

A S S E M B L É E N A T I O N A L E

X V ^e L É G I S L A T U R E

Compte rendu

**Commission d'enquête
sur l'impact économique, industriel et
environnemental des énergies renouvelables,
sur la transparence des financements
et sur l'acceptabilité sociale
des politiques de transition énergétique**

– Audition, ouverte à la presse, de Mme Chloé Le Coq,
professeur associé Stockholm School of Economics2

Jeudi 25 juillet 2019
Séance de 10 heures 30

Compte rendu n° 72

SESSION EXTRAORDINAIRE DE 2018-2019

**Présidence
de M. Julien Aubert,**
Président



L'audition débute à dix heures vingt.

M. Vincent Thiébaud, président. J'ai l'honneur de présider la commission d'enquête ce matin. Je tiens à excuser notre président, M. Julien Aubert, et notre rapporteure, Mme Marjolaine Meynier-Millefert, qui participent actuellement à la commission mixte paritaire (CMP) sur le projet de loi relatif à l'énergie et au climat. Leurs agendas ne leur permettent malheureusement pas d'être présents.

Nous recevons Mme Chloé Le Coq, professeur associé à la Stockholm School of Economics depuis 2016 et chercheuse associée au Stockholm Institute of Transition Economics (SITE). Vous êtes une spécialiste de l'économie de l'énergie et de l'économie industrielle. Vous avez notamment coécrit avec le professeur Sebastian Schwenen, que nous venons d'entendre, plusieurs articles relatifs à la régulation des prix sur le marché de l'électricité, et vous êtes une des spécialistes du modèle suédois de transition énergétique. Vous avez notamment écrit un rapport intitulé « *Blowing in the wind* » : vous y avez mis en exergue les forces et les faiblesses du modèle retenu en Suède pour le secteur électrique.

Notre commission d'enquête arrive à la fin de son programme d'auditions. Nous nous attachons aujourd'hui à comparer les choix réalisés par l'Allemagne, la Suède et le Portugal en ce qui concerne la transition énergétique.

La part des énergies renouvelables atteint 55 % de la consommation énergétique totale en Suède, ce qui en fait l'État membre de l'Union européenne (UE) où cette part est la plus élevée. Par ailleurs, les taxes environnementales représentent environ 5 % du PIB, contre 2,44 % en moyenne dans l'UE. Un marché des certificats verts d'énergie renouvelable, qui a été introduit en 2003 pour la production d'électricité puis élargi à la Norvège en 2012, repose sur le principe de la neutralité technologique, selon lequel toutes les énergies renouvelables sont subventionnées au même niveau.

Notre commission souhaite connaître votre appréciation, en tant qu'économiste, sur les choix réalisés en Suède dans le domaine de la transition énergétique. Ce pays a créé dès 1991 une taxe carbone qui est aujourd'hui la plus élevée au monde – son montant est, en effet, de 120 euros par tonne de CO₂. Dans quel contexte cette fiscalité a-t-elle vu le jour et comment son acceptabilité sociale a-t-elle évolué ? Quelle est l'efficacité du marché des certificats verts ? Quels enseignements peut-on en tirer ? Quelles sont les forces et les faiblesses du marché de l'électricité en Suède ?

Je vais vous donner la parole pour un exposé liminaire d'une vingtaine de minutes, puis les membres de la commission d'enquête vous poseront à leur tour des questions.

Conformément aux dispositions de l'article 6 de l'ordonnance du 17 novembre 1958 relative au fonctionnement des assemblées parlementaires, je vous demande de prêter serment de dire la vérité, toute la vérité, rien que la vérité. Veuillez lever la main droite et dire : « Je le jure ».

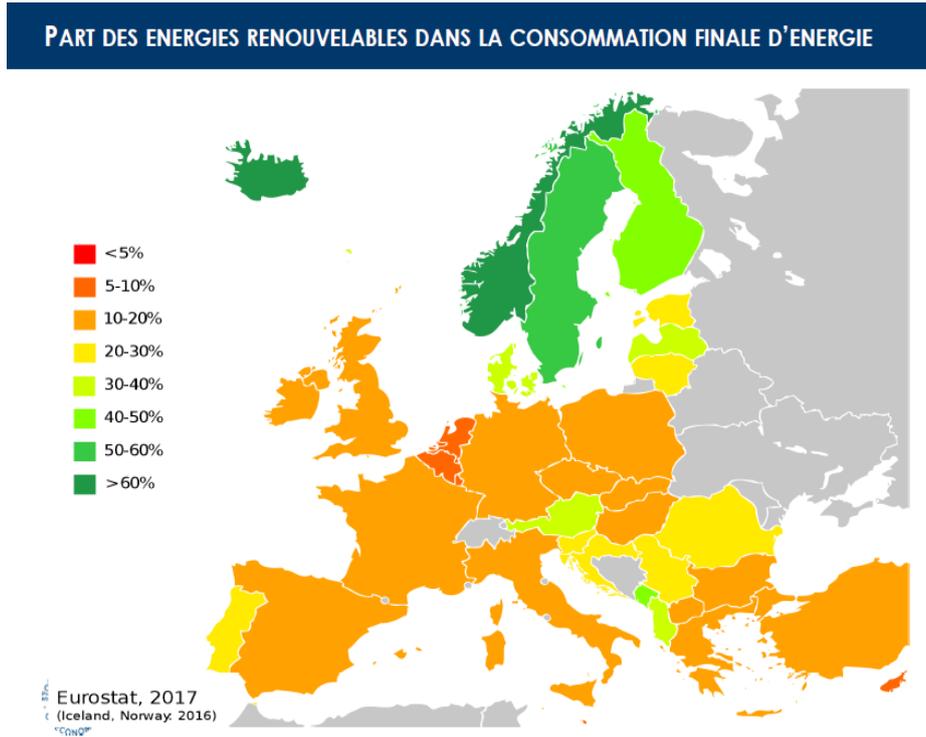
(Mme Chloé Le Coq prête serment.)

M. Vincent Thiébaud, président. Je vous demande aussi de bien vouloir m'excuser si je dois m'absenter pendant votre audition : il va y avoir, dans l'hémicycle, un vote qui concerne l'Alsace – comme je suis moi-même alsacien, je ne peux pas le manquer.

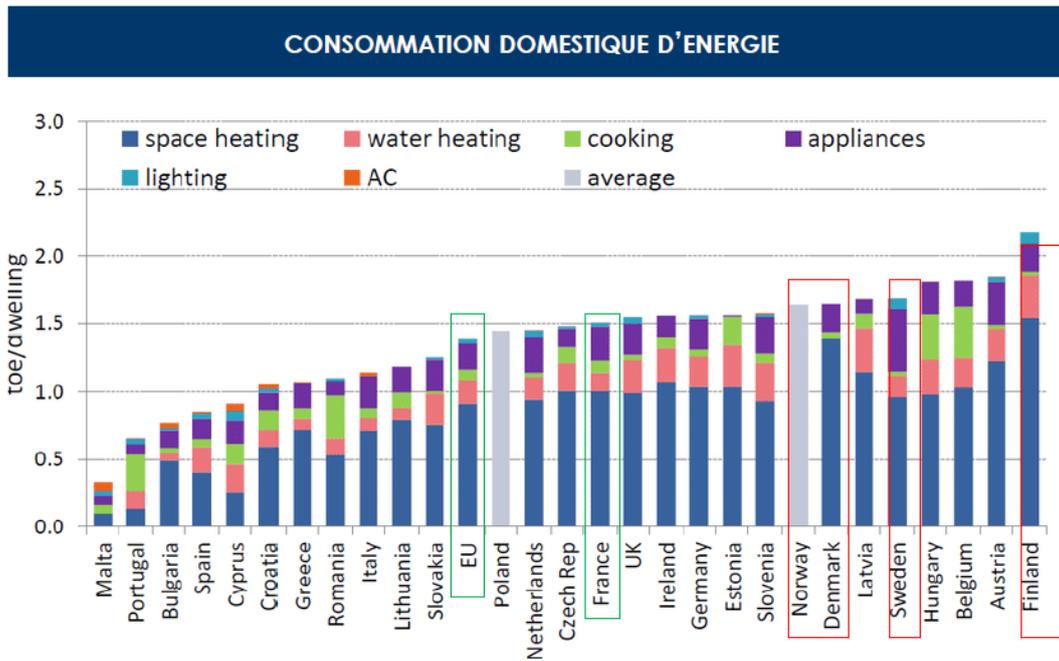
Mme Chloé Le Coq, professeur associé à la Stockholm School of Economics.

Merci beaucoup de me donner l'occasion de m'exprimer sur le sujet, important, de la transition énergétique, qui constitue vraiment une partie du modèle suédois en général, c'est-à-dire au plan sociétal.

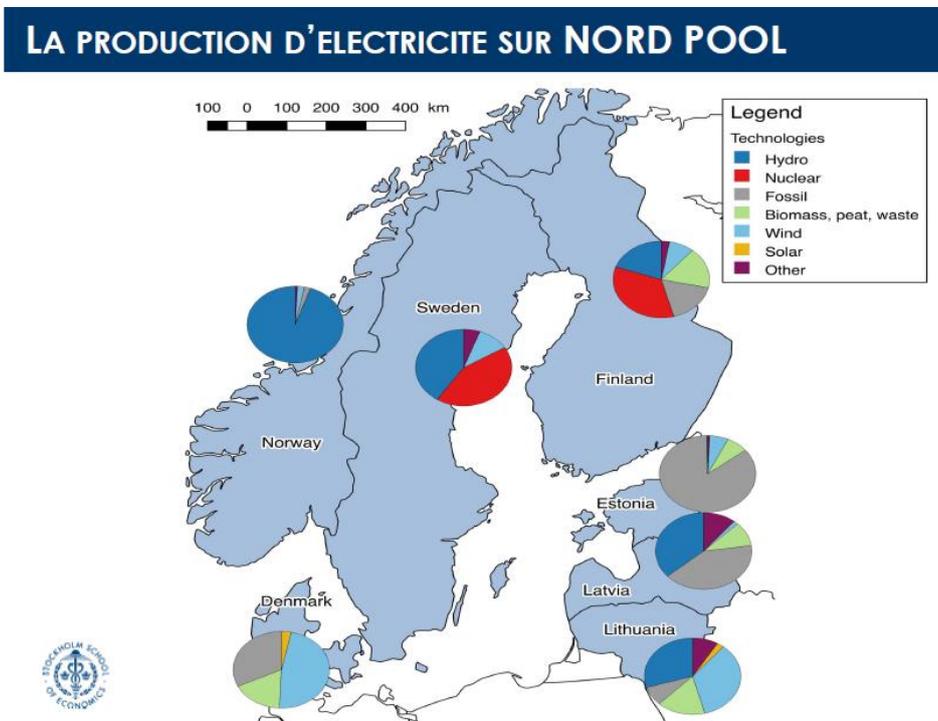
La Scandinavie, au-delà de la Suède, est souvent considérée comme un exemple à suivre en ce qui concerne la taxe carbone et plus globalement les mécanismes d'incitation. Quand on regarde les résultats et qu'on les compare à ceux des autres États européens, on voit que les pays scandinaves, et la Suède en particulier, ont une part significative d'énergies renouvelables.



Autre élément majeur, la consommation d'énergie est très élevée en Scandinavie, à cause du climat, naturellement, mais aussi parce qu'il y a des industries très gourmandes en énergie. Ces pays ont réussi, d'une certaine manière, à concilier un pourcentage élevé d'énergies renouvelables, qui fonctionnent, et l'existence d'importants consommateurs d'électricité.



Comment expliquer cette réussite ? Il faut rappeler que la Suède n'est pas seule : elle fait partie d'un marché intégré, le Nord Pool, qui comprend aussi la Norvège, la Finlande et le Danemark, ainsi que les pays baltes. Ce marché centralisé produit un prix de référence pour toute l'électricité dans l'Europe du Nord, étant entendu que l'on applique ensuite différentes taxes qui dépendent de chacun des pays.

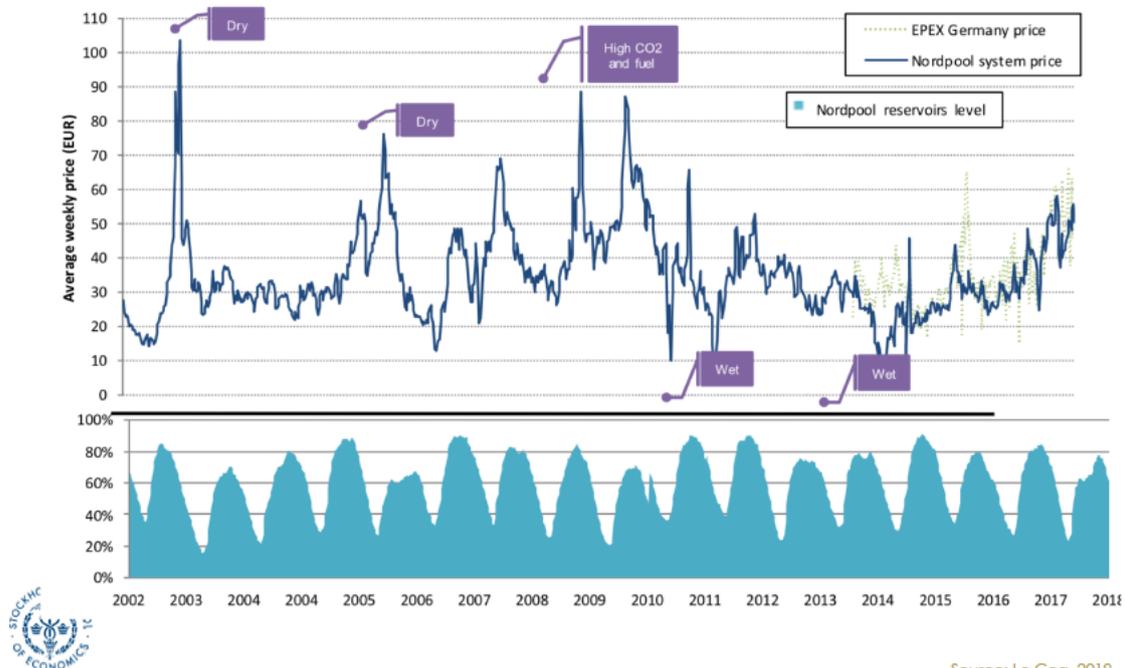


Il faut également souligner que les pays scandinaves utilisent différentes technologies, bien qu'ils fassent partie d'un même marché. La Norvège produit à peu près 95 % d'hydroélectricité, la Suède utilise une combinaison d'hydroélectricité et de nucléaire, et la Finlande a de l'hydroélectricité, du nucléaire et des énergies fossiles. Le Danemark, que l'on cite souvent en exemple à propos de l'éolien – car il représente 43 % de la production

électrique –, est très compétitif dans ce domaine au sens où le prix de l'électricité est très faible, mais la situation actuelle n'est possible que parce que la Norvège produit de l'hydroélectricité.

La transition énergétique a aussi, et surtout, eu lieu parce qu'il y a une part d'hydroélectricité vraiment dominante. Tout le monde sait que l'énergie renouvelable est relativement peu coûteuse quand on arrive à assurer sa production. Lorsqu'il n'y a pas de vent – ou de soleil, mais c'est surtout le vent qui est utilisé en Scandinavie –, on ne peut absolument plus produire de l'électricité et il faut alors compter sur l'énergie hydraulique. Le prix de marché varie donc en fonction des capacités dans ce domaine.

PRIX SPOT TRES DEPENDENT DES RESERVOIRS HYDRAULIQUES



Source: Le Coq, 2019

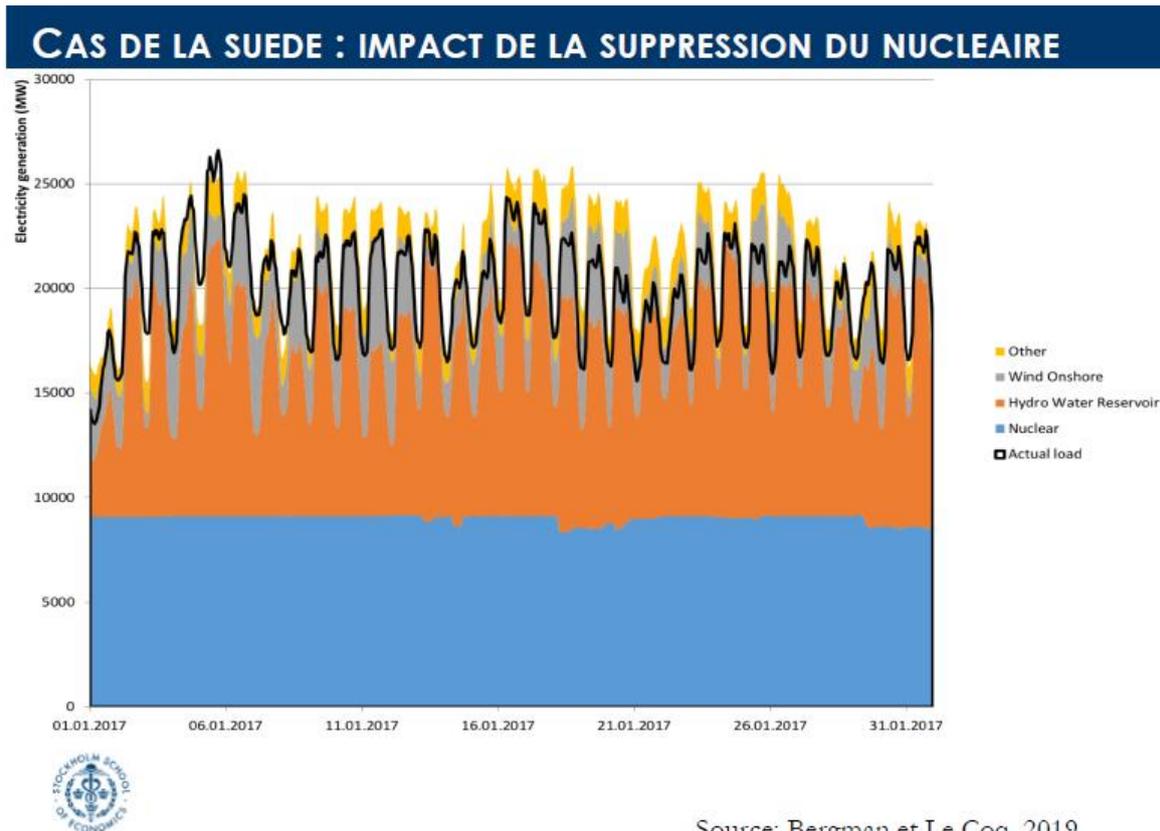
La Suède a effectivement instauré une taxe carbone très importante, qui est souvent citée en exemple. Les objectifs actuels sont d'arriver à zéro émission de carbone en 2045 et de supprimer la part du nucléaire. Par ailleurs, les Suédois essaient de faire en sorte qu'il y ait vraiment une limitation des émissions de CO₂ dans le secteur des transports. La taxe carbone ne suffit pas.

La Suède veut aussi abandonner le nucléaire, je l'ai dit. Comme il y a un débat sur ce sujet en France, je vais détailler la manière dont les Suédois essaient de résoudre le problème – car il y en a un, évidemment, si on supprime les 40 % de la production que l'énergie nucléaire représente, dans un contexte où les prix sont relativement faibles et où les industries sont très gourmandes en énergie.

Le parti des Verts refuse d'augmenter la part de l'hydroélectricité. Quatre rivières pourraient être utilisées, mais ce parti a mis son veto. La solution consiste donc à développer davantage l'éolien avec les certificats verts, dont le prix a considérablement diminué. Il y a

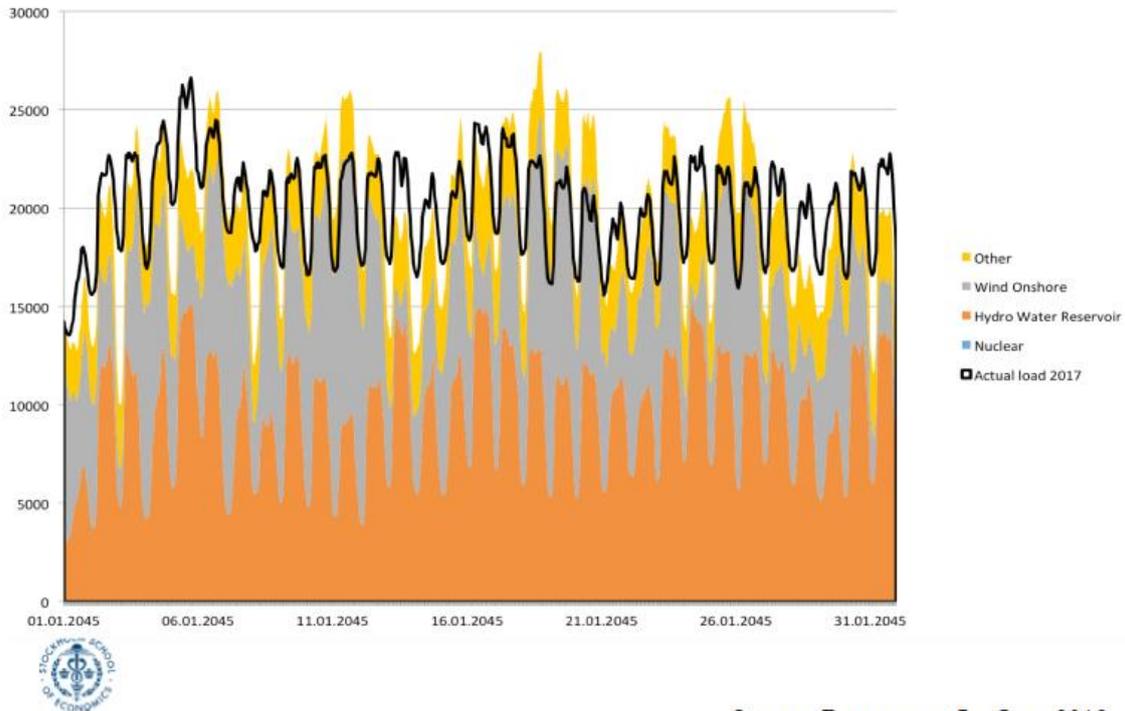
une discussion sur le point de savoir s'il existe suffisamment d'incitations pour promouvoir l'éolien.

Même si l'on remplace totalement le nucléaire par de l'éolien, une question se pose : comment garder une offre d'électricité et une consommation constantes ? Le graphique suivant concerne le mois de janvier, où on atteint un des pics de consommation. On a regardé quelles sont les technologies qui contribuent à subvenir à la consommation d'électricité à cette période. Le nucléaire permet d'assurer une base constante de production, tandis que la part de l'hydraulique varie : elle s'ajuste en fonction de l'éolien, qui représente à peu près 11 % du total.



Toute la part du nucléaire va être transférée vers l'éolien, puisque l'on ne veut pas augmenter l'hydroélectricité, et celle-ci deviendra alors la seule variable d'ajustement. Le prochain graphique est une simple simulation – tout dépend des hypothèses que l'on retient – mais on voit que si l'on garde le même type de consommation qu'aujourd'hui, il y aura des coupures d'électricité.

CAS DE LA SUEDE : SUPPRESSION DU NUCLEAIRE 2045



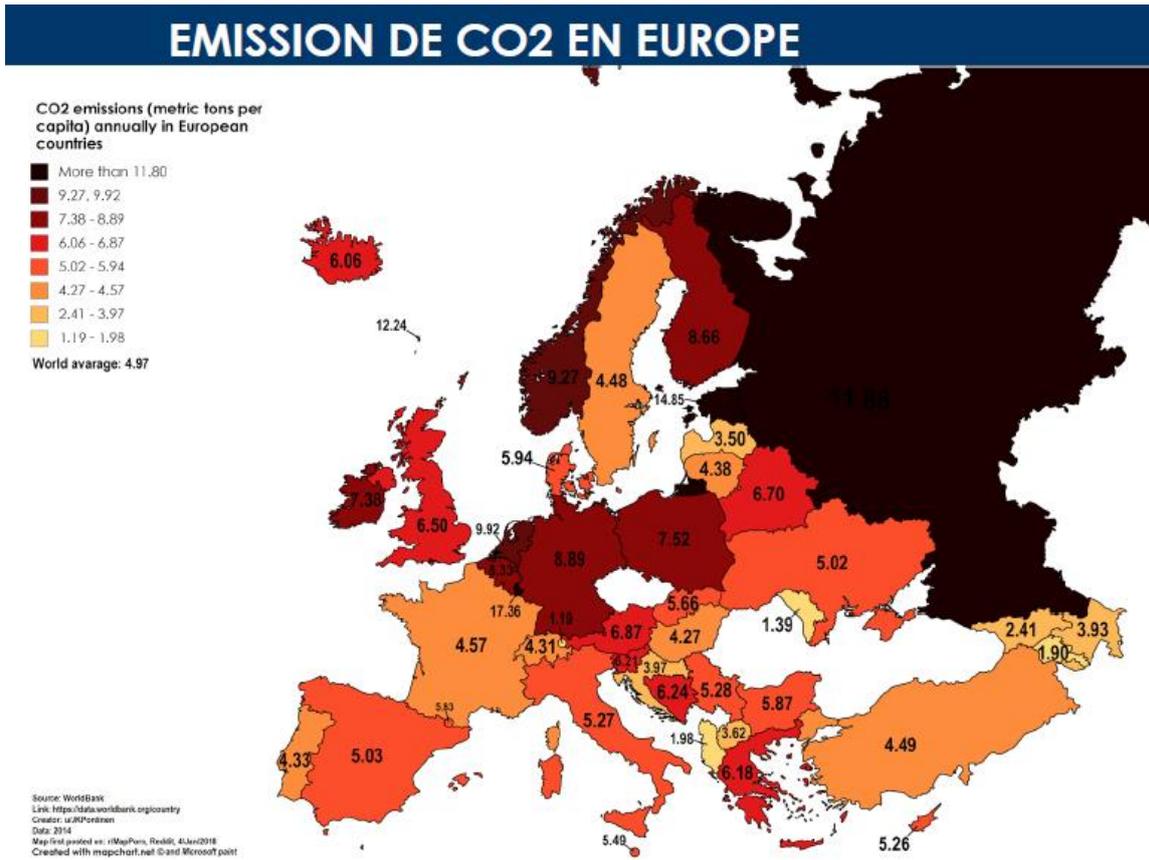
Source: Bergman et Le Coq, 2019

Comment éviter ces coupures d'électricité ? Quels mécanismes peut-on utiliser ? Cela fait partie des grandes questions qui se posent actuellement dans le cadre du modèle suédois.

J'ai essentiellement évoqué l'offre pour l'instant, mais il faut aussi parler de la demande, car c'est un autre point capital. À l'heure actuelle, la demande n'est pas très flexible dans le modèle suédois et en Scandinavie d'une manière générale. Il n'y a pas de développement des *smart consumers*, ou en tout cas beaucoup moins qu'ailleurs en Europe, notamment au Royaume-Uni.

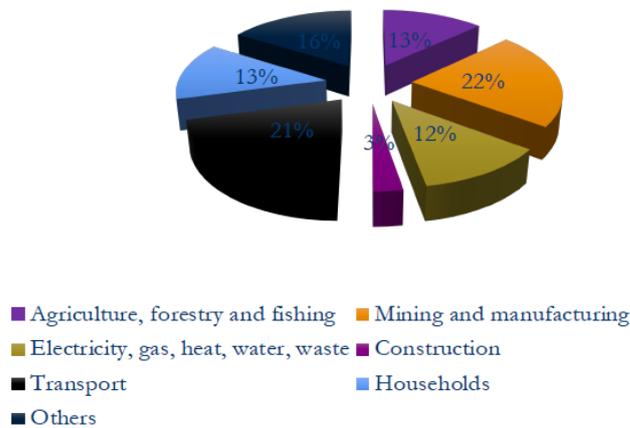
Il reste également à savoir si l'on va pouvoir s'intégrer encore davantage en Europe afin d'utiliser des variables d'ajustement, d'autres technologies, quand on ne peut pas produire de l'électricité éolienne en Suède. Sebastian Schwenen vous a présenté le modèle allemand : il fonctionne si les pays voisins produisent de l'électricité lorsque c'est impossible grâce à l'éolien. Si le modèle scandinave se met, lui aussi, à fonctionner si les voisins produisent lorsque la Scandinavie ne peut pas le faire, un vrai problème européen se pose : il concerne l'intégration du marché et le prix lors des pics de demande. Est-on prêt à payer ? L'incitation que cela représente est peut-être une solution. C'est un aspect important : malgré la taxe carbone, il y a un problème de flexibilité de la demande.

Un autre effort essentiel doit être réalisé en Scandinavie : si la moyenne des émissions de CO₂ est basse en Suède – elle est proche de celle de la France –, la Norvège et la Finlande doivent changer leurs modes de transport et de chauffage. Il y a des politiques à mener en la matière.



Quand on regarde la répartition par secteurs en Suède, on voit que si beaucoup a été fait en ce qui concerne l'électricité, qui représente 12 % des émissions de CO₂ – il y a beaucoup d'incitations –, le transport constitue vraiment un gros point noir. Par ailleurs, il n'est pas question, aujourd'hui, de toucher à l'industrie minière – il n'y a pas de discussion sur une éventuelle augmentation des prix. En revanche, j'ai déjà indiqué tout à l'heure que les Suédois ont pour objectif de s'attaquer aux transports.

CONTRIBUTION CO2 PAR SECTEURS (SUEDE)



Pour résumer, la première question qui se pose en Suède, et en Scandinavie d'une manière générale, est de savoir comment compenser la variation de la production d'électricité éolienne. Quels modes d'incitation faut-il retenir et, surtout, quels types de technologies peut-on utiliser ? Va-t-il y avoir un marché de capacité, avec un financement de technologies de *backup* qui seraient prêtes à être utilisées quand la production éolienne diminue ? Doit-on créer un marché spécifique pour ce type de technologies ? Par ailleurs, faut-il développer les capacités hydrauliques en Suède ? C'est une question importante si l'on augmente la part de l'éolien : il faut faire face à la variation de la production.

Le deuxième point majeur, non seulement en Scandinavie mais aussi dans toute l'Europe, à mon avis, est celui de la flexibilité de la demande d'énergie. Quels sont les programmes à mettre en place dans ce domaine ? Doit-on favoriser le développement des *prosumers*, c'est-à-dire des consommateurs d'énergie qui sont également des producteurs ? C'est un sujet tout nouveau : on ne sait pas ce que peut donner, sur un marché, la présence d'acteurs se situant à la fois du côté de la demande et du côté de l'offre.

Enfin, comment rendre le transport plus vert ? Une des réponses, en Suède, consiste à augmenter la taxation – une taxe sur le transport aérien a ainsi été instaurée. Il existe aussi des débats importants sur ce plan.

Vous voyez qu'il y a beaucoup de questions et, pour l'instant, peu de réponses.

(Mme Sophie Auconie remplace M. Vincent Thiébaud au fauteuil de la présidence.)

Mme Sophie Auconie, présidente. Je vous remercie pour ces très intéressants propos introductifs. Vous arrivez à rendre très accessible une thématique qui est assez technique.

Je rappelle que la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique s'élève à 55 % en Suède : c'est l'État membre de l'Union européenne (UE) où cette proportion est la plus élevée. Avez-vous assez de recul pour nous dire où la performance est la meilleure dans ce domaine et où il y a la meilleure rentabilité par rapport aux investissements réalisés ?

Existe-t-il des unités de méthanisation en Scandinavie, et en Suède en particulier ? Si c'est le cas, cela représente-t-il une part importante de la production d'énergie ? Qu'en est-il, plus généralement, de l'utilisation de la biomasse ?

Est-il possible d'établir un classement des infrastructures et des équipements servant à produire de l'énergie renouvelable, ou alternative, selon leur performance et surtout leur rentabilité par rapport aux investissements ?

Mme Chloé Le Coq. L'éolien est clairement très développé, pour plusieurs raisons. Le coût est relativement faible et le rendement est plutôt bon. Ensuite, et surtout, il y a une bonne acceptation de ce type de technologies au niveau des municipalités.

S'agissant de la méthanisation, je n'ai pas de chiffres. Les Suédois ont des programmes visant à développer l'utilisation de la biomasse. C'est une des voies explorées, mais je n'ai pas en tête les coûts précis.

Mme Sophie Auconie, présidente. Il y a un parc d'environ 3 700 éoliennes implantées en mer sur le littoral qui entoure la Scandinavie. Est-ce une source d'énergie renouvelable qui intéresse la Scandinavie, et la Suède en particulier ?

Mme Chloé Le Coq. C'est un développement qui est intéressant. De ce que j'ai lu sur les éoliennes *offshore*, je retiens que le modèle coûts/bénéfices n'est pas le même que pour les éoliennes terrestres. L'érosion est beaucoup plus significative, et il faut la prendre en compte. Or je crois comprendre qu'on ne le fait pas toujours lors de l'estimation des investissements.

Un autre sujet dont il est beaucoup question, et pas seulement en Scandinavie, est de savoir ce que l'on fait d'un parc éolien qui est obsolète.

Mme Sophie Auconie, présidente. C'est la question du recyclage.

Mme Chloé Le Coq. Tout à fait. Quand on dispose de grands espaces, comme en Scandinavie, vaut-il mieux investir à côté d'un parc obsolète, en le laissant à l'abandon, ou faut-il obliger à assurer un recyclage ? On en discute, mais ce n'est pas nécessairement pris en compte lorsqu'on calcule le rapport coûts/bénéfices – on observe plutôt une diminution des coûts. Certains exemples, mais ils sont américains plutôt que scandinaves, montrent que l'éolien n'est pas toujours aussi compétitif qu'on le dit quand on prend en compte le coût du recyclage.

Si on prend en considération le fait que les éoliennes ne produisent pas tout le temps de l'énergie et qu'il y a ce que j'ai appelé le coût des technologies de *backup*, la question devient également plus incertaine. Tous les économistes ne sont pas absolument d'accord sur ce sujet, qui n'est pas complètement clarifié.

Mme Sophie Auconie, présidente. Vous avez parlé tout à l'heure de l'énergie hydraulique, dont nous débattons aussi à l'Assemblée nationale. Vous avez indiqué que c'est finalement une variable d'ajustement pour la production d'énergie renouvelable, ce qui paraît assez évident, en effet. Vous avez également évoqué des recours formés contre cette énergie en Suède ou, en tout cas, une opposition de la part d'un certain nombre de citoyens et d'associations. Quels sont les arguments invoqués et comment pourrait-on surmonter cette opposition, étant entendu que l'hydraulique est la source d'énergie qui semble constituer le meilleur amortisseur face à l'intermittence de la production ?

Mme Chloé Le Coq. Je crois qu'il y a les mêmes débats en France et en Suède. Ils concernent l'impact de l'énergie hydraulique sur l'environnement. En Suède, le parti des Verts a opposé son veto au développement de cette énergie, et les citoyens sont d'accord : ils soutiennent les Verts, qui ont réalisé un bon score aux dernières élections – ils ont connu une progression importante.

Il est également question d'abandonner l'énergie nucléaire d'ici à 2045. Au-delà des deux réacteurs dont les capacités ont été réduites, ou qui ont été fermés, il n'est pas certain que la Suède sorte complètement du nucléaire. Je pense qu'il peut y avoir une sorte de compromis sur la part de nucléaire que l'on peut supprimer si l'on n'augmente pas celle de l'énergie hydraulique. Je crois que les Verts ne vont pas céder sur ce dernier point, comme ils ont été obligés de le faire en ce qui concerne le nucléaire – ils voulaient une sortie complète mais ils ont accepté que ce soit seulement en 2045. Ils vont sans doute essayer, au moins,

d'éviter le développement de l'hydroélectricité sur les quatre rivières que j'ai évoquées. C'est mon sentiment, mais le sujet est très politique.

Mme Sophie Auconie, présidente. Quelle est votre appréciation, en tant qu'économiste, sur les choix faits en Suède en matière de transition énergétique ? Une taxe carbone a été instaurée dès 1991 dans ce pays, et elle est aujourd'hui la plus élevée en Europe, et peut-être même dans le monde – son montant est de 120 euros par tonne de CO₂. Dans quel contexte cette fiscalité a-t-elle été mise en place et comment son acceptabilité sociale a-t-elle évolué ?

Mme Chloé Le Coq. Cette taxe a tout de suite été très bien acceptée, au nom de la nécessité de faire quelque chose. C'est presque un raisonnement d'économiste : on augmente le prix en espérant que la consommation va diminuer. D'une certaine manière, cela a marché. Il faut savoir, néanmoins, que les industries très consommatrices d'électricité ont été exemptées de taxe carbone : elles ont été protégées. Des changements ont eu lieu, mais c'est plutôt la consommation « domestique » qui a connu une hausse des prix.

Comme d'habitude, on a le choix entre augmenter le prix pour essayer de réduire la consommation et chercher à changer la nature de celle-ci. Il y a peut-être une prise de conscience en Suède du fait que le prix est assez élevé et que l'on ne peut pas l'augmenter. Par conséquent, on va plutôt essayer de changer les comportements au moyen de subventions. Il y a notamment une volonté d'assurer l'électrification de tous les secteurs, notamment le chauffage – c'est fait – mais aussi les transports, qui constituent la prochaine étape. J'ai fait quelques calculs à propos d'autres pays – et je pense que Sebastian Schwenen vous a déjà parlé de ce sujet : lorsque l'économie s'électrifie, on voit que la demande augmente. Comment gérer cette situation ? C'est aussi une question.

La taxe carbone a peut-être atteint ses limites chez les Suédois. Ils sont prêts à partager avec toute l'Europe leur expérience dans ce domaine, mais c'est plutôt à la question des subventions qu'ils s'intéressent désormais afin d'essayer de changer les comportements en proposant d'autres choix.

Mme Sophie Auconie, présidente. Des mesures ont-elles été prises pour que les municipalités adoptent un comportement vertueux en ce qui concerne l'usage de l'énergie électrique – notamment pour l'éclairage des centres-villes et des centres-bourgs ? Existe-t-il aussi des incitations à l'égard des ménages, dans le cadre de programmes de réduction de la consommation d'énergie ? Il y a en France des tarifs qui permettent de payer moins cher lorsqu'on fait fonctionner ses appareils électriques à certaines heures. Il est technologiquement possible de retarder le lancement d'une machine à laver ou d'un lave-vaisselle. A-t-on également instauré en Suède des incitations visant à changer les comportements, au-delà des subventions portant sur les prix ?

Mme Chloé Le Coq. Comme dans tous les pays, il y a des incitations en Suède – je ne pense pas que ce soit très spécifique. Par ailleurs, le prix de l'électricité est relativement faible et il y a une taxe importante. Beaucoup de gens m'ont dit qu'ils ont essayé d'ajuster leur consommation, grâce aux petites applications qui permettent de faire des calculs, et qu'ils ont été surpris : on peut gagner un peu en optimisant sa consommation, mais le gain n'est pas considérable. Les économistes disent toujours que si le gain n'est pas très important et qu'il faut rechercher l'information, il n'y a guère d'incitation à agir. Optimiser son comportement énergétique prend du temps. L'enjeu est d'arriver à le faire automatiquement grâce aux *smart meters*, ou compteurs intelligents – c'est peut-être plus important. Il va y avoir une

automatisation en Suède, comme dans tous les autres pays, et cela fonctionnera dans ce cadre. On a besoin de seulement 10 % de consommation en moins à certains moments pour arriver à un certain équilibre entre l'offre et la demande : cela ne représente pas un changement complet. À ma connaissance, mais je me trompe peut-être, il n'y a pas de programme spécifique en Suède dans ce domaine.

Mme Sophie Auconie, présidente. Si j'ai bien compris ce que vous avez indiqué précédemment, le transport est une des clefs de la transition énergétique. En tout cas, c'est un des points noirs à l'heure actuelle. L'Allemagne a lancé une expérimentation, apparemment très positive, qui concerne le train à hydrogène. Avez-vous eu l'occasion d'examiner cette question, en tant qu'économiste ? Pensez-vous que l'on peut aller dans le même sens en Scandinavie, et en Suède en particulier ?

Mme Chloé Le Coq. Je n'ai pas eu l'occasion de travailler sur ce projet. En revanche, je sais qu'il y a une volonté très forte de développer le tout-électrique en Norvège mais aussi en Suède.

Mme Sophie Auconie, présidente. Je n'ai pas d'autres questions. Nous avons une fin de session très dense en actualité, ce qui explique le faible nombre de membres de la commission présents ce matin. Cette réunion a néanmoins été diffusée sur notre réseau de télévision, ce qui a permis à d'autres collègues de la suivre, et un compte rendu sera réalisé. Merci beaucoup pour la clarté et la qualité de votre intervention.

L'audition s'achève à dix heures cinquante.



Membres présents ou excusés

Commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique

Réunion du jeudi 25 juillet 2019 à 10 h 20

Présents. - Mme Sophie Auconie, M. Vincent Thiébaud

Excusés. - M. Julien Aubert, M. Christophe Bouillon, Mme Véronique Louwagie, Mme Marjolaine Meynier-Millefert