



# le monde de l'énergie nucléaire



La chimie,  
au cœur  
d'un nucléaire  
durable

énergie verte  
démantèlement  
rayonnement  
uranium  
radioactivité  
centrale nucléaire  
matière fissile  
innovation  
fission nucléaire  
plutonium  
centrale nucléaire  
isotopes  
médecine nucléaire  
déchets

L'industrie nucléaire est une industrie jeune. En 1789, le chimiste allemand Martin Heinrich Klaproth découvre le minerai d'uranium. Environ un siècle plus tard, en 1896, le français Henri Becquerel met en évidence sa propriété radioactive. En 1938, le physico-chimiste allemand Otto Hahn réalise pour la première fois la réaction de **fission de l'uranium 235 ( $^{235}\text{U}$ )** puis en 1942, aux États-Unis, le physicien italien Enrico Fermi réalise la première réaction en chaîne contrôlée de fission nucléaire. **Ce n'est qu'à partir des années cinquante que l'intérêt du nucléaire à vocation civile a pris son envol** en particulier en France, aux États-Unis et en URSS.

## LES MÉTIERS

Opérateurs, techniciens, ingénieurs et docteurs, **spécialisés en chimie nucléaire, en matériaux, en génie chimique, en analyse, en corrosion, en électrochimie, en sûreté nucléaire...** constituent l'essentiel de l'expertise chimique nécessaire aux filières nucléaires. Ils travaillent en collaboration avec des physiciens, des mécaniciens, des spécialistes de la radioprotection de la sécurité et de l'environnement, des toxicologues...

**Les chimistes sont omniprésents dans l'industrie de l'énergie nucléaire, de l'extraction du minerai jusqu'au stade ultime du démantèlement des installations.** La recherche y est particulièrement active, par exemple sur le recyclage et l'utilisation optimisée de tous les nouveaux éléments fissionables générés au sein du réacteur et en conséquence, sur une **diminution à la fois de la quantité de déchets ultimes et de leur activité ionisante.**

**La France a fait le choix** de s'orienter à court moyen terme vers le développement d'un mix entre ses réacteurs de 3<sup>e</sup> génération **EPR** et des mini réacteurs **SMR (Small Modular Reactor)**. Elle continue toutefois à contribuer avec les autres acteurs de la filière sur le plan mondial à l'étude des réacteurs de 4<sup>e</sup> génération, dits à neutrons rapides, et qui prendront probablement entre 2030 et 2050 le relai des réacteurs actuels.

Citons aussi la mise en service de réacteurs à thorium en Chine, sans oublier l'ambitieux projet international de développement, en France, du réacteur Tokamak **ITER** basé non plus sur la fission mais la **fusion nucléaire**.

**Devenir radiochimiste.** La radiochimie est une spécialité à part entière. Elle traite principalement de la chimie des radionucléides naturels ou synthétiques et de **l'effet de leurs radiations ionisantes sur les atomes et les molécules.**

Le radiochimiste dans son rôle d'analyste travaille en particulier sur la filière déchets afin d'en **réduire la toxicité et améliorer les conditions de stockage géologique.** Il peut également travailler en **radiochimie humaine et environnementale** afin d'étudier l'impact de l'activité nucléaire sur l'homme et l'environnement et enfin en **médecine nucléaire**, par exemple dans le cadre de la tomographie par émission de positon (Pet Scan).

## QUELQUES EXEMPLES

Le cycle nucléaire de fission est segmenté en grandes étapes : l'**exploitation des mines** d'uranium, la **conversion** en oxydes d'uranium, l'**enrichissement en l'isotope  $^{235}\text{U}$** , la **fabrication du combustible**, la **réaction nucléaire** proprement dite, le **traitement** du combustible usé et son **recyclage**, et enfin le **stockage** des déchets ultimes.

Le minerai d'uranium, mélangé parfois à d'autres métaux (or, cuivre, argent...), est concassé et broyé, puis soumis à différents traitements chimiques, dont l'oxydation, pour obtenir le « **yellow cake** ». Ce dernier, après passage au four à 800 °C, conduit à une poudre noire contenant 75 à 85 % d'oxyde d'uranium  $\text{U}_5\text{O}_8$ .

L'oxyde d'uranium brut contient en mélange les 3 isotopes de l'uranium, l' $^{238}\text{U}$  (le plus abondant), l' $^{234}\text{U}$ , et l' $^{235}\text{U}$ , le seul fissible à l'état naturel, présent à hauteur de 0,7 %. Or la réaction de fission, pour qu'elle ait lieu, nécessite un mélange de très grande pureté enrichi jusqu'à un taux de 3 à 5 % en  $^{235}\text{U}$ . La **conversion** consiste à soumettre l'oxyde à une série de transformations chimiques conduisant à l'hexafluorure d'uranium ( $\text{UF}_6$ ) de très grande pureté. Puis l'**enrichissement** en  $^{235}\text{UF}_6$  est obtenu par diffusion gazeuse ou ultracentrifugation du mélange gazeux.

Les phénomènes de **corrosion** sur une installation nucléaire sont complexes et variés et parfaitement connus. Ils affectent aussi bien la cuve de réaction que les gaines de combustibles, les tubes de générateurs de vapeur ou encore les composants en contact avec les fluides de refroidissement. Dans certains cas, on observe de la corrosion sous contrainte (combinaison de corrosion et de contraintes mécaniques). Les corrosions sous rayonnements ionisants (radiolyse) sont pour leur part spécifiques au nucléaire. Ces phénomènes représentent pour les chimistes un enjeu considérable pour comprendre, prévenir, contrôler et évaluer leurs impacts.



### UNE SÉLECTION DE VIDÉOS sur le site [Mediachimie.org](https://www.mediachimie.org)

- ✓ [Équipe de recherche sur la gestion des déchets nucléaires.](#)
- ✓ [Témoignage d'un Radiochimiste-Enseignant-Chercheur en chimie \(Romuald DROT\)](#)
- ✓ [De l'uranium à l'énergie nucléaire](#)
- ✓ [Le traitement et le recyclage des combustibles usés](#)

#### Articles et conférences du Colloque chimie et enjeux énergétiques (Fondation maison de la chimie)

- ✓ [La chimie pour la séparation et la gestion des déchets nucléaires](#) (Bernard Boullis CEA)
- ✓ [La chimie et sa R&D dans l'industrie nucléaire](#) (François Drain AREVA),



### POUR EN SAVOIR PLUS

#### Sur le site du CEA

- ✓ Vidéo [le cycle du combustible nucléaire](#)
- ✓ L'essentiel sur [la radioactivité, la fusion nucléaire, le démantèlement nucléaire, la radioprotection](#) ,
- ✓ [La chimie, au cœur des enjeux d'un nucléaire durable](#)
- ✓ [Des énergies pour l'avenir \(2022\)](#)
- ✓ Défis du CEA n° 71 [À l'origine de la médecine nucléaire française et vidéo sur le PET Scan](#)

#### Sur le site d'ORANO (ex AREVA), expert mondial du cycle du combustible nucléaire

- ✓ [Uranium : ce qu'il faut retenir](#)

Fiche rédigée par Gérard Roussel et Françoise Brénon

