

Le calcul des provisions nucléaires dans un contexte incertain

Estelle Cantillon

(Université Libre de Bruxelles, Solvay Brussels School of Economics and Management / ECARES)

25 mars 2016

Résumé

La loi belge prévoit la constitution, à charge des exploitants de la filière nucléaire, de provisions pour couvrir les coûts futurs du démantèlement des réacteurs en fin de vie ainsi que la gestion des déchets radioactifs. La méthode de calcul utilisée correspond aux pratiques comptables en vigueur. Un des éléments importants de ce calcul est le choix du taux d'actualisation pour déterminer la valeur en euros d'aujourd'hui des dépenses futures. Plus ce taux est élevé, plus le montant des provisions sera faible. Le taux nominal actuel de 4,8% est élevé au regard des prévisions de croissance économique à long terme et des taux garantis observés sur le marché des assurances vie (section 1). Des taux d'actualisation plus réalistes impliquent une augmentation des provisions comprise entre 933 millions et près de 4 milliards d'euros.

Plus fondamentalement, la méthode comptable classique ne permet pas d'intégrer de manière satisfaisante l'incertitude liée à l'horizon temporel long des dépenses de démantèlement et de gestion des déchets ni de garantir la capacité du secteur de couvrir celles-ci. Cette note décrit deux approches alternatives qui permettent de combler ces lacunes : l'utilisation d'un taux d'actualisation décroissant pour tenir compte de l'incertitude concernant les rendements financiers et l'approche probabiliste pour garantir, avec haute probabilité, la suffisance des provisions (section 2). L'approche probabiliste a l'avantage d'être beaucoup plus proche de l'esprit de la loi et d'intégrer de façon cohérente l'incertitude qui pèse à la fois sur les dépenses et les rendements futurs. Elle nécessite un changement fondamental de cadre réglementaire pour les provisions nucléaires, d'une vision comptable à une vision prudentielle, à l'instar de Solvency II pour le secteur des assurances.

1. La problématique de la détermination des provisions nucléaires

La loi belge prévoit la constitution, à charge des exploitants de la filière nucléaire, de provisions pour couvrir les coûts futurs du démantèlement des réacteurs en fin de vie ainsi que la gestion des déchets radioactifs. En ce qui concerne les réacteurs nucléaires et leurs déchets, ces provisions sont gérées depuis la loi du 11 avril 2003 par la société Synatom, filiale à 100% d'Electrabel, sous le contrôle des pouvoirs publics. Fin 2014, ces provisions s'élevaient à 7,6 milliards d'euros.

Ces provisions sont constituées pour couvrir des coûts **futurs** et **incertains**:

- Futurs car le démantèlement des réacteurs commencera dans 10 ans au plus tôt, et la gestion des déchets nucléaires se poursuivra pendant des milliers d'années.
- Incertains car (1) le démantèlement d'un réacteur est un projet complexe soumis à de nombreuses incertitudes techniques et (2) le contexte économique dans lequel cette gestion se fera (taux de croissance d'ici là) est lui aussi incertain.

La pratique comptable standard dans le cadre de provisions pour dépenses futures est d'*actualiser* ces dépenses, c'est-à-dire de tenir compte du fait qu'un euro d'aujourd'hui ne vaut pas un euro dans le futur. Ainsi, si une entreprise sait qu'elle va devoir faire face à une dépense de C euros dans T années, elle provisionnera aujourd'hui un montant P égal à :

$$P = \frac{C}{(1+r)^T} \quad (1)$$

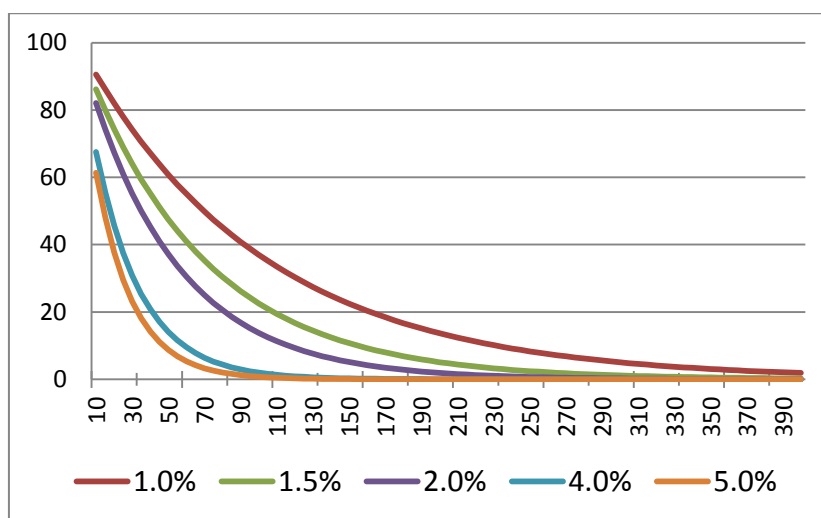
où r correspond au taux d'actualisation. En général, ce taux est égal au coût d'opportunité du capital pour l'entreprise qui fait la provision. Si les dépenses futures sont exprimées en euros courants, on utilise un taux d'actualisation nominal (qui comprend l'inflation). Si les dépenses futures sont exprimées en euros d'aujourd'hui (euros constants), on utilise un taux d'actualisation réel. La différence entre les deux taux est l'inflation annuelle attendue.

Une façon de comprendre l'intuition derrière la formule (1) est la suivante : si on sait que l'on va devoir dépenser C euros dans T années, on peut « mettre de côté » et placer un montant P aujourd'hui, qui rapportera un taux moyen r chaque année. Au bout de la première année, le montant placé sera donc égal à $P \times (1+r)$. L'année suivante il sera de $P \times (1+r) \times (1+r) = P \times (1+r)^2$, ... etc., jusque T années plus tard où il sera égal à $P \times (1+r)^T$. L'objectif est de fixer la valeur des provisions afin que $P \times (1+r)^T$ soit égal à C, la dépense à laquelle l'entreprise doit faire face au temps T.

Le choix du taux d'actualisation a un impact important sur le montant des provisions. Le graphique ci-dessous illustre l'impact du taux d'actualisation sur le montant de la provision (P) correspondant à une dépense future de 100 euros (C dans la formule (1)), en fonction du timing de cette dépense. Le graphique montre que plus l'horizon de la dépense est lointain, plus le montant à provisionner est faible. Ainsi si l'on considère un taux d'actualisation de 1% (courbe supérieure, en rouge), la

provision sera de 90,5 euros si la dépense a lieu dans 10 ans, 60,8 euros si elle a lieu dans 50 ans, 13,7 euros si elle a lieu dans 200 ans, et 1,9 euros si elle a lieu dans 400 ans. Plus le taux d'actualisation est élevé, plus le montant de la provision est faible (les courbes correspondant à des taux plus élevés sont plus basses dans le graphique). Pour une dépense dans 50 ans, il faut provisionner 2,65 moins si le taux est de 4% plutôt que de 2%. Au taux d'actualisation de 5%, il faut provisionner moins de 1 euro pour une dépense de 100 euros dans 100 ans et toute dépense au-delà de 150 ans a un impact négligeable sur le montant des provisions.

Graphique 1: Valeur des provisions P correspondant à une dépense future de 100 euros, en fonction de l'horizon temporel T (axe horizontal) et du taux d'actualisation r



Le calcul actuel des provisions nucléaires suit exactement la même logique : le montant des coûts futurs est estimé (une marge de sécurité est prévue), un taux d'actualisation est choisi qui reflète le rendement moyen des placements et les provisions sont calculées en conséquence. Bien sûr, en pratique, les provisions sont réparties dans le temps (jusqu'à la fin de l'exploitation des réacteurs plus précisément) et il en est de même des coûts du démantèlement et de la gestion des déchets, mais le principe de base est le même (l'idée est de s'assurer que les provisions couvrent la valeur des dépenses futures *actualisées*) et les conclusions de cette note s'appliquent tout autant à la situation de provisions et dépenses réparties dans le temps. L'hypothèse d'une seule provision et d'une seule date à laquelle les dépenses futures ont lieu sera dès lors maintenue afin de simplifier l'exposition.

La mise en œuvre concrète des provisions soulève évidemment pas mal de questions subsidiaires, telles que l'évaluation des coûts de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs, la détermination des actifs dans lesquels les provisions peuvent être investies, la responsabilité pour la gestion de ces provisions, l'assurance que ces provisions seront effectivement disponibles, ... etc. auxquelles la loi de 2003 ne répond parfois que partiellement ou de façon insatisfaisante.¹

¹ Voir à ce sujet les conclusions et recommandations d'améliorations de la loi issues de la table ronde sur les provisions nucléaires des 28-29 mars 2011 (http://economie.fgov.be/fr/modules/activity/activite_1/20110328-

Une de ces questions – et le sujet de cette note - est le choix du taux d'actualisation. La loi de 2003 ne détermine aucune méthode particulière de calcul de ce taux, tout au plus fait-elle référence à l'utilisation de « techniques établies d'analyse financière » (art. 12), c'est-à-dire la méthode d'actualisation exposée ci-dessus.

En pratique, le taux nominal d'actualisation choisi a été de 5% jusqu'en 2013 (c'est-à-dire un taux réel de 3%); il est de 4,8% depuis (taux réel de 2,8%). Ce taux est censé représenter le taux de rendement moyen annuel de placements de « bon père de famille » sur la période allant d'aujourd'hui à 2049, date à partir de laquelle Synatom ne prévoit plus de dépenses dans le scénario actuel.²

Premier constat : Ce taux réel de 2,8% est élevé au regard des perspectives de croissance de l'économie belge à long terme et des taux garantis qui prévalent actuellement sur le marché pour les contrats d'assurances vie.

1. Sur le long terme, le rendement réel du capital s'aligne sur le taux de croissance de l'économie. Dès lors, les prévisions concernant les taux de croissance à long terme offrent un premier point de référence. Selon les derniers chiffres disponibles de l'OCDE, ceux-ci tourneraient, pour la Belgique, autour de 2,2%/an pour la période 2018-2030 et de 1,8%/an pour la période 2031-2060 (taux réels).³
2. Les taux de rendement garantis sur les assurances vie offrent un autre point de référence pertinent puisqu'il s'agit aussi d'une épargne aujourd'hui pour des dépenses futures. Ces dernières années, les compagnies d'assurances ont successivement révisé à la baisse ces taux garantis afin de refléter la baisse des rendements de leurs actifs (le leader du marché, AG assurances offre un taux nominal garanti de 1,5%). La Banque Nationale de Belgique a d'ailleurs récemment recommandé de descendre le plafond pour le taux nominal garanti sur les contrats de plus de 8 ans à 1,5%.⁴ Avec un taux d'inflation prévu de 0,6% en 2015 et de 1,7% en 2016 selon le Bureau National du Plan, cela fait un taux réel d'actualisation de -0,2 à 0,9%, de nouveau bien en-dessous du taux d'actualisation utilisé actuellement pour les provisions nucléaires.

Si ces taux semblent faibles au regard des rendements financiers observés il n'y a pas si longtemps, ils ne sont pas fort différents des taux de rendement réels *sans risque* observés sur longue période dans le passé comme le montre le tableau 1.

[29 round table on nuclear provisions.jsp](#) , accès 18 décembre 2015) ou du dernier rapport d'inventaire des passifs nucléaires de l'ONDRAF (période 2008-12).

² ONDRAF (2013), p 159.

³ OECD Economic Outlook 2013, chapitre 4, tableau 4.1.

⁴ « La BNB veut limiter le taux des assurances vie à 1,5% », L'Echo, 11 décembre 2015.

Tableau 1: Taux de rendement réels observés (base annuelle), 1900-2006 (source : Gollier, 2012, p. 187)

Pays	Bon de trésorerie	Obligation (10 ans)
Australie	0,6%	1,3%
Canada	1,6%	2,0%
Danemark	2,3%	3,0%
France	-2,9%	-0,3%
Italie	-3,8%	-1,8%
Japon	-2,0%	-1,3%
Pays-Bas	0,7%	1,3%
Suède	1,9%	2,4%
Suisse	0,8%	2,1%
Grande-Bretagne	1,0%	1,3%
Etats-Unis	1,0%	1,9%

Quel serait l'impact sur le niveau requis des provisions si on utilisait un taux d'actualisation plus prudent ? Le tableau 2 montre le résultat de cet exercice pour différents taux d'actualisation. Idéalement, un calcul précis nécessiterait l'obtention du planning exact des dépenses de démantèlement et de gestion des déchets dans le temps. Comme ces données ne sont pas publiques, le tableau fait l'hypothèse que les dépenses de démantèlement et de gestion de déchets (13,6 milliards d'euros 2013, source : communication de JM Nollet avec l'ONDRAF) sont réparties uniformément entre 2025 et 2049. Pour le reste, les hypothèses utilisées sont celles utilisées par Synatom, telles que décrites par l'ONDRAF dans son troisième rapport d'inventaire des passifs nucléaires, en tenant compte de la réduction du taux d'actualisation à 4,8 % (2,8% réel) en 2013. En particulier :

1. Le taux d'inflation de 2% est utilisé pour traduire les euros courants en euros de 2015.
2. Les calculs font l'hypothèse du maintien jusqu'en 2025 de la pratique actuelle selon laquelle Synatom compense sur base trimestrielle toute différence entre le taux de rendement réalisé sur les actifs et le taux d'actualisation (ONDRAF, 2013, p. 158). Cette hypothèse implique que la seule incertitude pertinente sur les taux est celle qui prévaut après 2025.⁵
3. Les calculs ignorent l'incertitude sur les dépenses futures et, en particulier, font l'hypothèse que le montant de 13,6 milliards d'euros 2013 est correct.⁶
4. Les calculs ignorent les dépenses de gestion des déchets au-delà de 2049.⁷

Le tableau 2 montre la différence entre le montant des provisions nécessaires en 2015 pour couvrir les dépenses futures si le taux d'actualisation est de 2,8% réel, et le montant des provisions nécessaires pour 8 taux d'actualisation alternatifs. Un montant positif indique que les provisions actuelles sont insuffisantes.

⁵ L'annexe 1 explore l'impact d'un abandon de cette pratique sur le montant des provisions.

⁶ L'annexe 1 explore l'impact d'une sous-évaluation des dépenses futures sur le déficit des provisions.

⁷ Le scénario actuel prévoit un passage au « contrôle institutionnel » des installations de stockage des déchets à partir de 2100 pour lequel un coût annuel de 400.000 euros (en euros d'aujourd'hui) est projeté et un taux d'actualisation réel de 1% est utilisé. Les provisions pour les dépenses dans le cadre du contrôle institutionnel ne font pas partie de la présente analyse.

Le tableau montre que si on utilise les prévisions de croissance à long terme de l'OCDE comme prévision des taux de rendement moyens réels, il manquerait, en fin de période d'approvisionnement, 933 millions d'euros (en euros de 2015) pour couvrir les coûts de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs. Si par contre, on utilise des taux réels proches de ceux observés dans les contrats d'assurance-vie (de 0% à 1%), le déficit est de plus de deux milliards d'euros. Le tableau évalue aussi le déficit pour des taux d'actualisation plus proche de celui utilisé.

Tableau 2: Impact d'une révision des taux réels après 2025 sur le montant des provisions (en millions d'euros 2015)

	OCDE	0%	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sous-évaluation des provisions actuelles (en millions EUR 2015)	933	3789	2975	2228	1542	910	328	-210

Note : Un montant positif indique que les provisions actuelles devraient être augmentées (déficit). Le scénario OCDE correspond à un taux d'actualisation réel de 2,2% sur la période 2025-30 et de 1,8% sur la période 2031-49.

2. Fondements conceptuels pour le calcul des provisions en présence d'incertitude

Le débat concernant la valorisation des provisions ne se limite néanmoins pas à la détermination du rendement moyen des actifs sur le long terme. Dans cette section, nous montrons que les pratiques comptables standards qui sous-tendent la méthode actuelle de valorisation des provisions nucléaires **ne permettent pas de traduire correctement les spécificités de ces provisions**, en particulier l'incertitude liée à l'horizon temporel long des dépenses futures et le fait qu'en cas de défaut de Synatom et Electrabel, c'est la collectivité qui sera le débiteur résiduel de ces dépenses. Nous décrivons deux approches alternatives. La première, l'utilisation d'un taux d'actualisation décroissant, permet d'intégrer, dans l'approche comptable actuelle, l'incertitude concernant le taux d'actualisation.⁸ La seconde, l'approche probabiliste, permet de déterminer le montant des provisions nécessaires non seulement pour couvrir la valeur *attendue* des dépenses futures, mais aussi pour couvrir, avec haute probabilité, les dépenses qui seront effectivement observées. Elle implique un changement d'approche radical du problème des provisions, d'une approche comptable déterministe à une approche prudentielle, probabiliste.

2.1. Un taux d'actualisation décroissant en présence d'incertitude sur les rendements futurs

L'horizon temporel pour le démantèlement et la gestion des déchets nucléaires est beaucoup plus long que les horizons temporels habituels pour les entreprises. Ils sont dès lors soumis à une plus grande incertitude sur le niveau de rendement des actifs.⁹ Dans le cas qui nous concerne, la croissance économique dans 20 ou 50 ans dépendra beaucoup des progrès technologiques et de la

⁸ Il existe évidemment aussi une incertitude concernant les coûts de démantèlement et de gestion des déchets nucléaires qu'il serait opportun d'évaluer même si elle ne fait pas partie de l'objet de cette note.

⁹ Il n'existe d'ailleurs pas de marché pour des placements à 50 ou 100 ans et donc aucun moyen de s'assurer d'un rendement certain pour ce type d'échéance.

façon dont nos sociétés s’ajusteront aux changements démographiques et climatiques qui auront lieu d’ici là, pour ne citer que quelques sources d’incertitude.

En présence d’incertitude concernant les rendements futurs, la formule de calcul des provisions en (1) doit être adaptée afin de refléter que le fait que les provisions ne doivent pas être égales à la valeur actualisée des dépenses futures mais à la valeur actualisée *attendue* de ces dépenses. Formellement, cela se traduit par l’insertion d’un opérateur d’espérance mathématique devant le terme des dépenses futures actualisées :

$$P = E \left[\frac{C}{(1+r)^T} \right] \quad (2)$$

Il se fait que, si les rendements sont corrélés dans le temps (par exemple parce que les progrès technologiques futurs vont être tels que l’on va se retrouver dans un monde à forte croissance, ou au contraire, parce que l’incapacité de nos sociétés à gérer les changements démographiques et climatiques vont nous faire rentrer dans un monde à faible croissance), il est incorrect de remplacer le terme à la droite de la formule en (2) par le terme à la droite de la formule en (1) en utilisant le taux de rendement moyen ($r^{moyen} = E[r]$) comme taux d’actualisation.

$$E \left[\frac{C}{(1+r)^T} \right] \neq \frac{C}{(1+r^{moyen})^T}$$

On peut aller plus loin et montrer que le taux d’actualisation (appelons-le le taux d’actualisation effectif, r^e) que l’on devrait utiliser dans la formule (1) afin d’intégrer correctement l’incertitude sur les taux est en fait *inférieur* au rendement moyen attendu et que la différence est d’autant plus importante que l’horizon est lointain :

$$r^e < r^{moyen} \quad (3)$$

Le tableau suivant illustre l’impact de cette incertitude sur les taux de rendement pour la détermination du taux d’actualisation effectif. Le tableau montre, en fonction de l’horizon temporel (entre 5 et 300 ans), le taux effectif équivalent correspondant à un rendement annuel moyen de 2% quand celui-ci est parfaitement corrélé dans le temps. Dans la deuxième colonne du tableau, l’incertitude est faible : le rendement annuel est de 1,5% avec probabilité ½ et de 2,5% avec probabilité ½. Dans la 3^{ème} colonne du tableau, on fait l’hypothèse que le rendement est de 1% avec probabilité ½ et de 3% avec probabilité de ½. Le taux effectif est toujours inférieur au rendement moyen, confirmant l’affirmation (3). Il diminue aussi avec l’horizon. Ainsi, pour des dépenses dans 50 ans, le taux d’actualisation effectif à utiliser si le rendement moyen est de 2% est de 1,94% (scénario de faible incertitude) et de 1,76% (scénario d’incertitude élevé). Cette différence n’est pas anodine. En effet, une dépense de 1 milliard d’euros en 2065 équivaut à une provision aujourd’hui de 383 millions au taux de 1,94% et de 418 millions au taux de 1,76%, contre une provision de 371 millions si on utilisait simplement le rendement moyen attendu de 2% comme taux d’actualisation.

Tableau 3: Taux d'actualisation effectif (r^e) correspondant à un taux moyen de 2%, en fonction de l'incertitude¹⁰

Horizon	Incertitude faible ($r = 1,5\%$ ou $2,5\%$)	Incertitude élevée ($r = 1\%$ ou 3%)
5 ans	1,99%	1,97%
10 ans	1,99%	1,95%
15 ans	1,98%	1,92%
20 ans	1,97%	1,90%
25 ans	1,97%	1,87%
30 ans	1,96%	1,85%
35 ans	1,96%	1,83%
40 ans	1,95%	1,80%
45 ans	1,94%	1,78%
50 ans	1,94%	1,76%
60 ans	1,93%	1,72%
70 ans	1,91%	1,68%
80 ans	1,90%	1,64%
90 ans	1,89%	1,60%
100 ans	1,88%	1,57%
150 ans	1,83%	1,43%
200 ans	1,79%	1,34%
250 ans	1,75%	1,28%
300 ans	1,72%	1,23%

A titre d'illustration, le tableau suivant reproduit les résultats du tableau 2 en intégrant une marge de variation de 0,5% autour du taux moyen. L'incertitude sur les taux se traduit par une augmentation du déficit de 20 à 37 millions d'euros en fonction du scénario. En particulier, le déficit dans le scénario OCDE est maintenant de 958 millions d'euros au lieu de 933 millions d'euros.

Tableau 4: Impact d'une révision des taux réels après 2025 sur le montant des provisions (en millions d'EUR 2015) en présence d'incertitude sur les taux

	OCDE	0%	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sous-évaluation des provisions actuelles (en millions EUR 2015)	958	3825	3008	2258	1569	935	350	-189

Note : Un montant positif indique que les provisions actuelles devraient être augmentées (déficit). Ce tableau reproduit les chiffres du tableau 2 quand les taux sont sujets à incertitude (0,5% en plus ou en moins de façon équiprobable).

L'opportunité de l'utilisation d'un taux d'actualisation décroissant, et son niveau, a fait l'objet de nombreuses contributions scientifiques dans le cadre des discussions sur les politiques d'atténuation des changements climatiques (une problématique caractérisée, elle aussi, par un horizon temporel très long).¹¹ Ces discussions ont porté sur le concept de taux d'actualisation *social* qui vise à résumer la façon dont un pays compare des coûts et bénéfices futurs portant potentiellement sur plusieurs générations, plutôt que sur le taux d'actualisation financière décrit jusqu'à présent qui concerne la

¹⁰ Le taux d'actualisation effectif r^e est celui qui égalise les deux expressions suivantes $\frac{1}{(1+r^e)^T}$ et $0,5 \frac{1}{(1+r_{low})^T} + 0,5 \frac{1}{(1+r_{high})^T}$

¹¹ Voir par exemple les articles de synthèse de Arrow et al. (2014) et de Gollier et Hammitt (2014) dans la bibliographie.

façon dont une entreprise compare des flux financiers ayant lieu à des moments différents. La logique de l'argument est néanmoins identique. L'annexe 2 décrit la façon dont plusieurs pays définissent aujourd'hui un taux d'actualisation décroissant pour l'évaluation de projets publics et l'intérêt (et les limites) de cette approche pour la valorisation des provisions nucléaires.

2.2. Une approche probabiliste pour garantir la suffisance des provisions

Quand une entreprise fait des provisions pour des dépenses futures, elle fait preuve de prudence et s'assure, *qu'en moyenne*, les provisions faites couvriront les dépenses futures. Au cas où le taux d'actualisation utilisé serait trop élevé par rapport aux rendements réalisés (ou les dépenses futures seraient plus importantes que prévues), ses bénéfices et sa solvabilité s'en retrouveraient négativement affectés. Au pire, l'entreprise pourrait être amenée à déposer bilan.

La différence entre les dépenses futures d'une entreprise standard et celles de Synatom est que le démantèlement des centrales et la gestion des déchets sont **des dépenses nécessaires et inévitables, au profit de toute la collectivité**. Si Synatom et Electrabel ne peuvent faire face à leurs obligations futures et qu'en conséquence, elles déposent bilan, l'ardoise du démantèlement et de la gestion des déchets reviendra au contribuable belge. **Cette différence exige un plus grand degré de prudence**, et en particulier l'exigence non pas que les provisions couvrent *en moyenne* les dépenses futures mais qu'elles les couvrent *avec haute probabilité*.

Ce critère implique une nouvelle modification de la formule en (2). Plutôt que d'exiger que les provisions couvrent la valeur actualisée attendue des dépenses futures, on exige maintenant que la probabilité qu'elles les couvrent soit d'au moins un certain niveau, par exemple 95%. Mathématiquement, ce critère revient à imposer la condition suivante sur les provisions P :

$$\text{Proba} \left(P \geq \frac{c}{(1+r)^T} \right) \geq 95\% \quad (4)$$

Il est évident que ce critère est plus exigeant, c'est-à-dire qu'il implique des provisions plus élevées, que les critères définis par (1) et (2), puisque les provisions doivent maintenant couvrir les dépenses avec très haute probabilité plutôt que simplement « en moyenne » (ou plus exactement en valeur attendue). Il présente néanmoins quatre avantages majeurs :

1. Contrairement à la méthode comptable standard, même corrigée avec un taux d'actualisation décroissant, ce critère garantit que Synatom pourra remplir, avec une probabilité élevée, ses obligations financières dans le cadre du démantèlement et de la gestion des déchets. Cette approche est plus proche de l'esprit de la loi.
2. L'approche probabiliste permet une vue holistique des risques affectant à la fois les dépenses futures et le placement financier des provisions (puisque dans l'équation (4), *tout* ce qui est dans la parenthèse peut être considéré comme aléatoire).

3. Elle permet également de traiter en même temps de la question du taux et des actifs dans lesquels le montant des provisions est placé.¹² En effet, un taux de rendement plus élevé sera souvent accompagné par un niveau de risque plus élevé. Comme la méthode standard ne considère que le rendement financier moyen, un placement plus risqué impliquera une diminution des provisions. L'approche probabiliste tiendra compte quant à elle du rendement moyen plus élevé mais aussi du risque plus élevé. Si suite au risque plus élevé, le critère (4) n'est plus satisfait, le critère conclura à la nécessité d'augmenter les provisions.
4. L'approche probabiliste résout une tension existant, en présence d'incertitude, entre l'approche comptable actuelle basée sur l'actualisation des dépenses futures et la réalité économique des provisions nucléaires qui est plus proche de celle d'un placement financier pour couvrir des dépenses futures.¹³

L'approche probabiliste est utilisée couramment dans le cadre de la gestion des risques financiers (concepts de Value-at-Risk ou Asset Liability Management). Elle forme d'ailleurs le cœur de la nouvelle régulation prudentielle des assurances au niveau européen, Solvency II (annexe 3). Dans le secteur de l'énergie, les évaluations concernant la sécurité d'approvisionnement ou la détermination de la taille optimale des réserves utilisent dorénavant elles aussi des approches probabilistes (voir par exemple Elia, 2015).

Concrètement, l'utilisation d'une approche probabiliste dans le cadre de la détermination des provisions nucléaires requerrait :

1. Une évaluation de la distribution de probabilité des coûts futurs (au lieu de la valeur moyenne de ces coûts, même ajustée par une marge de sécurité, comme actuellement),
2. La distribution de probabilité des rendements financiers futurs des actifs dans lesquels les provisions sont investies,
3. Une simulation Monte-Carlo d'un nombre suffisant de scénarios afin de pouvoir évaluer l'expression (4) et déterminer le montant des provisions qui satisfait le critère choisi (95% ou plus).

¹² A l'heure actuelle, le taux d'actualisation est déterminé de façon indépendante de la politique de placement des montants des provisions. Pire : la loi de 2003 permet que 75% des provisions soient prêtées à Electrabel (art. 14). Cela crée la situation particulièrement risquée où un accroissement inattendu des dépenses en viendrait à réduire la capacité de Synatom à remplir ses obligations de deux façons : le mécanisme de solidarité prévu par la loi (Electrabel reste responsable des coûts au cas où les provisions ne seraient pas suffisantes, art. 11) pourrait mettre à mal la solvabilité d'Electrabel qui non seulement pourrait ne pas être capable de financer ces dépenses supplémentaires inattendues mais aussi voir sa capacité à rembourser les sommes (provisions) prêtées par Synatom entravées. Ce risque pourrait être modélisé et évalué dans le cadre d'une approche probabiliste.

¹³ La première approche correspond à l'équation (1) tandis que l'approche de placement financier implique $P(1+r)^T = C$. Si ces deux approches sont équivalentes quand il n'y a pas d'incertitude sur les taux, ce n'est plus le cas quand ils sont incertains car $\left[\frac{1}{(1+r)^T} \right] \neq \frac{1}{E[(1+r)^T]}$. Le placement dans le terme à gauche ou à droite des taux n'a aucune influence dans l'approche probabiliste.

3. Conclusions et recommandations

Dans cette note nous avons examiné la méthode actuelle de détermination des provisions nucléaires. La méthode actuelle est une méthode comptable qui fixe les provisions en fonction de la valeur actualisée des dépenses attendues futures. Cette méthode sous-estime le montant des provisions pour deux raisons :

1. Le taux d'actualisation est trop élevé au regard des prévisions concernant les rendements futurs des actifs de risque limité.
2. C'est une méthode déterministe qui ne tient aucunement compte de l'incertitude concernant les rendements des actifs.

Deux approches alternatives ont été proposées.

1. L'utilisation d'un taux d'actualisation plus faible et décroissant a l'avantage de rester dans la logique comptable prévue par la loi. Elle permet d'intégrer un certain niveau de prudence non seulement dans le calcul des dépenses futures (ce qui est déjà fait en partie, avec l'utilisation d'une marge de sécurité) mais également dans l'évaluation des rendements financiers des actifs dans lesquels les provisions sont investies. Cette approche a le mérite d'être facile à appliquer ... une fois le taux défini.¹⁴ Par contre, tout comme la méthode actuelle, elle ne garantit nullement la suffisance des provisions, et nécessite un contrôle additionnel des actifs dans lesquels les provisions sont investies.
2. L'approche probabiliste a l'avantage d'être beaucoup plus proche de l'esprit de la loi (qui est de responsabiliser Electrabel pour les dépenses de démantèlement et de gestion des déchets). De plus elle permet de traiter à la fois des questions de rendements et d'actifs, sans nécessiter de fixer des règles additionnelles pour ces derniers. Elle nécessite par contre un changement fondamental de cadre réglementaire, d'une vision comptable des provisions nucléaires, à une vision prudentielle.

Recommandation 1 : Passer d'une vision comptable à une approche prudentielle des provisions nucléaires

Etant donné les caractéristiques des dépenses de démantèlement et de gestion des déchets (leur nécessité, leur horizon temporel long et l'incertitude concernant les montants) ainsi que l'état des connaissances et de la pratique en matière de gestion de risques, je recommande l'adoption de l'approche probabiliste et donc d'un cadre réglementaire prudentiel pour le calcul des provisions nucléaires, à l'instar de Solvency II pour les assurances.

Recommandation 2: Evaluer le système actuel à l'aune des réglementations européennes en matière d'aide d'état

¹⁴ A ce sujet, il nous semble important de souligner l'importance de l'utilisation de référence objective externe plutôt que de paramètres spécifiques aux provisions nucléaires.

L'analyse montre que l'utilisation de taux d'actualisation plus réalistes pour le calcul des provisions amènerait à un déficit de provisions de *minimum* 933 millions d'euros (en euros d'aujourd'hui), qui devra à terme être comblé par la collectivité. L'approche probabiliste ne peut que rehausser cette borne inférieure puisqu'elle exige que les provisions constituées couvrent les dépenses avec haute probabilité plutôt qu'en moyenne. Ces montants sont considérables et peuvent être considérés comme des subsides (cachés) en faveur de l'énergie nucléaire, avec les distorsions possibles que cela implique sur la concurrence dans le marché de gros de l'électricité en Belgique et les échanges commerciaux entre pays de l'Europe du Centre-Ouest (zone CWE : Belgique, Allemagne, France, Pays-Bas, Luxembourg, Autriche). Pour ces raisons, il serait opportun d'évaluer la méthode actuelle de calcul des provisions nucléaires à l'aune des réglementations européennes en matière d'aide d'état.

Bibliographie

Arrow, Kenneth, Maureen Cropper, Christian Gollier, Ben Groom, Geoffrey Heal, Richard Newell, William Nordhaus, Robert Pindyck, William Pizer, Paul Portney, Thomas Sterner, Richard Tol and Martin Weitzman (2014), Should governments use a declining discount rate in project analysis?, *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2), 145-163.

Capgemini (2015), European Energy Markets Observatory, 17th edition.

Elia (2015), Etude relative à la sécurité d'approvisionnement pour la Belgique, http://www.elia.be/~media/files/Elia/Products-and-services/151202_ELIA_adequacy-report-FR.pdf

Gollier, Christian and James Hammitt (2014), The Long-Run Discount Rate Controversy, *Annual Review of Resource Economics*, 6:273-95

Gollier, Christian (2012), Pricing the Planet's Future: The Economics of Discounting in an Uncertain World, Princeton University Press.

Annexe 1 : Scénarios alternatifs

Sous-estimation des dépenses de démantèlement et de gestion des déchets

Les deux premiers tableaux chiffrent le montant du déficit de provisions en 2015 si non seulement le taux de rendement réalisé n'est pas celui prévu (2,8% en termes réels) mais en plus le montant des dépenses pour démantèlement des réacteurs et de gestion des déchets radioactifs est plus élevé que prévu. Une étude récente du bureau d'études Capgemini a en effet mit en exergue la forte disparité des estimations de coûts de démantèlement et de gestion des déchets entre pays européens (entre 1,2 milliards par réacteur en France à 4,7 milliards par réacteur en Allemagne) difficile à justifier sur des bases objectives.¹⁵ Pour référence, en Belgique, les coûts globaux de démantèlement et de gestion des déchets pour les 7 réacteurs sont estimés à 13,6 milliards d'EUR2013. Dans le tableau 5, l'hypothèse est que ces dépenses totales sont de 16 milliards d'EUR2015. Dans le cadre du scénario de croissance de l'OCDE, le déficit de provisions monte à 2,4 milliards d'euros, et à 3,8 milliards d'euros sous l'hypothèse d'un taux de rendement réel de 1%.

Tableau 5: Impact d'une révision des taux réels après 2025 sur le montant des provisions (en millions d'euros 2015) dans le cas où les dépenses s'élèveraient à 16 milliards d'EUR2015

	OCDE	0%	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sous-évaluation des provisions actuelles (en millions EUR 2015)	2410	5639	4719	3875	3099	2384	1725	1118

Note : Ces chiffres remplacent ceux du tableau 2 pour ces hypothèses alternatives. Un montant positif indique que les provisions actuelles devraient être augmentées (déficit). Le scénario OCDE correspond à un taux d'actualisation réel de 2,2% sur la période 2025-30 et de 1,8% sur la période 2031-49.

Dans le tableau 6, on fait l'hypothèse que les dépenses de démantèlement et de gestion des déchets seront de 20 milliards d'EUR2015. Le déficit passe cette fois de 5,6 milliards d'EUR2015 à 7,4 milliards d'EUR2015.

Tableau 6: Impact d'une révision des taux réels après 2025 sur le montant des provisions (en millions d'euros 2015) dans le cas où les dépenses s'élèveraient à 20 milliards d'EUR2015

	OCDE	0%	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sous-évaluation des provisions actuelles (en millions EUR 2015)	5603	9639	8489	7434	6463	5570	4747	3988

Note : Ces chiffres remplacent ceux du tableau 2 pour ces hypothèses alternatives. Un montant positif indique que les provisions actuelles devraient être augmentées (déficit). Le scénario OCDE correspond à un taux d'actualisation réel de 2,2% sur la période 2025-30 et de 1,8% sur la période 2031-49.

Non-compensation des différences de rendement entre 2015 et 2025

Le scénario de référence fait l'hypothèse que la pratique actuelle selon laquelle Synatom compense sur base trimestrielle toute différence entre le taux de rendement réalisé sur les actifs et le taux d'actualisation persiste jusqu'en 2025. Le tableau 7 évalue le scénario alternatif dans lequel ces différences ne seraient plus compensées. Il montre que, dans ce cas, le déficit de provisions monterait à 1,2 milliards dans le scénario de croissance OCDE et à 3,5 milliards dans le scénario de rendements réels de 1%.

¹⁵ Voir Capgemini (2015), pp. 94-95

Tableau 7: Impact d'une différence entre les rendements observés et les rendements prévus (2,8%) sur le montant des provisions (en millions d'euros 2015), en l'absence de compensation sur la période 2015-2025.

	OCDE	0%	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sous-évaluation des provisions actuelles (en millions EUR 2015)	1221	6247	4797	3516	2383	1379	487	-306

Note : Ces chiffres remplacent ceux du tableau 2 pour ces hypothèses alternatives. Un montant positif indique que les provisions actuelles devraient être augmentées (déficit). Le scénario OCDE correspond à un taux d'actualisation réel de 2,2% sur la période 2025-30 et de 1,8% sur la période 2031-49.

Annexe 2 : Le taux d'actualisation social en pratique

Cette annexe décrit l'utilisation de taux d'actualisation décroissants dans le cadre de l'évaluation de politiques publiques et sa pertinence comme point de référence pour le calcul des provisions nucléaire. Le taux d'actualisation social traduit la façon dont un pays compare des coûts et bénéfices futurs à des coûts et bénéfices présents. Ce taux d'actualisation est le taux recommandé pour évaluer des investissements publics (infrastructures, enseignement, politique climatique) dans le cadre d'analyse coûts-bénéfices puisque ces investissements impliquent un transfert de ressources publiques dans le temps (on investit aujourd'hui pour des bénéfices futurs). Etant donné que ces investissements peuvent impacter plusieurs générations, la détermination du taux ne tient pas uniquement compte des perspectives de croissance économique mais aussi du niveau de redistribution inter-générationnelle que le pays considère comme souhaitable (toute chose étant égale par ailleurs, un pays qui utilise un taux d'actualisation faible des bénéfices et coûts futurs attache plus d'importance aux générations futures qu'un pays qui utilise un taux d'actualisation élevé).

De nombreux pays (la Belgique n'en fait pas partie) ont adopté un taux d'actualisation social applicable à l'évaluation des décisions publiques. C'est le cas de la France, du Royaume Uni, les Pays-Bas, l'Allemagne, les Etats-Unis et le Canada par exemple. L'intérêt de l'adoption d'un taux d'actualisation unique pour tous les projets d'investissement publics est qu'il assure une **cohérence** dans ces décisions d'investissement (le même critère est utilisé pour tous les investissements publics), condition nécessaire pour assurer l'efficacité dans l'utilisation des fonds publics (puisque la source de ce financement est la même : les recettes fiscales).

Graphique 2: Taux d'actualisation social décroissant en France, en termes réels (tiré de Arrow et al., 2014)

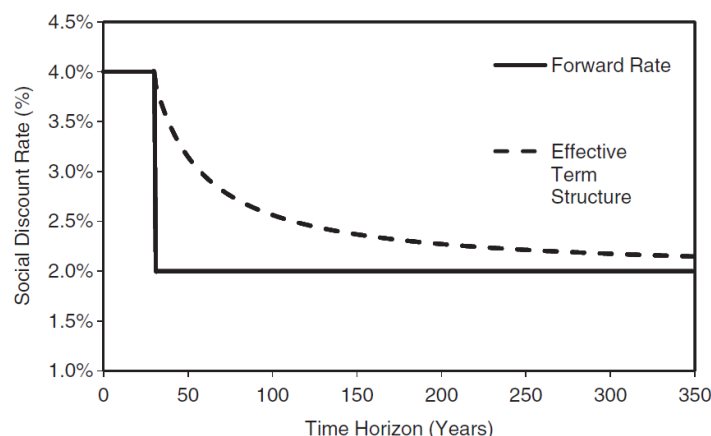


Figure 2 The French government social discount rate term structure

Notes: The forward rate is the rate used to discount benefits and costs from year $t + 1$ back to year t . The effective term structure gives the rate used to discount benefits and costs from year t back to year 0.

Source: Lebègue (2005).

Parmi les pays qui ont adopté un taux d'actualisation social, la France et le Royaume Uni ont défini un taux d'actualisation décroissant afin de tenir compte de l'incertitude croissante en fonction de l'horizon. Les graphiques 2 et 3 décrivent les taux d'actualisation utilisés dans ces deux pays.

Graphique 3: Taux d'actualisation social décroissant utilisé au Royaume Uni, en termes réels (tiré de Arrow et al., 2014)

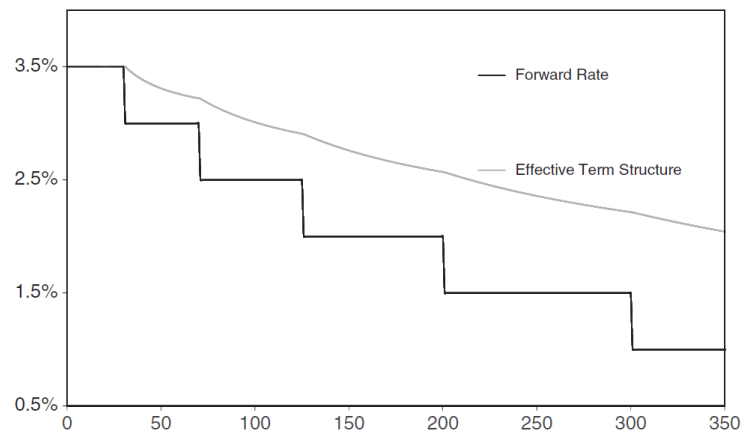


Figure 3 The UK government social discount rate term structure
Notes: The forward rate is the rate used to discount benefits and costs from year $t + 1$ back to year t . The effective term structure gives the rate used to discount benefits and costs from year t back to year 0.
Source: HM Treasury (2003).

Pertinence du taux d'actualisation social pour la détermination des provisions nucléaires :

Même si la question des provisions nucléaires ne semble de prime abord pas être du ressort de l'investissement public (après tout, elles sont constituées par une entreprise privée pour couvrir les dépenses auxquelles elle devra faire face dans le futur), le taux d'actualisation social reste un point de référence pertinent dans le contexte qui nous occupe car les provisions nucléaires et les finances publiques forment *en pratique* un vase communicant :

1. Le montant des provisions détermine les bénéfices d'Electrabel sur base desquels est prélevée la « taxe nucléaire ». Plus les provisions sont élevées, moindre sera la « taxe nucléaire ».
2. Au cas où Synatom et Electrabel ne pourraient faire face à leurs obligations (et que les provisions accumulées seraient insuffisantes), la responsabilité de la gestion du démantèlement et de la gestion des déchets retomberait sur le contribuable belge.

Si on prend ces facteurs comme acquis, l'utilisation du taux d'actualisation social (décroissant) s'impose pour la détermination des provisions, avec l'avantage additionnel que ce mode de calcul est dans la lignée de la logique comptable actuellement prévue par la loi.

Annexe 3 : La réglementation prudentielle dans les assurances – Solvency II

Il y a certains points communs entre les enjeux de la réglementation prudentielle des compagnies d'assurances et ceux des provisions nucléaires. En effet, les compagnies d'assurances offrent des produits qui, tels les assurances-vie, les engagent sur le long-terme et pour des montants parfois incertains (dus par exemple à l'évolution incertaine des progrès de la médecine et de l'espérance de vie). L'objectif de la réglementation prudentielle des compagnies d'assurances est de s'assurer qu'elles pourront faire face à ces engagements.

La nouvelle réglementation prudentielle des compagnies d'assurances en Europe, Solvency II, est une approche hybride qui combine approche déterministe pour certains aspects et approche probabiliste pour d'autres. Spécifiquement :

- Dans un premier temps (partie déterministe), le calcul des provisions pour couvrir les engagements futurs suit la méthode comptable standard : les provisions doivent correspondre à la valeur *attendue* et *actualisée* flux financiers futurs, en d'autres termes l'expression (2) (« best estimate » dans le jargon de Solvency II) à laquelle est rajoutée une marge de sécurité. Le taux d'actualisation (nominal) est le taux sans risque tel que publié par la European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) pour des horizons entre un et 120 ans.
- Dans un second temps, une approche probabiliste est utilisée afin de tenir compte des risques affectant à la fois ces flux financiers futurs et les actifs dans lesquels sont placées les provisions.¹⁶ Le modèle (Value-at-Risk) détermine les fonds propres que la compagnie d'assurances doit avoir afin que la somme des provisions et des fonds propres garantissent avec une probabilité de 99.5% la solvabilité de l'entreprise sur les 12 prochains mois.

Solvency II est entrée en vigueur ce 1 janvier 2016.

Pertinence de l'approche Solvency II pour la détermination des provisions nucléaires :

Solvency II est un cadre de réglementation prudentielle visant à garantir que les compagnies d'assurances puissent faire face à leurs obligations. De plus, ces obligations partagent avec les provisions nucléaires le fait qu'elles portent sur le très long terme. A ce titre, l'approche Solvency II offre un point de référence naturel pour la question des provisions nucléaires qui démontre sa faisabilité malgré le fait que le nombre de scénarios possibles s'accroît très rapidement avec l'horizon temporel.

Une différence entre la problématique des provisions nucléaires et celle des compagnies d'assurances est que ces dernières font face de façon continue à des obligations de couverture de risques, alors que dans le cas de Synatom, ces dépenses ont toutes lieu (très loin) dans le futur. Cela

¹⁶ Le cadre légal définit 7 catégories de risques dont les risques de marché (évolution des taux d'intérêt, des cours de bourse et de change, marché de l'immobilier, ...) et les risques techniques (provisionnement insuffisant, ...).

explique l'utilisation d'un critère de solvabilité à 12 mois pour les compagnies d'assurances (et l'utilisation de fonds propres pour la garantir). Dans le cadre de Synatom, comme le gros des dépenses aura lieu après la fin de l'exploitation des réacteurs, le critère de solvabilité (de suffisance dans ce cas-ci) devrait être défini à l'horizon de 2025 (et non à 12 mois) et être entièrement couvert par les provisions.