

École Énergies & Recherches 2010

Re-examining uranium supply and demand (Ré-examen de l'offre et de la demande d'uranium)

Sondes Kahouli

30 *Mars* 2010

1 Contexte général et revue de la littérature

2 Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la demande

Équation du prix

Équations de la consommation électrique nucléaire et de la
capacité nucléaire installée

3 Estimation et résultats empiriques

4 Principales conclusions

Contexte général

- Les débats actuels sur le changement climatique et la sécurité énergétique et la question de la Renaissance nucléaire, *i.e.* Chae et al. (1995) ; Barré (1998) ; Sato et al. (1998) ; William et al. (2000) ; Van der Zwaan (2002b) ; Van der Zwaan (2004) ; Uyterlinde et al. (2006) ; Esposto (2008) ; Van der Zwaan (2008) ; Chakravorty et al. (2009).

Contexte général

- Les débats actuels sur le changement climatique et la sécurité énergétique et la question de la Renaissance nucléaire, *i.e.* Chae et al. (1995) ; Barré (1998) ; Sato et al. (1998) ; William et al. (2000) ; Van der Zwaan (2002b) ; Van der Zwaan (2004) ; Uytterlinde et al. (2006) ; Esposto (2008) ; Van der Zwaan (2008) ; Chakravorty et al. (2009).
- Les questions « conventionnelles » liées à l'énergie nucléaire souvent évoquées : compétitivité, gestion des déchets radioactifs, acceptabilité sociale, *i.e.* WNA (2003) ; Tolley and Jones (2004) ; OECD/IEA/NEA (2005) ; WNA (2008) ; Yangbo and Parsons (2009).

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

**Principales
conclusions**

Références

Contexte général

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

**Principales
conclusions**

Références

Contexte général

Contexte général

- Une question « délaissée » : l'offre et la demande d'uranium, *i.e.* Basheer Ahmed (1979) ; Owen (1984, 1985) ; Trieu et al. (1994) and Amavilah (1994, 1995).
 - Existe-il une relation entre le marché de l'uranium et les autres marchés de matières premières, notamment le pétrole, le charbon et l'or.
 - Les prix de l'électricité ont-ils une influence sur la demande d'uranium et par ce biais sur la diffusion de l'énergie nucléaire.

Le modèle

Équation de l'offre

$$Y_t^{*S} = \lambda_1 + \lambda_2 P_t^e + \lambda_3 Z_t + \mu_t \quad (1)$$

$$P_t^e = \frac{\sigma}{1 - (1 - \sigma)L} P_{t-1} + v_t \quad (2)$$

$$Y_t^S - Y_{t-1}^S = \rho(Y_t^{*S} - Y_{t-1}^S) + v_t \quad (3)$$

⇒

$$Y_t^S = \alpha_1 + \alpha_2 P_{t-1} + \alpha_3 Y_{t-1}^S + \alpha_4 P_t^g + \alpha_5 I_t^p + \varepsilon_{1,t} \quad (4)$$

Le modèle

Équation de la demande

$$Y_t^{*d} = \gamma_1 + \gamma_3 P_t + \gamma_4 C_t + \gamma_5 Q_t + \gamma_6 P_t^{el} + \zeta_{2,t} \quad (5)$$

$$Y_t^d - Y_{t-1}^d = \varphi(Y_t^{*d} - Y_{t-1}^d) \quad (6)$$

⇒

$$Y_t^d = \beta_1 + \beta_2 Y_{t-1}^d + \beta_3 P_t + \beta_4 C_t + \beta_5 Q_t + \beta_6 P_t^{el} + \varepsilon_{2,t} \quad (7)$$

Le modèle

Équation du prix

$$P_t = \omega_1 + \omega_2 Y_t^{*S} + \xi_{3,t} \quad (8)$$

$$Y_t^{*S} = \tau Y_t^S + (1 - \tau) Y_{t-1}^{*S} \quad (9)$$

En remplaçant l'équation (9) dans l'équation (8) on a :

$$P_t = \omega_1 + \omega_2 [\tau Y_t^S + (1 - \tau) Y_{t-1}^{*S}] + \xi_{3,t} \quad (10)$$

À partir de l'équation (8), on peut écrire :

$$Y_{t-1}^{*S} = \frac{1}{\omega_2} (P_{t-1} - \omega_1 - \xi_{3,t-1}) \quad (11)$$

Le modèle

Équation du prix

En remplaçant l'équation (11) dans l'équation (10) on a :

$$P_t = \omega_1 \tau + \omega_2 \tau Y_t^S + (1 - \tau) P_{t-1} + \xi_{3,t} - (1 - \tau) \xi_{3,t-1} \quad (12)$$

où $\xi_{3,t} - (1 - \tau) \xi_{3,t-1} = \xi_{3,t} - \xi_{3,t-1} - \tau \xi_{3,t-1}$ est un terme d'erreur.

⇒

$$P_t = \gamma_1 + \gamma_2 Y_t^S + \gamma_3 P_{t-1} + \gamma_4 P_t^O + \gamma_5 P_t^C + \gamma_6 R_t + \varepsilon_{3,t} \quad (13)$$

Le modèle

Équation de la consommation électrique nucléaire et de la capacité nucléaire installée

⇒

$$C_t = \delta_1 + \delta_2 C_{t-1} + \delta_3 P_t + \delta_4 P_t^{ff} + \delta_5 Q_t + \varepsilon_{4,t} \quad (14)$$

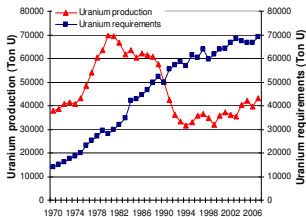
⇒

$$Q_t = \Phi_1 + \Phi_2 Q_{t-1} + \Phi_3 P_t + \Phi_4 C_t + \Phi_5 CF_t + \Phi_6 EE_t + \varepsilon_{5,t} \quad (15)$$

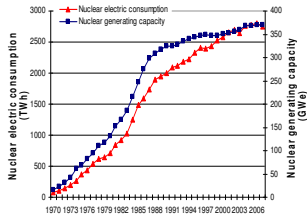
Le modèle

Le système d'équations à estimer est alors :

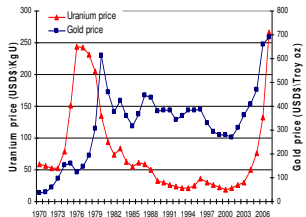
$$S = \begin{cases} Y_t^s &= \alpha_1 + \alpha_2 P_{t-1} + \alpha_3 Y_{t-1}^s + \alpha_4 P_t^g + \alpha_5 I_t^p + \varepsilon_{1,t} \\ Y_t^d &= \beta_1 + \beta_2 Y_{t-1}^d + \beta_3 P_t + \beta_4 C_t + \beta_5 Q_t + \beta_6 P_t^{el} + \varepsilon_{2,t} \\ P_t &= \gamma_1 + \gamma_2 Y_t^s + \gamma_3 P_{t-1} + \gamma_4 P_t^o + \gamma_5 P_t^c + \gamma_6 R_t + \varepsilon_{3,t} \\ C_t &= \delta_1 + \delta_2 C_{t-1} + \delta_3 P_t + \delta_4 P_t^{ff} + \delta_5 Q_t + \varepsilon_{4,t} \\ Q_t &= \phi_1 + \phi_2 Q_{t-1} + \phi_3 P_t + \phi_4 C_t + \phi_5 CF_t + \phi_6 EE_t + \varepsilon_{5,t} \end{cases}$$



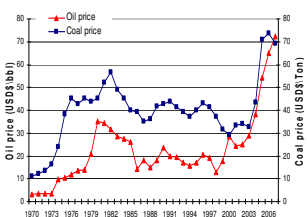
(a)



(b)



(c)



(d)

Table 1. RÉSULTATS DE L'ESTIMATION POUR LA PÉRIODE 1970-2007

Équation	Variable dépendante	Variable indépendante	Coefficient estimé	t-student	Coefficient d'ajustement partiel	Élasticité de LT	R ² ajustée
Eq. (4)	Y_t^s	constante	3.455	5.36***	0.390	0.153	0.95
		P_{t-1}	0.060	3.73***			
		Y_{t-1}^s	0.610	8.64***			
		P_t^g	0.072	3.30***			
		I_t^d	0.144	3.48***			
Eq. (7)	Y_t^d	constante	8.522	4.57***	0.586	0.066	0.99
		Y_{t-1}^d	0.414	3.59***			
		P_t	-0.039	-3.03**			
		C_t	0.692	3.87***			
		Q_t	0.552	3.48***			
		P_t^{el}	0.100	1.36			
Eq. (13)	P_t	constante	-0.881	-0.17	0.298	<u>2.046</u>	0.88
		Y_t^s	-0.610	-2.18**			
		P_{t-1}	0.702	2.59***			
		P_t^o	0.036	0.43			
		P_t^c	1.025	5.23***			
		R_t	0.841	3.20***			
					<u>3.439</u>	<u>2.822</u>	

Table 1. RÉSULTATS DE L'ESTIMATION POUR LA PÉRIODE 1970-2007

Équation	Variable dépendante	Variable indépendante	Coefficient estimé	t -student	Coefficient d'ajustement partiel	Élasticité de LT	R^2 ajustée	
Eq. (14)	C_t	<i>constante</i>	-1.212	-2.03**	0.334		0.99	
		C_{t-1}	0.666	11.26***				
		P_t	-0.015	-1.26				
		P_t^{ff}	0.011	0.47				
		Q_t	0.308	4.02***				0.922
Eq. (15)	Q_t	<i>constante</i>	5.817	7.13***	0.735		0.99	
		Q_{t-1}	0.265	2.14**				
		P_t	-0.017	-2.58**				0.023
		C_t	0.664	5.24***				0.903
		CF_t	-0.314	-4.92***				0.427
		EE_t	0.103	3.06***				0.140
Statistiques du système							0.97	

Table 2. RÉSULTATS DE L'ESTIMATION POUR LA PÉRIODE 1970-1990

Équation	Variable dépendante	Variable indépendante	Coefficient estimé	t-student	Coefficient d'ajustement partiel	Élasticité de LT	R ² ajustée
Eq. (4)	Y_t^s	<i>constante</i>	1.147	3.26***			0.97
		P_{t-1}	0.080	11.73***		0.526	
		Y_{t-1}^s	0.848	23.28***	0.152		
		P_t^g	0.023	2.09**		0.151	
		I_t^d	0.0007	2.80***		0.004	
Eq. (7)	Y_t^d	<i>constante</i>	8.946	7.99***			0.99
		Y_{t-1}^d	0.387	4.78***	0.613		
		P_t	-0.051	<u>-4.97***</u>		0.083	
		C_t	0.840	6.59***		1.370	
		Q_t	0.663	<u>5.76***</u>		1.081	
		P_t^{el}	0.026	<u>0.78</u>			
Eq. (13)	P_t	<i>constante</i>	21.523	8.04***			0.94
		Y_t^s	-1.631	-16.09***		<u>9.162</u>	
		P_{t-1}	0.822	19.65***	0.178		
		P_t^o	0.181	2.60***		<u>1.016</u>	
		P_t^c	0.990	10.11***		<u>5.561</u>	
		R_t	-0.020	-0.10			

Table 2. RÉSULTATS DE L'ESTIMATION POUR LA PÉRIODE 1970-1990

Équation	Variable dépendante	Variable indépendante	Coefficient estimé	t—student	Coefficient d'ajustement partiel	Élasticité de LT	R ² ajustée
Eq. (14)	C_t	<i>constante</i>	-2.816	-8.05***	0.566		0.99
		C_{t-1}	0.434	9.74***			
		P_t	-0.010	-2.01**		0.017	
		P_t^{ff}	0.020	2.60***		0.035	
		Q_t	0.572	10.67***		1.010	
Eq. (15)	Q_t	<i>constante</i>	5.751	22.69***	0.698		
		Q_{t-1}	0.302	6.74**			
		P_t	-0.089	-12.72**		0.127	
		C_t	0.617	13.63***		0.883	
		CF_t	-0.150	-5.05***		0.214	
		EE_t	0.382	13.37***		0.547	
Statistiques du système							0.98

Table 3. RÉSULTATS DE L'ESTIMATION POUR LA PÉRIODE 1991-2007

Équation	Variable dépendante	Variable indépendante	Coefficient estimé	t-student	Coefficient d'ajustement partiel	Élasticité de LT	R ² ajustée
Eq. (4)	Y_t^s	constante	5.806	8.30***	0.598	0.128	0.69
		P_{t-1}	0.077	5.60***			
		Y_{t-1}^s	0.402	5.85***			
		P_t^g	0.034	2.60***			
		I_t^d	-0.016	-1.11			
Eq. (7)	Y_t^d	constante	4.658	1.28	0.909	0.608	0.91
		Y_{t-1}^d	0.091	0.83			
		P_t	-0.013	<u>-1.17</u>			
		C_t	0.553	5.64***			
		Q_t	0.276	<u>0.70</u>			
		P_t^{el}	0.158	<u>2.07**</u>			
Eq. (13)	P_t	constante	9.204	2.05**	0.123	13.447	0.96
		Y_t^s	-1.654	-3.77***			
		P_{t-1}	0.877	10.95***			
		P_t^o	0.514	6.43***			
		P_t^c	1.689	4.71***			
		R_t	0.929	4.37***			
					<u>4.178</u>	<u>13.731</u>	<u>7.552</u>

Table 3. RÉSULTATS DE L'ESTIMATION POUR LA PÉRIODE 1991-2007

Équation	Variable dépendante	Variable indépendante	Coefficient estimé	t—student	Coefficient d'ajustement partiel	Élasticité de LT	R ² ajustée	
Eq. (14)	C_t	<i>constante</i>	-8.130	-4.86***	0.346	0.057	0.98	
		C_{t-1}	0.654	12.32***				
		P_t	-0.020	-5.84***				
		P_t^{ff}	0.010	<u>1.24</u>				
		Q_t	0.859	5.38***				2.482
Eq. (15)	Q_t	<i>constante</i>	5.843	4.54***	0.590	0.008		
		Q_{t-1}	0.410	3.02***				
		P_t	-0.005	-2.24**				
		C_t	0.232	3.12***				0.393
		CF_t	-0.041	<u>-1.25</u>				
		EE_t	-0.019	<u>-0.84</u>				
Statistiques du système							0.96	

Table 4. RÉSULTATS DES ÉLASTICITÉS

Variable	1970-2007		1970-1990		1991-2007	
	Déterminant	Élasticité de LT	Déterminant	Élasticité de LT	Déterminant	Élasticité de LT
Offre						
	Prix d'uranium	Inélastique	Prix d'uranium	Inélastique	Prix d'uranium	Inélastique
	Prix de l'or	Inélastique	prix de l'or	Inélastique	Prix de l'or	Inélastique
	Stock	Inélastique	Stock	Inélastique	—	—
Demande						
	Prix d'uranium	Inélastique	Prix d'uranium	Inélastique	—	—
	Consommation d'uranium	Élastique	Consommation d'uranium	Élastique	Consommation d'uranium	Inélastique
	Capacité nucléaire installée	Inélastique	Capacité nucléaire installée	Élastique	—	—
	—	—	—	—	Prix de l'électricité	Inélastique
Prix						
	Offre d'uranium	Élastique	Offre d'uranium	Élastique	Offre d'uranium	Élastique
	—	—	Prix du pétrole	Élastique	Prix du pétrole	Élastique
	Prix du charbon	Élastique	Prix du charbon	Élastique	Prix du charbon	Élastique
	Réserves d'uranium	Élastique	—	—	Réserves d'uranium	Élastique

Table 4. SUMMARY OF MAIN RESULTS

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

Principales
conclusions

Références

Variable	1970-2007		1970-1990		1991-2007	
	Déterminant	Élasticité de LT	Déterminant	Élasticité de LT	Déterminant	Élasticité de LT
Consommation d'électricité nucléaire	—	—	Prix d'ura- nium	Inélastique	Prix d'ura- nium	Inélastique
	—	—	Prix des combus- tibles fossiles	Inélastique	—	—
	Capacité nucléaire installée	Inélastique	Capacité nucléaire installée	Élastique	Capacité nucléaire installée	Élastique
Capacité nucléaire installée	Prix d'ura- nium	Inélastique	Prix d'ura- nium	Inélastique	Prix d'ura- nium	Inélastique
	Consommation d'électri- cité	Inélastique	Consommation d'électri- cité	Inélastique	Consommation d'électri- cité	Inélastique
	Facteur de capacité	Inélastique	Facteur de capacité	Inélastique	—	—
	Ratio EE	Inélastique	Ratio EE	Inélastique	—	—

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

**Principales
conclusions**

Références

Principales conclusions

Principales conclusions

- Il existe une corrélation significative entre le prix de l'uranium et le prix des énergies fossiles notamment le pétrole et le charbon.

Principales conclusions

- Il existe une corrélation significative entre le prix de l'uranium et le prix des énergies fossiles notamment le pétrole et le charbon.
- Il existe une corrélation significative entre le prix de l'uranium et l'offre (primaire). Cette dernière est significativement corrélée au prix de l'or.

Principales conclusions

- Il existe une corrélation significative entre le prix de l'uranium et le prix des énergies fossiles notamment le pétrole et le charbon.
- Il existe une corrélation significative entre le prix de l'uranium et l'offre (primaire). Cette dernière est significativement corrélée au prix de l'or.
- Les prix de l'électricité exercent un effet significatif sur la demande d'uranium seulement à partir de 1991.

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

**Principales
conclusions**

Références

Principales conclusions

Principales conclusions

- La demande d'uranium est significativement corrélée au prix de l'uranium mais seulement au cours de la période de forte expansion de l'énergie nucléaire.

Principales conclusions

- La demande d'uranium est significativement corrélée au prix de l'uranium mais seulement au cours de la période de forte expansion de l'énergie nucléaire.
- La consommation électrique nucléaire et la capacité nucléaire installée sont simultanément corrélées et la demande d'uranium est significativement corrélée à ces deux variables. Toutefois, cela est uniquement vrai pour la période de forte expansion de l'énergie nucléaire.

Principales conclusions

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

Principales
conclusions

Références

- La demande d'uranium est significativement corrélée au prix de l'uranium mais seulement au cours de la période de forte expansion de l'énergie nucléaire.
- La consommation électrique nucléaire et la capacité nucléaire installée sont simultanément corrélées et la demande d'uranium est significativement corrélée à ces deux variables. Toutefois, cela est uniquement vrai pour la période de forte expansion de l'énergie nucléaire.
- Les élasticités du modèle sont faibles (sauf pour l'équation du prix), ce qui peut refléter un manque de compétitivité sur le marché de l'uranium.

Sommaire

Contexte
général et revue
de la littérature

Le modèle

Équation de l'offre

Équation de la
demande

Équation du prix

Équations de la
consommation
électrique nucléaire et
de la capacité nucléaire
installée

Estimation et
résultats
empiriques

Principales
conclusions

Références

MERCI POUR VOTRE ATTENTION.

Amavilah, V. H. S., 1994. The influence of oil and coal prices on the world uranium demand. *OPEC review* 18 (4), 489–508.

Amavilah, V. H. S., 1995. The capitalist world aggregate supply and demand model for natural uranium. *Energy economics* 17 (3), 211–220.

Barré, B., 1998. The future of nuclear energy in the world. *Journal of alloys and compounds* 271-273, 1–5.

Basheer Ahmed, S., 1979. Nuclear fuel and energy policy. No. 0-669-02714-6 (ISBN). Princeton University - Center of International Studies, Lexington, Massachusetts, Toronto.

Chae, K., Lee, D., Lim, C., Lee, B., 1995. The role of nuclear energy system for Korean long-term energy supply strategy. *Progress in nuclear energy* 29, 71–78.

Chakravorty, U., Magné, B., Moreaux, M., 2009. Can nuclear power supply clean energy in the long run ? A model with endogenous substitution of resources. University of Alberta, Department of Economics, Working Paper N° : 2009-19.

URL http://EconPapers.repec.org/RePEc:ris:albaec:2009_019

Esposito, S., 2008. The possible role of nuclear energy in Italy. Energy policy 36 (5), 1584–1588.

OECD/IEA/NEA, 2005. Projected costs of generating electricity. No. 92-64-00826-8 (ISBN). OECD publishing n° 53955, Paris, France.

URL http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1472

Owen, A. D., 1984. An economic model of the US uranium market. Materials and society 8, 137–152.

Owen, A. D., 1985. The economics of uranium. Praeger, New York.

Sato, O., Tatematsu, K., Hasegawa, T., 1998. Reducing future CO₂ emissions -The role of nuclear energy. Progress in nuclear energy 32 (3/4), 323–330.

Tolley, G. S., Jones, D. W., August 2004. The economic futur of nuclear power. University of Chicago - Department of economics, USA.

URL <http://www.ne.doe.gov/np2010/reports/NuclIndustryStudy-Summary.pdf>

Trieu, L. H., Savage, E., Dwyer, G., 1994. A model for the world uranium market. *Energy policy* 22 (4), 317–329.

Uyterlinde, M., Martinus, G., Rösler, H., Van der Zwaan, B., Szabo, L., Russ, P., Mantzos, L., Zeak-Passhou, M., Blesl, M., Ellersdorfer, I., Fahl, U., Böhringer, C., Löschel, A., Pralong, F., Le Mouel, P., Hayhow, I., Kydes, A., Martin, L., Rafaj, P., Kypreos, S., Sano, F., Akimoto, K., Homma, T., Tomoda, T., March 2006. The contribution of nuclear energy to a sustainable energy system. Volume 3 in the CASCADE MINTS project. Tech. rep., Energy research center of the Netherlands, ECN-C–05-085.

Van der Zwaan, B., 2002b. Nuclear energy : Tenfold expansion or phase-out ? *Technological forecasting and social change* 69, 287–307.

Van der Zwaan, B., 2004. Nuclear power and global climate change : security concerns of Asian developing countries. *Resources, energy and development* 1, 1–18.

Van der Zwaan, B., 2008. Prospects for nuclear energy in Europe. *Journal of global energy issues* 30 (1/2/3/4), 102–121.

William, C. S., Bodansky, D., Braun, C., Fetter, S., van der Zwaan, B. C. C., 2000. A nuclear solution to climate change ? Science 288 (May), 1177–1178.

WNA, 2003. The new economics of nuclear power. Tech. rep., World Nuclear Association.

URL <http://www.world-nuclear.org/reference/pdf/economics.pdf>

WNA, August 2008. The economics of nuclear power. Tech. rep., World Nuclear Association.

URL <http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/info/pdf/EconomicsNP.pdf>

Yangbo, D., Parsons, J. E., May 2009. Update on the cost of nuclear power. No. 09-004. MIT Center for Energy and Environmental Research (CEEPR), Cambridge, UK.

URL <http://www.mit.edu/~jparsons/publications/2009-004.pdf>