



La France exporte de l'électricité vers l'Allemagne!

Comprendre les échanges d'électricité franco-allemands

Frédéric Livet

Univ. Grenoble Alpes, SIMAP, F-38000 Grenoble, France

CNRS, SIMAP, F-38000 Grenoble, France

Résumé

Cette étude s'attache à comprendre les différences de balance électrique entre la France et l'Allemagne suivant qu'on regarde les statistiques de RTE (Réseau de Transport de l'Electricité) et celles de l'organisme européen ENTSO-E (association des gestionnaires de réseaux de transport électrique interconnectés de l'Europe continentale (ouest et centre) qui mesure les échanges comptables d'électricité entre pays. Il ressort en particulier que l'électricité qui "entre" en France venant d'Allemagne est une électricité "en transit" vers d'autres pays alors que la France exporte vers l'Allemagne, en toutes saisons, pour un total annuel autour de 10 TWh. Or les entrées d'électricité allemandes en France sont un des arguments utilisés par les adversaires de la substitution des sources d'énergie émettrices de CO₂ par l'électricité pour augmenter artificiellement le bas contenu carbone de l'électricité française, en particulier en mettant en cause le chauffage électrique. On rappelle que seulement 8% la production électrique française en 2014 provient de combustibles fossiles (gaz+charbon), ce qui correspond à un contenu carbone de l'électricité voisin de 50 kgCO₂/MWh¹, un des plus bas d'Europe.

[L'auteur de cette étude a réalisé tardivement qu'une étude assez semblable se trouvait déjà sur le site de la SFEN (Société Française de l'Energie Nucléaire) et il invite les lecteurs à y trouver un point de vue un peu différent²]

Pourquoi des échanges?

Il est courant d'entendre ou de lire que les volumes d'échanges électriques entre la France et l'Allemagne sont liés aux pointes de consommation françaises dus au chauffage électrique que dénoncent les écologistes. La production allemande étant fortement émettrice de CO₂ (~500 kg C CO₂/MWh), il était tentant de "charger" le chauffage électrique en lui attribuant ces importations comme on lui attribue parfois la responsabilité³ de nos (faibles) émissions de CO₂ dans la production électrique. Or, depuis le record de Février 2012 (102 GW), ces pointes sont moins importantes, peut-être en raison du recul de l'activité économique ou d'hivers plus doux⁴. La France

1 http://fr.wikipedia.org/wiki/Electricité_en_France/ . Voir pour EDF seule: http://fr.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Edf_en_france/documents/bilan_annuel/indicateur_co2_2014.pdf

2 http://www.sfen.org/sites/default/files/public/atoms/files/etude_des_exportations_-_importations_d'electricite_entre_la_france_et_l'Allemagne_0.pdf

3 Dans un document de l'ADEME (http://www.presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2014/12/avis-ademe-modes-chauffage-individuels-dec2014_V2.pdf) , on trouve P.7: "Ainsi, en hiver, l'électricité utilisée pour le chauffage est fortement carbonée (de l'ordre de 500 à 600 gCO₂/KWh en approche marginale) car il faut mobiliser tous les moyens de production, à partir d'énergies fossiles et renouvelables. Hors ces périodes de forte demande électrique, son contenu en carbone est de 210g CO₂/KWh (valeur utilisée pour le calcul de l'approche carbone)". Ce calcul prétendument "marginal" qui multiplie par 10 les émissions de CO₂ est un exemple de la duplicité et du caractère partisan de cet organisme d'état.

4 Selon Météo France, l'année 2014 a été la plus chaude enregistrée depuis le début du XXème siècle. Selon le

importe donc beaucoup moins d'électricité "fossile" de l'Allemagne l'hiver (combien en a-t-elle vraiment importé auparavant?). Par contre, comme nous allons le voir, les échanges franco-allemands sont maintenant fortement corrélés avec les pics de production des renouvelables allemands. L'origine de cette électricité importée et son devenir seront discutés.

La quantification RTE

La capacité d'échange aux frontières avec l'Allemagne est à peu près de 3 GW en importations et 2 GW en exportations. Ces échanges sont mesurés à la frontière et RTE publie des courbes qui les caractérisent bien: ils sont très liés aux aléas de la production photovoltaïque (PV) et secondairement éolienne en Allemagne. C'est ce que montre sur la figure 1 pour une semaine du mois de Mars 2014. Cette période est encore hivernale, et le PV n'est pas à son maximum⁵.

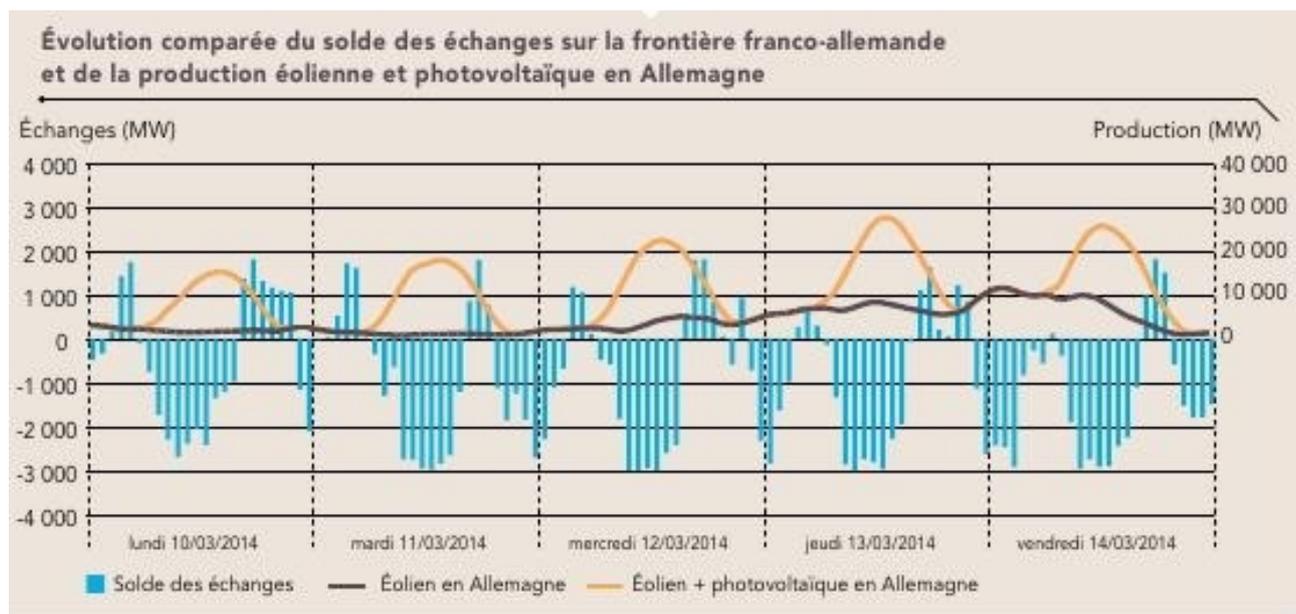


Fig. 1-Les échanges franco-allemands et la production "renouvelables" en Allemagne (d'après RTE)

La production éolienne fluctue fortement sur la semaine et le PV a un cycle essentiellement journalier. Grosso modo, en Allemagne, l'ensemble PV+éolien varie de 20 GW en quelques heures et la France en "encaisse" autour de 2 à 3 GW, essentiellement dus ici aux fluctuations du PV. Si on estime les mêmes ordres de grandeur entre l'Allemagne et la Suisse, l'Autriche, la Tchéquie, on voit qu'une fraction importante de la production renouvelable allemande prend la direction des pays voisins. Les importations corrélées au PV semblent approcher le GW en moyenne (pas de statistiques précises accessibles), de sorte que sa contribution annuelle aux échanges franco-allemands peut être de l'ordre de 8-10 TWh. Ces importations d'électricité "verte" sont sans relation avec d'une part nos pointes de consommation qui sont observées le matin et à la fin de la journée, et d'autre part de besoins spécifiques associés à d'une vague de froid, car dans ces périodes la production éolienne est faible (anticyclone) et celle du PV est basse (hiver). La Suisse et l'Autriche ont alors la possibilité d'arrêter leurs centrales de montagne ou même de pomper l'eau pour faire du stockage, c'est beaucoup moins vrai pour la France, le poids relatif des barrages de montagne étant réduit.

dernier rapport de RTE la consommation électrique a été en recul de 6 % par rapport à une année moyenne.

5 voir une étude de l'intermittence du PV:

http://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/pdf_files/etudes/production/PV/France.pdf

Pourquoi devons-nous accepter cette production qui ne correspond pas à un besoin que notre système national ne serait pas en mesure de couvrir? D'abord parce que c'est "l'esprit des interconnexions" (solidarité transnationale?), mais surtout parce qu'elle est proposée à bas prix: en effet, elle est échangée sur le marché "euronext", et les prix y fluctuent fortement. Quant à RTE, son intérêt est qu'il facture le transit.

La figure 2 montre un exemple de variations extrêmes des prix, aboutissant même parfois à des prix négatifs. Cela veut dire que les producteurs d'électricité allemands considèrent moins coûteux de vendre à perte l'électricité renouvelable que d'arrêter (pour les redémarrer ensuite) leurs centrales thermiques. Les pays voisins achètent donc cette production qui est lourdement subventionnée: on estime en 2013 que les électriciens allemands achètent les renouvelables pour 18 G€ annuels et que les ventes se limitent à 3 G€. La différence sera facturée aux consommateurs allemands (surcoût autour de 60 €/MWh en 2014, voir tableau 1).

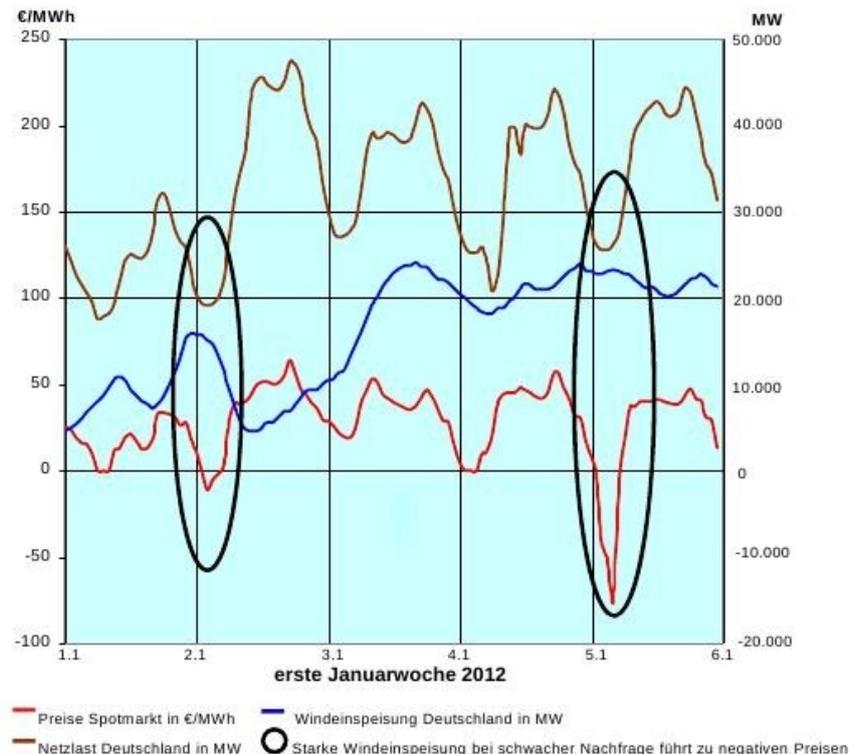


Figure 2-Prix négatifs observés en Allemagne le 1-1-2012 et relation entre la forte production renouvelable et une basse consommation. La courbe rouge (échelle de gauche) correspond au prix sur le marché (€/MWh). La courbe bleue correspond à la puissance éolienne injectée (échelle de droite MW). La courbe marron correspond à la puissance appelée (consommation) en Allemagne (échelle de droite). Les ellipses ont été dessinées pour mettre en évidence des corrélations prix-éolien-consommation.

Cela entraîne qu'en raison du subventionnement, le prix de l'électricité sur le marché baisse en moyenne annuelle un peu partout (voir figure 3)

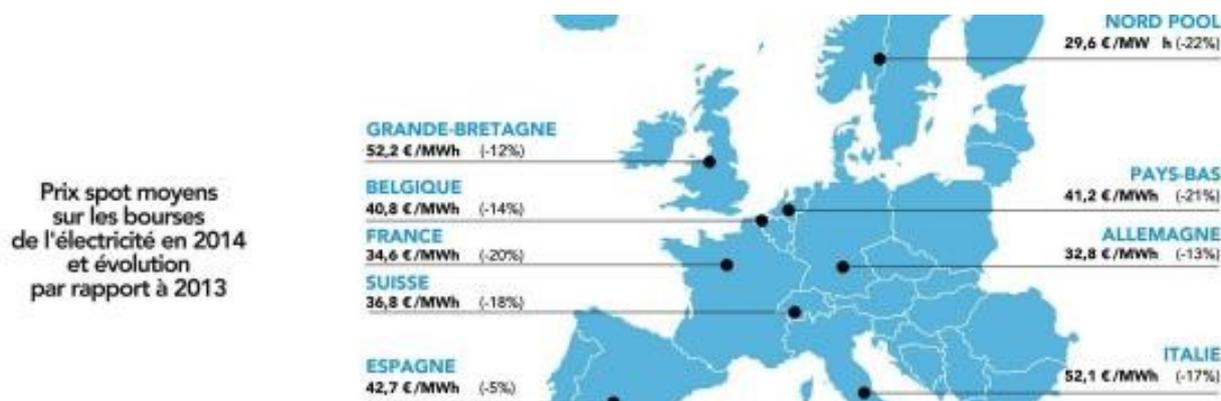


Figure 3-Baisse du prix du marché en Europe (RTE, Bilan électrique 2014)

Dans le même temps, le prix de l'électricité facturé au consommateur particulier ou à un industriel non spécifiquement protégé s'envole. On ne voit donc pas très bien à quoi correspond un tel "marché" qui finit par ne jouer aucun rôle dans le prix facturé de l'électricité.

Le tableau 1 compare (début 2012) la ventilation des coûts de l'électricité en Allemagne et en France⁶.

	Energie	Commercialisation	Réseaux	Taxes EnR	Autres taxes	Prix de vente
Allemagne	50	9	75	46	54	234
France	40	11	34	9	36	132

Tableau 1-Ventilation du prix de l'électricité vendue aux particuliers en France et en Allemagne (début 2012), en €/MWh

Les prix de vente diffèrent presque d'un facteur 2 et les différences sont dues d'abord au subventionnement de la production renouvelable ("taxes EnR") , mais aussi aux coûts de renforcement des réseaux (+31 %)⁷. En effet, pour accompagner la production décentralisée des renouvelables, il a fallu en Allemagne développer et renforcer les interconnexions, locales notamment. Dans le cas de l'Allemagne, Jancovici a montré que cela doublait presque le prix d'investissement dans les renouvelables⁸.

Quels sont ces échanges?

Sur une année, on observe aussi les fortes variations des échanges transfrontaliers sur les figures 4 et 5. On note de fortes variations d'un jour à l'autre et qu'en automne-hiver les échanges se font essentiellement de l'Allemagne vers la France, ce mouvement ne s'inversant qu'en été. Il s'agit des échanges physiques, décrits ci-dessus (figure 1) comme fortement corrélés aux productions renouvelables (l'hiver, l'éolien produit plus dans les pays du Nord).

6 source: <http://www.observatoire-electricite.fr/Le-prix-de-l-electricite-en>

7 On notera que les EnR contribuent aussi à la rubrique « Autres taxes » car aussi bien en Allemagne la taxe EnR (EEG) qu'en France (CSPE) est soumise à la TVA.

8 http://www.manicore.com/documentation/transition_allemande.html



Figure 4- Echanges mensuels sur l'année 2014

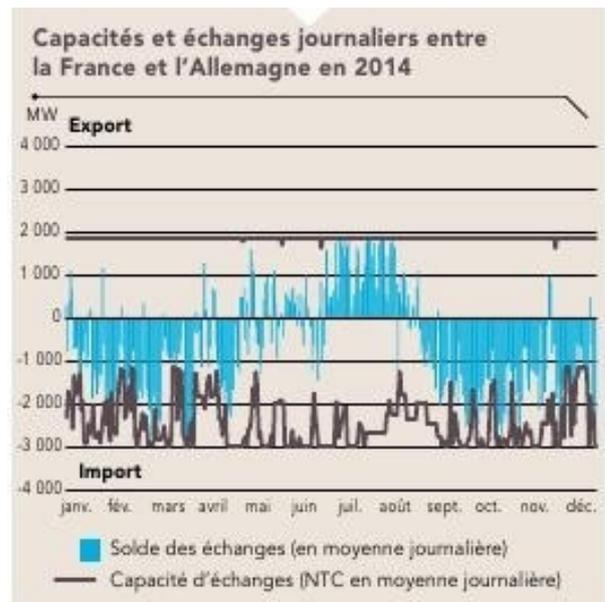


Figure 5- Echanges journaliers sur l'année 2014

RTE donne aussi le bilan des échanges contractuels de la France avec ses voisins (figure 6⁹ et figure 7¹⁰). On remarque ce déficit vis à vis de l'Allemagne, de l'ordre de 6 TWh en 2014 et de 10 TWh en 2013.

Bilan des échanges contractuels



Figure 6- Echanges de la France avec les pays voisins en 2013 (vus par RTE)

9 http://www.rte-france.com/sites/default/files/bilan_electrique_2013_3.pdf

10 http://www.rte-france.com/sites/default/files/bilan_electrique_2014.pdf

Bilan des échanges contractuels en 2014 en TWh

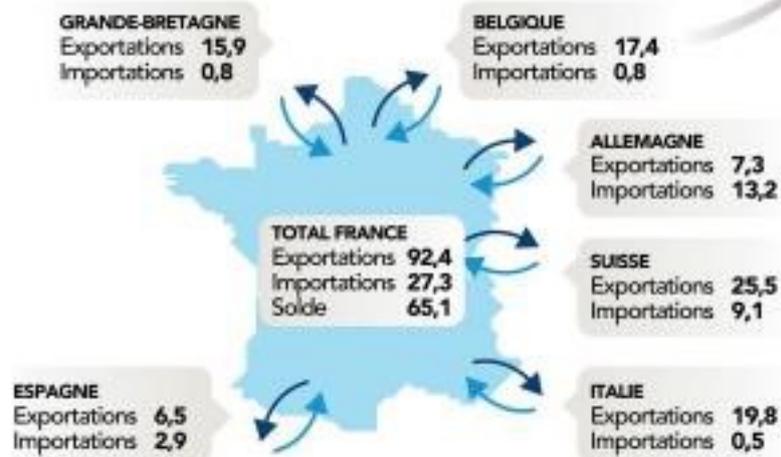


Figure 7- Les échanges de la France avec ses voisins vus par RTE en 2014

Les valeurs données par RTE, en charge du transport de l'électricité semblent contradictoires avec les évaluations données par l'ENTSO-E, présentées ci-dessous.

Les évaluations de l'ENTSO-E.

L'ENTSO-E est l'organisme européen mis en place pour faciliter l'interaction entre les différents réseaux nationaux et qui centralise les informations. On y trouve par exemple ¹¹ la figure qui donne les échanges physiques dont on a extrait la partie française (figure 8)



Figure 8- Les échanges de la France vus par l'ENTSOE en 2013

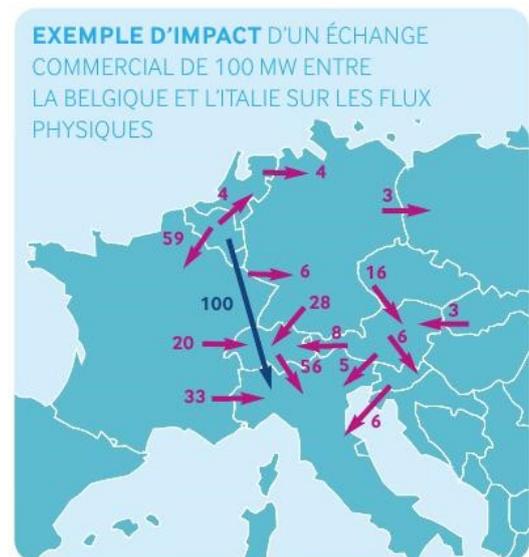


Figure 9- Les flux entraînés par la vente d'électricité belge à l'Italie

11 [https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/ENTSO-E general publications/2013_ENTSO-E_Statistical_Factsheet_Updated_19_May_2014_.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/ENTSO-E%20general%20publications/2013_ENTSO-E_Statistical_Factsheet_Updated_19_May_2014_.pdf)

Selon la figure 8, en 2013, la France a exporté 11.77 TWh vers l'Allemagne et n'en a importé que 1.196 TWh. Les valeurs pour d'autres pays sont aussi très différentes de celles fournies par RTE. Par exemple, la France avait avec la Belgique (fig. 6) en 2013 un excédent de $15.2 - 2.3 = 12.9$ TWh, alors qu'il ne serait que de $8.665 - 2.433 = 6.22$ TWh d'après l'ENTSO-E.

On peut trouver la raison de ces différences dans la façon dont chaque organisme comptabilise les échanges: en effet un pays peut vendre le l'électricité à un autre pays non frontalier¹². Comme les réseaux haute tension ne sont optimisés que pour quelques centaines de kilomètres, et qu'il n'y pas d'ossature qui traverse le continent (cela est proposé avec des lignes THT continu), les flux d'énergie électrique suivent des trajets complexes.

Un exemple est donné sur la figure 9, où l'ENTSO-E¹³ a décrit les transferts associés à une vente d'électricité de la Belgique vers l'Italie.

On voit sur cette figure que 59 MW vont traverser la frontière française, que RTE va compter comme une importation et 53 MW vont être dirigés de la France vers la Suisse et l'Italie. Bien entendu ce ne sera pas la "même électricité": celle qui sortira de France viendra essentiellement des centrales nucléaires de Rhône-Alpes. On note ici qu'une partie de cette électricité sera produite en Allemagne ou en Tchéquie (?).

Cela explique que les estimations de RTE fassent état d'importations françaises de 32 TWh en 2013 et 27 TW en 2014, alors que les totaux de l'ENTSO-E donnent 11.59 TWh en 2013 et 7.8 TWh en 2014¹⁴. La France est donc déjà un pays de transit. On comprend que le développement des renouvelables obligera à augmenter ces capacités de transits. Il est difficile cependant d'imaginer ce qui se passera le jour où la production française de renouvelables atteindra le niveau de l'Allemagne, à peu près au même moment, et qu'elle se cherchera -elle aussi- un exutoire...

On voit donc que les importations qui apparaissent sur la figure 1 sont une énergie électrique "en transit". Elles sont dues aux aléas du PV, produits dans le Sud de l'Allemagne, c'est à dire près de notre frontière de l'Est. Mais l'Allemagne est confrontée aussi à des fluctuations importantes dues à l'énergie éolienne (qui produit deux fois plus que le PV), et ceux-ci sont principalement produits dans le Nord du pays. La France va donc vendre de l'électricité à l'Allemagne qui va transiter par la Belgique ou la Suisse. Cela explique les différences que nous avons observées dans nos échanges avec la Belgique. Cela est détaillé plus loin dans notre tableau 2.

12 De la même façon, ce n'est pas parce qu'un camion chargé d'oranges traverse la frontière des Pyrénées que les oranges seront nécessairement vendues dans un étal de fruitier en France ni d'ailleurs qu'elles viennent d'Espagne. L'origine peut être portugaise ou marocaine.

13 [https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/ENTSO-E general publications/2013_ENTSO-E_Statistical_Factsheet_Updated_19_May_2014_.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/ENTSO-E%20general%20publications/2013_ENTSO-E_Statistical_Factsheet_Updated_19_May_2014_.pdf)

14 Pour reprendre l'image des oranges, on pourrait comparer RTE au douanier qui compte les cargaisons d'oranges qui traversent la frontière alors que ENTSO-E travaillerait plutôt sur les bordereaux d'achat et de vente dans chaque nation.

Electricity Export and Import

France, Switzerland and Poland

Export and Import



Graph: B. Burger, Fraunhofer ISE; data: Entso-e

52

© Fraunhofer ISE



Figure 10- Les échanges (ENTSO-E) de l'Allemagne en 2013 avec la France, la Suisse et la Pologne. Les puissances instantanées sont en GW.

Cela explique aussi que les statistiques d'échanges franco-allemands publiées par l'institut allemand Fraunhofer soient si différentes de celles de RTE. Elles donnent (figure 10, diagramme du haut) l'image d'une Allemagne presque systématiquement importatrice vis-à-vis de la France au long de l'année¹⁵. Ce rapport allemand s'appuie sur les données de l'ENTSO-E. Les importations allemandes l'emportent presque tout le temps, quoique un peu moins en hiver, quand la France a une consommation maximum. Au total, les achats allemands en France s'élèvent à 10 TWh en 2013 et à 14 TWh en 2014.

Evolution de ces échanges

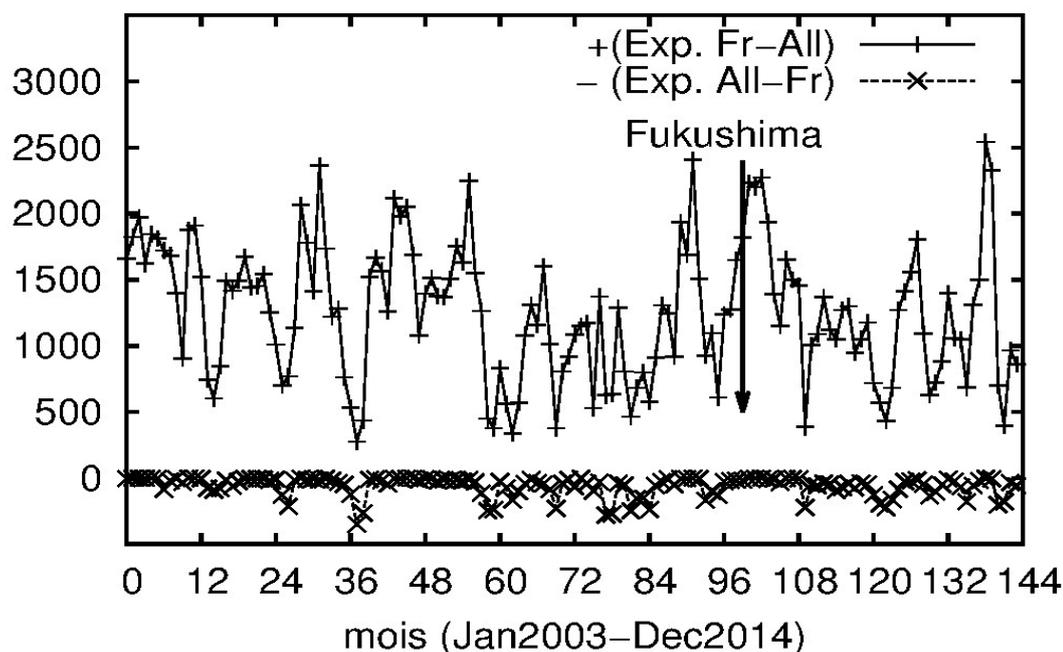
La figure 11 donne, toujours d'après les données de l'ENTSO-E l'histoire des échanges franco-allemands depuis Janvier 2003 sur une base mensuelle. On remarque que ces échanges sont fluctuants, avec un minimum d'exportations françaises en hiver (Janvier-Février) plus ou moins marqué. Ces échanges n'ont guère varié quand l'Allemagne a décidé de fermer la moitié de ses centrales suite à l'accident de Fukushima. Probablement, la production "fossile" a été capable de combler le vide brutal, comme cela s'est produit au Japon¹⁶.

15 voir aussi: <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-english/pdf-files-english/data-nivc-/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-2014.pdf>, p.61 pour début 2014

16 <http://www.sauvonsleclimat.org/elec-japon-revu-0815/>

Echanges électricité France–Allemagne (ENTSO–E)

Figure 11- Les échanges mensuels (GWh) de l'Allemagne avec la France



nce depuis 12 ans. On indique la date de l'accident de Fukushima

Pour résumer

Le tableau 2 donne les échanges de la France avec ses voisins tels que vus par RTE et par l'ENTSO-E pour les années 2013 et 2014. On observe que les valeurs globales sont les mêmes, mais que la

Année-source	2013-RTE	2014-RTE	2013-ENTSO-E	2014-ENTSO-E
Belgique	10.2	16.6	6.2	10.2
Allemagne	-9.8	-5.9	10.5	13.9
Suisse	16.5	16.4	5.9	7.1
Italie	15.4	19.3	11.8	14.8
Espagne	1.7	3.6	1.7	3.6
UK	10.5	15.1	10.4	15.1
Total	47.2	65.1	46.5 (+Lux?)	64.7(+Lux?)

Tableau 2-Echanges de la France avec ses voisins selon RTE ou ENTSO-E(valeur positive pour les exportations). Unité: le TWh. Selon ENTSO-E la France exporte ~1 TWh vers le Luxembourg alors qu'elle n'a pas de connexion physique d'échange avec ce pays voisin.

ventilation est profondément modifiée entre RTE et l'ENTSO-E. On n'observe pas de différences majeures avec le Royaume Uni et l'Espagne, car il s'agit en quelque sorte de « culs de sac électrique »¹⁷. Par contre une partie des exportations vers la Suisse, la Belgique et l'Italie est en fait destinée à l'Allemagne ou provient d'Allemagne et ne fait que transiter par la France. Pour RTE, qui facture les transports effectués, les échanges "bruts" sont seuls pertinents, puisque ce sont eux qui correspondent à son activité de transporteur. Par contre, ils n'ont aucun raison de correspondre à

17 Même si la Grande Bretagne est connectée à l'Irlande et l'Espagne au Portugal et au Maroc.

des importations effectivement consommées dans le pays.

En conclusion

-La dynamique des flux d'énergie électrique entrant en France en provenance d'Allemagne est en grande partie pilotée par les fluctuations de la production d'électricité renouvelable de notre voisin et pour l'essentiel de celle du PV. Même s'il est techniquement vain de chercher à distinguer les électrons "verts" de l'éolien, "jaunes" du PV ou ceux, "noirs" du lignite ou du charbon, on serait tenté de qualifier ces flux induits par les EnR de "décarbonés", et de ne pas leur attribuer les émissions de CO₂ allemandes moyennes (autour de 500 Kg/MWh), comme l'ADEME se plaît à le faire...

-De plus, cette électricité ne correspond pratiquement pas à un besoin de la France, et elle prend en général la direction de pays tiers.

-Arguer de cette électricité qui entre en France, comme le fait l'ADEME et d'autres mouvements antinucléaires, pour "charger" le chauffage électrique et augmenter les très basses émissions de CO₂ de l'électricité française relève de la malhonnêteté scientifique. C'est la France qui fournit à l'Allemagne une électricité décarbonée, essentiellement nucléaire.

-Enfin, nous pourrions exprimer le souhait que RTE reprenne aussi dans ses productions statistiques ces données de l'ENTSO-E. Celles-ci montrent qu'une grande partie des échanges transfrontaliers ne correspond à aucun besoin de notre pays, et que le besoin de nouvelles interconnexions futures est créé artificiellement par le développement quelque peu anarchique des renouvelables intermittents.