

Orano, *leader* du cycle du combustible, pourrait doubler voire tripler ses investissements pour accompagner la relance du nucléaire

Par Claude IMAUVEN
Orano

Orano, en tant qu'expert industriel mondial du cycle du combustible, est idéalement positionné pour soutenir et renforcer la souveraineté énergétique française, de même que pour accompagner le développement du nucléaire dans le monde. Le groupe n'a jamais cessé d'investir, que ce soit dans les mines, la conversion ou encore l'enrichissement avec notamment le renouvellement des usines au cours de la dernière décennie. Afin d'accompagner cette relance en France d'abord, en Europe et dans le monde ensuite, Orano pourrait doubler voire tripler ses investissements dans le cycle. Alors que le projet d'extension de l'usine Georges Besse II, qui a été validé par le conseil d'administration du groupe en octobre dernier sera majoritairement autofinancé, les financements devront être trouvés afin qu'Orano soit en mesure de déployer des projets majeurs tels que le renouvellement des capacités minières ou des installations de l'aval du cycle, pour lequel des décisions devront être prises dans le courant de l'année 2024.

Ces dernières années ont été particulièrement marquées par la prise de conscience de la nécessité de lutter contre le réchauffement climatique et la volonté de renforcer la souveraineté européenne, notamment énergétique, à la suite de l'invasion russe en Ukraine. Dans ce contexte, l'énergie nucléaire constitue un réel atout. Avec un taux d'indépendance énergétique de plus de 50 %, elle permet de placer la France parmi les meilleurs élèves européens¹.

Qu'il s'agisse du discours de Belfort du président de la République le 10 février 2022 décliné un an plus tard par le Conseil de Politique Nucléaire (CPN) le 3 février 2023, en passant par l'Alliance du nucléaire constituée sous l'impulsion de la ministre française de la Transition énergétique Agnès Pannier-Runacher qui promeut l'atteinte d'une capacité nucléaire installée de 150 GW d'ici à 2050 au sein de l'Union européenne, jusqu'aux récentes annonces de la COP 28 lors de laquelle 22 pays² et 120 acteurs économiques ont appelé à un triplement des capacités, la relance du nucléaire est une réalité. À titre indicatif, un triplement des capacités

nucléaires occidentales nécessiterait plus de 100 G€ d'investissements dans le cycle.

Rappelons que le nucléaire est une énergie :

- bas carbone : ses émissions sont estimées à 12 g éq. CO₂/kWh³ selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat et à 4 g de CO₂ par kWh selon EDF⁴ ; elles sont donc comparables à celles de l'éolien, environ 4 fois moins élevées que celles liées au photovoltaïque et environ 50 fois moins élevées que celles liées au gaz ;
- pilotable et stable : sur le réseau électrique français, il peut permettre d'absorber des variations de 10 GW de puissance en moins de 4 h ;
- sûre : plus faible taux de mortalité parmi l'ensemble des énergies (Berger *et al.*, 2017) ;
- pour laquelle l'Europe possède un *leadership* technologique : en effet, toutes les technologies du cycle du combustible nucléaire – minières, transformation de

¹ Source : Statistics | Eurostat (europa.eu).

² Bulgarie, Canada, République tchèque, Finlande, France, Ghana, Hongrie, Japon, Moldavie, Mongolie, Maroc, Pays-Bas, Pologne, République de Corée, Roumanie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Ukraine, Émirats arabes unis, Royaume-Uni et États-Unis.

³ GIEC : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf

⁴ Analyse Cycle de Vie du kWh nucléaire d'EDF, <https://www.edf.fr/groupe-edf/produire-une-energie-respectueuse-du-climat/energie-nucleaire/notre-vision/analyse-cycle-de-vie-du-kwh-nucleaire-dedf>

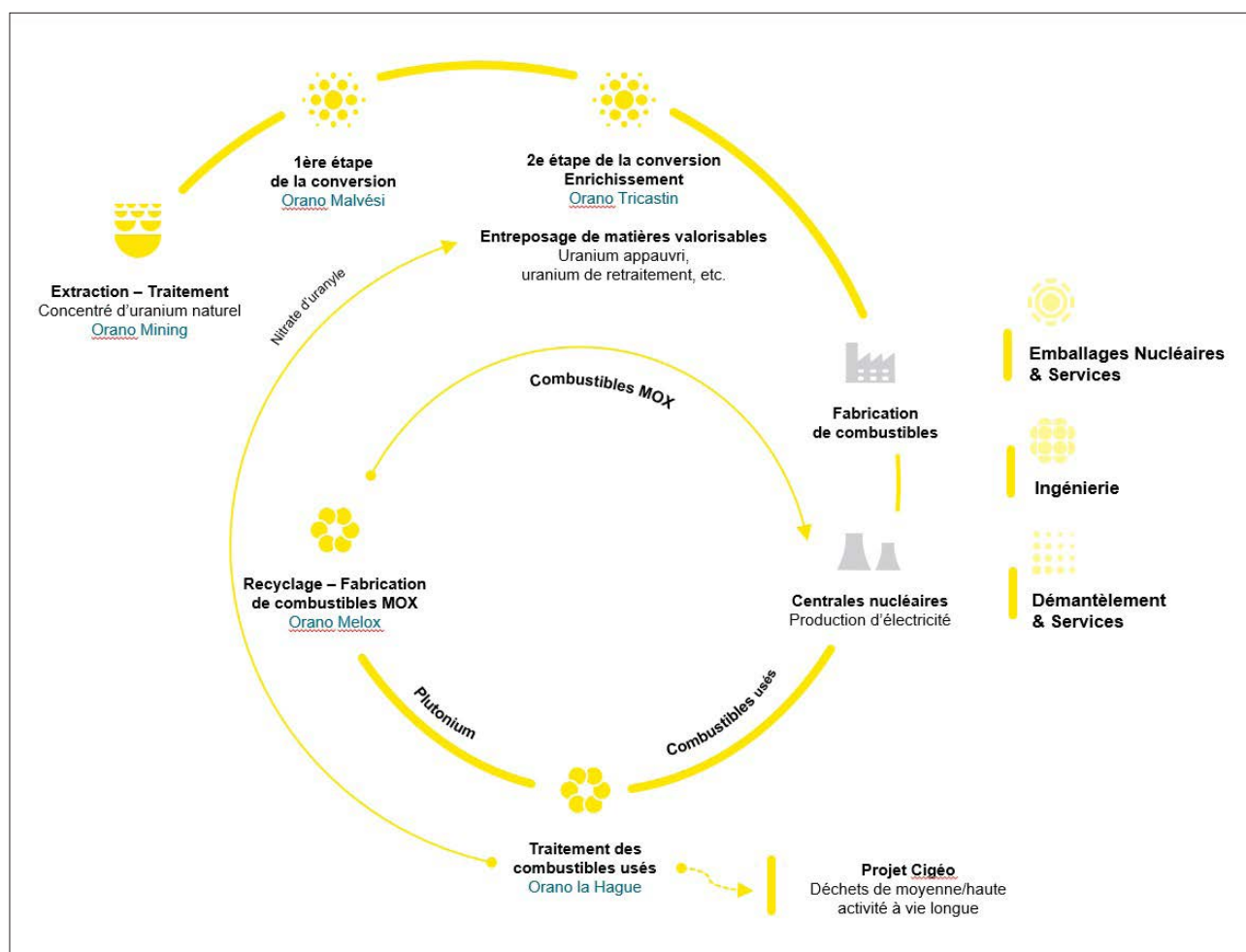


Figure 1 : Cycle du combustible (Source : Orano).

l'uranium, réacteurs, combustible, recyclage et services – sont maîtrisées en Europe. Par conséquent, l'Union européenne dispose de tous les atouts pour s'appuyer davantage sur son écosystème interne, afin de limiter sa dépendance à la Russie notamment.

Orano développe les savoir-faire de transformation et de maîtrise des matières nucléaires pour le climat, pour la santé et un monde économe en ressources : le groupe en a fait sa raison d'être depuis 2020 et suit une feuille de route engagée. Quelle que soit l'échelle considérée, Orano en tant qu'acteur du cycle, est donc idéalement positionné (voir la Figure 1 ci-dessus) pour accompagner cette transition et se projeter vers l'avenir, notamment dans les mines, dans la conversion et l'enrichissement ainsi que dans l'aval et le recyclage des combustibles usés.

Les mines

Orano a toujours fait le choix d'une stratégie de long terme en maintenant un niveau d'activité élevé dans ses mines historiques et en poursuivant la diversification de son portefeuille minier. Cette stratégie a permis de maintenir un portefeuille diversifié de mines.

Un niveau d'activité élevé dans ses mines historiques Au Kazakhstan

Orano est partenaire de Kazatomprom depuis 26 ans au travers de la co-entreprise Katco, qui exploite l'une des plus grosses mines d'uranium dans la région du Turkestan, avec une capacité de production annuelle de l'ordre de 4 000 t. En 2022, Katco et le ministère de l'Énergie de la République du Kazakhstan ont signé un amendement au contrat d'utilisation du sous-sol existant pour l'exploitation de la parcelle de South Tortkuduk. L'exploitation de cette nouvelle parcelle dont les réserves en uranium sont estimées à 46 000 t, devrait assurer la production de Katco pendant plus de 10 ans. La production du nouveau gisement doit débuter dans 18 mois.

Au Canada

La mine de McArthur avait été arrêtée et mise sous cocon il y a près de 5 ans à la suite de la baisse des prix de l'uranium. Annoncé en février 2022, le redémarrage de la mine de McArthur et de l'usine de traitement associée de Key Lake est effectif depuis novembre 2022. La production en 2023 devrait s'élever à près de 5 400 t d'uranium. Cameco prévoit une montée en production pour atteindre environ 6 900 t d'uranium par an dès 2024. Dans le même temps, les productions 2023 de la

mine de Cigar Lake et de l'usine de McClean devraient approcher les 6 300 t d'uranium.

Au Niger

La société Somaïr a été créée en 1968 : la capacité de production de la mine est de l'ordre de 2 000 t par an. Le 4 mai 2023, Orano a signé un Accord Global de Partenariat avec l'État du Niger illustrant la volonté du groupe et du pays de renforcer un lien fort et durable. Parmi les sujets couverts, le développement du gisement d'Imouraren, les conditions de poursuite de l'exploitation de la mine de Somaïr, le réaménagement du site de Cominak et l'engagement sociétal d'Orano au Niger. Depuis les événements survenus dans le pays le 26 juillet dernier, les équipes locales d'Orano sont mobilisées pour assurer la continuité des activités sur les sites d'Arlit, d'Akokan et au siège à Niamey avec le total support des équipes en France.

Le projet Imouraren revêt des enjeux techniques particuliers : il est convenu qu'Orano poursuive ses travaux de recherche pour valider l'alternative à l'exploitation du gisement selon les méthodes éprouvées au Niger. À cet effet, une feuille de route a été établie, incluant une enveloppe d'investissement de plus de 50 millions d'euros pour démontrer l'applicabilité technique, environnementale et économique de la méthode d'exploitation par lixiviation *in situ*.

La conduite de nouveaux projets a toujours été au cœur de la stratégie du groupe

En Mongolie

Orano est présent depuis 1997 et a découvert les gisements de Zuuvch-Ovoo, Dulaan Uul et Umnut. Un pilote a fonctionné avec succès entre 2021 et 2022. Il a confirmé la faisabilité technique et économique de la future production à l'échelle industrielle et a mis en évidence le faible impact environnemental de la méthode d'extraction par lixiviation *in situ*. Le 12 octobre 2023, Orano a signé un protocole d'accord pour le développement et la mise en exploitation de la mine d'uranium de Zuuvch-Ovoo. La signature de l'accord d'investissement est attendue dans les prochains mois : il s'agit d'une étape essentielle pour stabiliser le cadre juridique et fiscal de la future exploitation. La production à terme est estimée à 2 500 t par an pendant 30 ans.

En Ouzbékistan

Orano est présent depuis 2019, date à laquelle le groupe a initié un partenariat avec le Comité d'État pour la Géologie et les Ressources Minérales de la République d'Ouzbékistan (GosComGeology), pour développer des activités d'exploration et d'exploitation minières dans la zone de Djengeldi. Orano Mining, GosComGeology et la Société d'État Ouzbèke Navoiuranium ont signé un accord tripartite de coopération stratégique. L'accord signé pose les fondations d'une alliance stratégique exclusive pour le développement et la mise en production de nouvelles mines d'uranium en Ouzbékistan.

Ainsi, si Orano reste un des trois premiers producteurs mondiaux d'uranium (environ 7 500 t d'uranium en 2022) c'est parce que le groupe a su maintenir des niveaux d'investissements importants et une straté-

gie de diversification. Que ce soit au Kazakhstan, au Canada, au Niger, en Mongolie ou en Ouzbékistan, les investissements à venir se chiffrent à plusieurs centaines de millions d'euros et doivent permettre de pérenniser la stratégie d'approvisionnement à long terme, initiée il y a bientôt 50 ans.

Conversion et enrichissement

Tout d'abord, dès le début des années 2000, Orano a été capable de faire le bon choix en termes de technologie d'enrichissement, en passant de la diffusion gazeuse à la centrifugation, se dotant ainsi de la meilleure technologie au monde.

Puis, dans les années 2010, le groupe, avec le soutien de l'État, a fait le choix d'investir plus de 5 G€ dans le renouvellement de son outil industriel, à la fois pour la conversion (usine Philippe Coste) et l'enrichissement (usine Georges Besse II), contribuant ainsi à l'indépendance énergétique de la France et à la production d'une énergie décarbonée, à une époque où nous étions loin d'imaginer la guerre en Ukraine et le contexte de crise énergétique que nous connaissons. Aujourd'hui, 60 % du chiffre d'affaires est réalisé à l'export.

Depuis l'éclatement du conflit russo-ukrainien au printemps 2022, les clients occidentaux ont exprimé la volonté de désensibiliser leurs approvisionnements à la Russie. L'agence Euratom les a d'ailleurs incités à cette diversification indispensable. En effet, en moyenne, 25 % de l'uranium enrichi des centrales européennes et américaines provient de Russie, notamment en raison de la technologie de réacteur VVER⁵ retenue par certains pays. Or, Orano et Urenco sont les seuls enrichisseurs occidentaux. Dans ce contexte, Orano a étudié la possibilité d'augmenter ses capacités en France pour être en mesure de les porter à 10 MUTS⁶ : un an après l'éclatement du conflit, Orano a pris la décision d'investissement le 19 octobre 2023 pour un montant de 1,7 G€. Il s'agit d'un projet industriel d'ampleur, qui démontre l'agilité de la filière et sa capacité à se structurer en un laps de temps limité.

En outre, dans le contexte du développement des petits réacteurs modulaires et des réacteurs avancés qui constituent une alternative au charbon notamment, une augmentation des besoins européens est envisagée à moyen terme. Orano est technologiquement en mesure d'accompagner le développement de ces nouveaux acteurs.

Aval du cycle

Les combustibles, après leur séjour en réacteur nucléaire, sont envoyés à l'usine de la Hague où ils refroidissent en piscine pendant quelques années avant d'être recyclés. Ils possèdent encore un potentiel énergétique important.

⁵ Les réacteurs VVER sont des réacteurs à eau sous pression de technologie russe.

⁶ UTS : l'Unité de Travail de Séparation représente l'énergie nécessaire pour enrichir l'uranium.

À l'issue du processus de traitement, 96 % de la matière peut être réutilisée pour fabriquer de nouveaux combustibles qui fourniront à leur tour de l'électricité. Le plutonium (1 % de la matière) est utilisé dans des combustibles MOX (Mélange d'Oxydes). L'uranium récupéré (95 % de la matière, avec une teneur en uranium 235 proche de l'uranium naturel), appelé uranium de retraitement (URT), peut être réenrichi pour fabriquer du combustible dit URE (Uranium de Retraitement Enrichi). Les matières restantes non réutilisables (seulement 4 % du combustible) sont conditionnées à l'usine de La Hague dans des matrices en verre, elles-mêmes contenues dans un assemblage en acier, en vue de leur stockage définitif (aujourd'hui prévu au centre de stockage géologique profond de Cigéo). Les déchets ultimes représentent 5 grammes/an/habitant en France.

Le choix du cycle fermé permet donc de limiter l'utilisation des ressources extraites du sous-sol. En effet, le recyclage des combustibles usés permet une économie d'uranium naturel d'environ 10 % grâce à l'utilisation du plutonium dans les combustibles MOX. Cette économie sera portée jusqu'à 25 % en réenrichissant l'uranium de retraitement, en plus du MOX, ce qu'EDF prévoit de faire, notamment dans les réacteurs de Cruas⁷. Dans le monde, le Japon, la Russie et la Chine ont également fait le choix du cycle fermé qui présente également d'autres avantages :

- la réduction de la radiotoxicité des déchets de haute activité d'un facteur 10 ;
- la réduction du volume de déchets d'un facteur 5 ;
- le procédé de vitrification permet de confiner les résidus ultimes dans une matrice extrêmement sûre et stable, optimisée pour l'entreposage et le stockage géologique, évitant également l'accumulation de combustibles usés à entreposer ;
- le mono-recyclage permet de réduire l'emprise au stockage définitif dans Cigéo, de l'ordre de 20 %.

Les usines actuelles qui assurent le recyclage des combustibles usés ont été démarrées pour les premières en 1990 sur le site de La Hague et en 1995 pour l'usine de recyclage Melox, sur le site de Marcoule. Ainsi, au cours de la décennie 2040, ces usines atteindront leur cinquantième année de fonctionnement. Comme dans toute industrie, si la durée de vie de certains ateliers des usines d'Orano peut être prolongée par le remplacement d'équipements qui atteignent le terme de leur durée de vie technique, ce n'est cependant pas le cas pour toutes les installations destinées à traiter les éléments les plus radioactifs, qui peuvent nécessiter d'envisager des investissements d'une ampleur bien supérieure à un simple remplacement d'équipements.

⁷ <https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjX44OU5vKBAXU3VaQEhQXwBbwQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.asn.fr%2FMedia%2FFiles%2F00-PNGMDR%2FPNGMDR-2016-2018%2FStrategie-de-reduction-a-moyen-terme-de-la-croissance-des-stocks-d-uranium-de-retraitement-EDF%3F&usg=AOvVaw0WPI4WuSA7WS4jVW6Vvnv8&opi=89978449>

Aussi, pour pouvoir disposer d'usines prolongées, en maîtrisant le risque du vieillissement, ou renouvelées, à l'horizon de la décennie 2040, les travaux de réalisation devront se dérouler au cours de la décennie 2030. Les financements devront être trouvés afin qu'Orano soit en mesure de déployer le renouvellement des installations de l'aval du cycle notamment. Les principales décisions sont annoncées dans le cadre d'un prochain Conseil de Politique Nucléaire (CPN).

Les développements à mener pour renforcer la politique de fermeture du cycle s'articulent autour de trois dimensions :

- La poursuite du mono-recyclage en cohérence avec la durée de fonctionnement du parc renouvelé, c'est-à-dire bien au-delà du milieu du siècle. Ceci implique l'étude de la pérennisation des usines de traitement actuelles de La Hague au-delà de 2040, le lancement d'études pour construire de nouvelles usines de traitement, l'étude des évolutions technologiques et le lancement du projet de réalisation d'une seconde usine de fabrication de combustibles MOX pour une mise en service industrielle à horizon 2040.
- Le Multi-Recyclage en Réacteur à Eau Pressurisée (MRREP) vise à stabiliser et maîtriser les inventaires de plutonium et de combustibles usés. Le MRREP ne s'opposerait pas à la mise en œuvre éventuelle d'un multi-recyclage en Réacteur à Neutrons Rapides (RNR) pour la fermeture totale du cycle, mais constituerait une étape dans le développement des nombreuses technologies et compétences du cycle qui seront nécessaires à sa mise en œuvre ultérieure.
- La fermeture totale du cycle et la réduction de la durée de vie des déchets grâce au déploiement d'options en rupture visant à élargir les types de combustibles qui pourront être traités (en particulier les combustibles des RNR) et à la transmutation en Réacteurs rapides à Sels Fondus (RSF) de matières aujourd'hui contenues dans les résidus ultimes vitrifiés qui permettrait ainsi de réduire le volume et la radiotoxicité à long terme des déchets de haute activité.

Bibliographie

BERGER A. *et al.* (2017). "How much can nuclear energy do about global warming?", *International Journal of Global Energy Issues*, 40(1-2), pp. 43-78.