

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



***La transition pour faire face à la contrainte
des ressources :
le cas de l'uranium***

**Sophie GABRIEL
CEA/DEN/DANS/I-tésé**

www.cea.fr

4 Juin 2013 – 5^{ème} Journée I-tésé

Transition énergétique et ressources

■ Critères considérés par la France pour la transition énergétique

■ Critères mondiaux

- Lutte contre le réchauffement climatique - Bilan CO₂
- Durabilité des ressources

■ Indépendance énergétique

■ Balance commerciale

■ Développement de nouvelles technologies et opportunités...

■ NTE

■ Nucléaire (Génération IV)



	Ressources conventionnelles (MtU)			
	Identifiées		Non découvertes	
	Raisonnablement assurées	Présumées	Pronostiquées	Spéculatives
< 40 \$/kg U	0,5	0,2	1,6	
40-80 \$/kg U	1,5	0,9		
80-130 \$/kg U	1,4	0,8		
130-260 \$/kg U	0,9	0,8		
Sous total	4,4	2,7	2,8	7,6
Total	7,1 MtU		10,4 MtU	

Source : Livre Rouge AEN/AIEA

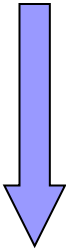
Ressources non conventionnelles : (U sous-produit d'importance secondaire ou faible teneur)

- *U des phosphates : une ressource plus limitée que prévu usuellement*
- *Eau de mer : 4,5 Gt d'U (3,3 µg/l) ... mais des difficultés de récupération*

Source : I-tésé

Stock

Réserves de phosphates
65 Gt



~ 4 MtU

de 2 à 8 MtU

Flux

(Source : I-tésé)

Production de phosphates
176 Mt/an



~ 10 ktU/an

de 5 à 20 ktU/an

100 ppm U
72% acide phosphorique
84% récupération

Toutes les installations de production d'acide phosphorique récupèrent l'uranium

Min : 87% de phosphates sédimentaires et 60 ppm U
Max : 200 ppm U

U de l'eau de mer

4,5 Gt d'uranium (3,3 µg/l)....mais quelques difficultés de récupération

- Larges volumes d'eau à traiter : 1200 tU/an = 1 km³/j d'eau (extraction 100%)
 - Pompage actif exclu
 - Choix de sites avec courants naturels restreint

- Méthode d'extraction retenue : adsorption
 - Structure d'immersion
 - Structure de traitement et récupération de l'U

Coûts

■ Paramètres

- Capacité de l'adsorbant (masse d'U /masse adsorbant)
- Nombre de réutilisations de l'adsorbant
- Coût de l'adsorbant
- Coût de la dé-adsorption de l'U

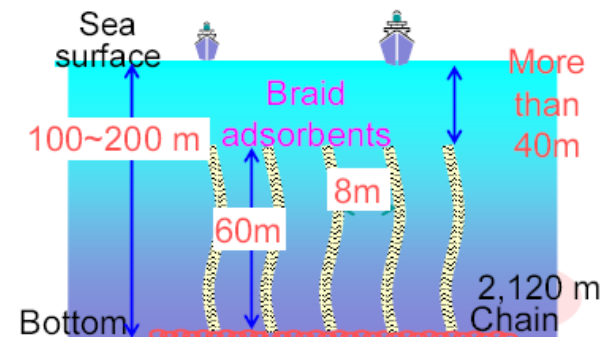
■ Estimations

- « Coût Objectif » : 300 \$/kgU avec 6 gU/kg-ad
- Aujourd'hui, les expériences en mer 1 gU/kg-ad ⇒ 1 800 \$/kgU (Source I-tésé)

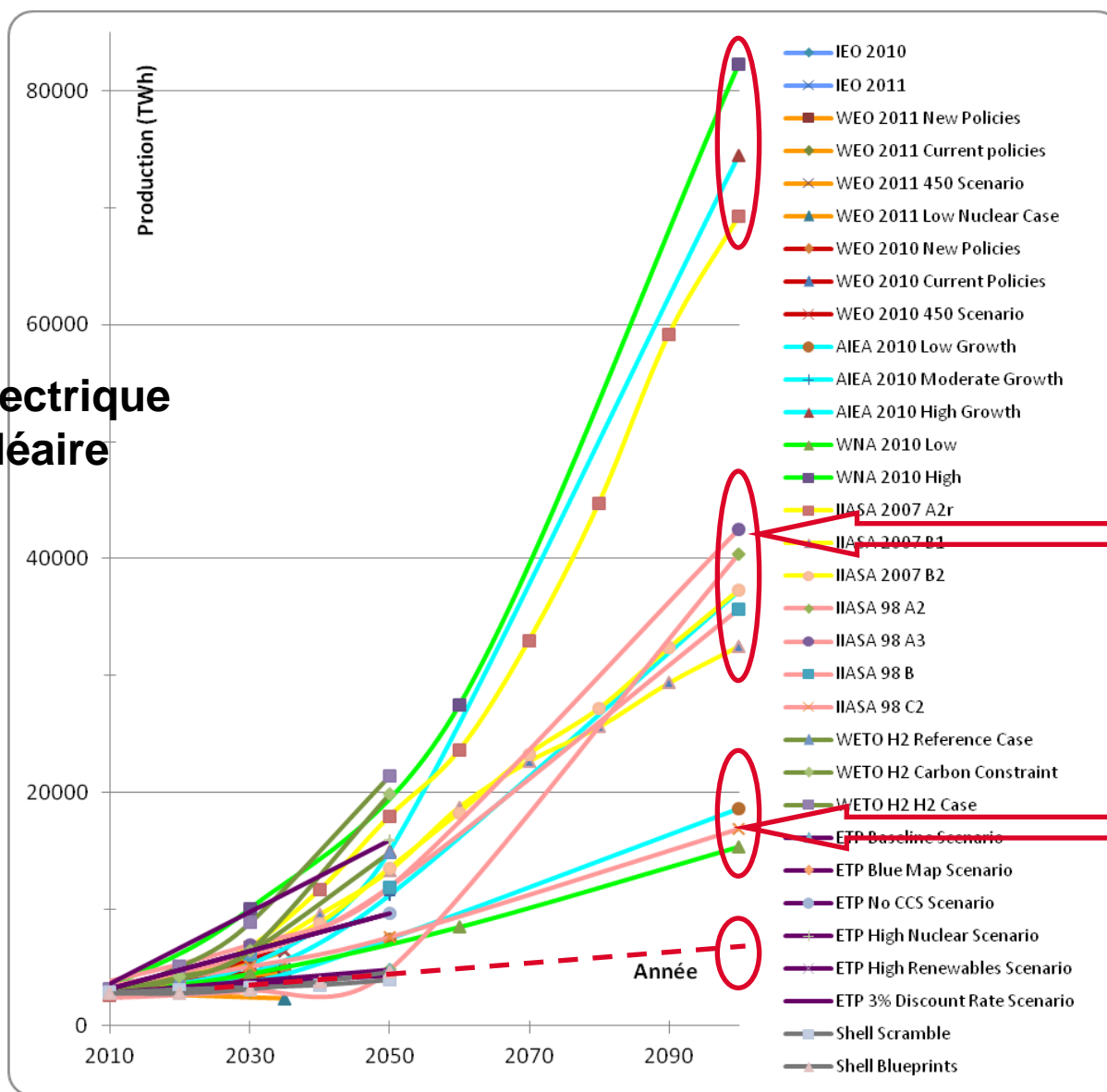
■ À voir :

- Incertitudes sur les coûts
- Bilan environnemental
- U en Co-production...

■ Rupture technologique nécessaire ?



Production électrique d'origine nucléaire



Scénarios retenus

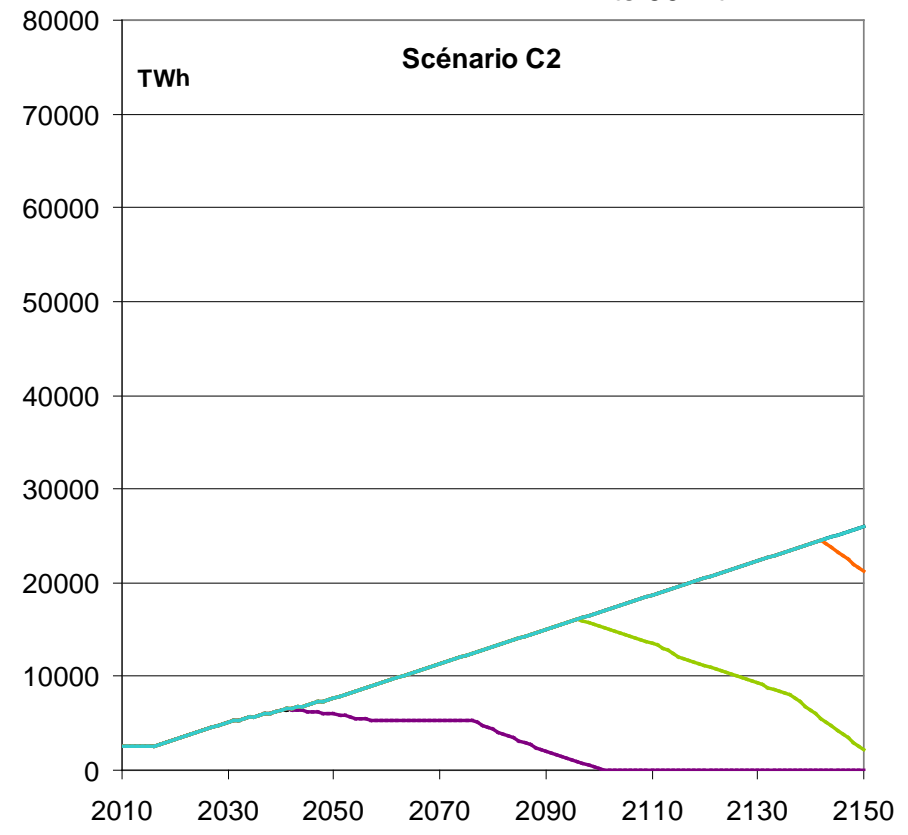
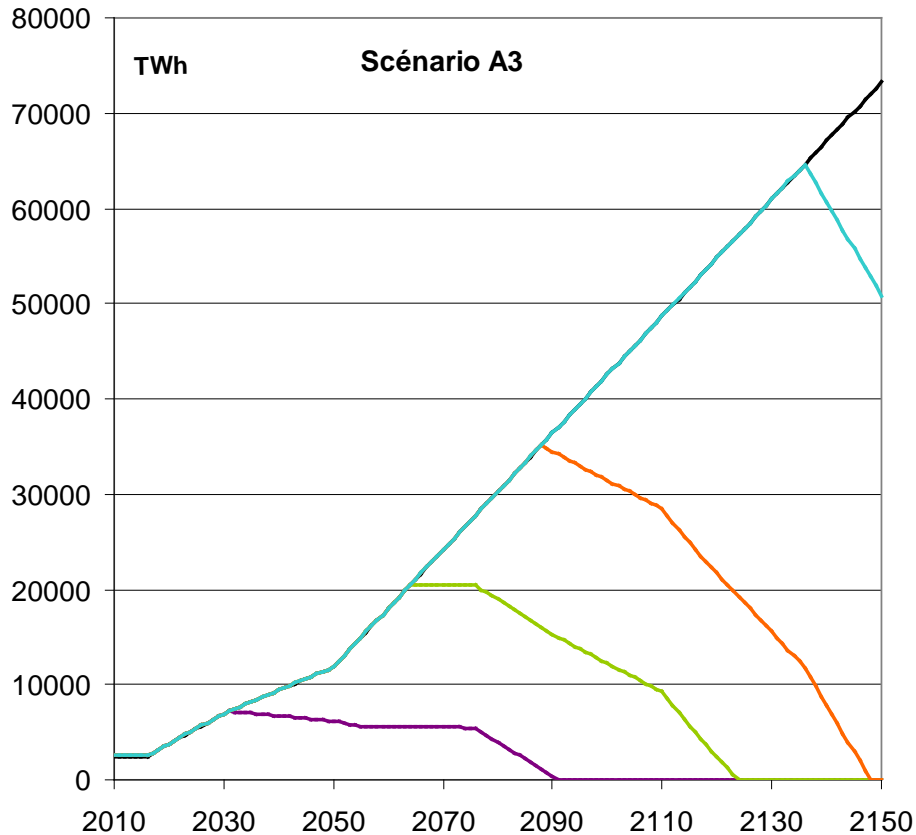
IIASA 98 A3

IIASA 98 C2

Déploiement de REL uniquement

En considérant des limites sur les quantités d'U disponibles

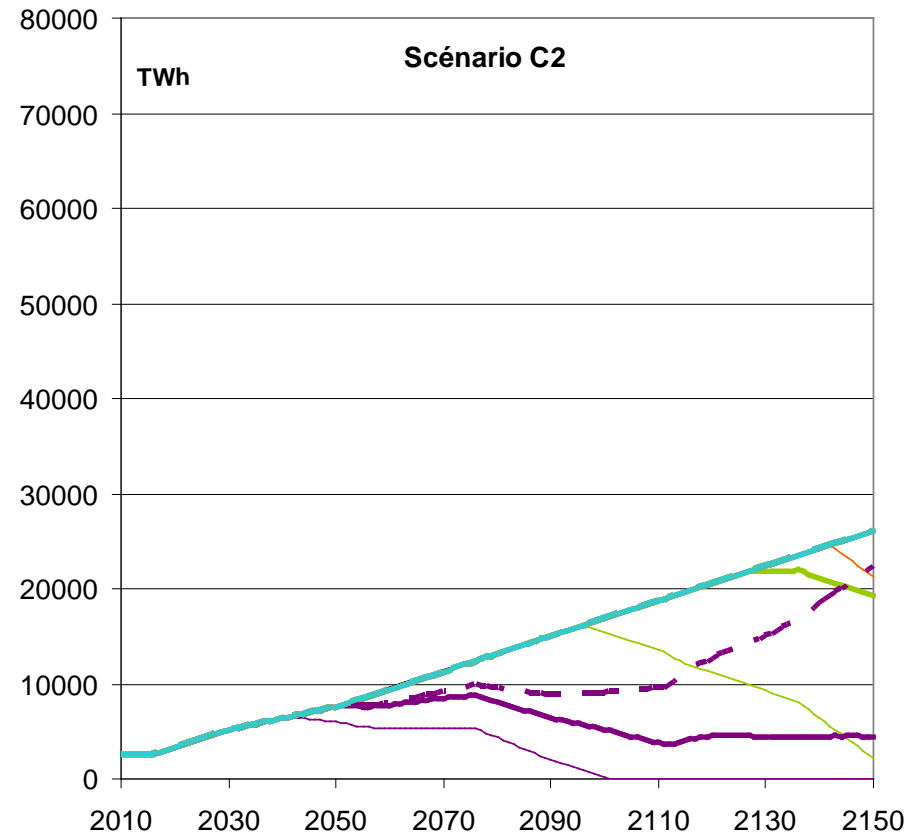
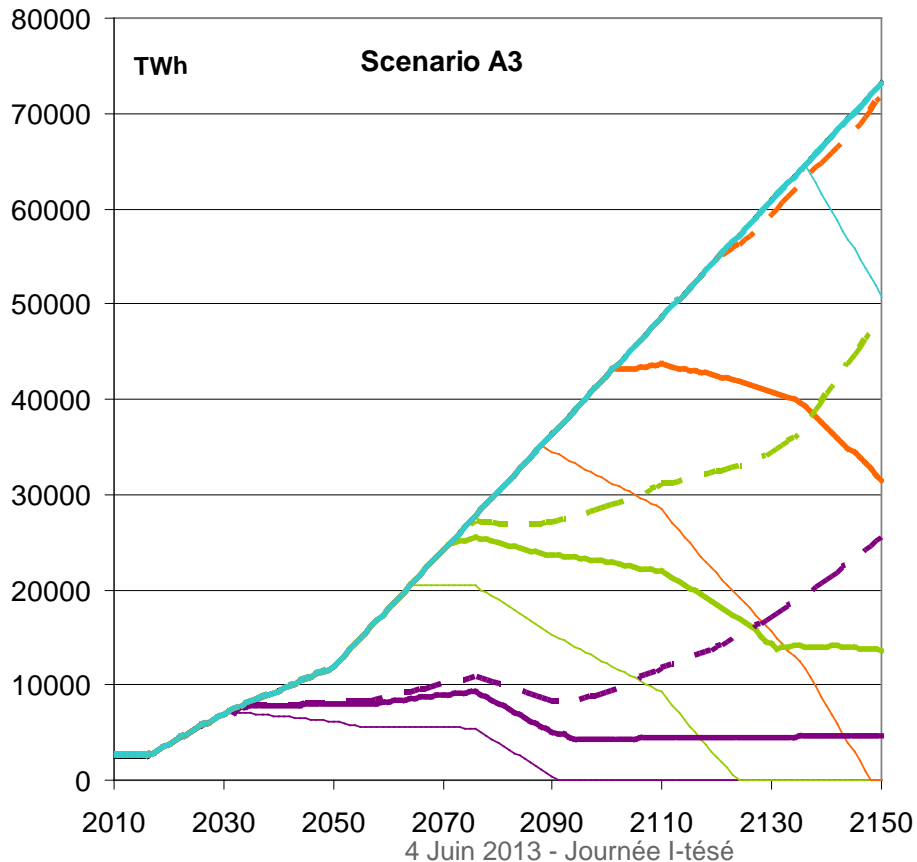
- Demande
- Limite 7 Mt
- Limite 21 Mt
- Limite 39 Mt
- Limite 90 Mt



Déploiement de REL et de RNR à partir de 2040

— REL seuls
 — REL+ RNR iso
 - - REL+ RNR sur (GR=0.3)

— Limite 7 Mt
 — Limite 21 Mt
 — Limite 39 Mt
 — Limite 90 Mt



- Les scénarios prospectifs prenant en compte la lutte contre le réchauffement climatique sont toujours plus ambitieux en terme de demande nucléaire

- Les études I-tésé montrent
 - Des ressources non conventionnelles en uranium limitées
 - Un gain significatif apporté par les RNR pour satisfaire les scénarios

- La transition énergétique française
 - Aujourd'hui, la France importe de l'uranium
 - Sécurisation (diversification des appro et stocks stratégiques)
 - Faible coût (Uranium : <1 G€/an vs gaz et pétrole ~65 G€/an)

 - Préparer la capacité à développer des RNR dès 2040-2050
 - Bénéficier de cette capacité comme une « assurance » contre des tensions fortes sur les ressources
 - Équilibrer la balance commerciale (à terme imports nuls)
 - Développer l'export de RNR