



# PNGMDR 2016-18

## ETAT D'AVANCEMENT : SCENARIOS PROSPECTIFS DE TRAITEMENT ET CONDITIONNEMENT DES DECHETS D'ENROBES BITUMINEUX

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

GT PNGMDR

18 Novembre 2019

- **Demande réglementaire**
- **Contexte**
- **Démarche**
- **Résultats : briques technologiques et filières de traitement des bitumes**
- **Conclusion**

## ■ PNGMDR 2016-2018 - Art. 48 :

- Après avis de l'ASND et de l'ASN sur le rapport CEA remis en 2015 sur l'option de traitement thermique des enrobés bitumineux, le CEA poursuit les études de recherche et développement relatives aux modes de traitement et de conditionnement des enrobés bituminés (FA-VL et MA-VL), combinant notamment des procédés chimiques et thermiques. Pour le 30 juin 2018, le CEA remet aux ministres chargés de l'énergie, de la sûreté nucléaire et de la défense un rapport d'avancement de ces travaux.

***Rapport MOA/Cab.AG/18-119 du 29/06/2018***

- Le CEA, Areva, EDF et l'ANDRA remettent pour le 31 décembre 2019 aux ministres chargés de l'énergie, de la sûreté nucléaire et de la défense un rapport d'évaluation technique, économique et de sûreté comparant les différents modes de traitement et de conditionnement envisagés pour les déchets bitumés (stockage géologique et solutions alternatives). Cette étude intègre toutes les étapes de la gestion du déchet ainsi que l'impact des différents choix sur la conception et le dimensionnement de CIGEO : transport, sûreté en entreposage et en phase d'exploitation, impacts environnementaux, impacts radiologiques à long terme.

***En cours***

- L'ASN et l'ASND sont saisies pour avis sur ces rapports.

## ■ Rapport CEA émis en 2015 en réponse à la demande art. 19 du PNGMDR 2013-2015 : « évaluation technico-économique d'un procédé de traitement d'enrobés de boues bitumées par incinération-vitrification »

- Evaluation basée sur un procédé de type SHIVA,
- Pas de faisabilité technologique démontrée, des verrous majeurs à lever,
- Coût du traitement évalué à 1,7 Md€<sub>CE2013</sub> dont 50% de provisions pour risques et aléas.

## ■ Avis ASN CODEP-DRC-2016-034029/ASND/2016-00930 :

- Pas d'obstacle réhibitoire à la mise en œuvre industrielle d'un procédé thermique pour le traitement de déchets radioactifs organiques,
- Poursuivre les études relatives aux modes de traitement et de conditionnement FEB (FAVL et MAVL), combinant notamment des procédés chimiques et thermiques, et à l'industrialisation d'un procédé d'incinération/vitrification des colis d'enrobés bitumés .

## ■ Avis ASN n°2018-AV-0300 sur le DOS de Cigéo :

- *« La recherche de la neutralisation de la réactivité chimique des colis de déchets bitumés doit être privilégiée. En parallèle, des études visant à modifier la conception pour exclure le risque d'emballement de réactions exothermiques doivent être conduites. »*

## ■ 2 scénarios de gestion des déchets bitumineux :

- Voie 1 : neutraliser la réactivité des déchets bitumineux avant stockage des résidus produits
- Voie 2 : concevoir un alvéole MAVL dans Cigéo qui permette de faire face au risque redouté (incendie)

## ■ La problématique du risque incendie, soulevée pour le stockage des colis en l'état dans Cigéo, peut être liée :

- Soit à la réactivité thermique des sels contenus dans les enrobés bitumés,
- Soit au caractère inflammable de la matrice bitume.

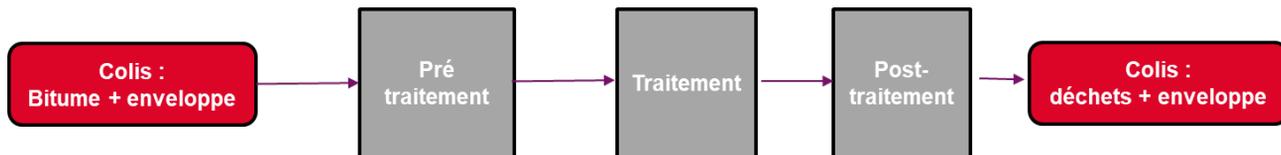
## ■ Les options :

- Séparation sels/matrice puis destruction de la matrice et conditionnement des sels,
- Séparation sels/matrice puis destruction des sels et stockage de la matrice bitume,
- Traitement total avec destruction de la matrice bitume et transformation des sels en oxydes, incorporés dans une matrice inerte.

■ **Groupes de travail constitués d'experts CEA/Orano/EDF/Andra, pilotés par le CEA (novembre 2017 - juin 2018) :**

- **GT R&D :** élaboration d'une cartographie des procédés, état des lieux à l'international, procédés exploités dans le conventionnel ou à l'échelle du laboratoire
- **GT industrialisation des procédés :**
  - *analyse des procédés potentiels (briques technologiques) pour chaque étape*
  - *Intégration des briques au sein de filières et comparaison des filières*

■ **Systeme étudié :**



■ **Une filière est l'assemblage de trois briques technologiques :**

- **Pré-traitement :** rendre le déchet (sels enrobés de bitume dans son enveloppe) compatible avec l'opération de traitement du déchet.
- **Traitement :** neutralise la réactivité du déchet (sels de co-précipitation et/ou matrice bitume).
- **Post-traitement :** opération de conditionnement du déchet produit, stable et à évacuer.

## Analyse multi-critères :

- 11 critères retenus : sûreté, criticité (mesures nucléaires), sécurité, environnement, radioprotection, réduction du volume de déchets, déchets induits, flux industriels, exploitabilité/maintenabilité, approvisionnement, disponibilité
- La performance est considérée atteignable dans l'analyse (cf critère de disponibilité)

	Cimentation	In can Melting	Vibrocompaction
Sûreté	9	4	7
Criticité	8	5	7
Sécurité	10	7	8
Radioprotection	8	8	7
Environnement	8	7	8
réduction de volume de déchets	1	7	4
Déchets induits	8	6	6
Flux industriels	9	4	7
Exploitabilité/maintenabilité	8	6	6
Approvisionnement	7	7	8
Disponibilité	10	6	5
<b>Total /110</b>	<b>83</b>	<b>64</b>	<b>71</b>

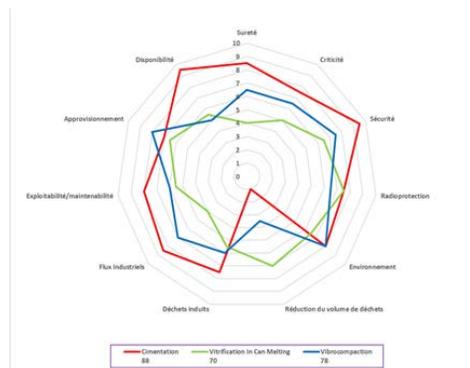
0 réhibitoire \*

1 très difficile

4 Difficile

7 facile

10 très facile



## PRE-TRAITEMENT

liquéfaction

→ *enrobé fluide*

cryobroyage

découpe

N<sub>2</sub> liquide→ *enrobé fragmenté  
avec ou sans fût*CO<sub>2</sub> supercritiquedissolution  
par solvant→ *séparation sels /  
matrice solubilisée*

## TRAITEMENT

incinération/  
vitrification→ *destruction  
totale*combustion  
classique  
vaporeformageOHT/OVH → *destruction  
matrice  
bitume  
(+ sels ?)*dénitration  
chimique→ *destruction  
des sels*

## POST-TRAITEMENT

sans

cimentation

→ *TI 10-20%  
FMA-VC*

vitrification

→ *FCV 2 à 5  
Cigéo*

vibro-compaction

## ■ Dénitration chimique (procédé appliqué aux sels, de type nitrate)

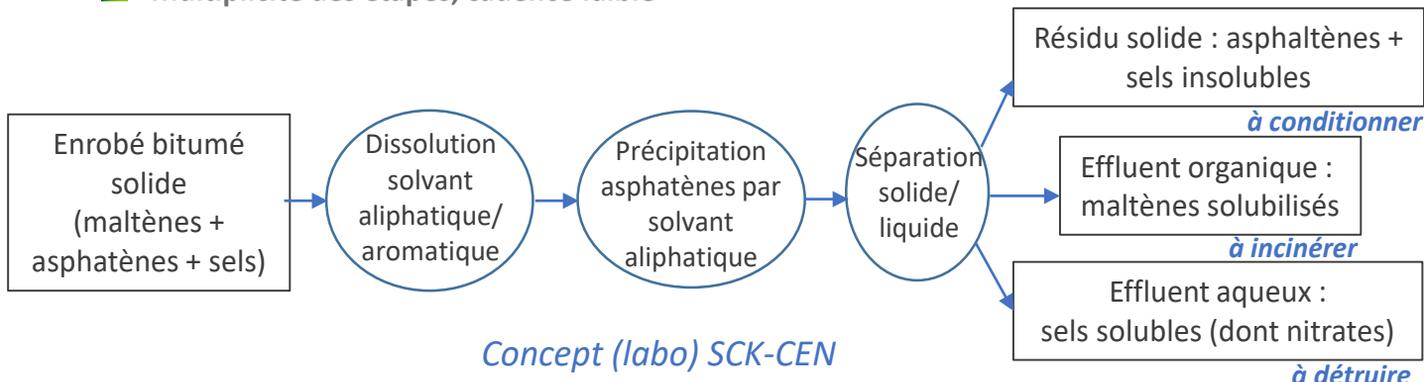
- Cinétique lente
- Volume d'effluents actifs important (à cimenter)
- Matrice bitume conservée, sels autres que nitrates à neutraliser

## ■ Procédés en milieux sub-critique et supercritique

- Procédés sous pression (démonstration de sûreté, ESPN)
- Faible maturité dans le domaine du nucléaire

## ■ Dissolution dans un solvant organique

- Mise en œuvre de grandes quantités de solvants organiques, toxicité
- Multiplicité des étapes, cadence faible



## Incinération/vitrification, type PIVIC

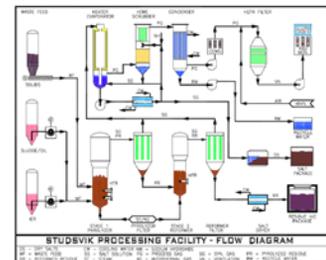
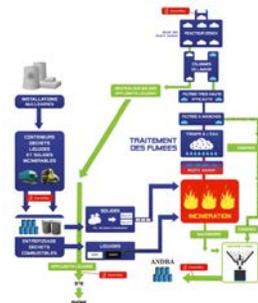
- Évite séparation fût / bitume ( $\neq$  Shiva)
- Vitrification directe en in can : pas de post-traitement

## Combustion classique

- Après séparation du fût métallique
- Traitement thermique par excès d'air
- Exemple Centraco : bitume solide accepté en mélange  $< 10\%$  ou fluidifié dans un solvant

## Vaporeformage

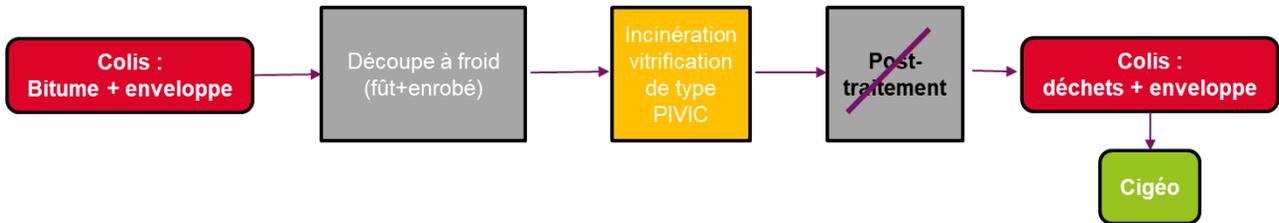
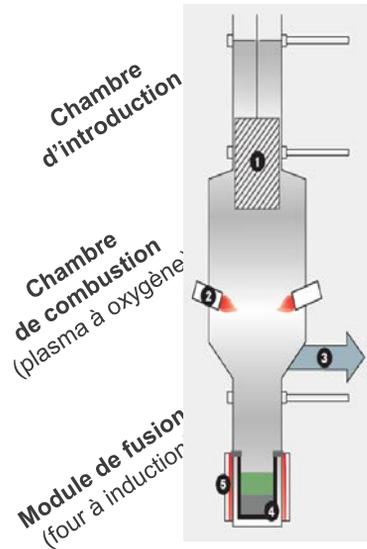
- Après séparation du fût métallique
- Traitement thermique des déchets en présence de vapeur d'eau
- Exemple THOR (Studsvik) : traitement de déchets solides finement divisés et injection en lit fluidisé (REI, charbons actifs, boues...) et de liquides aqueux ou organiques



Ces procédés de traitement ont été intégrés dans des filières et chaque filière a fait l'objet d'une nouvelle analyse multicritères.

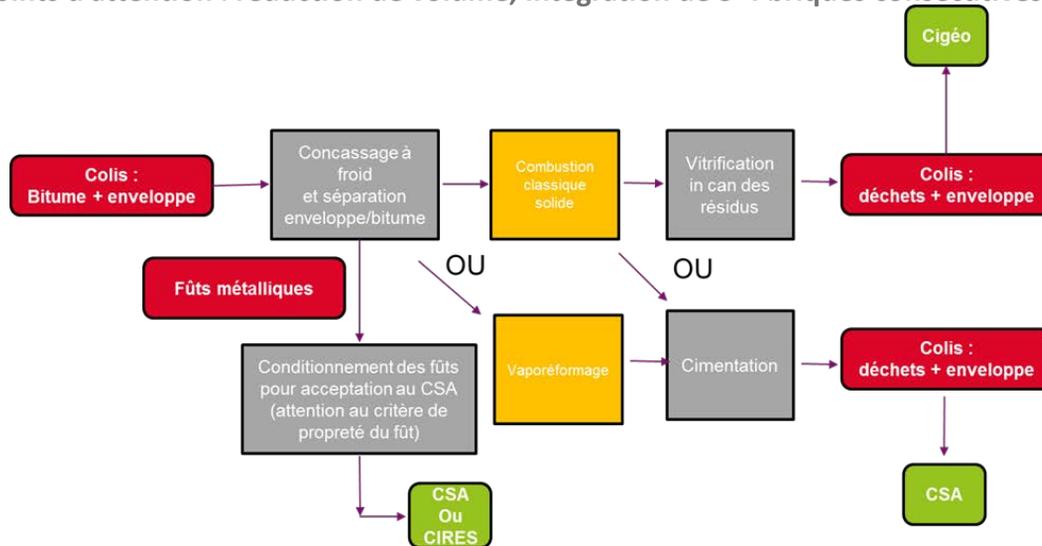
## Filière 1 : traitement par incinération/vitrification

- Alimentation sous forme fractionnée, sans séparation bitume/fût
- Conception intégrée basée sur le procédé PIVIC, avec incinération et conditionnement direct des résidus dans une matrice vitreuse (1 seule étape)
- Points d'attention : mise en œuvre en haute activité, niveau de maturité



## Filières 2/3 : traitement par combustion classique ou vaporeformage d'un solide

- Alimentation sous forme fractionnée, avec séparation bitume/fût
- Incinération de l'enrobé (matrice bitume + sels) inspirée de Centraco
- Vitrification in can des résidus → Cigéo, OU cimentation → CSA
- Variante : vaporeformage, avec cimentation
- Points d'attention : réduction de volume, intégration de 3-4 briques consécutives



- Travail d'analyse de type multicritères, avec des experts de spécialités diverses, en quadripartite CEA/Orano/EDF/Andra
- Trois filières identifiées comme présentant le meilleur potentiel :
  - concassage à froid - incinération - vitrification,
  - concassage à froid - combustion - vitrification ou cimentation,
  - concassage à froid - vaporeformage – cimentation.
- Prochaine étape (art 48-2) : évaluer la pertinence technico-économique de ces trois filières, depuis la reprise des fûts en entreposage jusqu'au stockage des résidus et des déchets induits y compris les risques (sûreté, sécurité, environnement) et opportunités.

