



LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE EN SUÈDE

Michel CRUCIANI

Juin 2016

L’Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d’information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l’Ifri est une association reconnue d’utilité publique (loi de 1901). Il n’est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L’Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l’échelle internationale.

Avec son antenne de Bruxelles (Ifri-Bruxelles), l’Ifri s’impose comme un des rares *think tanks* français à se positionner au cœur même du débat européen.

Les opinions exprimées dans ce texte n’engagent que la responsabilité de l’auteur.

ISBN : 978-2-36567-585-7

© Tous droits réservés, Ifri, 2016

Couverture : © MrWhiterat/Shutterstock.com

Comment citer cette publication :

Michel Cruciani, « La transition énergétique en Suède », *Études de l’Ifri*, juin 2016.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Ifri-Bruxelles

Rue Marie-Thérèse, 21 1000 – Bruxelles – BELGIQUE

Tél. : +32 (0)2 238 51 10 – Fax : +32 (0)2 238 51 15

E-mail : bruxelles@ifri.org

Site internet : ifri.org

Auteur

Michel Cruciani est chargé de mission au Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières (CGEMP) de l'Université Paris-Dauphine depuis février 2007. Il contribue notamment à certaines études, participe à l'organisation des conférences, apporte son concours aux publications et assure une grande partie de l'enseignement sur les énergies renouvelables, destiné aux étudiants en master.

Auparavant, Michel Cruciani, titulaire d'un diplôme d'ingénieur, a partagé ses activités entre Gaz de France (Services Techniques, puis Études Économiques), la CFDT (Administrateur de Gaz de France, puis Secrétaire Général Adjoint de la fédération du gaz et de l'électricité), et enfin Électricité de France (Direction des Affaires Européennes).

Dans ces fonctions, il a suivi la libéralisation des marchés du gaz et de l'électricité aux États-Unis et en Europe ainsi que la montée des préoccupations environnementales, conduisant à l'adoption de politiques climatiques, à un nouveau regard sur l'énergie nucléaire et à la promotion des énergies renouvelables.

Michel Cruciani est associé aux travaux du Centre Énergie de l'Ifri depuis 2009.

Résumé

La Suède présente la particularité d'avoir engagé de manière précoce plusieurs évolutions importantes pour son approvisionnement énergétique. Ne détenant aucune réserve fossile, le pays importait des volumes croissants de produits pétroliers dans les années qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, mais il a rapidement perçu le risque géopolitique engendré par cette dépendance et a développé un outil nucléaire lui permettant de réduire très vite la place du pétrole dans son économie après les chocs des années 1970.

La Suède a également réussi à valoriser ses ressources naturelles. Jusqu'aux années 2000, l'hydroélectricité pouvait pénétrer le marché sans aide, mais le bois n'aurait pas conquis sa part actuelle sans une politique mariant soutiens publics à l'investissement et pénalités pour les énergies concurrentes. La grave crise économique traversée par le pays entre 1991 et 1993 a donné à ces pénalités la forme de taxes, et notamment d'une taxe sur les émissions de CO₂ entrée en vigueur dès 1991, contribuant ainsi à recomposer le régime des prélèvements fiscaux nécessaires au modèle social suédois. Cette épreuve a souligné la capacité du pays à dégager des orientations consensuelles.

Une de ces orientations a consisté à réagir immédiatement après les premières alertes sur la menace climatique. La Suède a d'abord renforcé sa politique d'efficacité énergétique, en structurant les actions de terrain par une agence nationale et des relais dans les collectivités locales, pour aider techniquement et économiquement les consommateurs, particuliers ou industriels. Elle a ensuite choisi un outil inhabituel pour promouvoir l'électricité d'origine renouvelable, le système des certificats verts. Mis en œuvre en 2003, ce dispositif a stimulé le développement des sources les moins onéreuses, pour deux tiers environ éolien terrestre et un tiers biomasse. Le coût du soutien demeure à ce jour remarquablement modéré.

Fin 2014, la Suède pouvait afficher un approvisionnement primaire ne comportant que 30 % d'énergies fossiles et une consommation en énergie finale à 52 % d'origine renouvelable. La consommation d'énergie par habitant demeure élevée, mais rapportée au PIB elle se situe exactement à la moyenne de l'Europe occidentale (UE 15). En ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre, le pays présentait en 2013 la plus faible empreinte carbone de l'UE 15, aussi bien au regard de son PIB

que mesurée par habitant. Par ailleurs, si les taxes environnementales majorent sensiblement le prix du gaz pour les industriels, elles n'affectent pas exagérément le prix des carburants, et n'empêchent nullement les prix de l'électricité de figurer parmi les moins chers d'Europe, pour les industriels comme pour les particuliers.

Parce que la situation actuelle paraît excellente, les dirigeants politiques suédois ont choisi d'en conserver le soubassement et de n'entreprendre des évolutions que par petites touches. Ainsi, tout en affirmant leur préférence pour les énergies renouvelables, les principaux partis politiques ont trouvé un terrain d'entente pour alléger la pression fiscale exercée depuis 2014 à l'encontre de l'énergie nucléaire. Démontrant une nouvelle fois leur sens du compromis, majorité et opposition ont signé en juin 2016 un accord qui permettra la modernisation du parc des réacteurs, une solution destinée à limiter la hausse des coûts de l'électricité et allonger la période offerte aux sources de remplacement pour atteindre leur maturité. En complément, l'accord prolonge les dispositions promouvant le courant d'origine renouvelable, mais il insiste aussi sur la maîtrise de la puissance appelée et sur un usage efficace de l'électricité, conférant un rôle actif au consommateur, aussi bien industriel que domestique.

En clair, la Suède semble avoir pris la mesure des difficultés qu'affrontent déjà certains pays européens engagés dans une transition énergétique et tente de les éviter. Les acteurs politiques se gardent bien d'adopter des objectifs de court terme trop contraignants et se contentent d'orientations générales ; ils misent sur l'innovation pour avancer. À cet égard la Suède détient un atout majeur avec l'effort qu'elle consent depuis plusieurs années, de façon très structurée, en faveur de la recherche et du développement, effort que le récent accord consolide.

Sommaire

INTRODUCTION.....	9
VUE D'ENSEMBLE DU SECTEUR ÉNERGÉTIQUE SUÉDOIS	11
Les premières étapes	11
Le tournant des années 1990.....	13
<i>La libéralisation du marché de l'électricité.....</i>	<i>13</i>
<i>La taxation de l'énergie</i>	<i>14</i>
<i>La politique en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables</i>	<i>16</i>
<i>La politique nucléaire.....</i>	<i>19</i>
SITUATION ACTUELLE.....	22
Bilan énergétique	22
<i>L'offre</i>	<i>22</i>
<i>La demande</i>	<i>24</i>
Emissions de gaz à effet de serre	26
Energies renouvelables.....	27
Aspects économiques.....	30
PERSPECTIVES ET ENSEIGNEMENTS	33
De nouvelles réponses à trouver	33
<i>Réduire encore les émissions de gaz à effet de serre</i>	<i>33</i>
<i>Augmenter encore la part des énergies renouvelables.....</i>	<i>35</i>
Des enseignements pour toute l'Union Européenne	42
<i>La taxation des émissions de CO₂.....</i>	<i>42</i>
<i>Les dispositions en faveur des énergies renouvelables.....</i>	<i>43</i>
<i>L'effort de recherche et développement</i>	<i>44</i>
CONCLUSION	46

Introduction

La Suède reçoit régulièrement des éloges à propos de son modèle énergétique, considéré comme fiable, compétitif et peu émetteur de gaz à effets de serre. Ainsi, dans les deux rapports récents qu'elle a consacrés à ce pays, l'Agence internationale de l'énergie applaudit aux mesures prises depuis une vingtaine d'années pour renforcer la sécurité d'approvisionnement et réduire l'impact du système énergétique sur l'environnement, tout en appliquant un cadre réglementaire très libéral.

L'Ifri a donc souhaité analyser à son tour le système énergétique suédois, cerner ce qui le distingue et ce qui le rapproche des modèles en vigueur dans d'autres pays européens. La démarche a consisté d'abord à retracer le cheminement de la politique énergétique de la Suède, avec un bref historique suivi d'un approfondissement des dispositions ayant abouti au cadre actuel. Les éléments ainsi rassemblés constituent la première partie du présent rapport. Une seconde partie détaille les résultats obtenus sur les principaux critères caractérisant une transition énergétique : efficacité énergétique, énergies renouvelables, émissions de gaz à effet de serre, sans oublier un regard économique, centré sur les prix de l'énergie. Enfin, une troisième partie introduit des commentaires, s'interroge sur les évolutions possibles au cours des prochaines années et s'efforce de dégager quelques enseignements à l'intention des pays ayant amorcé une transition énergétique.

Bien que l'étude balaie l'ensemble des énergies, les pages qui suivent accordent une grande place à l'électricité. Ce vecteur énergétique occupe en effet une fraction exceptionnellement importante du bilan suédois ; en outre, il fait l'objet d'une attention particulière de la part des gouvernements nationaux et des autorités communautaires, car dans tous les pays européens, l'électricité est appelée à jouer un rôle majeur pour faciliter la transition énergétique. Il paraissait donc justifié de se pencher plus longuement sur la situation électrique de la Suède.

L'étude a été bâtie indépendamment de précédents rapports sur le pays ; sauf exception, elle repose sur les données disponibles au sein des institutions suédoises ou, à des fins de comparaisons, sur les sources européennes (ces dernières ne fournissent cependant d'informations précises que depuis l'adhésion de la Suède à l'Union Européenne, en 1995). Cette recherche autonome évite en principe l'influence de travaux

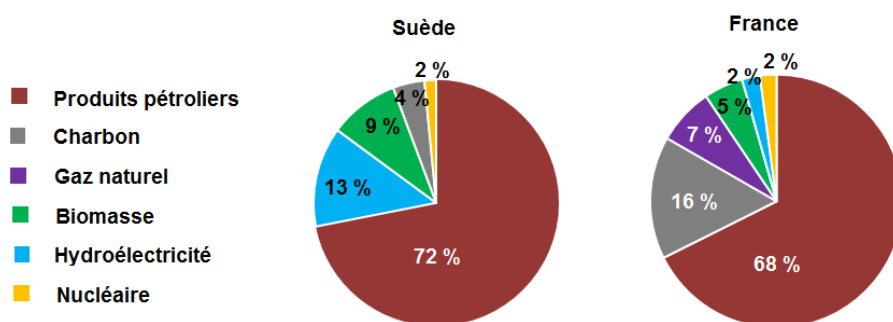
antérieurs sur les présentations figurant ci-après, chacune d'entre elles étant fondée par le traitement de données accessibles à tous. Une telle approche ne trouve son véritable intérêt que dans le débat qu'elle peut susciter et l'Ifri espère qu'une large discussion s'ouvrira autour de cette étude.

Vue d'ensemble du secteur énergétique suédois

Les premières étapes

La Suède ne possède que des réserves insignifiantes de charbon, pétrole ou gaz naturel, mais elle bénéficie d'une large couverture forestière et d'une bonne hydrographie. Après la Seconde Guerre mondiale, la consommation d'électricité a progressé rapidement, entraînant une multiplication des barrages sur les cours d'eau. Face à un mouvement de protestation qui se développait pour préserver les rivières non encore équipées, les compagnies électriques se sont tournées vers le charbon et surtout vers le fioul. Durant les années 1960, les importations en produits pétroliers ont fortement crû. En 1973, les produits pétroliers occupaient encore une place prépondérante dans le bilan primaire. Comme le montre le graphique 1, cette caractéristique se retrouvait également en France, pays sans grandes ressources fossiles.

Graphique 1 : Bilan en énergie primaire pour l'année 1973



Source : Suède, *Energimyndigheten 2015a* ; France : *CGDD 2011*.

Le risque sur la sécurité d'approvisionnement qu'une telle dépendance extérieure engendrait a été alors perçu ; la réponse a consisté à recourir à l'énergie nucléaire, une volonté confortée par le choc pétrolier mondial survenu en 1973. En 1986, l'énergie nucléaire est devenue la première source dans le bilan primaire du pays, une place qu'elle n'a plus

quittée jusqu'à nos jours. Entre 1970 et 1990, les produits pétroliers ont vu leur part dans le bilan final quasiment divisée par deux (de 21 à 12 Mtep), tandis que la consommation d'électricité doublait. La consommation totale d'énergie finale étant restée stable durant cette période, la place de l'électricité dans le bilan a progressé de 15 % en 1970 à 33 % en 1990 et n'est jamais descendue au-dessous de 30 % depuis cette date, niveau le plus haut observé dans l'Union européenne (UE 28)¹.

À la fin de la décennie 1980, la situation économique de la Suède se détériore : déficit budgétaire, dégradation de la balance commerciale, montée du chômage, ralentissement de la croissance... jusqu'à une récession entre 1990 et 1993. La crise menace le modèle social suédois, souvent qualifié alors d'État Providence. Pour sauver ses fondements, les partis politiques ainsi que les syndicats patronaux et salariés s'accordent sur de profondes réformes, visant à rendre au pays sa compétitivité économique². Elles vont toucher le secteur de l'énergie en intégrant une préoccupation nouvelle, que l'on concilie avec les choix économiques : la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, quatre grandes options politiques imprègnent la période qui débute dans les années 1990 :

- Comme pour d'autres secteurs, une politique libérale est mise en œuvre pour le gaz et l'électricité.
- La refonte du régime des prélèvements fiscaux s'étend à la taxation de l'énergie, avec l'instauration d'une taxe sur les émissions de CO₂.
- Le développement des énergies renouvelables et les efforts d'efficacité énergétique bénéficient de dispositions spécifiques, régulièrement renforcées.
- Le souci de préserver un approvisionnement énergétique à coût modéré pour l'industrie aboutit au maintien en activité du parc nucléaire et non pas à sa fermeture anticipée.

Ces quatre axes sont décrits en détail ci-dessous.

Ils ont conduit à ce que les produits pétroliers demeurent la cible des politiques introduites, mais leur relatif effacement (de 37 % de la consommation finale en 1990 à 25 % en 2014) s'effectue principalement, après 1990, au bénéfice des bioénergies, consommées directement ou

1. Eurostat 2016a.

2. Les relations entre le syndicat ouvrier LO et le syndicat patronal SAF reposaient depuis 1938 sur l'accord de Saltsjöbaden, garantissant une paix sociale en échange d'une obligation de négociation très poussée et d'un resserrement de l'éventail des rémunérations. Un temps déstabilisés par la crise du début des années 1990, les partenaires sociaux ont réussi à signer un nouvel accord en 1997, dit Industrialvtalet, adaptant le champ de la négociation aux contraintes d'une économie devenue plus libérale. (Source : JF Vidal, 2010.)

distribuées par des réseaux de chaleur. La place de ces dernières dans les usages directs passe de 15 à 22 % entre 1990 et 2014 ; pour l'alimentation des réseaux de chaleur, elle bondit de 13 à 62 % dans le même intervalle³. En prenant en compte la part nucléaire, il apparaît que 69 % de l'énergie primaire provient de sources non émettrices de CO₂.

Le tournant des années 1990

*La libéralisation du marché de l'électricité*⁴

Face à la crise économique frappant le pays à partir de 1990, les gouvernements à majorité modérée puis social-démocrate ont engagé une politique de libéralisation de l'économie. Dans le secteur de l'énergie, la Suède a devancé les directives européennes en mettant en œuvre dès 1996 les principes de marché pour l'électricité et le gaz. Cette transformation s'est déroulée sans heurt, grâce à la qualité de la concertation entre le gouvernement, les dirigeants des entreprises et le syndicat des salariés.

Depuis 1996, une agence indépendante est chargée de la surveillance du marché ; elle est habituellement désignée par l'acronyme Ei (pour *Energimarknadsinspektionen*). L'Ei supervise en particulier le gestionnaire du réseau de transport électrique, Svenska Kraftnät (SvK), dont le capital est entièrement détenu par l'État. L'Ei fixe également un plafond aux recettes des 162 distributeurs locaux, calculé en fonction des investissements prévus par période de quatre ans. Ce plafond prend en compte un coût du capital de 6,5 %. Malgré la libéralisation, la production d'électricité demeure concentrée : en 2014, la compagnie nationale Vattenfall assurait près de 50 % des livraisons, deux autres compagnies fournissant ensemble 25 % (E.ON, ayant acquis l'ancienne Sydkraft, et Fortum, groupe finlandais à capitaux publics).

La géographie des pays nordiques, étirés du Nord au Sud, a incité très tôt à construire des interconnexions entre eux, d'Est en Ouest. Les opérateurs des réseaux de transport norvégien (Statnett) et suédois (SvK) ont décidé en 1996 de créer une place de marché commune, Nord Pool, bientôt étendue à la Finlande et au Danemark, et dernièrement aux pays

3. Energimyndigheten 2015b. Les statistiques suédoises agrègent la biomasse solide, le biogaz et les biocarburants sous l'étiquette « bioénergies ». Pour l'usage chaleur, la biomasse solide apparaît largement prépondérante, avec 9 Mtep consommées en 2014. La production totale de biogaz n'a atteint que 0,15 Mtep cette année-là, et une partie de la production a été utilisée pour l'usage transport. La fraction renouvelable des déchets ménagers est parfois comptabilisée avec les bioénergies, parfois isolée. Son apport en 2014 se situait à 0,9 Mtep. (Source : Euroserv'ER 2015).

4. Energimarknadsinspektionen 2014.

baltes. L'insuffisance des lignes de transport entre régions dans certaines circonstances a conduit à établir des zones de prix distinctes ; fin 2015, leur nombre s'élevait à 15, en incluant les pays baltes récemment connectés aux pays nordiques par des câbles sous-marins (les cartes correspondantes figurent en annexes 1 et 2). Les agences nationales de régulation ont suivi ces rapprochements, en se dotant d'une structure commune appelée Nord Reg, apte à exercer un contrôle sur toute la plaque nordique.

Ainsi, alors que la Suède détient une capacité totale de production électrique de 35,5 GW, les grands consommateurs suédois en mesure d'acheter sur le marché de gros ont accès à un parc de 102 GW (Danemark, Finlande, Norvège et Suède) dont environ 45 % de la production se négocie sur le marché spot. Nord Pool a scindé les opérations en deux marchés autonomes, Elspot pour les transactions à 24 heures (*day ahead*) et Elbas pour les échanges infra-journaliers (*intraday*). Ces deux outils ne couvrent que les livraisons physiques ; les plateformes à vocation financière (marchés à terme et à option) ont été cédées en 2008 à NASDAQ OMX Commodities. Nord Pool a rejoint l'initiative PCR (*Price Coupling of Regions*) menée par les principales bourses de l'électricité en vue d'établir un algorithme unique d'allocation des capacités à l'échelle de l'UE, baptisé Euphemia.

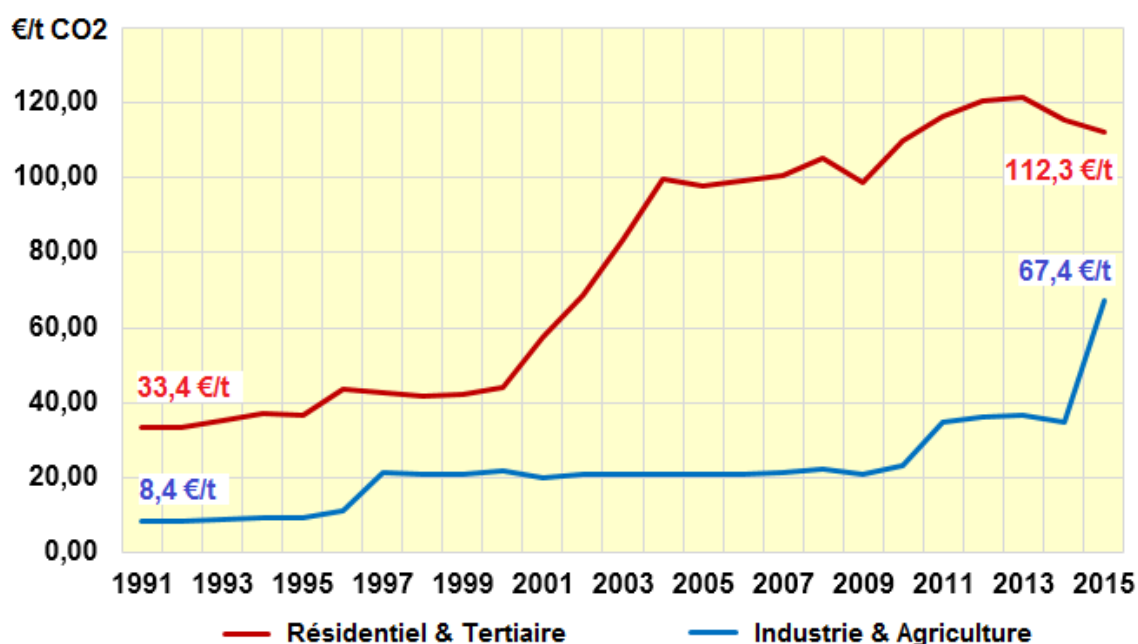
La taxation de l'énergie

La Suède a appliqué une taxe sur la consommation de produits pétroliers dès 1924. Cette taxe a progressivement touché toutes les autres formes d'énergie, avec des taux différenciés par énergie et par usage, chaleur ou transport. Cette taxe comporte un taux minoré, voire une exemption, pour l'industrie et l'agriculture. En 1991, dans le cadre d'un programme général de réduction de la pression fiscale, le gouvernement conduit par Carl Bildt (centre droit) a abaissé les charges sur le travail et les revenus et compensé partiellement la perte de recettes par une majoration des charges sur l'énergie. En premier lieu, le gouvernement a étendu la TVA aux consommations d'énergie, jusque-là épargnées, et appliqué des taxes sur les émissions de composés soufrés (SOx) et nitrés (NOx). En second lieu, il a diminué la taxe générale sur l'énergie mais introduit une taxe sur les émissions de CO₂, comportant à son tour un taux bas pour certains secteurs d'activité et très bas pour les industries grosses consommatrices d'énergie. Les deux taxes sont prélevées à la source, au moment de la vente par les producteurs, importateurs ou grossistes⁵.

5. IEEP 2014 & Ministry of finances, 2010.

Ces taxes ont subi une série de hausses au fil des ans. En 1991, celle sur les émissions de CO₂ valait 33,40 €/t pour les secteurs résidentiel et tertiaire et 8,40 €/t pour l'industrie et l'agriculture (hors secteurs intensifs en énergie). En 2015, son niveau se situait en moyenne à 117 €/t dans les secteurs résidentiel et tertiaire ; l'industrie et l'agriculture acquittent 67,40 €/t. Le graphique 2 retrace l'évolution de la taxe carbone de 1991 à 2015, et le tableau 1 reconstitue leurs montants pour 2015 ; les petites variations proviennent des fluctuations du taux de change entre la couronne suédoise et l'euro.

Graphique 2 : Évolution de la taxe carbone de 1991 à 2015



Source : H. Hammar 2011 & NAO 2012.

Tableau 1 : Taxe sur les émissions de CO2 et taxe sur l'énergie en 2015

		Taxe Energie		Taxe CO2		Total	
		Résidentiel et tertiaire	Industrie et agriculture	Résidentiel et tertiaire	Industrie et agriculture	Résidentiel et tertiaire	Industrie et agriculture
USAGE CHALEUR							
Gazole	€/litre	0,08	0,025	0,31	0,18	0,39	0,205
Charbon	€/tonne	64,13	19,28	278,83	167,3	342,96	186,58
Gaz naturel	€/m3	0,09	0,03	0,24	0,14	0,33	0,17
Bioénergies		0	0	0	0	0	0
USAGE TRANSPORT							
Essence	€/litre	0,33	0,33	0,26	0,16	0,59	0,49
Gazole	€/litre	0,18	0,18	0,31	0,18	0,49	0,36
Gaz naturel		0	0	0	0	0	0
Bioénergies		0	0	0	0	0	0
ELECTRICITE							
Electricité (*)	€/MWh	31.32	0.53	0	0	31.32	0.53

(*) Taux applicables au Sud de la Suède

Source : Swedish National Audit Office, Climate related taxes, 2012 ; Ministry of Enterprise, Energy and Communications, Report to the European Commission, Plan for implementation of Article 7 of the Energy Efficiency Directive, 5 December 2013 ; Eurostat, Euro/ECU exchange rates - annual data [ert_bil_eur_a], moyenne annuelle.

D'autres taxes frappent le secteur de l'énergie et le gouvernement module leurs niveaux de façon à influencer les choix des agents économiques. Ainsi, la taxe sur la puissance thermique des centrales nucléaires est passée d'un montant moyen de 0,19 €/MWh en 1993 à 6,79 €/MWh en 2014⁶. Dans le secteur des transports, la principale taxe s'apparente à une « vignette » annuelle ; elle épargne les acquéreurs de véhicules électriques ou hybrides rechargeables et inclut un taux réduit pour les véhicules fonctionnant au gaz naturel ou avec un mélange pouvant contenir plus de 80 % de biocarburant. Ce type de carburant reste par ailleurs exonéré de la taxe sur l'énergie et de la taxe sur les émissions de carbone.

La politique en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables

Après 1990, la Suède a accordé une importance particulière au développement des énergies renouvelables et surtout à l'efficacité énergétique. Les politiques publiques ont respecté les spécificités du pays, où l'on conjugue liberté d'initiative, incitation par des subventions, implication des autorités locales et orientation par les prix, ces derniers étant eux-mêmes influencés par diverses taxes. Une démarche pragmatique permet d'avancer dans un cadre réglementaire souple.

6. Naturvardsverket 2016 & Energimyndigheten 2015c.

Les dispositions marquantes adoptées en début de période, incluant la refonte de la taxation et l'effort en faveur de l'efficacité énergétique, ont été prises sans objectifs chiffrés. Ce n'est qu'en 2009 que le Parlement (Riksdag), dominé par une alliance de centre droit, a adopté un ensemble complet d'objectifs. La nouvelle majorité regroupant depuis 2014 le parti social-démocrate et le parti de l'environnement les a conservés sans changement. Ils se résument ainsi :

- 50 % d'énergies renouvelables en 2020,
- 10 % d'énergies renouvelables dans le secteur des transports en 2020, le parc de véhicules sera indépendant des carburants fossiles en 2030,
- 20 % d'amélioration de l'efficacité énergétique en 2020,
- 40 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre en 2020 (par rapport au niveau de 1990) dans le secteur hors ETS. À l'horizon 2050, le pays n'émettra plus de gaz à effet de serre⁷.

Politiques relatives à l'efficacité énergétique

Amorcés dès les années 1970, les efforts en matière d'économies d'énergie ont connu une accentuation marquée après 1990. Créée en 1998, l'Agence suédoise de l'énergie a déployé 14 représentations régionales, prodiguant localement informations, conseils et subventions aux responsables en charge de l'efficacité énergétique dans les 21 comtés et 290 communes du pays, qui les répercutent vers les entreprises ou les particuliers, et s'assurent du respect des règles conditionnant l'octroi des aides⁸.

Des actions spécifiques ont visé les grands consommateurs industriels d'énergie, structurées à partir de 2004 dans le programme PFE (*Programmet för energieffektivisering i energiintensiv industri*) ; en contrepartie de leur engagement, ces « énergies intensifs » ont été exemptés de la taxe sur l'énergie jusqu'en 2008, voire 2017 pour certains. Depuis 2010, toutes les entreprises consommant plus de 500 MWh par an peuvent recevoir une aide couvrant 50 % de leur dépense d'audit énergétique. Pour les ménages, les subventions liées à une rénovation peuvent s'élever à 11 000 € par logement⁹.

7. Regeringkansliet 2009. Cet objectif est avancé à 2045 par l'accord politique du 10 juin 2016.

8. Ministry of Enterprise, Energy and Communications 2013.

9. J.-E. Nilsson, 2011.

Politiques concernant les énergies renouvelables

Au début des années 1990, les pouvoirs publics suédois ont arrêté deux mesures qui ont modifié sensiblement le bilan énergétique. La première a consisté en la création d'une taxe sur les émissions de CO₂, dont le bois et certains déchets étaient exonérés. Cette taxe est décrite plus haut. La seconde mesure accordait des subventions aux collectivités, pour les travaux sur les réseaux de chaleur alimentés aux bioénergies, et aux particuliers acceptant d'y raccorder leurs logements (jusqu'à 30 % du montant des dépenses). Grâce à ces deux mesures conjointes, les réseaux de chaleur ont pénétré 245 communes et assurent 50 % des besoins du pays en chaleur ; en 2008, les bioénergies constituaient environ 71 % de leur approvisionnement¹⁰.

La combinaison des taxes et des aides a ensuite favorisé la production de biocarburants à partir des années 2000. Fin 2014, la Suède se classait en cinquième position au sein de l'UE pour la consommation de bioéthanol et au sixième rang pour celle de biodiesel. Le pays occupe la toute première place pour l'usage carburant du biométhane, représentant à lui seul 67 % des consommations en biogaz carburant de l'UE¹¹.

En revanche, jusqu'en 2002, ce dispositif n'avait pas réussi à stimuler la production d'électricité d'origine renouvelable issues des nouvelles filières (éolien, micro-hydraulique, etc.). En mai 2003, le Parlement a donc approuvé une ordonnance instaurant un système de certificats verts. Dans ce système, les producteurs d'électricité reçoivent un certificat pour chaque MWh produit à partir d'une filière éligible (les anciens barrages hydrauliques ne le sont pas), qu'ils peuvent vendre sur des plateformes dédiées. On impose aux fournisseurs d'électricité de remettre chaque année à une autorité compétente un nombre de certificats proportionnel à leurs ventes ; ils peuvent les acquérir sur ces plateformes. La valeur du certificat couvre en principe l'écart entre le prix du courant établi par le marché (Nord Pool) et le coût de production des nouvelles filières. L'attribution des certificats dure 15 ans par installation. L'obligation des fournisseurs représentait 7,5 % de leurs ventes en 2003 ; elle a augmenté graduellement mais de façon non linéaire jusqu'à 18 % en 2010 et devrait atteindre 20 % en 2020. Depuis 2012, la Norvège et la Suède, qui appliquent le même système, permettent aux fournisseurs de remettre des certificats acquis indifféremment dans l'un ou l'autre pays.

10. NREAP 2010. La tourbe est parfois incluse parmi les bioénergies dans les statistiques suédoises, bien que les règles européennes lui refusent la qualité de renouvelable.

11. EurObserv'ER 2015. Le biométhane résulte de l'épuration du biogaz pour éliminer certaines impuretés.

Entre 2003 et 2012, la production d'électricité renouvelable a augmenté de 13,3 TWh ; avec cet accord entre les deux pays, Norvège et Suède visent un objectif commun de 26,4 TWh en 2020¹².

La politique nucléaire

La Suède fait partie des pays pionniers en ce qui concerne le recours à l'énergie nucléaire, avec la réalisation d'un premier réacteur expérimental en 1954. Le lancement de réacteurs commerciaux modernes date de 1972 ; au total, 12 tranches ont été mises en service jusqu'en 1985.

Tout en témoignant d'une attitude majoritairement bienveillante dans les premières années de la production nucléaire, l'opinion publique suédoise montrait déjà une certaine méfiance. Les gouvernements successifs ont donné des garanties fortes, d'abord en matière de sûreté des installations, qui repose sur l'action de l'autorité nationale de sûreté nucléaire, la SSM, puis dès 1977 en matière de gestion des déchets radioactifs, en imposant aux exploitants d'externaliser cette tâche par le biais d'une entreprise dédiée, la SKB¹³.

La sensibilité de la population s'est révélée au lendemain de l'accident survenu à la centrale de Three Miles Island (à Harrisburg, en Pennsylvanie) en 1979. Bien qu'il n'ait provoqué aucune victime ni atteinte à l'environnement, les émanations radioactives étant demeurées à l'intérieur de l'enceinte de confinement, cet accident a soulevé une forte émotion en Suède. En mars 1980, lors d'un référendum national, 58 % des votants ont souhaité que le parc nucléaire suédois soit fermé au rythme de progression des énergies renouvelables et en fonction de la demande (contre 39 % qui exigeaient sa fermeture immédiate), aucune nouvelle centrale n'étant autorisée.

Ce référendum n'avait aucune valeur constitutionnelle, mais tous les partis politiques s'étaient engagés à tenir compte du résultat. Ils l'ont fait en 1991, après l'accident de Tchernobyl, par un vote au Parlement fixant la date limite d'exploitation du parc nucléaire en 2010. Cependant, en décembre 1995, une commission publique sur l'énergie a conclu que les moyens de substitution ne seraient pas suffisants à cette date. Par ailleurs, la récession économique qui a secoué le pays en 1992 et 1993 a montré l'importance d'une électricité à un coût modéré pour l'industrie suédoise, dont plusieurs branches demeurent fortement consommatrices. Une nouvelle loi, votée en juin 1997, a abrogé toute échéance mais a imposé la

12. NVE 2013.

13. SSM : Strålsäkerhetsmyndigheten SKB : Svensk Kärnbränslehantering AB.

fermeture de la centrale de Barsebäck, qui avait suscité depuis son lancement une violente opposition au Danemark, pays hostile à l'énergie nucléaire et dont la capitale n'est située qu'à 20 km de Barsebäck. La première tranche de cette centrale a cessé ses opérations en novembre 1999 et la seconde en mai 2005. L'exploitant Sydkraft, passé sous contrôle du groupe allemand E.ON, a obtenu une indemnité proche de 600 millions d'euros pour chaque mise à l'arrêt et la rétrocession d'environ 30 % du capital de la centrale nucléaire de Ringhals de la part de son propriétaire Vattenfall, afin d'éviter que ce dernier se trouve en position dominante sur le marché suédois.

La Suède a par ailleurs estimé que la perte de production de Barsebäck la contraindrait à construire des centrales au gaz. Le pays a obtenu en 2002 un aménagement de son engagement dans le cadre du protocole de Kyoto, d'autres pays européens acceptant de réduire davantage que prévu leurs émissions de CO₂ afin que la Suède puisse augmenter les siennes, le total de l'UE restant inchangé.

Après le vote de 1997, les exploitants nucléaires suédois ont compris qu'il deviendrait difficile de construire de nouvelles centrales. Ils ont donc saisi toutes les opportunités que leur laissait le cadre légal pour majorer la production de chaque site en remplaçant progressivement les équipements anciens par de nouveaux composants permettant d'augmenter la puissance disponible, sous le contrôle de l'autorité nationale de sûreté nucléaire SSM. Au total, le relèvement atteint près de 1 600 MWe, dépassant ainsi les capacités fermées à Barsebäck. Le tableau en annexe 3 décrit le parc nucléaire suédois avec les puissances rehaussées jusqu'au début 2016.

Les réticences d'une partie de la population suédoise à l'encontre de la production nucléaire n'ont pas rejailli sur les dispositions nationales relatives au stockage des combustibles usés. La SKB a pu ouvrir un centre de stockage intérimaire (CLAB) près de la centrale d'Oskarshamn et entreprendre l'aménagement d'un centre d'enfouissement final près de celle de Forsmark sans rencontrer d'opposition significative. Ce centre de stockage définitif devrait être opérationnel en 2020. Les dépenses correspondantes sont couvertes par un fonds pour les déchets nucléaires (*Kärnavfallsfonden*), indépendant des opérateurs, qui l'alimentent par le biais d'une taxe sur chaque MWh produit par leurs réacteurs. La SSM en propose le montant au gouvernement qui le fixe par voie réglementaire.

En 2009, la majorité de centre-droit menée par M. Fredrik Reinfeldt a ouvert la possibilité de remplacer chaque ancien réacteur par un modèle plus récent, à condition qu'il soit construit sur un site déjà en exploitation et que le nombre total de tranches en service reste égal à dix. Le texte adopté par le Parlement prévoyait la ratification de la convention

de Paris de 2004 qui élève la responsabilité des exploitants à 1 200 millions d'euros en cas d'accident, mais cette résolution n'a pas été mise en œuvre à ce jour. Un basculement politique a porté au pouvoir en 2014 une alliance entre le parti social-démocrate et le parti environnemental. Le gouvernement qui en est issu a relevé le niveau du prélèvement relatif aux déchets nucléaires à 4,30 €/MWh pour la période 2015-2017 et majoré de 17 % la taxe sur la puissance thermique des réacteurs nucléaires à partir du 1^{er} août 2015 ; son montant dépasse désormais 7 €/MWh. Avec des taxes aussi élevées et des prix de marché sensiblement déprimés, les travaux de remise à niveau bientôt nécessaires sur les réacteurs les plus anciens n'apparaissaient plus rentables. Ces travaux se révèlent en effet très coûteux en raison des nouvelles exigences de sûreté présentées par la SSM en octobre 2014, obligatoires à partir de 2020. Le groupe OKG a donc annoncé la fermeture de la tranche 1 de sa centrale d'Oskarshamn dès 2017 et le non redémarrage de la tranche 2, qui se trouvait à l'arrêt pour maintenance. De son côté, le groupe Vattenfall a envisagé l'arrêt définitif des tranches 1 et 2 de Ringhals en 2019 et 2020. Au total, près de 2 800 MW auraient été retirés d'ici 2020, soit environ 7 % de la capacité installée et 12 % de la production électrique annuelle de la Suède.

Les inquiétudes suscitées par cette perspective ont amené le premier ministre, M. Stefan Löfven, à reconsidérer sa politique. Après avoir remanié profondément son équipe le 25 mai 2016, il a entamé des négociations à la fois au sein de sa coalition et avec les partis d'opposition. Elles ont abouti le 10 juin 2016 à un accord par lequel le pays tend vers l'objectif de 100 % d'énergies renouvelables d'ici 2040 mais ne se fixe aucun terme pour le recours à l'énergie nucléaire. L'accord confirme les dispositions approuvées en 2009, notamment sur la possibilité de réacteurs neufs à la place des anciens, et prévoit la suppression en deux ans de la taxe sur la puissance thermique des réacteurs. Le manque à gagner pour l'État sera compensé par un relèvement de la taxe sur l'énergie que supportent les consommateurs résidentiels¹⁴. L'accord a été approuvé par cinq partis, ayant réuni 72 % des voix aux dernières élections et ayant obtenu 74 % des élus.

14. Regeringskansliet 2016.

Situation actuelle

Bilan énergétique

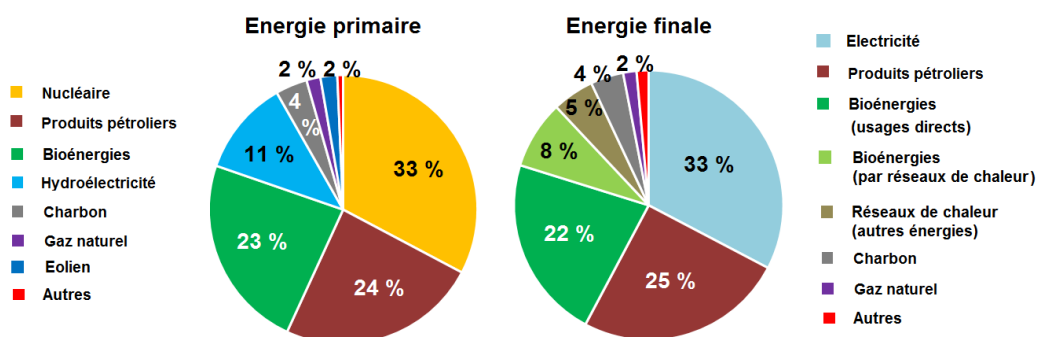
L'offre

En 2014, le bilan en énergie primaire de la Suède se singularise par trois aspects :

- Les combustibles fossiles occupent à peine 31 % du total, contre plus de 72 % pour l'ensemble de l'UE. Les produits pétroliers ne procurent que 24 % des ressources (34 % pour l'UE).
- La Suède se classe en tête de l'UE pour la place prise par les énergies renouvelables avec 36 % du bilan primaire (à égalité avec la Lettonie) ; en moyenne, leur apport demeure inférieur à 13 % dans l'UE 28.
- L'énergie nucléaire (33 %) se situe à un niveau très au-dessus de la moyenne européenne (14 %) ; seule la France lui accorde une place supérieure (45 %) ¹⁵.

Le graphique 3 illustre ces caractéristiques ; on voit que les sources renouvelables se décomposent en 23 % de bioénergies, 11 % d'hydroélectricité et 2 % d'énergie éolienne.

Graphique 3 : Bilans énergétiques de la Suède en 2014



Source : Energimyndigheten 2015a et Energimyndigheten 2015d.

15. Eurostat 2016a.

Le graphique 3 met en évidence une autre singularité suédoise : la place marginale dévolue au gaz naturel, qui ne comptait en 2014 que pour 2 % du bilan primaire. La Suède se classe ainsi au 24^e rang des pays consommateurs de gaz dans l'UE, derrière le Luxembourg. Le réseau de transport ne compte que 620 km de canalisation. Seules 30 communes sont raccordées, toutes situées dans le Sud-Ouest du pays ; Stockholm n'est pas alimentée en gaz.

Malgré l'étroitesse du marché national, le souci de diversifier les approvisionnements et de bénéficier de prix spot avantageux a poussé à la construction d'un premier terminal méthanier à Nynäshamn, inauguré en 2011. La Suède détient une spécificité : 9,4 % de la consommation finale de gaz sert à l'usage transport, contre 1,3 % en moyenne dans l'UE¹⁶. Le gaz naturel liquéfié (GNL) servira à l'usage transport, notamment comme carburant pour les navires côtiers. Un deuxième terminal de regazéification est en construction à Lysekil ; contrairement au premier, ce terminal pourra être raccordé au réseau.

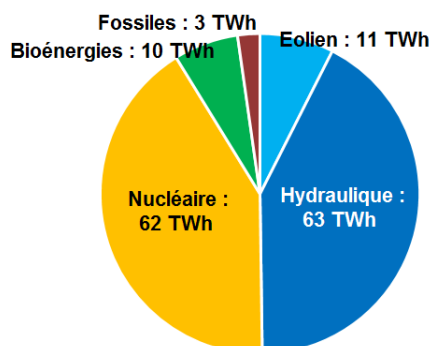
La transformation des ressources primaires en énergies finales aboutit à de nouvelles spécificités suédoises :

- Plus de 33 % des consommations finales se font sous forme d'électricité, contre moins de 22 % en moyenne européenne, niveau autour duquel se situent les grands pays : légèrement moins pour l'Allemagne, l'Italie, le Royaume-Uni (environ 21 %), légèrement plus pour l'Espagne et la France (environ 25 %).
- Les bioénergies en usage final dépassent 30 % du bilan suédois, alors qu'elles demeurent en dessous de 15 % dans l'ensemble de l'UE (biomasse solide et biogaz pour la chaleur ; biocarburants pour la mobilité).
- Les combustibles fossiles n'occupent qu'une place mineure dans la production d'électricité, moins de 2 % en Suède, face à une moyenne de 45 % dans l'UE¹⁷.

Au sein des énergies finales, la production d'électricité présente une physionomie exceptionnelle, qui apparaît de manière frappante sur le graphique 4. Les énergies renouvelables (56,3 %) et l'énergie nucléaire (41,4 %) permettent à près de 98 % de la production de provenir de sources non émettrices de gaz à effet de serre.

16. Eurostat 2016b.

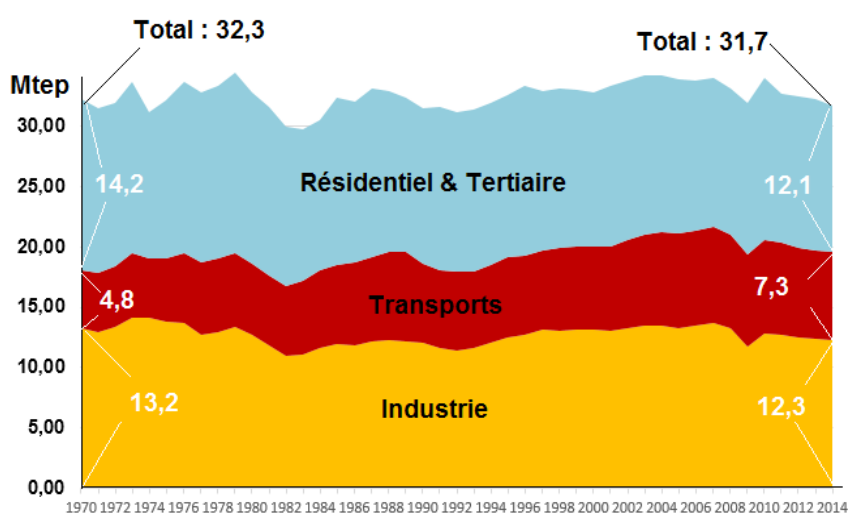
17. Commission Européenne 2015b et Eurostat 2016b.

Graphique 4 : Production d'électricité par source en 2014

Source : Energimyndigheten 2015c.

La demande

La consommation finale est restée remarquablement stable de 1970 à 2014, diminuant de 1,8 % sur la période. Le tassement observé dans les secteurs Résidentiel & Tertiaire et Industrie a été presque intégralement compensé par la hausse dans le secteur Transports.

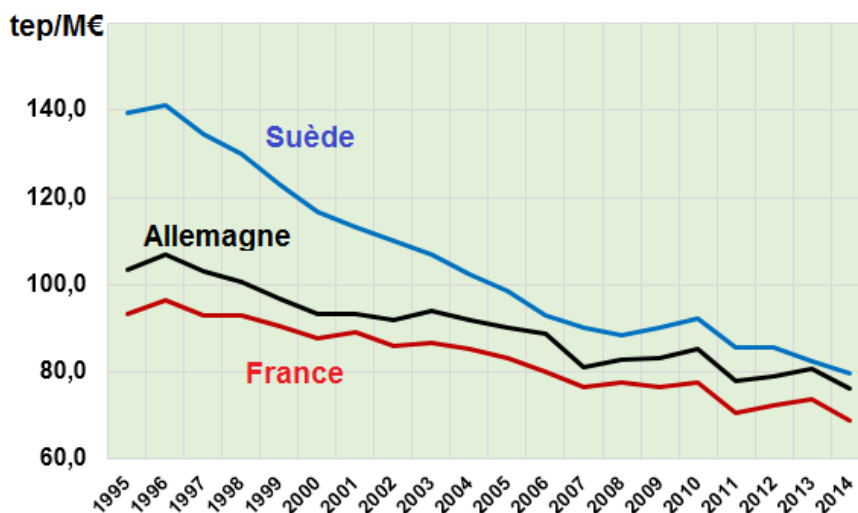
Graphique 5 : Consommation finale par secteur

Source : Energimyndigheten 2015e.

On notera que la population de la Suède a augmenté de 9,4 % entre 1995 et 2014, passant de 8,8 à 9,6 millions d'habitants. Ainsi, la consommation finale par habitant a chuté de 16,5 % en vingt ans, soit de 4 à 3,2 tep par an. Sur une période comparable (1973-2014), la France a connu une augmentation de population sensiblement supérieure (23,2 %) et n'a réussi à réduire la demande unitaire que de 8 % (de 2,7 à 2,6 tep par an et par personne)¹⁸.

Depuis l'adhésion de la Suède à l'UE, en 1995, on dispose de données homogènes pour la mesure du produit intérieur brut (PIB). On constate ainsi que la Suède conserve une intensité énergétique élevée, aussi bien pour ses ressources primaires, avec 123 tep par million d'euros [M€], que pour ses consommations finales, avec 74,3 tep/M€. L'intensité énergétique a néanmoins fortement baissé depuis 1995 en raison de la croissance soutenue du PIB (+ 2,6 % par an en moyenne) tandis que les consommations d'énergie demeuraient stables. Avec une croissance économique sensiblement moindre (+ 1,6 % par an), la France n'a pas pu enregistrer une baisse comparable. L'Allemagne se trouve dans une position intermédiaire, comme le montre le graphique 6¹⁹.

Graphique 6 : Intensité énergétique (énergie finale)



Source : Eurostat 2016a et Eurostat 2016e.

Les trois pays obtiennent aujourd'hui une intensité énergétique relativement proche, malgré des trajectoires distinctes, la Suède ayant vécu

18. Eurostat 2016a, Eurostat 2016d et CGDD 2015.

19. Eurostat 2016a et Eurostat 2016e.

des évolutions nettement différentes de ces deux pays et plus généralement des 14 autres pays qui composaient l'UE à son arrivée. Le tableau 2 illustre cet écart.

**Tableau 2 : Comparaison des situations de 1995 à 2014
(énergie finale)**

	1995		2014		Variation		Consommation par habitant	
	PIB par habitant	Intensité énergétique	PIB par habitant	Intensité énergétique	PIB par habitant	Intensité énergétique	1995	2014
	€ 2010	tep/M€	€ 2010	tep/M€	%	%	tep/hab	
UE 15	24 200	100,3	30 000	74,3	+ 24 %	- 26 %	2,4	2,2
Allemagne	26 400	103,3	33 800	76,3	+ 28 %	- 26 %	2,7	2,6
France	25 800	93,5	31 100	68,8	+ 21 %	- 26 %	2,4	2,2
Suède	28 500	139,4	40 300	74,3	+ 41 %	- 47 %	4,0	3,2

Source : Eurostat 2016a et Eurostat 2016f.

Émissions de gaz à effet de serre

Selon les données suédoises, les émissions de gaz à effet de serre du pays, qui atteignaient 71,9 Mt_{eq}CO₂ (millions de tonnes d'équivalent CO₂) en 1990, sont descendues à 54,4 Mt_{eq}CO₂ en 2014, soit une baisse de 24 %. Les données européennes normalisées s'interrompent en 2013, mais elles confirment que la Suède a réalisé un effort très supérieur à la moyenne des 15 pays d'Europe occidentale, qui ont réduit leurs rejets de 16,8 % (1990-2013)²⁰. Compte tenu de la croissance économique soulignée plus haut, la réduction rapportée au PIB apparaît encore plus spectaculaire : les émissions sont passées de 294 à 146 t_{eq}CO₂/M€. En 2013, l'économie suédoise affichait ainsi la plus faible empreinte carbone de l'UE, dont la moyenne vaut 345 t_{eq}CO₂/M€. L'Allemagne reste légèrement au-dessus de cette moyenne (353 t_{eq}CO₂/M€) ; la France occupe la troisième meilleure position (238 t_{eq}CO₂/M€), derrière le Danemark (224 t_{eq}CO₂/M€).

La performance de la Suède se retrouve également dans le classement en émissions par habitant : avec 5,8 t_{eq}CO₂/an, le citoyen suédois rejetait en 2013 deux fois moins de gaz à effet de serre que son voisin allemand (11,6 t_{eq}CO₂/an), et sensiblement moins qu'un danois (9,7 t_{eq}CO₂/an), un britannique (9 t_{eq}CO₂/an), un français (7,5 t_{eq}CO₂/an) ou que l'européen moyen (8,8 t_{eq}CO₂/an, UE 28).

20. Naturvardsverket 2016b et Eurostat 2016g. Émissions hors changements d'usages des sols et transports internationaux.

Les données retenues ici ne prennent pas en compte le changement d'affectation des sols et des forêts²¹. Comme dans la plupart des pays européens, la Suède enregistre une extension des zones boisées ou espaces naturels, qui jouent un rôle de puits de carbone. On pouvait craindre que le recours massif à la biomasse dégrade ce critère, mais il est resté stable, les zones vertes suédoises absorbant 40,9 MteqCO₂ en 1990 et 41,6 en 2013. Seule la France fait mieux au sein de l'UE, ses sols ayant retenu 46,7 MteqCO₂ en 2013 (37,6 MteqCO₂ en 1990)²².

La Suède a donc rempli facilement ses engagements dans le cadre du protocole de Kyoto, pris au terme d'un accord interne à l'UE qui l'autorisait à majorer ses émissions entre 2008 et 2012 de 4 % au-dessus de leur niveau de 1990. Les émissions comptabilisées durant ces cinq années ont en fait baissé d'environ 15 % par rapport à celles de 1990²³. La Suède paraît aussi en très bonne voie pour satisfaire à l'obligation fixée en 2009 par l'UE, consistant à réduire de 17 % ses émissions dans le secteur non couvert par le système EU ETS, entre 2005 et 2020. Selon le dernier rapport d'étape de la Commission européenne, la trajectoire actuelle de la Suède devrait lui permettre d'atteindre une baisse de 28 %²⁴.

Énergies renouvelables

Nous avons vu dans le chapitre I que la combinaison de taxes sur les émissions de CO₂ avec des subventions en faveur des réseaux de chaleur a stimulé le développement des bioénergies après 1990. Leur place dans le bilan énergétique primaire a grimpé de 11 % en 1990 à 23 % en 2014, selon une pente pratiquement linéaire, atteignant 11,2 Mtep en 2014 (sur une consommation primaire totale de 47,7 Mtep).

Dans les premières années, ces bioénergies se composaient principalement de bois et de liqueur noire, sous-produit issu de la fabrication de pâte à papier, une industrie qui occupe une place importante en Suède. Dans les années 2000, une série de mesures fiscales donne aussi un avantage aux biocarburants et au biométhane : dégrèvement de TVA, exonération des taxes sur l'énergie et sur les émissions de CO₂, primes à l'achat de véhicules... En 2006, la loi impose aux distributeurs de carburants d'installer au moins une pompe destinée à un carburant alternatif. L'effet de ces mesures est amplifié par des initiatives locales : exemption de la « redevance embouteillage » (*congestion charge*), création

21. En anglais, LULUCF – *Land use & Land use change and forestry*.

22. Eurostat 2016a, Eurostat 2016e et Eurostat 2016f.

23. Naturvardsverket 2016b.

24. Union Européenne 2009 et Commission Européenne 2015a.

de files de circulations réservées, stationnement gratuit, ou encore commande de véhicules « propres » pour les services municipaux. Les constructeurs automobiles suédois (Saab et Volvo) ont adapté immédiatement leur offre, avec notamment des voitures dites « flex fuel », aptes à rouler avec un mélange pouvant contenir jusqu'à 85 % de bioéthanol. Fin 2014, la ressource primaire en bioénergie se ventilait comme suit :

Tableau 3 : Bioénergies à fin 2014

	Mtep
Bois	5,3
Liqueur noire	3,7
Biocarburants	1,2
Biogaz	0,1
Part organique des déchets ménagers	0,8
Total	11,2

Source : *Energimyndigheten 2015f*.

Le bois est commercialisé pour moitié environ sous la forme moderne de plaquettes forestières (*wood chips*) ou de granulés (*wood pellets*), procurant une plus grande facilité de stockage et transport, en vrac ou en sacs, ainsi qu'une meilleure combustion. En 2014, le bois domine l'alimentation des réseaux de chaleur où il représente 62 % des énergies consommées, contre 9,2 % pour les combustibles fossiles. Ces réseaux ont utilisé des chaudières électriques jusqu'au milieu des années 1990 : elles fournissaient 15 % des apports en 1990, mais cette technologie est désormais remplacée par les pompes à chaleur (8,5 % des besoins en 2014) ou la récupération de chaleur dans les bâtiments, le métro, etc. (pour 7,5 % des ressources, en 2014). Une partie du bois sert à la production d'électricité, pour 9,1 TWh en 2014. Toutes les centrales électriques consommant du bois en Suède fonctionnent en cogénération, produisant aussi de la chaleur.

La taxe sur l'énergie et celle sur les émissions de CO₂ ainsi que les subventions locales ont suffi pendant une décennie pour que le bois déloge les combustibles fossiles dans une bonne part de l'usage chaleur²⁵. Toutefois, cette formule a semblé inadaptée pour la production d'électricité seule. Le mécanisme des certificats verts entré en vigueur en 2003 a ciblé précisément l'électricité, puisque seuls les fournisseurs de cette énergie étaient soumis à l'obligation d'en collecter chaque année un nombre

25. En toute rigueur, il convient de rappeler aussi que la Suède a procédé à une dévaluation de sa monnaie de 21 % entre 1992 et 1993, renchérissant ainsi le prix des combustibles fossiles, tous importés.

proportionnel à leurs ventes. Ce dispositif laisse aux producteurs d'électricité la liberté de choisir leur source renouvelable. Dans les faits, la construction de nouveaux barrages apparaît extrêmement difficile, compte tenu des textes protégeant les cours d'eau non encore équipés, et la cogénération ne trouve sa rentabilité qu'en valorisant la chaleur produite, or les besoins susceptibles d'être satisfaits par cette filière approchent de la saturation.

Le nouveau cadre légal a donc profité majoritairement à l'énergie éolienne. De 2002 à 2014, le parc hydroélectrique est resté inchangé, la capacité thermique a augmenté de 572 MW, tandis que la capacité éolienne s'est accrue de plus de 5 000 MW²⁶.

Le système des certificats verts reste neutre vis-à-vis de la technologie ; dans tous les cas, la rémunération que le producteur obtient équivaut à la somme du prix de l'électricité et du prix du certificat ; il privilégiera en conséquence la filière la moins chère. Selon l'association suédoise des producteurs éoliens (Svensk Vindenergi), la contrainte fixée aux fournisseurs d'électricité pour 2020 (couvrir 20 % de leurs ventes par des certificats verts) a suscité de nombreux projets : pour l'éolien terrestre, elle recense plus de 6 600 MW en dossiers confirmés et 12 000 MW en cours d'instruction, et pour l'éolien en mer près de 2 300 MW confirmés et 3 450 MW planifiés²⁷. Sauf exception, les installations en service avant 2003 ne reçoivent aucun certificat vert.

En revanche, les anticipations demeurent insuffisantes pour stimuler la production d'électricité à partir de sources telles que le biogaz ou l'énergie photovoltaïque. Le biogaz a trouvé des soutiens parmi les collectivités locales, qui stimulent son développement grâce à des subventions, et visent une valorisation de la production sous forme de carburant, notamment pour les flottes captives. Fin 2011, plus de 1 500 autobus roulaient ainsi en grande partie à partir de biométhane (biogaz épuré) en Suède, dont 250 à Stockholm. Le système des certificats verts convient mal à l'énergie photovoltaïque car il implique des coûts de transaction prohibitifs pour les petites installations. La baisse du coût des composants permet néanmoins un décollage de cette filière, certes encore modeste (79 MWc en service à fin 2014 et 0,06 % de la production électrique du pays), mais en croissance rapide. On estime que 8 % seulement de cette production a sollicité les certificats verts correspondants. Les premières réalisations ont été financées par des

26. Energimyndigheten 2015j.

27. Svensk Vindenergi 2016.

coopératives locales, dont la rémunération est venue principalement de contrats de vente avec des compagnies municipales²⁸.

Aspects économiques

En Suède comme dans tous les pays de l'OCDE, le prix à l'importation des combustibles fossiles, charbon, pétrole et gaz, se détermine au niveau international, à l'échelle mondiale pour les deux premiers, sur la plaque européenne pour le troisième. Le gouvernement ne peut guère influencer sur leurs cours, mais sa politique fiscale pèse sur le prix au client final. Les politiques promotionnelles en faveur des sources renouvelables s'ajoutent aux effets des choix fiscaux.

Fin 2015, le prix du gaz naturel à usage industriel en Suède est le deuxième plus élevé de l'UE, avec celui rendu en Finlande, pour tous les niveaux de consommation (de 300 MWh/an à 1,1 TWh/an). Il ne s'agit pas là d'une conséquence du régime fiscal, car le prix hors prélèvements figure déjà parmi les plus forts. En 2015, un industriel suédois situé dans la tranche moyenne de consommation (I3, soit de 3 000 à 30 000 MWh/an) paie le gaz près de 35 €/MWh alors que le bois lui revient moins de 20 €/MWh (hors taxes). Certes, ce prix correspond à des plaquettes forestières, exigeant des espaces de stockage et des frais de manutention très supérieurs à ceux du gaz, mais l'avantage semble tout de même substantiel, surtout sachant que le bois est exonéré de la taxe carbone²⁹.

L'essentiel des importations suédoises de produits pétroliers va à l'usage transport. Le Portail Européen de l'Énergie indique qu'en 2016 le prix de l'essence sans plomb se situe à 0,371 €/litre hors taxes, soit à un niveau inférieur à la moyenne européenne (0,425 €/litre – UE 28). Grevé de la taxe sur l'énergie, de la taxe carbone et de la TVA (au taux de 25 %, le plus élevé d'Europe), il passe à 1,267 €/litre en Suède, ce qui le place cette fois au-dessus de la moyenne (1,177 €/litre). Hors taxes, le prix du gazole pour moteurs Diesel figure en Suède à 0,455 €/litre, au-dessus de la moyenne européenne (0,436 €/litre). Frappé des taxes et de la TVA, il devient le troisième plus cher d'Europe, derrière le Royaume-Uni et l'Italie. Dans le cas des carburants, les conditions d'approvisionnement et la TVA jouent donc un rôle aussi important sur le prix final que la taxe sur l'énergie et la taxe carbone³⁰.

28. Baltic Biogas Bus 2012, AIE 2014 & Svensk Solenergi 2016.

29. Eurostat 2016g, et Energimyndigheten 2016.

30. Europe Energy Portal 2016.

En ce qui concerne l'électricité, le consommateur industriel suédois bénéficie d'un prix figurant parmi les moins élevés et souvent le plus bas d'Europe, aussi bien hors taxes que toutes taxes incluses. Pour les consommateurs électro-intensifs, en mesure d'effectuer leurs achats sur le marché de gros, le prix varie toutefois sensiblement selon les saisons, en fonction des précipitations, qui conditionnent la production hydroélectrique. En effet, au sein des quatre pays constituant le Nord Pool, le parc hydraulique représente près de 50 % des capacités installées (graphique 7).

Graphique 7 : Volatilité du prix spot sur le Nord Pool et composition du parc de production



Source : Nord Pool 2016 et Nord Reg 2014.

Sur le marché Nord Pool, on observe une tendance à la baisse depuis 2012.

Pour le petit consommateur domestique³¹, fin 2015, le MWh coûte 187 €, ce qui le place en cinquième position, derrière la France (168 €) ou les Pays-Bas (183 €), mais loin devant le Royaume-Uni (218 €), l'Italie (243 €), l'Allemagne (295 €), le Danemark (304 €)... Cette moyenne agrège toutefois des situations très variées, car les fournisseurs suédois offrent une gamme étendue de tarifs, avec ou sans prime fixe, à prix variable ou garanti pendant un, deux ou trois ans, et une modulation selon la consommation annuelle effective³². Cependant, alors que la Suède a équipé la totalité des

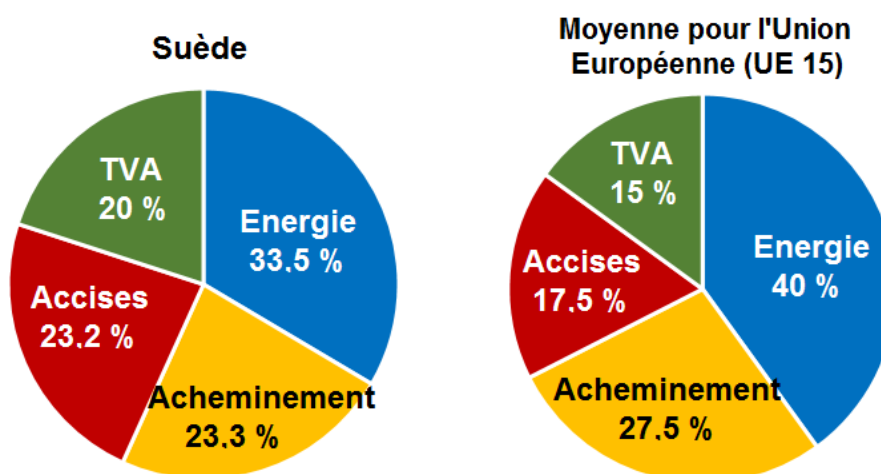
31. Tranche DC dans la classification européenne, consommation annuelle comprise entre 2,5 et 5 MWh par an.

32. Eurostat 2016g et Statistiska centralbyran 2016a.

consommateurs de compteurs électroniques, les fournisseurs ne proposent pas encore de tarifs modulés par tranche horaire (*time of use*)³³.

Ces prix s'entendent tous prélèvements et taxes inclus ; dans le cas de la Suède, ils comprennent la taxe sur l'énergie, le coût des certificats verts et bien sûr la TVA. On peut estimer la taxe sur l'énergie à 31 €/MWh pour 2015. Le coût du certificat vert n'est pas encore connu pour 2015, mais il n'a jamais dépassé 5 €/MWh depuis 2003 (coût rapporté à l'ensemble des MWh consommés). Pour mémoire, la part imputable aux énergies renouvelables s'élèvera à 15,10 €/MWh en France et à 63,50 €/MWh en Allemagne en 2016³⁴. Néanmoins, bien que le kWh suédois ne comporte quasiment pas de taxe sur le carbone, puisque la part des combustibles fossiles dans la production de l'électricité ne tient qu'une place infime, il supporte un taux de charge très élevé, comme l'illustre le graphique 8.

Graphique 8 : Décomposition de la facture d'un consommateur domestique



Source : Commission Européenne 2014 et Nord Reg 2014.

Le terme « accises » inclut ici toutes les taxes et redevances dont le montant est proportionnel à la consommation mais indépendant du prix de l'énergie.

33. Energimarknadsinspektionen 2014.

34. Energimyndigheten 2014, BMWi 2015, CRE 2015.

Perspectives et enseignements

De nouvelles réponses à trouver

Depuis vingt ans, la Suède affiche des performances économiques remarquables, tout en ayant réussi à stabiliser ses consommations d'énergie, réduire ses émissions de gaz à effet de serre, et augmenter la part des énergies renouvelables dans son bilan énergétique. Tous les indicateurs laissent penser que cette tendance se poursuivra jusqu'en 2020, mais peut-elle durer jusqu'en 2030 et au-delà ?

Réduire encore les émissions de gaz à effet de serre

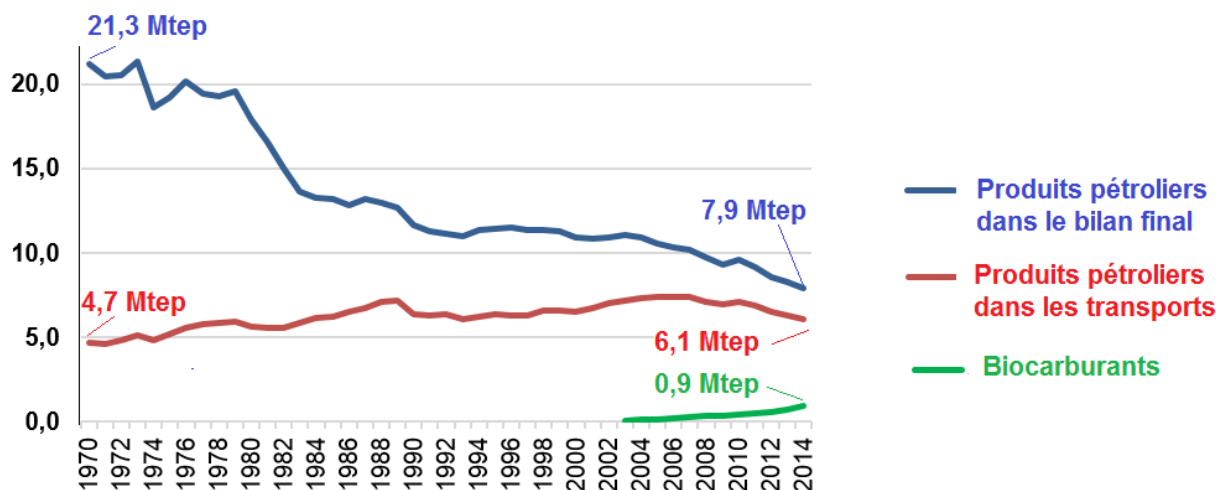
Nous avons vu que le bilan primaire ne comportait plus que 30 % d'énergies fossiles en 2014 : environ 24 % de produits pétroliers, 2 % de gaz et 4 % de charbon.

On remarque d'abord que la consommation de charbon n'a aucunement diminué en 35 ans, passant de 1,22 Mtep en 1970 à 1,25 Mtep en 2014. Le charbon sert principalement à l'industrie, qui constituait 68 % de la demande en 2014. Il part vers des secteurs tels que la sidérurgie et le ciment, où son remplacement se révèle difficile. Sauf à accepter une délocalisation des productions, les émissions issues du charbon offrent donc peu de marge de réduction à court terme. La Suède fait d'ailleurs partie des pays qui poursuivent les études relatives au captage et au stockage du CO₂ (technologie dite CCS, *Carbon Capture and Sequestration*), soit au plan national, au sein du programme SwedStoreCO₂, soit au sein de la plateforme régionale NORDICCS, associant les pays bordant la mer Baltique.

La consommation de produits pétroliers a fortement chuté depuis 1970, passant de 29 Mtep cette année-là à 11,5 Mtep en 2014. L'essentiel des volumes disponibles se répartit aujourd'hui entre l'industrie, où il sert en partie de matière première pour la pétrochimie, et surtout le secteur des transports, où l'essence et le gazole assurent encore 84 % des besoins. Les produits pétroliers ont ainsi abandonné le marché de la chaleur, mais après avoir progressé dans les transports (de 4,7 Mtep en 1970 à 7,4 Mtep en

2007), ils ne cèdent que lentement du terrain depuis cette date face aux biocarburants, au gaz naturel ou à l'électricité, puisqu'ils apportent encore 6,1 Mtep à ce secteur, ce qui apparaît sur le graphique 9.

Graphique 9 : Le transport dans le bilan énergétique final



Source : *Energimyndigheten 2015d et Energimyndigheten 2015g.*

La Suède semble avoir dépassé l'objectif 2020, consistant à obtenir au moins 10 % d'énergies non fossiles dans le secteur des transports, les biocarburants représentant en 2014 déjà 13 % des apports et l'électricité 3 %. L'objectif que le gouvernement retient pour 2030, un secteur des transports indépendant des carburants fossiles, paraît beaucoup plus difficile à atteindre. Comme par le passé, les mesures prises pour tendre vers ce résultat combinent les pénalités et les subventions. Parmi les pénalités, la ministre chargée du climat et de l'environnement depuis octobre 2014 avait annoncé une majoration de la taxe sur les carburants et la création d'une taxe applicable à tous les poids lourds pour l'usure causée aux routes (*Vägslitage skatt*)³⁵.

Parmi les subventions, le gouvernement a renforcé les aides à l'équipement en pompes délivrant du biométhane et en bornes de recharge électrique. En complément des biocarburants, les pouvoirs publics ont fortement encouragé la pénétration des véhicules électriques : de 2012 à 2015, une subvention de 4 600 € a été attribuée pour l'achat d'une voiture électrique ou hybride rechargeable. Leur part de marché peut bien sûr se développer grandement d'ici 2030 : les voitures électriques ont conquis 4,9 % des nouvelles immatriculations et les hybrides rechargeables 9,3 %

35. La ministre, M^{me} Asa Romson, a démissionné le 9 mai 2016.

en 2015. En revanche, en l'état actuel des techniques, la motorisation électrique pénétrera lentement dans les acheminements par camion ou autocar ; or les véhicules utilitaires représentaient 33 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports en 2014³⁶.

Le gaz naturel appelle une mention, car malgré sa part modeste dans l'approvisionnement énergétique du pays, il peut se substituer à certains usages des produits pétroliers, et notamment servir de carburant, avec un taux d'émission en CO₂ par kilomètre nettement inférieur, la réduction pouvant aller jusqu'à 16 % par rapport au Diesel et 20 % pour l'essence. Le développement du marché gazier en Suède constituerait certainement une solution d'étape pour la baisse des émissions, mais il ne conduirait pas à leur disparition³⁷.

En marge de ce tour d'horizon, l'agence suédoise pour l'environnement (Naturvardsverket) indique que durant la période 1993-2013, la Suède a réduit ses émissions de 30 %, mais en transférant une partie de sa consommation sur des produits importés, dont la production a engendré une augmentation des émissions estimée à 50 %. Cette évolution se retrouve dans l'ensemble de l'UE, dont l'appareil de production manufacturière change au fil des ans³⁸.

Augmenter encore la part des énergies renouvelables

Selon les statistiques européennes, plus de 52 % des consommations d'énergie de la Suède en 2013 provenaient de sources renouvelables, conférant à ce pays la première place au sein de toute l'Union, loin devant les seconds (Finlande et Lettonie, à égalité avec 37 %). L'objectif assigné à la Suède par la directive communautaire de 2009 se situait à 49 % en 2020, et le pays s'était donné en 2009 son propre objectif, 50 % : tous deux sont déjà dépassés³⁹. Selon l'accord entre les cinq principaux partis politiques conclu le 10 juin 2016, la Suède vise un objectif de 100 % d'approvisionnement à partir d'énergies renouvelables dès 2040.

On ne dispose à l'heure actuelle d'aucun scénario révélant les efforts pour réduire les consommations et les nouvelles sources à déployer à cette fin. Il paraît néanmoins probable que les obstacles à surmonter demeureront comparables à ceux qui surgissent pour tenir les engagements pris en 2009. Dans ce cadre, le gouvernement avait prévu que

36. Energimyndigheten 2015g et BIL Sweden 2016.

37. AFGNV 2016.

38. Naturvardsverket 2016c.

39. Commission Européenne 2015c.

25 TWh d'électricité seraient produits en bénéficiant de certificats verts en 2020. Aux termes de l'accord du 10 juin 2016, ce montant passera à 43 TWh en 2030. Selon le dernier inventaire disponible, la production entrant dans le régime des certificats verts s'est élevée à 15,4 TWh pour 2013. Les projections établies à ce jour laissent penser qu'en contraignant les vendeurs d'électricité à couvrir 20 % de leurs ventes de 2020 par des certificats verts on atteindra 25 TWh⁴⁰ ; pourtant quatre incertitudes subsistent :

Limites des ressources

Le système des certificats verts a attiré vers la production d'électricité des ressources nouvelles en bioénergies. Dans l'un de ses scénarios, l'Agence de l'énergie estime que les bioénergies pourraient fournir 2,4 Mtep supplémentaires d'ici 2030 (en sus des 11,2 Mtep produits en 2014), mais ce chiffre englobe tous les usages (électricité, chaleur, biocarburants) ; il inclut la tourbe et les déchets. Pour immenses qu'elles soient, les réserves en biomasse de la Suède ne sont pas inépuisables ; on évoque déjà l'éventualité de privilégier les arbres à croissance rapide dans le reboisement pour accroître la ressource, au détriment de la biodiversité naturelle. L'augmentation de la demande comporte une conséquence économique : entre 1993 et 2013, le prix des granulés de bois et des plaquettes forestières a été multiplié par deux. Aussi, dans un pays à économie ouverte comme la Suède, certains consommateurs importent ces produits, qui se négocient au plan international comme des *commodities* ordinaires, avec des prix parfois plus avantageux que la fourniture locale. En 2011, les importations représentaient 8,5 % de la consommation nationale de ce type de bois⁴¹.

Par ailleurs, la Commission européenne a annoncé que la biomasse solide ferait bientôt l'objet d'un bilan environnemental comparable à celui qui existe depuis 2009 pour les biocarburants : pour être classés « renouvelables », ces derniers doivent respecter un cahier des charges très strict, qui élimine les produits ayant nécessité trop d'énergie durant les phases initiales : collecte, traitement, acheminement. On ne trouve pas de simulations permettant de dire si une partie de la production suédoise de bois serait menacée par cette future norme, mais on ne saurait l'exclure⁴².

S'agissant de l'énergie éolienne, la Suède bénéficie d'un gisement considérable. En 2009, une étude de l'Agence Européenne de

40. Energimyndigheten 2014.

41. Energimyndigheten 2015h et Skogsstyrelsen 2016b.

42. Commission Européenne 2016.

l'Environnement plaçait le pays en tête de tous les États européens pour la ressource éolienne terrestre, avec un productible théorique de 4 560 TWh, devant la France (4 524 TWh), la Finlande (4 511 TWh) et le Royaume-Uni (4 409 TWh). Ce volume représente plus de 30 fois la consommation de l'année 2014 ; il a été calculé à l'horizon 2030, en intégrant les réductions de coût escomptées par effet d'apprentissage dans toute la filière. Seuls les sites autorisant un coût harmonisé de production équivalent ou inférieur à 65 €/MWh ont été retenus⁴³.

Cette étude suppose une acceptation sociale sans faille. Or l'énergie éolienne se heurte à une opposition structurée, avec la création d'une association comptant déjà 15 000 adhérents en 2009, motivés par la préservation des paysages et la lutte contre les nuisances locales engendrées par les machines (Föreningen Svenskt Landskapsskydd). La culture du dialogue propre à la Suède a cependant favorisé l'émergence d'un consensus, sous la forme d'une cartographie des zones où les riverains tolèrent l'implantation de fermes éoliennes. La production accessible sur ces zones atteint 20 TWh à terre et 10 TWh en mer en 2020, bien loin des évaluations théoriques de l'Agence Européenne de l'Environnement⁴⁴.

Conséquences sur le prix de l'électricité

En choisissant le mécanisme des certificats verts, qui stimule la concurrence entre les diverses technologies, la Suède a jusqu'ici exploité les sources renouvelables les moins onéreuses : bioénergies et éolien terrestre, sur les sites les mieux placés. Le résultat apparaît remarquable, avec une aide limitée à 23,50 €/MWh pour le courant issu de l'éolien terrestre (valeur du certificat vert en 2013), par exemple, contre 40,20 €/MWh en France, de 49 à 67,50 €/MWh en Allemagne, et plus de 54,20 €/MWh au Royaume Uni. La rémunération complète des opérateurs suédois s'obtient en ajoutant à cette aide le prix tiré de la vente du courant ; sachant que le prix moyen sur le marché spot (Nord Pool) s'est établi à 38,10 €/MWh en 2013, l'électricité d'origine éolienne a rapporté $23,5 + 38,1 = 61,60$ €/MWh. Ce niveau apparaît en bas de l'éventail des coûts estimés par les agences internationales⁴⁵.

Le faible coût de production des éoliennes suédois s'explique probablement par la rémunération raisonnable demandée par les apporteurs de capital, qui apprécient le cadre réglementaire solide et se

43. AEE 2009. L'énergie productible en 2030 citée ici (4 560 TWh) équivaut à la somme des productions jugées « compétitives » et « probablement compétitives » à la page 48.

44. Regeringkansliet 2009.

45. CEER 2015, Nord Pool 2016 et IRENA 2015.

contentent en conséquence d'une prime de risque modeste. Ce facteur pourrait cependant changer. Nous avons observé la baisse du prix du courant sur le marché Nord Pool (graphique 7) depuis 2013 ; elle se conjugue avec une baisse du cours des certificats verts, comme le montre le graphique 10. Ce cours dépend de plusieurs paramètres sur lesquels règne une forte variabilité : pluviométrie, régime des vents, niveau de la demande électrique... Si l'on ajoute à ces aléas les incertitudes sur le prix du courant, il en résultera vraisemblablement une hausse de cette prime de risque, la rentabilité des capitaux investis étant d'autant moins assurée que les meilleurs sites sont déjà équipés. En outre, le passage à l'éolien maritime ne peut s'envisager sans une augmentation sensible du prix du certificat vert. On en trouve une confirmation indirecte dans l'étude de l'Agence européenne de l'environnement mentionnée plus haut, qui considère qu'aucune ferme éolienne en mer n'atteindra le seuil de compétitivité en 2030.

Graphique 10 : Évolution du cours du certificat vert



Source : SKM 2016.

Toute augmentation du prix des certificats verts se répercutera à la vente. Pour préserver un bas prix de l'électricité au consommateur final, le gouvernement disposerait d'un levier d'action : réduire la taxe sur l'énergie, dont on a vu l'impact sur la facture en fin du chapitre 2. Ce faisant, il amoindrirait ses recettes fiscales, cette taxe ayant rapporté 2,2 milliards d'euros à l'État en 2014⁴⁶. Une diminution du taux de la TVA serait également envisageable, avec des conséquences identiques sur le budget

46. Statistiska centralbyran 2016b.

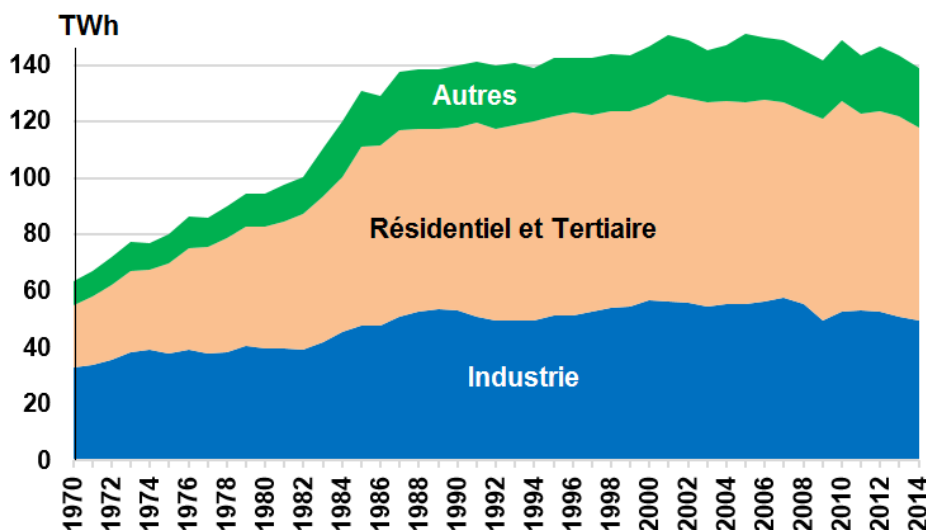
national. Mais l'accord politique du 10 juin 2016 prévoit au contraire une hausse de la taxe sur l'énergie frappant les consommations résidentielles.

Conséquences sur le parc existant

Partout en Europe, l'arrivée de volumes accrus d'électricité d'origine renouvelable qui bénéficie d'une rémunération complémentaire menace les producteurs « historiques » tirant leurs revenus du seul marché. En Suède, il s'agit de la grande hydraulique et des centrales nucléaires. Les unités à biomasse mises en service avant 2003 sont également fragilisées, puisqu'elles n'ont en général pas accès aux certificats verts, mais elles fonctionnent toutes en cogénération, et les recettes issues de la vente de chaleur atténuent l'impact de la concurrence sur la vente d'électricité.

Comme indiqué au chapitre 1 (section.4), E.ON et Vattenfall avaient envisagé la fermeture prochaine de quatre tranches nucléaires, dont les frais d'entretien paraissaient trop élevés au vu des conditions économiques et fiscales prévalant jusqu'en 2016. L'accord cadre du 10 juin 2016 éloigne cette menace et confirme implicitement que la perte de production engendrée par cette fermeture ne pouvait pas être compensée à court terme par une réduction équivalente de la consommation d'électricité. Celle-ci est restée très stable depuis 1990, autour de 144 TWh par an, dont près de 40 % en moyenne pour le secteur industriel, car la Suède a conservé une industrie puissante, générant près de 19 % du PIB (un taux supérieur à celui de l'Italie, de l'Espagne, du Royaume Uni ou de la France). L'électricité reste également utilisée pour le chauffage résidentiel des locaux non desservis par un réseau de chaleur, très souvent au moyen d'une pompe à chaleur (plus de 1,4 million de pompes à chaleur étaient en service en 2014 dans le pays). Le graphique 11 représente la demande électrique ; les fluctuations reflètent en général les écarts de température d'une année sur l'autre⁴⁷. L'accord politique du 10 juin 2016 axe dorénavant les efforts d'efficacité énergétique sur les consommations d'électricité et insiste sur le développement de leur flexibilité. Cet accord entérine ainsi le principe qu'une réduction de la demande assortie d'un assouplissement conditionne le développement des sources renouvelables ; dans l'intervalle, on ne saurait refermer la « parenthèse nucléaire ».

47. Energimyndigheten 2015i et Eurobserv'ER 2015.

Graphique 11 : Évolution de la consommation d'électricité

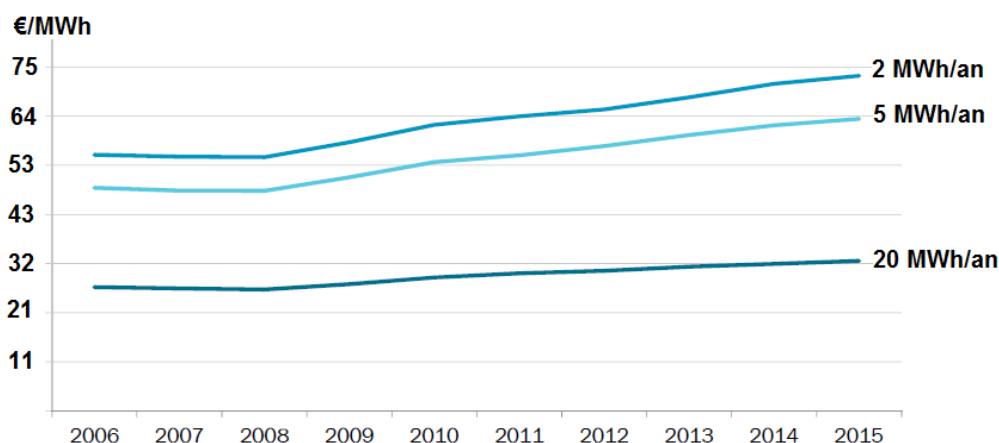
Source : *Energimyndigheten 2015i*.

Par ailleurs, en cas d'arrêts prématurés de tranches nucléaires, la facture de tous les consommateurs pourrait subir une hausse sensible. D'une part, le soutien financier aux installations de substitution comporterait bien sûr un coût, retransmis par le canal des certificats verts. D'autre part, si l'on abrégait la durée de vie de certains réacteurs, il conviendrait de majorer la taxe relative à la gestion ultime du combustible usé, puisque cette taxe porterait sur un nombre de MWh plus faible que prévu lors de sa détermination initiale. Une taxe majorée amoindrirait encore la compétitivité du parc nucléaire résiduel... au risque de hâter de nouvelles fermetures.

Perspectives relatives aux réseaux

Le développement des nouvelles sources renouvelables nécessite, en Suède comme ailleurs, des extensions et renforcements des réseaux. Il en résulte une augmentation des frais d'acheminement dans la facture d'électricité. L'Agence nationale de régulation (*Energimarknads-inspektionen*) a déploré dans son dernier rapport que cette augmentation frappe plus lourdement les petits consommateurs résidentiels que les gros, ce que reflète le graphique 12.

Graphique 12 : Augmentation des frais d'acheminement pour les consommateurs résidentiels



Source : Energimarknadsinspektionen 2014.

Mais la Suède est également sollicitée pour des renforcements qui profiteraient plus largement à l'ensemble de l'UE, en facilitant l'accès de tous les opérateurs à ses réserves hydrauliques, précieuses en relève (*backup*) d'une production intermittente. Le projet e-Highway 2050 préconise, dans tous ses scénarios, une montée en puissance de l'axe Nord-Sud traversant le pays, et son prolongement par une connexion sous-marine de grande capacité avec l'Allemagne.

À une échéance plus proche, le marché nordique se trouvera mieux connecté avec les marchés limitrophes, grâce à la réalisation de nouvelles lignes à haute tension avec les régions voisines, à partir du Danemark, de la Finlande, de la Norvège, et bien sûr de la Suède, à destination des pays baltes, l'Allemagne, la Pologne, le Royaume Uni... La liste des projets figurant dans le plan de développement à 10 ans des réseaux européens de transport électrique accorde une place importante à ces nouvelles liaisons.

Le renforcement des interconnexions tend à unifier les prix, aujourd'hui sensiblement différents selon les marchés. Dans les pays de la zone continentale, de la France à la Pologne, les prix de gros ont baissé, les centrales au lignite et au charbon devenues surcapacitaires en raison de l'afflux de courant d'origine renouvelable ayant inondé le marché d'une électricité produite à un faible coût marginal, notamment en Allemagne. Mais ce prix est resté néanmoins supérieur aux prix du marché Nordpool. Un rapprochement des prix de gros sur l'ensemble de l'UE se traduira vraisemblablement par une hausse sur le Nordpool. Cette évolution ne saurait réjouir la Suède, bénéficiant actuellement du prix hors toutes taxes le plus bas d'Europe sur le marché industriel, aussi bien en hiver (malgré

une faible production hydraulique) qu'en été, qui verrait donc sa marge concurrentielle s'effriter⁴⁸.

Des enseignements pour toute l'Union Européenne

La Suède fait partie des quatre pays les plus prospères de l'UE, apprécié en revenu par personne. Le pays affiche une consommation d'énergie par habitant supérieure d'environ 50 % de la moyenne européenne (UE 28 – énergie finale), mais les besoins en chauffage y sont 67 % plus forts (évalués en degrés-jours)⁴⁹. Malgré une politique extrêmement structurée en faveur de la maîtrise des consommations, l'intensité énergétique demeure élevée, en raison notamment de la part de l'industrie dans le PIB⁵⁰. Cependant, la Suède s'enorgueillit d'une empreinte carbone remarquablement basse, aussi bien par habitant que par unité de PIB, grâce à un mix énergétique primaire reposant à près de 70 % sur des sources non émettrices (nucléaire et renouvelables, essentiellement bioénergies, hydraulique et plus récemment énergie éolienne). Plusieurs particularités de la politique énergétique de la Suède ont contribué à ces bons résultats et peuvent apporter des enseignements utiles.

La taxation des émissions de CO₂

Les bioénergies ont pris leur essor grâce à deux dispositions améliorant leur compétitivité face aux combustibles fossiles : l'introduction d'une taxe sur les émissions de CO₂ et les aides publiques en faveur des réseaux de chaleur. L'expérience suédoise sur la taxation du CO₂ appelle trois observations :

- On reconnaîtra tout d'abord qu'elle n'a pas pénalisé l'économie, ni en termes de croissance ni en termes d'emplois.
- On observe ensuite que les entreprises grosses consommatrices d'énergie ont bénéficié de mesures d'accompagnement, sous forme d'appui en efficacité énergétique et d'un taux de taxe minoré. Le faible taux appliqué aux grandes entreprises a engendré des effets pervers durant les premières années d'application de la taxe : les compagnies papetières s'enrichissaient en consommant des combustibles fossiles pour leurs besoins propres, frappés d'une taxe modeste, et en revendant la liqueur noire, sous-produit de leur activité considéré

48. ENTSO-E 2014, Commission Européenne 2015d.

49. Eurostat 2016i et Eurostat 2016j.

50. Ratio de la consommation finale sur le PIB, mesuré en tep/M€.

comme une énergie renouvelable, aux chaufferies des réseaux de chaleur, qui subissaient la taxe à taux plein.

- On constate enfin que la taxe carbone n'a pas exercé d'effet déterminant sur le secteur des transports. Bien qu'un taux majoré s'applique aux carburants, il ne conduit pas à des prix très supérieurs à ceux enregistrés ailleurs en Europe.

En résumé, la taxe sur les émissions de CO₂ en Suède s'apprécie comme un outil ayant servi à diversifier les recettes de l'État, puisque son introduction s'est faite à pression fiscale constante (voire allégée). Cette taxe n'aurait pas réussi à réorienter les consommations sans politiques complémentaires, et elle trouve ses limites d'une part dans la nécessité de préserver la compétitivité des secteurs en compétition internationale, d'autre part face aux situations sans alternative vraiment satisfaisante, comme le transport ou certaines industries (sidérurgie, cimenteries). En effet, le taux général pour la totalité des taxes environnementales demeure faible en Suède : elles ne représentent que 2,2 % du PIB, ce qui classe le pays au 20^e rang européen, derrière le Danemark, l'Italie, le Royaume Uni... Pour l'ensemble des redevances sur l'énergie, qui incluent ici la taxe sur les émissions de CO₂, la Suède se place en 10^e position, avec un taux implicite de 220 €/tep en 2014, inférieur au taux moyen européen (UE 28) égal à 234 €/tep⁵¹.

Les dispositions en faveur des énergies renouvelables

Formulons tout d'abord deux remarques initiales. En premier lieu, la Suède dispose de ressources hydrauliques et d'une couverture boisée très supérieures à la moyenne ; elle détient le premier gisement forestier d'Europe⁵². En second lieu, le pays a développé l'hydroélectricité avant la libéralisation du secteur de l'électricité, à une époque où la détention d'un monopole territorial facilitait l'accès au financement, et il a pu développer ensuite l'usage chaleur de la biomasse grâce à des subventions locales antérieures aux lignes directrices communautaires qui les encadrent strictement aujourd'hui.

En ce qui concerne les nouvelles énergies renouvelables, la Suède ne bénéficie plus de ces conditions favorables et se trouve confrontée aux mêmes difficultés que les autres pays européens pour soutenir leur

51. Eurostat 2016l. Le taux implicite se calcule en divisant le montant total des recettes par la consommation finale d'énergie du pays.

52. FAO 2010.

croissance. Ainsi que nous l'avons évoqué plus haut, le pays a retenu à cette fin le mécanisme des certificats verts. Ce dispositif se trouve souvent décrié, car l'incertitude qui entoure la rémunération conduit les investisseurs à majorer leur prime de risque, de sorte que les installations coûtent en moyenne plus cher que celles réalisées sous le régime des tarifs d'achat garantis. Pourtant, la Suède a réussi jusqu'à ce jour à appliquer ce système de manière telle qu'il se révèle l'un des moins onéreux de toute l'UE. L'explication ne réside probablement pas dans le principe, mais dans les modalités : excellente visibilité (jusqu'en 2035), autorisation de conserver les certificats acquis (*banking*) pour les monnayer aux meilleurs moments, gestion subtile des obligations imposées aux fournisseurs. S'ajoutent à ces dispositions spécifiques un cadre général inspirant confiance aux agents économiques : stabilité de la réglementation, bonne tenue de la monnaie, organes efficaces de règlement des litiges, etc.

Cette situation avantageuse ne met cependant pas la Suède à l'abri des risques qui surgissent dans les pays voisins, relatifs aux freins à l'investissement. Un faible niveau de prix semble durablement ancré sur les marchés de gros européens, en raison des surcapacités que provoque l'arrivée massive de courant issu de sources renouvelables (environ 45 % de la consommation si l'UE confirme l'objectif envisagé pour 2030). Dans ces conditions, et probablement pour la décennie qui vient, la vente directe sur le marché ne suffira pas à rémunérer les investisseurs, non seulement pour les énergies conventionnelles, mais aussi pour les filières renouvelables gourmandes en capital, comme l'éolien ou l'hydraulique, dont le coût des composants baisse trop lentement (seuls les coûts de la filière photovoltaïque diminuent à un rythme comparable à celui des prix sur les marchés de l'électricité, mais le potentiel solaire de la Suède demeure limité). En conséquence, un soutien financier en complément du marché va rester durablement indispensable. Il sera vraisemblablement requis aussi par les installations arrivant en fin de vie technique : éoliennes, barrages et chaufferies au bois appelant un remplacement de composants lourds.

L'effort de recherche et développement

L'ensemble des difficultés pointées dans ce chapitre, qui affectent la Suède au même titre que les autres pays européens, pourraient être atténuées par des percées technologiques, pour stocker l'électricité, capter et stocker le CO₂, produire des biocarburants avancés et bien sûr réduire les consommations unitaires d'énergie.

Mieux qu'aucun autre pays européen, la Suède a saisi l'importance de l'innovation pour mener à bien la transition énergétique. Depuis

plusieurs années, la Suède fait partie des pays européens qui consacrent le plus de fonds aux programmes de recherche, démonstration et développement ; en 2014 elle arrivait en tête des pays européens en dépenses par habitant (mesurées en parité de pouvoir d'achat) et en 2012, dernière année connue, elle figurait au deuxième rang mondial, derrière la Suisse mais devant le Japon, les États-Unis, la Corée du Sud ou la Chine (effort évalué en euros par habitant)⁵³. La Suède dépose un nombre considérable de brevets chaque année.

Cet effort est très structuré. L'Agence suédoise de l'énergie définit les priorités en matière de recherche, qui sont ensuite traduits en projets élaborés par le Conseil suédois de la recherche et par l'Agence pour l'Innovation (VINNOVA), laquelle sert de relais auprès des programmes de R&D européens. Le Parlement réalise une évaluation du dispositif tous les quatre ans et vote les crédits nécessaires pour les quatre années suivantes. Les projets reçoivent en général un financement mixte, associant les deux Agences, les universités et les entreprises intéressées, ce qui facilite le passage à la réalisation de pilotes industriels et réduit les délais de dissémination des acquis. Entre 2003 et 2011, l'essentiel des dépenses ont visé l'efficacité énergétique (industrie, bâtiments et surtout transports) et les énergies renouvelables (notamment biomasse solide et biocarburants).

53. Eurostat 2016m.

Conclusion

En ce qui concerne l'énergie, les bons résultats actuels de la Suède ne semblent pas provenir d'une politique tout à fait spécifique, une sorte de clé unique donnant accès à une position éminemment enviable. On observe plutôt une capacité collective à prendre un tournant rapide, d'abord pour réduire la dépendance aux produits pétroliers, en développant l'énergie nucléaire, puis stimuler le recours aux bioénergies. On remarque ensuite une constance dans l'effort, en poursuivant des actions de long terme, en faveur de l'efficacité énergétique en premier lieu, des sources d'énergies renouvelables en second lieu.

Les performances environnementales enregistrées aujourd'hui n'auraient pas été atteintes sans des ressources naturelles avantageuses, hydraulique et biomasse, et les performances économiques présentes seraient probablement moindres sans le consensus politique qui a prévalu jusqu'ici sur le parc nucléaire et sur la gestion des déchets radioactifs. Sur ces plans, le modèle suédois n'apporte guère de solution aux pays moins bien dotés par la nature, moins tolérants à l'égard de l'atome, et moins aptes à accorder l'ensemble des forces politiques sur des réponses acceptables par le plus grand nombre. En revanche, ce modèle offre une source d'inspiration générale par sa cohérence, avec l'introduction d'une taxation du CO₂ qui contribue à orienter certains investissements, avec la pratique d'une intervention publique locale, sous forme d'aides techniques et de subventions en complément de l'initiative privée, ou encore avec un grand pragmatisme dans la gestion courante, conférant aux objectifs une simple fonction de repères et utilisant avec doigté les outils choisis, tels que les certificats verts.

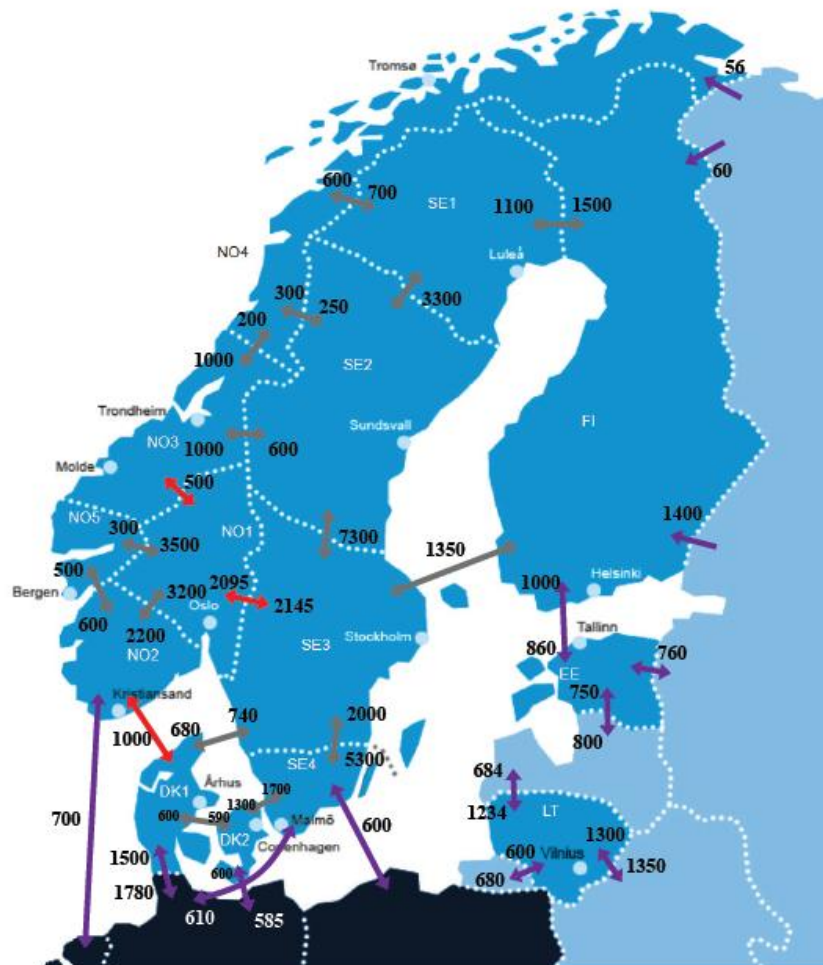
Ces enseignements émergent en même temps que des interrogations sur l'avenir du modèle suédois. Les inquiétudes concernent principalement l'électricité. Certes, l'accord en faveur de l'énergie nucléaire apporte une garantie de stabilité, mais les gisements d'énergies renouvelables à bon prix pourraient s'épuiser et l'intégration accrue du marché nordique dans un grand marché électrique européen risque d'éroder ses avantages compétitifs. Plus généralement, la Suède connaît maintenant les préoccupations communes à tous les pays déjà avancés dans leur transition énergétique. Les nouveaux progrès en matière d'efficacité énergétique se révèlent lents (transports) et coûteux (bâtiments), tandis que la pénétration à haut niveau de sources électriques

intermittentes exige des investissements considérables, pour la production (éolien maritime, par exemple), les réseaux (locaux ou à grande distance) et le suivi de charge (stockage éventuel). Comme les autres pays européens, la Suède se trouve désormais confrontée à la difficulté d'assumer ces investissements sans affaiblir ses acteurs économiques dans la compétition mondiale.

Cette difficulté est commune, mais l'aborde en bonne position, car les dirigeants politiques ont su s'entendre sur un cadre évitant toute précipitation coûteuse. Surtout, le pays se prépare mieux que d'autres à la transition énergétique par la place qu'il accorde à la recherche et l'innovation. Sur ce terrain, la Suède constitue un véritable modèle européen.

Annexes

Annexe 1 : Les zones de prix de l'électricité au sein du Nord Pool



Source : Nord Reg 2014.

Quatre pays, la Finlande, l'Estonie, la Lettonie et la Lituanie ne comptent chacun qu'une seule zone. Le Danemark est divisé en deux zones, la Suède est scindée en quatre zones et la Norvège comprend cinq zones.

Cette situation s'explique par la configuration des réseaux, apparaissant en annexe 2. Lorsque les capacités de transit entre deux zones deviennent suffisantes, en fonction de la demande, les prix s'égalisent.

Annexe 2 : Le réseau de transport électrique des membres du Nord Pool



Source : Energimarknadsinspektionen 2014.

Annexe 3 : Le parc nucléaire suédois en 2016

La Suède s'est intéressée très tôt à l'énergie nucléaire, avec l'établissement dès 1947 d'un centre de recherche, AB Atomenergi, ayant fait fonctionner un premier réacteur expérimental en 1954. En 1964, Atomenergi et une compagnie publique d'électricité, Vattenfall, ont inauguré à Ågesta un réacteur commercial à eau lourde, de petite puissance (65 MWth et 10 MWe) fournissant électricité et chaleur à la ville de Stockholm. Il a fonctionné 10 ans.

De leur côté, la compagnie privée Sydkraft et le constructeur ASEA ont conçu un réacteur à eau légère, sans achat de licence étrangère ; le premier exemplaire de ce modèle entièrement suédois a été mis en service en 1972 à Oskarshamn. Il s'agit d'un réacteur à eau bouillante (BWR) de 460 MWe ; il est exploité par le consortium OKG, qui a lancé deux autres réacteurs sur le même site. Sydkraft a retenu à nouveau la filière BWR pour les deux tranches de Barsebäck. Son concurrent Vattenfall a privilégié à son tour la filière à eau légère, mais a souhaité diversifier les technologies et a donc commandé pour le site de Ringhals à la fois un réacteur à eau bouillante auprès de ASEA et trois tranches à eau pressurisée (PWR) auprès de Westinghouse. Sydkraft et Vattenfall ont ensuite décidé de construire et exploiter en commun la centrale de Forsmark, dotée de trois tranches BWR.

La plupart des unités ont bénéficié depuis leur lancement d'améliorations permettant d'augmenter leur puissance nominale.

Le tableau ci-dessous décrit le parc nucléaire suédois avec les puissances rehaussées jusqu'au début 2016.

Réacteur	Opérateur	Type	Puissance (MWe)	Mise en service	Arrêt
Ågesta	Vattenfall	HWR	10	1964	1974
Oskarshamn 1	OKG	BWR	473	1972	2017
Oskarshamn 2	OKG	BWR	638	1974	2015
Oskarshamn 3	OKG	BWR	1400	1985	2045
Barsebäck 1	OKG	BWR	600	1975	1999
Barsebäck 2	OKG	BWR	600	1977	2005
Ringhals 1	Vattenfall & Sydkraft	BWR	878	1976	2019
Ringhals 2	Vattenfall & Sydkraft	PWR	807	1975	2020
Ringhals 3	Vattenfall & Sydkraft	PWR	1062	1981	2041
Ringhals 4	Vattenfall & Sydkraft	PWR	938	1983	2043
Forsmark 1	Vattenfall	BWR	984	1980	2040
Forsmark 2	Vattenfall	BWR	1120	1981	2041
Forsmark 3	Vattenfall	BWR	1187	1985	2045

Références

AFGNV 2016 : Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules, *Infrastructure GNV France 2020 – 2025*, mars 2016, page 11.

AEE 2009 : Agence européenne de l'environnement, *Europe's onshore and offshore wind energy potential*, 2009, page 48.

AIE 2013 : Agence internationale de l'énergie, *Energy Policies of IEA Countries – Sweden 2013 Review*, page 29.

AIE 2014 : Agence internationale de l'énergie, Photovoltaic Power Systems Programme, *National survey report of PV power applications in Sweden*, 2014, page 4.

Baltic Biogas Bus 2012 : *Production and supply of biogas in the Stockholm region*, 29 juin 2012, page 6.

BIL Sweden 2016 : Association des constructeurs et importateurs d'automobiles en Suède, Communiqué de presse, *Definitiva nyregistreringar under 2015*, diffusé le 7 janvier 2016, page 24.

BMWi 2015 : Ministère Fédéral Allemand de l'Economie et de l'Energie, *Renewable energy surcharge in 2016 : Facts and background*, communiqué du 15 octobre 2015.

CEER 2015 : Council of European Energy Regulators, *Status Review of Renewable and Energy Efficiency Support Schemes in Europe in 2012 and 2013*, publié le 15 janvier 2015, page 66.

CGDD 2011 : Commissariat Général au Développement Durable, collection Repères, *Chiffres clés de l'énergie*, Edition 2011, page 9.

CGEDD 2015 : Commissariat Général au Développement Durable, collection Références, *Bilan énergétique pour la France 2014*, Édition 2015, page 73.

Commission Européenne 2014 : Commission Staff Working Document, *Energy prices and costs report*, SWD (2014) 20 final/2 du 17 mars 2014, page 20.

Commission Européenne 2015a : *Climate Action Progress Report 2015*, page 8.

Commission Européenne 2015b : *EU energy in figures*, mai 2015, page 90.

Commission Européenne 2015c : *Annex to the Renewable energy progress report* COM (2015) 293 du 15 juin 2015, annexe 1 SWD (2015) 117, page 2.

Commission Européenne 2015d : *Quartely report on European electricity market*, 1st quarter of 2015 (page 12) & 3rd quarter of 2015 (page 13).

Commission Européenne 2016 : *A sustainable bioenergy policy for the period after 2020*, document de contexte pour la consultation publique ouverte du 10 février au 10 mai 2016.

CRE 2015 : Commission de Régulation de l'Énergie en France, *Augmentation estimée de 11 % des charges de service public de l'électricité par rapport à 2015*, Communiqué du 29 octobre 2015.

Energimarknadsinspektionen 2014 : *The Swedish electricity and natural gas market 2014*.

Energimyndigheten 2014 : Agence suédoise de l'énergie, *The Norwegian-Swedish Electricity Certificate Market*, annual report 2013, pages 35 et 21.

Energimyndigheten 2015a : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Total energitillförsel per energivara fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015b : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015c : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Elproduktion per kraftslag fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015d : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Slutlig energianvändning per energivara fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015e : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Slutlig energianvändning per sektor fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015f : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Användning av biobränslen per bränslekategori fr.o.m. 2005*.

Energimyndigheten 2015g : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Slutlig energianvändning i transportsektorn per energivara fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015h : Agence suédoise de l'énergie, Exposé de Mme Anna Lundborg, *Swedish renewable energy supply –present status and expected role of woody biomass in the future*, 27 août 2015, slide 9.

Energimyndigheten 2016 : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Trädbränsle- och torvpriser*, 29 février 2016.

Energimyndigheten 2015i : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Användning av el per sektor fr.o.m. 1970*.

Energimyndigheten 2015j : Agence suédoise de l'énergie, données en ligne, table *Installerad elproduktionskapacitet per kraftslag 1996–2014*, 2016

EurObserv'ER 2015, *État des énergies renouvelables en Europe*, Édition 2015.

Europe Energy Portal 2016 : Natural Gas and Electricity Fuel Prices, base de données en ligne consultée le 13 avril 2016, disponible sur : <https://www.energy.eu>.

European Commission 2015 : *EU Energy in figures – Statistical pocketbook 2015*, Luxembourg 2015, page 90.

Eurostat 2016a : *Simplified energy balances - annual data* [nrg_100a].

Eurostat 2016b: *Supply, transformation and consumption of electricity - annual data* [nrg_105a].

Eurostat 2016c: *Supply, transformation and consumption of gas - annual data* [nrg_103a]

Eurostat 2016d: *Population on January 1st by age and sex* [demo_pjan]

Eurostat 2016e : *PIB et principaux composants (production, dépenses et revenu)* [nama_10_gdp], PIB exprimé en volume aux prix en euros 2010.

Eurostat 2016f : *Principaux agrégats du PIB par habitant* [nama_10_pc] exprimé en volume aux prix en euros 2010.

Eurostat 2016g : *Prix du gaz pour consommateurs industriels*, données semestrielles (à partir de 2007) [nrg_pc_203], en euro par MWh

Eurostat 2016h : *Prix de l'électricité pour consommateurs domestiques*, données semestrielles (à partir de 2007) [nrg_pc_204].

Eurostat 2016i: *GDP and main components - Current prices* [nama_gdp_c], classement effectué en parité de pouvoir d'achat.

Eurostat 2016j : *Heating degree-days by NUTS 2 regions, Mean heating degree-days over period 1980 - 2004 - annual data* [nrg_esdgr_a].

Eurostat 2016l : Communiqué de presse 78/2016, *Les taxes environnementales ont constitué 6,3 % des recettes fiscales dans l'UE en 2014*, diffusé le 22 Avril 2016, [tables ESMS metadata file, envactaxesms et tsdcc36oesmsip].

Eurostat 2016m : *Dépenses totales de R&D intra-muros par secteur d'exécution* [rd_e_gerdtot].

Gouvernement suédois : Site Internet du gouvernement, pages dédiées aux référendums, consultées le 4 avril 2016, disponible sur : www.regeringen.se.

Hammar 2011 : Henrik Hammar and Susanne Åkerfeldt, *CO2 Taxation in Sweden - 20 Years of Experience and Looking Ahead*.

IEEP 2014 : Institute for European Environmental Policy, *Environmental Tax Reform in Europe : Opportunities for the future, final report for the Netherlands Ministry of Infrastructure and the Environment - Final Report*, Brussels, 30 May 2014, page 13.

IRENA 2015 : International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Power Generation Costs in 2014*, publié en janvier 2015, page 73. Taux de change du dollar 2014 : 1 € = 1,32 \$, fourni par Eurostat (série ert_bil_eur_a).

Jan-Evert Nilsson 2011, *Policy paper on renewable energy and energy efficiency of residential housing*, 2011, page 6.

J-F Vidal 2010 : Jean-François Vidal, *Crises et transformations du modèle social-démocrate suédois*, in *Revue de la Régulation – 2^e semestre 2010* (Maison des Sciences de l'Homme, Paris-Nord).

Ministry of Enterprise, Energy and Communications 2013, Memorandum to the European Commission, *Plan for implementation of Article 7 of the Energy Efficiency Directive*, 5 décembre 2013.

Ministry of Finances, 2010 : Exposé de Susanne Åkerfeldt & Mats-Olof Hansson, *CO₂ taxation in Sweden: The road 1991 – 2010 and onwards*, Dublin, 28 octobre 2010, slide 10.

NAO 2012, Swedish National Audit Office, *Climate related taxes*, 2012, Appendix 2, pages 118 et 119.

Naturvardsverket 2016a : Agence suédoise de l'environnement, *källdata_Tab12_1993-2014*, ligne Kärnkraftsskatt en 1993 et Skatt på termisk effekt i kärnkraft en 2014).

Naturvardsverket 2016b : Agence suédoise de l'environnement, *Utslapp-upptag-nationella-1990-2014*

Naturvardsverket 2016c : Agence suédoise de l'environnement, *Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-Sverige-och-andra-lander 1993-2013*.

Nord Pool 2016, Elspot Prices, Day-Ahead, System Prices in €/MWh.

Nord Reg 2014 : Nordic Energy Regulators, *Nordic Market Report 2014*, juin 2014, pages 43 et 52.

NREAP 2010 : Regeringkansliet, *The Swedish National Action Plan for the promotion of the use of renewable energy in accordance with Directive 2009/28/EC*, 23 juin 2010.

NVE 2013 : Norges Vassdrags- og Energidirectorate & Energimyndigheten, *The Norwegian-Swedish Electricity Certificate Market – Annual report 2013*, pages 8 & 11.

Regeringkansliet 2009 : *A sustainable energy and climate policy for the environment, competitiveness and long-term stability*, 5 février 2009.

Regeringskansliet 2015 : Communiqué du gouvernement du 11 mai 2015 : Höjd skatt på termisk effekt i kärnkraftsreaktorer.

Regeringskansliet 2016 : Ramöverenskommelse mellan Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna.

Sénat 1998 : Commission d'enquête sur la politique énergétique de la France.

Rapport de M. Henri Revol, remis le 20 mai 1998, Chapitre 2, section III.B.4.

SKB 2016 : Site Internet de la Svensk Kärnbränslehantering AB, pages concernant la mission de l'entreprise, consultées le 4 avril 2016, disponible sur : www.skb.com

SKM 2016 : Svensk Kraftmäkling : Société de courtage, Séries de prix du certificat vert, SKM Elcertificate price history, obtenue en ligne le 6 avril 2016, disponible sur : www.skm.se.

Conversion en euros à partir du taux de change moyen par année fourni par Eurostat (série ert_bil_eur_a).

Skogsstyrelsen 2016a, Agence suédoise de la forêt, *Utleveranser av trädbränslen med fördelning på bränsleslag* (Tabell 11.10)

Skogsstyrelsen 2016b, Agence suédoise de la forêt, *Utleveranser av trädbränslen med fördelning på bränsleslag* (Tabell 11.10), *Priser på*

trädbränsle och torv per MWh, fritt förbrukare, löpande priser exklusive skatt (Tabell 13.7) et Sveriges export och import av flis och dylikt (Tabell 15.11).

Équivalence énergétique du bois : $1 \text{ m}^3 = 0,147 \text{ tep} = 1,71 \text{ MWh}$

Statistiska centralbyran 2016a : *Elenergi priser, för olika typkunder vid tillsvidareprisavtal, Medelvärden.*

Statistiska centralbyran 2016b : *Totala miljöskatter i Sverige 1993-2014.*

Svensk Solenergi 2016 : Association suédoise de l'énergie solaire, *Installerad solcellseffekt per kommun i elcertifikatsystemet*, étude mise en ligne le 2 mars 2016.

Svensk Vindenergi 2016 : Association suédoise de l'énergie éolienne, *Vindkraftstatistik och prognos*, 18 février 2016, slide 5.

Union Européenne 2009 : Décision 406/2009/CE du 23 avril 2009 dite de « partage du fardeau » (*burden sharing*).

WNA 2016 : World Nuclear Association, Country Briefings, Sweden ; site Internet consulté le 24 mars 2016.

