



**L'Axe 1 des recherches – Séparation
et transmutation des radionucléides à vie longue :**

l'évaluation de la CNE

Principaux résultats de l'évaluation

- Le CEA a fait des **avancées scientifiques majeures** :
 - dans la **séparation** chimique des actinides mineurs
 - dans la confirmation des oxydes comme support de transmutation d'actinides mineurs.
- Pour la **transmutation**, on ne dispose pas à ce jour d'un système dont la **faisabilité technique en situation de transmutation** est démontrée.
- Tant pour la **séparation** que pour la **transmutation**, un long chemin reste à parcourir.

Considérations préliminaires

- Séparation et transmutation forment un tout constituant un cycle global :
 - réacteurs de transmutation ;
 - usines de séparation et de fabrication des matériaux à transmuter.
- Cependant, la mise en œuvre concrète de ces systèmes dans une stratégie globale (scénarios) ne sera pas abordée au cours de cette présentation.

Point-clé n° 1

- **C'est un succès du CEA que d'avoir établi la faisabilité scientifique de la séparation de l'américium et du curium.**
- Une nouvelle molécule extractante robuste, un diamide (DMDOHEMA) a été mise au point.
- **La faisabilité technique de trois procédés pour cette séparation reste à prouver par des essais.** La CNE en attend les résultats pour les évaluer.

Point-clé n° 2

- La séparation des principaux produits de fission à vie longue (I, Tc, Cs) a été testée.
- L'élimination du césium par transmutation n'est pas possible ; il n'y a pas encore de solution technique pour l'iode et le technétium.

Les systèmes de transmutation

L'évaluation de la CNE porte successivement sur la **faisabilité scientifique** puis sur la **faisabilité technique** des systèmes de transmutation pour deux modes de fonctionnement :

- Fonctionnement avec du **combustible « standard »**.
- Fonctionnement avec du combustible ou des cibles **dédiés à la transmutation**.

Point-clé n° 3

- ❑ Les réacteurs REP du parc électrogène ne se prêtent que très difficilement au multi-recyclage du plutonium et des actinides mineurs.
- ❑ Deux voies s'ouvrent alors :
 - En complément à un parc REP, des ADS qui sont des réacteurs dédiés à la transmutation des actinides mineurs, à forte concentration ;
 - En substitution ou à un complément à un parc REP, des RNR qui multi-recyclent le Pu et les actinides mineurs (ou les transmutent en un seul passage).
- ❑ Des RSF au thorium, qui ne produisent pratiquement pas d'actinides mineurs, seraient aussi envisageables.

Point-clé n° 4

- L'ADS est le principal système de transmutation pour lequel des études de base et expérimentales sont menées depuis plus de dix ans (Europe, USA, Japon).
- Ces études, aux nombreux acquis, ont identifié les « verrous technologiques » à lever ; des programmes sont en cours.
- La CNE a toujours soutenu les propositions française et européenne d'un **démonstrateur européen**.

Point-clé n° 5

- **RNR-sodium** : la faisabilité scientifique de la transmutation a été établie expérimentalement (PHENIX) pour le RNR-sodium, déjà éprouvé avec des combustibles standard.
- La démonstration de la faisabilité technique nécessitera des essais à l'échelle de l'assemblage.
- **RNR-gaz** : retenu dans *Gen-IV* et choisi par le **CEA**, il n'en est qu'à l'état de concept. La CNE ne dispose d'aucun élément d'appréciation quant à sa faisabilité et à ses performances de transmutation.

Cibles et combustibles

- **La transmutation en mode 'homogène'** dans le **combustible** conduit à une stabilisation de l'inventaire par multi-recyclage pour l'ensemble des systèmes.
- **La transmutation en mode 'hétérogène'** dans des **cibles** conduirait en revanche à une destruction poussée des actinides mineurs en un seul passage en réacteur.

Point-clé n° 6

- L'étude des combustibles et cibles pour la transmutation est un des points forts des recherches menées par le CEA depuis près de vingt ans.
- La faisabilité technique n'est acquise que pour les combustibles à base d'oxydes peu chargés en actinides mineurs (pour REP, RNR-Na).
- Les recherches sont étendues aux mêmes types de composés, **plus chargés** en actinides mineurs (ADS, RNR).
- En deuxième priorité et pour les réacteurs innovants, d'autres matériaux : **nitrides, carbures et alliages métalliques** sont en cours d'expérimentation.

Point-clé n° 7

La question clef de la gestion du curium appelle des travaux bien plus approfondis que ceux ébauchés à ce jour, dès lors qu'un 2^{ème} recyclage est envisagé.

Point-clé n° 8

- La CNE considère que les avantages de principe du cycle au thorium en matière de déchets à vie longue sont suffisamment importants pour que l'étude de cette filière soit approfondie.
 - Des études de base sur les réacteurs à sels fondus sont en cours au CNRS, en coopération avec EDF.
 - Les faisabilités scientifique et technique restent à démontrer, quoique des réacteurs expérimentaux aient fonctionné aux USA.

Principaux résultats de l'évaluation

- Le CEA a fait des **avancées scientifiques majeures** :
 - dans la **séparation** chimique des actinides mineurs
 - dans la confirmation des oxydes comme support de transmutation d'actinides mineurs.
- Pour la **transmutation**, on ne dispose pas à ce jour d'un système dont la **faisabilité technique en situation de transmutation** est démontrée.
- Tant pour la **séparation** que pour la **transmutation**, un long chemin reste à parcourir.