

**ASSYSTEM**

---

***Prospective du prix de l'électricité en Pologne à  
l'horizon 2017***

**DRAFT**

***Paris, Janvier 2008  
Version 1.0***

## Sommaire

---

Préambule.....	2
Situation macro-économique de la Pologne.....	2
1 Réforme et régulation du marché de l'énergie.....	2
2 Historique de la libéralisation du marché de l'électricité .....	3
3 Les acteurs du marché de l'électricité .....	4
Analyse prospective de la demande en électricité .....	5
1 Projection statistique de la consommation d'énergie électrique .....	5
2 Analyse qualitative de la consommation d'énergie électrique .....	6
2.a Analyse détaillée de la consommation des services .....	7
2.b Analyse détaillée de la consommation de l'industrie .....	7
2.c Analyse détaillée de la consommation des ménages.....	8
2.d Analyse de la consommation d'électricité par habitant.....	8
3 Analyse statistique de la demande en puissance électrique .....	9
4 Synthèse .....	10
Analyse prospective de la production d'électricité .....	11
1 Historique de la production d'électricité .....	11
2 La problématique environnementale.....	12
2.a Le mix énergétique polonais .....	12
2.b Les normes européennes.....	12
3 Le parc de production polonais .....	13
3.a Les centrales en fonctionnement .....	13
3.b Les projets de construction de centrales électriques.....	14
4 Importation et exportation d'électricité .....	14
5 Synthèse .....	15
Analyse prospective du prix de l'électricité.....	15
1 Projection statistique du prix de l'électricité.....	15
2 Modélisation du prix de l'électricité.....	17
2.a Introduction .....	17
2.b Scénarios et hypothèses.....	17
2.c Estimations et perspectives annexes.....	19
2.d Résultats.....	20
3 Synthèse et comparaison des résultats .....	21
Conclusion.....	21

## ***Préambule***

---

L'objectif de cette étude est la construction d'un modèle de prix de l'électricité en Pologne, valable jusqu'à l'année 2017. Ce pays a rejoint l'Europe depuis 2004, son économie est en proie à divers changements, notamment dans le secteur industriel, et paraît pouvoir attirer les investissements des grands groupes européens. Ce sont autant de raisons qui ont motivé le choix de la Pologne comme lieu de l'étude. La modélisation ne saurait être valable sur une période excédant dix ans, car cette période correspond au délai de concrétisation d'un projet de construction d'une centrale électrique.

Pour mener à bien la construction de la modélisation, nous avons effectué des études statistiques et qualitatives concernant la consommation, la production et le prix de l'électricité en Pologne. Afin de garantir leur validité, les résultats que nous obtenons sont ensuite confrontés à des prévisions des grands acteurs du marché de l'électricité en Pologne, et aux situations préexistantes dans d'autres pays européens.

## ***Situation macro-économique de la Pologne***

---

La Pologne est un pays comptant 38 millions d'habitants, dont 71% d'actifs, pour une superficie approximative de 310 000 km<sup>2</sup>. Malgré un taux de chômage élevé (environ 15%), la croissance est significative (5,8% en 2006) et l'inflation maîtrisée (1,3% en 2006).

### **1 Réforme et régulation du marché de l'énergie**

La réforme de l'énergie en Pologne est un des éléments clés de la restructuration du pays, débutée en 1989. La loi sur l'énergie a été votée le 4 Décembre 1997. Elle a pour objectifs de :

- Développer la compétition pour améliorer les capacités des opérateurs de l'énergie et ainsi diminuer le prix de l'énergie pour le consommateur final,
- Fournir les moyens nécessaires au développement du secteur,
- Assurer la sécurité énergétique du pays.

Depuis le 5 Décembre 2005, le marché est ouvert à la totalité des consommateurs finaux.

La réforme de l'énergie en Pologne a entraîné la création de l'URE (Commission de Régulation de l'Energie). L'URE régule les entreprises de l'énergie avec pour objectifs de sécuriser les intérêts des consommateurs, et de fournir aux entreprises du secteur de l'énergie les revenus nécessaires pour conserver un marché stable. Cette commission est indispensable étant donné la privatisation continue du secteur énergétique polonais. Ses principales responsabilités sont:

- La certification des entreprises qui produisent, transportent ou vendent de l'énergie,
- L'approbation des tarifs énergétiques,
- Les contrôle des standards de qualité pour les clients finaux.

## 2 Historique de la libéralisation du marché de l'électricité

1989 : début du processus de libéralisation, création de 35 entreprises de production, c'est-à-dire une entreprise par centrale existante et de 33 compagnies de distribution.

1990 : création d'un opérateur central du réseau (PSE) chargé de maintenir le système opérationnel.

1997 : série de privatisations chaotiques: presque complètes pour les centrales de cogénération (production mixte électricité-chaleur pour le chauffage central des grandes villes) aujourd'hui privatisées à 70%, plus timide pour les grandes centrales électriques (privatisées à 18%) et pour les sociétés de distribution (15%). Cette politique de privatisations est controversée aujourd'hui: certes elle a procuré des moyens au Trésor public, mais elle a rapporté bien peu aux sociétés; à terme, elle allait aboutir à la disparition de l'énergétique polonaise. Si on a cru un temps pouvoir piloter par le régulateur, on observe avec inquiétude les effets incontrôlables de la recomposition des multinationales de l'énergie. Dans ce contexte, à partir de la fin des années 90, on assiste à un mouvement de concentration et de regroupement des compagnies polonaises soutenues par leurs syndicats et le gouvernement polonais afin de résister cette libéralisation qui met à la merci des grandes multinationales les petites compagnies polonaises.

2001 : création de PKE (regroupement de 8 centrales)

2004 : création de BOT (regroupement de 3 centrales)

2007 : création d'un grand groupe contrôlé par l'état: PGE, fusion de PSE SA, BOT et 11 compagnies de distribution. Avec PGE (38 milliards PLN, 11 800 MW, 52,2 TWh/an, 40% production Pologne), on assiste à l'émergence d'un groupe en bonne santé financière avec une forte capacité d'investissement, indispensable pour relever les grands défis des années à venir avec le renouvellement du parc de production polonais.

1er juillet 2007 : aboutissement du processus de dérégulation (Third Party Access rule, TPA) commencé fin des années 80 : tous les consommateurs ont accès au marché dérégulé et peut choisir son fournisseur d'électricité selon sa convenance.

Le marché polonais dérégulé de l'électricité est organisé en trois types de marché :

- **CONTRACT MARKET** : commerce établi sur la base de contrats conclus entre les diverses entités présentes. Ce commerce représente, en 2004, 65% de la demande des ménages.
- **BALANCE MARKET** : achats additionnels d'électricité, le prix de vente étant basé sur les offres des fournisseurs.
- **EXCHANGE MARKET** : contrats périodiques d'apport d'électricité à une période donnée, les prix étant établis sur la base de l'équilibre entre offre et demande.

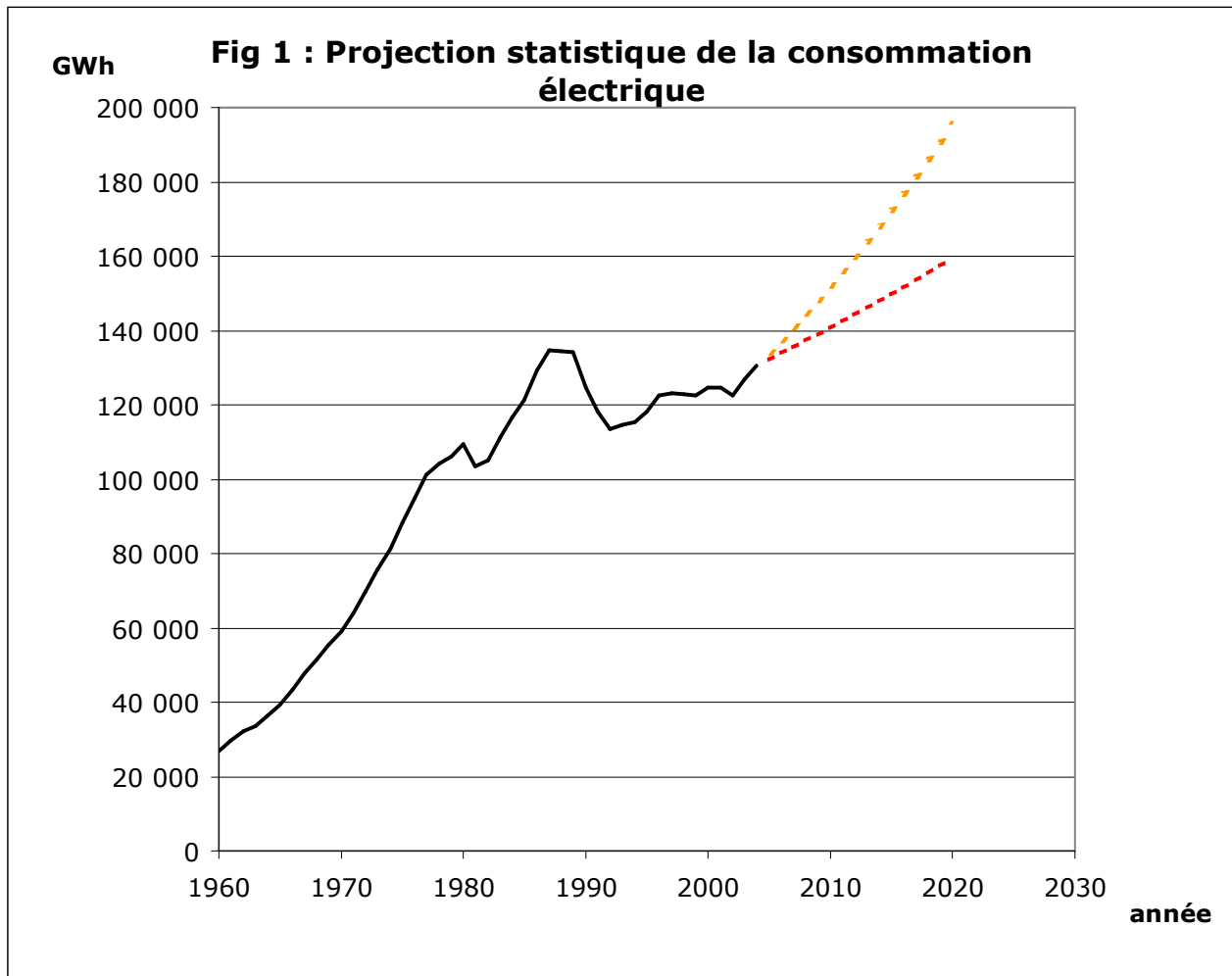
### **3 Les acteurs du marché de l'électricité**

Jusqu'à il y a peu très fragmenté, le secteur énergétique polonais est en pleine restructuration. Auparavant, 33 entreprises distinctes géraient le réseau de distribution (voltage inférieur à 110 kV) et vendaient de l'électricité. Ces compagnies sont trop petites pour mettre les installations polonaises aux normes européennes, et pour répondre au besoin de nouvelles capacités. L'état polonais a donc décidé de mettre en place quatre structures possédant des moyens plus conséquents. La structure de ces groupes est générique : il sont le résultat de la fusion de compagnies de production net de distribution existantes.

1. PGE, déjà créé, regroupe PSE SA (gestionnaire du réseau haute tension), BOT (premier producteur d'électricité polonais), et 11 distributeurs. Il est sous contrôle public.
2. Le deuxième groupe devrait naître de la fusion de la deuxième compagnie de production d'électricité (PKE) avec les compagnies de distribution Enion et Energia-pro et la centrale de Stalowa Wola.
3. Un troisième groupe rassemblera le complexe de génération PAK, la centrale d'Ostroleka et la compagnie de distribution Energa.
4. Enfin, un dernier groupe, plus petit, pourrait résulter de la fusion de la centrale de Kozenice, avec la mine de Lublin et la compagnie de distribution Enea.

## 1 Projection statistique de la consommation d'énergie électrique

La courbe ci-dessous représente la consommation d'électricité en Pologne de 1960 à 2004. Le taux de croissance moyen annuel de cette consommation ces dix dernières années est très stable, et égal à 1,25 %. Si l'on répercute ce taux de croissance sur les dix prochaines années, on peut donc estimer la consommation future d'électricité. Toutefois, considérant la situation économique et la croissance actuelle; et avec la récente entrée de la Pologne dans l'union européenne qui devrait générer des investissements étrangers, il est probable que la consommation d'électricité augmente plus rapidement. Ainsi, nous avons effectué la même démarche en calculant cette fois le taux de croissance moyen annuel de la consommation sur les trente cinq dernières années, période pendant laquelle la Pologne a également connu l'apport massif de capitaux étrangers. Cette fois, le taux de croissance annuel moyen est de 2,5%. Il résulte de ces deux estimations une fourchette d'évolution de la consommation d'électricité dans les dix prochaines années en Pologne.

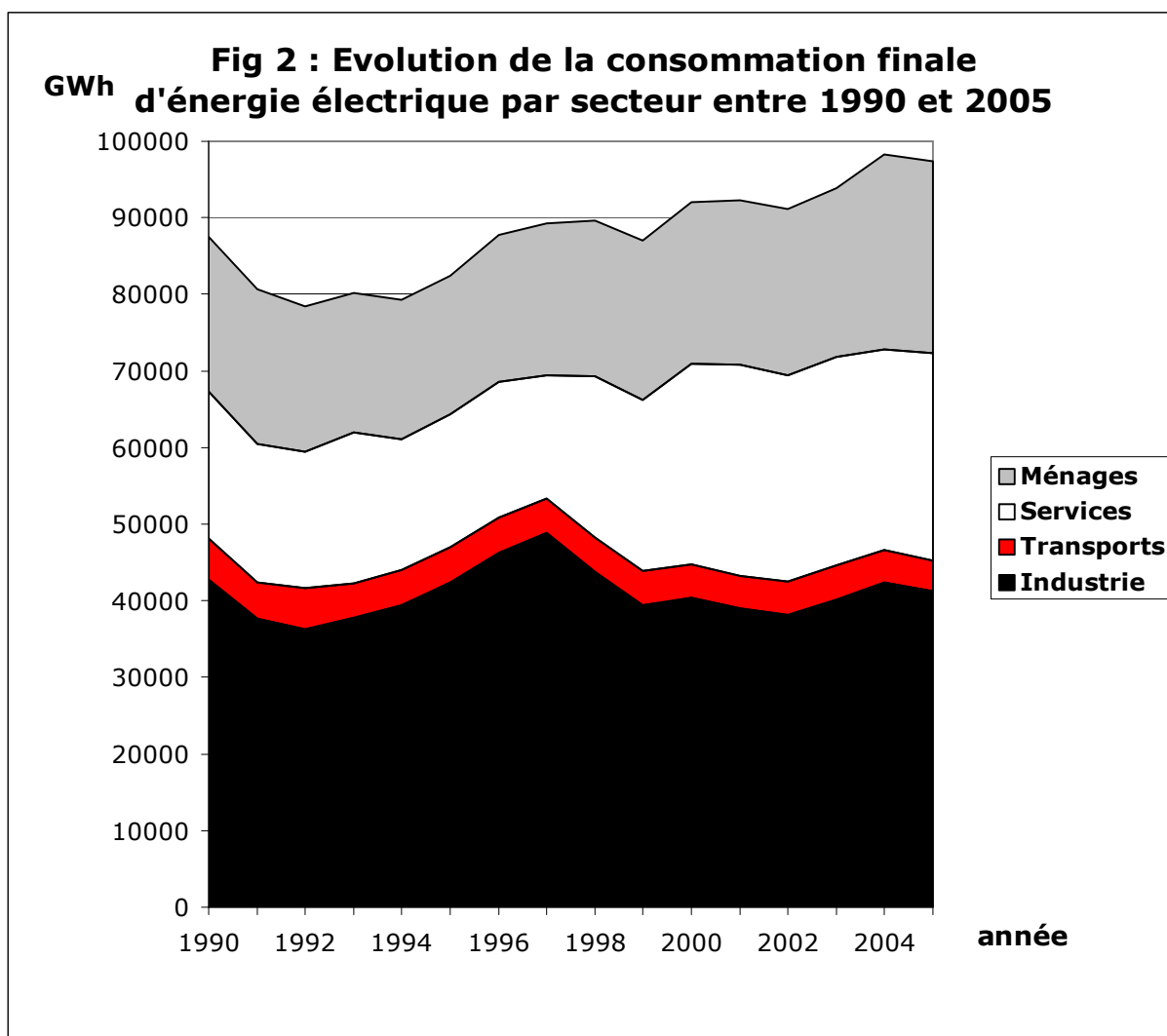


D'après ces modèles statistiques, la consommation d'électricité en Pologne devrait être comprise entre 145 et 160 TWh en 2012, et entre 155 et 180 TWh en 2017.

## 2 Analyse qualitative de la consommation d'énergie électrique

L'analyse précédente ne peut fournir qu'une fourchette d'évolution de la consommation d'énergie électrique, en raison de sa nature purement statistique. En complément de cette projection, nous avons donc réalisé une étude qualitative sectorielle de la consommation.

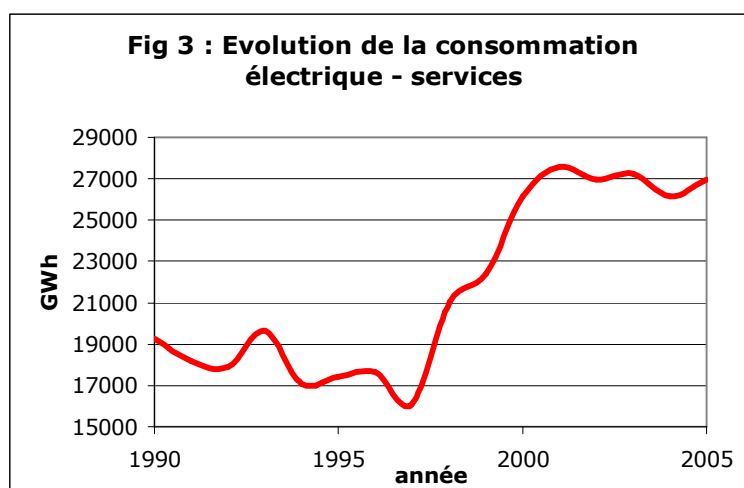
Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la consommation finale d'énergie électrique en fonction du secteur d'activité, entre 1990 et 2005. On peut noter une forte augmentation de la consommation des services et des ménages, qui traduisent l'évolution de l'économie polonaise ces quinze dernières années. La consommation du secteur de l'industrie représente encore presque la moitié de la consommation globale, ce qui est relativement proche des pays de l'EU15, dans lesquels cette part s'élève à 40% environ.



Les paragraphes suivants constituent une analyse détaillée secteur par secteur de la consommation d'énergie électrique. Ils permettent de donner une tendance de l'évolution de la consommation au sein de la fourchette définie dans cette partie. La consommation des transports ne représentant qu'environ 5% de la consommation totale, nous ne tiendrons pas compte de sa variation.

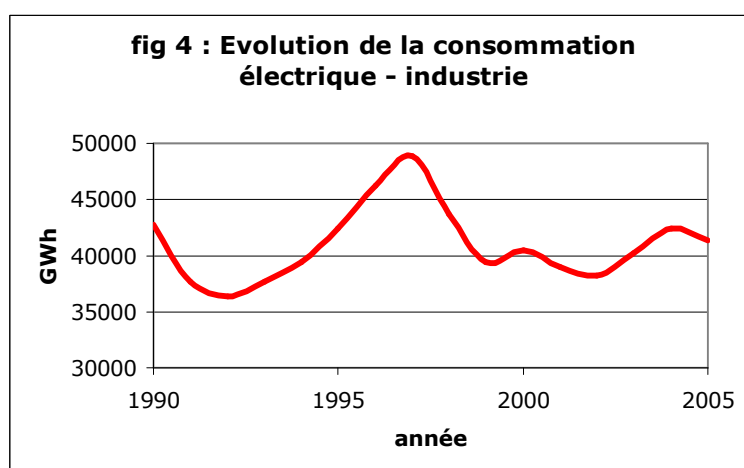
## 2.a Analyse détaillée de la consommation des services

La courbe ci-dessous présente l'évolution de la consommation d'énergie électrique par les services, de 1990 à 2005. Ce secteur de l'économie polonaise représente aujourd'hui plus de 60% de l'apport de valeur ajoutée au PIB de la Pologne, et a acquis une certaine maturité. La consommation électrique des services tend depuis cinq ans à se stabiliser. Cependant, la modernisation de l'économie polonaise et l'arrivée de grands groupes européens devrait augmenter encore l'importance de ce secteur, ainsi que sa consommation d'énergie électrique. On peut donc envisager une croissance annuelle moyenne de la consommation électrique des services légèrement inférieure à 2,5%, qui est la valeur haute de notre estimation statistique.



## 2.b Analyse détaillée de la consommation de l'industrie

La courbe ci-dessous présente l'évolution de la consommation finale d'énergie électrique par l'industrie polonaise, de 1990 à 2005.



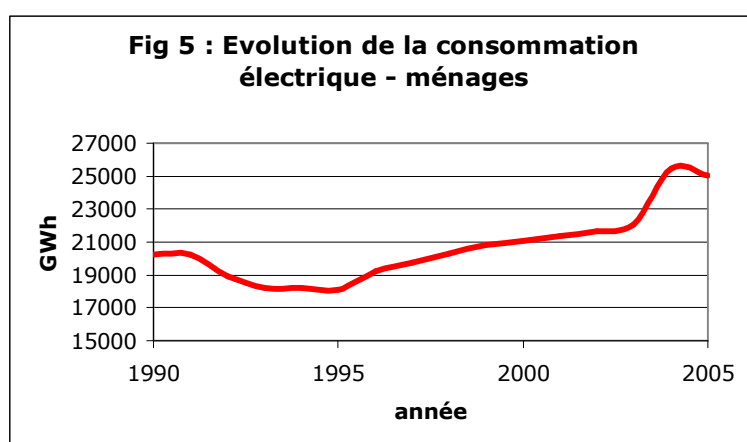
Confronté à la concurrence internationale, ce secteur de l'économie est confronté à des vagues de restructuration successives -notamment dans les branches traditionnelles de l'industrie (énergie, chimie, métallurgie et bien d'équipement)- qui expliquent le profil de cette consommation. Les investisseurs étrangers ont permis la restructuration des industries légères, en particulier l'automobile. La période concernée par notre

modélisation devrait connaître l'essor des secteurs de l'environnement, de la mécanique et surtout de la construction.

Si l'industrie polonaise se développe, elle le fait en s'appuyant sur des secteurs moins électro-intensifs que ceux qui la composaient jusqu'à maintenant. La consommation électrique de ce secteur ne devrait donc augmenter que d'environ 2% par an, ce qui est une valeur moyenne de notre estimation statistique.

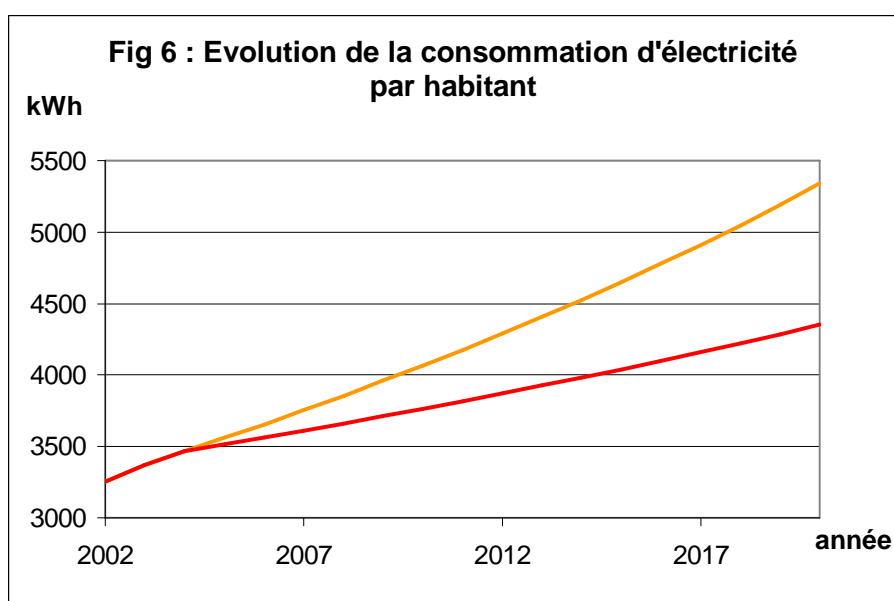
## 2.c Analyse détaillée de la consommation des ménages

La graphique ci-dessous présente l'évolution de la consommation finale d'énergie électrique des ménages, entre 1990 et 2005. Tout comme pour les services, la consommation des ménages a connu une forte augmentation à la fin des années 90 et au début des années 2000, représentative de l'évolution économique du pays. L'augmentation du niveau de vie et du pouvoir d'achat devrait se poursuivre, et c'est dans ce secteur que la consommation électrique devrait connaître l'augmentation la plus importante, peut-être même au-dessus de la partie haute de notre estimation statistique.



## 2.d Analyse de la consommation d'électricité par habitant

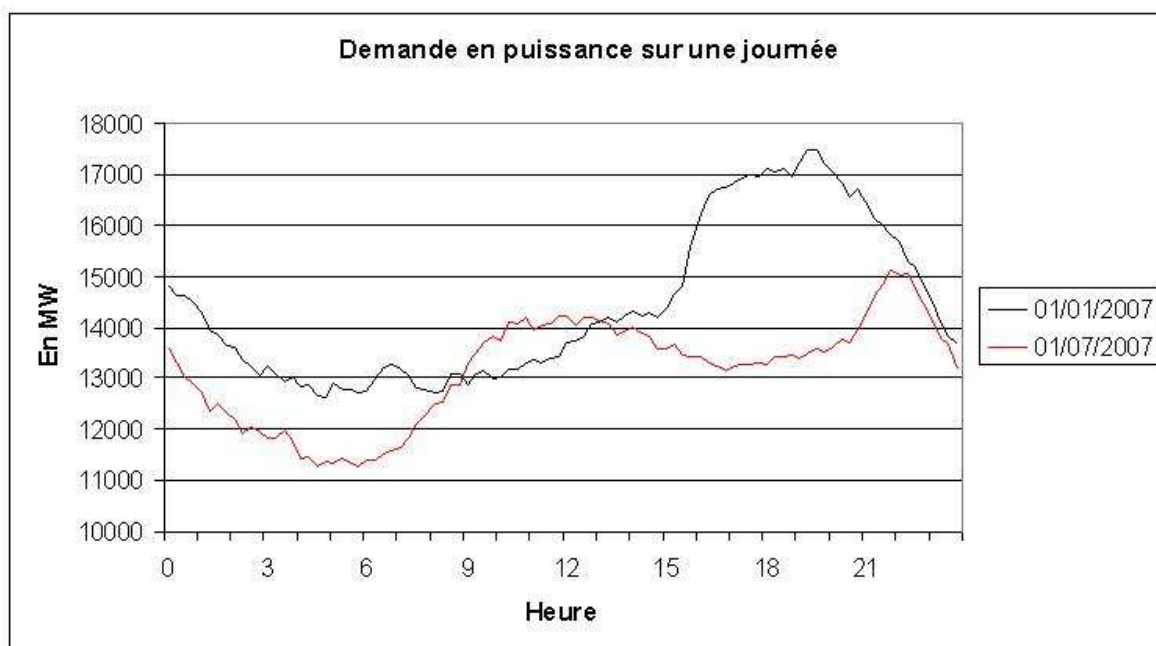
Nous avons confronté les deux modélisations précédentes aux données et prévisions démographiques disponibles auprès de l'office statistique du gouvernement polonais. Pour ce faire, nous avons calculé la consommation en énergie électrique par habitant en divisant les résultats que nous avons obtenus grâce à notre modèle statistique par les prévisions gouvernementales. Nous obtenons les courbes suivantes :



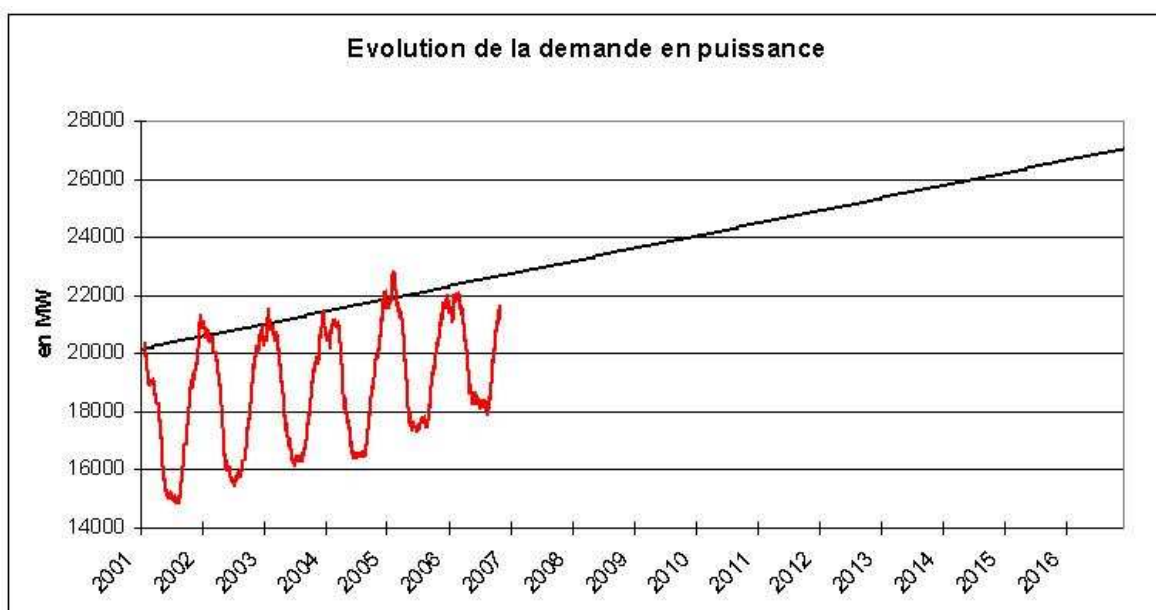
La partie haute de notre modèle statistique prévoit un taux de croissance annuel moyen de la consommation d'électricité par habitant de 3%, alors que la partie basse prévoit un taux de 1,5% environ. Considérant la situation actuelle de la Pologne, ce taux devrait normalement être proche de 2,5%.

### 3 Analyse statistique de la demande en puissance électrique

La courbe ci-dessous présente l'évolution de la demande en puissance au cours d'une journée d'été et une journée d'hiver:



On peut constater sur ces courbes l'existence de maxima journaliers. Lorsque l'on étudie la demande en puissance sur une durée plus longue, il faut donc, pour connaître la demande maximum sur cette durée, étudier la courbe des maxima journaliers « lissées ». Cette courbe est tracée ci-dessous, de 2001 à 2007 :



Cette courbe peut être approchée par une fonction périodique portée par une droite. Nous avons isolé la partie linéaire de cette approximation, et nous l'avons translaté au niveaux des maxima locaux. Nous pouvons ainsi prévoir la demande annuelle maximale en puissance dans les années à venir. Ainsi, nous pouvons estimer que la capacité supplémentaire à implanter en 2012 sera de 2200 MW environ, et que celle à implanter en 2017 devrait être de 4500 MW.

#### **4 Synthèse**

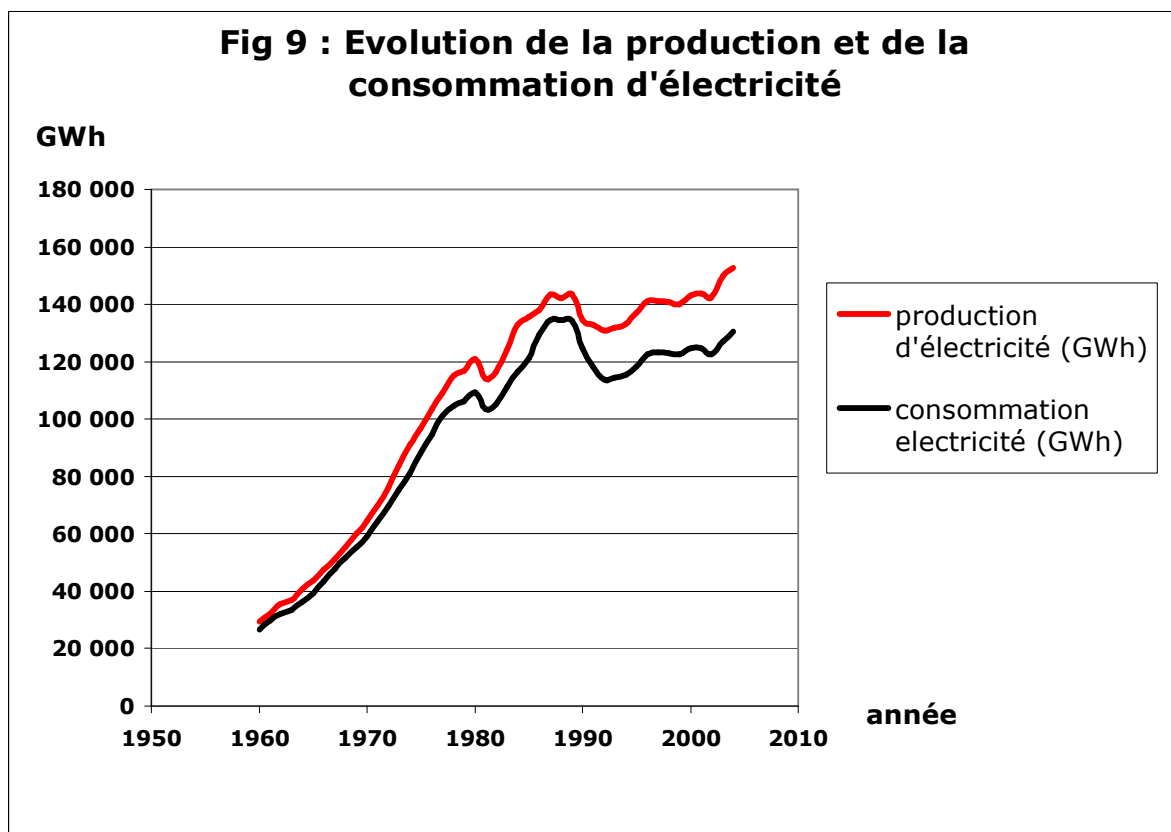
Aux vues des différentes analyses qualitatives menées, la consommation d'électricité en Pologne devrait évoluer dans la partie haute de notre modèle statistique. Il est également probable que cette consommation augmente plus rapidement dans les cinq prochaines années que dans les cinq années suivantes. En effet, cette augmentation est sera en grande partie due à l'essor des services et à la consommation des ménages, tous deux liés à la croissance économique qui devrait se stabiliser à une valeur plus faible d'ici à 2015. Elle pourrait donc atteindre 155 TWh en 2012, et environ 170 TWh en 2017.

Avec l'augmentation de cette demande en énergie électrique, la demande maximale en puissance augmente également. Pour répondre à cette demande, la Pologne devra implanter des capacités supplémentaires de 2200 MW en 2012, et de 4500 MW en 2017. Cependant, ces capacités supplémentaires ne représentent qu'une partie des capacités à installer pour répondre à la future demande. En effet, il faudra également remplacer les centrales qui seront hors d'usage d'ici à ces dates. La prévision de cette puissance supplémentaire nécessaire n'est possible qu'après l'étude de la production d'électricité.

En ce qui concerne la production, une projection statistique n'a pas de sens réel. Puisque la production doit pouvoir répondre à la demande, il faut s'appuyer dans cette partie sur les résultats obtenus lors de l'étude de la demande en électricité.

### 1 Historique de la production d'électricité

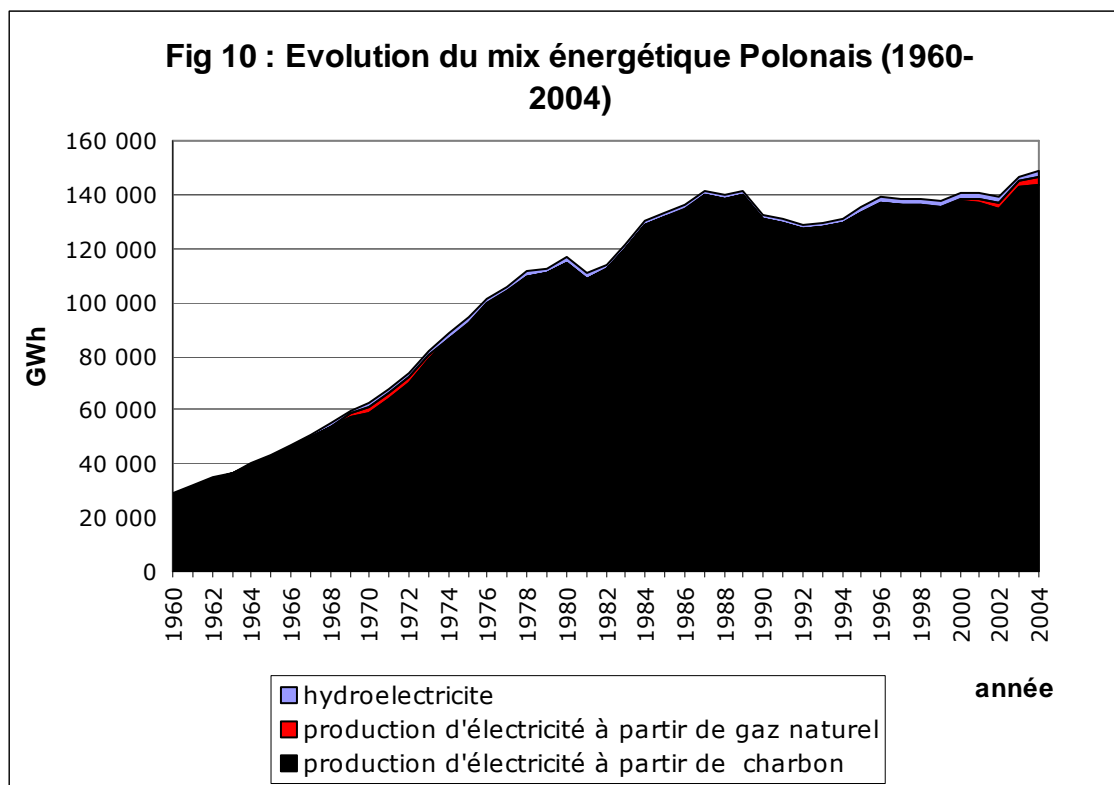
La courbe ci-dessous présente l'évolution de la production d'électricité polonaise, de 1960 à 2004. On peut constater que cette courbe est très similaire à la courbe de demande, ce qui est normal, étant donnée le caractère non-stockable de l'énergie électrique. La courbe de consommation figure également sur ce graphique. Elle permet de remarque que la Pologne est un pays exportateur d'électricité, ce qui sera abordé plus loin.



## 2 La problématique environnementale

### 2.a Le mix énergétique polonais

Le graphique suivant présente l'évolution du mix énergétique polonais de 1960 à 2004 :



La production d'électricité polonaise est effectuée, en moyenne sur la période temps considérée, à 96% à partir de charbon. Cela est dû aux grandes ressources polonaises de ce combustible, mais également à un désintérêt manifeste quant aux rejets de ces centrales. Des démarches ont été initiées au même moment que la réforme de l'énergie, mais en 2004, la proportion de centrales à charbon reste de 94%. Il faudra pourtant que la Pologne transforme son parc énergétique pour répondre aux exigences européennes.

### 2.b Les normes européennes

Comme nous l'avons précisé dans la partie précédente, l'entrée de la Pologne dans l'Union européenne lui impose certaines règles, dont des quotas d'émission de gaz à effets de serre. Pour respecter ces règles, la Pologne devra changer sa politique de production, en augmentant la contribution des énergies renouvelables ou du nucléaire. Ces changements doivent être rapides et massifs, en effet, à l'heure actuelle :

- Plus de 80% des centrales polonaises ne respectent pas les limitations  $\text{NO}_x$  qui entreront en vigueur en 2016.
- 40% des installations ne respectent pas les quotas d'émission de  $\text{SO}_2$  qui seront mis en application dans les prochaines années.

Le WWF a émis un classement des trente centrales les plus polluantes d'Europe, en Mai 2007. Dans ce classement, on retrouve 4 centrales polonaises: Turow, Belchatow, Rybnik et Kozienice; respectivement 8e, 11e, 18e et 19e de ce classement. Le secteur

énergétique polonais se retrouve au cœur d'une problématique environnementale prenant de plus en plus de poids en Europe, et devrait être incitée à délaisser le charbon pour des énergies plus propres, sous la pression de la commission européenne. Cependant, dans ce classement figurent également 10 centrales allemandes et 10 centrales britanniques, aussi les changements attendus sur le mix polonais ne devraient pas avoir lieu avant un certain temps. De plus, considérant la durée moyenne d'un projet de construction de centrale, cet aspect sort du cadre de notre prospective.

Le gouvernement polonais n'est pas réticent à l'usage du nucléaire, manifeste une volonté d'indépendance économique vis-à-vis de la Russie, et les prix du gaz devrait encore augmenter avec celui du pétrole. De plus, le pays ne possède pas beaucoup de ressources en énergies renouvelables, le potentiel hydraulique étant déjà presque entièrement utilisé. C'est pourquoi nous pensons que la Pologne se tournera à long terme vers l'énergie nucléaire.

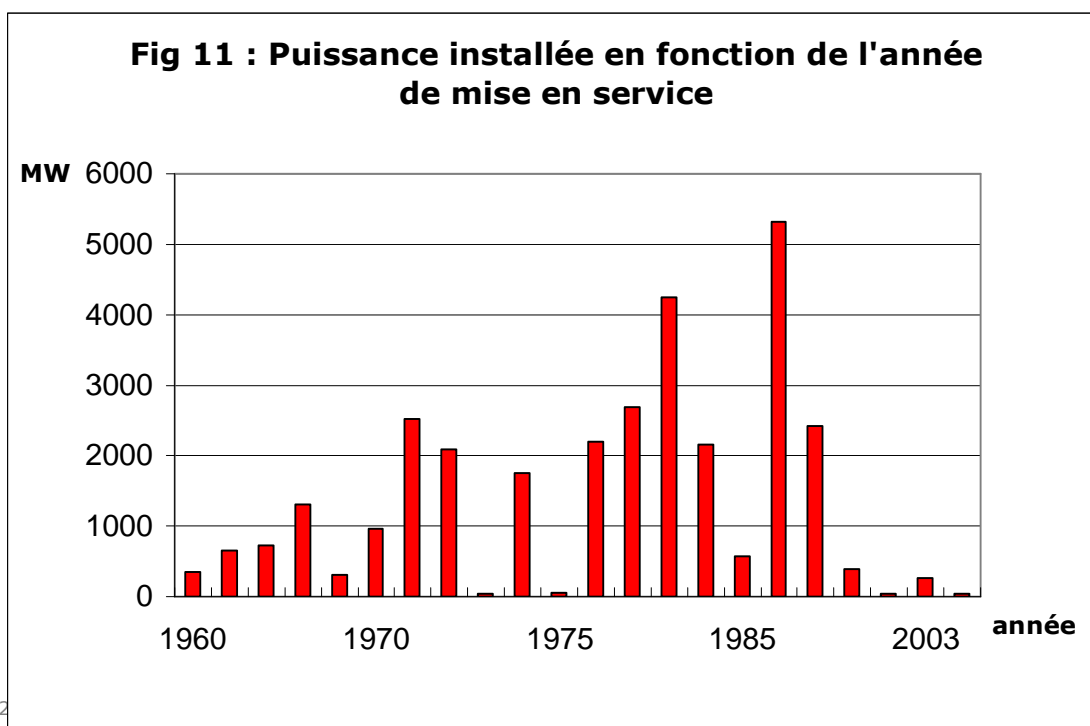
Dans un futur plus proche, les installations polonaises vont certainement devoir être rénovées et mises aux normes, ce qui implique la fermeture de certaines d'entre elles, et donc la construction de nouvelles capacités pour conserver le même niveau de production.

### 3 Le parc de production polonais

#### 3.a Les centrales en fonctionnement

La capacité totale installée est en 2007 d'environ 35GW. Malgré le manque d'investissement ces dernières années dans le parc énergétique polonais, dont la capacité (d'après le groupe BOT) a augmenté seulement de 0,6% par an entre 1999 et 2004, l'augmentation de la demande électrique a été compensée par une augmentation du taux d'utilisation des centrales. Cependant, l'augmentation du taux d'utilisation des capacités installées est limitée par l'âge et la qualité des centrales en fonctionnement. En effet, toujours d'après les données du groupe BOT datant du 7 Juin 2007, plus de 60% des centrales actuellement en fonctionnement datent de plus de 25 ans. Or, d'après les estimations de la DGEMP, la durée de vie moyenne d'une centrale à charbon pulvérisé fonctionnant en base est de 35 ans. Il faut environ une dizaine d'années pour voir naître une centrale électrique depuis la phase projet jusqu'à sa mise en service. Considérant cette durée, le renouvellement du parc énergétique polonais doit avoir lieu rapidement.

Le graphique ci-dessous présente une estimation des capacités installées en fonction de leur année d'installation :



Si l'on examine ce graphique en le confrontant à la durée de vie estimée d'une centrale par la DGEMP, la Pologne devra, pour conserver le même niveau production que celui qu'elle possède actuellement installer une capacité supplémentaire de 4000 MW d'ici à 2012 et de 7000 MW d'ici à 2017.

A ces capacités s'ajoutent celles identifiées lors de l'analyse de la demande en puissance. La Pologne doit donc installer une capacité supplémentaire d'environ 6000 MW dans les cinq prochaines années, et de 11000 MW d'ici à 2017.

### **3.b Les projets de construction de centrales électriques**

Deux grands projets en cours sont référencés et bénéficient de subventions par la Banque européenne pour la Reconstruction et le Développement :

- Une nouvelle unité de 833 MW doit être construite à Belchatow, pour un coût de 1,6 G€. Cependant, cette nouvelle unité ne devrait pas fournir de production additionnelle : elle devrait permettre la rénovation des autres unités de Belchatow, dont la capacité actuelle totale est de 4400 MW.
- Une nouvelle unité doit également être construite à Patnow. Sa capacité est de 464 MW, pour un coût de 540 M€.

Ces projets montrent la volonté polonaise, mais aussi la nécessité, d'avoir recours à des investissements lourds pour pérenniser sa production d'électricité. Il est intéressant de noter que ces deux projets de centrales sont toujours des centrales à charbon.

De plus, selon le quotidien économique polonais *Puls Biznesu*, la société Electrabel (filiale du groupe Suez) voudrait investir 2,5 milliards d'euros en Pologne. Un milliard serait investi d'ici à 2012 pour la création d'une centrale de 800 MW à Gdansk, puis un milliard supplémentaire permettrait de doubler la capacité de cette même centrale. Enfin, la société désirerait également investir 500 millions d'euros dans un parc éolien d'une capacité de 300 MW.

## **4 Importation et exportation d'électricité**

La Pologne est un pays fortement exportateur d'électricité. En 2005, ce pays a exporté 16,2 TWh d'énergie électrique, pour un import de 5 TWh. La Pologne possède donc une surproduction annuelle pouvant atteindre les 11,2 TWh. Le commerce de l'électricité polonaise se fait essentiellement avec l'Allemagne et l'ex-Yougoslavie, mais aussi avec l'ex-Union Soviétique.

Cette surproduction peut être envisagée comme une réserve de production disponible, ce qui laisse un peu plus de temps à la Pologne pour mener à bien les projets de rénovation ou de construction de centrales. Cependant, cette surproduction ne représente pas la moitié de l'augmentation prévue de la demande d'ici à 2012. De plus, la perte de ce commerce d'électricité serait néfaste pour l'économie polonaise. Il ne faut donc pas compter uniquement sur une redistribution vers la Pologne de l'électricité actuellement exportée pour répondre à la future demande.

## 5 Synthèse

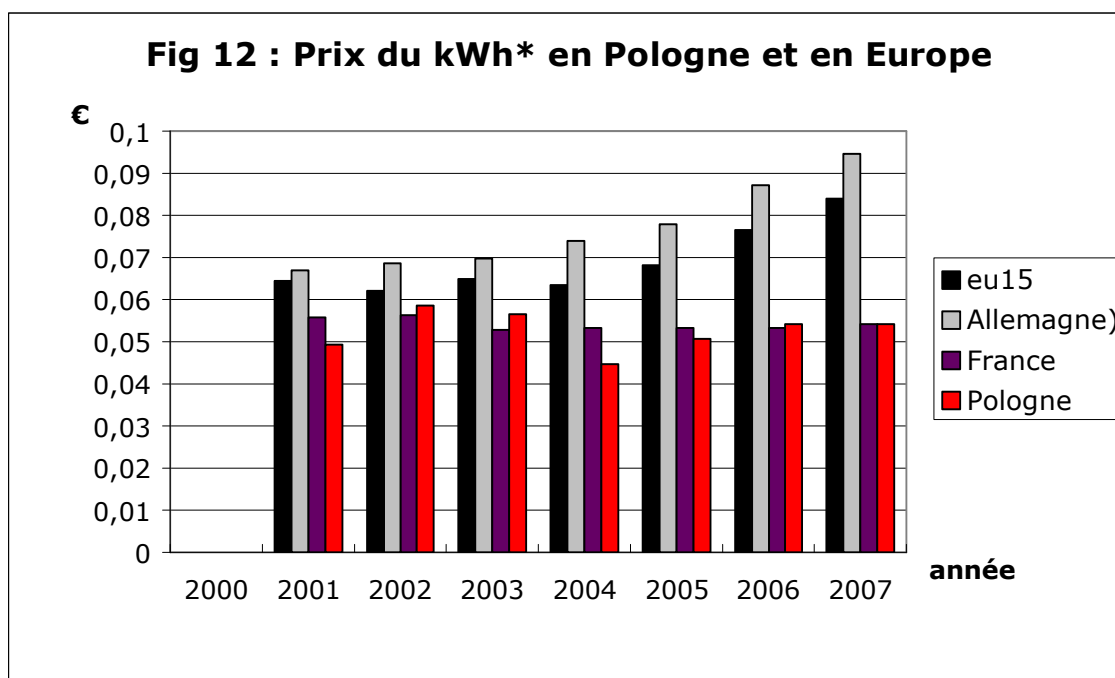
Le parc de production électrique polonais est vieillissant, et s'appuie massivement sur le charbon comme combustible. Ceci entraîne d'une part un conflit avec les normes européennes relatives aux émissions de gaz à effet de serre, et par conséquent la nécessité d'investissement dans de nouvelles capacités de production. D'autre part, plus de 60% des centrales ayant plus de 25 ans, il est nécessaire de remplacer une partie non négligeable du parc de production, partie estimée à 4000 MW d'ici à 2012 et à 7000 MW d'ici à 2017.

L'augmentation de la demande en électricité suppose également une augmentation de la capacité de production pour répondre à cette demande. En cumulant nos estimations concernant le remplacement des centrales existantes et la réponse à la demande, la Pologne devrait donc installer 6000 MW de capacités nouvelles d'ici à 2012 et 11000 MW d'ici à 2017. Suivant la politique d'installation suivie, ces nouvelles capacités pourraient représenter un investissement total compris entre 3 et 4 G€ d'ici à 2012, et entre 7 et 10 G€ d'ici à 2017.

### *Analyse prospective du prix de l'électricité*

#### 1 Projection statistique du prix de l'électricité

Nous avons recueilli l'historique des prix de l'électricité en Pologne, de 2001 à 2007. Il s'agit ici des prix hors taxes pour les industriels (consommation annuelle 2000 MWh, demande maximale 500 kWh). Le graphique suivant compare le prix de l'électricité polonaise avec celui de quelques entités européennes :



On peut constater que le prix de l'électricité polonaise est l'un des plus bas au niveau européen. De plus, la libéralisation du marché de l'électricité n'a pas eu de réelle influence sur le prix du kWh, ce qui est dû d'une part à la nouveauté de cette libéralisation et au fait que très peu des industries éligibles ont fait valoir cette éligibilité, et d'autre part aux contrats longue durée préexistants en Pologne, et qui restent majoritaires.

Cependant, trois points mis en évidence dans cette étude suggère une évolution à la hausse de ce prix:

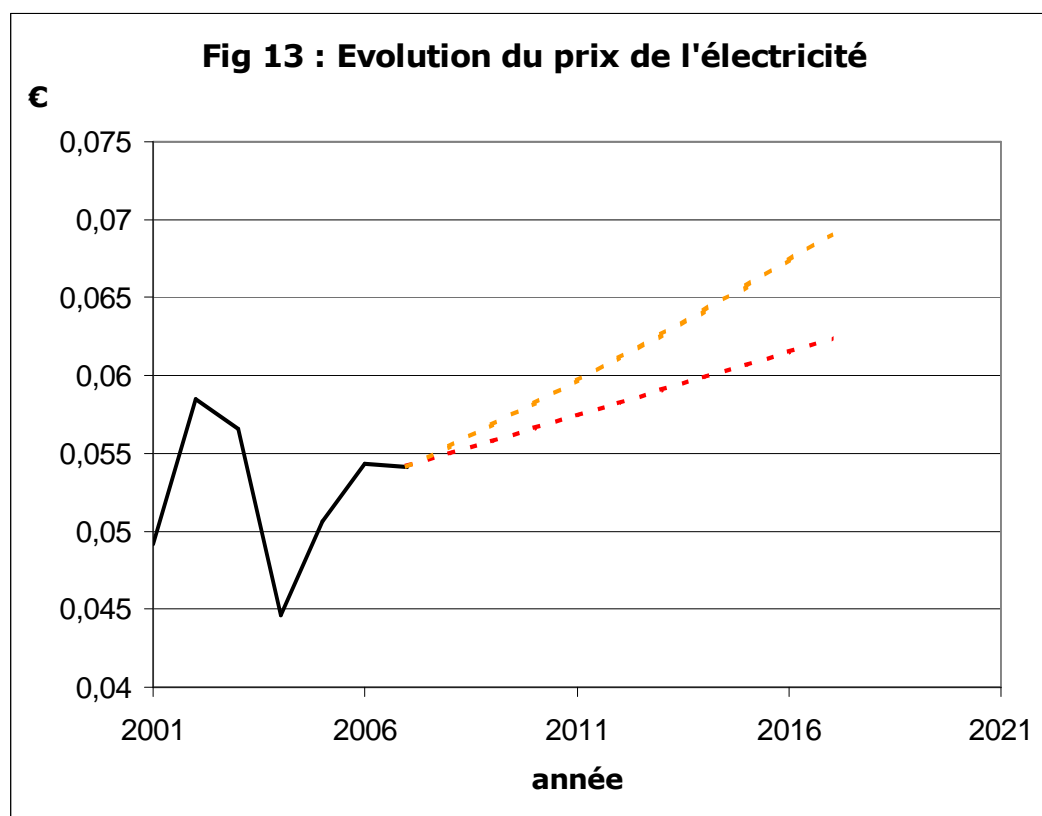
- Nécessité d'investissements lourds: renouvellement du parc énergétique, construction de nouvelles interconnexions et développement du réseau de distribution.
- Evolution du prix du charbon.
- Introduction de permis d'émissions au sein d'une Europe valorisant les émissions de CO<sub>2</sub>.

Si ces trois phénomènes ne sont pas contrebalancés par une augmentation de la compétitivité des entreprises électriques polonaises liée à la libéralisation du marché, il y a donc fort à parier sur une hausse des prix de l'électricité en Pologne.

De la même façon que pour la demande, nous avons dans un premier temps réalisé une projection statistique du prix de l'électricité, qui nous permet de déterminer une fourchette d'évolution de ce prix dans les dix prochaines années.

Pour ce faire, nous avons calculé d'une part le taux de croissance annuel moyen et d'autre part le taux de croissance global de ce prix, que nous avons ensuite répercutés sur les années à venir.

Voici la courbe que nous obtenons :

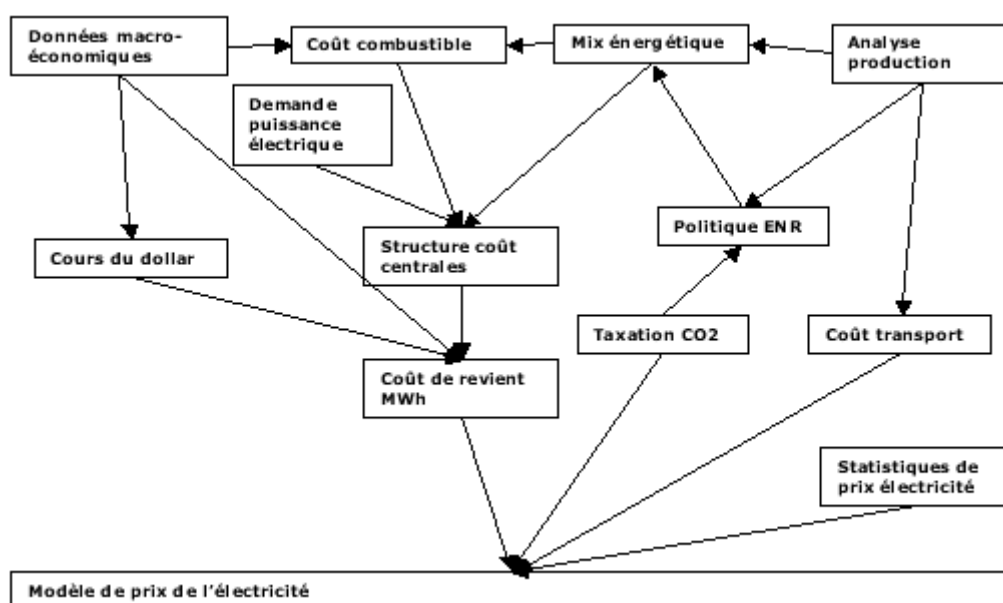


La courbe en pointillés orange est le résultat de la projection par calcul du taux de croissance moyen annuel, celle en pointillés rouges résulte du calcul du taux de croissance global. D'après cette modélisation, le prix de l'électricité polonaise devrait être compris entre 5,8 et 6,1 centimes d'euros en 2012, et entre 6,2 et 6,9 centimes d'euros en 2017.

## 2 Modélisation du prix de l'électricité

### 2.a Introduction

L'objet de cette partie de l'étude est la modélisation du prix de l'électricité délivrée aux industries polonaises. Cette modélisation se base pour partie sur les résultats acquis au cours du reste de l'étude et sur les structures de coût des centrales électriques, telles que définies par la DGEMP, et adaptées à l'environnement polonais. Un schéma récapitulatif de la démarche d'ensemble est proposé ci-dessous :



Différentes projections, concernant le cours du dollar et du charbon ont été réalisées, et des hypothèses relatives à la taxation du CO<sub>2</sub>, au mix énergétique ainsi qu'à la durée de fonctionnement des centrales sont prises dans les différents scénarios étudiés pour pouvoir construire un modèle précis et adaptable.

### 2.b Scénarios et hypothèses

Le prix de l'électricité, comme de toute autre chose, dépend de la façon dont on la produit. C'est pourquoi nous avons étudié les structures de coût de différents moyens de production. Les principales hypothèses effectuées dans cette modélisation concernent elle aussi le parc de production, et le futur mix énergétique polonais. Ce sont ces hypothèses que nous allons présenter maintenant :

- Le cas d'un parc de production se tournant vers le nucléaire dépasse -comme nous l'avons déjà précisé- le cadre de cette étude, en raison des temps de gestation des projets de telles centrales. Nous n'envisageons donc pas l'achèvement de centrales nucléaires en Pologne d'ici 2017.
- La Pologne possède des ressources importantes en gaz naturel, mais n'a encore déployé que peu de moyens pour les exploiter. Par ailleurs, la volonté

d'indépendance du gouvernement polonais vis-à-vis de la Russie rend peu probable la construction de centrales à gaz tant que les ressources polonaises ne seront pas disponibles à la consommation. Enfin, le coût de revient du kWh produit par une centrale à gaz est sensiblement égal à celui produit par une centrale à charbon (en moyenne 35,7 €/MWh pour le gaz contre 35,1 €/MWh pour le charbon selon la DGEMP). La construction de centrale à gaz n'est donc pas envisagée dans cette étude. Cependant, il est probable que de telles centrales, compte tenu des avantages qu'elles présentent par rapport au charbon (appel en pointe plus facile, émissions moins importantes) soient construites à partir de 2015.

- La production polonaise est, on l'a vu, massivement composée de centrales fonctionnant au charbon. La fusion des mines avec les entreprises de production devrait encore renforcer (du moins sur la période concernée par l'étude) le lien unissant charbon et production d'électricité en Pologne. Ce sont donc des centrales à charbon qui devraient être construites en priorité pour répondre à la future demande, ce qui est confirmé par les différents projets en cours, et qui constitue la principale hypothèse de cette modélisation.

Reste un problème inhérent au charbon : les émissions de CO<sub>2</sub> qu'une telle production génère. Dépendant des politiques européennes, et de la valeur de la tonne de CO<sub>2</sub>, nous avons donc envisagé quatre scénarii correspondant aux différents cas de figure possibles :

1. Le prix de la tonne de charbon se stabilise autour d'une valeur de 4 €, et l'inertie de la machine européenne rend les limitations relatives aux émissions relativement peu contraignantes. L'état polonais n'a alors pas de raison réelle de mener une vraie politique d'utilisation des énergies renouvelables. Les capacités nécessaires utiliseraient alors de façon très majoritaire le charbon.
2. Les situations du prix du CO<sub>2</sub> et de la politique européenne restent les mêmes dans le deuxième scénario que dans le premier, seule la politique polonaise change. La Pologne peut en effet choisir de se tourner vers les énergies renouvelables en l'absence de pression européenne, et pour mener une politique plus réaliste à long terme. Par ailleurs, l'ouverture du marché de l'électricité attire les investisseurs étrangers, qui ont plus d'expérience dans le domaine des énergies renouvelables (ENR). Le mix énergétique polonais s'ouvrirait donc aux ENR.
3. Le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> augmente jusqu'à une valeur d'environ 20€, en raison de quotas d'émission plus contraignants. Alors le parc de production électrique polonais devra intégrer des ENR pour des raisons politiques comme économiques. En effet, le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> peut fortement influencer le coût de revient du kWh électrique produit à l'aide de charbon.
4. Le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> augmente jusqu'à une valeur de 40€, ce qui pourrait arriver en cas d'une importante prise de conscience européenne, grâce à des avancées technologiques. La situation est alors la même que dans le scénario précédent pour le gouvernement polonais, qui devra alors focaliser ses efforts sur les ENR.

La Pologne exploite déjà une partie de ses ressources en hydroélectricité, et il semblerait que ces ressources soient assez limitées. En revanche, le potentiel éolien de la Pologne est conséquent, et absolument pas exploité. De plus, le coût de revient de l'électricité éolienne devrait continuellement diminuer ces prochaines années.

Nous faisons donc l'hypothèse suivante : en cas d'augmentation significative de la part des ENR dans le mix énergétique polonais, cette augmentation sera principalement réalisée par l'appel à l'éolien. Des projets récents (Green Bar, filiale d'Orco, a annoncé en décembre 2007 vouloir construire en Pologne une ferme éolienne d'une capacité de 1379 MW d'ici 2012), et les hypothèses (optimistes) du gouvernement polonais prévoyant 10% d'électricité d'origine éolienne d'ici 2017 laissent à penser que c'est bien vers cette source d'énergie que va s'orienter la Pologne.

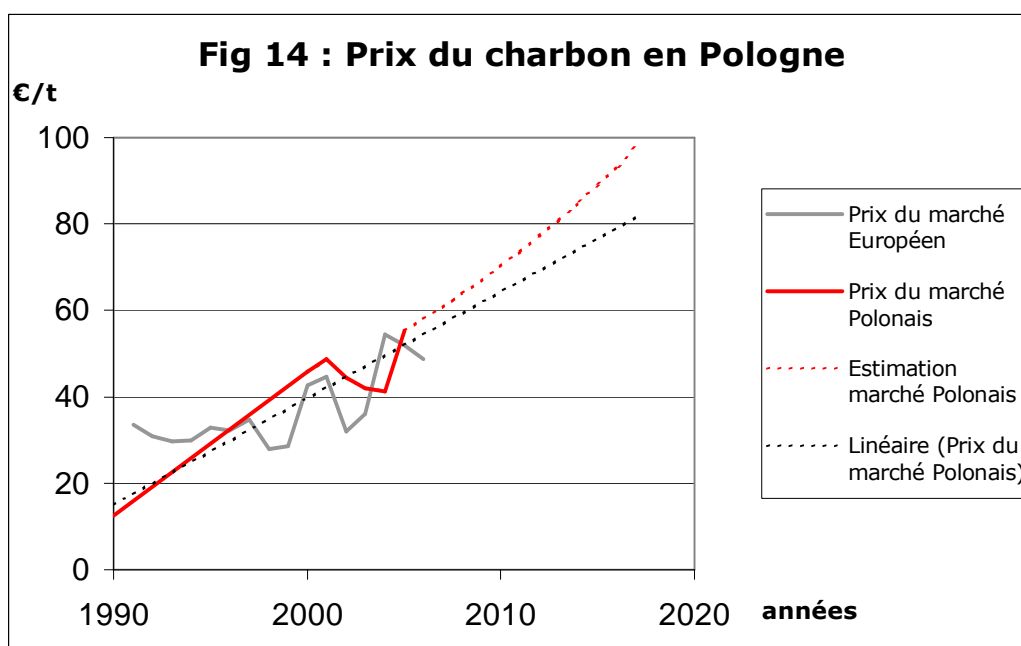
Les hypothèses effectuées par la DGEMP lors de l'élaboration des structures de coût, et qui concernent les tailles moyennes des capacités construites, sont également reprises.

## 2.c Estimations et prospectives annexes

### *Prospective du prix du charbon*

97% du parc de production électrique polonais actuel est constitué d'usines à charbon, et les conclusions précédentes montrent que le charbon restera un pilier de la production électrique dans les prochaines années. Ainsi, les variations du prix du charbon ont un impact direct sur le coût de revient du kWh polonais. Nous avons donc effectué une prospective simple de ce prix du charbon, qui est une des données d'entrée du modèle construit.

Pour construire cette prospective, nous nous sommes appuyés sur les données de prix du charbon polonais communiquées par Eurostat. Nous avons effectué une simple régression linéaire sur ces données, ainsi qu'un calcul utilisant les taux de croissance annuels. Le résultat est présenté sur la courbe ci-dessous :



Cette simple estimation statistique, confirmée par les tendances prévues par les spécialistes du charbon, nous permet une précision suffisante. En effet, une erreur de 10% sur le prix du charbon crée une différence d'environ 2% sur le coût de revient du MWh estimé.

### *Prospective du cours du dollar*

De la même façon, nous avons fait varier le cours du dollar par rapport à l'euro dans les dix prochaines années, de 0,5 à 0,8 €//\$ selon les scénarii, en supposant l'absence de crise géopolitique majeure.

#### *Durées de fonctionnement des centrales*

Un autre paramètre important déterminant le prix de l'électricité est la durée d'utilisation annuelle des centrales. L'étude croisée de la demande en puissance et des capacités de production permet de se faire une idée du temps de fonctionnement moyen d'une centrale polonaise. Nos calculs aboutissent à une durée de fonctionnement moyenne annuelle de 5000 heures. Cependant cette durée ne représente qu'une moyenne, certaines centrales fonctionnent en base (environ 8000 h/an) et d'autres en pointe (environ 3000h/an). Nous avons donc tenu compte de ces différentes durées de fonctionnement pour pouvoir construire à la fois un prix moyen de l'électricité et un prix représentatif en cas d'une période de pointe.

#### *Structures de coût*

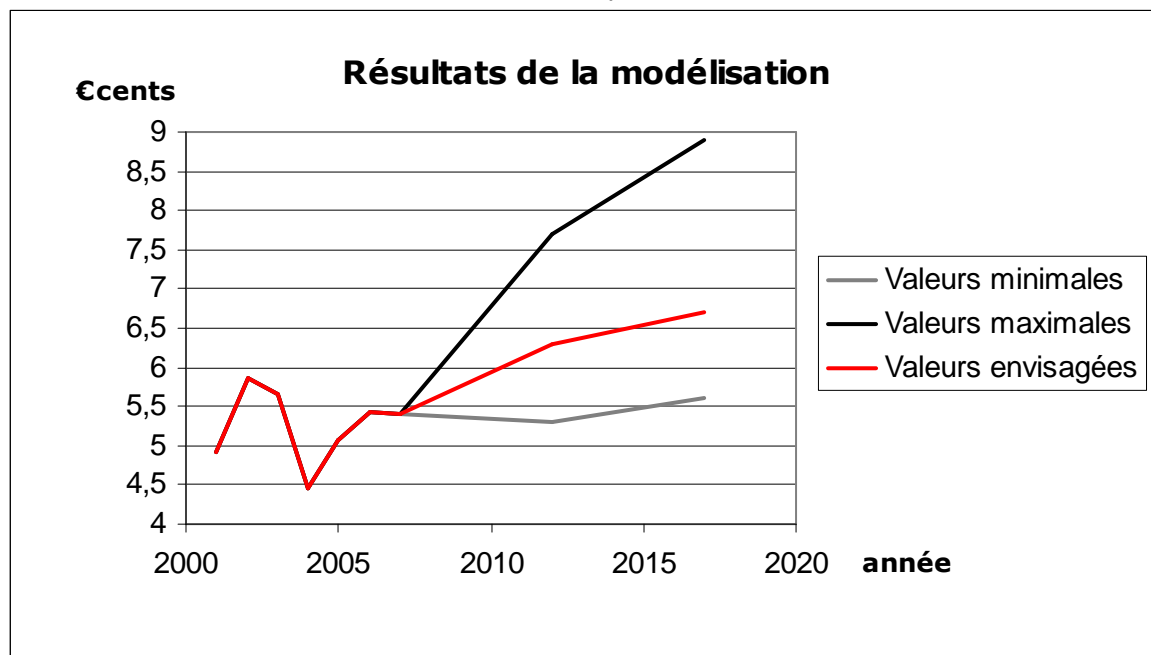
Les coûts d'investissement et d'exploitation, et les coûts combustibles ont été recalculés à partir des données fournies par la DGEMP, dans le but de les adapter aux caractéristiques polonaises. Les interventions de plusieurs paramètres sont quantifiées à l'aide des analyses de sensibilités fournies par le même organisme.

La modélisation effectuée laisse par exemple la possibilité de faire varier les coûts d'investissement, et calcule les répercussions de telles variations.

## **2.d Résultats**

Le graphique suivant présente les résultats obtenus par l'exécution des trois scénarii sur le modèle construit. Les valeurs retenues ici correspondent aux extrema que présentent ces scénarios.

Les valeurs maximales sont obtenues via le troisième scénario, avec les hypothèses les plus pessimistes sur le cours du dollar et le prix du charbon. On se rend compte qu'une augmentation de la taxation du CO2 a une influence importante sur le prix de l'électricité, même en substituant le charbon par l'éolien.



Les valeurs minimales sont obtenues par les scénarii 1 et 2, avec les valeurs les plus optimistes concernant le charbon et le dollar, et il est intéressant de noter que l'introduction d'énergie éolienne dans le parc électrique polonais ne modifie que très peu le prix de l'électricité produite. En effet, cette source d'énergie ne génère pas de

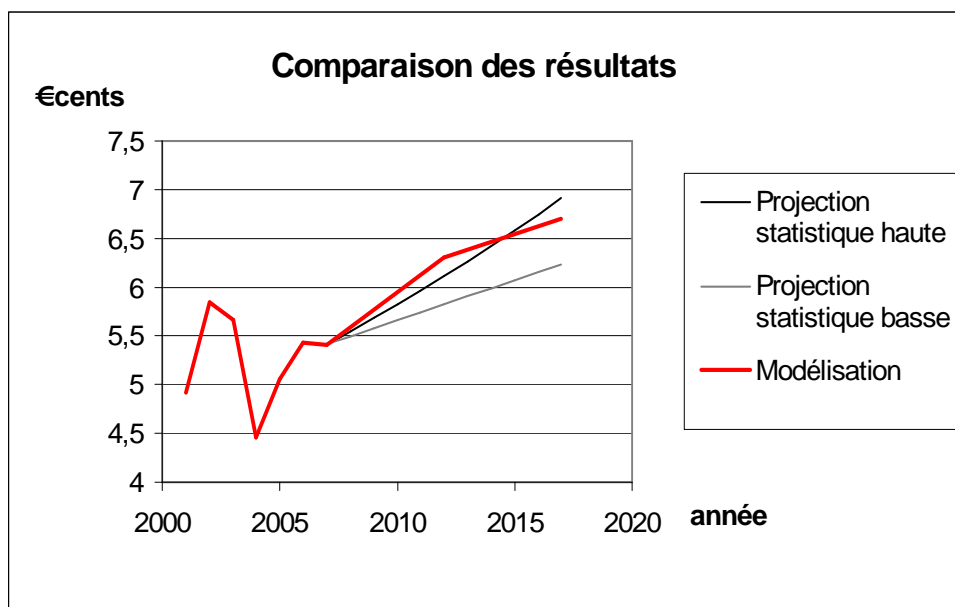
surcoût notable tant qu'elle ne dépasse pas une certaine proportion dans le mix énergétique.

Les valeurs envisagées sont placées sur une courbe médiane des valeurs minimales et maximales. Elles correspondent aux valeurs maximales des deux premiers scénarii, et aux valeurs minimales du troisième scénario.

Concernant les prix de l'électricité en période de pointe, il est à noter qu'il n'est déterminé que par les moyens de production au charbon, moyens appelés pour répondre à ce type de demande. Ces prix varient de 8 à 9 centimes d'euros par kWh, quelque soit le scénario choisi, avec quand même un prix pouvant aller jusqu'à 10 centimes d'euros pour le quatrième scénario.

### 3 Synthèse et comparaison des résultats

Le graphique suivant permet de comparer les résultats obtenus par projection statistique et par la modélisation construite. Les résultats présentés ici comme ceux de la modélisation en sont les résultats médians. On peut constater que ces résultats correspondent à la partie haute de notre projection statistique, avec même une croissance plus rapide du prix de l'électricité jusqu'en 2012, pour retrouver ensuite une plus grande stabilité entre 2012 et 2017.



La comparaison de ces résultats, obtenus par des moyens très différents, nous conduit donc à penser que la modélisation retenue permet une estimation relativement fiable du prix de l'électricité. Ce prix devrait donc avoisiner 6,3 centimes d'euros par kWh en 2012 et 6,7 centimes d'euros par kWh en 2017.

### Conclusion

Les différentes prospectives effectuées tant au niveau de la consommation, de la production ou du prix de l'électricité sont cohérentes avec les estimations obtenues par le biais du modèle construit. Les analyses qualitatives aboutissent à considérer plutôt les parties hautes de ces prospectives, ce qui peut notamment s'expliquer par le fait que la Pologne est un pays qui connaît actuellement une période de forte croissance. Les résultats obtenus par le biais de la modélisation confirme cette tendance. Cependant, plusieurs facteurs demeurent des inconnues difficilement prévisibles ou

estimables. Ainsi, l'impact de la libéralisation du marché sur les prix de l'électricité reste très difficile à évaluer, considérant le manque de retour d'expérience de ces pratiques, d'autant que le système polonais reste un cas particulier. La cohérence des résultats obtenus et la diversité des paramètres constitutifs du modèle permettent toutefois de penser que les estimations effectuées sont fiables, si les hypothèses effectuées sont vérifiées.

## **Bibliographie et sources**

### **Sources**

Fig 1 : Université de Sherbrooke  
Fig 2 à 5 : Eurostat  
Fig 6 : <http://www.business.gov.pl> et Eurostat  
Fig 7 et 8 : URE  
Fig 9 et 10 : Université de Sherbrooke  
Fig 11 et 12 : Eurostat

### **Bibliographie**

DGEMP, *Coûts de Référence*  
PSE Operator SA, *Annual report 2006*  
WWF, *European dirty thirty*  
World Coal Institute, *Coal Facts 2007*  
OCDE, *Economic Forecast Autumn 2007*  
Jacek Gadowski, *BOT Group, Electricity market in Poland and EU environmental changes*

### **Sites internet**

<http://www.polishenergy.cire.pl>  
<http://www.industrie.gouv.fr>  
<http://ec.europa.eu>  
<http://www.business.gov.pl>  
<http://worldbank.org>  
<http://www.kpw.gov.pl>  
<http://www.pke.pl>  
<http://www.usherbrooke.ca>