

Summary

The electricity sector worldwide is undergoing a fundamental transformation of its institutional structure as a consequence of the complex interactions of political, economic and technological forces. The way the industry is organized is changing from vertically integrated monopolies to unbundled structures that favor market mechanisms. This process in Europe, known as the liberalization process, has had a wide impact on the European electricity industry. The focus of this dissertation is an analysis of the role of electricity power exchanges in the recently liberalized electricity markets of Europe. In the context of creating “a” competitive electricity market at a European level, the key questions considered are the functioning of these power exchanges with respect to electricity characteristics, market design and regulatory framework.

In Europe, very little attention has been paid to the role of these new marketplaces and to the issue of market design in general. Hence the main purpose of this work was to analyze how these marketplaces facilitate the trading of electricity and the role they can play in the construction of a pan-European competitive electricity market. An analysis of power exchange requires taking into account the “double-duality” of such institutions. One, power exchanges are both a market and an institution. As a market they facilitate the trading of electricity and determine an equilibrium price. As an institution power exchanges have their own objectives and constraints, and play a role in the market design of the overall electricity market. Two, the relationship between electricity power exchanges and liberalization is neither linear nor one way: liberalization encourages the birth of such marketplaces yet marketplaces are more than the results of such process, they are also a driving force of the liberalization process.

This thesis is divided into three parts. The current situation in Europe and different existing theoretical approaches in the literature are presented as a starting point for the analysis in **part 1** of the thesis. The EU legal framework of

the liberalization process, the role of electricity trading and the emergence of power exchanges is presented first (chapter 2). In this chapter we define a model including power exchanges which will be used as an analytical framework for the analysis. The theoretical concepts that will be used for the analysis are presented in the following two chapters. First, the different theoretical approaches of market design are presented (chapter 3). Then the economic theory models of market functioning and their application to electricity markets are discussed (chapter 4). This description led us to divide the analysis into two parts: power exchanges as organized market places (part 2 of the thesis) and power exchanges as institutions that are part of the global wholesale market design (part 3 of the thesis). In part 1 of the thesis we show that the emergence of power exchanges in Europe is a fundamental aspect of the actual design of European wholesale electricity markets; and that existing theoretical literature can provide guidance for an analysis, but that literature pertaining to the European situation is rather limited.

In **part 2** of the thesis power exchanges are considered as marketplaces with a specific type of functioning (chapter 5) which in turn involves interaction from participants (chapter 6). Finally the concrete output of these interactions is analyzed using empirical observations to estimate the level of competition on power exchanges (chapter 7). The main contribution of part 2 of the thesis is to provide a primer on the functioning of power exchanges in Europe which differ from other organized electricity markets and which have so far received little attention. Looking at the electricity markets at the European level, it can be seen that most power exchanges have been designed separately and that they have been designed to function at a national level. Keeping in mind that the objective of the liberalization process in Europe is to create a single electricity market, the results derived in part 2 of the thesis are taken as the starting point for part 3 of the thesis in which we determine if such a piecemeal design process has resulted in the creation of a single integrated electricity market.

Part 3 of the thesis begins with an empirical estimation of the level of integration of European electricity markets. The level of integration is estimated using an econometric test based on power exchanges prices (chapter 8). Such an analysis shows a low level of market integration at the European level. In the next step of the analysis an attempt is made to explain the reasons for such low market integration. The hypothesis developed is that the actual wholesale market design at the European level lacks efficient transmission pricing (chapter 9). We then present some different theoretical approaches to transmission pricing (Nodal/Zonal) and an analysis of actual successful examples of integrated markets (PJM, Nord pool). We conclude by providing some empirical evidence of inefficient transmission pricing in Europe. Finally we argue that the creation of an integrated market requires design at the European level rather than national market design (chapter 10). We present the positive points and drawbacks of the recent works realized by the European Commission and other European bodies such as the European Association of Transmission System Operators and the Council of European Energy Regulators. Finally, we emphasize the importance of “market” regulation through monitoring market design developments with particular attention paid to market power concerns. The objective of this part of the thesis is to show that design is a major missing piece of the European liberalization process; and that the issues of transmission pricing and market power especially, while fundamental to the creation of competitive electricity markets, have been widely overlooked. The concrete output of this part of the thesis is a definition of the main principles of a “European framework for market regulation” emphasizing the role of power exchanges through several recommendations for a step by step approach to the creation of an integrated market.

Samenvatting

De elektriciteitssector ondergaat wereldwijd, als gevolg van een complexe interactie tussen politieke, economische en technologische krachten, een fundamentele transformatie van institutionele structuur. De ordening van de industrie in de vorm van verticaal geïntegreerde monopolies verandert in een structuur van ontvlochten ondernemingen die via marktmechanismen met elkaar wisselwerken. Dit transformatieproces, beter bekend als de liberalisering van de elektriciteitssector, heeft een grote invloed op de Europese elektriciteitsindustrie. Dit proefschrift analyseert de rol die elektriciteitsbeurzen (*power exchanges*) spelen in de zo ontstane Europese elektriciteitsmarkt, met name met betrekking tot het functioneren van deze elektriciteitsbeurzen, het marktontwerp (*market design*) waarin beurzen hun rol kunnen vervullen en het regelgevend kader hiervoor.

In Europa is er tot nu toe weinig aandacht besteed aan het marktontwerp voor een geliberaliseerde elektriciteitsmarkt in het algemeen en de rol van elektriciteitsbeurzen daarin in het bijzonder. Dit proefschrift beoogt te analyseren hoe deze marktplaatsen de handel in elektriciteit bevorderen en welke rol zij in de vorming van een concurrerende pan-Europese elektriciteitsmarkt kunnen spelen. Bij een analyse van elektriciteitsbeurzen moet rekening gehouden worden met de inpassing van dergelijke instituties in de marktstructuur. Ten eerste zijn elektriciteitsbeurzen zowel een marktplaats als een institutie. Als marktplaats faciliteren elektriciteitsbeurzen de handel in elektriciteit en bepalen zij evenwichtsprijzen. Als instituut heeft een elektriciteitsbeurs zijn eigen doelen en beperkingen, en speelt deze een eigen rol in het functioneren van de gehele elektriciteitsmarkt. Ten tweede bestaat er ook een wisselwerking tussen elektriciteitsbeurzen en het liberaliseringsproces: Enerzijds bevordert liberalisering het ontstaan van zulke marktplaatsen, maar anderzijds zijn elektriciteitsbeurzen zelf ook een drijvende kracht achter het liberaliseringsproces.

Dit proefschrift omvat drie delen. **Deel 1** beschrijft de actuele situatie van de elektriciteitssector in Europa alsmede de verschillende modellen hiervoor uit de literatuur die een uitgangspunt vormen voor de verdere analyses. Het juridische kader van het liberaliseringsproces, de rol van de elektriciteitshandel en het belang van elektriciteitsbeurzen worden in hoofdstuk 2 beschreven. Tevens biedt dit hoofdstuk een model voor de elektriciteitsmarkt dat eveneens later gebruikt wordt voor verdere analyses. De theoretische concepten die hierbij de revue passeren, worden in de daaropvolgende twee hoofdstukken nader uitgewerkt. Hoofdstuk 3 beschrijft de verschillende theoretische vormen van marktontwerp. Vervolgens bediscussieert hoofdstuk 4 enkele economische modellen voor het functioneren van markten en de toepassing hiervan op de elektriciteitsmarkt. De twee vervolgdelen van dit proefschrift sluiten overigens op de analyses van dit eerste deel aan: Deel 2 analyseert de elektriciteitsbeurzen als georganiseerde marktplaatsen, terwijl deel 3 zich richt op het analyseren van elektriciteitsbeurzen als instituties die onderdeel zijn van het algehele marktontwerp en het liberaliseringsproces. Zo toont het eerste deel van dit proefschrift dat elektriciteitsbeurzen een fundamenteel onderdeel vormen van het ontwerp van Europese groothandelsmarkten voor elektriciteit en dat, hoewel de bestaande economische literatuur wel een handvat biedt voor nadere analyse, de huidige wetenschappelijke literatuur nog slechts beperkt is ingegaan op de recente Europese elektriciteitsmarkt.

In **deel 2** van dit proefschrift worden elektriciteitsbeurzen beschouwd als marktplaatsen. Hoofdstuk 5 beschrijft de functie van elektriciteitsbeurzen in de elektriciteitsmarkt. Hoofdstuk 6 onderzoekt vervolgens de interactie tussen de participanten op dergelijke marktplaatsen. Hiertoe is het niveau van concurrentie op de verschillende Europese elektriciteitsbeurzen ingeschat op basis van empirische gegevens (hoofdstuk 7). Het hoofddoel van deel 2 is om een analyse te geven van de bestaande Europese elektriciteitsbeurzen. Hoewel deze duidelijk verschillen van de marktplaatsen in andere georganiseerde elektriciteitsmarkten, is hier tot nu toe weinig aandacht voor geweest in wetenschappelijk onderzoek.

Uit de analyse van met name de Europese elektriciteitsmarkten kan geconcludeerd worden dat de meeste elektriciteitsbeurzen afzonderlijk zijn ontworpen en wel zó dat ze vooral op nationaal niveau dienden te functioneren. Met het doel van het creëren van een pan-Europese elektriciteitsmarkt in het achterhoofd, dienen de resultaten van deel 2 als basis voor het derde deel van dit proefschrift. Hierin wordt geanalyseerd in hoeverre de huidige stapsgewijze aanpak wel *kan* resulteren in één volledig geïntegreerde Europese elektriciteitmarkt.

Deel 3 van het proefschrift begint met een empirische inschatting van het niveau van integratie van de Europese elektriciteitsmarkten. Dit is gedaan door een econometrische toets uit te voeren voor de correlatie tussen de verschillende elektriciteitsmarktprijzen (hoofdstuk 8). Deze analyse laat zien dat het niveau van marktintegratie in Europa laag is. In een volgende stap is de oorzaak hiervan getracht te analyseren. Eén mogelijke reden lijkt de weinig efficiënte prijsvorming voor transmissie in het huidige Europese marktontwerp te zijn (hoofdstuk 9). Hoofdstuk 10 bespreekt vervolgens de verschillende (theoretische) prijssystemen voor transmissie (*nodal* versus *zonal*) en geeft een aantal succesvolle voorbeelden van marktintegratie (de *PJM-markt* in het noordoosten van de V.S. en *Nord pool* in Skandinavië).

De conclusie, gebaseerd op een aantal praktijkvoorbeelden, is dat het tarief voor transmissie in sommige Europese landen inderdaad op een inefficiënt niveau wordt vastgesteld. Daartegenover blijkt het voor het creëren van een volledig geïntegreerde Europese elektriciteitsmarkt – in plaats van de som van een aantal nationale markten – wel degelijk noodzakelijk te zijn dat transmissie efficiënt geprijsd wordt. De Europese Commissie en andere Europese organisaties zoals ETSO (*European Association of Transmission System Operators*) en de CEER (*Council of European Energy Regulators*) hebben inmiddels een aantal maatregelen en richtlijnen voorgesteld en (deels) geïmplementeerd met betrekking tot de tarifiering van landgrensoverschrijdende transmissie. Deze

worden eveneens besproken, en tevens wordt ingegaan op de belangrijke rol van marktregulering in het proces van marktintegratie. Dit betreft het maken van een marktontwerp en het monitoren van marktontwikkelingen, waarbij speciale aandacht uitgaat naar problemen betreffende marktmacht. Het doel van het derde deel is om te laten zien dat een eenduidig marktontwerp op Europees niveau een belangrijk onderdeel is in het liberaliseringsproces en dat met name het belang van marktmacht en transmissietarifiering tot nu toe danig zijn onderschat. Een concreet resultaat van dit laatste deel is dan ook het beschrijven van de grondbeginselen van een Europees kader voor marktregulering, waarin de belangrijke rol van elektriciteitsbeurzen wordt benadrukt. Dit leidt tenslotte tot een aantal aanbevelingen voor een stapsgewijze aanpak voor het ontwikkelen van een volledig geïntegreerde Europese elektriciteitsmarkt.

Résumé

En Europe comme ailleurs dans le monde, l'ouverture à la concurrence du secteur électrique, résultat de complexes interactions de forces politiques, économiques et technologiques, se traduit par de nombreux changements au niveau de l'organisation industrielle de ce secteur. Traditionnellement organisé autour de monopoles verticalement intégrés, le secteur électrique évolue vers une organisation décentralisée basée sur des mécanismes de marché. Au sein de cette nouvelle organisation de marché (*market design*), l'émergence de «bourses de l'électricité» (*power exchanges*) dans la plupart des pays Européens représente un aspect majeur. Cette thèse présente une analyse du rôle de ces bourses d'électricité dans le contexte de création d'un marché commun de l'électricité au niveau Européen. Pour cela l'analyse se concentre sur le fonctionnement de ces bourses d'électricité en tenant compte des caractéristiques de l'électricité, des problèmes d'organisation économique de marché et de régulation.

En Europe, le rôle des bourses de l'électricité en tant que places de marchés et la question même d'organisation de marché en général ont été peu étudiés. Ainsi, l'objectif de cette thèse est d'analyser comment ces places de marchés facilitent le négoce d'électricité et leur rôle dans la construction d'un marché de l'électricité commun au niveau Européen. Une telle analyse nécessite de prendre en compte la «double-dualité» des bourses de l'électricité. Premièrement, une bourse de l'électricité est à la fois un marché et une institution. En tant que marché, une bourse facilite le commerce d'électricité et détermine un prix d'équilibre, résultat de la rencontre de l'offre et de la demande. En tant qu'institution, une bourse de l'électricité a ses propres objectifs et contraintes, et joue un rôle dans l'organisation globale du marché de l'électricité. Deuxièmement, le lien de causalité entre bourses de l'électricité et processus de libéralisation n'est pas unidirectionnel. Certes le processus de libéralisation est à l'origine même de la création de ces places de marché. Cependant les bourses

d'électricité ne sont pas seulement un résultat du processus de libéralisation mais, une fois en place, représentent aussi un élément moteur de ce processus.

Cette thèse est divisée en trois parties. Dans un premier temps, la situation actuelle des marchés de gros électriques en Europe et les différents travaux théoriques sur le sujet sont présentés dans la **première partie** comme point de départ à l'analyse. Le contexte réglementaire européen encadrant le processus de libéralisation, le rôle du négoce (*trading*) d'électricité et les raisons de l'émergence de bourses d'électricité sont tout d'abord présentés (chapitre 2). Dans ce chapitre nous définissons un modèle analytique d'organisation de marché de gros comprenant une bourse de l'électricité qui sera utilisée comme modèle de référence pour la suite de l'analyse. Les deux chapitres suivants sont consacrés aux concepts théoriques et aspects technico-économiques spécifiques aux marchés électriques. Nous présentons d'une part, les différents modèles théoriques de design de marché (chapitre 3) et d'autre part les modèles économiques de fonctionnement de marché et leurs applications aux marchés électriques (chapitre 4). Ce travail nous amène à diviser notre analyse en deux parties : les bourses de l'électricité sont des marchés où plus précisément des places de marché (deuxième partie) et les bourses de l'électricité sont des institutions qui jouent un rôle dans l'organisation globale du marché de l'électricité (troisième partie). En conclusion, la première partie de cette thèse montre que l'émergence des bourses de l'électricité est un phénomène majeur qui représente un aspect fondamental du design du marché Européen et que la littérature disponible sur le sujet propose des pistes de réflexions intéressantes mais que les applications à la situation Européenne sont limitées.

Dans la **deuxième partie** de cette thèse, les bourses de l'électricité sont étudiées en tant que place de marché. Tout d'abord nous mettons en évidence les différentes règles de fonctionnement de ces places de marché (chapitre 5). Deuxièmement les différents types de comportement de la part des acteurs sont étudiés (chapitre 6). Enfin nous analysons le résultat concret de l'interaction des

acteurs en terme de concurrence à travers plusieurs observations empiriques (chapitre 7). La contribution majeure de la seconde partie de ce travail est de proposer une première analyse sur le fonctionnement des bourses de l'électricité Européennes qui présentent à la fois des caractéristiques différentes des marchés organisés de l'électricité observés ailleurs dans le monde et qui jusqu'à présent, de part leur émergence récente, n'ont pas été étudiées. Dans cette partie nous observons que l'ensemble des bourses de l'électricité ont été mises en place séparément les unes des autres et que leur mode de fonctionnement est national. Cette observation représente le point de départ de la troisième partie de cette thèse dans laquelle nous cherchons à savoir si cette ensemble hétérogène de marchés juxtaposés constitue un marché commun de l'électricité conformément à l'objectif du processus de libéralisation.

La **troisième partie** de cette thèse commence par une estimation empirique du niveau d'intégration des marchés électriques Européens. Le niveau d'intégration est estimé à partir de tests économétriques utilisant les prix fournis par différentes bourses d'électricité Européennes (chapitre 8). Cette analyse montre un faible niveau d'intégration au niveau Européen. Dans le chapitre suivant nous développons l'hypothèse que ce faible niveau d'intégration est directement lié aux lacunes du système actuel de transport en ce qui concerne la gestion des congestions au niveau des capacités d'interconnection entre pays (chapitre 9). Pour ce faire nous présentons les principales approches théoriques de gestion des congestions (Nodal/Zonal) et étudions deux exemples de marchés bien intégrés (PJM, Nord pool). Enfin nous mettons en évidence les inefficacité du système actuel à travers plusieurs études de cas. Dans le dernier chapitre nous arguons que la création d'un marché Européen de l'électricité nécessite la mise en place d'une organisation du marché (*market design*) au niveau Européen et non aux différents niveaux nationaux (chapitre 10). Nous présentons pour cela les différents intérêts et limites des récents travaux sur le sujet de la Commission Européenne et de d'autres organisations telles que l'association Européenne des gestionnaires de réseaux (ETSO) ou le conseil des régulateurs de l'énergie

Européen (CEER). Nous insistons sur l'importance d'une régulation de marché s'appuyant sur un suivi de près des développements du design de marché avec une attention particulière portée aux questions de pouvoir de marché. L'objectif de cette troisième partie est de montrer que le design de marché représente une pièce manquante majeure du processus de libéralisation et en particulier que les aspects transports et pouvoir de marché, bien que fondamentaux dans la création de tout marché de l'électricité, ont été relativement négligés jusqu'à présent. En conclusion nous proposons différentes pistes de réflexion sur comment utiliser les bourses de l'électricité comme élément de base à une «directive» posant des principes communs en terme de design de marché qui semble indispensable pour la construction d'un véritable marché Européen de l'électricité intégré et concurrentiel.