



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Etude de faisabilité de scénarios gagnants-gagnants du double point de vue de l'eau et de l'énergie sur le bassin de la Dordogne



Note de cadrage sur les justifications de l'hydroélectricité dans le bassin de la Dordogne

Rapport n°06F-097 RP01 Rev02
23/10/2007



SOMMAIRE

<u>1 VRAI OU FAUX ?</u>	1
Les installations hydroélectriques du bassin de la Dordogne sont indispensables à la sécurité du système électrique français.	1
Elles contribuent à l'objectif de 21 % d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables (SER).	1
Il n'y a pas d'alternative aux centrales hydroélectriques.	1
Sans nouveaux projets hydroélectriques, l'équilibre du système électrique est menacé.	2
Les riverains ne profitent pas des avantages économiques de l'hydroélectricité.	2
<u>2 LES ENJEUX DE L'HYDROÉLECTRICITÉ</u>	4
L'OBJECTIF ENVIRONNEMENTAL	4
<u>La directive SER</u>	4
<u>La réduction des émissions de gaz à effet de serre</u>	4
<u>Les impacts locaux sur l'environnement</u>	5
LA SÉCURITÉ DU SYSTÈME	5
LES AUTRES OBJECTIFS.....	6
LA PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DES INVESTISSEMENTS	6
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ENJEUX.....	8
<u>3 DISCUSSION DES SCÉNARIOS SUR L'ÉQUILIBRE DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE FRANÇAIS</u>	9
LES SCÉNARIOS DE DEMANDE ÉLECTRIQUE	9
<u>Trois scénarios</u>	9
<u>Les options de MDE prises en compte</u>	9
<u>Confrontation des scénarios avec la tendance actuelle</u>	10
DISCUSSION SUR LES HYPOTHÈSES DES SCÉNARIOS RTE	10
<u>Une croissance économique plus faible que prévu</u>	10
<u>Le prix des énergies</u>	11
<u>La production industrielle</u>	11
PROJECTIONS	11
<u>4 BESOINS EN MOYENS DE PRODUCTION ET POTENTIEL IDENTIFIÉ</u>	13
<u>5 CONCLUSIONS</u>	15
<u>6 DERNIERE MINUTE</u>	18

1 VRAI OU FAUX ?

Les installations hydroélectriques du bassin de la Dordogne sont indispensables à la sécurité du système électrique français.

Vrai. L'électricité ne se stocke pas. À tout moment, la quantité d'électricité produite doit être égale à la quantité d'électricité consommée. Les gros ouvrages du bassin de la Dordogne sont raccordés directement au réseau national de transport d'électricité. L'équilibre offre-demande ne s'effectue donc pas à l'échelle locale, mais à l'échelle nationale, voire continentale.

À certains moments de la journée, la demande d'électricité varie très brusquement. Les centrales nucléaires, qui produisent plus de 80 % de l'électricité en France, ne sont techniquement pas capables de répondre instantanément à une forte augmentation de la demande. Les centrales hydroélectriques, elles, peuvent démarrer rapidement et ajuster l'offre à la demande d'électricité : ce sont des moyens de production dits « de pointe », par opposition aux moyens « de base », comme les centrales nucléaires qui tournent à plein régime plus de 75 % du temps. Cette capacité à démarrer rapidement permet également aux centrales hydroélectriques de pallier la défaillance éventuelle d'un autre moyen de production. Le 4 novembre 2006, 10 % des foyers français ont été privés d'électricité, suite à la rupture d'une ligne de transport d'électricité en Allemagne. Le recours aux installations hydroélectriques a alors permis de remettre très rapidement le réseau sur pied.

En France, la puissance que peuvent fournir les installations hydroélectriques de pointe est de l'ordre de 14 000 MW. Les centrales du bassin de la Dordogne contribuent pour 1 800 MW, soit 15 %.

Elles contribuent à l'objectif de 21 % d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables (SER).

Vrai. La France s'est engagée à ce que, dès 2010, 21 % de l'électricité consommée soit produite à partir de SER. Les centrales hydroélectriques utilisent la force de l'eau, qui ne dépend pas d'un stock d'énergie fini. L'énergie hydroélectrique est donc une énergie renouvelable. En 2006, 13,9 % de la consommation était produite par des SER. Sans l'hydroélectricité, ce chiffre serait de 1,1 %.

On considère que l'électricité produite par les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) qui remplissent un réservoir amont pendant les heures creuses et turbinent l'eau ainsi montée pendant les heures pleines, n'est pas d'origine renouvelable.

Il n'y a pas d'alternative aux centrales hydroélectriques.

Faux :

- **Les turbines à combustion (TAC)**, coûteuses et fortement émettrices d'oxydes d'azote et de soufre, de polluants organiques et de gaz à effet de serre, sont également mobilisables rapidement. Le coût de revient d'un MWh produit à partir d'une TAC est de l'ordre de 150 euros, contre 30 à 60 euros

pour un MWh hydroélectrique. Les émissions de CO₂ sont de l'ordre de 570 g/kWh pour une TAC à gaz, et 830 g/kWh pour une TAC à fioul¹.

- Des actions visant à **réduire la consommation d'électricité** contribuent à la réduction des besoins en moyens de production supplémentaires. Le Parlement français, en votant la programmation pluriannuelle des investissements (PPI), reconnaît par exemple que l'électricité ainsi économisée pourrait se chiffrer entre 17 et 55 TWh² en 2020, alors que la production hydroélectrique supplémentaire attendue est de 0 à + 7 TWh d'ici 2015.
- Les autres moyens de productions d'électricité ne sont pas des moyens permettant de répondre avec sécurité à de brusques augmentations de demande.

Sans nouveaux projets hydroélectriques, l'équilibre du système électrique est menacé.

Cela dépend de l'évolution du parc de production et de la consommation, surtout celle des particuliers.

Dans son scénario central, la programmation pluriannuelle des investissements recommande d'installer 2 600 MW de moyens de pointe d'ici 2015. Depuis sa rédaction en 2005, cette recommandation pourrait être revue à la baisse. En effet, en 2006, pour la première fois depuis neuf ans, la consommation d'électricité « corrigée du facteur climatique » a baissé de 0,6 %³. Cette baisse résulte avant tout d'une diminution de la consommation des sites industriels, touchés par une hausse des prix. Les clients résidentiels, pour lesquels les prix n'ont pas augmenté, continuent à consommer de plus en plus (+2,5 % par an sur les cinq dernières années). Il est probable que l'ouverture du marché de l'électricité entraîne, à moyen terme, une hausse des prix qui freine la consommation.

Quoi qu'il en soit, il est quasiment certain que des moyens de production d'électricité de pointe devront être construits d'ici 2015.

Les riverains ne profitent pas des avantages économiques de l'hydroélectricité.

Plutôt faux. Avec l'ouverture du marché de l'électricité pour les particuliers le 1^{er} juillet 2007, le prix d'acheminement de l'électricité reste uniforme sur le territoire métropolitain, ceci afin de garantir l'égalité des usagers devant le service public de l'électricité. La proximité des installations n'est donc pas un avantage et les fournisseurs ne proposent pas de tarifs préférentiels aux riverains.

¹ Rapport Dambrine sur les perspectives de développement de la production hydroélectrique en France

² En l'absence de précision explicite, la durée considérée est l'année. On parle donc ici de 17 à 55 TWh par an d'économie.

³ RTE, 2007, Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France

En revanche, les installations hydroélectriques génèrent des revenus pour les collectivités locales. La somme des taxes professionnelles sur l'ensemble du bassin est aujourd'hui estimée à 15 millions d'euros. L'utilisation de cet argent par les pouvoirs publics locaux profite indirectement aux riverains. Les Collectivités bénéficient également d'une partie de l'énergie produite (énergie réservée), et l'Etat d'une redevance de concession.

Au-delà de ces rentrées fiscales, le développement de l'hydroélectricité a des répercussions économiques diverses. D'un côté, le tourisme et les loisirs nautiques sont favorisés, et l'agriculture peut bénéficier de la maîtrise des débits et le maintien des niveaux de certaines nappes. De l'autre, quelques activités sont pénalisées dans certains cas (certaines pêches, sports en eaux vives).

2 LES ENJEUX DE L'HYDROELECTRICITE

La loi POPE⁴ de 2005 établit que la politique énergétique de la France vise à :

- contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité d'approvisionnement ;
- assurer un prix compétitif de l'énergie ;
- préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre ;
- garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie.

L'hydroélectricité contribue à chacun de ces objectifs.

L'objectif environnemental

La directive SER

En application de la directive « Sources d'énergies renouvelables (SER) » n° 2001/77/CE, la France s'est engagée à atteindre un objectif de 21 % pour la part de la consommation intérieure brute d'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables. L'hydroélectricité (à l'exception des STEP), l'énergie éolienne, l'énergie de la biomasse (hors combustion des déchets ménagers) et la moitié de l'énergie produite par la combustion des déchets ménagers sont considérées comme renouvelables.

Or, comme le montrent les figures 5 et 6 données en annexe, l'hydroélectricité produit plus de 90 % de l'électricité d'origine renouvelable. Avec elle, la production d'électricité d'origine renouvelable atteint 13,9 % de la consommation intérieure brute. Sans elle, elle n'atteindrait que 1,1 %. Cependant, « le rôle de l'hydroélectricité dans l'effort de développement des énergies renouvelables ne peut être que marginal. L'atteinte de l'objectif de 21 % dépend prioritairement des économies d'énergie et du développement des autres sources d'énergies renouvelables qui, partant de pratiquement zéro, ont un potentiel capital. »⁵

La réduction des émissions de gaz à effet de serre

Près de la moitié de la production hydroélectrique contribue à l'équilibre offre demande national en tant que moyen de pointe et se substitue directement à de la

⁴ Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique

⁵ Discours de clôture de Nelly Olin, Ministre de l'écologie et du développement durable, au colloque sur l'hydroélectricité du 16 janvier 2006 au ministère de l'économie et des finances.

production thermique classique, fortement émettrice de CO₂. La figure 7 permet de visualiser l'utilisation des différents moyens de production pendant une semaine.

L'investissement d'un moyen de production hydroélectrique de base se substitue à un investissement dans un moyen thermique classique. Or, d'après l'ADEME⁶, le contenu carbone d'un tel moyen de production est estimé à 300 grammes de CO₂. Un moyen de production hydroélectrique de pointe concurrence directement, lui, une turbine à combustion au fioul, dont le contenu carbone du kWh est estimé à 830 gCO₂.

En conséquence, comme la production d'hydroélectricité n'émet pas de gaz à effet de serre, on considère que :

- un kWh produit par une centrale hydroélectrique de pointe évite 830 grammes de CO₂,
- un kWh produit par une centrale hydroélectrique de base évite 300 grammes de CO₂,
- un kWh produit par une STEP évite 430 grammes de CO₂ (830-1,33x300)⁷.

Sur le bassin de la Dordogne, l'énergie produite ne correspond en moyenne qu'à une utilisation à pleine puissance de 1 760 heures par an, soit à peine 20 % du temps, ce qui confirme bien que les ouvrages sont utilisés en priorité pour la **production de pointe**. La figure 8 illustre l'utilisation des barrages du bassin de la Dordogne et la compare avec la consommation française.

Les impacts locaux sur l'environnement

La construction de grands barrages a des impacts considérables sur le paysage. La discontinuité du milieu naturel provoquée par les retenues impacte fortement le transport des sédiments et le déplacement des poissons migrateurs.

Le fonctionnement en éclusées (turbinage de l'eau à certains moments de la journée) provoque des fortes montées et descentes du niveau de l'eau. Les ouvrages peuvent aussi jouer un rôle de régulateur du débit, et prévenir des crues.

Le débit en aval des ouvrages a des conséquences sur les autres usages de l'eau que sont l'agriculture, la pêche, ou les sports nautiques.

La sécurité du système

Etant entendu que le risque zéro n'existe pas, le système français est conçu de façon à ce que l'espérance de défaillance soit inférieure à trois heures par an. Ce critère était historiquement utilisé par EDF pour dimensionner le parc de production français. Il est aujourd'hui très largement respecté. « Il correspond à une probabilité de 10 %

⁶ Débat sur les énergies renouvelables 2004

⁷ Les STEP ont un rendement estimé à 75 %, donc il faut 1,33 kWh de nuit pour produire un kWh de jour.

qu'il y ait un délestage dans l'année, ou encore à un risque de délestage tous les dix ans, très probablement à l'occasion d'une vague de froid exceptionnelle. La défaillance pourrait alors prendre la forme de délestages tournants, de profondeur moyenne de 2 000 MW (soit une ville de deux millions d'habitants) pendant quatre jours consécutifs. » (RTE, 2005)

Bien que les installations hydroélectriques ne représentent que 11 % de la production française d'électricité, leur contribution est **indispensable** à l'équilibre du système. En effet, les centrales nucléaires, qui assurent 78 % de la production, ne peuvent pas répondre à une augmentation brusque de la demande. Les centrales hydroélectriques le peuvent, ainsi que les turbines à combustion au fioul.

En cas de défaillance d'un moyen de production, le recours à l'énergie hydroélectrique permet d'augmenter très rapidement la puissance produite, afin d'éviter un délestage ou de rétablir le courant au plus vite. Les installations hydroélectriques qui fonctionnent en écluse ou avec un lac sont en effet capables de démarrer en une dizaine de minutes, et sans apport d'énergie extérieur.

Les autres objectifs

L'hydroélectricité :

- contribue à l'indépendance énergétique de la France, en tant que moyen de production national et renouvelable ;
- est un moyen économique de produire de l'électricité. Le coût de production d'un MWh électrique est de l'ordre de 30 à 60 € pour l'hydroélectricité, contre 146 € pour une turbine à combustion à gaz, et 158 € pour une turbine à combustion à fioul ;
- permet de dynamiser des territoires par le développement du tourisme et les taxes et redevances qu'elle génère.

La programmation pluriannuelle des investissements

La programmation pluriannuelle des investissements (PPI) est un document prévu par la loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. Outre l'intérêt de l'exercice prospectif que constitue sa rédaction, elle permet au Gouvernement de lancer des appels d'offres si les investissements prévus ne sont pas réalisés par les acteurs du marché, de sorte que l'espérance de défaillance définie plus haut ne dépasse pas trois heures par an, et que les objectifs fixés par sources d'énergie et par technologies soient atteints.

La loi POPE⁸ fixe en amont les objectifs de la politique énergétique, que la PPI traduit en investissements nécessaires.

Le rapport au Parlement de la PPI 2006 tient compte, pour l'hydroélectricité, des trois éléments que sont :

- l'atteinte des 21 % d'électricité d'origine renouvelable en 2010 ;

⁸ Loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique.

- la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- la sécurité du système électrique.

La PPI 2006 recense notamment des **besoins en pointe supplémentaires de 2,6 GW d'ici fin 2015** (aujourd'hui, la puissance installée est de l'ordre de 116 GW, dont 25,5 GW hydroélectriques). Elle fixe un **objectif plutôt modeste pour l'hydroélectricité** de 0 à +4 TWh d'ici 2010, et de +7 TWh d'ici 2015, et mentionne que la production doit être maintenue **dans le cadre d'une gestion équilibrée de la ressource en eau**.

En matière de développement des énergies renouvelables, les objectifs cités dans le rapport au Parlement de la PPI sont les suivants :

FRANCE Métropole + DOM		2004	2010		2015
		Réalisé	Hypothèse conservative	Hypothèse haute	Objectif
Hydroélectricité (hors pompages)	Production (TWh)	66	66	70	73
Eolien terrestre	Puissance installée (GW)		4,5	9	13
	Production (TWh)	0,6	10,4	20,9	30,2
Eolien offshore	Puissance installée (GW)	-	0,5	1	4
	Production (TWh)	-	1,5	3	12
Biomasse	Production (TWh)	1,7	4	7	12
Déchets (biogaz, incinération*)	Production (TWh)	2,1	2,5	4,2	4,2
Photovoltaïque	Puissance installée (GW)	0,01	0,05	0,12	0,49
	Production (TWh)	0,01	0,06	0,15	0,65
Production EnR		70,4	84,8	105,5	132,3

*Scénarios de production électrique d'origine renouvelable de la PPI
(*Seuls 50% de la production par incinération figurent dans le tableau, soit la partie renouvelable)*

La PPI acte donc la volonté politique de **miser essentiellement sur l'éolien et, dans une moindre mesure la biomasse, pour atteindre l'objectif de 21 % en 2010**. On remarque également que l'hypothèse haute correspond à la production à partir de SER de 19,4 % de la consommation brute d'électricité en 2010, et pas 21 % comme le veut l'objectif de la directive SER.

On retient donc notamment de la PPI que :

- **l'objectif de 21 % de la directive SER ne sera très probablement pas atteint en 2010 ;**
- la priorité pour l'atteindre est mise sur **l'éolien et la biomasse ;**
- les objectifs en matière d'hydroélectricité sont de maintenir la production sur l'existant (ce qui passe par des investissements pour compenser les pertes dues aux nouvelles mesures de protection des milieux aquatiques), et d'augmenter les capacités de 500 et 2000 MW supplémentaires d'ici 2010, respectivement 2015⁹.

⁹ Arrêté du 7 juillet 2006 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité

Tableau récapitulatif des enjeux

	type d'ouvrage		
	STEP	pointe	fil de l'eau
Sécurité du système	Permettent d' assurer l'équilibre entre production et consommation et de pallier la défaillance d'un moyen de production.		En tant que production fatale, ne sont d' aucune utilité particulière
Réduction des émissions de GES pour 1 kWh produit	430 g CO2 <small>(différence entre contenus carbone moyens de pointe et de base, en tenant compte d'un rendement de 75%)</small>	830 g CO2 <small>(contenu carbone des moyens de production thermiques de pointe)</small>	300 g CO2 <small>(contenu carbone des moyens de production thermiques de base)</small>
Contribution à l'objectif 21% EnR en 2010	nulle, car non renouvelable	En concurrence avec énergie fossile, donc forte	En concurrence avec nucléaire et fossile, donc forte
Influence sur les prix des consommateurs	quasiment nulle		
Intérêt économique	Investissement lourd, qui semble se rapprocher du seuil de rentabilité	<u>Ouvrages existants et amortis</u> : marges très importantes <u>Nouveaux ouvrages</u> : fonction des caractéristiques du site	

3 DISCUSSION DES SCENARIOS SUR L'EQUILIBRE DU SYSTEME ELECTRIQUE FRANÇAIS

Les scénarios de demande électrique

Trois scénarios

La PPI fait référence aux scénarios établis par RTE dans le cadre du bilan prévisionnel de l'équilibre offre demande d'électricité, que la loi du 10 février 2000 lui demande d'établir tous les deux ans.

Trois scénarios sont étudiés selon le degré de « volontarisme et d'efficacité des politiques publiques » dans le domaine de la maîtrise de la demande :

- le scénario R1 « prépondérance du marché » dans lequel la croissance est fondée sur le développement du rôle du marché dans une économie plutôt forte consommatrice d'énergie ;
- le scénario R2 « de référence » correspondant à la meilleure estimation du point de vue de RTE, combinaison de croissance économique et d'inflexions attendues par la mise en œuvre des mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- le scénario R3 « engagement environnemental » dans lequel la recherche de l'efficacité énergétique se traduit par des actions de maîtrise de la demande d'électricité volontaristes.

Les options de MDE prises en compte

Les trois scénarios tiennent compte de mesures de maîtrise de la demande d'électricité (MDE¹⁰):

- Dans l'industrie, où la mise en œuvre d'actions de MDE est souvent spontanée si la rentabilité économique est rapide, des hypothèses de diffusion de procédés performants ont été retenues, ainsi que des hypothèses de pénétration de techniques particulières¹¹ ;
- Dans les secteurs résidentiel et tertiaire, les nouvelles réglementations thermiques sont prises en compte ;

¹⁰ MDE peut aussi signifier *maîtrise de la demande d'énergie*.

¹¹ Ces deux phrases, tirées d'un article du Monde du 17 janvier 2007, illustrent cette hypothèse : « Depuis la libéralisation du secteur de l'énergie au début des années 2000, [le prix de l'électricité] a augmenté de 120 % sur le marché de gros » et « Si l'on intègre (*l'usine Eurodif*) dans le bilan de RTE [...], la baisse de la consommation des industriels a atteint 11 % (*en 2006*). »

- Les mesures de labellisation de l'efficacité énergétique des appareils électroménagers sont également modélisées, ainsi que la diffusion de lampes basse consommation.

Les scénarios de RTE estiment les effets des actions de MDE à une économie, en 2020, de 17 TWh dans le scénario R1 (prépondérance du marché), de 25 TWh dans le scénario R2 (de référence) et de 55 TWh dans le scénario R3 (engagement environnemental).

Confrontation des scénarios avec la tendance actuelle

Le graphique suivant représente ces scénarios sur la période 2003-2006, la consommation intérieure réelle observée entre 2001 et 2006 (en bleu) et cette même consommation corrigée des effets climatiques et de l'effet année bissextile.

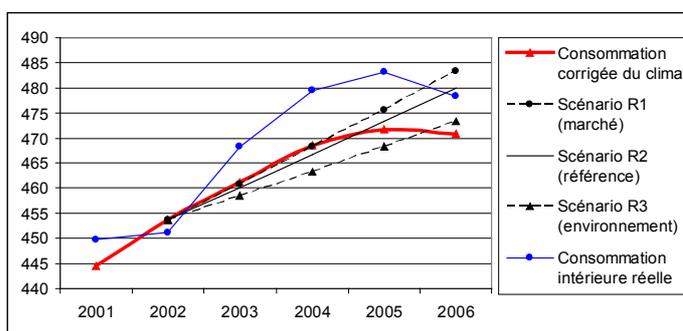


Figure 1: Consommation réelle (en TWh) et prévisions RTE¹²

Les scénarios semblent avoir surestimé l'augmentation de la consommation. Notons ici que la directive 2006/32/CE engage la France à mettre en place des actions de MDE et des services énergétiques qui réduisent de 9 % la consommation d'énergie, sur la période 2008-2016.¹³

Discussion sur les hypothèses des scénarios RTE

Une croissance économique plus faible que prévu

La PPI considèrerait le scénario R3 comme « très improbable et plutôt associé à un ralentissement très important de la croissance économique ». On remarque pourtant

¹² Ces derniers hivers ont connu des épisodes froids importants, ce qui explique que la consommation corrigée du climat soit inférieure à la consommation réelle. Ces épisodes froids en hiver n'ont pas empêché les températures moyennes annuelles d'afficher des records historiques.

¹³ Plus précisément, il s'agira de présenter, en 2016, la preuve que des actions de MDE mises en place entre 2008 et 2016, auront eu pour effet de réduire la consommation énergétique (donc pas seulement électrique) annuelle, à partir de 2016, d'une quantité égale à 9 % de la quantité d'énergie annuelle consommée entre 2008 et 2016.

que la tendance des trois dernières années a été de se rapprocher de ce scénario R3. Cela peut s'expliquer par une économie moins dynamique que prévu. En effet, le taux de croissance annuel moyen du PIB a été de 1,4 % entre 2001 et 2006, alors que les scénarios se basaient sur une hypothèse de 2,3 %. Si cette différence expliquait totalement la divergence entre prévisions et consommation, on pourrait penser qu'une accélération de la croissance relancerait la consommation d'électricité. Il semble cependant que d'autres facteurs aient joué.

Le prix des énergies

Le rapport de RTE (2005) ne mentionne pas explicitement d'hypothèse pour le prix des énergies sur la période considérée. Il suppose simplement que les prix relatifs des énergies ne vont pas bouleverser la répartition des sources selon les usages.

Vu l'évolution des prix du pétrole (figure 9) et, donc, des prix de l'électricité (figure 10) sur les marchés de gros depuis 2005, il y a fort à penser que le facteur « hausse des prix » a été sous-estimé par ces scénarios. En effet, le baril de Brent s'échange aujourd'hui aux alentours de 50 €, alors que le scénario « tendanciel de référence » de la DGEMP, sur lequel RTE se base, faisait l'hypothèse d'un baril de pétrole à 30 \$ (donc de 30 € avec l'hypothèse de parité euro - dollar qui était faite) sur la période étudiée.

La production industrielle

Le taux de croissance annuel moyen de l'indice de la production industrielle a été de 0,2 % par an sur la période 2001-2006, contre une prévision de 1,3 %.

Il faut noter que la baisse de 0,2 % de la consommation intérieure corrigée du climat résulte d'une forte baisse de la consommation des grands clients du secteur de l'énergie. Sans ces grands clients, la consommation intérieure corrigée du climat a crû de 1,8 %. Cette baisse de la consommation s'explique par une meilleure efficacité énergétique, mais également par un changement de structure de l'économie.

Projections

La consommation des secteurs résidentiel et tertiaire est en hausse constante entre 2002 et 2006, mais le rythme de croissance diminue (figure 11).

augmentation	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
résidentiel/tertiaire	3,90%	3,30%	2,30%	N/D

Dans l'industrie, la baisse des consommations semble durable, que ce soit à cause de l'effet prix ou des changements structurels du paysage industriel. Le comportement des secteurs résidentiel et tertiaire dépend des prix de l'électricité dans les prochaines années et des efforts consentis par la société pour diminuer la consommation. Notons que le prix de vente de l'électricité en France pour les particuliers, entièrement régulé par l'Etat jusqu'au 1^{er} juillet 2007, ne cesse de baisser en prix réel depuis 1983 (figure 12). Or, la pérennité des tarifs réglementés tels qu'appliqués aujourd'hui n'est pas assurée. S'ils disparaissaient, vu l'évolution des

prix de l'électricité sur les marchés de gros (figure 10), les prix pour les particuliers pourraient fortement augmenter.

Une prolongation, secteur par secteur, de la tendance observée sur cette dernière année, fait pressentir que la baisse des consommations observée cette année serait temporaire et que, rapidement, l'augmentation des consommations des ménages devrait plus que compenser les diminutions de consommations de l'industrie et l'énergie. Cependant, avec cette hypothèse, la consommation en 2015 resterait inférieure à celle prévue par le scénario R3 (engagement environnemental).

La prolongation des consommations selon la tendance des cinq dernières années, lui, aboutirait à une consommation proche de celle prévue par le scénario R2 (de référence).

La figure 2 illustre ces anticipations. Notons que tous les scénarios prennent en compte, conformément à ce que préconise la PPI (p34/105), une baisse attendue de la consommation d'Eurodif (l'usine d'enrichissement d'uranium) de 17,5 TWh entre 2012 et 2013, rendue possible par un changement de la technologie utilisée.

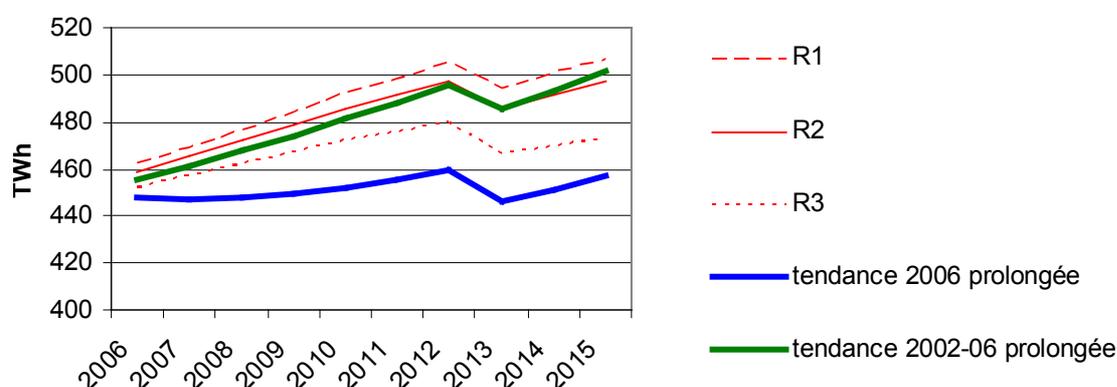


Figure 2 : Scénarios RTE et poursuites des tendances actuelles

Tous ces éléments nous font penser que le scénario R1 surestime la consommation électrique future, et que la réalité devrait se situer en deçà du scénario R2. Le scénario R3, que RTE qualifiait de fortement improbable, ne semble pas si irréaliste.

4 BESOINS EN MOYENS DE PRODUCTION ET POTENTIEL IDENTIFIE

Les besoins en puissance supplémentaires sont nuls d'ici 2010.

Cependant, dans le domaine de l'hydroélectricité, le temps de gestation d'un projet est de l'ordre de dix ans. **Il convient donc de se poser dès aujourd'hui la question des besoins à long terme.** En cette période d'incertitude sur les consommations futures et le prix des énergies, ces temps de gestation pénalisent fortement l'hydroélectricité. En effet, les délais correspondants sont de l'ordre de deux ans pour les turbines à gaz.

Le recensement des besoins réalisé par RTE lors de son bilan offre demande 2005 peut être résumé ainsi :

		scénarios de demande		
		R1 (marché)	R2 (référence)	R3 (volontariste)
Croissance des EnR	Uniquement les projets engagés et les appels d'offre déjà lancés	77 h de défaillance Besoin de 10,2 GW Dont 4 GW en pointe	38 h de défaillance Besoin de 7,3 GW Dont 2,8 GW en pointe	
	Retard d'environ 10 ans sur l'objectif 21%	25 h de défaillance Besoin de 6,3 GW Dont 3,7 GW en pointe	12 h de défaillance Besoin de 3,4 GW Dont 2,9 GW en pointe	
	21 % en 2010			0,7 h de défaillance Aucun besoin supplémentaire

Figure 3 : Besoins en investissements en 2016¹⁴

Les scénarios de demande R2 et R3 nous semblent les plus probables. Du côté de l'offre, le scénario médian de développement des énergies renouvelables est le plus crédible. Dès lors, les cases colorées en jaune vif nous intéressent, et les besoins en **moyens de production de pointe supplémentaires en 2016 sont estimés au maximum à 2 900 MW**. Pour mémoire, la puissance installée totale des centrales hydroélectriques de pointe d'EDF est proche de 14 000 MW. L'objectif retenu par la PPI, lui, est d'installer 2 000 MW hydroélectriques d'ici 2015.

Dans ces conditions, il convient de développer les capacités de pointe françaises. Si aucune production supplémentaire n'est prévue, et si des actions de maîtrise de la demande d'électricité ne compensent pas l'absence d'investissement hydroélectrique, des turbines à combustion seront mises en service. La mise en service prochaine par EDF de 500 MW de turbines à combustion est d'ailleurs prise en compte dans le scénario central de la PPI.

¹⁴ Un point de différence majeur entre les scénarios bas et moyen de développement des EnR concerne la part de l'éolien. Dans le scénario bas, la part de l'éolien est très réduite. Cela explique que le scénario moyen présente un besoin équivalent en moyens de pointe supplémentaires (2,9 GW contre 2,8 GW dans le scénario bas), et plus faible en moyen de base supplémentaires (0,5 GW contre 4,5 GW).

Le rapport « Dambrine » sur les perspectives de développement de la production hydroélectrique en France, qui donne un potentiel national de productible de 7 TWh supplémentaire en 2015, le ventile en :

- 1,9 TWh et 475 MW pour la grande hydraulique, que l'on rencontre dans le bassin de la Dordogne ;
- 1,7 TWh et 500 MW pour le petite hydraulique (<4,5 MW) ;
- 1 TWh et 600 MW pour la pico-hydraulique ;
- 2 TWh et 300 MW pour l'optimisation de l'existant ;
- 0,4 TWh et 45 MW pour le turbinage des débits réservés.

Il annonce par ailleurs un potentiel de 2 000 MW pour les STEP.

5 CONCLUSIONS

On retient que :

- Les besoins en moyens de production de pointe supplémentaires en 2016 sont estimés au maximum à 2 900 MW à l'échelle de la France (soit +20% par rapport à la capacité actuelle d'EDF).
- Vu les potentiels identifiés par le rapport Dambrine, l'hydraulique pourrait théoriquement répondre à la totalité de ces besoins. Notamment, la réalisation d'un seul gros ouvrage, comme celui de la STEP de Redenat (pré-dimensionné avec une puissance de l'ordre de 1 000 MW), pourrait répondre significativement à l'augmentation des besoins français de production de pointe à cette horizon.
- Si aucune production supplémentaire n'est prévue, et si des actions de maîtrise de la demande d'électricité ne compensent pas l'absence d'investissement hydroélectrique, des turbines à combustion seront mises en service (certains investissements sont d'ailleurs d'ores et déjà programmés). Or, la production d'un kWh à partir d'une TAC émet 830 gCO₂, contre 0 pour l'hydroélectricité. En considérant un besoin de 2 000 MW fonctionnant pendant 2 000 heures, la mise en service de TAC conduirait à l'émission de 3,2 millions de tonnes de CO₂ chaque année.¹⁵
- Si des aménagements de sites existants ou nouveaux permettent de ne pas dégrader davantage la situation environnementale, il serait dommage de ne pas les mettre en œuvre.
- Si le rapport Dambrine indique un potentiel de production supplémentaire de 7 TWh en 2015, l'objectif politique, défini par la PPI, est d'augmenter la puissance installée de 2 000 MW d'ici 2015, et de compenser les pertes induites par l'augmentation des débits réservés prévus par la LEMA. La PPI ne cherche donc pas à maximiser le potentiel identifié, mais à développer la production dans le cadre d'une gestion équilibrée de la ressource en eau.¹⁶
- L'objectif de 21 % de l'électricité consommée produite à partir de sources d'énergie renouvelables ne sera probablement pas atteint en 2010. Et l'objectif politique est de **mettre l'accent sur l'éolien et la biomasse** pour l'approcher.

Ainsi, l'enjeu des équilibres offre-demande en matière d'hydroélectricité se raisonne différemment :

1. En production de pointe (enjeu maximal car difficulté de remplacement) et en production de base (moindre enjeu).

¹⁵ En 2004, la production d'électricité a conduit à l'émission de 32,8 millions de tonnes de CO₂.

¹⁶ Synthèse du rapport au Parlement de la PPI

2. A moyen terme ou à plus long terme : en effet, l'inertie des investissements pour augmenter l'offre ou pour maîtriser durablement l'évolution de la demande limite les marges de manœuvre à court-moyen terme alors qu'on peut imaginer des changements structurels plus importants à plus long terme. A cet égard, l'horizon PPI est plutôt de court terme (2015) ce qui justifie les hypothèses modestes retenues en termes de maîtrise des demandes (scénario R2).

Selon l'horizon de temps choisi pour la prospective énergétique, la recherche d'un équilibre offre-demande fait appel à plusieurs hypothèses successives quant à :

- l'évolution de la demande énergétique (en base et en pointe)
- l'évolution de l'offre énergétique (en base et en pointe)

Hypothèses qui introduisent autant d'incertitudes sur l'atteinte de cet équilibre dans le futur.

La présente note resitue l'ordre de grandeur des différentes incertitudes, ce qui permet de relativiser les débats autour des arbitrages eau-énergie. Ainsi, les potentiels de développement de l'hydroélectricité (+7 TWh) à l'horizon 2015 sont à mettre en regard des potentiels de maîtrise de la demande (différence entre les scénarios R2 et R3 de 30 TWh d'ici 2020).

Le graphique suivant est le fruit des réflexions du groupe de travail « facteur 4 », qui travaille à l'élaboration de stratégies pour diminuer par quatre les émissions françaises de gaz à effet de serre à horizon 2050¹⁷. Il représente la consommation d'énergie primaire¹⁸ en France, en ne se limitant pas à l'électricité. Il illustre bien que l'atteinte de cet objectif passe par une forte diminution de la consommation énergétique.

¹⁷ Pour stabiliser la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, on estime qu'il faut diminuer par deux les émissions au niveau mondial. Compte tenu du fait que nos émissions par habitant sont plus élevées que la moyenne mondiale et que les pays en développement vont émettre davantage en se rapprochant de nos standards, l'objectif fixé pour la France est bien de diminuer par quatre nos émissions.

¹⁸ L'énergie primaire est l'énergie avant transformation (raffinage, turbinage, transport...). En ce qui concerne le nucléaire par exemple, c'est la chaleur obtenue par la fission de l'uranium. Environ 38 % de cette chaleur est convertie en électricité. Le reste est perdu sous forme de chaleur.

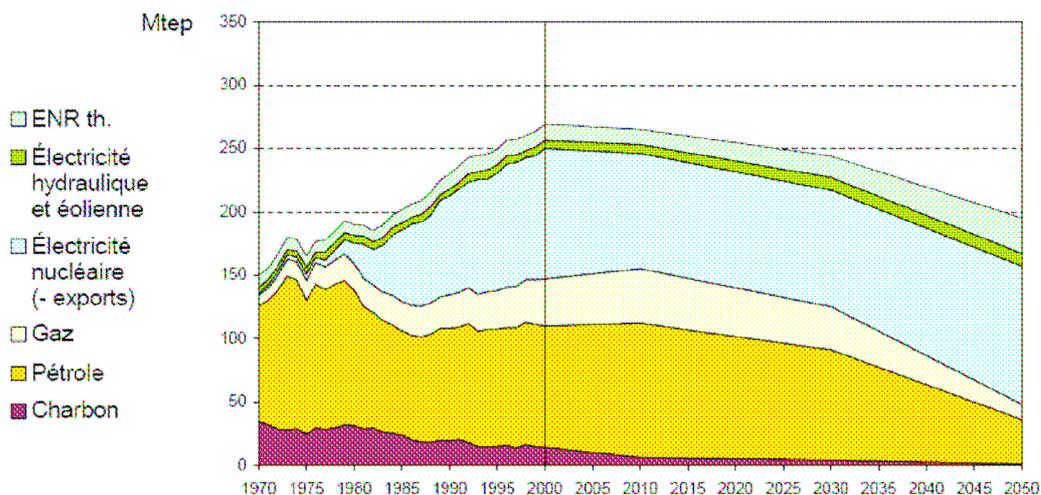


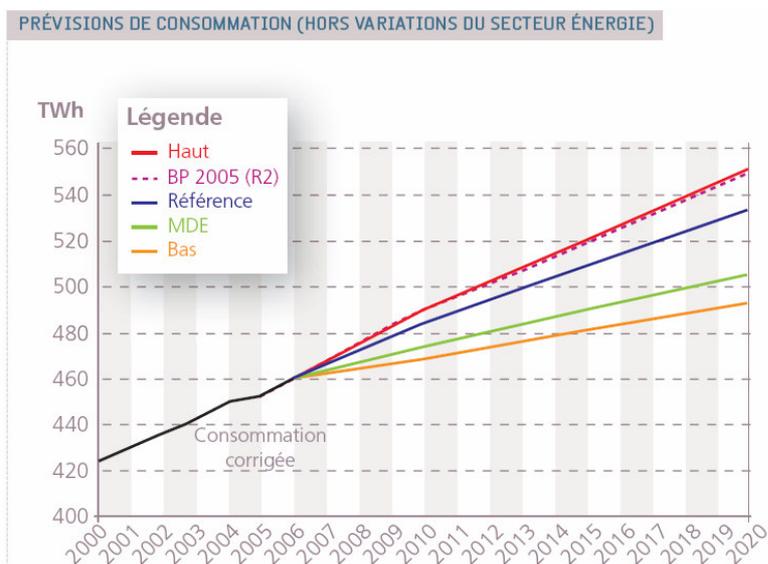
Figure 4 : Un exemple de scénario « facteur 4 » (DGEMP-OE)

Partant de là, et devant ces incertitudes, la recherche de scénarios gagnant-gagnant sur le double point de vue énergétique et milieux aquatiques combine des actions de développement de l'offre en privilégiant l'aménagement des sites existants, et en compensant les impacts de ce développement par la réduction d'impacts sur l'eau de certaines capacités de production moins stratégiques. C'est la logique qui préside à la recherche de scénarios gagnants-gagnants.

Il reste à rappeler que les actions volontaristes en matière de maîtrise de la demande électrique sont des stratégies « sans regret » (gagnantes à l'avenir quel que soient les autres évolutions futures), et notamment en termes de maîtrise des pointes (tarifications, sensibilisation,...). Ces actions sont, pour leur part, hors du champ de la présente étude.

6 DERNIERE MINUTE

En juillet 2007, RTE vient de publier son nouveau bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France. Le graphique suivant en est extrait. Il montre les nouveaux scénarios de consommation retenus par RTE. Le scénario moyen (R2) retenu dans le bilan 2005 est représenté en pointillés violet. Il est désormais considéré comme le scénario haut, conformément à l'analyse que nous avons menée ci-dessus.



ANNEXE

Illustrations

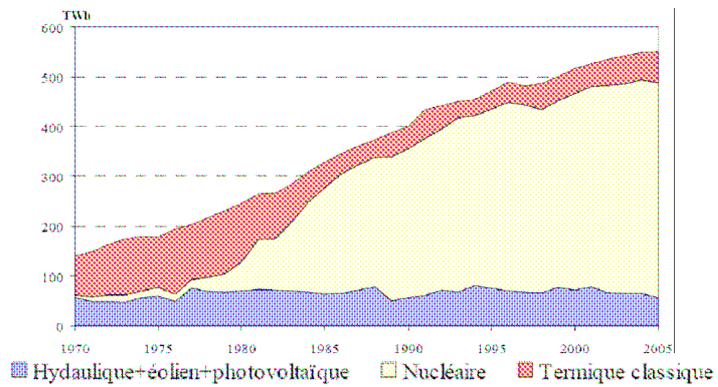


Figure 5: Origine de l'électricité en France entre 1970 et 2005

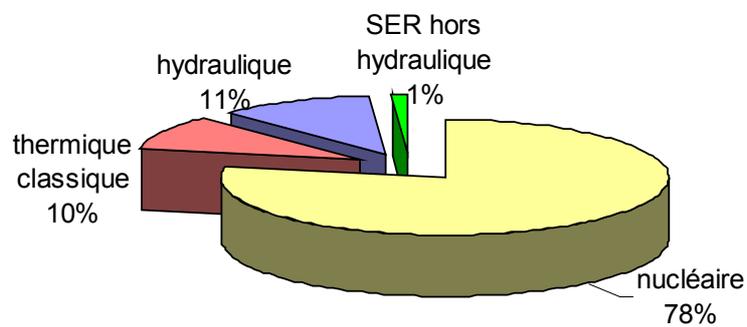


Figure 6: Origine de l'électricité en France en 2006, en pourcentage de la production

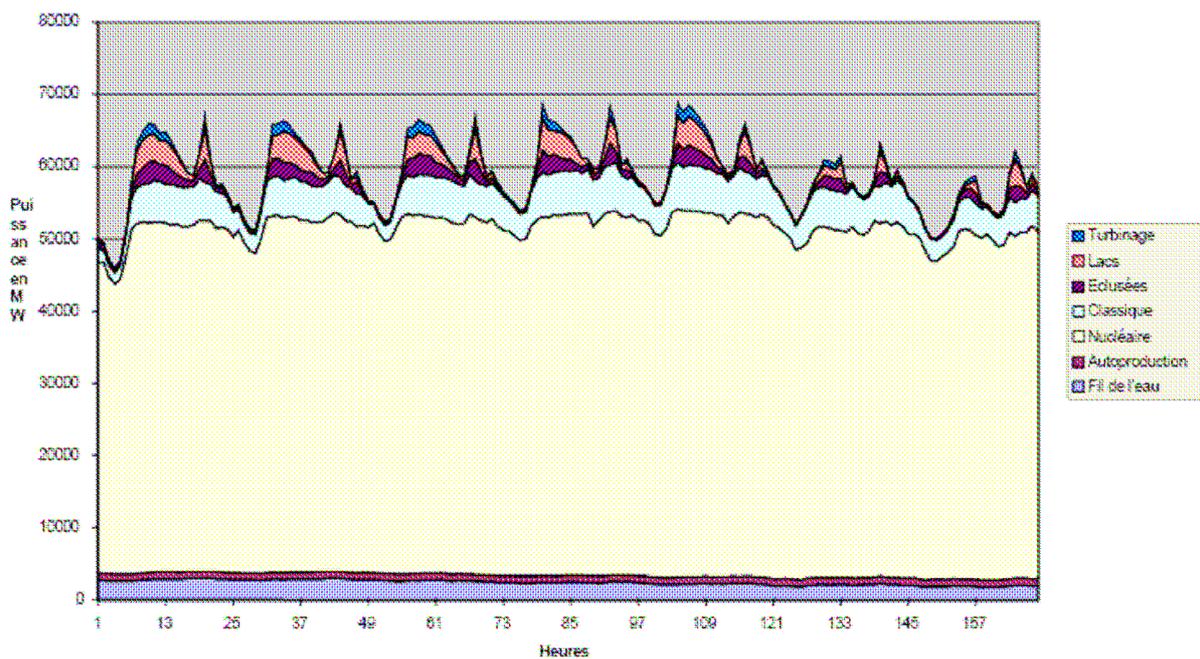


Figure 7: Production pendant une semaine d'automne 2003 - source RTE

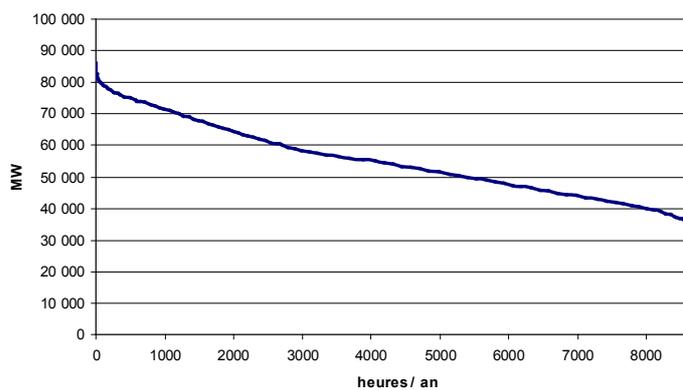
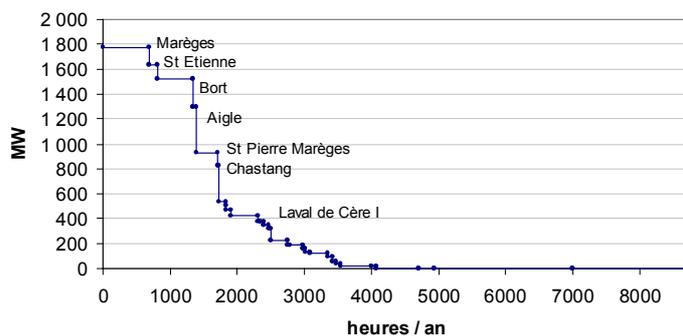


Figure 8: Comparaison entre la consommation française 2005 (en bas) et l'utilisation des barrages du bassin de la Dordogne (en haut)

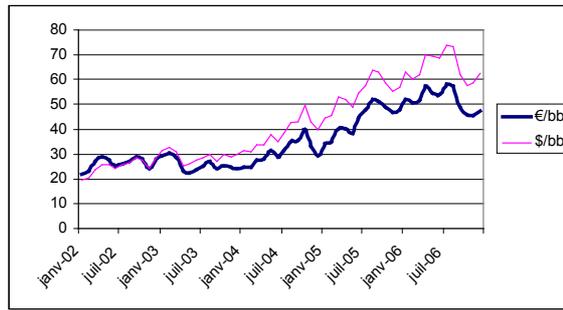


Figure 9: Moyennes mensuelles des cours du Brent (Source DGEMP)

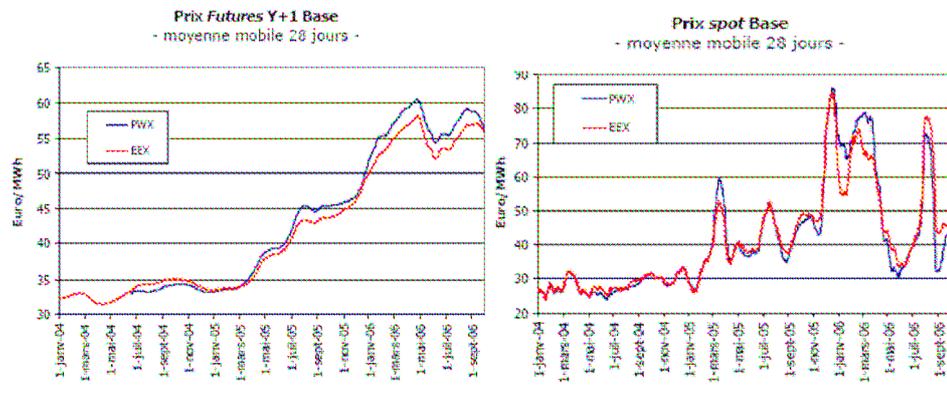


Figure 10: Les prix Futures Y+1 et Spot sur Powernext (marché français) et EEX (marché allemand) (Source CRE)

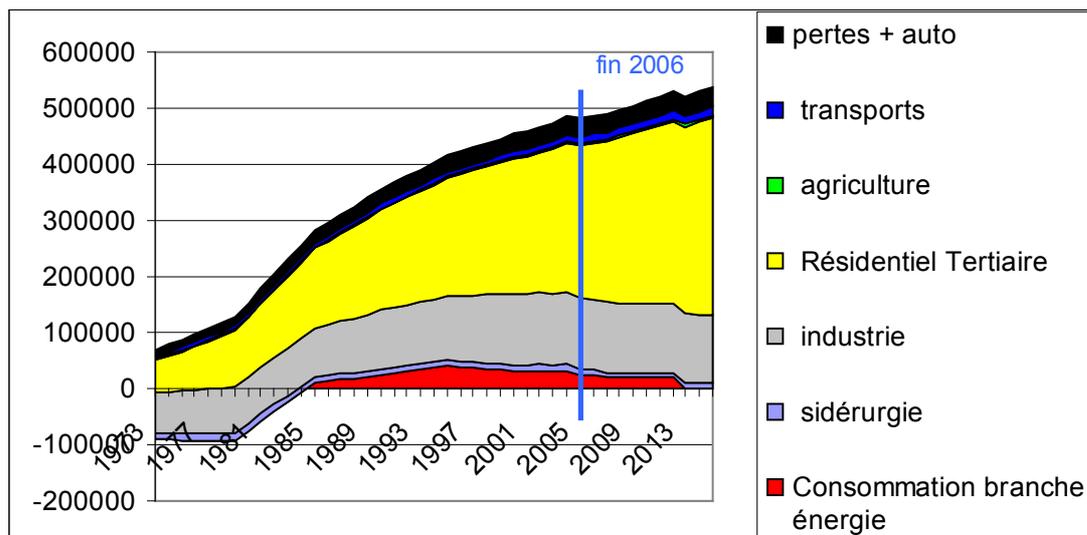


Figure 11: Consommation d'électricité par secteur (1973-2006) et poursuite de la tendance 2006 sur la période 2007-2015¹⁹

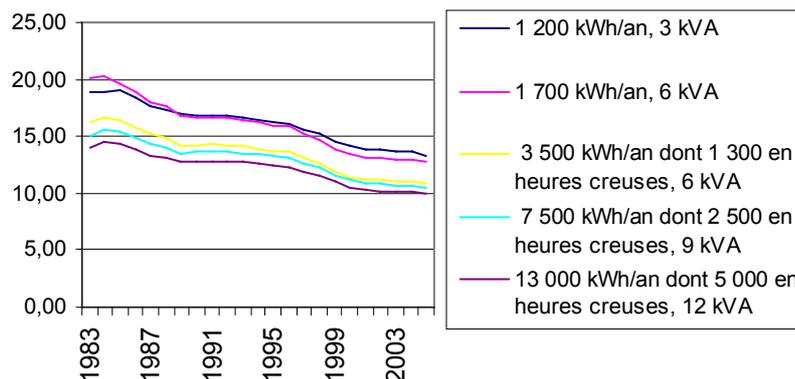


Figure 12: Prix moyen du kWh pour les particuliers en France, en prix constant (c€ 1998)²⁰

¹⁹ Pour le secteur énergie, malgré la forte tendance à la baisse de l'année 2006, une consommation de 19 TWh a été maintenue jusqu'en 2012, correspondant à la seule consommation d'Eurodif, l'usine d'enrichissement de l'uranium.

²⁰ Sources : base de données Pégase de la DGEMP pour les prix en euros courants, INSEE pour l'inflation.