
Déchets radioactifs à vie longue

Contexte actuel

Déchets / matières valorisables

S. David
Institut de Physique Nucléaire d'Orsay
CNRS/IN2P3

Groupe « scénarios »

- Mis en place par le CPDP déchets radioactifs
- Différents acteurs et associations
AREVA, CEA, DGEMP, EDF, Global Chance, WISE-Paris
- Les calculs présentés ici ont été effectués par le CEA (J.P. Grouiller)
- Cette présentation « factuelle » fait l'objet d'un consensus au niveau du groupe

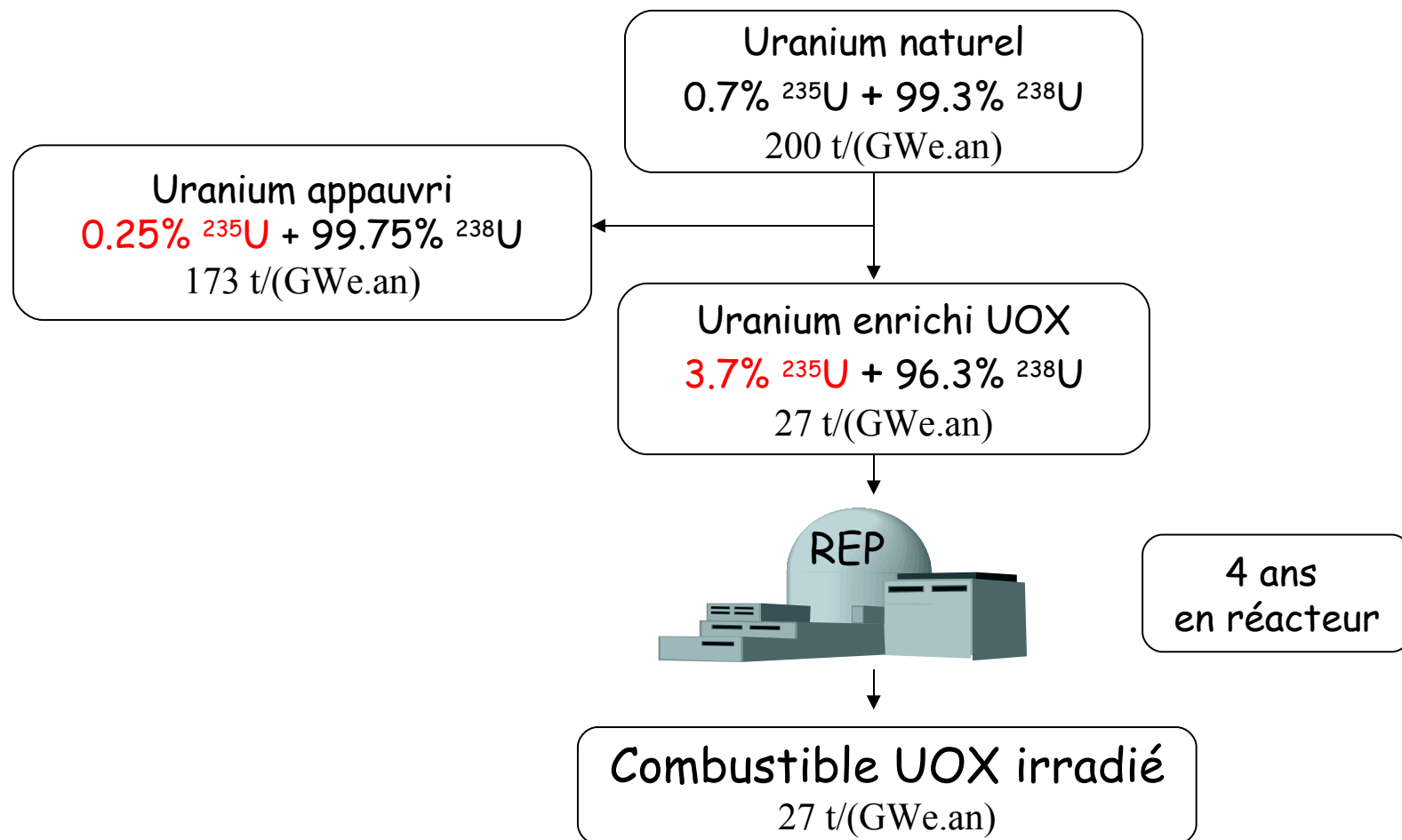
Deux présentations à suivre :

F. Fouquet (DGEMP)

B. Dessus (Global Chance)

Contexte actuel

Les réacteurs actuels sont des REP : Réacteurs à Eau sous Pression
Fonctionnement à l'uranium enrichi

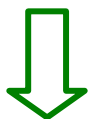


Le retraitement des UOX

Schéma simplifié

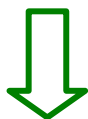
Combustible UOX irradié

Uranium



Recyclage en
comb. URE : 30%
Entreposage : 70%

Plutonium



Recyclage en
comb. MOX
 U_{app} / Pu

Produits de fission
Actinides mineurs



Vitrification

Déchets
haute activité
vie longue
HA-VL

Structures
(coques et embouts)



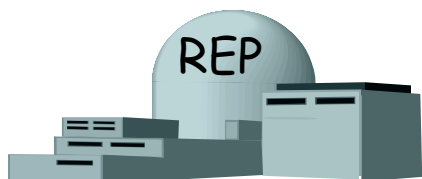
Compactage

Déchets
moyenne activité
vie longue
MA-VL

Utilisation des combustibles MOX

Fonctionnement au combustible UOX (70%) + MOX(30%)
⇒ 20 réacteurs (900 MWe) du parc

Assemblage MOX
U 93% + Pu 7%



3 ans
en réacteur

Assemblages MOX
irradiés

Entreposage

- Uranium ($\approx 92\%$)
- Produits de fission ($\approx 4\%$)
- Plutonium ($\approx 4\%$)
- Actinides mineurs
(américium, neptunium, curium)

Déchets / matières valorisables

UOX
irradiés

Produits de fission
Actinides mineurs
Uranium, Plutonium

MOX
irradiés

Produits de fission
Actinides mineurs
Uranium, Plutonium

Verres
HA-VL

Produits de fission
Actinides mineurs

MA-VL

Structures
Déchets techno.
Effluents

Matière valorisable

Déchets ultimes
Conditionnement définitif

Etat des lieux fin 2002

d'après inventaire Andra 2002

Déchet
ultimes

HA-VL (verres)	1600 m ³
MA-VL - parc REP	29000 m ³
- autres	16000 m ³
Uranium appauvri	220 000 t
retraitement	16 000 t
UOX usés	10500 t
MOX usés	520 t

Matière
valorisable

Produits
de fission
850 t

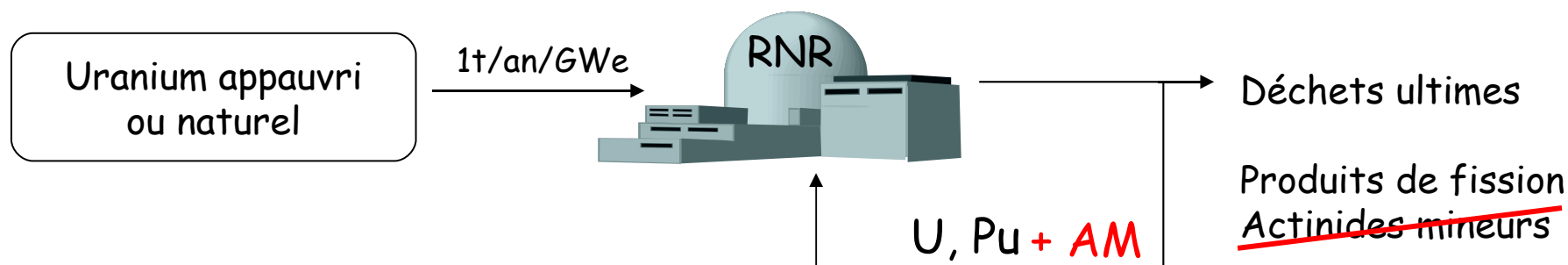
Actinides
mineurs
28 t

Plutonium
130 tonnes
(+90 t usines)

Valorisation future du plutonium

- Réacteurs régénérateurs de génération 4
- Réacteurs à neutrons rapides
- Utilisation du minerai optimisée

U appauvri français en 2005 = 5000 ans de production



- Transmutation possible des actinides mineurs
⇒ Recyclage U+Pu+AM, déchets ultimes minimisés

Déchets radioactifs à vie longue

Quels scénarios pour le futur ?

S. David
Institut de Physique Nucléaire d'Orsay
CNRS/IN2P3

- Contexte actuel : déchets / matières valorisables
- Les scénarios étudiés
- Les constats

Groupe « scénarios »

- Mis en place par le CPDP déchets radioactifs
- Différents acteurs et associations
AREVA, CEA, DGEMP, EDF, Global Chance, WISE-Paris
- Les calculs présentés ici ont été effectués par le CEA (J.P. Grouiller)
- Cette présentation « factuelle » fait l'objet d'un consensus au niveau du groupe

Deux présentations à suivre :

F. Fouquet (DGEMP)
B. Dessus (Global Chance)

Etat des lieux fin 2002

d'après inventaire Andra 2002

Déchet
ultimes

HA-VL (verres)	1600 m ³
MA-VL - parc REP	29000 m ³
- autres	16000 m ³
Uranium appauvri	220 000 t
retraitement	16 000 t
UOX usés	10500 t
MOX usés	520 t

Matière
valorisable

Produits
de fission
850 t

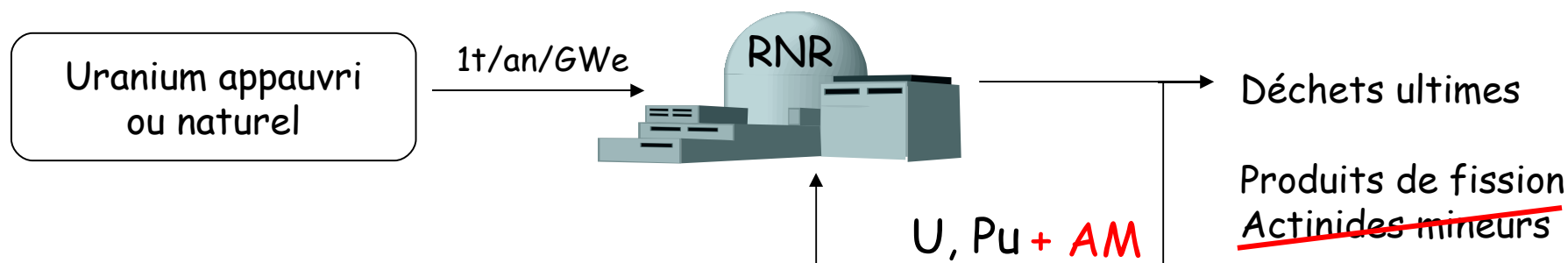
Actinides
mineurs
28 t

Plutonium
130 tonnes
(+90 t usines)

Valorisation future du plutonium

- Réacteurs régénérateurs de génération 4
- Réacteurs à neutrons rapides
- Utilisation du minerai optimisée

U appauvri français en 2005 = 5000 ans de production



- Transmutation possible des actinides mineurs
⇒ Recyclage U+Pu+AM, déchets ultimes minimisés

Scénarios étudiés : deux familles

Continuation du nucléaire
(production cte = 400 TWh/an)

C1
C2
C3

Réacteurs mis en œuvre:

EPR (>2020)

Réacteurs à eau de 3^{ème} génération
Même combustible que les REP actuels

RNR (>2035)

Réacteurs à neutrons rapides régénérateurs
refroidis au sodium (technologie « acquise »)

Arrêt du nucléaire

A1
A2
A3

Réacteurs mis en œuvre:
(pour les arrêts à terme)

HTR (>2035)

Réacteurs à haute température
Incinération du plutonium possible

RNR (>2035)

Réacteurs à neutrons rapides régénérateurs
refroidis au sodium (technologie « acquise »)

Famille C : Continuation du nucléaire

C1

Remplacement du parc actuel

50% EPR 2020 - 2035

50% RNR 2035 - 2050

C2

Remplacement du parc actuel

50% EPR 2020 - 2035

50% RNR 2035 - 2050

+ Transmutation des Act. Min.
en RNR dès 2040

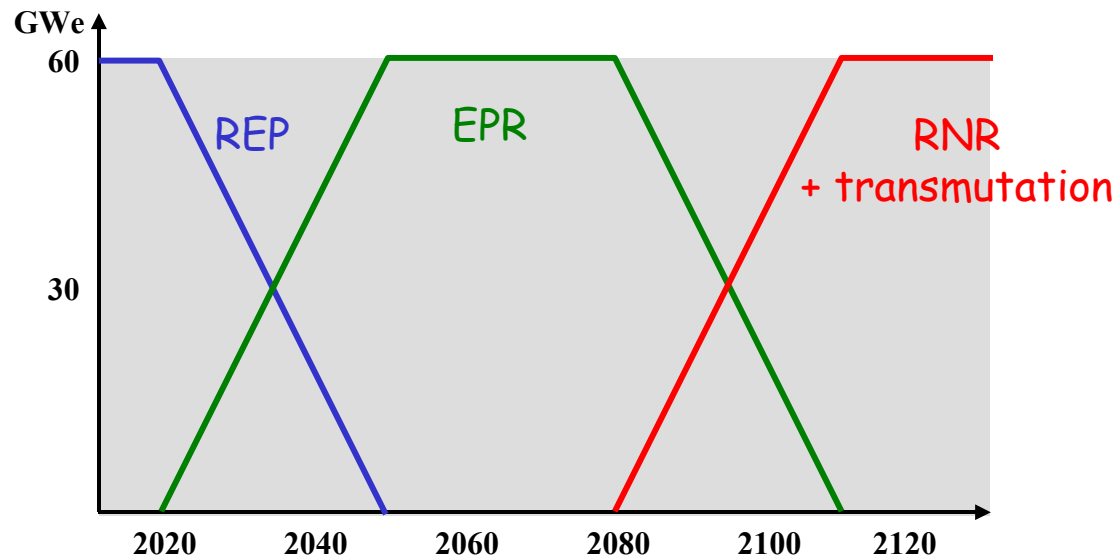
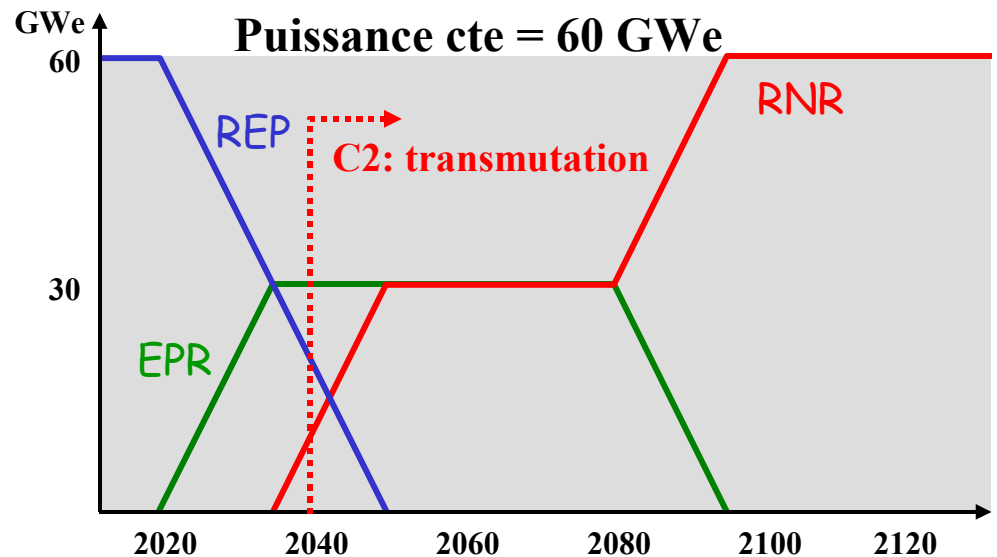
C3

Remplacement du parc actuel

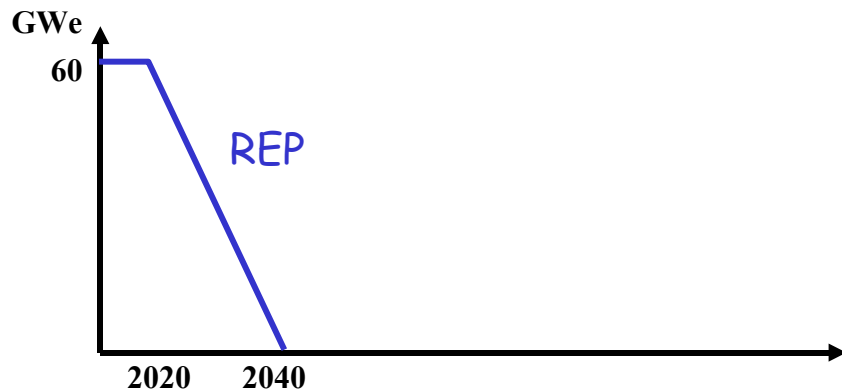
100% EPR 2020 - 2050

puis 100% RNR 2080 - 2110

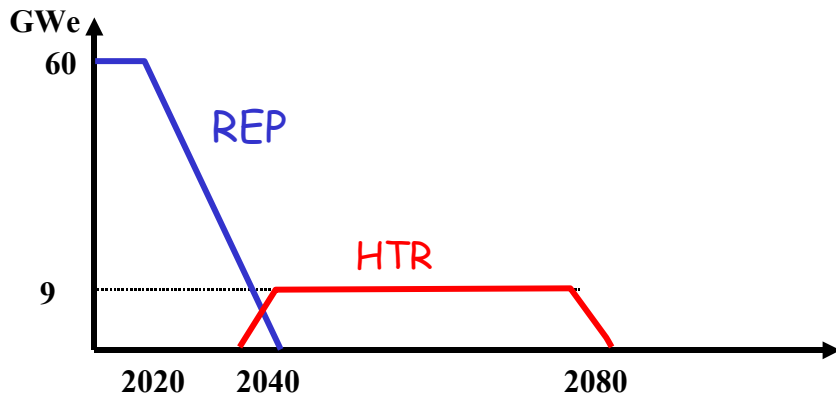
+ Transmutation des Act. Min.
en RNR dès 2080



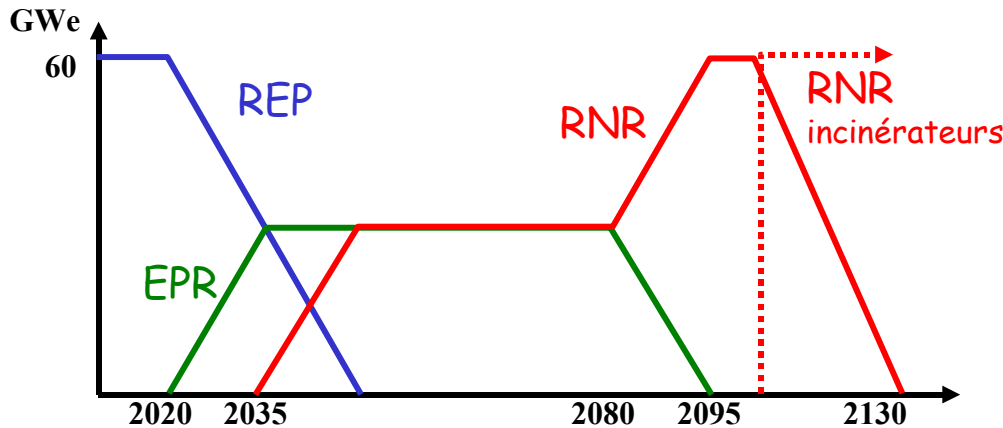
Famille A : Arrêt du nucléaire



A1
arrêt « immédiat »
à la fin du parc actuel



A2
arrêt à la fin du parc actuel
avec incinération du plutonium
en HTR



A3
arrêt après le démarrage des
réacteurs à neutrons rapides
(arrêt du C2 après 2100)

Les indicateurs

- Déchets (HA-VL)
 - ⇒ Volumes de verres à stocker
 - ⇒ Volumes combustibles irradiés à stocker
- Déchets MA-VL
 - ⇒ Volumes à stocker
- Plutonium
 - ⇒ Déchets ultimes
 - ⇒ Inventaire dans le cycle (réacteur, comb. utilisé, en usine)
- Actinides mineurs
 - ⇒ Déchets ultimes
 - ⇒ Inventaire dans le cycle (réacteur, comb. utilisé, en usine)
- Indicateurs supplémentaires :
 - Énergie produite
 - Produits de fission (quantités proportionnelles à l'énergie produite)
 - Quels sont les temps caractéristiques de l'évolution de ces paramètres ?

Etat des lieux à la fin du parc actuel

- Scénario arrêt A1 : deux variantes
Arrêt du retraitement en 2025 ou dès 2010
- Scénario C1 : remplacement par 50% EPR - 50% RNR

Déchets produits par le parc actuel à la fin de son exploitation			
Scénario	A1 2025	A1 2010	C1
Date arrêt parc actuel	2040		2050
HA-VL verres (m ³)	4200	2500	7500
HA-VL comb. usés (m ³)	54000	83000	-
MA-VL (m ³)	38000	35000	42000

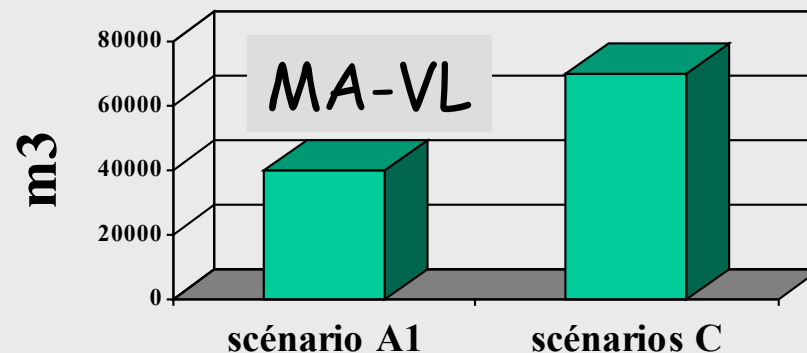
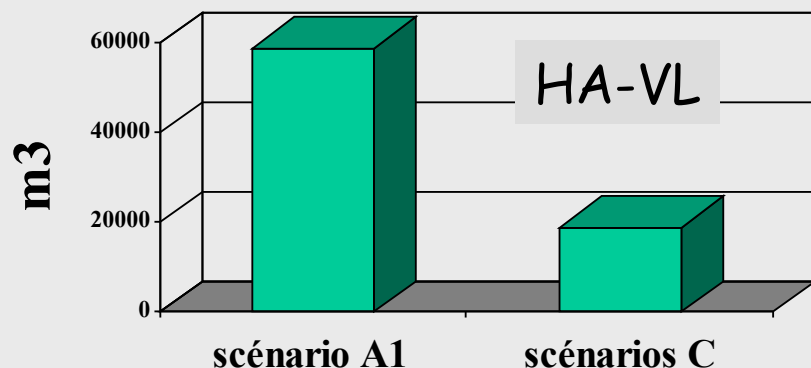
Constat 1

Comparaison A1 - C en 2130

Arrêt « tel quel » / Continuation

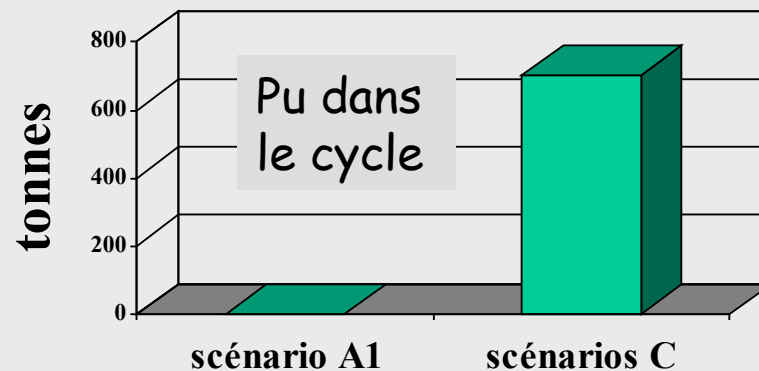
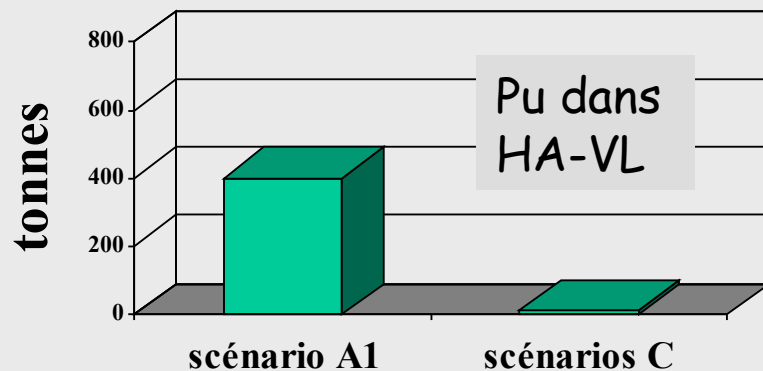
Déchets HA-VL

Arrêter « tel quel » conduit à 3 fois plus de HA-VL que si on continue



Plutonium

Continuer : pas de Pu dans les HA-VL, mais 75% en plus dans le cycle



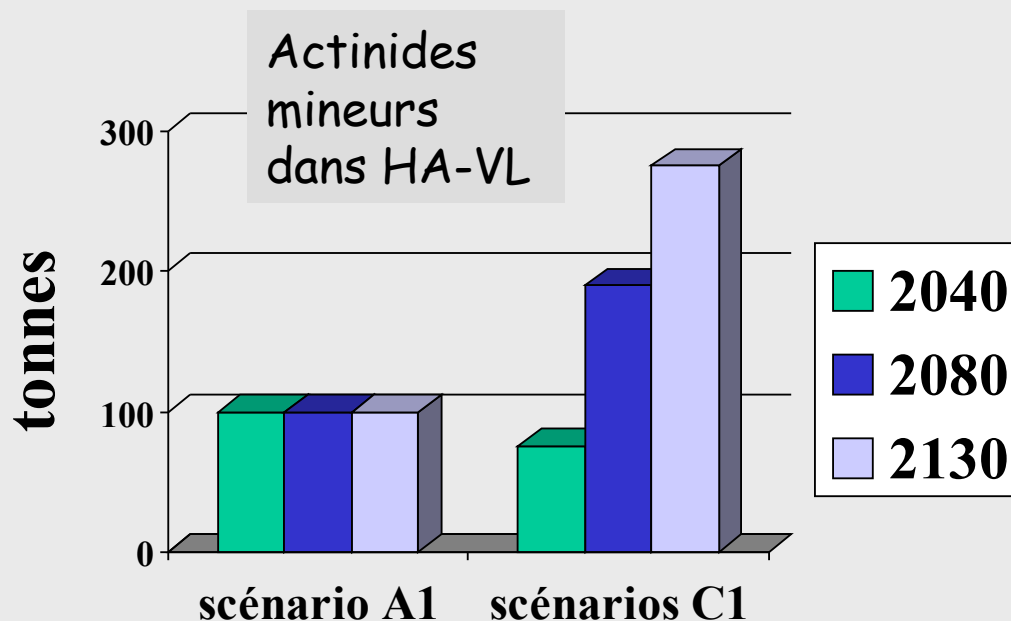
Constat 2

Comparaison A1 / C1

Du point de vue des actinides mineurs

Actinides mineurs dans les HA-VL

Le déploiement de RNR (sans transmutation) conduit à une augmentation d'un facteur 3 en 90 ans par rapport à un arrêt « tel quel »



Constat 3

Comparaison A1 / A2

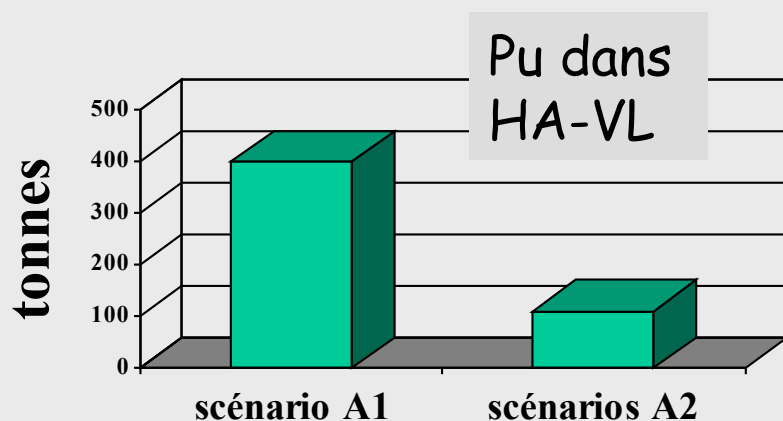
⇒ Intérêt de l'incinération du Pu pour réduire la quantité dans les déchets ultimes

Plutonium

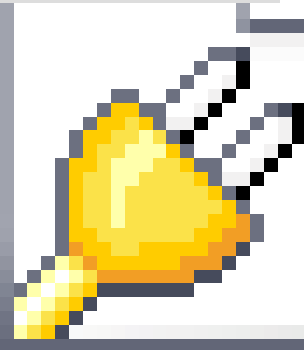
Incinération du plutonium : réduction d'un facteur 4 en 60 ans

Actinides mineurs

Incinération du plutonium : augmentation de 30% en 60 ans



Actinides mineurs dans HA-VL



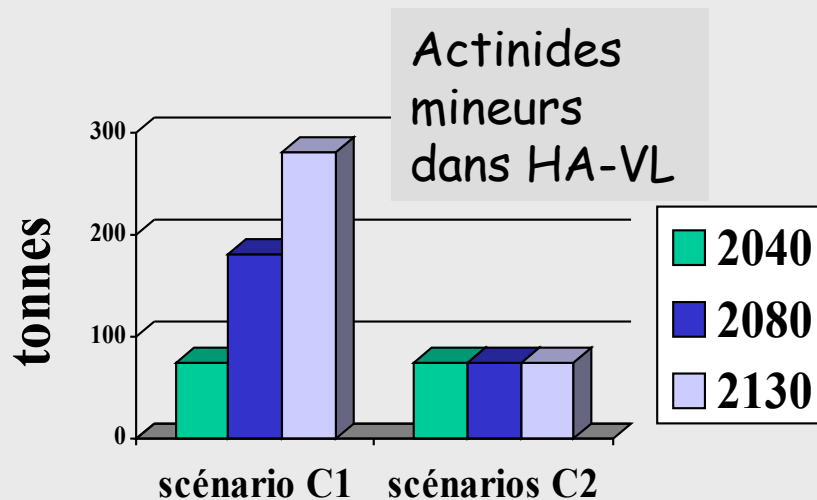
Constat 4

Comparaison C1 / C2 en 2130

⇒ Intérêt de la mise en œuvre de la transmutation

Actinides mineurs

- Réduction d'un facteur 5 des A.M. envoyés aux déchets ultimes en 90 ans
- Augmentation de 70% des actinides mineurs dans le cycle
- ≈ 15% des A.M. du parc actuel sont concernés



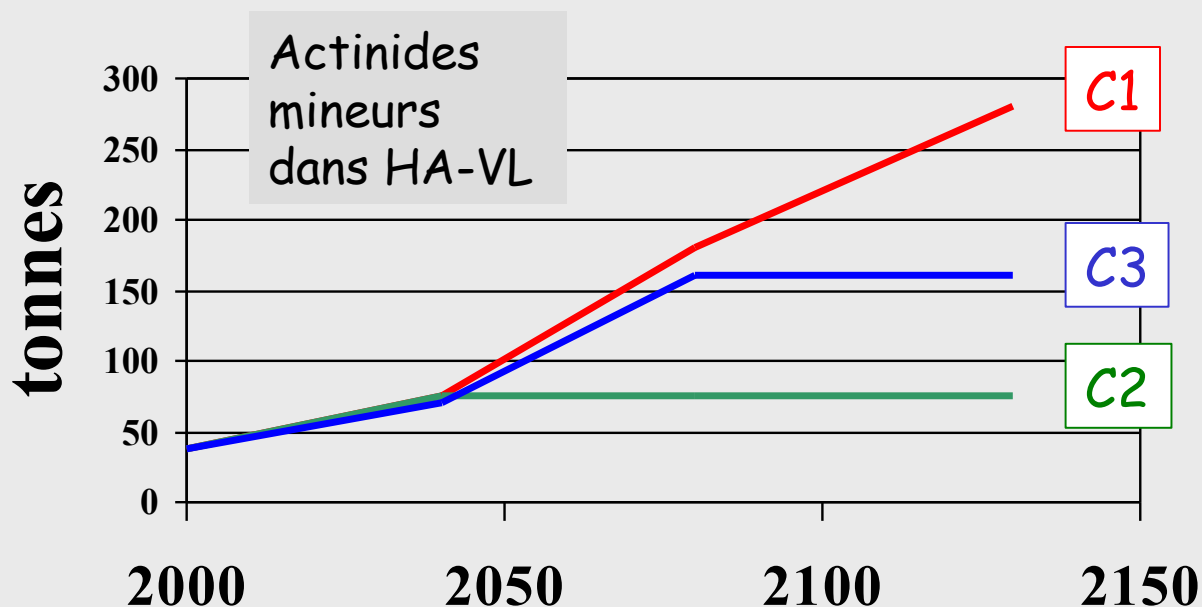
Constat 5

Comparaison C2 / C3

⇒ Impact du retard de la mise en œuvre de la transmutation

Actinides mineurs

Transmutation en 2080 : augmentation d'un facteur 2.5 de la masse d'actinides mineurs envoyés aux déchets

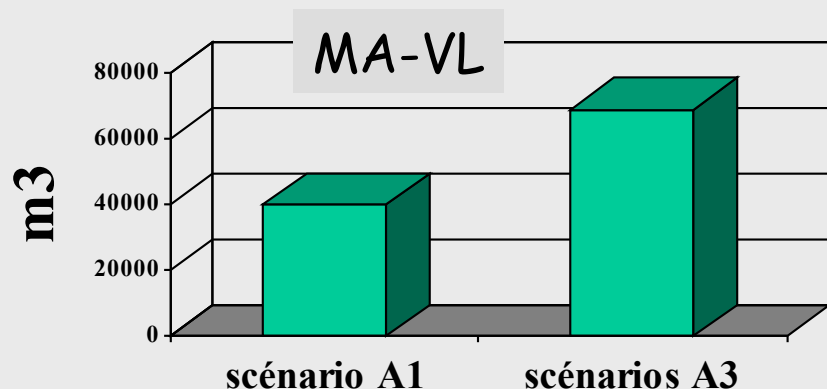


Constat 6

Comparaison A1 / A3

Arrêter maintenant ou après les RNR ?

- Diminution d'un facteur 3 des volumes de HA-VL avec l'option RNR
- Augmentation de 75% du volume des MA-VL si on continue



- Pu et Act. Min. dans HA-VL : IDEM à 15% près
Arrêter maintenant ou après la mise en places RNR (avec transmutation)
conduit aux mêmes inventaires de ces matières

En conclusion...

- Exposé « factuel »

- Continuation : l'intérêt de la transmutation a été quantifié
- Arrêt : comparaison des différentes dates et options

- Deux présentations à suivre

- Points de vue sur l'analyse des résultats et sur la pertinence ou non des divers scénarios étudiés
- DGEMP : Florence FOUQUET
- Global Chance : Benjamin DESSUS