

Options réelles et innovation :

le cas de la 4^{ième} génération de réacteurs nucléaires

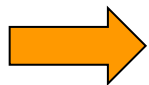
Nathalie Popiolek

Options réelles : Historique



1964 B.A. Weisbrod

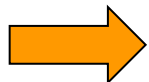
- Prix d'entrée d'un parc naturel
- = Prix de la promenade aujourd'hui + prix lié à la possibilité de se promener demain



Fermeture définitive du parc non intéressante du point de vue économique

1974 K.J. Arrow, A.C. Fischer et C. Henry

- Intérêt économique à conserver les ressources naturelles (site, ressource non renouvelable, biodiversité...)



La conservation d'une liberté future de choix a une valeur économique.



1973 R.C. Merton, F. Black et M. Scholes (prix Nobel d'économie en 1997)

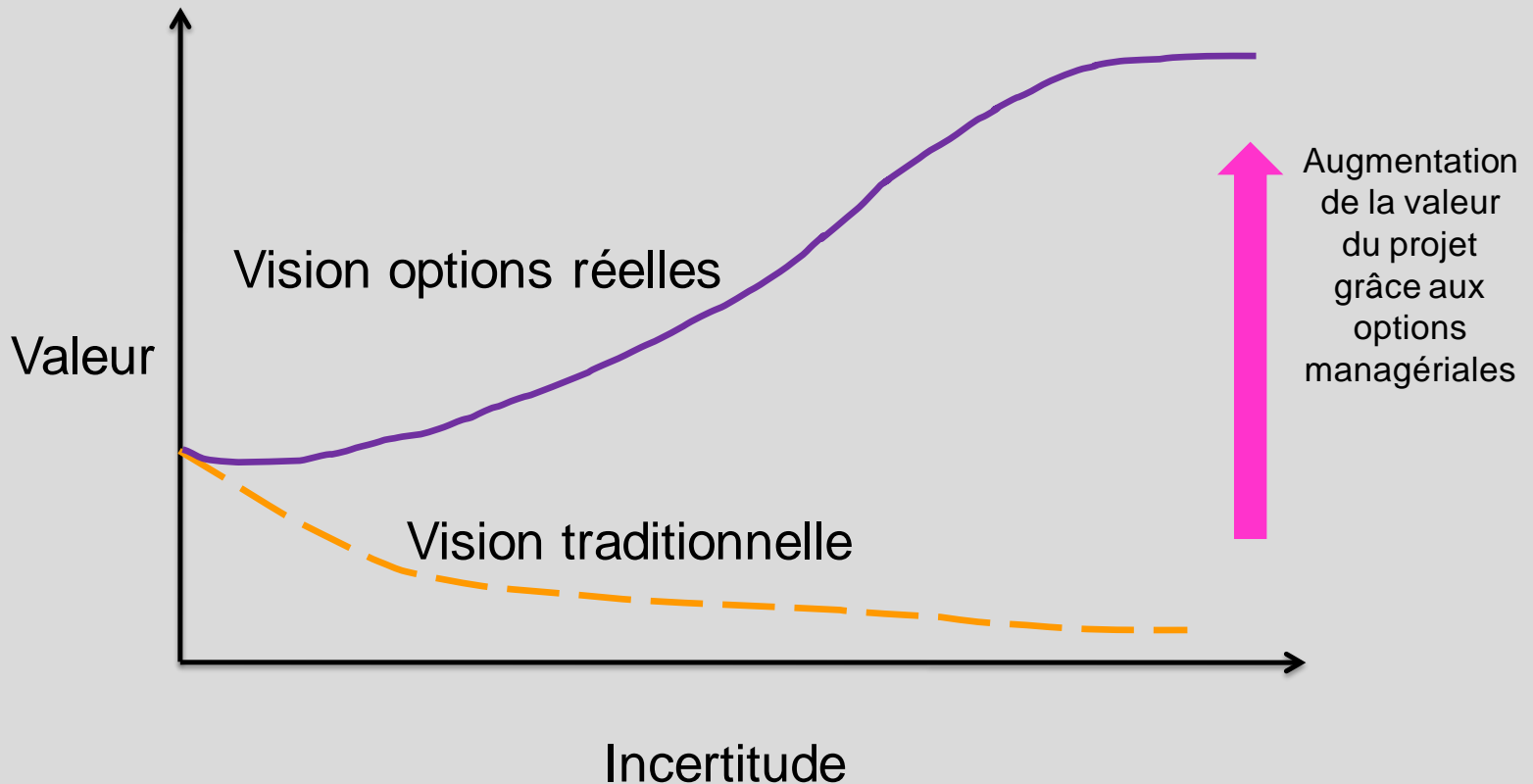
- Formalisation de la relation entre le prix de l'option financière et le prix de l'actif sous-jacent
- On tire profit d'une éventuelle hausse du marché tout en limitant les risques baissiers.

1977 S. Myers

- Création d'un lien entre évaluation des options financières et projets d'investissement
- L'option **réelle** confère le droit, et non l'obligation, de prendre une décision d'investissement relative à un actif sous-jacent non financier ; **actif réel** (équipement, usine, projet R&D, brevet...).

Options réelles : Principes

- On capture l'incertitude qui est source de richesse
 - La possibilité de choisir élimine les cas défavorables au profit des cas favorables.
- La puissance de la VAN est remise en cause.



Options réelles : Conditions

- Prise en compte de la dynamique du processus décisionnel
- Présence d'incertitude
 - prix (*output, input, CO₂*), évolution des technologies, normes, législation, opinion publique...

- Ensemble de décisions de flexibilité variable
 - construction irréversible, construction par tranches, projet de R&D (*stop or go*), , attente



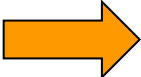
- Information croissante
 - « *On en saura plus demain sur après demain que ce que l'on sait aujourd'hui .* » C. Henry

Options réelles et Gen IV

Objectifs

Coût de la R&D sur Gen IV justifié ?

- Si on fait de la R&D, on suppose que l'on disposera de la technologie RNR (Gen IV) en 2040, qu'elle soit compétitive ou non.
- Incertitude = Compétitivité ou non
- R&D Gen IV = Flexible
- Non R&D = Irréversible : il n'y aura que des REL

 Le coût de la flexibilité est-il justifié du point de vue strictement économique ?

Hypothèses et Modèle



- Le décideur est la puissance publique en France
- La décision prise en 2012 est supposée binaire :

1. Ne faire aucune R&D concernant Gen IV

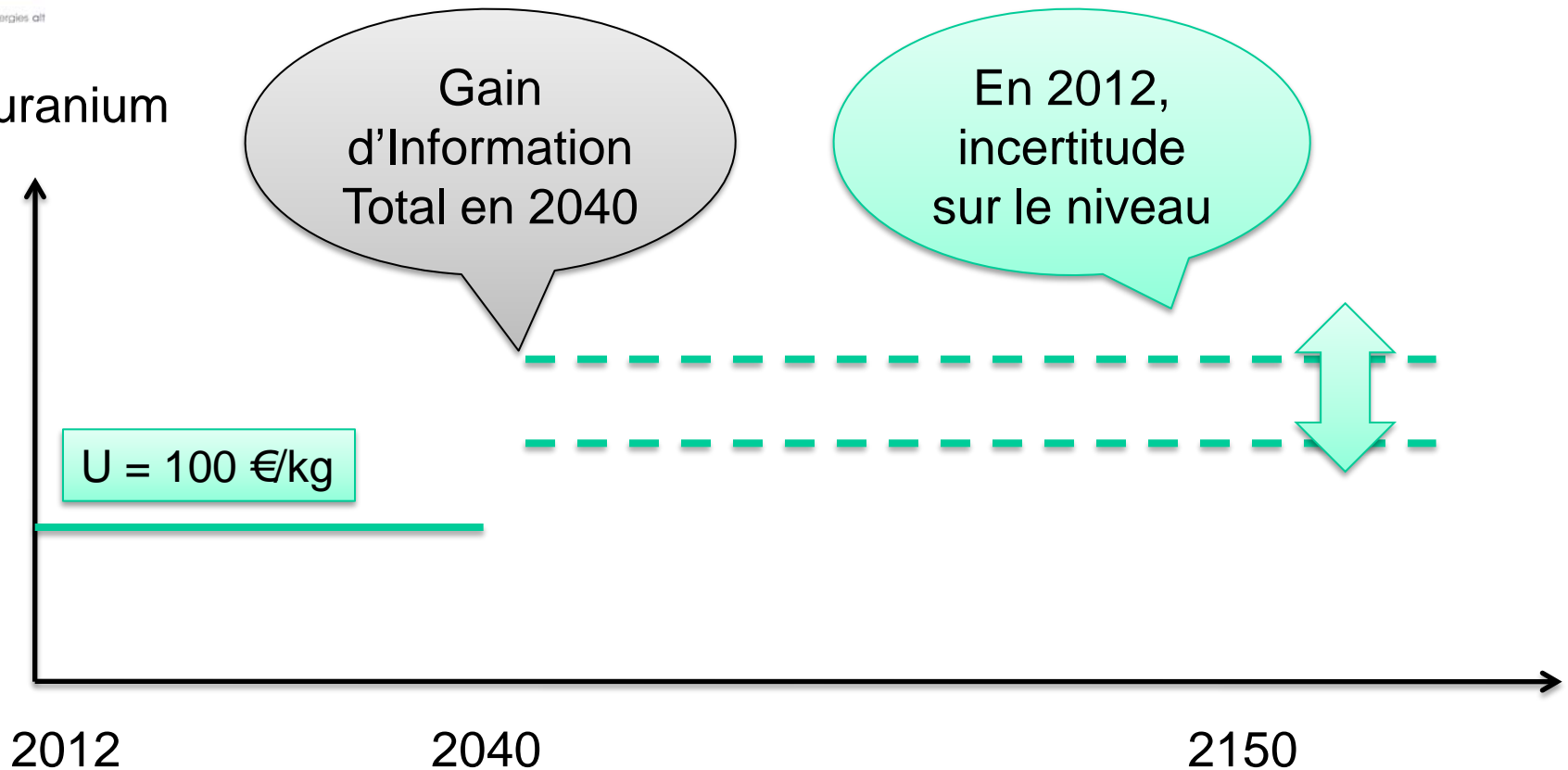
2. Investir dans la R&D dans ce domaine

2 flexible

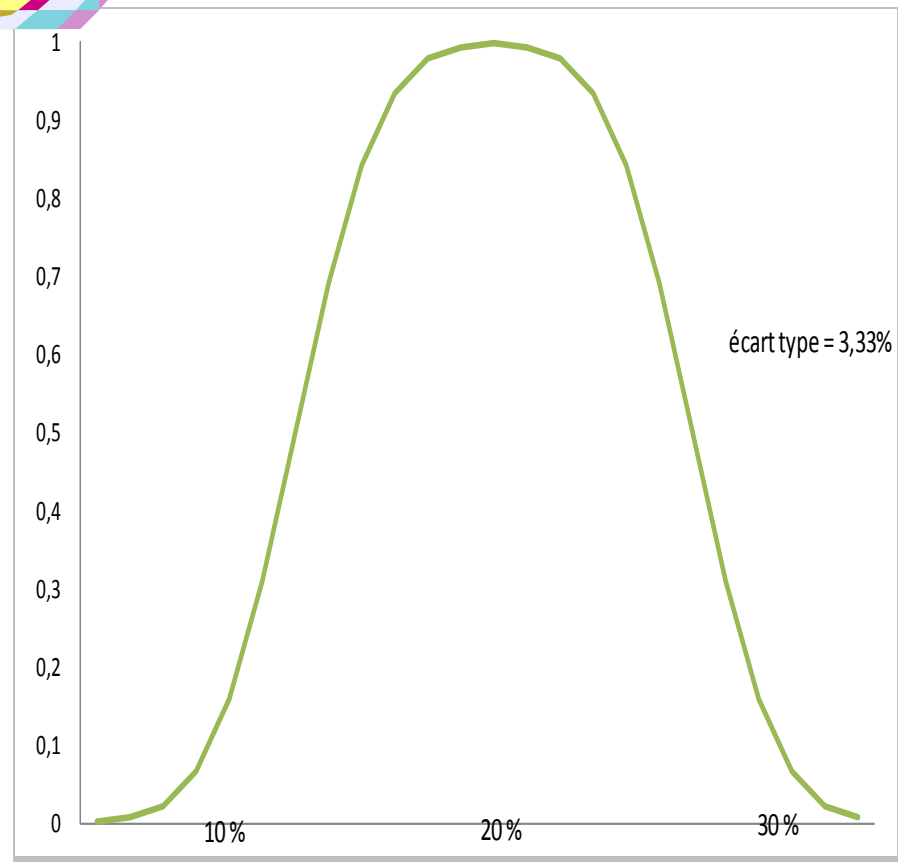
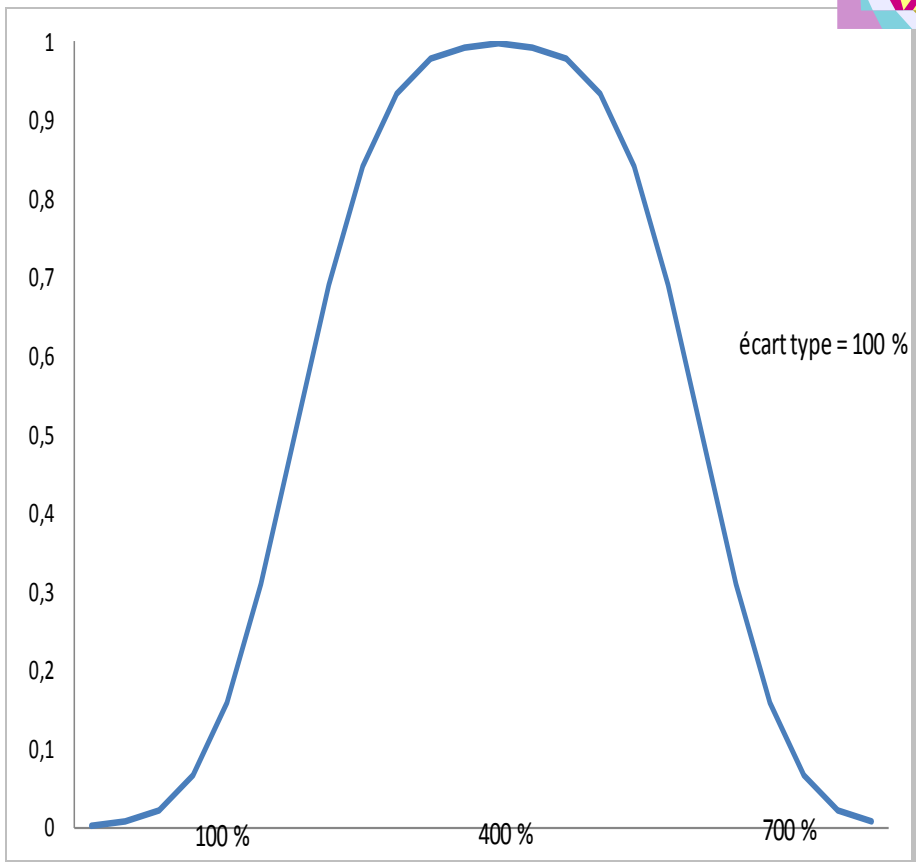
Nouveau choix en 2040 : on installe les RNR ou pas

- Méthode globale
 - minimisation de la somme actualisée des coûts relatifs au cycle entier de production d'électricité nucléaire sur [2012-2150]
- Prise en compte de l'incertitude sur $Prix_U$ et surcoût RNR

Prix uranium



Impact sur le coût du kWh REL
uniquement (5% en période 1)



Augmentation du prix de l'uranium

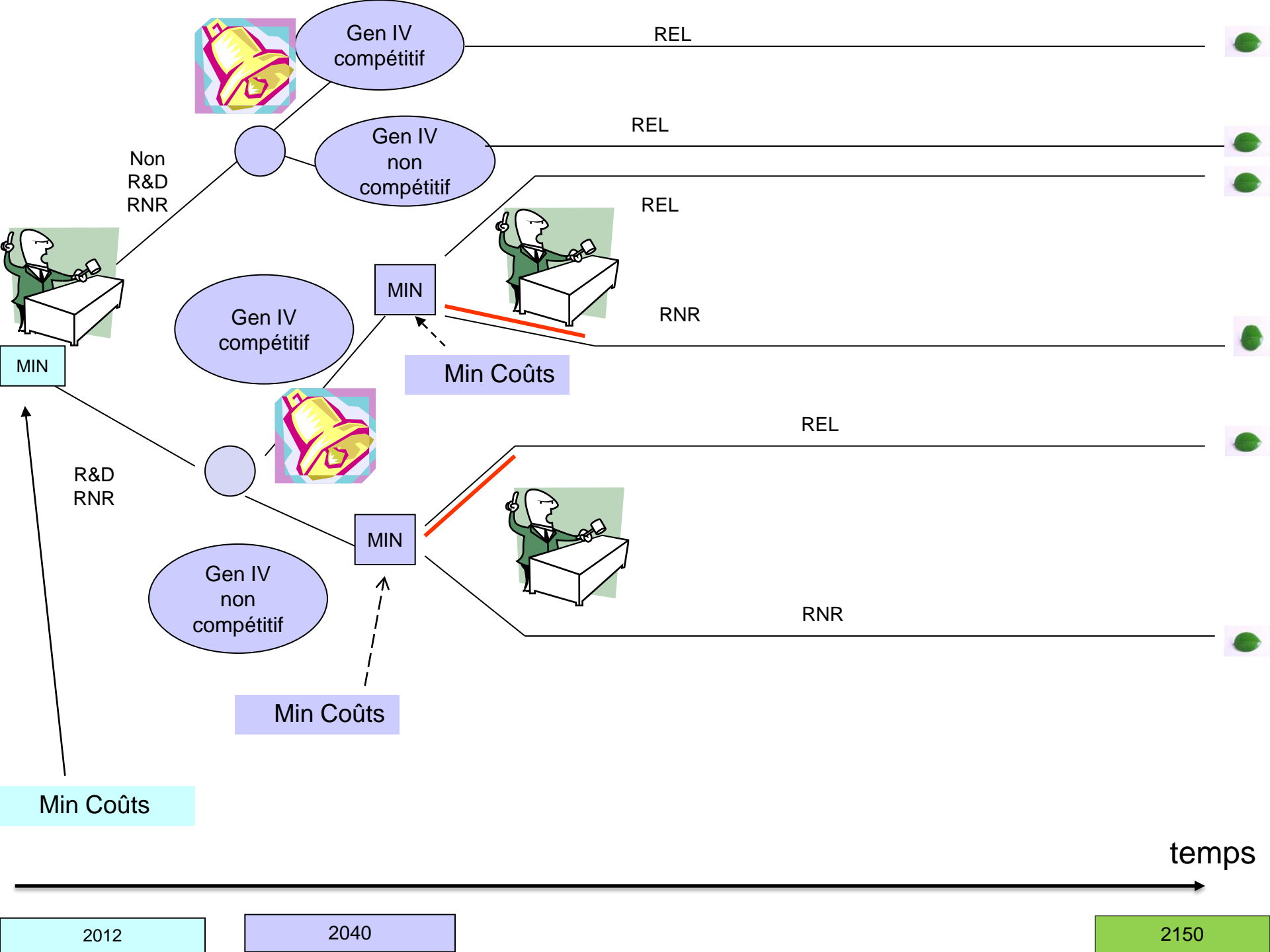


Impact coût REL

Surcoût du RNR



Impact coût RNR

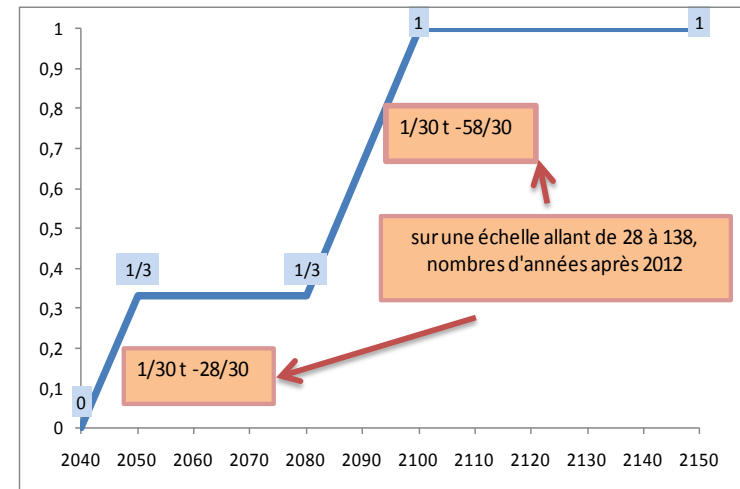


$$C = e^{-0,02 \times 27} \text{Coût } REL_{100} \left[P \int_0^\infty \left[\int_{0\%}^{\frac{s}{0,05}} (1 + 0,05p) f_p(p) dp + \int_{\frac{s}{0,05}}^\infty (1 + s) f_p(p) dp \right] f_s(s) ds \right. \\ \left. + P' \int_{0\%}^\infty (1 + 0,05p) f_p(p) dp \right]$$

$$P = \int_{T_1}^{T_1'} \left(\frac{1}{30}t - \frac{28}{30} \right) e^{-0,02t} dt + \int_{T_1'}^{T_1''} \frac{1}{3} e^{-0,02t} dt + \int_{T_1''}^{T_1'''} \left(\frac{1}{30}t - \frac{58}{30} \right) e^{-0,02t} dt + \int_{T_1'''}^{T_2} e^{-0,02t} dt$$

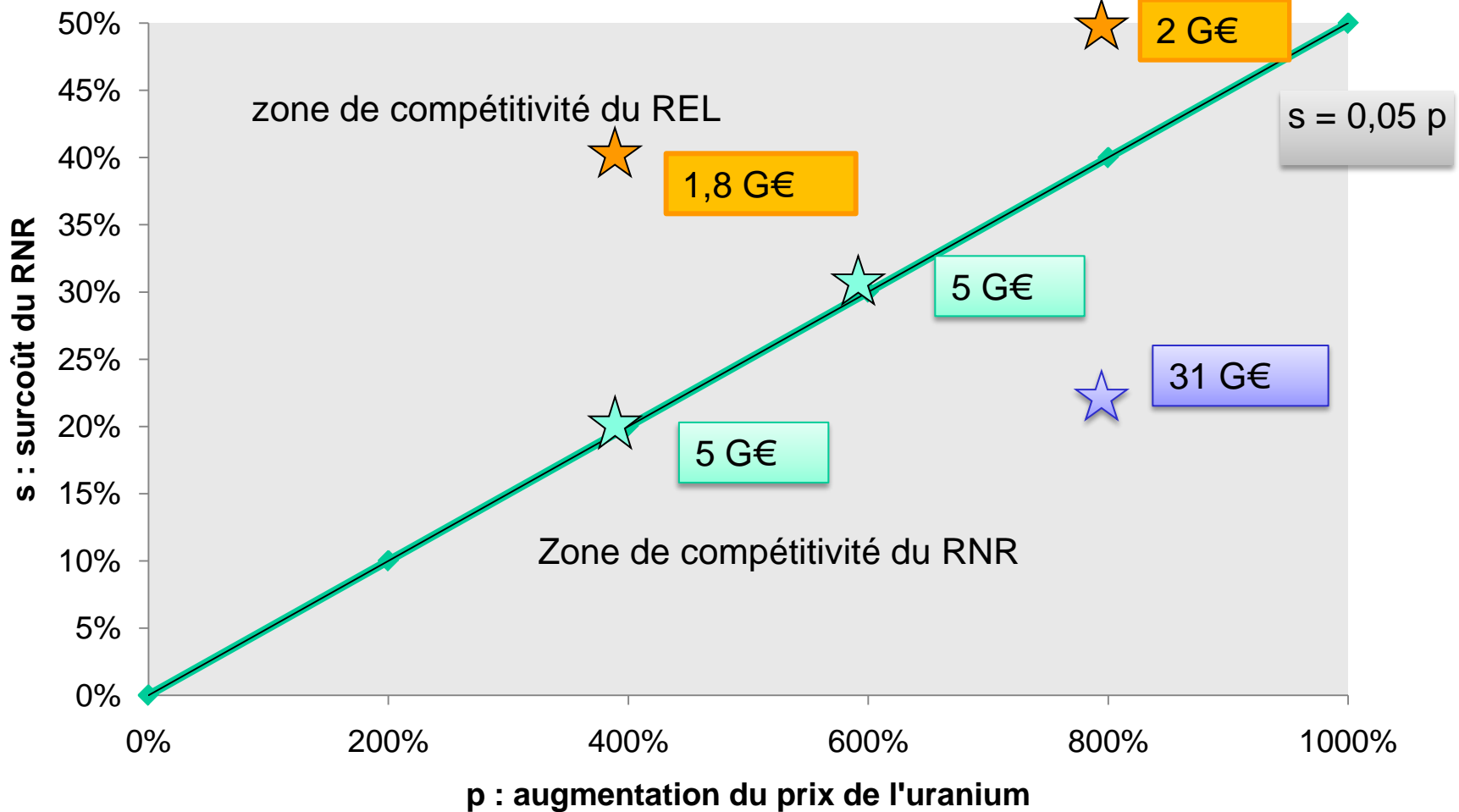
$$P' = \int_{T_1}^{T_2} e^{-0,02t} dt - P$$

- Compte tenu des hypothèses de pénétration des RNR et de l'actualisation



Résultats

- Par différence entre les coûts associés à chacune des décisions prises en 2012 :
 - Coût « on ne fait pas de R&D »
 - Coût « on fait de la R&D » (sans inclure le coût de R&D)
- On obtient la valeur plafond à ne pas dépasser pour le budget de R&D.



Conclusion

- La R&D permet de disposer d'une nouvelle technologie que l'on utilisera ou non suivant la conjoncture.
- La Valeur d'Option associée à la décision de faire de la R&D est justement le budget maximum que l'on est prêt à lui allouer.
- En présence d'incertitude ($Prix_U$ et surcoût RNR), cette valeur d'option est positive, même dans la zone où le RNR est *a priori* non compétitif.
- L'incertitude et la croissance de l'information, créent de la valeur pour les technologies innovantes.

Merci de votre attention !