

Evaluer les projets de très long terme

Réflexions en France

Aude Pommeret,
IREGE(USMB) et France Stratégie

Collège de France
2 février 2021

Les déchets nucléaires, le cas emblématique

- ▶ Particulièrement pertinent pour la France
 - ▶ Illustre immédiatement le problème du long terme :
 - ▶ Si on actualise même très faiblement : le coût éloigné dans le temps est négligeable
 - ▶ En l'absence d'actualisation : le coût est énorme
- que faire ?

Exemple filé tout au long de ce séminaire, basé sur la contre-expertise réalisée en collaboration avec Jean-Paul Bouttes, Christian Gollier, Anne-Laure Mascle-Allemand et Eric Preud'homme.

Le projet Cigéo (Centre Industriel de Stockage Géologique)

- ▶ Stocks de déchets radioactifs en France (inventaire de référence) :
 - ▶ 10 000 m³ de déchets à haute activité (10m x10m x100m)
 - ▶ 73 000 m³ de déchets à moyenne activité et vie longue
- ▶ Ces déchets sont aujourd'hui entreposés dans des installations de surface (piscines de refroidissement, centres de conditionnement, etc.).
 - ▶ Le coût de cet entreposage est supporté par les producteurs de déchets (EDF, Orano, CEA).
 - ▶ L'ensemble des installations répond aux exigences de sûreté de l'ASN.

⇒ surveillance et entretien actifs des entrepôts.

⇒ coûts et risques que sa poursuite ferait peser sur les générations futures.

La France s'est engagée depuis 1991 dans un long processus de mise en place d'une solution de gestion à long terme de ces déchets, le stockage géologique Cigéo, à Bure.

Plan

1. L'option de référence
2. Le scénario de référence
3. L'actualisation
4. Les grands arbitrages

1. Choix de l'option de référence : quelle position par rapport à la loi ?

Les gains et coûts d'un projet ne peuvent être mesurés qu'en différentiel par rapport à une situation de référence qui se décompose en deux parties :

- ▶ un scénario de référence qui définit le cadrage macroéconomique
- ▶ une option de référence, « (...) situation contrefactuelle qui est la situation qui prévaudrait dans le cas où l'investissement considéré ne serait pas réalisé ». (p15 du Guide l'évaluation socio-économique des investissements publics, décembre 2017).

Nature particulière des déchets radioactifs ⇒ questionnements compliqués relatifs à la sécurité et à la prise en compte du long terme

→ ne rien faire n'est pas une option.

Présentation des options

Options	Caractéristiques principales	Avantages	Inconvénients
Séparation-transmutation	Optimisation du volume et de la dangerosité des déchets radioactifs.	Permet de réduire l'inventaire.	N'apporte pas de solution de mise en sécurité définitive. N'est pas mature
Cigéo	Stockage dans une couche d'argile à environ 500 mètres de profondeur.	Solution pérenne avec une barrière « passive ». Réversibilité le temps de la mise en service.	Coût financier important à court terme. Problème d'acceptation locale.
Entreposage Longue Durée	L'entreposage en surface ou à faible profondeur qui nécessite une surveillance humaine.	Coût faible à court terme.	Ne constitue pas une solution pérenne. Coût financier de « maintenance » à l'infini.
Forage profond	Stockage dans le socle cristallin à environ 3 000 à 4 000 m de profondeur.	Solution pérenne avec une barrière « passive ». Réversibilité le temps de la mise en service.	N'est pas mature. Coût financier à court terme a priori supérieur à celui de Cigéo. Problème d'acceptation locale.

Evaluation des options de référence

- ▶ La solution d'entreposage longue durée (ELD), qui serait l'option la plus naturelle, n'est pas compatible avec les lois de 2006 et 2016 car n'est pas une solution pérenne.
- ▶ Le « forage profond » apparaît d'emblée clairement dominé par Cigéo → valorisation de la R&D ?
- ▶ Pour se donner une chance d'avoir une alternative crédible face à Cigéo, l'analyse propose une option pour laquelle on accepte la possibilité d'un échec de la maîtrise de la technologie de « forage profond » → on mobilise alors l'ELD.

Evaluation de l'ELD

- ▶ Coûts et risques en terme sanitaires et environnementaux selon les évolutions des sociétés → scénario de référence qui va au-delà de la date prévue (2155) de l'achèvement de Cigéo ou du « forage profond ».
- ▶ Plus intéressant sur le plan économique dès que l'on utilise à très long terme des taux d'actualisation « usuels ».

L'ELD est une alternative importante et conduit à questionner la pertinence du choix du forage profond, plutôt que de l'ELD comme option de référence.

S'écarter du cadre de la loi ?

- ▶ Les bénéfices de Cigéo résident essentiellement dans la réduction du risque d'accident qui pourrait survenir dans le cas de l'ELD :
 - ▶ dommages sanitaires et environnementaux locaux mais considérables,
 - ▶ durée de vie des déchets nucléaires \Rightarrow la probabilité d'occurrence d'un tel accident n'est pas négligeable.

C'est en fait bien cela qui a motivé la loi actuelle et pour pouvoir se prononcer à son sujet, les parlementaires auraient dû disposer d'une telle analyse, menée explicitement.

- ▶ La problématique de très long terme \Rightarrow possibilité de remise en question de la loi pas si irréaliste.

Face à une problématique inédite, il semble pertinent de **s'écarter du strict cadre de la loi et de retenir l'ELD comme l'option de référence.**

2. Choix du scénario de référence : quel monde dans le futur lointain ?

Un scénario de référence à très long terme qui permet

- ▶ d'**actualiser** les coûts de renouvellement et d'exploitation des ELD (paramètres-clés : taux de croissance et l'évolution des prix relatifs des coûts de cette option de projet par rapport au PIB).
- ▶ de penser et de valoriser les **impacts sanitaires et environnementaux** en cas de basculement vers des sociétés dont les capacités techniques, économiques et institutionnelles seraient insuffisantes pour éviter l'abandon partiel ou total de la gestion de ces ELD.

→ La prise en compte d'un scénario de croissance chaotique constitue un apport déterminant de l'analyse.

Les scénarios de référence dans l'analyse existante

Scénarios de références de l'analyse	Caractéristiques principales
KO	Crise institutionnelle et sociale durable et profonde, dégradation économique progressive, mais très durable, engendrant vers la fin du siècle, une régression institutionnelle.
OK	Dans la continuité des prévisions macroéconomiques à l'horizon 2100.

Questionner le réalisme des scénarios « standards »

OK : scénarios du COR jusqu'en 2060 + prolongation du niveau atteint sur la décennie 2050 à 2060, + 1,24 % à l'horizon 2600
⇒ PIB/tête de 40 millions d'euros en 2600 (plus de 1000 fois le niveau actuel).

- ▶ Chiffre sur lequel on doit s'interroger.
- ▶ Sert à construire le taux d'actualisations → des variantes pour le taux d'actualisation (« ad hoc » + sans ruptures défavorables à 100 ou 150 ans, ou réelle ouverture du champ des possibles au-delà).

Ces considérations conduisent à suggérer le **scénario OK suivant** : un scénario dont la croissance diminue très progressivement vers zéro, avec un horizon que l'on prendra très éloigné.

S'autoriser des représentations contrastées du monde futur

- ▶ OK : Les déchets nucléaires doivent être confinés pendant plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'années → montants considérables liés à la récurrence des coûts de l'ELD. C'est l'argument de coût qui peut favoriser l'option Cigéo, si la stagnation apparaît rapidement ;
- ▶ KO : Risques d'accidents plus élevés avec des impacts sanitaires et environnementaux localement sur de très longues durées. C'est l'argument de sûreté qui favorise l'option Cigéo.

A très long terme, il convient donc de s'autoriser des scénarios contrastés pour capter les caractéristiques des projets considérés.

Se doter d'un scénario central

- ▶ Dans le monde réel, quelqu'un devra décider dans l'incertitude sur la prospérité dont bénéficieront – ou pas – les générations futures.
- ▶ Il faut accepter de se mettre dans une situation d'ignorance par rapport au régime de croissance qui prévaudra à l'avenir, afin de quantifier ce bénéfice assurantiel.
- ▶ La multiplicité de scénarios n'est pas opérationnelle et laisse la porte ouverte à de nombreuses interprétations.

Les rapports d'évaluation devraient être fondés sur un scénario central (ou de référence), construit sur une calibration précise, qui intègre directement les risques + analyses de sensibilité.

3. L'actualisation : déterminante à très LT

- ▶ Le fondement moral de l'actualisation, c'est que dans une économie en croissance, investir accroît les inégalités intergénérationnelles et va donc contre le bien commun intégrant une aversion aux inégalités.

→ le taux d'actualisation est le taux de rendement minimal nécessaire pour compenser cette détérioration du bien commun.

- ▶ Doit aussi prendre en compte les incertitudes.

Le système d'actualisation public en France

$$r = r_f + \beta \cdot \phi$$

r_f : taux d'actualisation dans risque

β : beta socioéconomique=élasticité du bénéfice socioéconomique d'un projet par rapport au PIB réel par tête.

ϕ : prime de risque systématique.

$\beta \gg 0$ signifie que le projet prend de la valeur en période de croissance, et participe à renforcer le risque macroéconomique (transport).

$\beta < 0$ signifie que le projet comporte une valeur assurantielle (hôpitaux) → forte valeur quand tout va mal.

β est compliqué à déterminer. En l'absence d'estimations sectorielles $\beta = 1$, ce qui conduit à

- ▶ E. Quinet (2013) : $r = 2,5\% + 1 * 2\%$ jusqu'en 2070 et $r = 1,5\% + 1 * 3\%$ au-delà
- ▶ Guesnerie (2021) : $r = 1,2\% + 1 * 2\% = 3,2\%$ jusqu'en 2070.

Enseignement des projets de très long terme

- ▶ Les analyses doivent veiller à utiliser un taux d'actualisation fondé sur des hypothèses de croissance compatibles avec celles utilisées pour mesurer les coûts et les bénéfices des projets.
 - ▶ Dans le cadre d'évaluations socio-économiques à très long terme, on peut sans doute ignorer la partie « mouvement brownien » de l'incertitude.
 - ▶ En revanche, celle qui conduit à passer de situations OK à KO et inversement doit être prise en compte et donc intégrée au calcul d'actualisation : nombre restreint d'occurrence de catastrophes et seulement deux états de la nature.
- ⇒ "Stress discounting" (Cherbonnier, Gollier et Pommeret, 2022)
- ▶ Moins compliqué.
 - ▶ Potentiellement meilleur, surtout pour le long terme.

Stress discounting

- ▶ Evaluation de la valeur actualisée nette espérée avec seulement deux états probabilisés :
 - ▶ Dans le scénario OK, la consommation croît à un taux constant positif qui reflète la prospérité économique probable, avec son taux d'actualisation contingent,
 - ▶ Dans le scénario KO à faible probabilité, la consommation chute immédiatement (Barro, 2006) puis se redresse progressivement à un taux de croissance plus faible que dans le scénario OK, avec son taux d'actualisation contingent.
- ▶ Valorise automatiquement les projets dont les avantages nets sont négativement corrélés à la croissance économique.
- ▶ "Fait mieux" que $r = 4,5\%$ et s'approche de la démarche idéale très complexe.

Application à Cigéo (illustration)

	Dans OK	Dans KO	Valeur espérée du coût
Valeur présente du coût de Cigéo	10,61	47,00	12,43
Valeur présente du coût de l'ELD	4,68	163,69	12,63
Valeur présente du coût de l'ELD avec dommages	4,86	240,72	16,48

en Mds d'€

Hypothèse : dommages=50Mns d'€/an dans le scénario KO.

$$r_{OK} = 3,6\%, r_{KO} = 0,2\%, \text{ choc initial}=3,08$$

4. La prise en compte des grands arbitrages

- ▶ Et si on utilisait les fonds prévus pour Cigéo autrement ?
 - ▶ évolution du climat,
 - ▶ évolution de la biodiversité,
 - ▶ les pandémies,
 - ▶ la finitude des ressources,
 - ▶ les déchets industriels toxiques etc.

⇒ Replacer le projet dans une vision de long terme plus globale de nos responsabilités vis-à-vis des générations futures lointaines
= ne doit pas se réaliser « à tout prix »

⇒ Réinterroge la part de l'épargne destinée aux générations futures et son orientation vers ce qui sera le plus efficace.

→ les évaluations devraient non seulement être utilisées pour savoir si la VAN d'un projet est positive ou non, mais également pour hiérarchiser différents projets, aux objectifs différents.

Mobiliser les ressources des philosophies éthiques

- ▶ Débat sur le **taux de préférence pure pour le présent**, entre
 - ▶ ceux qui militent pour le mettre à zéro (notamment Ramsey, Rawls), au motif d'éviter de « sacrifier » les **générations futures lointaines**,
 - ▶ et ceux qui militent au contraire pour lui donner une valeur positive, craignant sinon, en cas de croissance nulle ou négative à très long terme, que la « **dictature du futur** » liée au nombre des individus des générations successives entraîne au contraire des sacrifices exorbitants sur les projets personnels des générations présentes (cf. Koopmans, Arrow).
- ▶ Stern avait retenu dans son étude 2006 sur le climat une valeur de 0,1% qu'il interprétait en lien avec une probabilité de disparition de l'humanité.

Le paramètre d'aversion aux inégalités joue aussi un rôle-clé, faut-il l'aligner sur l'aversion au risque des générations présentes et/ou leur aversion aux inégalités au sein des sociétés actuelles ?

Partager une grille d'analyse des risques à très long terme

- ▶ Distinguer des degrés dans :
 - ▶ l'échelle des dangers,
 - ▶ l'échelle géographique,
 - ▶ le niveau de réversibilité,
- ▶ pour pouvoir montrer que les actions visant :
 - ▶ à diminuer les probabilités d'occurrence des scénarios les plus défavorables,
 - ▶ à préparer les moyens de s'adapter,

sont probablement les plus importantes pour les générations futures.

Les déchets nucléaires sont particulièrement dangereux pour la santé et l'environnement dès qu'ils se retrouvent concentrés dans les chaînes alimentaires. Impacts locaux ? Impacts réversibles ?

Guerre nucléaire ? Changement climatique ?

Analyser les impacts sanitaires et environnementaux

- ▶ L'existence actuellement de normes environnementales ne doit pas empêcher l'analyse des impacts sanitaires et environnementaux explicitement.
 - ▶ Peu de sens à très long terme, notamment dans un scénario de type KO,
 - ▶ Rend impossible toute comparaison des risques entre domaines différents comme les déchets industriels toxiques, puisque les normes associées ne sont pas établies dans un même cadre.

- ▶ Réflexions sur la valeur que les générations futures accorderont à la vie et à leur environnement, en fonction du régime économique (OK ou KO) qu'elles auront à affronter.
→ construire de nouvelles valeurs tutélaires utilisables quel que soit le problème de long terme étudié.

Étendre l'horizon temporel des exercices de prospective

- ▶ Ouvrir notre regard sur les mondes possibles pertinents pour ces analyses au-delà de la centaine d'années
 - ▶ tendances lourdes (histoire longue des civilisations),
 - ▶ réflexions d'historiens sur les conditions à long terme de la croissance comme du déclin des civilisations.
 - ▶ imagination à avoir concernant les possibilités d'action et d'initiative des individus comme des communautés humaines dans l'avenir lointain.

- ▶ Important car au cœur des réflexions sur nos obligations vis-à-vis des générations futures se retrouve souvent le dilemme
 - ▶ protéger les conditions de vie (sécurité)
 - ▶ *versus* ouvrir l'espace des choix (liberté).

Conclusions sur l'évaluation des projets de très long terme

- ▶ Elargir la dimension du débat grâce avec certaines considérations qui ne sont pas immédiatement applicables mais identifient plutôt des pistes de réflexion.
- ▶ D'autres recommandations devraient être dès à présent prises en compte dans les exercices actuels d'évaluation socio-économique

Recommandations

1. Pour l'analyse, s'affranchir du strict cadre de la loi,
2. Définir un scénario de référence central qui intègre les risques, assorti d'analyses de sensibilité,
3. Passer au "stress discounting" (et veiller à utiliser un taux d'actualisation fondé sur des hypothèses de croissance compatibles avec celles utilisées pour mesurer les coûts et les bénéfices des projet),
4. Hiérarchiser différents projets, aux objectifs différents,
5. S'autoriser des représentations du monde futur très différentes.