

Evaluation macroéconomique de la première phase de réalisation d'un programme électro-nucléaire en Tunisie¹

Alain Bernard^a - alain.bernard@gmail.com

Ahlem Dakhlaoui^b - Ahlem.Dakhlaoui@ept.rnu.tn

Mosbah Lafi^c - mosbah.lafi@u-paris2.fr

Marc Vielle^d - marc.vielle@epfl.ch

^aIngénieur Général honoraire des Ponts et Chaussées, ASSESSECO.

^bEcole Polytechnique de Tunisie – Laboratoire d'économie et de gestion industrielle (LEGI), Université de Carthage.

^cUniversité Paris II Panthéon Assas, Institut CEDIMES France

^dÉcole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratoire de Recherche en Économie et Management de l'Environnement – Toulouse School of Economics (LERNA)

Introduction

La Tunisie et la France ont signé à Tunis un accord de coopération portant sur l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire dans divers domaines et en particulier dans la production électrique. La réalisation d'une centrale nucléaire ferait accroître la capacité de production électrique d'environ 1000 MWe et réduirait substantiellement la dépendance à l'égard du gaz qui couvre actuellement 89% de la production électrique.

La Tunisie compte réaliser ce projet sous les auspices de l'AIEA. Le calendrier pourrait être le suivant:

2011 : Achèvement de l'étude de faisabilité et choix de la technologie

2016 : Démarrage de la construction de la centrale

2019 : Installation des équipements

2023 : Début d'exploitation commerciale de la centrale

Au delà de la faisabilité technique et de l'intérêt énergétique et environnemental, il est opportun d'évaluer l'ensemble des effets économiques qu'entraînerait un tel programme, qu'il s'agisse de la production, de l'emploi, des échanges extérieurs ou de la consommation finale des ménages. Une mesure pertinente est celle du surplus collectif ou du coût de bien-être, exprimant de manière synthétique l'intérêt global pour le pays.

La réalisation d'un programme nucléaire, qui vise à fournir au pays une capacité de production électrique concentrée pour satisfaire les besoins croissants des ménages et de l'industrie souffre néanmoins d'un handicap par rapport aux autres sources d'énergie non-carbonnée et en particulier les énergies renouvelables (éolien, solaire, biomasse) qui est sa non-

¹ Nous remercions le rapporteur anonyme, ainsi que M. Mohamed Haddar, M. Jean-Guy Devezeaux et les participants au VI^{ème} Colloque International du PS2D, (Hammamet 21-23 juin 2010), pour leurs remarques sur une première version de cet article.

éligibilité au Mécanisme de Développement Propre (MDP). De ce fait l'intérêt d'un tel projet pour des investisseurs extérieurs s'en trouve sensiblement réduit.

Néanmoins l'intérêt économique et environnemental n'est pas négligeable, surtout à long terme, car la Tunisie comme l'ensemble des pays, développés ou en développement, devra également s'engager dans des actions visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ces actions seront inévitablement coûteuses pour le pays, et pouvoir disposer d'une énergie électrique non-carbonée diminuera les efforts qu'il faudra faire dans d'autres secteurs ou dans d'autres activités.

Une telle évaluation requiert le recours à un modèle d'équilibre général. Le présent article présente celle qui a été effectuée avec le modèle GEMINI-E3, dont il existe une version individualisant la Tunisie (Bernard, Talbi et al. 2010) et qui a déjà été mise en œuvre pour évaluer l'intérêt que peut présenter le MDP pour la Tunisie.

Cette dimension ne sera donc pas prise en compte dans cette première approche exploratoire, qui devra être complétée par d'autres simulations permettant de comparer plus étroitement l'option nucléaire à l'option renouvelable. D'autres simulations doivent permettre de prendre en compte les déséquilibres macro-économiques de la Tunisie, et notamment le sous-emploi de la main-d'œuvre. Elles permettront de compléter l'évaluation économique d'un programme nucléaire ambitieux entrepris en Tunisie.

1. Le modèle GEMINI-E3

Nous utilisons la version 5 du modèle GEMINI-E3 calibré à partir de la banque de données du GTAP (Dimaranan, 2006) et dont l'année de référence est 2001. Les spécifications du modèle sont décrites dans (Bernard and Vielle, 2008) et une description complète du modèle peut être consultée sur le site <http://gemini-e3.epfl.ch/>.

Le modèle GEMINI-E3 est un modèle d'équilibre général calculable de l'économie mondiale, dynamique et récursif à plusieurs secteurs et plusieurs pays/régions. GEMINI-E3 (Bernard and Vielle, 2008) a été spécifiquement conçu dès le début de sa construction pour produire les éléments d'appréciation macro-économique pertinents dans l'évaluation des politiques énergétiques et environnementales telles que celles liées au changement climatique. Le modèle GEMINI-E3, dont la création remonte à 1992, a fait l'objet de nombreuses utilisations notamment pour évaluer le coût de réduction des gaz à effet de serre dans un optimum de second rang (Bernard and Vielle, 2000), pour analyser la mise en place de la directive européenne sur les quotas d'émissions (Bernard et al., 2005) et pour évaluer les comportements stratégiques de la Russie dans le protocole de Kyoto (Bernard et al., 2003). Le modèle GEMINI-E3 a été mis à contribution par la Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre en 2000 pour la détermination de la taxe carbone devant être appliquée pour respecter le protocole de Kyoto, et ses évaluations ont été reprises dans plusieurs rapports de l'administration publique française ayant trait aux politiques de changement climatique (Guesnerie, 2003 ; Commissariat Général du Plan, 2002 ; Quinet, 2009).

Au niveau international l'équipe du modèle GEMINI-E3 participe régulièrement à l'Energy Modeling Forum (en particulier Working Groups 19, 21, 22 et 24) et collabore à deux projets financés par la Commission Européenne ayant trait à la définition de politique de lutte contre le changement climatique (TOCSIN et PLANETS). L'équipe GEMINI-E3 a aussi coopéré avec de nombreuses équipes universitaires : MIT Cambridge USA, Resources for the Future (Washington, USA), GERAD (Montréal Canada) -équipe qui développe le modèle TIMES-, LOGILAB-HEC (Université de Genève, Suisse). Enfin le modèle est utilisé par les instances fédérales Suisses pour l'examen des politiques climatiques Post-Kyoto.

1.1 Structure et fonctionnement du modèle

Un progrès essentiel dans le développement de GEMINI-E3 a résulté de la définition d'un protocole précis d'utilisation, avec des règles assurant un calcul rigoureux des coûts macro-économiques. De fait, une caractéristique du modèle est que sa construction s'est constamment appuyée sur des fondements théoriques, portant notamment sur la fiscalité optimale (et l'approche de l'optimum de second rang) et la théorie du commerce international. C'est ainsi que la première présentation d'ensemble du modèle dans une revue scientifique comporte un article introductif intitulé « *l'utilisation des modèles d'équilibre général calculables pour l'analyse coût-bénéfice et l'évaluation des politiques* » (Bernard, 1998) précisant les résultats qui peuvent en être attendus. Les problèmes de double dividende, et en particulier les interactions entre fiscalité et commerce extérieur, ont fait l'objet d'une analyse théorique approfondie. Cette démarche a permis de consolider les fondements conceptuels du modèle numérique et de donner une grande transparence à la présentation des résultats.

Nous utilisons pour cette étude une version agrégée du modèle en 14 régions qui sont décrites dans le tableau 1. L'utilisation de plusieurs régions dans notre modèle sert à tenir compte de l'impact du commerce international sur l'économie tunisienne (voir Figure 1). La nomenclature sectorielle du modèle est décrite dans le tableau 2.

Tableau 1: Description géographique du modèle GEMINI-E3

Nom	Pays ou régions
TUN	Tunisie
EUR	Union Européenne (25)
XEU	Autres Pays Européens
FSU	Ex-Union Soviétique
USA	États-Unis
CAN	Canada
AUZ	Australie et Nouvelle Zélande
JAP	Japon
CHI	Chine
IND	Inde
ASI	Reste de l'Asie
LAT	Amérique Centrale et Latine + Mexique
MID	Moyen Orient
AFR	Afrique

Tableau 2: Nomenclature sectorielle du modèle GEMINI-E3

Secteur	Intitulé
1	Charbon
2	Pétrole brut
3	Gaz naturel
4	Produits pétroliers
5	Électricité
6	Agriculture
7	Sylviculture
8	Produits minéraux
9	Chimie
10	Sidérurgie
11	Papier et cartons
12	Transport terrestre
13	Transport maritime
14	Transport aérien
15	Biens de consommation
16	Biens d'équipement
17	Services
18	Logement

Le modèle décrit pour chacun des secteurs un équilibre ressources-emplois détaillant d'un côté la production et les importations, de l'autre les utilisations finales du bien (consommation des ménages, exportation, investissement) de même que les consommations intermédiaires. Pour chaque secteur il représente les facteurs utilisés pour réaliser la production (travail, capital, énergie, autres consommations intermédiaires). Le modèle calcule en outre l'ensemble des échanges internationaux de biens et services, et les émissions de gaz à effet de serre des différentes activités économiques. La description de la production fait appel à des fonctions à élasticité de substitution constante dites CES (Arrow et al. 1961) qui sont emboîtées. En effet, l'utilisation de formes flexibles, telles les fonctions Translog ou Léontieff, est rendue difficile par le nombre élevé de facteurs, et par suite d'élasticités indépendantes que l'on doit considérer et donc estimer. L'hypothèse de rendements d'échelle constants et de séparabilité entre facteurs retenue pour GEMINI-E3 permet d'en réduire de façon importante le nombre. Ce qui apparaît essentiel est de prendre en compte les canaux par lesquels agissent les prix, à travers les élasticités prix directes et croisées, et les relations de complémentarité et/ou substituabilité entre facteurs de production. Ceci est obtenu via une structure de fonction CES emboîtée, comme le montre la figure 1.

La demande des ménages est dérivée du modèle de dépense linéaire ou de Stone-Geary (Stone, 1983), découlant d'une fonction d'utilité, ce qui permet d'exprimer de manière rigoureuse le gain ou la perte économique sous forme de surplus des consommateurs². La demande de travail ainsi que le comportement d'épargne sont en revanche supposés inélastiques. La mesure de la perte économique soulève un problème qui est lié aux effets de report entre les périodes. La modification du prix relatif de la consommation et de l'investissement provoque une variation du coût d'usage du capital productif et par suite du partage investissement-consommation (et donc du rythme d'accumulation du capital). La mesure du surplus des consommateurs incorpore donc cet effet, qui ne traduit pas véritablement un gain ou une perte économique nette pour l'année considérée mais un report sur les périodes futures (positif si l'investissement augmente, négatif si l'investissement

² A savoir la différence entre la variation effective de revenu et la variation compensatrice de revenu (celle qui laisserait inchangée l'utilité après la modification du système de prix pour les consommateurs), ce qui est bien la notion introduite par Dupuit.

diminue). La mesure qui serait alors pertinente est la somme actualisée des surplus, peu sensible à la variation du rythme d'accumulation du capital (si le taux d'actualisation reflète bien le coût d'opportunité du capital). Mais ceci ne serait vrai que sur un horizon suffisamment long, supérieur à la période totale prise en considération. La solution technique retenue a été d'imposer la constance du volume d'investissement global de chaque année (mais évidemment pas de la répartition par branche) au moyen d'un ajustement adéquat du taux d'épargne des ménages³. Ceci ne signifie pas qu'une variation de l'investissement est jugée non pertinente, et dans certaines applications on n'impose pas cette contrainte : c'est simplement un artifice pour obtenir une mesure rigoureuse de la perte économique annuelle.

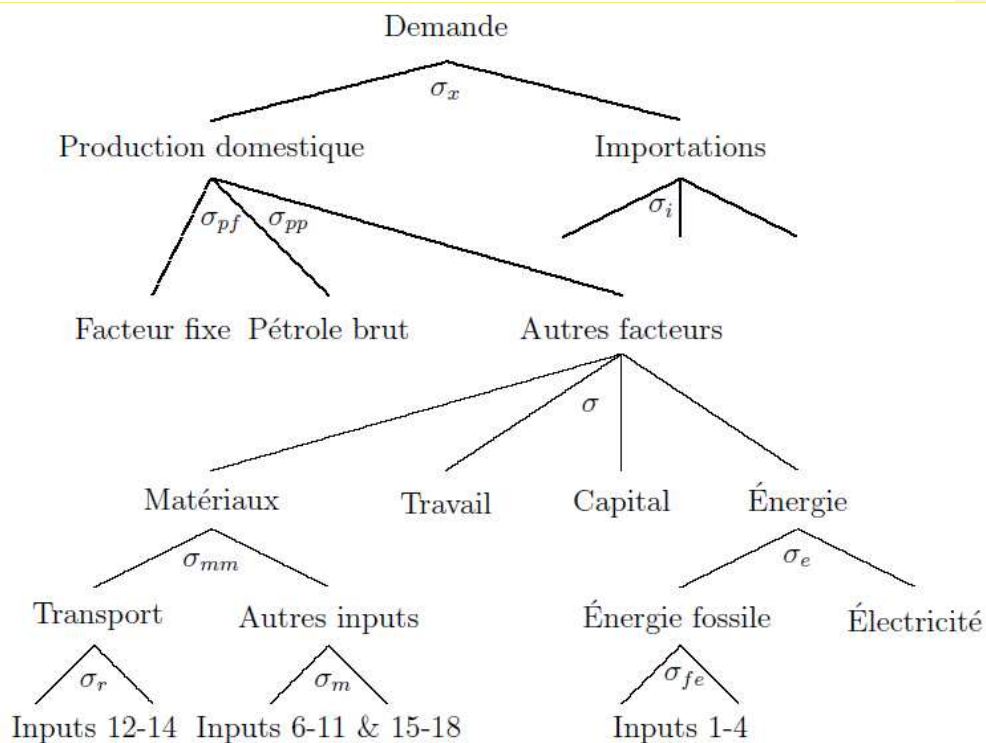


Figure 1: Structure de la production dans GEMINI-E3

1.2 Les émissions de gaz à effet de serre

Le modèle calcule les émissions de CO₂ liées à la combustion d'énergie fossile et les émissions des autres gaz à effet de serre compris dans le « panier Kyoto » (CH₄, N₂O, gaz fluorés): au total 110 sources d'émission de gaz à effet de serre sont décrites par pays. La réduction des émissions de gaz à effet de serre peut être obtenue à l'aide de différents instruments : taxe, quotas, permis négociables, et plus généralement les instruments de flexibilité prévus par le protocole de Kyoto. Le gain qui pourrait réaliser la Tunisie du projet électro-nucléaire en termes d'émissions des GES fera l'objectif d'un autre projet recherche de l'équipe.

³ Cette modification du taux d'épargne des ménages est faible, au maximum égale à 2 points.

2 Le compte de référence

Le compte de référence appelé aussi scénario “Business as Usual” est indispensable pour évaluer les scénarios de politique économique envisagés dans les sections suivantes. Nous supposons dans ce compte de référence qu’aucune politique de lutte contre le changement climatique n’est mise en œuvre.

2.1 Prix internationaux de l’énergie

Les projections du prix du pétrole prises en compte dans cette étude s’appuie sur un examen des différentes prévisions existantes sur ce sujet. Dans notre scénario de référence nous supposons que le prix du brut atteindrait en 76 \$ 2006 en 2010 par baril et puis augmenterait pour atteindre un palier à 100 \$2006 en 2015. Le tableau 3 compare nos hypothèses à celles d’autres instituts : ils sont plus hauts que ceux retenus par l’Agence Internationale de l’Énergie mais plus bas en fin de période que ceux retenus par le Département de l’énergie des États-Unis.

Tableau 3: Prévisions de prix du pétrole (USD₂₀₀₆ par baril)

	2006	2010	2020	2030	2040	2050
GEMINI-E3	61.72	76.00	100.00	100.00	100.00	100.00
International Energy Outlook 2009 (Energy Information Administration (2009))						
<i>Reference</i>	68.00			130.00		
<i>High price</i>	68.00			200.00		
<i>Low price</i>	68.00			50.00		
International Energy Agency 2007 (International Energy Agency , 2007)	61.72	59.03	57.30	62.00		

Concernant les autres énergies fossiles, nous supposons que le prix du gaz naturel est indexé sur le prix du pétrole avec un taux d’indexation de 0.75 (Siliverstovs et al. 2005), ce qui veut dire que si le prix du pétrole augmente de 10% celui du gaz croît de 7.5%. Pour le prix du charbon nous supposons qu’il reste constant sur la période de simulation.

2.2 PIB, demande d’énergie et émissions de gaz à effet de serre

Le compte de référence est calibré pour chaque région sur la base d’un ensemble cohérent d’hypothèses sur la croissance mondiale. Pour la Tunisie, le compte de référence s’appuie sur des hypothèses de croissance du PIB pour la période 2001 à 2020 fournies par l’Institut d’Économie Quantitative de Tunisie. La croissance du PIB serait de 4.3% par an sur la période 2010 à 2050. Le tableau 4 résume ces hypothèses de croissance économique.

Le tableau 5 donne respectivement les émissions de CO₂ pour la période 2010-2050 dans le compte de référence. A noter que le modèle GEMINI-E3 ne décrit pas encore pour la Tunisie les gaz à effet de serre autres que le CO₂. Les émissions mondiales de CO₂ atteindraient ainsi 11.6 Gt de carbone en 2050.

Concernant la Tunisie les émissions de CO₂ augmenteraient sur la période (2010-2050) de 2% par an et atteindraient ainsi 13.4 Mtc en 2050. La figure 2 donne l’évolution des consommations d’énergie en Tunisie. L’électricité augmenterait fortement de 3.6% par an sur la période, les produits pétroliers et le gaz naturel augmenteraient plus légèrement respectivement de 2.3% et de 1.7% par an.

Tableau 4 : Produit Intérieur Brut - Taux de croissance annuel moyen

	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
EUR	2.2%	2.1%	1.9%	1.9%
XEU	2.2%	2.1%	1.8%	1.8%
FSU	3.7%	3.2%	2.8%	2.8%
USA	3.0%	2.8%	2.3%	2.2%
CAN	2.2%	1.7%	1.4%	1.3%
AUZ	2.4%	2.4%	2.0%	1.9%
JAP	1.4%	0.9%	1.1%	1.1%
TUN	4.4%	4.2%	4.3%	4.4%
CHI	5.7%	5.1%	4.3%	3.9%
IND	5.3%	5.0%	4.3%	4.3%
ASI	3.4%	3.1%	2.6%	2.6%
LAT	3.6%	3.5%	2.8%	2.8%
MID	3.9%	3.6%	2.5%	2.5%
AFR	4.3%	4.1%	3.2%	3.2%
World	3.0%	2.8%	2.5%	2.5%

Tableau 5 : Emissions de CO2 en Mt-C

	2010	2020	2030	2040	2050
EUR	1010	1034	1090	1142	1209
XEU	105	107	112	116	121
FSU	632	712	790	829	883
USA	1568	1654	1806	1905	2027
CAN	143	146	150	151	154
AUZ	112	113	118	119	121
JAP	296	284	278	272	268
TUN	5.9	7.0	8.7	10.7	13.4
CHI	1202	1617	2127	2548	2984
IND	356	448	576	684	820
ASI	493	546	624	667	716
LAT	375	427	514	574	643
MID	394	471	573	626	682
AFR	242	296	362	402	446
World	6933	7860	9129	10046	11087

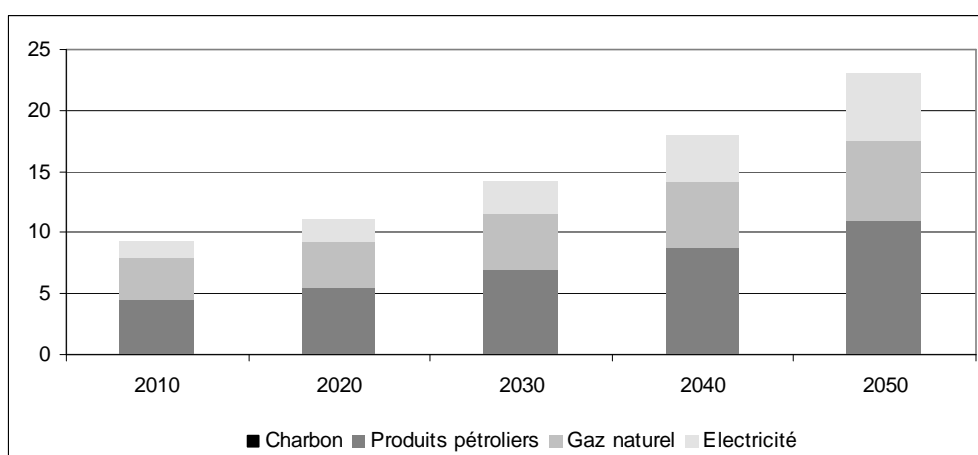


Figure 2 : Consommation d'énergie en Tunisie en Mtep

3. Simulation de la variante électro-nucléaire

Il convient de définir d'abord les caractéristiques de la variante, et en particulier le type de centrale réalisé, la date de mise en œuvre et sa durée de vie. Les hypothèses diffèrent quelque peu de celles évoquées dans la présentation du fait que différentes configurations ont été évoquées (puissance de 600 jusqu'à 1100 MW, date de mise en service avant 2020 ou en 2023). Le choix des hypothèses précises affecte évidemment les résultats numériques mais pas leur nature et leur ordre de grandeur. On présentera ensuite les résultats obtenus, tant en termes d'agrégats macroéconomiques

3.1 La centrale nucléaire envisagée

Ses caractéristiques figurent dans l'encadré ci-dessous :

Caractéristiques
Réacteur à eau pressurisée (type EPR)
Puissance installée : 900Mwe
Date de construction : 2015
Durée de construction : 6 ans
Utilisation : en Base
Taux de disponibilité : 80%
Coût d'investissement : 2000 Millions d'€ ₂₀₀₉
Production annuelle : 6.3 Twh

Nous supposons que la centrale est construite à partir de l'année 2015, jusqu'en 2020 (soit six ans de construction), son coût est évalué à 2000 millions d'€ de l'année 2009 pour une puissance unitaire de 900MWe, que son fonctionnement intervient uniquement en base avec un taux de disponibilité de 80% soit une production annuelle de 6.3 Twh. Cette centrale se substitue à des équipements au gaz naturel dont la disponibilité est évalué à 90% dont le coût d'investissement est évalué à 425 millions d'€.

L'investissement est entièrement financé à par la Tunisie, et le surcroît d'investissement évince donc des investissements dans les autres branches en raison de l'hypothèse retenue ; une hypothèse de contrainte de financement, l'impact est donc récessif sur la période d'investissement.

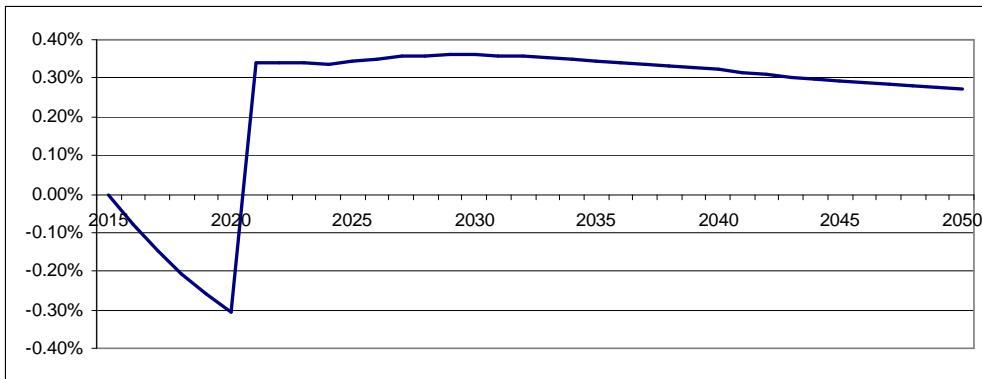
3.2 Effets macro-économiques

La mise en service de la centrale permet d'économiser l'achat de gaz naturel supposé en totalité importé et permet aussi de baisser le prix de production de l'électricité en Tunisie. Elle génère de ce fait un impact positif sur l'activité qui culmine en 2029 à 0.36% du PIB puis son importance relative tend à s'estomper du fait de la croissance économique.

Enfin, 25 ans après la mise en service de la centrale nucléaire nous supposons que la construction de la centrale au gaz qui aurait dû avoir lieu pour remplacer l'ancienne, permet de réduire l'investissement de la branche électricité.

L'évolution variantielle du PIB est représentée sur la figure 3 ci-dessous.

Figure 3 : Variation du PIB en %



Dans ce scénario assez simple, les résultats se comprennent bien : dans la phase de construction de la centrale électro-nucléaire (qui est sensiblement plus longue que pour une centrale thermique classique) seul le coût apparaît et non pas les avantages (comparativement à un autre investissement évincé). Il y a donc baisse du PIB et de la consommation des ménages. L'investissement en nucléaire se substitue à d'autres investissements (effet d'éviction). Pendant cette période la chute de l'investissement dans les autres secteurs ne permet pas d'augmenter le capital dans le reste de l'économie et génère une perte, d'autant plus que l'investissement réalisé dans la centrale est stérile pendant sa période de construction. Mais une fois mise en service, en 2021, la centrale devient productive et génère un gain en termes de PIB

Les avantages économiques, notamment en termes de réduction du coût de combustible et corrélativement de baisse des importations de gaz, se manifestent pleinement dès la mise en fonction de la centrale.

3.3 Effet sur le bien-être

On peut s'attendre que l'effet sur le bien-être soit corrélé à la variation du PIB et de la consommation finale des ménages puisque dans ce scénario il n'y a pas de modification du système de prix et donc pas d'effet distorsif qui pourrait venir se rajouter.

C'est ce que fait apparaître le tableau suivant, qui retrace l'évolution des trois indicateurs :

Tableau 6 : Evolution comparée du PIB, de la consommation finale des ménages et du surplus

	2020	2030	2040	2050
PIB	-0.30%	0.36%	0.32%	0.27%
Consommation Ménages	-0.46%	1.47%	1.14%	0.87%
Surplus en % Conso	-0.50%	1.64%	1.29%	0.99%
Surplus en M \$ 2001	-113	433	536	641

Les effets sur la consommation et le bien-être sont corrélés aux effets sur le PIB ; une perte à court terme, correspondant à la période d'investissement, et un gain à moyen-long terme, à partir du moment où la centrale électro-nucléaire entre en service et permet d'économiser des coûts de combustibles fossiles.

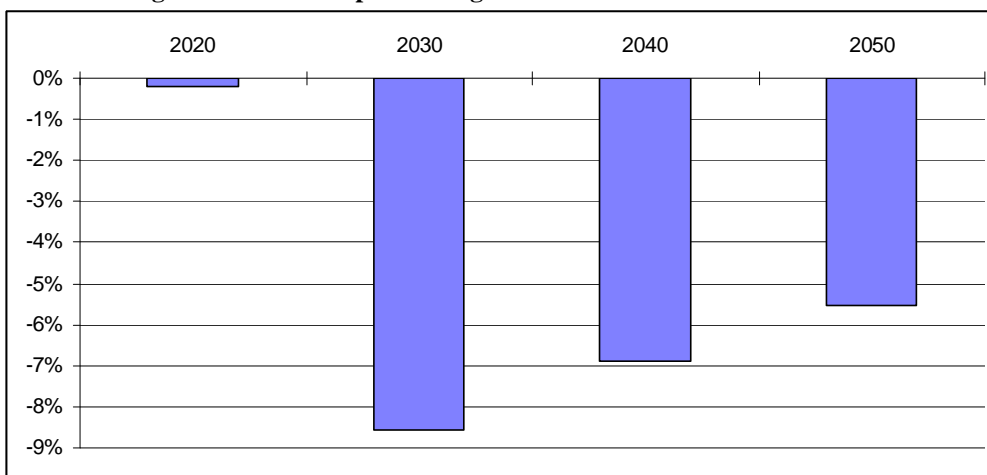
3.4 Effets sur l'équilibre offre-demande énergétique

La production d'électricité nucléaire à partir de 2020 est de 6,3 Twe, correspondant à un fonctionnement en base. Elle déplace une production thermique et induit une baisse de la consommation de gaz naturel de 1 Mtep par an.

3.5 Effets sur les émissions de gaz à effet de serre

La figure 4 ci-dessous représente les variations en pourcentage des émissions de CO₂ en Tunisie. Elles sont importantes dès la mise en service de la centrale, et représentent en 2030 environ 8,5% des émissions totales. Elles permettraient sans doute de remplir les engagements qu'un pays comme la Tunisie pourrait prendre à cet horizon. C'est un avantage qui doit être valorisé, en fonction de ce que pourrait être à l'avenir le coût marginal d'abattement de la Tunisie.

Figure 4 : Baisse en pourcentage des émissions de CO₂ en Tunisie



Conclusion

Pour simple qu'elle soit, la présente variante a le mérite de fixer des ordres de grandeur, et permet parallèlement de confirmer que le modèle GEMINI-E3 dans sa version « Tunisienne » permet d'évaluer les politiques énergétiques et environnementales. Cette évaluation montre l'importance du gain économique et social d'un tel projet sur toute la durée de vie de la centrale, malgré un certain coût durant la période de construction. Par ailleurs, même s'il ne peut être évalué directement avec le modèle, le gain en termes d'externalités scientifiques et technologiques est incontestable et peut être source de progrès technique au bénéfice de la croissance et du développement de l'économie tunisienne.

L'exercice repose sur un certain nombre d'hypothèses restrictives qui ont été signalées dans les développements précédents. Il apparaît de ce fait pertinent de compléter la présente

analyse par un jeu supplémentaire de variantes, fondées sur des hypothèses techniques, économiques (par exemple prise en compte du plein emploi) et institutionnelles différentes.

Supprimé:

Simuler les effets d'un programme électro-nucléaire tunisien dans le cadre d'un financement totalement ou partiellement extérieur du projet supprimerait ou limiterait les effets d'éviction sur l'investissement dans les autres secteurs et conduirait à exhiber des résultats économiques plus favorables, notamment dans le court-terme.

Enfin le recours au nucléaire est une des options possibles de la politique énergétique tunisienne, en alternative par exemple au recours à d'autres formes d'énergie non-carbonée telles l'éolien ou le photovoltaïque. Il s'inscrit dans une politique générale qui vise à réduire, notamment dans un cadre mondial renouvelé, les émissions de gaz à effet de serre dans le pays. La prise en compte d'une valeur carbone⁴ améliorerait sensiblement le bilan économique de l'investissement électro-nucléaire et par suite les résultats macroéconomiques.

⁴ Cf l'exercice de simulation mené en France avec trois modèles dont GEMINI-E3 sur la mesure de la valeur carbone et sur les effets de sa mise en œuvre (Quinet et al. 2009)

Références bibliographiques

K.J. Arrow, H.B. Chenery, B.S. Minhas, and R.M. Solow (1961). Capital-labor substitution and economic efficiency. *Review of Economics and Statistics*, 43:225–250.

A. Bernard (1998). L'utilisation des modèles d'équilibre général calculables pour l'analyse coût-bénéfice et l'évaluation des politiques. *Economie & Prévision*, 5:3–18, octobre-décembre.

A. Bernard, S. Paltsev, J.M. Reilly, M. Vielle, and L. Viguié (2003). Russia's Role in the Kyoto Protocol. Report 98, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Cambridge MA, June.

A. Bernard, and M. Vielle (2008). GEMINI-E3, a General Equilibrium Model of International National Interactions between Economy, Energy and the Environment. *Computational Management Science*, 5 (3):173–206, May.

A. Bernard, Talbi B. & Vielle, M., (2010). Attraits du Mécanisme de Développement Propre pour la Tunisie *Revue Tunisienne des Sciences Sociales*, Vol 140, N° 2, 2010

A. Bernard, M. Vielle, and L. Viguié (2005). Premières simulations de la directive européenne sur les quotas d'émission avec le modèle GEMINI-E3. *Economie & Prévision*, 3/4/5(169-170-171): 171–196.

A. Bernard and M. Vielle (2000). Comment allouer un coût global d'environnement entre pays : permis négociables versus taxes ou permis négociables et taxes ? *Economie Internationale*, (82).

Commissariat Général du Plan (2002). Effet de serre : modélisation économique et décision publique, *Rapport du groupe présidé par Pierre-Noël Giraud*. La documentation Française.

B. V. Dimaranan (2006). *Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 6 Data Base*. Center for Global Trade Analysis Purdue University, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, December.

International Energy Agency (2007). *World Energy Outlook 2007: China and India Insights*.

Energy Information Administration (2009). *International Energy Outlook 2009*. EIA/DOE, Washington D.C.

R. Guesnerie (2003). *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*. Les rapports du Conseil d'Analyse Economique. La Documentation Française.

A. Quinet et al. *La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique, Collection Rapports et Documents n° 29, 2009.

B. Siliverstovs, G. L'Hégaret, A. Neumann, and C. Von Hirschhausen (2005). International market integration for natural gas? A cointegration analysis of price in Europe, North America and Japan. *Energy Economics*, 27(4):603–615.

J.R.N. Stone (1983). Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand. *Economic Journal*, 64:511–527.