des GRD allemands <ul style="list-style-type: none">• 185 GRD en gaz• 179 GRD en électricité
Base de coûts	La méthode est appliquée sur une base de coûts contrôlables TOTEX (OPEX + CAPEX). Deux bases de coûts TOTEX contrôlables sont utilisées dans le schéma de régulation allemand : <ul style="list-style-type: none">• Base de coûts comptable• Base de coûts standardisés : les CAPEX sont calculés à partir de valeurs de remplacement pour chaque d'actifs (qui correspond à



	<p>la valeur de marché de chaque type d'actifs), appliquée à la liste des actifs que possède chaque GRD.</p> <p>La volonté initiale du régulateur allemand était d'utiliser seulement une base de coûts standardisés, mais les discussions avec les GRD et les pouvoirs politiques ont abouti à l'utilisation de deux bases de coûts.</p>
Méthode utilisée	<p>Le régulateur allemand utilise deux méthodes de mesure d'efficacité sur chacune de ses bases des coûts TOTEX, une méthode DEA (avec un return to scale constant) et une méthode SFA.</p> <p>Au total, 4 calculs d'efficacité sont effectués pour chaque GRD.</p>
Paramètres utilisés et forme de la fonction de coût et de la fonction d'inefficacité technique (uniquement pour la méthode SFA)	<p>Les outputs sont identiques pour la méthode DEA et la méthode SFA. Ils diffèrent pour les GRD électricité et les GRD gaz. Concernant les GRD électricité, la méthode retient 9 paramètres comme outputs plus la base de coûts en input. Concernant les GRD gaz, la méthode retient 5 paramètres comme outputs et la base de coûts en input. Les outputs sont caractérisés par le régulateur allemand dans une première phase d'analyse à travers une analyse économétrique et la réalisation de tests statistiques (t-test, F-tests, et LR-test).</p> <p>Concernant la méthode SFA, celle-ci nécessite de présupposer une forme de fonction de coût. La forme de la fonction retenue est une fonction linéaire normalisée pour l'électricité et Translog pour le gaz. La forme de la fonction retenue pour l'inefficacité technique est une distribution exponentielle et la forme retenue pour le bruit est une distribution normale.</p> <p>Le régulateur allemand a la particularité d'utiliser une méthode à deux étages, qui diffère de celle communément présentée dans la littérature, à la fois pour la méthode DEA et pour la méthode SFA afin d'évaluer l'impact des paramètres non retenus dans les modèles (paramètres environnementaux et paramètres évalués comme non corrélés avec les coûts).</p>
Analyse de validité du modèle	
Méthode SFA	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : le régulateur allemand ne réalise pas de tests statistiques directement sur la méthode SFA, mais réalise des tests statistiques dans l'analyse des paramètres d'outputs. Ces tests sont pertinents pour la méthode SFA puisqu'ils sont appliqués sur une méthode économétrique. • Gestion des points aberrants (outliers) : Une analyse de la distance de Cook est réalisée afin d'identifier les points aberrants. Un GRD présentant une efficacité supérieure, jugée aberrante, par rapport aux autres GRD est exclu du benchmark en lui appliquant une efficacité plafond (égale à 100 %) et un GRD présentant une efficacité inférieure à 60 %, est exclu du benchmark en lui appliquant une efficacité de 60 %.
Méthode DEA	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : aucun test statistique ne permet d'évaluer la qualité statistique de la méthode DEA. Néanmoins, le régulateur allemand réalise des tests statistiques dans l'analyse des paramètres d'outputs, bien que ceux-ci ne puissent pas refléter la pertinence du choix des paramètres pour la méthode DEA. • Gestion des points aberrants (outliers) : les points qualifiés d'aberrants sont identifiés à l'aide de l'analyse de super-efficacité et de l'analyse de dominance. Ils sont exclus du benchmark et



	<p>obtiendront une mesure d'efficacité égale à 100 %. Un seuil plancher de la mesure d'efficacité à 60 % est également appliqué. Les GRD dont la mesure d'efficacité est inférieure à 60 % sont exclus du benchmark et la valeur de leur mesure d'efficacité est égale à 60 %.</p>
Calcul de l'efficacité	<p>L'efficacité retenue pour le GRD est l'efficacité la plus favorable au GRD calculée à partir des 4 calculs précédemment décrits.</p> <p>Pour la méthode DEA, les GRD les plus efficaces sont éligibles à un bonus ajouté au plafond de revenus sur la base d'une analyse de super-efficacité.</p>

Source : Schwartz and Co

Base de coûts

La BNetzA retient deux bases de coûts contrôlables TOTEX (OPEX + CAPEX) pour le calcul de l'efficacité de ses GRD d'électricité et de gaz naturel. L'une est calculée avec des CAPEX comptables et l'autre est calculée avec des CAPEX standardisés. En prenant l'exemple des GRD d'électricité, il apparaît que la différence moyenne sur l'ensemble des GRD de mesure d'efficacité obtenue en appliquant une méthode DEA ou une méthode SFA sur une base de coûts comptables ou une base de coûts standardisés est très faible (voir détails au Tableau 16).

Tableau 16. Comparaison des résultats de mesures d'efficacité sur une base de coûts réels et une base de coûts standardisés pour la méthode DEA et la méthode SFA

Méthode	DEA			SFA		
	Compta- bles	Standardi- sés	Meilleure des deux	Compta- bles	Standardi- sés	Meilleure des deux
Efficiency moyenne	82.9%	83.2%	84.1%	92.3%	93.0%	93.1%
Écart-type	13.0%	12.9%	12.8%	4.7%	4.1%	4.0%
Efficacité minimale	55.7%	53.3%	55.7%	69.4%	75.3%	75.3%
Nombre de GRD ayant une efficacité de 100 %	42	43	46	4	4	4
Nombre d'outliers	7	6	9	10	9	10

Source : Rapport d'expertise de la troisième période de régulation appliquée au GRD électricité, BNetzA, Avril 2019

Paramètres utilisés et forme de la fonction de coût (uniquement pour la méthode SFA)

Le régulateur allemand utilise une méthode permettant de déterminer les paramètres de comparaison des GRD (outputs).

La méthode permettant de déterminer ces paramètres comprend 3 étapes principales :

- Une liste des paramètres possibles est établie à partir des paramètres utilisés dans les méthodes de mesures d'efficacité des périodes précédentes. D'autres paramètres peuvent être rajoutés si ceux-ci semblent pertinents pour expliquer l'évolution des coûts du GRD entre les deux périodes (la capacité de production d'énergie renouvelable par exemple). Cette première sélection est qualitative.
- Sur la base de cette liste de paramètres, une méthode économétrique est utilisée et des calculs statistiques de corrélation (t-test, F-tests, et LR-test) entre ces paramètres et les deux bases de coûts (réels et standardisés) sont réalisés, et entre les paramètres eux-mêmes. Ces



tests permettent de mesurer la pertinence de chaque paramètre et d'identifier des effets de dépendance entre différents paramètres.

- Enfin une analyse de la taille optimale de l'échantillon de paramètres est réalisée à partir de différentes méthodes statistiques.

A la suite de ces analyses, la liste des paramètres qui seront utilisés dans les modèles est établie. Celle-ci est identique pour la méthode DEA et la méthode SFA. Nous notons néanmoins que la liste de paramètres est établie à travers une méthode économétrique et ne peut donc pas prédire de la pertinence de l'utilisation de ces paramètres pour le DEA. Le régulateur allemand nous a indiqué que l'utilisation de la liste de paramètre outputs résultant d'une analyse économétrique pour la méthode DEA était sujette à poursuite devant les tribunaux par certains GRD.

Cette liste de paramètres est différente pour les GRD électricité et les GRD gaz (voir détails au Tableau 17). L'impact des paramètres non retenus suite à ces analyses, sur les résultats de la mesure d'efficacité, sera évalué au travers d'une méthode à deux étages.

Tableau 17. Paramètres de comparaison (outputs) utilisés dans les différentes méthodes de calculs d'efficacité par le régulateur allemand

Type de GRD	Paramètres
GRD électricité	<ul style="list-style-type: none">• nombre de points de connexion sur les trois niveaux de tension considérés (haute, basse à moyenne tension) ;• circuit de câbles (haute tension) ;• circuit de lignes (haute tension) ;• longueur totale du réseau (moyenne tension) ;• longueur totale du réseau (faible tension) ;• charge de pointe annuelle (haute tension / moyenne tension) ;• charge de pointe annuelle (moyenne tension/ basse tension) ;• capacité installée (type 1 à 4⁴¹) ;• capacité installée (type 5 à 7) ;
GRD gaz	<ul style="list-style-type: none">• volume de tuyaux ;• longueur du réseau pondérée par la part de sol de type 4, 5 et 6 dans la surface totale couverte par le réseau ;• pointe de charge annuelle ;• nombre de points de sortie > 5 bars ;

⁴¹ Les niveaux de puissance du réseau électrique sont définis par le régulateur comme suivant :

- Très haute tension (380 kV à 220 kV)
- Transformateur de très haute tension à haute tension
- Haute tension (110 kV à 36 kV)
- Transformateur de haute tension à moyenne tension
- Moyenne tension (36 kV à 1 kV)
- Transformateur de moyenne tension à basse tension
- Basse tension (< 1kV)



- nombre de points de mesure.

Source : Conférence on benchmarking methods for incentive regulation of the energy sector, BNetzA, 27/05/14

La forme de la fonction de coût est présumée uniquement dans la méthode SFA. A l'instar du choix des paramètres de comparaison, une méthodologie spécifique est utilisée pour déterminer la forme de la fonction de coût. Les formes de fonction linéaire, linéaire normalisée, Cobb-Douglas et Translog sont ainsi testées par des analyses statistiques. La fonction linéaire normalisée consiste en une fonction linéaire pour laquelle chacun des paramètres dimensionnant des GRD a été divisé par un même paramètre (appelé paramètre de normalisation). Les résultats statistiques sont analysés en tenant compte de la compréhension métier de ces fonctions de coûts par les GRD.

Pour les GRD électricité, les formes de fonction linéaire normalisée, Cobb-Douglas et Translog étaient pertinentes d'un point de vue statistique, mais la fonction linéaire normalisée est plus facilement appréhendée par les GRD. Celle-ci a donc été retenue pour la méthode SFA. En particulier, le paramètre de normalisation retenu est le nombre de points de connexion sur les trois niveaux de tension considérés (haute, basse à moyenne tension). Pour les GRD gaz, la forme de la fonction est une fonction Translog. Cette forme a été retenue comme la plus pertinente statistiquement.

Enfin, l'impact des paramètres de comparaison non retenus sur la mesure d'efficacité est évalué à la fois pour la méthode DEA et la méthode SFA par une méthode à deux étapes qui est différente de celle communément présentée dans la littérature. Cette méthode consiste à évaluer si un paramètre non retenu initialement dans le modèle pourrait avoir un impact important sur les résultats de la mesure d'efficacité. L'impact de ces paramètres sur la mesure d'efficacité est évalué par une régression de Tobit (car les scores d'efficacité sont compris entre deux valeurs fixes, 0 et 100 %) et le test de Kruskal-Wallis. Lors de la troisième période de régulation, que ce soit pour les GRD électricité ou les GRD gaz, aucun de ces paramètres n'a eu un impact significatif sur les résultats des mesures d'efficacité. Si des paramètres non retenus initialement dans le modèle sont identifiés comme ayant un impact important sur les résultats de la mesure d'efficacité, la liste de paramètre est revue et l'ensemble de l'analyse est reconduite.

Analyse de validité du modèle

Concernant les tests statistiques, le régulateur allemand ne réalise pas directement de tests statistiques évaluant la pertinence des méthodes SFA (par choix) et de la méthode DEA (car il n'existe pas de tests statistiques possibles). Les tests statistiques sont réalisés dans la définition de la liste de paramètres outputs pertinents pour le GRD à travers une méthode économétrique (voir détail au paragraphe précédent).

Concernant la gestion des points aberrants, celle-ci est identique pour la méthode DEA et la méthode SFA, à l'exception de l'analyse permettant de juger de l'aberrance de la mesure d'efficacité d'un GRD présentant une efficacité anormalement haute. Une analyse de la distance de Cook est utilisée dans la méthode SFA et une analyse de super-efficacité et de dominance est utilisée dans



la méthode DEA afin d'identifier les GRD ayant une mesure d'efficacité anormalement haute. A la suite de ces analyses, les GRD ayant une efficacité anormalement haute, jugée comme aberrante, sont exclus du benchmark et obtiendront une mesure d'efficacité égale à 100 %. Les GRD dont la mesure d'efficacité est inférieure à 60 % sont également exclus du benchmark et la valeur de leur mesure d'efficacité est égale à 60 %. Il est à noter que la caractérisation des GRD présentant une efficacité anormalement faible, jugée aberrante, n'est pas réalisée en effectuant des analyses statistiques, mais en fixant un seuil plancher arbitraire (égale à 60 %).

Calcul de l'efficacité

L'efficacité retenue pour le GRD est l'efficacité la plus favorable au GRD calculée à partir des 4 calculs effectués :

- une méthode SFA sur une base de coûts réels ;
- une méthode SFA sur une base de coûts standardisés ;
- une méthode DEA sur une base de coûts réels ;
- une méthode DEA sur une base de coûts standardisés ;

Le régulateur allemand nous a indiqué que le choix de retenir la meilleure mesure d'efficacité pour chaque GRD a été décidé par les pouvoirs politiques à la suite des discussions avec l'ensemble des parties prenantes (GRD, régulateur, association industrielle...). Ce choix traduit une approche conservatrice de la mesure d'efficacité des GRD allemands.

Pour la méthode DEA, les GRD les plus efficaces sont éligibles à un bonus ajouté au plafond de revenus sur la base d'une analyse de super-efficacité. Ce bonus a pour objectif d'inciter les opérateurs ayant déjà atteint un score d'efficacité de 100%. La valeur de super-efficacité est la différence entre le résultat de l'analyse de super-efficacité et la valeur d'efficacité retenue pour le GRD ayant une efficacité de 100 %. Cette valeur est plafonnée à 5% pour les deux bases de coûts (réels et standardisés). Pour déterminer le bonus, la valeur de super-efficacité est multipliée par la base de coûts retenue. Le montant ainsi obtenu est ensuite réparti uniformément sur la durée de la période réglementaire.

Eléments de comparaison entre la méthode DEA la méthode SFA appliquée par le régulateur allemand

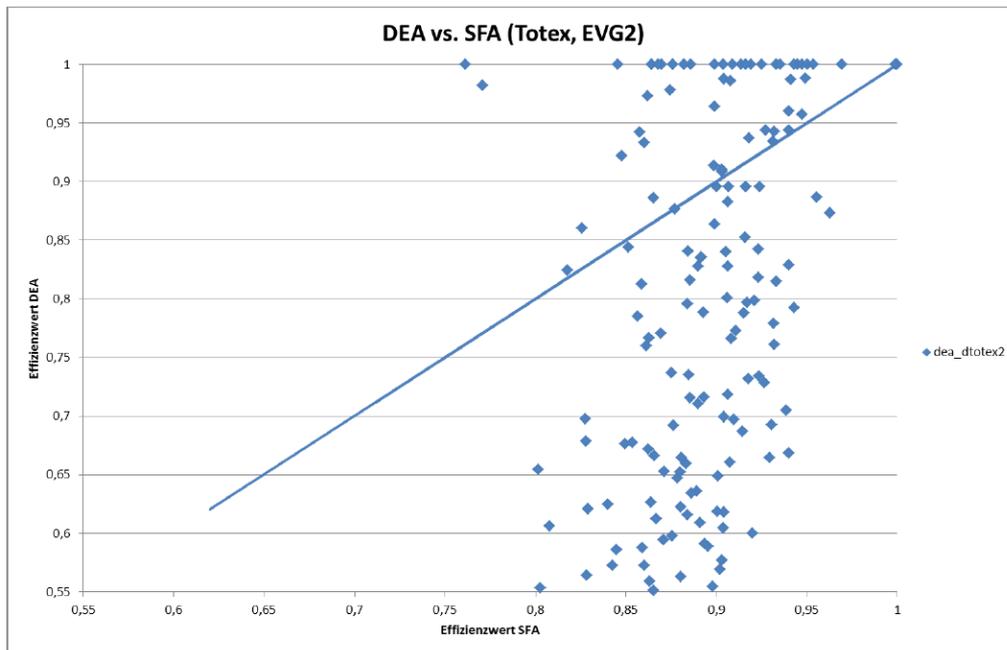
Le régulateur allemand s'appuie sur une méthode hybride combinant SFA et DEA afin de minimiser les objections des GRD portant sur les faiblesses de chaque méthode. Le régulateur allemand attribue ainsi comme score d'efficacité la mesure d'efficacité la plus élevée parmi les 4 calculées.

Il est à noter que le régulateur allemand a observé des résultats de mesure d'efficacité très différents pour un GRD donné en utilisant une méthode SFA et une méthode DEA. En appliquant ces deux méthodes à une base de coûts réels, il a été observé pour un GRD en particulier une mesure



d'efficacité de 100 % avec la méthode DEA et d'environ 75 % avec une méthode SFA (voir détails à la Figure 14).

Figure 14. Comparaison de la mesure d'efficacité des GRD allemands en utilisant la méthode DEA et la méthode SFA sur une base de coûts réels



Source : Christine Müller, 1st ERRA Educational Workshop, Bundesnetzagentur, 03/08/2018

La figure précédente montre cependant que les 2 cas de figure existent :

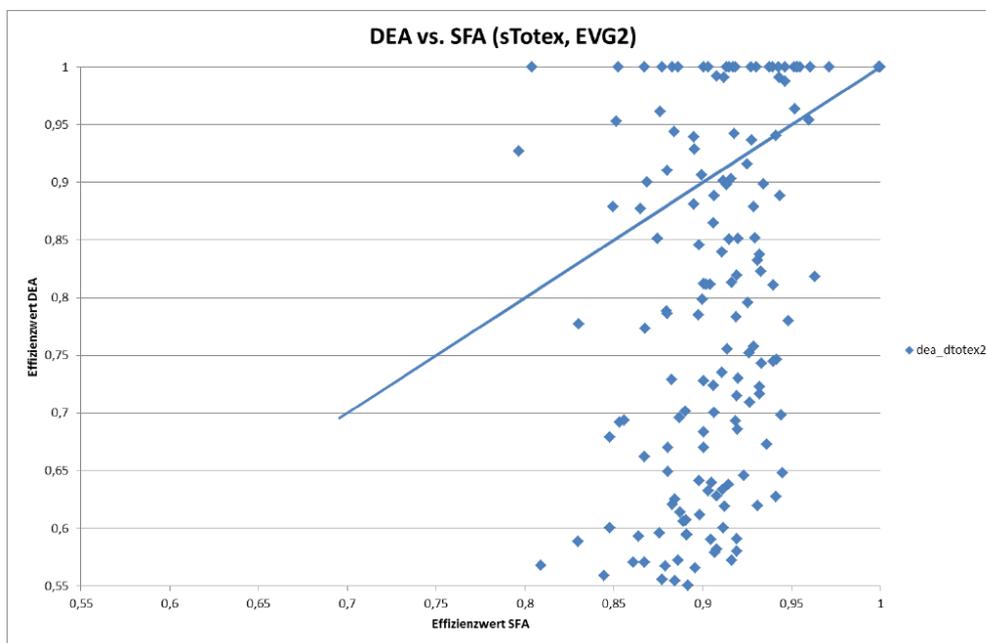
- Les GRD situés au-dessus de la bissectrice ont un score d'efficacité supérieur avec la méthode DEA qu'avec la méthode SFA.
- Les GRD situés en dessous de la bissectrice ont un score d'efficacité inférieur avec la méthode DEA qu'avec la méthode SFA.

On note par ailleurs qu'en moyenne la méthode SFA donne des mesures d'efficacité plus élevées que la méthode DEA (beaucoup plus de points sous la bissectrice). Enfin, on note que la dispersion de l'efficacité est beaucoup moins importante avec la méthode SFA (scores entre 75% et 100%) qu'avec la méthode DEA (entre 55 % à 100 %).

En appliquant ces deux méthodes à une base de coûts standardisés, il a été observé pour un GRD en particulier une mesure d'efficacité de 100 % avec la méthode DEA et d'environ 80 % avec une méthode SFA (voir détails à la Figure 15).



Figure 15. Comparaison de la mesure d'efficacité des GRD allemands en utilisant la méthode DEA et la méthode SFA sur une base de coûts standardisés



Source : Christine Müller, 1st ERRA Educational Workshop, Bundesnetzagentur, 03/08/2018

4.2. Autriche

Vue d'ensemble de la méthode de mesure d'efficacité de GRD appliquée en Autriche

Le régulateur de l'énergie autrichien (E-Control) utilise pour la régulation de ses GRD d'électricité et de gaz une régulation incitative de type « price-cap » sur une base de coûts TOTEX. En particulier, pour les GRD électricité, seuls les GRD d'électricité ayant transportés plus de 50 GWh en 2008 sont soumis à une régulation incitative (soit 38 GRD sur un total de 130). Dans le cadre de cette régulation incitative, une mesure d'efficacité est effectuée au travers d'un benchmark national (voir détails au Tableau 18).

Tableau 18. Eléments de contexte du calcul d'efficacité des GRD en Autriche

Élément clé	Description
Nombre de GRD concernés	<p>Les GRD concernés par la méthodologie tarifaire suivante sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 38 GRD d'électricité • 21 GRD en gaz <p>Seuls les GRD d'électricité ayant transporté plus de 50 GWh en 2008 sont soumis à une régulation incitative</p>
Méthodologie tarifaire	Régulation incitative de type « price-cap » sur une base de coûts TOTEX (quatrième période de régulation pour l'électricité et troisième période de régulation pour le gaz)

Source : Schwartz and Co



Le régulateur autrichien a retenu pour la mesure d'efficacité de ses GRD en électricité et en gaz une méthode hybride utilisant une méthode MOLS et une méthode DEA, appliquée chacune à deux bases des coûts distinctes (une base de coûts réels et une base de coûts standardisés) pour l'électricité, et uniquement à une base de coûts standardisés pour le gaz. Les éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité retenue par le régulateur autrichien sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 19. Eléments clés de la méthode de calcul d'efficacité des GRD en Autriche

Elément clé	Description
Nombre de GRD composant le benchmark	<p>Les GRD composant le benchmark national sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 38 GRD d'électricité • 21 GRD en gaz
Base de coûts	<p>La méthode est appliquée sur une base de coûts contrôlables TOTEX (OPEX + CAPEX). Pour les GRD électricité, deux bases de coûts TOTEX contrôlables sont utilisées dans le schéma de régulation autrichien :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Base de coûts comptable • Base de coûts standardisés (les CAPEX sont calculés à partir de valeurs de remplacement prenant en compte la durée de vie moyenne de différents groupes d'actifs immobilisés) <p>Pour les GRD gaz, une seule base de coûts TOTEX avec des CAPEX standardisés est utilisée. Le régulateur autrichien nous a indiqué que la base de coûts comptable n'était pas utilisée, car les cycles d'investissements des GRD gazier étaient très différents et que cette base de coûts produirait un avantage au GRD ayant un réseau fortement amorti, ce qui n'était pas observé chez les GRD électricité.</p>
Méthode utilisée	<p>Pour les GRD électricité :</p> <p>L'Autriche utilise trois méthodes de mesure d'efficacité sur chacune de ses 2 bases des coûts TOTEX : deux méthodes DEA (avec un return to scale constant et une approche à un étage) et une méthode MOLS. Au total, 6 calculs d'efficacité sont effectués pour chaque GRD. Les deux méthodes DEA utilisées diffèrent par le nombre d'outputs (4 pour la première méthode et 6 pour la seconde méthode).</p> <p>Pour les GRD gaz :</p> <p>L'Autriche utilise deux méthodes de mesure d'efficacité sur chacune de ses bases des coûts TOTEX, une méthode DEA (avec un return to scale constant et une approche à un étage) et une méthode MOLS. Au total, 4 calculs d'efficacité sont effectués pour chaque GRD</p> <p>Pour les deux types de GRD, une méthode MOLS est appliquée au détriment d'une méthode SFA, car le benchmark ne présente pas assez de points de comparaison pour appliquer une méthode SFA.</p>
Paramètres utilisés et forme de la fonction de coût et de la fonction d'inefficacité technique (uniquement pour la méthode MOLS)	<p>Les paramètres de comparaison (output) sont différents entre la méthode DEA et la méthode MOLS et différents entre les GRD gaz et électricité.</p> <p>Pour les GRD électricité :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La méthode MOLS se base sur la base de coûts en input et sur 3 paramètres en output • La première méthode DEA se base sur la base de coûts en input et 4 paramètres en outputs (ci-après DEA4)



	<ul style="list-style-type: none"> • La seconde méthode DEA se base sur 6 paramètres en outputs et la base de coûts en input (ci-après DEA6) <p>Pour les GRD gaz :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La méthode MOLS et la méthode DEA se basent sur les 3 mêmes paramètres (ci-après DEA3) <p>Concernant la méthode MOLS, celle-ci nécessite de présupposer une forme de fonction de coût. La forme de la fonction retenue est une fonction Cobb-Douglas (log-linéaire). La forme de la fonction retenue pour l'efficacité est une distribution demi-normale.</p>
Analyse de validité du modèle	
Méthode MOLS	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : le régulateur autrichien nous a indiqué que des tests statistiques étaient effectués pour la méthode MOLS, mais qu'il n'était pas en mesure de présenter publiquement les tests effectués. • Gestion des points aberrants (outliers) : une analyse de la distance de Cook est réalisée afin d'identifier les points aberrants. Un GRD identifié comme point aberrant en raison d'une efficacité trop importante est exclu du benchmark en lui appliquant une efficacité plafond (égale à 100 %). Un GRD identifié comme point aberrant en raison d'une efficacité trop faible est exclu du benchmark en lui appliquant une efficacité plancher (égale à la plus faible efficacité des GRD retenus comme points non aberrants).
Méthode DEA	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : aucun test statistique n'est réalisé, car il n'existe pas de test pertinent permettant de mesurer la qualité de la méthode DEA. • Gestion des points aberrants (outliers) : les points aberrants sont identifiés par analyse de super-efficacité. Ils sont exclus du benchmark et obtiendront une mesure d'efficacité égale à 100 %. Il n'y a pas de gestion spécifique appliquée pour les efficacités anormalement « faibles ».
Calcul de l'efficacité	<p>Pour les GRD électricité :</p> <p>La mesure de l'efficacité retenue est celle qui est le plus favorable au GRD sur les deux bases de coûts, comme suit :</p> $E = \text{MAX}(0,5 * E_{\text{MOLS-base de coûts réels}} + 0,25 * E_{\text{DEA4-base de coûts réels}} + 0,25 * E_{\text{DEA6-base de coûts réels}} ; 0,5 * E_{\text{MOLS-base de coûts standardisés}} + 0,25 * E_{\text{DEA4-base de coûts standardisés}} + 0,25 * E_{\text{DEA6-base de coûts standardisés}})$ <p>Pour les GRD gaz :</p> <p>La mesure de l'efficacité retenue pour la méthode MOLS est égale à :</p> $E = 0,5 * E_{\text{MOLS-base de coûts standardisés}} + 0,5 * E_{\text{DEA3-base de coûts standardisés}}$ <p>L'objectif annuel d'évolution des coûts contrôlables du GRD est ensuite calculé à partir de la mesure d'efficacité.</p>

Source : Schwartz and Co

Base de coûts

Concernant le GRD électricité, le régulateur autrichien utilise deux bases de coûts pour le calcul de la mesure d'efficacité, une base de coûts TOTEX comptable et une base de coûts TOTEX



standardisés et utilise seulement une base de coûts TOTEX standardisés pour ses GRD gaz. La différence entre les deux bases de coûts se situe au niveau du calcul des CAPEX.

Concernant la base de coûts comptable, les CAPEX retenus sont les CAPEX issus de la comptabilité de chaque GRD. Concernant la base de coûts standardisés, les CAPEX retenus sont des valeurs de référence prenant en compte la durée de vie moyenne de différents groupes d'actifs immobilisés. Cette méthode permet dans le calcul de la mesure d'efficacité, de limiter l'impact de l'âge des actifs. En effet, dans le cas d'une base de coûts comptable, un GRD A ayant une large part de ses actifs déjà amortie aurait des CAPEX inférieurs à un GRD B ayant les mêmes actifs, mais avec part plus large non encore amortie. En supposant que les OPEX du GRD A et du GRD B sont égaux, le GRD A aurait une efficacité supérieure à celle du GRD B.

Les CAPEX standardisés sont calculés en prenant en compte la valeur totale de chaque actif (amorti et non amorti), en l'indexant à partir de la première année d'immobilisation et en considérant une durée de vie moyenne de chaque type d'actif identique pour l'ensemble des GRD. Les principales étapes permettant d'effectuer ce calcul sont les suivantes :

- établir un historique des coûts de tous les actifs ;
- déterminer un index évaluant l'évolution du coût de ces actifs : l'index retenu pour chaque actif est égal à l'indice d'évolution des prix de la consommation (Verbraucherpreisindex) ;
- déterminer l'immobilisation annuelle de chaque actif : la valeur de chaque actif est indexée avec l'index d'évolution du coût puis divisée par la durée d'immobilisation de chaque actif (voir détails au Tableau 20) ;
- déterminer le taux d'intérêt : le taux d'intérêt retenu est égal au WACC.

Tableau 20. Durée de vie moyenne de chaque actif retenu par le régulateur autrichien pour le calcul des CAPEX standardisés

Type d'actif	Durée de vie (ans)	Type d'actif	Durée de vie (ans)
A2 Logiciel	5	B14a Compteurs et équipement de mesure	15
A3 Servitudes et autres droits	25	B14b Compteurs (lecture à distance)	15
A4 Paiements anticipés f. les coûts d'installation	20	B15 Groupes électrogènes pour les pannes	15
A5 Autres biens immatériels	5	B16 Locaux commerciaux	33
B5 Lignes aériennes (36 > à 110 kV)	33	B17 Bâtiments opérationnels	33
B6 Câbles (36 > à 110 kV)	33	B18 Terrain	
B7 Transformateurs (HV-MV)	20	B19 Véhicules automobiles	8
B8 Lignes aériennes (10 + 20k)	25	B20 Machine	10
B9 Câbles (10 + 20k)	25	B21 Équipement informatique	5
B10 Transformateurs (MV-MV)	25	B22 Équipements de télécommunications	20



B11 Station de transformateur	20	B23 Actifs de faible valeur	1
B12 Ligne aérienne (<1kV)	20	B24 Autre	5
B13 Câbles (<1kV)	20	B26 Autres biens non durables	1

Source : E-Control

Afin de conserver un ratio cohérent entre la part des OPEX et la part des CAPEX pour chaque GRD, les CAPEX standardisés sont normalisés en les divisant par le ratio moyen (pour tous les GRD) de la part des OPEX par rapport à la part des CAPEX dans la base de coûts réels.

Finalement, les TOTEX sont corrigés de différents coûts pour chaque GRD. En particulier, les coûts suivants sont soustraits :

- coûts relatifs à une fonction de transmission sur le réseau au niveau 3 ;
- investissement concernant le comptage évolué ;
- investissement relatif aux centrales de production éolienne ;
- coûts exceptionnels ;

Enfin, des corrections sur les OPEX de l'ensemble des GRD composant le benchmark sont appliquées.

Paramètres utilisés

Les paramètres d'output sont différents entre la méthode DEA et la méthode MOLS et différents entre l'électricité et le gaz, comme décrit dans le tableau suivant.

Tableau 21. Paramètres d'output utilisés dans les différentes méthodes de calculs d'efficience par le régulateur autrichien

Type de GRD	Méthode utilisée	Paramètres d'output
GRD électricité	MOLS	<ul style="list-style-type: none"> • densité de point de connexion ; • pointe de consommation annuelle pour les niveaux⁴² 4 à 7 ; • nombre de points de connexion pour les niveaux 6 et 7.
	DEA à 4 paramètres (DEA4)	<ul style="list-style-type: none"> • densité de point de connexion ; • pointe de consommation annuelle pour les niveaux 4 à 7 ; • pointe de consommation annuelle pour les niveaux 6 à 7 ; • nombre de points de connexion pour les niveaux 6 et 7.

⁴² Les niveaux de puissance du réseau électrique sont définis par le régulateur comme suivant :

- Très haute tension (380 kV à 220 kV)
- Transformateur de très haute tension à haute tension
- Haute tension (110 kV à 36 kV)
- Transformateur de haute tension à moyenne tension
- Moyenne tension (36 kV à 1 kV)
- Transformateur de moyenne tension à basse tension
- Basse tension (< 1kV)



	DEA à 6 paramètres (DEA6)	<ul style="list-style-type: none">• densité de point de connexion basse tension ;• densité de point de connexion basse moyenne tension ;• densité de point de connexion haute moyenne tension ;• pointe de consommation annuelle pour les niveaux 4 à 7 ;• pointe de consommation annuelle pour les niveaux 6 à 7 ;• nombre de points de connexion pour les niveaux 6 et 7.
GRD gaz	MOLS et DEA à 3 paramètres (DEA)	<ul style="list-style-type: none">• densité de point de connexion ;• pointe de consommation annuelle pour les clients industriels ;• nombre de points de connexion pour les clients résidentiels.

Source : E-Control

Il est à noter que pour les GRD électricité, concernant les paramètres utilisés pour le MOLS et le DEA à 4 paramètres, le paramètre de pointe de consommation annuelle pour les niveaux 6 à 7 n'est pas retenu dans le MOLS, car celui-ci présente une corrélation élevée avec les autres paramètres du modèle, ce qui pourrait introduire un biais dans la mesure d'efficacité.

Analyse de validité du modèle

Concernant la gestion des points aberrants, celle-ci est différente pour la méthode DEA et la méthode MOLS.

Pour la méthode MOLS, une analyse de la distance de Cook est utilisée afin d'identifier les GRD présentant une efficacité anormalement haute ou anormalement faible. Les GRD ayant une efficacité anormalement haute, jugée comme aberrante sont exclus du benchmark et obtiendront une mesure d'efficacité égale à 100 %. Les GRD ayant une efficacité anormalement faible, jugée comme aberrante sont exclus du benchmark et obtiendront une mesure d'efficacité égale à la valeur d'efficacité la plus faible observée pour les GRD conservés dans le benchmark.

Pour la méthode DEA, une analyse de super-efficacité est réalisée afin d'identifier les GRD présentant une efficacité anormalement haute. Les GRD ayant une efficacité anormalement haute, jugée comme aberrante sont exclus du benchmark et obtiendront une mesure d'efficacité égale à 100 %. Il n'y a pas de gestion spécifique appliquée pour les GRD présentant une efficacité anormalement faible dans la méthode DEA.

Calcul de l'efficacité

Concernant les GRD électricité, l'efficacité de chaque GRD est calculée sur chaque base de coût comme une combinaison linéaire des 3 mesures d'efficacité explicitées précédemment (MOLS, DEA4, DEA6) et l'efficacité finalement retenue pour le GRD est la plus grande des 2 valeurs ainsi obtenues, soit :

$$\text{Efficacité} = \text{MAX}(0,5 * E_{\text{MOLS-base de coûts réels}} + 0,25 * E_{\text{DEA4-base de coûts réels}} + 0,25 * E_{\text{DEA6-base de coûts réels}} ; 0,5 * E_{\text{MOLS-base de coûts standardisés}} + 0,25 * E_{\text{DEA4-base de coûts standardisés}} + 0,25 * E_{\text{DEA6-base de coûts standardisés}})$$



Concernant les GRD gaz, l'efficacité de chaque GRD est calculée comme une combinaison linéaire des 2 mesures d'efficacité explicitées précédemment (MOLS et DEA3), comme suit :

$$\text{Efficacité} = 0,5 * E_{\text{MOLS-base de coûts standardisés}} + 0,5 * E_{\text{DEA3-base de coûts standardisés}}$$

A la suite de la mesure d'efficacité, le régulateur autrichien détermine un facteur d'évolution des coûts annuels du GRD qui dépend de la mesure d'efficacité (voir détails au Tableau 22). Par exemple, pour les GRD d'électricité, les GRD ayant une mesure d'efficacité de 100 % sont quand même soumis à un objectif d'évolution de leurs coûts contrôlables de -1,0 % par an.

Tableau 22. Objectif annuel d'évolution des coûts contrôlables en fonction de la mesure d'efficacité pour les GRD d'électricité

Mesure d'efficacité (%)	Objectif annuel d'évolution des coûts contrôlables (%/an)
80 %	-3,9 %
85 %	-3,3 %
90 %	-2,3 %
95 %	-1,6 %
100 %	-1,0 %

Source : E-Control

4.3. France

Vue d'ensemble de la méthode de mesure d'efficacité de GRD appliquée en France

Le régulateur français de l'énergie (la CRE⁴³) utilise pour la régulation de ses GRD d'électricité et de gaz une régulation incitative de type « revenue-cap » sur une base de charges d'exploitation (OPEX). La distribution d'électricité et de gaz est caractérisée en France par l'existence de 2 GRD de taille très importante, l'un dans l'électricité (Enedis, filiale d'EDF, qui représente 95 % des points de livraison d'électricité en France), l'autre dans le gaz (GRDF, filiale d'ENGIE, qui représente 96 % des points de livraison de gaz en France) à côté d'acteurs de taille plus modeste (environ 160 GRD électricité et 22 GRD gaz, ayant entre quelques milliers de clients et quelques centaines de milliers de clients).

Dans l'électricité, le tarif d'utilisation du réseau, dit TURPE, est péréqué, ce qui signifie qu'il est identique pour tous les GRD. Il est calculé sur la base des coûts OPEX+CAPEX d'Enedis. Pour déterminer la trajectoire de coûts futurs d'Enedis, la CRE se base sur un business plan tarifaire fourni par ENEDIS pour la partie OPEX, qui est audité par un auditeur externe afin de le challenger et de proposer une trajectoire de coûts efficaces pour la période de régulation concernée. La CRE tient compte des résultats de l'audit pour fixer la trajectoire tarifaire efficace retenue pour le calcul du tarif, sans les suivre forcément à la lettre. La trajectoire retenue est donc le résultat complexe d'une négociation entre le GRD ENEDIS et la CRE. Jusqu'à présent, pour la

⁴³ Commission de régulation de l'énergie



distribution d'électricité, la CRE n'a jamais mis en œuvre une mesure formalisée de l'efficacité d'ENEDIS.

Dans le gaz, le tarif d'utilisation du réseau n'est pas péréqué sauf pour certains petits GRD. Le principe de calcul du tarif est cependant très proche de celui de l'électricité. Pour déterminer la trajectoire de coûts futurs de GRDF et de chaque GRD disposant de son propre tarif, la CRE se base sur un business plan tarifaire fourni par le GRD pour la partie OPEX, qui, dans le cas de GRDF, est audité par un auditeur externe afin de le challenger et de proposer une trajectoire de coûts efficaces pour la période de régulation concernée. La CRE tient compte des résultats de l'audit pour fixer la trajectoire tarifaire efficace retenue pour le calcul du tarif, sans les suivre forcément à la lettre. Contrairement à l'électricité, la CRE a déjà eu recours à travers son auditeur, en l'occurrence Schwartz and Co, à une méthode quantitative de mesure de l'efficacité de GRDF pour le calcul du tarif de la période en cours (2016-2020).

Schwartz and Co a en effet réalisé l'audit des charges d'exploitation de GRDF pour la période de régulation de 2016 à 2020. Dans le cadre de cet audit, une mesure d'efficacité des OPEX de GRDF a été réalisée sur la base d'un benchmark international réalisé par la méthode paramétrique Advanced COLS. Cette méthode constitue une amélioration notable de la méthode COLS, et a été conçue conjointement par Schwartz and Co et Régis Bourbonnais, professeur d'économétrie à l'Université Paris Dauphine.

Les éléments clés de la méthode de calcul sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 23. Eléments clés de la méthode de calcul d'efficacité réalisée sur les OPEX de GRDF dans le cadre de l'audit des charges d'exploitation de GRDF pour la période de régulation de 2016 à 2020

Elément clé	Description
Nombre de GRD composant le benchmark	Les GRD composant le benchmark sont au nombre de 28 et sont issus de 7 pays européens
Base de coûts	La méthode est appliquée sur une base de coûts contrôlables OPEX. Une seule de base de coûts représentant des coûts réels est utilisée.
Méthode utilisée	La méthode de mesure d'efficacité utilisée et une méthode paramétrique de type Advanced COLS
Paramètres utilisés et forme de la fonction de coût	<p>La méthode Advanced COLS a permis de faire émerger 4 paramètres d'outputs (variable explicative des OPEX) optimaux en termes statistiques, à partir d'une liste de 9 paramètres initiaux. Les paramètres optimaux ainsi que la forme optimale de la fonction de coût sont obtenus en appliquant :</p> <ul style="list-style-type: none">• La méthode « stagewise regression » visant à sélectionner le meilleur ensemble de paramètres et la meilleure fonction de coût, minimisant l'intercorrélation entre les variables explicatives en étudiant les résidus de régression.• La méthode « all possible models » visant à tester toutes les combinaisons possibles de variables explicatives et de forme de fonction de coût. <p>Le modèle optimal est sélectionné par application de tests statistiques (voir paragraphe suivant)</p>
Analyse de validité du modèle	<ul style="list-style-type: none">• Tests statistiques :



	<ul style="list-style-type: none">○ Vérification de la significativité statistique globale du modèle (i.e. le pouvoir d'explication des OPEX grâce au modèle) : test de Fisher○ Vérification de la significativité statistique de chaque paramètre : test de Student○ Vérification de la non hétéroscédasticité : test de White○ Comparaison de la significativité des différents modèles : critère d'information d'Akaike et Schwarz● Autres vérifications de la robustesse du modèle :<ul style="list-style-type: none">○ Recherche des points d'influence et de l'effet de levier :<ul style="list-style-type: none">▪ Calcul de la diagonale de la matrice HAT▪ Calcul du résidu standardisé afin de détecter d'éventuelles observations anormales▪ Calcul de la statistique DFFITS○ Comparaison des résultats économétriques avec ou sans GRDF (i.e. que devient le modèle si on retire GRDF de l'analyse ?)● Gestion des points aberrants (outliers) : les points aberrants sont qualifiés à partir d'une analyse des résidus (différence entre les OPEX réels et les OPEX modélisés). Aucun point aberrant n'a été détecté lors de la réalisation de cette analyse.
Calcul de l'efficacité	Une seule mesure d'efficacité est réalisée, sur la base du modèle de calcul retenu. L'efficacité de chaque GRD est exactement égale à la mesure d'efficacité réalisée, sans qu'aucun retraitement ne soit effectué.

Source : Schwartz and Co

Base de coûts

Le benchmark a été effectué sur la base des charges d'exploitation en lien avec l'exploitation du réseau de distribution de gaz naturel, hors impôts et taxes, amortissements et provisions, éléments exceptionnels, corrigées de la production immobilisée et des recettes non liées à l'exploitation du réseau de distribution de gaz (les recettes liées au résultat des certificats d'efficacité énergétique, aux plus-values sur cession d'actifs et d'entreprises, aux survaleurs d'actifs, et à la régulation incitative ne sont pas considérées dans l'analyse).

Les charges d'exploitation des GRD prises dans le benchmark sont les suivantes :

Base de coûts retenue pour le benchmark
Les charges retenues sont les charges d'exploitation suivantes :
<ul style="list-style-type: none">● charges externes :<ul style="list-style-type: none">○ achat des matières premières et consommables ;○ achat des services.
corrigées de :
<ul style="list-style-type: none">○ production immobilisée hors main d'œuvre ;○ charges externes refacturées à des tiers pour des prestations en dehors de l'activité principale.
<ul style="list-style-type: none">● charges de personnel



<ul style="list-style-type: none">○ salaires et traitements ;○ charges sociales. corrigées de : <ul style="list-style-type: none">○ main d'œuvre immobilisée ;○ main d'œuvre facturée à des tiers pour des prestations en dehors de l'activité principale. <ul style="list-style-type: none">● autres charges

Des retraitements spécifiques ont ensuite été effectués pour corriger le périmètre de charge, notamment pour des GRD du Royaume-Uni.

Paramètres utilisés

Au total, 9 variables explicatives ont été testées comme outputs du modèle. Les paramètres techniques du réseau (longueur totale et nombre de clients raccordés) ainsi que le paramètre économique (coût moyen du travail) sont testés à la fois de façon linéaire et logarithmique. Les ratios ont été testés seulement sous forme linéaire, car ils ne sont pas liés à la « taille » du GRD :

- longueur totale de réseau (km), en linéaire et logarithme naturel ;
- nombre de clients raccordés, en linéaire et logarithme naturel ;
- coût moyen du travail, en linéaire et logarithme naturel ;
- volume maximal acheminé sur les 5 dernières années / longueur (GWh/an/km), en linéaire ;
- nombre de clients raccordés / longueur totale du réseau (clients/km), en linéaire ;
- volume maximal acheminé sur les 5 dernières années / client (MWh/an/client), en linéaire.

Le meilleur modèle obtenu à partir de la méthode Advanced COLS est basé sur les variables explicatives suivantes :

- nombre de clients par km (nombre total des clients / longueur totale du réseau), en linéaire ;
- volume maximal acheminé par client (volume maximal acheminé des 5 dernières années / nombre total des clients), en linéaire ;
- longueur totale du réseau, en logarithme ;
- coût moyen horaire du travail, en logarithme.

4.4. Finlande

Vue d'ensemble de la méthode de mesure d'efficacité de GRD appliquée en Finlande

Le régulateur de l'énergie finlandais (Energiavirasto) utilise pour la régulation des GRD électricité une régulation incitative de type « revenue-cap » sur une base de coûts contrôlables OPEX. Dans le cadre de cette régulation incitative, une mesure d'efficacité est effectuée au travers d'un benchmark national (voir détails au Tableau 24). Les GRD gaz ne sont pas concernés par cette mesure d'efficacité.



Tableau 24. Eléments de contexte du calcul d'efficacité des GRD en Finlande

Elément clé	Description
Nombre de GRD concernés	Les 77 GRD d'électricité finlandais sont concernés par le benchmark de mesure d'efficacité
Méthodologie tarifaire	Régulation incitative de type « revenue-cap » sur une base de coûts contrôlables OPEX

Source : Schwartz and Co

Energiavirasto a retenu une méthode de mesure d'efficacité des GRD électricité de type StoNED. Cette méthode de mesure d'efficacité est appliquée depuis 2012. Le régulateur de l'énergie finlandais est le seul au monde à utiliser cette méthode, qui est très innovante. Les éléments clés de la méthode de calcul d'efficacité retenue par le régulateur finlandais sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25. Eléments clés de la méthode de calcul d'efficacité des GRD en Finlande

Elément clé	Description
Nombre de GRD composant le benchmark	Les 77 GRD d'électricité finlandais sont concernés par le benchmark de mesure d'efficacité
Base de coûts	La méthode est appliquée sur deux inputs : une base de coûts contrôlables OPEX et une base de coûts standardisés CAPEX (calculé en utilisant les valeurs de remplacement de chaque type d'actifs, de façon analogue aux autres régulateurs).
Méthode utilisée	La méthode utilisée est une méthode de mesure d'efficacité StoNED
Paramètres utilisés	La méthode StoNED appliquée par le régulateur finlandais a la singularité d'utiliser plusieurs inputs et plusieurs outputs. Au total, 2 inputs et 4 outputs sont utilisés. De façon similaire à la méthode DEA, une analyse de sensibilité de la frontière d'efficacité est par la suite réalisée par rapport à un paramètre environnemental.
Analyse de validité du modèle	<ul style="list-style-type: none"> • Tests statistiques : la qualité de la régression CNLS est mesurée par des analyses statistiques similaires à celles utilisées par les méthodes paramétriques (test-t, valeur-p, test d'hétéroscédasticité, pertinence de chaque variable...) • Gestion des points aberrants (outliers) : aucune gestion particulière des points aberrants n'est appliquée par le régulateur finlandais (qui est le seul utilisateur de cette méthode)
Calcul de l'efficacité	L'efficacité de chaque GRD est calculée en comparant les coûts réels d'OPEX de chaque GRD aux coûts modélisés par la frontière d'efficacité en prenant compte l'impact des paramètres environnementaux sur les coûts modélisés par la frontière d'efficacité

Source : Schwartz and Co

Base de coûts



Le benchmark a été effectué sur la base des charges d'exploitation contrôlables en lien avec l'exploitation du réseau de distribution d'électricité et sont corrigées de certaines charges. Les charges d'exploitation des GRD prises dans le benchmark sont les suivantes :

Base de coûts retenue pour le benchmark

Les charges retenues sont les charges d'exploitation suivantes :

- matériaux, fournitures et biens ;
- augmentation ou diminution des stocks ;
- dépenses de personnel ;
- frais d'exploitation et d'entretien inclus dans les loyers du réseau et les frais de location du réseau ;
- coût de location ;
- autres services externes ;
- dépenses internes ;
- autres charges d'exploitation ;
- indemnités standard versées (si non incluses dans les autres coûts) ;
- composants enregistrés en charges (s'ils ne sont pas inclus dans les autres éléments ci-dessus) ;

Les charges sont corrigées de :

- perte des coûts d'achat d'énergie ;
- production pour usage propre ;
- coût de la construction du propre réseau du GRD dans un réseau loué ;
- coûts liés aux champs de droit d'utilisation de Fingrid.

Paramètres utilisés

Contrairement aux autres méthodes de mesure d'efficacité appliquée par les régulateurs de l'énergie de différents pays européens, Energiavirasto utilise deux inputs :

- base de coûts contrôlables OPEX ;
- valeur standardisée du réseau d'électricité (calculée de façon analogue aux CAPEX standardisés calculés par le régulateur allemand et autrichien) ;

Ces deux inputs sont traités de façon séparée. A l'inverse, les régulateurs de l'énergie autrichien et allemand utilisent une base de coûts TOTEX standardisés prenant en compte les coûts contrôlables OPEX et des coûts CAPEX standardisés. Ces deux types de coûts sont additionnés afin de former une base de coûts TOTEX, qui est utilisée comme un paramètre unique. Concernant l'utilisation de coûts de CAPEX uniquement standardisés, Energiavirasto nous a indiqué avoir fait de choix afin de ne pas « avantager » les GRD ayant des actifs très fortement amortis.

Energiavirasto retient quatre paramètres de comparaison (output). Trois d'entre eux sont couramment utilisés par d'autres régulateurs européens alors que le dernier est spécifique au régulateur finlandais et a un impact relativement faible sur les résultats du benchmark d'après le régulateur finlandais :



- volume d'énergie transmise ;
- longueur totale du réseau électrique ;
- nombre de points de mesure ;
- coûts réglementaires de panne.

Enfin, le ratio du nombre de connexions et de points de mesure (connexions / points de mesure, est utilisé comme un paramètre environnemental. Ce ratio tient compte des coûts plus élevés résultant d'un environnement d'exploitation moins peuplé. Ce ratio décrit la proportion de points de mesure connectés au réseau via la même connexion. La valeur de ce ratio est limitée entre zéro et un. Il est le plus petit avec les GRD opérant en milieu urbain. Il est proche de 0 pour les GRD opérant dans des zones peu peuplées. Le régulateur finlandais nous a indiqué que l'utilisation de ce paramètre environnemental leur a permis de prendre en compte la forte hétérogénéité des conditions opérationnelles des 77 GRD faisant partie du benchmark compte tenu des contraintes géographiques propres à la Finlande.



5. Proposition d'un modèle de mesure de l'efficacité des GRD en Région wallonne

5.1. Description de la méthode proposée et justification

Sur la base des analyses précédentes, nous recommandons un modèle de mesure d'efficacité des GRD wallons d'électricité et de gaz basé sur une méthode paramétrique avec une frontière d'efficacité déterministe, appliquée à une base de coût constituée des CNC contrôlables hors OSP (OPEX + CNI), avec prise en compte des CAPEX sur base comptable pour le calcul des charges amortissements. La forme de la fonction de coût et ses variables explicatives seront déterminées de manière statistiquement optimale selon la méthodologie advanced COLS, qui intègre également une vérification de la validité économique et opérationnelle du modèle économétrique obtenu (cf. paragraphe 3.2.3). En raison des contraintes techniques de taille minimale de l'échantillon de GRD à utiliser pour appliquer cette méthode, tout en respectant les règles de bonnes pratiques économétriques définissant la taille minimale d'échantillon à considérer, la mesure d'efficacité devrait être exécutée à travers un benchmark international, dont les éléments de mise en œuvre sont détaillés au paragraphe 5.2.

Cette recommandation est fondée sur les éléments décrits aux paragraphes 5.1.1, 5.1.2 et 5.1.3.

5.1.1. Type de méthode de mesure d'efficacité

Méthode unique ou méthode hybride

Nous avons observé précédemment que l'utilisation d'une méthode hybride ne constitue pas une pratique générale. Sur les 10 régulateurs analysés, seulement 3 utilisent une méthode de mesure d'efficacité hybride (voir détails au paragraphe 3.4). De plus, les méthodes hybrides n'ont pas de fondement scientifique fort, sont en règle générale le résultat d'une négociation entre les GRD et le régulateur à l'issue d'un rapport de force. L'utilisation de plusieurs méthodes de mesure d'efficacité permet aux GRD de maximiser leur chance d'obtenir une mesure d'efficacité élevée sur une base que nous jugeons très discutable.

Au vu de ces éléments, nous recommandons que la CWaPE retienne une mesure de méthode d'efficacité utilisant une méthode unique.

Capacité de mesure de la qualité du modèle de mesure d'efficacité

Pour que cette méthode de mesure soit robuste, il est fondamental de pouvoir mesurer quantitativement la qualité statistique du modèle de mesure d'efficacité obtenu sur la base de l'échantillon des GRD intégrés au benchmark afin d'offrir à la CWaPE et aux GRD une confiance statistique sur le modèle de mesure d'efficacité retenu. Ce constat laisse ouvert uniquement 2 types de méthodes : les méthodes paramétriques et la méthode StoNED, qui permettent de mesurer la qualité du modèle de mesure à travers des tests statistiques. Ce choix exclut de facto la méthode DEA (voir détails au paragraphe 3.3.1.6) et la méthode TFP (il est également à noter que la méthode



TFP ne permet pas de mesurer une frontière d'efficacité à laquelle chaque GRD est comparé pour mesurer son score d'efficacité, ce qui en exclut également l'utilisation).

Parmi les méthodes permettant une mesure quantitative de la qualité du modèle, nous ne retenons pas la méthode StoNED, car d'une part elle nécessite un nombre élevé de GRD dans le benchmark (en raison de l'évaluation d'une frontière d'efficacité stochastique), qui n'est pas compatible avec l'implémentation d'un benchmark international, d'autre part le retour d'expérience sur cette méthode est très limité et son implémentation est beaucoup plus complexe que celle des méthodes paramétriques, qui sont toutes basées sur des régressions multilinéaires OLS, sur lesquelles un retour d'expérience considérable existe.

De manière similaire, parmi les méthodes paramétriques, nous ne retenons pas la méthode SFA, car d'une part elle nécessite un nombre élevé d'observations de GRD dans le benchmark, en raison de l'évaluation d'une frontière d'efficacité stochastique (voir détails au paragraphe 3.2.7), qui n'est pas compatible avec l'implémentation d'un benchmark international. D'autre part l'amélioration qu'elle est censée apporter par rapport à une méthode paramétrique à frontière d'efficacité déterministe, en décomposant la distance à la frontière d'efficacité entre bruit et inefficacité effective est contrebalancée par le postulat qu'il est nécessaire d'effectuer sur la distribution de probabilité du bruit et de l'inefficacité. Ceci nous laisse avec 3 méthodes théoriquement possibles : MOLS, COLS ou advanced COLS.

Capacité à sélectionner les variables et le modèle de mesure optimal

Nous préconisons enfin la méthode advanced COLS, car c'est la seule qui permet de ne pas présupposer la fonction de coût et de sélectionner les variables explicatives optimales parmi un ensemble de variables explicatives ainsi que le modèle statistiquement optimal utilisant ces variables. Le modèle statistiquement optimal est également validé en termes économique et opérationnel (voir détail au paragraphe 3.2.3).

Ces caractéristiques sont des avantages majeurs de la méthode advanced COLS, qui s'affranchit ainsi d'une des critiques principales des méthodes paramétriques, qui est le choix arbitraire d'une forme de fonction de coût et des variables explicatives associées.

5.1.2. Positionnement de la frontière d'efficacité

Nous avons vu précédemment que les méthodes de mesure à frontière d'efficacité stochastique ne sont pas adaptées à la situation en Région wallonne, notamment en raison de la taille retenue de l'échantillon. Nous préconisons ainsi le calcul d'une frontière d'efficacité déterministe par décalage du modèle optimal obtenu par la méthode advanced COLS, soit au premier décile, soit au second décile, soit au premier quartile. Cette approche nous semble préférable à un décalage sur base de l'écart-type de la régression OLS, qui demeure malgré tout envisageable.



Il est à noter que le choix du décalage de la frontière d'efficacité ne nécessite pas d'être effectué pendant la sélection du modèle de mesure d'efficacité et peut être effectué a posteriori, en fonction de l'objectif de régulation que souhaite fixer la CWaPE.

5.1.3. Base de coûts

Choix de la base de coût

Dans le cadre de la régulation TOTEX mise en place par la CWaPE, il est logique d'appliquer la mesure d'efficacité aux TOTEX contrôlables, c'est-à-dire aux Charges Nettes Contrôlables au sens de la méthodologie tarifaire actuelle (même si l'inclusion des CAPEX dans la base de coût complexifie la mesure de l'efficacité par rapport à une base de coût OPEX). Un élément incontournable d'un benchmark de mesure d'efficacité, requis par ailleurs par la réglementation wallonne, est que les bases de coûts utilisées pour chaque GRD soient comparables entre elles et représentent des périmètres identiques. En ce sens, des retraitements seront effectués sur les données de coûts collectées (les éléments méthodologiques de retraitement des OPEX et des CAPEX sont abordés au paragraphe 5.2.4).

En particulier, les OSP en Région wallonne étant très spécifiques (en particulier la fourniture d'énergie par les GRD aux clients protégés, que l'on ne retrouve pas dans d'autres pays de l'UE), nous préconisons de retirer de la base de coût TOTEX les coûts contrôlables des obligations de service public auxquelles les GRD des autres pays du benchmark ne sont pas tous soumis.

Méthode de calcul des CAPEX

Nous avons vu aux chapitres 3 et 4 que parmi les régulateurs utilisant une base de coût TOTEX, le calcul de la partie CAPEX peut être effectué en utilisant le bilan comptable (CAPEX comptable) et/ou des valeurs de remplacement des actifs (CAPEX standardisés) afin de tenir compte dans une certaine mesure de la différence d'âge des réseaux. En valeur moyenne, l'utilisation de CAPEX comptables ou de CAPEX standardisés donne des résultats assez proches (voir paragraphe 4.1), mais peut donner des résultats assez différents pour un GRD donné.

Nous rappelons que la part « CAPEX » de la base de coût qui est comparée à travers l'exercice de benchmark est constituée des charges nettes liées aux immobilisations, au sens de la méthodologie tarifaire 2019-2023 de la CWaPE, c'est-à-dire des charges d'amortissements, des charges de désaffectation (y inclut les charges de désaffectation des plus-values historiques et iRAB), des moins-values et plus-values sur la réalisation d'actifs régulés. Le coût du capital, sous forme de marge équitable en Wallonie ou de coût moyen pondéré du capital (WACC) dans les autres pays, n'est donc pas intégré dans les charges nettes liées aux immobilisations et n'a pas lieu d'être pris en compte dans le benchmarking. Nous rappelons également que nous utilisons le terme de CAPEX standardisés au sens des régulations allemandes et autrichiennes : il s'agit donc des charges



amortissements calculés sur la base de la valeur de remplacement pour chaque actif immobilisé traduisant une valeur de marché des actifs.

L'utilisation de CAPEX standardisés aurait pour effet d'éliminer l'effet induit par la différence d'âge du réseau sur les amortissements, qui avantage les GRD ayant les réseaux dont l'âge moyen est le plus élevé (le CAPEX comptable de tels GRD est en moyenne moins élevé que celui de GRD ayant un réseau plus récent, puisque les actifs ont été acquis en moyenne il y a plus longtemps, donc à des prix moindres en raison de l'inflation). Cependant, la mesure d'efficacité étant réalisée sur les TOTEX, l'utilisation de CAPEX standardisés biaise obligatoirement la comparaison entre GRD, parce qu'un GRD avec un réseau plus âgé aura également des OPEX plus élevés pour la maintenance et l'exploitation de son réseau qu'un GRD avec un réseau plus jeune : l'utilisation des CAPEX standardisés, si elle corrige l'effet âge au niveau des amortissements, qui peut effectivement être considéré comme exogène à l'efficacité CAPEX identique, introduit également un biais que l'on ne peut pas corriger, en effaçant la différence de valeur des amortissements entre GRD sans possibilité d'ajuster les OPEX (il n'est pas possible de retraiter les OPEX d'un effet âge, et aucun régulateur s'appuyant sur une base de CAPEX standardisée ne le fait). Au global, les GRD avec un réseau ancien seront toujours défavorisés par rapport aux GRD avec un réseau récent, toutes choses égales par ailleurs.

En revanche, l'approche sur base de CAPEX comptable, si elle favorise les GRD ayant un réseau plus ancien au niveau des CAPEX, favorise les GRD les plus récents sur la partie OPEX, l'effet âge jouant en sens inverse sur les CAPEX d'une part et les OPEX d'autre part. L'utilisation de CAPEX comptables permet donc de mieux respecter le cahier des charges de la CWaPE que l'approche basée sur des CAPEX standardisés, puisqu'elle ne défavorise pas forcément un GRD par rapport à un autre en fonction de l'âge de son réseau, selon l'équilibre CAPEX-OPEX des GRD, tandis que l'approche sur base de CAPEX standardisés favorise obligatoirement les GRD avec un réseau récent, étant donnée la non-possibilité de corriger les OPEX d'un effet âge du réseau.

Les CAPEX comptables représentent également la réalité opérationnelle du GRD, qui résulte du choix de chaque GRD d'adopter la meilleure stratégie combinant investissement et charges d'exploitation pour maximiser son efficacité.

Enfin, l'utilisation de CAPEX comptables ne signifie pas que des retraitements de ces CAPEX ne sont pas requis pour assurer une comparaison objective entre les GRD opérant dans différents pays. Ces retraitements sont décrits au paragraphe 5.2.4



5.2. Éléments de mise en œuvre

5.2.1. Sélection des variables explicatives

Méthode de sélection des variables explicatives

La méthodologie advanced COLS de recherche optimale du modèle nécessite de présélectionner un jeu de variables parmi lesquelles les variables explicatives optimales seront sélectionnées. Comme indiqué précédemment, l'utilisation d'un benchmark international nécessite de se limiter à des variables explicatives accessibles, et pertinentes sur la base de l'expérience. Le jeu de variable exact sera fixé au moment de l'implémentation de la méthode, sur la base de notre expérience et du retour d'expérience international. Les variables retenues doivent être suffisamment corrélées avec la base de coût et faire également du sens d'un point de vue métier (validité économique et opérationnelle des variables).

Les principes de sélection des variables explicatives conjointement au calcul du modèle économétrique optimal et à sa validation en 2 étapes (statistique + économique et opérationnelle) ont été décrits de manière détaillée au paragraphe 3.2.3.

Jeu de variables explicatives présélectionnées

Sur la base de notre expérience, nous recommandons de retenir notamment les variables suivantes et leurs déclinaisons possibles en linéaire, en logarithme, et en ratio par rapport à une autre variable (les ratios étant pertinents d'expérience plutôt en linéaire), afin de tester les différents types de relations potentiellement pertinentes entre variables explicatives et la base de coût des GRD à travers la méthode advanced COLS :

- longueur du réseau :
 - longueur totale du réseau ;
 - pour l'électricité uniquement :
 - longueur du réseau par niveau de tension (BT, MT) ;
 - longueur du réseau aérien (lignes) ;
 - longueur du réseau souterrain (câbles) ;
 - pour le gaz uniquement : longueur du réseau par niveau de pression (BP, MP) ;
- nombre de clients raccordés (i.e. nombre de points de livraison, dénommés EAN en Belgique) ;
- volume d'énergie acheminée (volume maximal sur les trois dernières années) ;
- pointe de charge totale du réseau (puissance maximale soutirée par le réseau du GRD au cours des trois dernières années d'observation au niveau de l'interface avec le réseau de transport) ;
- coût moyen du travail.



Les ratios pertinents à considérer comme variables explicatives sont typiquement :

- le nombre de clients par kilomètre de réseau ;
- le volume acheminé par client ;
- le volume acheminé par kilomètre de réseau.

Par ailleurs, nous recommandons de ne pas utiliser des indicateurs de qualité de service directement comme des variables explicatives du modèle, car la CWaPE, au travers notamment de l'audit des rapports qualité, a constaté que ceux-ci ne sont pas encore suffisamment comparables entre eux au niveau des GRD wallons, ni au niveau européen les définitions pouvant diverger entre Etats Membres comme indiqué dans les rapports de benchmark européen (voir ci-dessous). De plus, la réglementation wallonne n'impose pas l'utilisation de paramètres de qualité de service directement comme variables explicatives du modèle de mesure d'efficacité. Ce n'est pas non plus une pratique observée chez les régulateurs européens que nous avons analysés, à l'exception du régulateur finlandais qui intègre la variable explicative des coûts réglementaires de panne pour ses GRD d'électricité.

En effet, au niveau européen, le CEER conduit de façon périodique une analyse de la qualité de service de fourniture d'électricité et de gaz au niveau européen. Les indicateurs les plus communément admis pour représenter la qualité de service sont le SAIDI et le SAIFI :

- System Average Interruption Duration Index (SAIDI) ;
- System Average Interruption Frequency Index (SAIFI).

Néanmoins, ces indicateurs peuvent être calculés de façon différente selon les pays et ainsi ne pas être comparables entre eux⁴⁴ : « *It is important to emphasise that indicators for CoS are currently not perfectly harmonised between different countries. Notably, the following definitions might differ depending on the country:*

- *The voltage levels EHV, HV, MV and LV;*
- *Exceptional events; and*
- *Indicators such as SAIDI, SAIFI, can be calculated with slightly different methods depending on the country (for example due to national legislation).»*,

Par ailleurs, au périmètre de la Wallonie, ces indicateurs ne sont pas encore suffisamment homogènes entre les différents GRD. La CWaPE a réalisé courant 2018 et 2019 un audit spécifique sur les processus de collecte et de traitement des données rentrées dans le cadre du « rapport qualité » des gestionnaires de réseau. Il est indiqué dans ce rapport que⁴⁵ : « *Une fois par an, la CWaPE reçoit un rapport qualité des gestionnaires de réseau de distribution (GRD). Les données communiquées dans ce rapport font l'objet d'une analyse et sont ensuite discutées lors d'une réunion de travail CWaPE-GRD, dans le cadre de l'analyse des plans d'adaptation. Il ressort de ces échanges qu'en dépit d'une récente remise à plat des définitions utilisées dans des lignes directrices (gaz et électricité), l'on ne peut en tout temps garantir la parfaite exactitude des*

⁴⁴ CEER Benchmarking Report 6.1 on the, Continuity of Electricity and Gas Supply, 2018, page 9

⁴⁵ Rapport CD-20d23-CWaPE-0072 - audit des rapports qualité des GRD, avril 2020, page 5



données communiquées par les GRD. En effet, la méthodologie de collecte et de traitement employée et/ou l'interprétation des données par les agents techniques ou administratifs peuvent potentiellement différer d'un GRD à l'autre ou au sein même d'un GRD. » Un plan d'action pour harmoniser les données rapportées est d'ailleurs en train d'être mis en place à court/moyen terme pour le rapport qualité.

Enfin, la loi wallonne stipule que : « Toute décision utilisant des techniques de comparaison des coûts tient compte de la qualité des services rendus »⁴⁶. En aucun cas la loi n'impose l'utilisation de paramètre de qualité de service comme des variables explicatives du modèle de mesure d'efficacité. Par ailleurs, la CWaPE propose dans les lignes directrices relatives aux indicateurs de performance des gestionnaires de réseau de gaz et d'électricité pour la période tarifaire 2024 à 2028⁴⁷ de suivre et d'inciter les indicateurs SAIFI et SAIDI chez les GRD wallons. Dans ce contexte, la méthodologie tarifaire pour les GRD d'électricité et de gaz sur la période 2024 à 2028 tiendra compte de la qualité des services rendus et sera en cohérence avec la législation en vigueur.

5.2.2. Analyse de validité statistique du modèle

Les tests statistiques qui seront appliqués pour sélectionner le meilleur modèle économétrique de mesure d'efficacité, s'assurer de sa robustesse, y inclus en matière de détections des points aberrants, des effets de levier et des points d'influence sont décrits en détail au paragraphe 3.2.4.

5.2.3. Taille et constitution de l'échantillon de données

En raison des contraintes techniques de taille minimale de l'échantillon de GRD à utiliser pour appliquer la méthode advanced COLS comme toute méthode économétriques similaire (COLS, MOLS), tout en respectant les règles de bonnes pratiques économétriques définissant la taille minimale d'échantillon à considérer, la mesure d'efficacité sera exécutée à travers un benchmark international, le nombre de GRD en Wallonie et dans l'ensemble de la Belgique étant trop restreint.

Concernant le nombre de GRD et les pays à intégrer au benchmark et les pays concernés, nous préconisons les éléments suivants :

- Pour l'électricité : un minimum de 15 GRD (et dans la mesure du possible jusqu'à 20, en fonction de la disponibilité de données de qualité suffisante – 15 GRD étant suffisants pour le calcul d'un modèle ayant jusqu'à 4 variables explicatives), dont les 5 GRD électricité wallons, les 2 autres GRD électricité belges Sibelga et Fluvius⁴⁸, les autres GRD étant sélectionnés dans un jeu de pays pouvant comprendre notamment l'Autriche, l'Allemagne, le Royaume Uni, les Pays-Bas et la France.

⁴⁶ Moniteur Belge (2017), 'Décret relatif à la méthodologie tarifaire applicable aux gestionnaires de réseaux de distribution de gaz et d'électricité', Art. 4 § 2 15o.

⁴⁷ Lignes directrices relatives aux indicateurs de performance des gestionnaires de réseau de gaz et d'électricité actifs en Région wallonne annulant et remplaçant les lignes directrices référencées cd-19i10-cwape-0025, paragraphe 3.3.1 page 12, avril 2020.

⁴⁸ Fluvius est un ensemble de GRD réunis sous une même société d'exploitation. Cette société d'exploitation sera considérée comme un seul GRD dans le benchmark de mesure d'efficacité.



- Pour le gaz : un minimum de 15 GRD (et dans la mesure du possible jusqu'à 20, en fonction de la disponibilité de données de qualité suffisante), dont les 2 GRD gaz wallons, les 2 autres GRD gaz belges Sibelga et Fluvius⁴⁸, les autres GRD étant sélectionnés dans un jeu de pays pouvant comprendre notamment l'Autriche, l'Allemagne, le Royaume Uni, les Pays-Bas et la France.

La borne haute de 20 GRD n'est pas fixée de façon absolue. Les différents tests statistiques présentés précédemment permettront de valider la robustesse des modèles économétriques générés dans le cadre de la méthode Advanced COLS. Si ces tests étaient non concluants, la taille de l'échantillon serait augmentée au-delà de la borne haute de 20 GRD autant que de besoin.

La liste des pays et des GRD sera définitivement fixée dans le cadre de la première partie de l'option de mise en œuvre de la méthode de mesure de l'efficacité (collecte des données). Cette liste sera établie pour nous assurer de l'obtention de données de qualité permettant d'effectuer au mieux les retraitements requis pour assurer la comparabilité des bases de coûts (voir paragraphe 5.2.4), et pour minimiser les différences structurelles au niveau des GRD entre les pays étrangers intégrés au benchmark et la Région wallonne, un benchmark international étant toujours un exercice complexe en termes d'accès aux données et de retraitement. Il ne s'agira donc pas de maximiser le nombre de pays intégrés au benchmark mais de maximiser la capacité à comparer de manière la plus juste possible les GRD entre eux.

En cas de choix à opérer entre deux GRD, dans le cas où des mesures d'efficacité, dont les résultats sont publics, ont déjà été effectuées par le passé pour des GRD étrangers, il conviendra de sélectionner les GRD à intégrer dans le benchmark parmi les plus efficaces.

5.2.4. Comparabilité des bases de coûts

Méthodologie générale

Un benchmark international ajoute des contraintes supplémentaires à l'exercice de mesure de l'efficacité par rapport à un simple benchmark national, qui est privilégié par les régulateurs disposant de suffisamment de GRD dans leur pays (cf. les exemples de l'Allemagne, l'Autriche et la Finlande). Parmi les régulateurs européens dont nous avons analysé en détail les méthodes dans le cadre de cette étude, seul le régulateur français a réalisé un benchmark international de mesure d'efficacité, pour mesurer l'efficacité du plus grand GRD gaz français, GRDF. Le régulateur irlandais a également réalisé un benchmark international sur la base d'une méthode paramétrique comprenant 15 GRD électricité, dont le GRD national et 14 GRD de Grande-Bretagne, dans le cadre de la préparation de la période tarifaire 2016-2020.

Les principales contraintes induites par un benchmark international sont les suivantes :

- L'accès aux données de coût des GRD étrangers est complexifié et limité à une faible granularité (sauf si un régulateur accepte de partager ses données). Ceci limite également le



nombre et le type de variables explicatives qui peuvent être considérées pour aboutir au modèle calculé par la méthode advanced COLS.

- Le périmètre d'activités des GRD peut varier entre la Belgique et les pays étrangers intégrés au benchmark (cf. l'exemple des OSP cité précédemment). Il est ainsi nécessaire d'effectuer des retraitements dans les bases de coûts OPEX et CAPEX des différents GRD afin de les comparer à périmètre constant. Il existe ainsi un risque que les retraitements à effectuer nécessitent des estimations ou approximations qui peuvent biaiser les résultats. Il convient donc d'être très vigilant dans la mise en œuvre de ces retraitements pour éviter de tels biais.
- Les contraintes exogènes portant sur les GRD peuvent différer d'un pays à l'autre avec des conséquences sur les coûts à la hausse ou à la baisse. Dans un benchmark international, il convient donc d'identifier autant que possible ce type de contraintes et d'en tenir compte soit dans la constitution de la base de coût (par retraitement) soit de manière préférentielle directement dans les variables explicatives. Un exemple concret est le coût moyen du travail qui diffère d'un pays à l'autre. Ce point se traite très bien à travers la méthode advanced COLS en intégrant aux variables explicatives le coût moyen du travail.

Afin d'assurer la comparabilité de la partie OPEX de la base de coût à comparer, nous allons extraire des OPEX réels de l'année considérée (2019) pour chaque GRD, les coûts correspondants aux coûts contrôlables hors OSP dans la régulation wallonne. Dans le cas où la granularité des données disponibles ne permettrait pas d'effectuer directement une extraction des coûts contrôlables au périmètre de la régulation wallonne, nous appliquerons la méthodologie suivante :

- Pour les coûts que nous pouvons retraiter avec confiance, nous retraiterons les coûts du GRD afin de les rendre comparables au périmètre des coûts contrôlables hors OSP de la régulation wallonne.
- Pour les coûts dont les retraitements présenteraient trop d'incertitudes, nous conduirons des analyses de sensibilité et adopterons une approche conservatrice vis-à-vis de l'efficacité des GRD wallons, c'est-à-dire ne risquant pas de défavoriser les GRD wallons.

Retraitements spécifiques sur les CAPEX

Comme indiqué précédemment, des retraitements seront appliqués aux CAPEX comptables pour assurer une comparaison objective entre les GRD, en conformité avec le cahier des charges de la CWaPE. Assurer une comparaison objective des CAPEX comptables signifie que les retraitements doivent permettre d'éliminer des différences de coûts qui ne proviennent pas de différences d'efficacité entre GRD mais de phénomènes exogènes. Concernant la base de coûts CAPEX, le recours à un benchmark international nécessite de considérer 3 effets afin d'en évaluer l'impact en matière de comparaison :



- a manière dont les financements de tiers (provenant des utilisateurs de réseaux sous forme de tarifs de type non périodique pour reprendre la terminologie en Wallonie ou d'autres tiers sous forme de subside) sont pris en compte dans le calcul des amortissements ;
- les durées d'amortissement des actifs ;
- les types de charges pris en compte (au-delà des charges d'amortissement il s'agit de vérifier la prise en compte des charges de désaffectation, les moins-values et plus-values sur la réalisation d'actifs régulés).

Pour le financement de tiers, nous identifierons dans les différents pays intégrés au benchmark sur quelle base d'investissement les amortissements des actifs immobilisé sont calculés. En effet selon les pays, les actifs peuvent être amortis sur la base des investissements bruts (c'est-à-dire sans déduction des financements des tiers ou de subsides, qui sont alors comptabilisés comme produits extratarifaires, venant donc baisser la valeur des charges nettes d'exploitation), ou sur la base des investissements nets (c'est-à-dire que les financements des tiers, subsides inclus, sont retranchés de la valeur brute des investissements, comme c'est le cas en Wallonie) ou sur une base intermédiaire (en France par exemple, pour certains GRD gaz, les amortissements sont calculés sur la base des investissements nets des subsides, mais pas des financements des tiers, qui sont comptabilisés comme des produits extratarifaires, venant donc baisser la valeur des charges nettes d'exploitation). Nous évaluerons l'impact de ces différences entre pays au niveau des TOTEX et appliquerons le retraitement qu'il convient pour assurer la comparaison sur une base aussi neutre et objective que possible. Si un retraitement n'était pas réalisable, notamment en raison de la granularité des données disponibles, nous réaliserons une analyse de sensibilité afin de retenir une mesure d'efficacité ne défavorisant pas les GRD wallons.

Concernant les différences de durée d'amortissement entre pays, celles-ci peuvent en effet introduire des biais de comparaison au niveau des amortissements. Dans le cadre d'un benchmark international, il n'est pas faisable de retraiter intégralement les amortissements de chaque GRD pour les aligner sur les durées d'amortissement de la Région wallonne, mais il est en revanche possible d'estimer l'impact de ces différences notamment à travers des analyses de sensibilité, que nous mènerons afin de retenir une mesure d'efficacité ne défavorisant pas les GRD wallons.