

Cycle de conférences « Comprendre le parcours du combustible »

Conférence #3

Le procédé industriel de traitement recyclage actuel

INSPÉ Caen Normandie, le 28 avril 2026



orano

- **Anne-Lise Lechevalier**
Directrice des affaires publiques et de la communication du projet Aval du futur, Orano

• Une phase de pré-concertation sur le projet Aval du futur

Objectif de la pré-concertation : préparer le débat public de 2027

2025 : L'annonce du projet Aval du futur

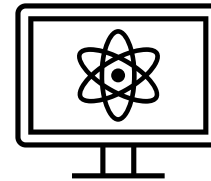
- 1 réunion publique à la Hague
- 8 rencontres de proximité (marchés, évènements du territoire)

2026 : L'approfondissement des sujets techniques

Un espace de dialogue et d'information avec le grand public sur le thème du parcours du combustible et de l'énergie nucléaire, sous un angle de pédagogie scientifique



**Un cycle de 6 conférences
grand public**



Des ressources pédagogiques
Exposition, podcasts, vidéo Youtubeur...

• Le cycle de conférences

Comprendre le parcours du combustible nucléaire

Cycle de conférences

Mardi 17 février 2026 à 18h30

Webinaire sur les enjeux du nucléaire : climat, souveraineté, sûreté

Mardi 09 juin 2026 à 18h30

Conférence sur la fabrication du combustible MOX

Amphithéâtre de l'IUT de Cherbourg

Mercredi 04 mars 2026 à 18h30

Conférence sur l'amont du cycle et la fission nucléaire

Cité de la mer à Cherbourg

Mardi 13 octobre 2026 à 18h30

Conférence sur la gestion actuelle des déchets

Pôle Agglo21 à Saint Lô

Mardi 28 avril 2026 à 18h30

Conférence sur le procédé industriel de traitement recyclage actuel

INSPÉ Caen Normandie - Amphithéâtre EA006

Mardi 01 décembre 2026 à 18h30

Conférence sur les perspectives pour la fin du siècle : URE et MOX2

Amphithéâtre de l'IUT de Cherbourg



Toutes les informations pratiques seront publiées sur : www.avaldufutur.fr



- **Karine Besses**
Luc Martin

Garants de la mission de conseil
Commission nationale du débat public

SOMMAIRE

Présentation des intervenants : Orano, CEA, ASN

Interventions

- **Le traitement recyclage : pourquoi et comment ?**
- **Derrière l'usine, la recherche**
- **Une usine encadrée et contrôlée**

Echanges avec le public

Conclusion

Intervenants

Jean-Christophe VARIN

Orano la Hague, Directeur adjoint du site

François SUDREAU

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)

Chef du Programme Cycle Nucléaire, Direction des Energies, Centre de Saclay

Gaëtan LAFFORGUE MARMET

Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR)

Chef de la division de Caen

- **Jean-Christophe VARIN**
Orano la Hague

- **François SUDREAU**

Commissariat à l'énergie atomique et
aux énergies alternatives (CEA)

- **Gaëtan LAFFORGUE MARMET**

Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR)

01 • **Le traitement-recyclage : comment et pourquoi ?**



LE PROCÉDÉ DE TRAITEMENT ORANO LA HAGUE

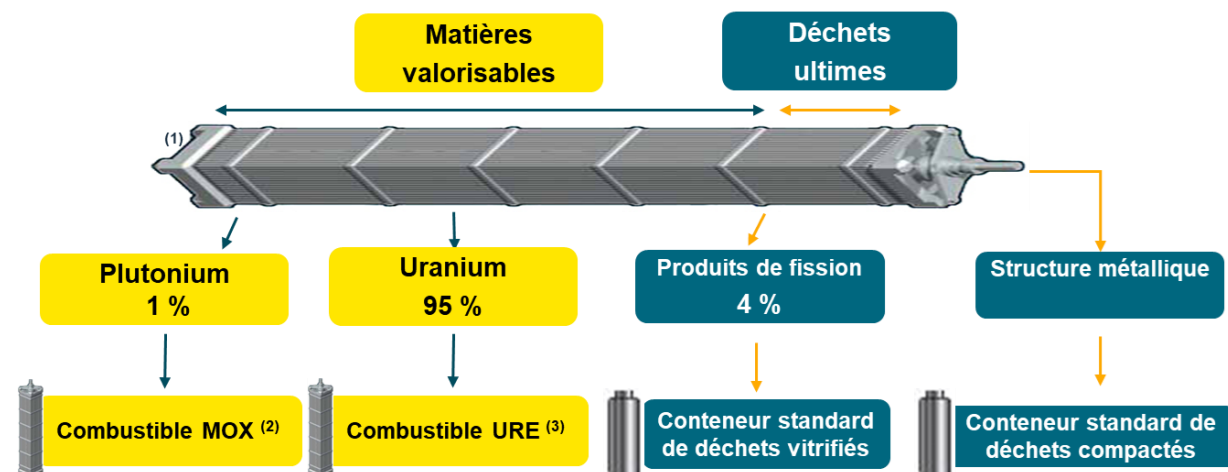
**JEAN-CHRISTOPHE VARIN
DIRECTEUR ADJOINT
ORANO LA HAGUE**



LE TRAITEMENT-RECYCLAGE : UNE **EXPERTISE** UNIQUE AU MONDE

Plus de 42 000 tonnes de combustibles traités en 60 ans

- **TRAITER** parce que **96 %** du contenu d'un combustible utilisé est composé de matières énergétiques valorisables (Uranium et Plutonium)



- **RECYCLER** pour produire à nouveau en réacteur de **l'électricité bas-carbone**

Déjà **10%**

de l'électricité nucléaire française est produite grâce aux matières recyclées par Orano puis **25% grâce à l'utilisation de l'URT en réacteur et jusqu'à 40% grâce au multi-recyclage**

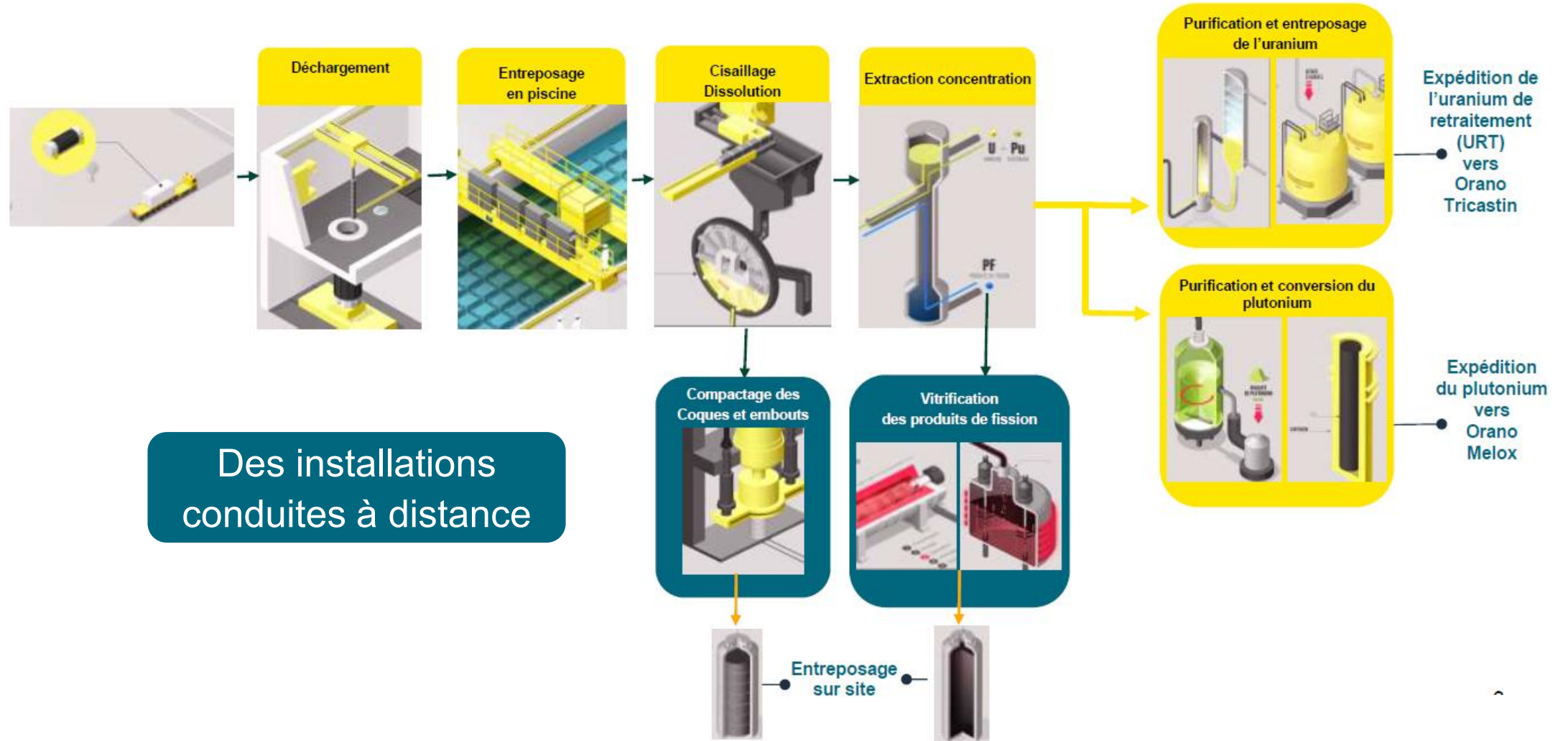
- **CONDITIONNER** les 4% de déchets non-valorisables **de façon sûre et stable sur le très long terme**



Grâce au recyclage, des déchets ultimes

- 5 fois moins volumineux
- 10 fois moins radiotoxiques

LE PROCÉDÉ DE TRAITEMENT



Vidéo : La valorisation des matières nucléaires et la gestion des déchets

<https://www.youtube.com/watch?v=c95AuanqQIM>

Exiger le plus haut niveau

DE SÛRETÉ, DE SÉCURITÉ ET DE PROTECTION

La sûreté de nos installations, la sécurité des salariés Orano et des entreprises extérieures, sont une priorité absolue.

- ✓ Des dispositifs et une organisation pleinement opérationnels 24h / 24h
- ✓ Des systèmes redondants garantissant une défense en profondeur des installations
- ✓ Une culture du retour d'expérience, de l'amélioration continue et de la transmission des savoirs



CHIFFRES 2025

66

Inspections
de l'ASNR en 2025
Dont 11 inopinées

12

Exercices de
Crise d'ampleur
Dont 1 inopinées

≈ 40

Inspections Euratom
et une dizaine du HFDS
par an



Contribuer à **PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT** de nos sites

D'un point de vue radiologique, l'impact* du site est 100 fois inférieur à celui de la radioactivité naturelle

+ de 20 000

C'est le nombre d'échantillons prélevés dans l'environnement en 2025

+ de 54 000

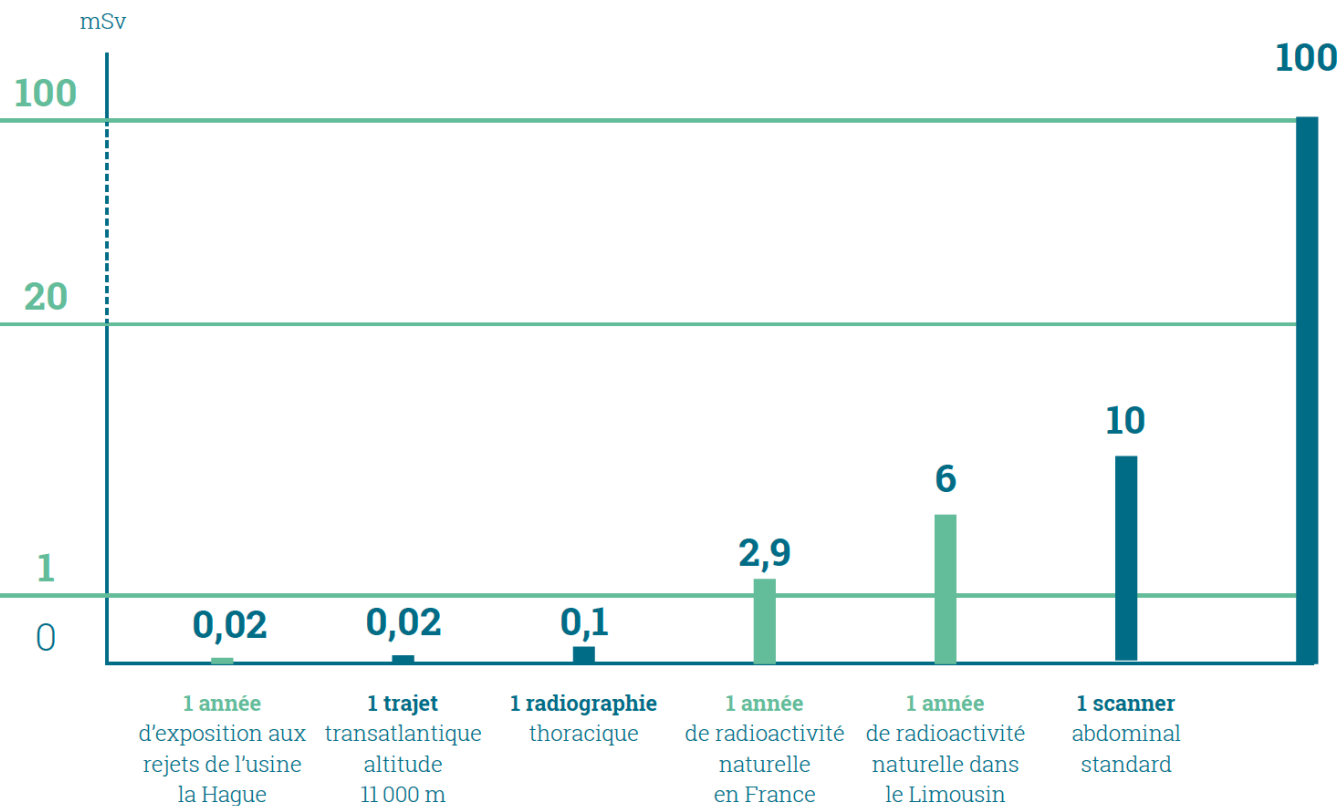
C'est le nombre d'analyses effectuées par an



Seuil à partir duquel peuvent apparaître des pathologies

Limite de dose pour les travailleurs en 1 an

Limite de dose pour la population en 1 an



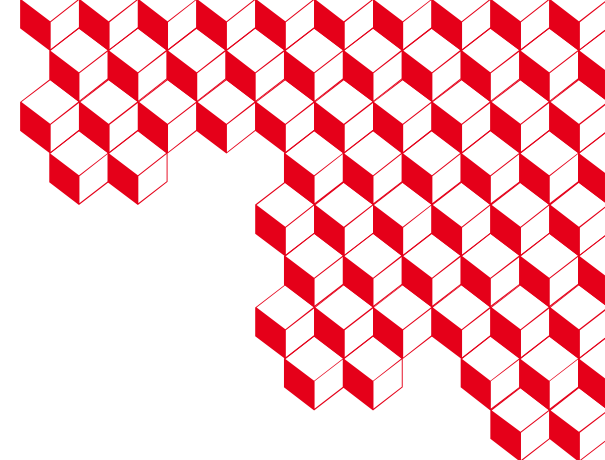
* Millisievert, unité de mesure de la radioactivité sur le corps humain

* L'impact est calculé depuis 2004 à l'aide d'un modèle issu des travaux du groupe **indépendant** GRNC (Groupe Radioécologie Nord-Cotentin). Il se base sur un « groupe de référence » : *population susceptible d'être la plus exposée du fait de sa localisation et de son mode de vie.*

0,106 mSv*

C'est l'exposition annuelle moyenne des salariés d'Orano la Hague

02 • Derrière l'usine, la recherche



Soutien du CEA au fonctionnement actuel des usines Orano de La Hague

François Sudreau

Chef du Programme Cycle Nucléaire

Direction des Energies

Direction des Programmes Energies

Le CEA et Orano : une histoire commune

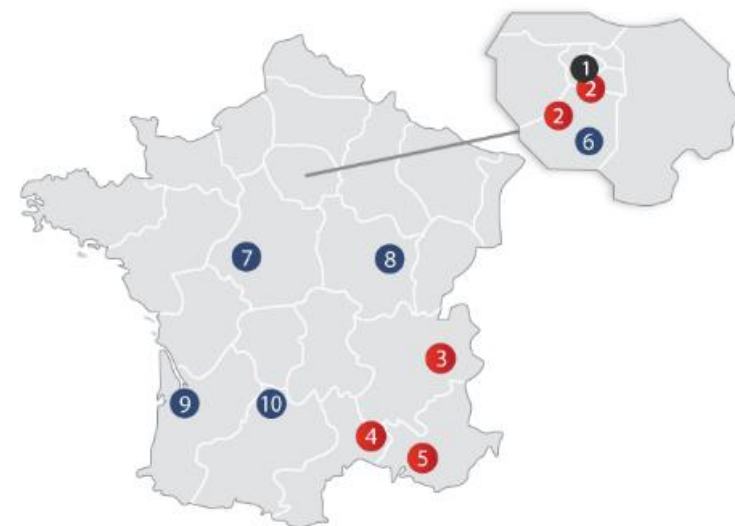


1976



□ Les procédés de traitement des combustibles usés en France

- **1954 : 1^{er} Pilote** à Fontenay-aux-Roses (2)
→ Validation des choix d'options
- **1958 : 1^{ère} usine** industrielle française
 - ✓ **UP1** : site CEA de Marcoule (Gard) (4)
 - ✓ 800 t/an
 - ✓ Exploitée jusqu'en 1997
- **1966 : 2^{ème} usine** industrielle française
 - ✓ **UP2** : site de La Hague
 - ✓ 800 t/an pour les combustibles UNGG (métalliques)
 - ✓ **1976** : UP2-400 → tête usine pour les combustibles REP (oxydes)
 - ✓ **1994** : Nouveaux ateliers pour atteindre 800 t/an de combustibles REP
→ **UP2-800**
- **1990 : UP3** ; 800 t/an



La R&D sur les procédés du cycle au CEA

Des compétences et des moyens d'essais et de simulation

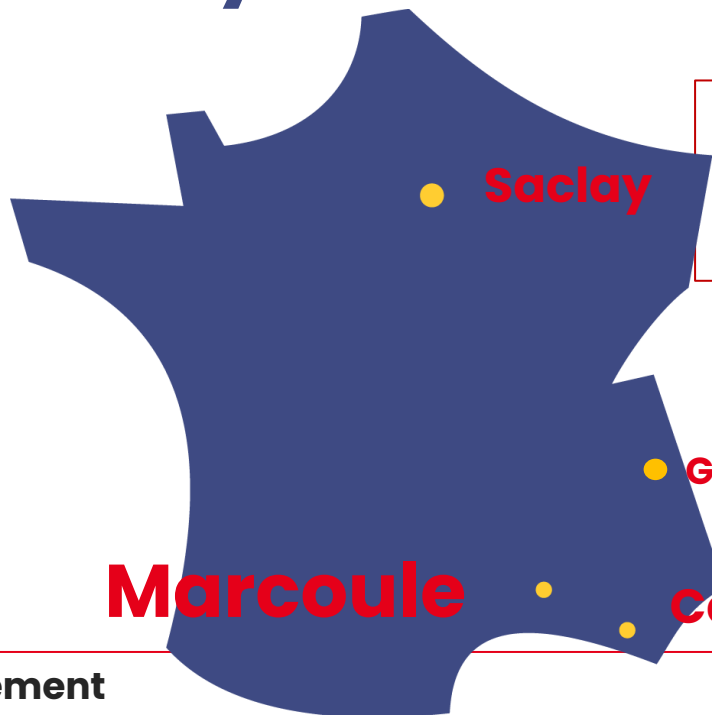
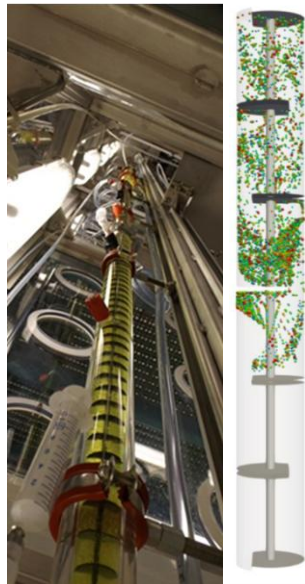
Laboratoire G1 (U)



ATALANTE (U, Pu, AM, PF)



Conditionnement
Déchets



- **Big data, Calculs de structures**
- Radiolyse, **Corrosion**
- Mesures chimiques et isotopiques
- Robotique, RV

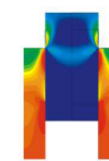
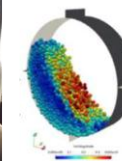
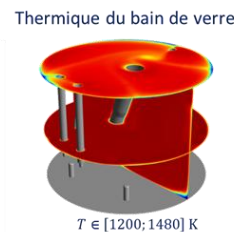
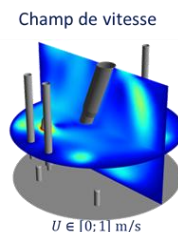
- Fabrication additive
- Formulation matériaux

Procédés de **traitement**

- Procédés de **Fabrication** des MOX
- Procédés de Traitement-Conditionnement des **déchets**
- Simulation du Comportement à Long Terme des **verres**

- Procédés de **fabrication** des combustibles
- Simulations de **scénarios électronucléaires**
- **Mesures nucléaires**, Imageries
- Transferts radioéléments

Laboratoire des Combustibles Uranium



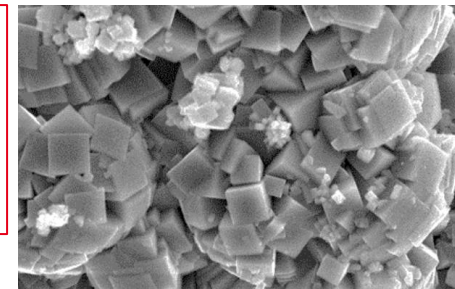
Réduction des encrassements des équipements

- ❑ Lors de la dissolution des combustibles, des précipités (composés MoZr ; Produits de Fission) se forment
- ❑ Des nettoyages (mécaniques et chimiques) périodiques sont nécessaires
- ➔ Perte de performance
- ❑ Le CEA mène des études pour :
 - ✓ Comprendre les mécanismes à l'origine des précipités
 - ✓ Définir des protocoles de rinçage efficaces et inoffensifs pour les équipements
 - ✓ Identifier des solutions pour limiter les précipités

Test de l'efficacité de l'inhibiteur Te dans des conditions représentatives du dissolvant industriel

- Mise en service d'un banc continu de précipitation en actif
- Réalisation d'essais de précipitation avec analyses en solution et sur solide

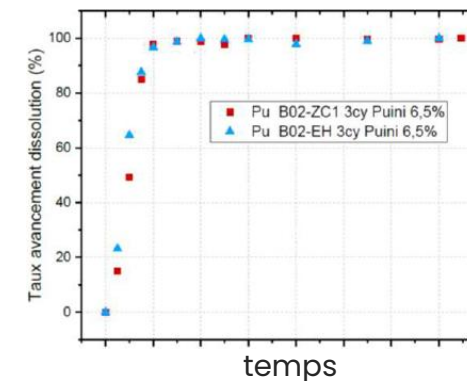
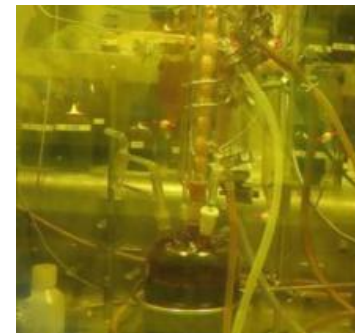
- ➔ Réduction significative de la précipitation MoZr en présence de Te
- ➔ Poursuite des investigations pour s'assurer de l'absence d'effets indésirables du Te sur l'aval du traitement



Dissolution des combustibles MOX

- ❑ Les combustibles sont **dissous** dans la tête usine pour pouvoir séparer le Pu, l'U et les PF
 - ❑ **Le taux de mise en solution doit être très important pour ne pas transférer de Pu dans les déchets**
 - ❑ **Les combustibles MOX**, à teneur plus élevée en Pu que les UOx, **sont plus difficiles à dissoudre**
 - ❑ Entre 2004 et 2008, 64 t de combustibles MOX ont été traités à La Hague, mais seuls les combustibles MOX ayant une **insolubilité initiale** faible sont autorisés
 - Avant irradiation, des tests sont faits sur les combustibles MOX pour être certain qu'ils pourront être mis en solution après irradiation
 - L'irradiation facilite la mise en solution (homogénéisation et baisse de la teneur en Pu)
 - ❑ **Orano a souhaité augmenter l'insolubilité initiale acceptable**
- ➔ **Le CEA a fait des tests de mise en solution de MOX irradié dans une centrale EDF pour démontrer qu'il est possible d'augmenter l'insolubilité initiale acceptable**

- Cinétique de dissolution
- Teneur en Pu des indissous
- Pu entraîné avec les tronçons de gaine



Développement et industrialisation d'un nouvel équipement de vitrification

□ La vitrification

- ✓ Les solutions de haute activité issues du traitement des combustibles usées sont vitrifiées

□ Enjeux

- ✓ Développer un procédé pour les solutions issues du traitement des **combustibles UNGG**
- ✓ Solutions contiennent du Molybdène et du Phosphore → **Corrosives à haute température**

→ **Le procédé en Pot de Fusion** (chauffage par induction du four) **ne convenait pas**

→ **Le CEA a développé un nouveau procédé : le Creuset Froid**

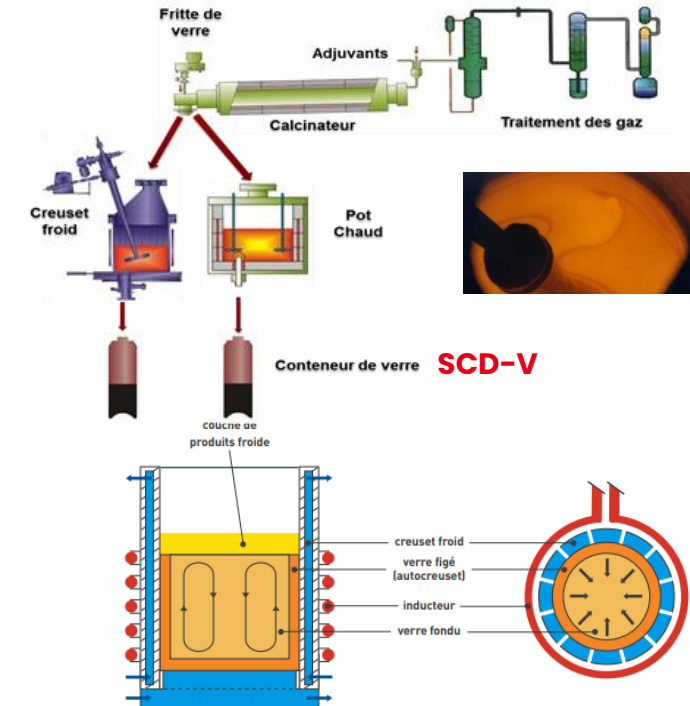
- ✓ Les parois du four restent froides
- ✓ Du verre figé recouvre les parois du four

→ **Des solutions plus corrosives et plus réfractaires peuvent être vitrifiées**

➤ **2010 : Mise en service du creuset Froid**

➤ **2010 → 2020 : 751 conteneurs fabriqués (CSD-U) → Conditionnement terminé**

→ **Depuis 2020 : Industrialisation de cette technologie pour les solutions « standards »**

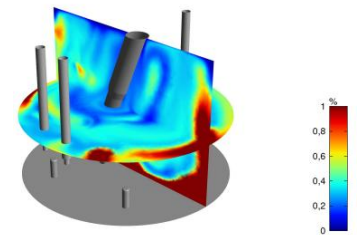


Essais compréhension (BORVO)



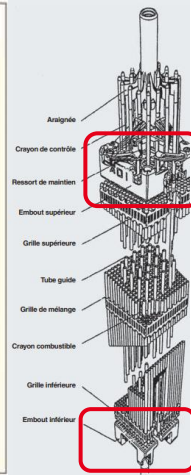
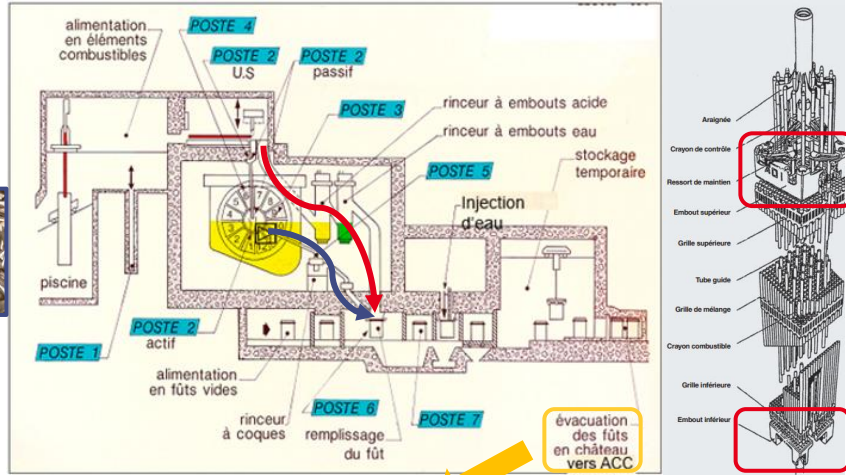
Essais échelle 1

Démarche de R&D



Simulation : fraction volumique en particules dans le verre

Le Contrôle Nucléaire Procédé



Objectifs du CNP

- ✓ Vérifier les taux de combustion des assemblages traités (Poste 1)
- ✓ Garantir l'absence de risque de criticité (Postes 2,3, 4, 5, 8)
- ✓ Caractériser les déchets en vue de leur stockage (Postes 6, 7)

Atelier de Compactage des Coques (ACC)

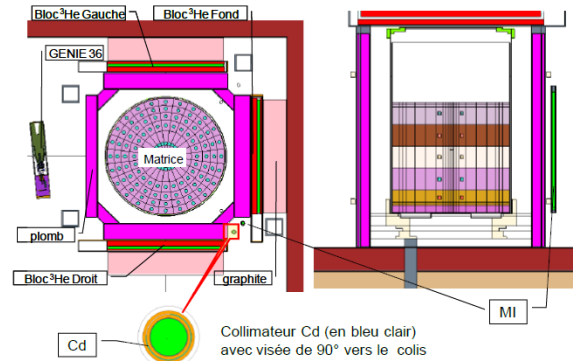
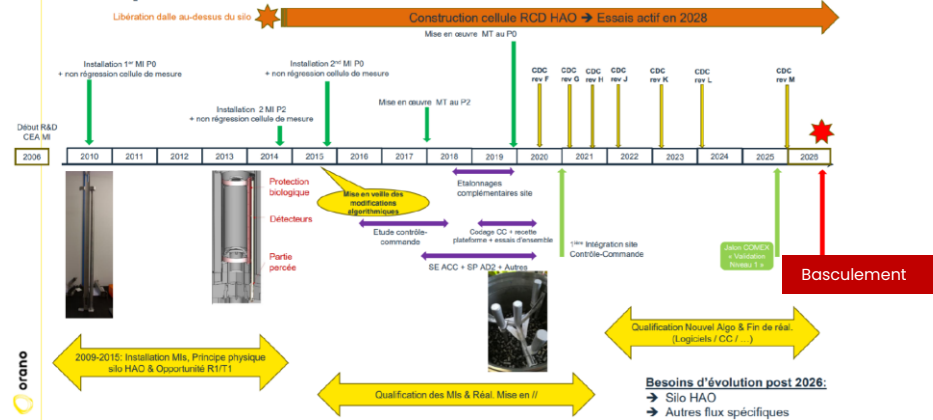
- ✓ Mis en service 2002 pour conditionner les **Coques** et **Embouts**
- ✓ **2 postes de Contrôle Nucléaire Procédé** (Spectrométrie γ et mesures neutroniques) :
Caractérisation des fûts de 800 litres **entrant** + Caractérisation des CSD-C **sortant**

Enjeux

- ✓ L'interprétation des mesures faites dans l'ACC repose sur des données acquises dans les ateliers de cisailage et de dissolution
- ✓ Pour les **déchets produits par le passé**, ces informations ne sont pas disponibles
- ➔ Orano a modifié l'algorithme d'interprétation des mesures faites dans l'ACC
- ➔ Demande au CEA de **qualifier ce nouvel algorithme**
- ➔ Démarche lancée en 2010 ➔ Basculement industriel sur le nouvel algorithme fin 26

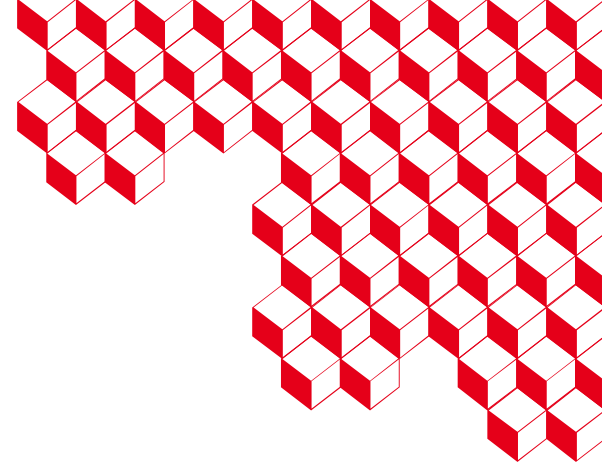


Historiques des modifications du CNP ACC



Modèle MCNP : coupes horizontale à gauche et verticale à droite

MI : Moniteur Interne (neutrons)



Merci

CEA SACLAY

91191 Gif-sur-Yvette Cedex

France



françois.sudreau@cea.fr

03 • Une usine encadrée et contrôlée

28 AVRIL 2026

LE CONTRÔLE DES INSTALLATIONS D'ORANO LA HAGUE PAR L'ASNR

QUEL(S) CONTRÔLE(S) DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE EN FRANCE ?

- ▶ Le premier responsable de la sûreté nucléaire, c'est l'exploitant
- ▶ Un contrôle de l'ASNR **global**, de la création au démantèlement, sur tous les aspects (sûreté, radioprotection des populations et des travailleurs, environnement)
- ▶ Un contrôle :
 - **a priori** : autorisations de l'ASNR (ou du gouvernement après avis de l'ASNR) 
 - **a posteriori** : inspections, traitement des *événements significatifs* 
- ▶ Un **réexamen décennal** des installations : retour d'expérience, conformité des installations, réévaluation des hypothèses de dimensionnement et réévaluation possible des objectifs de sûreté, qui permet de valider l'aptitude au fonctionnement de l'installation pour les 10 ans à venir
- ▶ Un contrôle **proportionné aux enjeux** (de sûreté, de radioprotection, environnementaux)

ET SUR ORANO LA HAGUE ?

- ▶ 70 inspections par an environ (démantèlement compris) [entre 800 et 900 inspections sur des installations nucléaires par an en France]
- ▶ entre 20 et 25 *événements significatifs* dans le domaine de la sûreté par an
- ▶ une modification de décret tous les deux ans en moyenne
 - nature des combustibles traités
 - modification des périmètres des INB
 - conditions de démantèlement des installations
 - nouvelles installations d'entreposage ...
- ▶ une vingtaine d'autorisations instruites par an
 - nouvelles installations du procédé
 - modifications des organisations
 - modifications temporaires des installations ...



QU'EST-CE QU'ON CONTRÔLE ?



- ▶ Un contrôle *a priori* qui permet de vérifier que la méthodologie et les mesures prises par l'exploitant permettent de bien identifier et répondre aux enjeux de sûreté présents sur l'installation
 - instruction appuyée par une expertise interne et externe si besoin
 - cadre réglementaire inscrit principalement dans le code de l'environnement, complété par des décisions de l'ASN/ASNR

- ▶ Un contrôle *a posteriori* qui vient vérifier que les mesures présentées par l'exploitant sont bien mises en œuvre, ainsi que la bonne exploitation des installations
 - appui d'experts internes ou externes si besoin
 - contrôle par sondage

- conduite des installations, normale et incidentelle/accidentelle
- maintenance des équipements et installations, équipements spécifiques (contrôle commande, ventilation,...)
- prise en compte des aléas et risques : incendies, inondations, risque de réaction nucléaire en chaîne (criticité),...
- sujets spécifiques : génie civil, mise en service de nouvelles installations,...

L'ENVIRONNEMENT ET LES REJETS

- ▶ Comme beaucoup d'installations industrielles, Orano La Hague rejette des effluents dans l'environnement, à la fois chimiques et radioactifs.
- ▶ Ces rejets sont encadrés par l'ASNR :
 - quantités d'espèces ou de familles radioactives ou chimiques rejetées
 - processus de rejet
 - surveillance de l'environnement
- ▶ des travaux de recherche...

Remarque Préliminaire

asn

Décision n° 2015-DC-6536 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 22 décembre 2015 fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 31 (UP2-80), 38 (VIEA et AT3), 47 (ULAN II B), 49 (HAO), 116 (UP3-A), 117 (UP2-800) et 118 (station de traitement des effluents STE3) exploitées par AREVA NC sur le site de La Hague (département de la Manche)

L'Autorité de sûreté nucléaire,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 503-30, L. 503-3, L. 503-10 et L. 503-27 ;

Vu le code de la santé publique ;

Vu le décret du 17 janvier 1974 autorisant le commissariat à l'énergie atomique à apporter ses modifications à l'usine de traitement des combustibles usés du centre de La Hague ;

Vu le décret du 9 août 1978 autorisant la Compagnie générale des matières nucléaires à exploiter certaines installations nucléaires de base spécialement exploitées par le commissariat à l'énergie atomique au centre de La Hague ;

Vu les décrets du 12 mai 1981 modifiant le Compagnie générale des matières nucléaires à créer une partie de traitement des effluents liquides et des déchets solides dans une installation de La Hague, dénommée « STE3 » ;

Vu le décret du 12 mai 1981 modifiant le Compagnie générale des matières nucléaires à créer une partie de traitement des effluents liquides et des déchets solides dans une installation de La Hague, dénommée « STE3 » ;

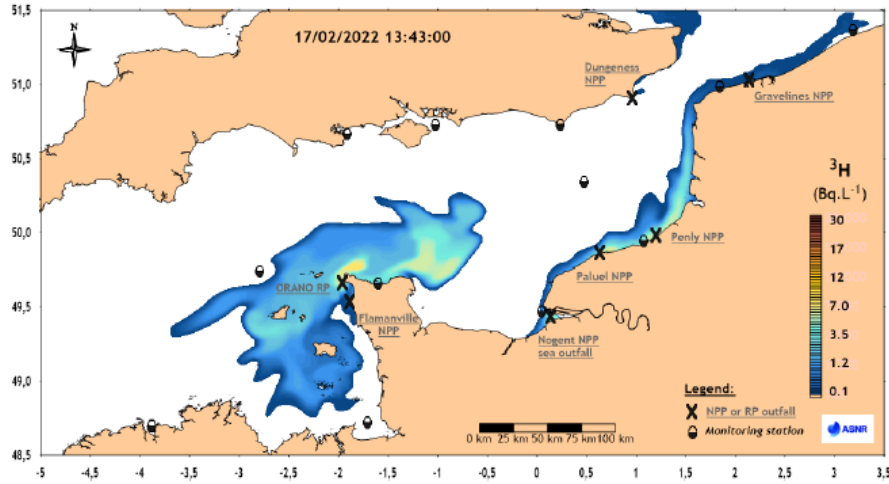
Vu les décrets du 10 janvier 2003 autorisant la Compagnie générale des matières nucléaires à modifier les installations nucléaires de base UFA, et UP2-80 situées sur le site de La Hague ;

Vu le décret n° 2007-830 du 11 mai 2007 modifié relatif à la réglementation des installations nucléaires de base ;

Vu le décret n° 2007-1537 du 5 novembre 2007 modifié relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, au suivi, au transport de substances radioactives, notamment ses articles 18, 25, 26 et 47 ;

Vu le décret n° 2007-1760 du 30 novembre 2007 approuvant des modifications des statuts de la Compagnie générale des matières nucléaires (AREVA NC) ;

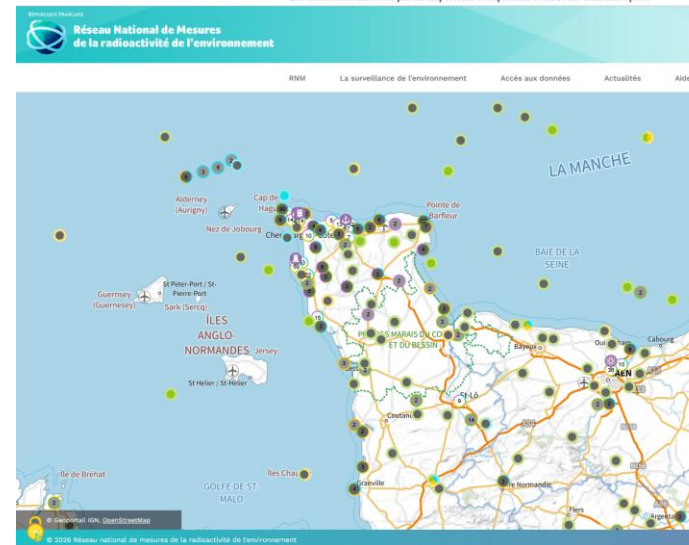
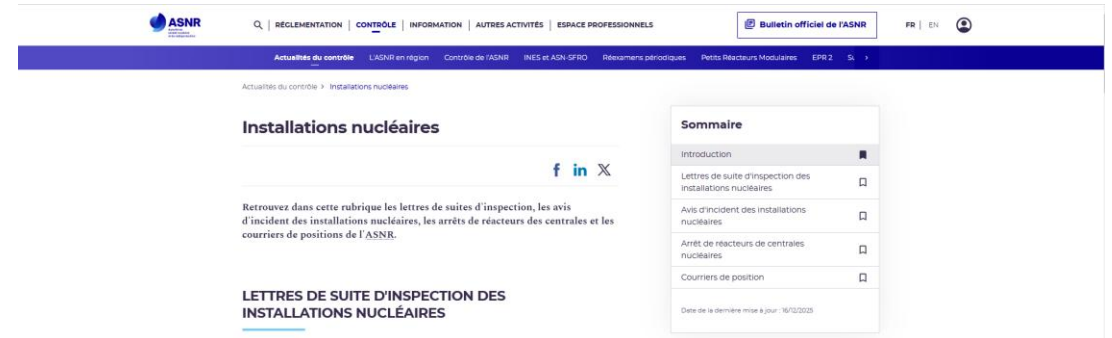
...aux inspections sur le terrain



MAIS EST-CE QU'ON PEUT SAVOIR CE QUE FAIT L'ASNR ?

► L'information du public est une mission confiée par la loi à l'ASNR

- Publication de toutes les lettres de suite d'inspection de l'ASNR sur le site internet, plus de 32 000 disponibles !
- Publication des mesures des exploitants et de l'ASNR sur le site RNM (pilote par l'ASNR)
- Un rapport annuel présentant l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, dont les installations d'Orano La Hague
- ...



RAPPORT DE L'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024





Echanges avec le public



Lever la main pour demander la parole



Attendre d'avoir le micro pour s'exprimer



Ne pas hésiter à **se présenter**

- **Anne-Lise Lechevalier**
Directrice des affaires publiques et de la communication du projet Aval du futur, Orano

- **Prochaine conférence**

Mardi 09 juin 2026 à 18h30

**Conférence sur la fabrication
du combustible MOX**

Amphithéâtre de l'IUT de Cherbourg



orano

Donnons toute sa valeur au nucléaire