

# MILOR

## MInéralisation de déchets Liquides Organiques Radioactifs par voie plasma

Projet accompagné par l'Andra dans le cadre du programme « Nucléaire de Demain » des Investissements d'avenir - Sélectionné lors de l'appel à projets Andra « Optimisation de la gestion des déchets radioactifs de démantèlement », organisé en coopération avec l'ANR.

**Durée :** 48 mois

**Démarrage du projet :**  
09/2017

**Montant total projet :**  
4,6 M€

**Dont aide du programme  
Investissements d'Avenir :**  
2,3 M€

**Forme de l'aide :** Subvention  
avec modalités de retour  
sur investissement pour l'État

**Localisations :**  
Bagnols-sur-Cèze (30),  
Saclay (91),  
Donzère (26)

**Coordinateur :** CEA - Direction  
de l'Énergie Nucléaire (DEN)

**Partenaires :**

- CEA - Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN),
- CEA - Direction de la Recherche Fondamentale (DRF),
- A3I

**Contact :** Hélène NONNET,  
[helene.nonnet@cea.fr](mailto:helene.nonnet@cea.fr)

### CONTEXTE

L'industrie nucléaire, mais également les hôpitaux et les universités, sont amenés à produire, dans le cadre de leurs activités, des Déchets Liquides Organiques Radioactifs, dits DLOR (liquides scintillants pour l'imagerie médicale, molécules marquées pour la recherche médicale, etc.) Afin d'être pris en charge en stockage, ces déchets doivent être préalablement solidifiés. La plupart du temps, ces liquides sont incinérés dans l'installation CENTRACO de SOCODEI à Marcoule (30), et les cendres résultant de l'incinération peuvent ensuite être cimentées. Toutefois, pour certains DLOR, leurs caractéristiques radiologiques (par exemple, teneur en carbone 14 trop élevée, etc.) ou physico-chimiques (teneur élevée en halogènes, production de gaz corrosifs, etc.) ne permettent pas une prise en charge dans cet incinérateur. C'est notamment le cas de DLOR issus d'activités anciennes.

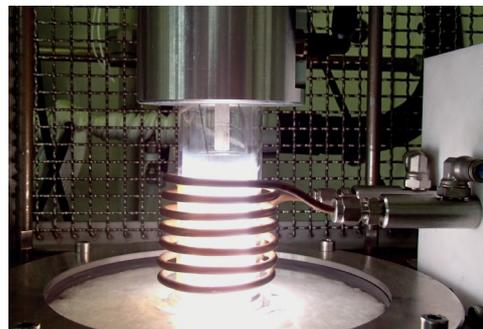
Ainsi, le développement de procédés alternatifs permettant le traitement de ces déchets en vue d'une prise en charge en stockage a été identifié par l'État comme l'une des actions prioritaires dans le cadre du Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR).

### OBJECTIFS

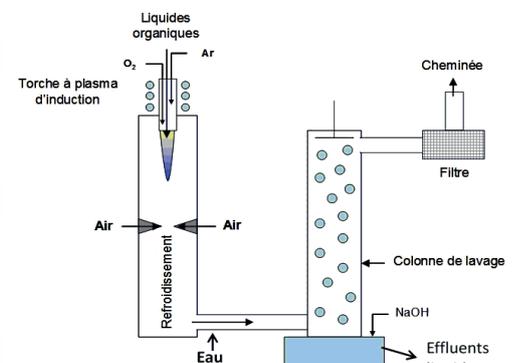
Le projet de recherche industrielle MILOR a pour objectif de développer en parallèle deux procédés

complémentaires permettant d'incinérer les DLOR par voie plasma :

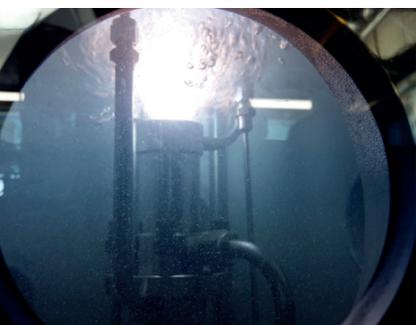
- le premier procédé, IDOHL (Installation de Destruction d'Organo-Halogénés Liquides), permet le traitement de déchets liquides organiques avec une faible charge minérale (<1 %) par un plasma aérien (plasma inductif) de faible puissance (5 kW électrique). Ce dispositif mature, en phase d'industrialisation, offre des temps de fonctionnement de plusieurs milliers d'heures avec une maintenance réduite. Toutefois, les débits restent limités (de l'ordre de 100 mL/h) du fait de la faible puissance du plasma. Dans le cadre du projet, une installation pilote permettant de traiter des DLOR réels sera mise en place au CEA de Saclay ;
- le second procédé, ELIPSE (Élimination de Liquides par Plasma Sous Eau), met en œuvre un plasma immergé dans une solution aqueuse (plasma d'arc soufflé immergé) de puissance supérieure (45 kW électrique). Il permet de traiter des déchets liquides à des débits supérieurs (jusqu'à 3 L/h) pouvant comporter une fraction minérale importante tout en simplifiant fortement la gestion des gaz issus du traitement. Ce procédé nécessite des développements technologiques importants avant son exploitation industrielle.



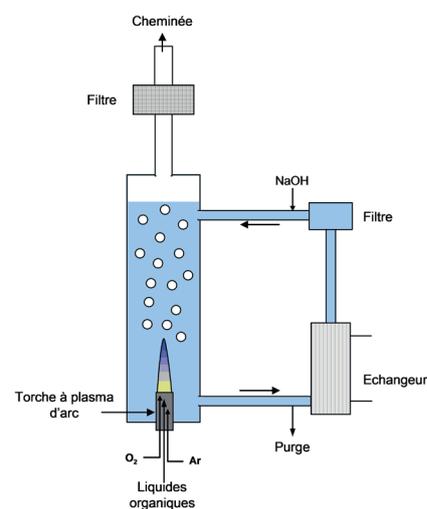
► Procédé IDOHL



► Schéma de fonctionnement du procédé IDOHL



► Procédé ELIPSE



► Schéma de fonctionnement du procédé ELIPSE

## DÉROULEMENT

Le projet se déroule sur une durée de quatre ans, avec la participation de trois partenaires complémentaires :

- le CEA DEN (Direction de l'Énergie Nucléaire) au travers du Département d'études du Traitement et du Conditionnement des Déchets (DTCD) fort de son expertise dans le domaine des procédés de traitement thermique des déchets ;
- le CEA DRF (Direction de la Recherche Fondamentale) au travers du Service de Chimie Bio-organique et de Marquage (SCBM), détenteur de DLOR sans filière de gestion issus des anciennes activités de marquage de molécules au tritium et au carbone 14 pour des applications médicales ;
- la PME A3I, filiale du groupe INOVERTIS, riche d'une grande expérience en ingénierie.

Outre le développement des procédés IDOHL et ELIPSE, le projet propose d'étudier plus globalement les différentes étapes de gestion des DLOR sans filière d'élimination, depuis leur caractérisation jusqu'à leur conditionnement en vue du stockage :

- une première étape visera ainsi à préciser les compositions de ces liquides organiques, données nécessaires à leur incinération ;
- un travail important est également prévu afin de s'assurer que les effluents aqueux et les résidus solides riches en halogènes (chlorures et fluorures) issus de l'incinération des DLOR sont compatibles avec les exutoires existants (stations de traitement des effluents liquides, centres de stockage de l'Andra) ;
- plusieurs essais seront réalisés au fur et à mesure du projet, d'abord sur déchets simulés non radioactifs. Dans le cas du procédé IDOHL, plus mature, un prototype sera mis en place afin de pouvoir incinérer des déchets du CEA DRF.

## RÉSULTATS ATTENDUS

### Innovation

Les deux technologies développées dans le cadre du projet MILOR ont pour objectif d'apporter de la souplesse vis-à-vis de la diversité des DLOR à traiter, avec des coûts maîtrisés. Ce dernier point est particulièrement vrai pour le procédé IDOHL qui sera mis en actif sur déchet réel dans le cadre du projet. Le procédé ELIPSE permettra quant à lui l'émergence d'une technologie originale, avec la mise en œuvre d'un plasma immergé simplifiant la gestion des gaz issus du traitement et autorisant des débits traités plus importants. Ces développements

seront accompagnés par la mise au point de nouvelles matrices de conditionnement adaptées aux résidus produits.

### Impact économique

Le projet MILOR propose de développer deux technologies de traitement par voie plasma relativement complexes destinées à des volumes limités de déchets (quelques centaines de m<sup>3</sup>). Un effort particulier est donc prévu tout au long du projet sur l'analyse de l'impact économique, via deux actions principales :

- la réalisation d'une étude technico-économique dès la phase de conception des installations afin de maîtriser les coûts de gestion des DLOR. L'objectif du projet est de mettre au point une installation économiquement compétitive, et pouvant s'adapter aux besoins de traitement : installation compacte, potentiellement mobile, de capacité faible mais ajustable ;
- l'identification des marchés complémentaires à celui des DLOR français sans filière d'élimination, en s'intéressant non seulement aux gisements de DLOR à l'international, mais aussi aux liquides organiques issus d'autres industries.

### Impact pour la gestion des déchets radioactifs

Le projet MILOR aura un impact majeur sur la gestion future de DLOR sans filière d'élimination. À court terme, le prototype IDOHL qui sera mis en place par le CEA DRF permettra de résoudre la problématique de certains DLOR issus de l'industrie électronucléaire, mais également d'anciens sites pollués par la radioactivité. À plus long terme, le procédé ELIPSE permettra de simplifier le traitement de ces déchets.

### Application et valorisation

Au-delà de l'intérêt pour la gestion des déchets radioactifs, l'application des technologies développées dans le cadre du projet MILOR pourrait être étendue hors du domaine du nucléaire, en particulier dans les industries chimiques et pharmaceutiques. Ces industries sont en effet également confrontées à des problématiques de traitement d'effluents organiques toxiques et/ou agressifs (CMR (Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique), principes actifs pharmaceutiques cytotoxiques...) incompatibles avec les technologies industrielles disponibles (Incinération, Oxydation Voie Humide, Oxydation HydroThermale, etc.).