

# Que sait-on des émissions radioactives du site AREVA de Malvési ?... et de leurs conséquences écologiques et sanitaires ?

Yves Lenoir<sup>1</sup> (août 2017), <[yaj.lenoir@free.fr](mailto:yaj.lenoir@free.fr)>

## Résumé

*Le projet TDN-THOR de la société AREVA, a soulevé l'inquiétude d'une partie de la population, incité les élus à organiser des débats publics et demander des expertises complémentaires, et conduit des secteurs économiques à s'interroger sur les risques qu'il fait courir au succès du développement de leurs activités. Approfondir la réflexion collective n'est possible que si les informations pertinentes, toutes les informations pertinentes, sont publiées et discutées de façon ouverte. Or on montrera que les carences du dossier soumis à enquête publique et les données officielles sur les détriments causés par les rejets du site de Malvési depuis bientôt 60 ans interdisent toute prise de décision rationnelle et objective. Par ailleurs, considéré le tassement de la production électronucléaire dans le monde, et décidé en France, on doit se demander si la stratégie d'AREVA n'est pas promise à de lourdes déconvenues, tant pour la société que pour la région.*

## Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>p. 1</b>
<b>2. Viser l'exhaustivité.</b>	
<u>2.1. Rappels historiques.</u>	p. 2
<u>2.2. Exemple pédagogique d'origine américaine.</u>	p. 4
<u>2.3. Savoir d'où l'on part.</u>	p. 4
<u>2.4. Dévoiler l'héritage et prévoir la charge ajoutée par TDN-THOR.</u>	p. 5
<b>3. Quelle stratégie industrielle pour le début du cycle du combustible nucléaire ?</b>	<b>p. 5</b>

**Complément 1 :** P. Le Hir, *La malédiction des anciennes mines d'uranium*, Le Monde, 5/8/2017.

**Complément 2 :** B.L. Perkins, *Evaluation of Environmental-Control Technologies for Commercial Nuclear-Fuel-Conversion (UF6) Facilities*, Los Alamos National Lab., October 1982, extrait de 15 pages (cf. document complet en Annexe 1)

**Complément 3 :** H. Guillet, *Etude des traitements de minerais d'uranium par voie sèche*, CEA Département de chimie, Rapport N° 1085, février 1959, 9 pages.

**Complément 4 :** Wikipedia, *Usine AREVA de Malvési*, 34 pages.

## Annexes jointes séparément :

1. B.L. Perkins, *Evaluation of Environmental-Control Technologies for Commercial Nuclear-Fuel-Conversion (UF6) Facilities*, Los Alamos National Lab., October 1982, 65 pages.

2. Y. Lenoir, *Questions d'ordre radioactif posées par le projet TDN-AREVA*, août 2017, 13 pages.

---

<sup>1</sup> Ingénieur de l'Ecole Supérieure d'Electricité ; 1974-1975 : membre du *Groupe interministériel d'évaluation des options techniques pour la gestion des déchets radioactifs (GTOT)*, premier examen collectif national de ces questions ; 1978-79 : expert pour le gouvernement de Basse-Saxe (groupe des trente contre-experts) dans le cadre du hearing (*Rede-Gegenrede*) sur le projet d'usine de retraitement et de stockage de déchets radioactifs à Gorleben ; 2000 : membre du Comité de pilotage de la mission Rivasi sur les effets sanitaires des déchets radioactifs pour le compte de l'*Office parlementaire d'évaluation des options scientifiques et technologiques* ; 2010 - : président de l'association humanitaire internationale, reconnue d'utilité publique, *Enfants de Tchernobyl Belarus* ; auteur de *La Comédie Atomique, l'histoire occultée des dangers des radiations*, La Découverte 2016.

## 1. Introduction

Le *yellow cake* extrait du minerais d'uranium contient des proportions variables – dépendant du minerais d'origine – de métaux lourds, stables et radioactifs, et d'éléments chimiques toxiques comme l'arsenic. Lors des opérations de concentration, de purification et de conversion en tétrafluorure (ou d'hexafluorure quand l'installation fournit le produit final UF<sub>6</sub> requis pour l'enrichissement de l'uranium) qui ont lieu dans des installations, telles celles de Malvési et de Tricastin, ces polluants se répartissent entre les rejets aériens et liquides du procédé, les résidus (boues et solutions) stockés dans des bassins, et, sous forme solide, dans des conteneurs métalliques, entreposés sur site ou expédiés ailleurs. Cette répartition dépend des choix techniques initiaux, du vieillissement des équipements et, éventuellement, de l'évolution du processus industriel.

D'autres polluants (fluor, acide fluorhydrique, NO<sub>x</sub> etc) – recyclés ou non – dépendant du procédé mis en œuvre sont rejetés (car les rendements de recyclage n'atteignent jamais 100%).

Ni les données fournies par l'opérateur et les institutions nationales responsables (IRSN, ANDRA), ni les documents présentés à l'occasion de l'enquête publique pour le projet TDN-THOR, ne constituent une évaluation exhaustive des nuisances chroniques et potentielles – en cas d'accident – des émissions polluantes de l'usine, des bassins de stockage des boues et résidus liquides, et du procédé TDN. D'après ce que nous en avons appris, les études environnementales disponibles ne sont pas plus exhaustives que les celles sur ces émissions. On peut y voir la preuve d'une certaine cohérence.

Dans un contexte où une partie de l'information requise pour évaluer les problèmes et éclairer toute décision fait défaut, l'objet d'une "expertise", quelle qu'elle soit, se restreint – et on doit le déplorer – à exposer des généralités, citer des rapports plus consistants sur des installations équivalentes, et donner des indications sur les informations à réunir pour avoir un débat équilibré et positif. Car les déchets sont là ; ils contiennent (et dispersent) des polluants radioactifs de périodes variées, depuis l'ordre de grandeur de la micro seconde jusqu'à celui du milliard d'années [4]<sup>2</sup> ; apprécier au mieux les risques sanitaires et écologiques, chroniques ou accidentels, qu'ils font courir suppose d'en décrire les caractéristiques. C'est l'objet principal du présent rapport avec ses diverses annexes.

Ce rapport sera à mettre en perspective avec les nombreuses connaissances scientifiques sur les effets sanitaires des faibles doses de radiations. Nous retenons ici des publication du premier niveau, celui des revues à comités de lecture. Parmi ce copieux *corpus*, nous citons ici à titre d'exemple [5] l'étude britannique publiée en 2012 par *Nature* portant sur tous les cancers infantiles (développés entre 0 et 14 ans) survenus en Grande-Bretagne entre 1980 et 2006. Il s'agissait d'établir l'influence des doses de rayonnements ionisants d'origine naturelle sur leur incidence. Une corrélation statistique incontestable a été établie pour la leucémie : un accroissement de 1 mSv de la dose totale reçue entre 0 et 14 ans se traduit par une augmentation de 12,5% de la maladie. Cette valeur de 1 mSv est celle de la limite recommandée par la *CIPR* pour le **cumul annuel** des expositions artificielles subies par la population. Ainsi, si l'on s'accordait pour gérer l'exposition du public en tangentant cette limite, les leucémies infantiles quasi tripleraient (+ 175%).

Nous invitons en effet à exclure *a priori*, quant à cette question des conséquences sanitaires, les rapports d'expertise fournis par des organismes dont le moins qu'on puisse leur reprocher est d'être juge et partie pour avoir décidé de promouvoir l'entrée dans l'âge des rayons X et du radium, puis dans celui de l'énergie atomique : *CIPR* (*Commission Internationale de Protection Radiologique*, fondée en 1928), *OMS* (*Organisation Mondiale de la Santé*, établie en 1948), *IRPA* (*International Radiological Protection Association*, fondée en 1964) etc. On ne peut pas plus ajouter foi aux travaux d'institutions

2 Les numéros entre crochets renvoient à la numérotation des sections de la grande annexe *Questions d'ordre radioactifs posées par le projet TDN-AREVA*.

créées explicitement pour favoriser le développement de l'énergie atomique et la préserver après les accidents et catastrophes (Windscale 1957, Three Mile Island 1979, Tchernobyl 1986 et Fukushima 2011) : *UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, fondée en 1955), *AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique*, créée en 1957), *EURATOM* (institué en 1958) etc<sup>3</sup>.

## 2. Viser l'exhaustivité.

### 2.1. Rappels historiques.

L'uranium est traité à Malvézi depuis 1959, d'abord par une filiale commune du *CEA* et de *Saint-Gobain*, la *SRU*, puis, après fusion avec la *Société des usines de Pierrelatte*, par la *Comurhex* (depuis 1992 filiale à 100% de la *Cogema*, renommée depuis *AREVA NC*). Les installations ont évolué avec les inflexions de la stratégie de l'industrie atomique de l'Etat (*CEA* et *EDF*). Ce qu'il importe de retenir pour comprendre les questions à approfondir tient en peu de mots :

1- ces installations, jusqu'à l'évolution *Comurhex II*, ont toutes été conçues et dimensionnées dans une période historique d'optimisations budgétaires serrées où la bombe, la construction des piles atomiques puis des centrales électrogènes, celle des usines de retraitement (Marcoule et La Hague), la flotte sous-marine stratégique et d'attaque, le développement des réacteurs surgénérateurs et le passage de la filière graphite-gaz à celle de l'eau légère, étaient prioritaires. Ce contexte, qui s'est prolongé pendant plus de trois décennies, explique le peu de précautions prises dans la partie amont du cycle des combustibles atomiques où l'on a affaire à des matières considérées comme peu radioactives en regard de celles qui seront engendrées par l'enrichissement de l'uranium<sup>4</sup>, le séjour de ce dernier dans les réacteurs et l'industrie du plutonium<sup>5</sup>. Et il faut noter ici que la situation financière d'*AREVA* n'est pas aujourd'hui favorable au choix des solutions les meilleures pour la protection de l'environnement.

2- cette manière de sérier les problèmes est entrée en synergie avec les idées qui courraient au début de l'âge de l'énergie atomique – et qui sont encore majoritaires dans les milieux autorisés, à savoir que les faibles doses de radiation n'ont pas de conséquences sanitaires, ou si peu qu'il ne vaut pas la peine de les étudier.

3- à titre d'exemple, les mines d'uranium et les opérations de traitement de l'uranium n'ont pas été évoquées par le *GTOT*<sup>6</sup> lors de ses travaux en 1974-1975 (voir note 1 ci-dessus), comme si elles ne génèrent ni effluents, ni déchets radioactifs, ... alors que les sources médicales ont fait l'objet, pas plus mais quand même, d'une mention comme déchets de faible activité et de courte période dont la

---

3 Le lecteur pourra trouver les raisons de la contestation de l'autorité de toutes ces organisations dans *La Comédie Atomique*, mentionnée *supra* en note 1.

4 Il a fallu attendre 2010 pour qu'une partie des ateliers de l'usine de Malvézi soit classée *INB (Installation nucléaire de base)* par l'*ASN (Autorité de sûreté nucléaire)*... preuve flagrante de la désinvolture historique des autorités réglementaires.

5 Concernant la situation laissée par les mines d'uranium abandonnées, un bon résumé a été publié le 5 août 2017 dans la rubrique *Planète* du quotidien *Le Monde*, sous le titre : *La malédiction des anciennes mines d'uranium* (voir *Complément 1*, ci-dessous). On imagine ce qu'il en est dans les installations d'*AREVA* en Afrique...

6 Le rapport final du *GTOT* n'a pas été publié (il était initialement destiné à l'être) du fait des oppositions formelles des représentants d'*EDF*, Monsieur Teste du Bailler, et du Ministère de la santé, en la personne du Pr. Pellerin, chef du *SCPRI (Service central de protection contre les rayonnements ionisants)*. Le *GSIEN (Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire)* réagit en publiant en 1981 un numéro spécial intitulé *L'uranium (Gazette nucléaire N° 41-42 <<http://www.gazettenucleaire.org/>>)*. On y relève : "**La norme CIPR estime qu'un mineur ne doit pas respirer un air qui en moyenne annuelle contiendrait plus de 30 picocuries (1 Bq) par litre d'air, alors qu'en France, ce seuil est situé à 600 picocuries.**" Cette information résume à elle seule l'état d'esprit qui prévalait et dont il reste bien des scories dans le milieu.

Mais la question de la transformation du *yellow cake* en fluorure ne fut pas abordée par le *GSIEN*, signe que même les scientifiques critiques n'avaient pas compris l'importance de la question. Le rapport de Los Alamos cité *infra*, dont des extraits significatifs sont présentés en *Complément 2*, montre que les autorités américaines (*Department of Energy*) accordaient, elles, une grande attention à cette étape du cycle du combustible nucléaire.

gestion devait être rigoureuse. Huit ans plus tard la Commission dite Castaing ne s'occupa que de l'aval du cycle du combustible atomique, à partir de la sortie des combustibles irradiés des réacteurs.

## 2.2. Exemple pédagogique d'origine américaine.

Pourtant, à la même époque – celles des travaux de la *Commission Castaing*, le *DoE (Department of Energy)* commandait au centre de recherche atomique de Los Alamos (où les premières bombes atomiques avaient été conçues et fabriquées) une *review* détaillée des procédés industriels de conversion chimique du *yellow cake* et de leurs nuisances. Le rapport complet<sup>7</sup> est joint séparément, mais ses extraits les plus utiles à l'examen des carences des connaissances versées à la discussion du projet *TDN-THOR* et du contexte écologique et sanitaire hérité de plus d'un demi-siècle d'activité de l'INB de Malvési sont inclus dans le présent papier (voir *Complément 2*).

Ce n'est qu'un exemple de ce vers quoi on devrait tendre. En effet, les impacts des deux installations américaines évaluées pour le compte du *DoE – Allied Chemicals—Metropolis Works* pour la voie de conversion sèche (12 500 tonnes par an) et *Ker Mac Gee Corp. Sequoyah* pour la voie de conversion humide (5 000 tonnes par an), analogue à celle mise en œuvre par *Comurhex*, ne peuvent directement servir de sources de données pour modéliser ceux de Malvési et combler les vides du dossier. Tout d'abord il s'agit d'installations qui fournissent l'hexafluorure d'uranium (alors que la *Comurhex* réalise la seconde étape de la conversion à Pierrelatte) ; par ailleurs, le site de Malvési a été utilisé comme débarras pour des résidus anioniques du retraitement, Technétium 99 ( $Tc_{99}$ , période radioactive 212 000 ans) mais probablement aussi Iode 129 ( $I_{129}$ , période radioactive 16 millions d'années). Ces éléments très mobiles [7-9] dans l'environnement ont été mélangés avec les résidus du traitement de l'uranium ( $U_{238}$ ,  $Th_{232}$ ,  $Ra_{226}$  etc) et leur produits de filiation (radon, polonium etc) [4].

## 2.3. Savoir d'où l'on part.

Deux ensembles essentiels de données sont absents du rapport d'enquête publique et plus généralement des informations diffusées sur l'état de l'environnement avant la construction des installations de traitement de l'uranium à Malvési (ce n'était vraiment pas une préoccupation à l'époque) et sur celui d'aujourd'hui, après presque six décennies d'exploitation.

Dans cette affaire de pollutions radioactives on ne peut en effet quantifier que les émissions de radon que *TDN-THOR* produirait, supposée connue à chaque instant la proportion de radium dans les nitrates au cours du traitement [10-13].

Vient le moment de décrire les phénomènes physiques dont procèdent les émissions radioactives des bassins de rétention, auxquelles viendront inéluctablement s'ajouter (durant les 40 ans de la durée de fonctionnement de l'installation... ?!) les rejets aériens de *TDN-THOR* en fonctionnement normal ou accidentel [21-22]. Le site de Malvési a été choisi pour sa situation géographique et climatique "privilegiée" dont on savait qu'elle faciliterait la gestion des déchets dans les bassins de rétention, l'étape finale du procédé par voie humide retenu<sup>8</sup>. En effet, la conjonction d'un climat chaud et d'une rose des vents locale aux caractéristiques optimales garantissait deux résultats intéressants : un bilan évaporations - précipitations positif, ce qui signifie que le niveau des bassins tendrait naturellement à baisser (de l'ordre de 40 cm/an tant que la concentration en sel n'est pas très élevée ; en revanche, quand cette concentration devient très importante, la solution tend à capter l'humidité de l'air et le-dit bilan se dégrade) ; une dispersion des émissions radioactives aériennes, et des bassins, et de l'usine,

<sup>7</sup> B.L. Perkins, *Evaluation of Environmental-Control Technologies for Commercial Nuclear-Fuel-Conversion (UF6) Facilities*, Los Alamos National Lab., October 1982, 65 pages.

<sup>8</sup> alors même que celui par voie sèche avait fait l'objet durant l'année 1958 d'une pré-étude encourageante par le Département de chimie du CEA, cf. *Complément 3*.

dirigée vers l'océan ou des zones peu densément peuplées [10-12].

Considérons les émissions des bassins. Deux phénomènes provoquent la dispersion de polluants radioactifs et chimiques dans l'atmosphère :

1. le dégazage du radon,  $Rn_{222}$ , produit par la désintégration du radium,  $Ra_{226}$ , présent dans les nitrates. La période radioactive du radon étant brève, 3,2 jours, le débit du gaz vers l'atmosphère dépend des paramètres qui caractérisent la stratification des solutions nitratées, en concentration et en température ;

2. l'emport d'aérosol par la striction de l'air sur la surface libre des bassins, phénomène fonction fortement non-linéaire de l'agitation du liquide engendrée par la vitesse du vent, mais aussi de l'orientation de ce dernier et des formes et étendues de chaque bassin. Il faut noter ici que le radon tend à se fixer physiquement aux aérosols à qui il laisse ses descendants radioactifs hautement toxiques [3-4]. La composition des aérosols est donc celle qui prévaut dans chaque bassin au voisinage de la surface libre ; s'y ajoute comme évoqué ci-dessus une part significative du radon dégazé.

Ces émissions se poursuivront quasiment inchangées jusqu'à la toute fin du traitement de chaque bassin. Si bien que *TDN-THOR* ne contribuera pratiquement pas durant longtemps à réduire la radioactivité émise aujourd'hui par le site. Au contraire, les rejets aériens du procédé, qui ne se limiteront probablement pas à la seule dispersion du radon, viendront augmenter les quantités de radioactivité dispersées dans l'environnement.

#### 2.4. Dévoiler l'héritage et prévoir la charge ajoutée par *TDN-THOR*.

Que sait-on de l'héritage radioactif de plus de cinquante ans laissé par les pollutions du site ? En dehors de quelques données mesurées dans les sols et l'eau du Tauran après les accidents<sup>9</sup> qui ont retenu l'attention : pratiquement rien. Et cela concerne au premier chef celles qui relèvent de l'évaluation des performances du système de rétention, qu'il conviendrait de connaître pour établir une sorte de "point zéro". Une étude radio-écologique préliminaire de grande ampleur s'impose donc, qui doit établir :

- la concentration des éléments peu solubles (uranium, thorium, radium etc) dans les sols jusqu'à des distances établies par une modélisation météorologique indépendante du transport des aérosols ; on pourra aussi mesurer les retombées des métaux lourds non radioactifs ;

- le cheminement suivi par les polluants très mobiles, notamment le  $Tc_{99}$  [14-20]. Rappelons qu'il s'agit d'un émetteur  $\beta$  pur indétectable avec un compteur de Geiger classique, et dont la dosimétrie est particulièrement coûteuse ;

- compléter les données par un échantillonnage des concentrations de tous ces éléments toxiques d'origine Malvésienne dans les organismes vivants.

L'ensemble de ces données, croisées avec les connaissances les plus récentes sur les effets réels des faibles doses de radioactivité, permettrait de chiffrer l'ordre de grandeur et la nature des conséquences sanitaires héritées du passé.

Les outils utilisés dans une telle étude préalable seraient pertinents pour simuler les rejets, et évaluer leurs conséquences environnementales et sanitaires, à attendre de la mise en service d'un équipement comme *TDN-THOR*.

### **3. Quelle stratégie industrielle pour le début du cycle du combustible nucléaire ?**

La part de l'électricité d'origine nucléaire dans la production mondiale ne cesse de baisser, tant en

---

9 Voir à ce sujet l'excellente fiche Wikipedia *Usine AREVA Malvésienne*, jointe intégralement en *Complément 4*.

relatif qu'en absolu, du fait que les capacités de production perdues ne sont pas compensées par les nouvelles mises en service. Cette tendance s'est installée bien avant la catastrophe de Fukushima... mais l'espoir de l'inverser restait et est resté tenace. C'est pourquoi le milieu atomique français et son cheval de bataille AREVA ont parié sur un avenir radieux. AREVA a ainsi obtenu le financement de sa stratégie d'accroissement de ses capacités de production dans le cycle du combustible nucléaire avec notamment l'achat frauduleux, et à prix d'or, d'*Uramin*, et la construction des installations de *Comurhex II* – projet étudié à partir de 1997, décidé et programmé en 2007, et dont les travaux ont commencé en 2009. Faut-il que la pensée magique irrigue les cerveaux de la technocratie atomique nationale au point que, malgré la catastrophe de Fukushima commencée le 11 mars 2011, tout se passe comme si *Le grand retour du nucléaire*<sup>10</sup> claironné par certains au milieu de la première décennie du millénaire pouvait vraiment avoir lieu.

Pourtant au milieu des années 1970, bien avant donc l'accident de *Three Mile Island* survenu fin mars 1979, l'élan nucléaire s'était brisé sur la contrainte économique : pas rentable dans l'économie ouverte des Etats-Unis. La quasi totalité des projets avaient été annulés et les constructions en cours abandonnées ou tellement retardées qu'elles n'ont jamais été terminées. On sait comment les élites françaises ont décidé de rester aveugles à l'avertissement que cette évolution leur donnait.

Ainsi, aujourd'hui, alors que le marché se contracte, que les surcapacités mondiales pénalisent la rentabilité des investissements dans ce secteur, AREVA et les pouvoirs publics, les élus locaux également, trouvent des justifications à augmenter la voilure des usines du cycle du combustible nucléaire en France. Ils mettent en avant l'incontournable, à leurs yeux, argument du maintien de l'emploi, l'argument ultime privilégié par tous les conservatismes et tous les corporatismes.

Pour quelques centaines d'emplois maintenus ils mettent en péril l'essor d'une région qui a tous les atouts pour poursuivre un magnifique développement dans le tourisme haut de gamme, les productions agricoles et viticoles d'excellence, secteurs pourvoyeurs d'emplois non délocalisables. Les consommateurs de ces types de services et de produits forment une catégorie sociale avertie et influente, qui s'informe, se méfie des pollutions, tient pour suspects la propagande du lobby atomique et le soutien des pouvoirs publics aux activités de cette dernière. Maintenir une activité d'INB à Malvési fait donc prendre le risque d'entraver ce développement, sinon promis à un bel avenir, source aussi de succès à l'exportation. Quant aux emplois industriels "perdus", ils trouveraient de toutes façons des possibilités de reconversion décuplées dans le secteur des énergies renouvelables auxquelles la région offre un cadre incomparable, tant à terre qu'en mer.

La responsabilité des dirigeants et élus serait mise en cause au moindre accident qui occasionnerait un relâchement de radioactivité. Car si cela devait advenir et, à coup sûr interviendra comme cela s'est produit à de multiples reprises à Malvési, l'image de toute la région en serait affectée et alors même le secteur d'activité du tourisme de masse s'en trouverait impacté.

C'est à l'aune des coûts impliqués dans la pire des éventualités [21-22] qu'il faudrait évaluer les diverses solutions industrielles envisageables pour traiter les liqueurs radioactives stockées en plein air à Malvési, et non à celle des intérêts de la société AREVA dont la clairvoyance n'est clairement pas la première qualité.

Solder des décennies d'errements et d'obstination dans une impasse stratégique demandera à toutes les parties beaucoup de courage pour convenir du meilleur compromis pour l'intérêt collectif.

---

10 Lire à ce sujet l'excellent livre de la politologue et universitaire, Marie-Hélène Labbé, *Le Grand Retour du nucléaire*, Frison-Roche, Paris, 2006,



## La malédiction des anciennes mines d'uranium



**La France abrite 50 millions de tonnes de résidus toxiques. Un collectif se bat pour la dépollution des sites**

**T** en cette torride journée estivale, on piquerait volontiers une tête dans le plan d'eau noyant le fond de la vallée. Sur les hauteurs, le massif des Bois-Noirs déploie sa sombre sapinière. En contrebas, le village champêtre de Saint-Priest-la-Prugne, à la limite de la Loire et de l'Allier, repose dans une douce torpeur. Mais seuls les canards et les hérons ont droit de baignade. Car ce cadre enchanteur est frappé d'un mauvais sortilège. Une mine d'uranium a été exploitée ici, de 1954 à 1980, flanquée, à partir de 1960, d'une usine de traitement chimique.

Près de quarante ans plus tard, la malédiction pèse toujours. Comme elle le fait aussi autour de la plupart des 250 gisements uranifères de l'Hexagone, répartis sur vingt-sept départements, d'où ont été extraites, entre 1947 et 2001, 76 000 tonnes de minerai, pour fabriquer la bombe atomique puis alimenter en combustible le parc nucléaire. Au prix d'une contamination diffuse mais tenace de ces territoires.

*" Entrée interdite. Installation classée pour la protection de l'environnement. Stockage des résidus issus du traitement de minerai d'uranium "*, annonce un écriteau fixé sur la barrière barrant l'accès au plan d'eau, que nul vigile ne garde pourtant. Il s'agit en fait d'un bassin artificiel de 20 hectares, aménagé dans l'ancien lit d'une rivière, la Besbre. Une digue haute de 42 mètres et longue d'un demi-kilomètre ferme l'ouvrage.

Au fil des ans, 1,3 million de tonnes de résidus miniers – des sables et des boues chargés d'éléments radioactifs et de produits chimiques – y ont été déversées presque jusqu'à ras bord. Ils sont recouverts d'une " lame " d'eau de deux mètres d'épaisseur, destinée à limiter les émanations de radon, un gaz radioactif issu de la désintégration du radium et responsable de cancers du poumon.

Le compteur s'affole

Areva (ex-Cogema), qui a exploité le gisement des Bois-Noirs Limouzat à la suite du Commissariat à l'énergie atomique et qui en a aujourd'hui la responsabilité, avait envisagé de mettre en place une couverture solide pour mieux confiner ces rejets. Mais l'industriel y a renoncé en 2015, en raison, justifie-t-il, de l'opposition de riverains à un projet qui nécessitait des expropriations.

*" Le fond de la vallée n'est qu'un amas de déchets radioactifs. Areva gagne du temps, aux dépens de -la population "*, déplore Arlette Maussan, une ancienne graveuse sur pierre qui consacre son temps au Collectif mines d'uranium, créé en 2012 par une quinzaine d'associations régionales. *" Que se passera-t-il en cas de sécheresse mettant à nu les résidus, ou de précipitations faisant déborder le bassin ? Qui peut garantir que cet entreposage sera sûr dans cent ou dans mille ans ? "*, renchérit Bruno Chareyron, directeur du laboratoire de la Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (Criirad).

Ce n'est que la partie émergée du problème. Le site minier, à l'abandon, comportait une carrière à ciel ouvert, trois puits et 50 kilomètres de galeries plongeant à plus de 400 mètres de profondeur, remblayés avec des résidus susceptibles de contaminer les eaux souterraines. Un simple grillage, éventré par endroits, clôturait le terrain.

De l'autre côté de la digue, une station de traitement et des bassins de décantation collectent les eaux recueillies par des drains. *" Tout repart dans la Besbre "*, dénonce Arlette Maussan. Une canalisation se jette dans la rivière, où Bruno Chareyron a mesuré, dans les mousses, une radioactivité de 324 000 becquerels par kilo (Bq/kg) de matière sèche, alors qu'en amont elle n'est que de 100 Bq/kg. A trente kilomètres en aval, elle est encore de 1 300 Bq/kg. *" La contamination se retrouve dans l'eau, les poissons, la faune et la flore aquatiques "*, accuse l'ingénieur en physique nucléaire.

Ce n'est pas tout. L'activité minière a généré des montagnes de " stériles " : des roches qu'il a fallu enlever pour accéder au minerai et qui sont plus riches que la moyenne en uranium et en métaux lourds radioactifs, thorium, radium ou polonium. Or ces matériaux ont longtemps été utilisés par les communes et les particuliers, sans précaution, pour refaire des voiries, aménager des parkings ou des terrains de sport.

Lestée d'un détecteur de rayonnement gamma et d'un radiamètre, Arlette Maussan en fait la -démonstration sur le chemin forestier de la Pierre-des-Fées, une plate-forme granitique où, selon la légende, se pratiquaient des -sa-crifices humains. Posé sur le -ma-cadam, le compteur s'affole : alors que le " bruit de fond " naturel --est -de 150 à 200 coups par seconde, -le détecteur se met à crépiter, jusqu'à 14 000 signaux par seconde à certains emplacements. Le débit de dose



(intensité d'irradiation), lui, grimpe jusqu'à saturer l'appareil. Dans une clairière invitant -au pique-nique, le plafond autorisé pour le public sur une année entière, soit 1 millisievert, serait atteint en un peu plus de trois jours. " *Areva nous dit que les mesures doivent être faites à un mètre du sol. Mais, ici, les promeneurs viennent en famille, avec des enfants* ", s'inquiète la militante.

#### Engagement à assainir

Les autres sites uranifères paient eux aussi le tribut de ce passé. Il en est sorti, outre de l'uranium, 50 millions de tonnes de résidus, stockés dans les enclaves minières, et 170 millions de tonnes de stériles, qui ont été amoncelés en tas – 165 de ces " verses " ont été répertoriées dans l'Hexagone – ou dispersés çà et là. " *Autour de ces mines, la pollution radioactive de l'air, des sols et de l'eau expose les riverains à des risques sanitaires non négligeables et, dans certains cas, inacceptables*, alerte Bruno Chareyron. *Même s'il s'agit de faibles doses, sur le long terme, elles augmentent la probabilité de décès par cancer.* " On parle ici de très long terme, la radioactivité de l'uranium 238 ne diminuant de moitié qu'au bout de 4,5 milliards d'années.

Areva, qui assume l'héritage d'une extraction souvent me-née par d'autres exploitants, affirme procéder tous les ans à 30 000 analyses de l'air, de l'eau, de la végétation et de la chaîne alimentaire. En 2009 et 2010, l'industriel a fait réaliser un survol aérien de 3 000 km<sup>2</sup>, pour cartographier les zones radioactives. Et il s'est engagé à assainir en priorité les plus contaminées.

Aux Bois-Noirs, une scierie, le parking d'un foyer de ski de fond ou des cours de maison ont été " nettoyés " par enlèvement des stériles. Il subsiste toutefois des points chauds, comme une ancienne scierie construite sur 8 000 m<sup>3</sup> de stériles, où a été mesuré un niveau de radon de plus de 3 000 becquerels par mètre cube (Bq/m<sup>3</sup>) d'air, au-delà du seuil d'alerte fixé à 2 500 Bq/m<sup>3</sup> pour les lieux de vie ou de travail.

" *Le plan d'action d'Areva est globalement satisfaisant, s'il est mené jusqu'au bout, y compris sur les sites moins pollués* ", juge Christophe Kassiotis, responsable de ce dossier à l'Autorité de sûreté nucléaire. Celle-ci s'inquiète pourtant de l'abandon du projet de réaménagement du bassin artificiel de Saint-Priest-la-Prugne, qui " *semble traduire un désengagement plus général de l'entreprise* ".

" *Voilà quarante ans que nous nous battons* ", soupire Arlette Maussan. Avec son collectif, elle a demandé audience au ministre de la transition écologique et solidaire, Nicolas Hulot. Le spectre des anciennes mines d'uranium n'a pas fini de hanter les Bois-Noirs.

#### Pierre Le Hir

© Le Monde

---

◀ **article précédent**

Surpeuplées et sous-équipées,...

**article suivant** ▶

Stockage radioactif de Bure : l'autorité...

# Evaluation of Environmental-Control Technologies for Commercial Nuclear-Fuel-Conversion ( $UF_6$ ) Facilities

B. L. Perkins

DISCLAIMER

This report was prepared as an account of work sponsored by the United States Government. It is the property of the United States Government and is loaned to your agency; it and its contents are not to be distributed outside your agency. The views and conclusions contained herein are those of the author(s) and not necessarily those of the United States Government. The views and conclusions of authors included herein do not represent those of the United States Government or its agency or contractor.

NOTICE

**PORTIONS OF THIS REPORT ARE ILLEGIBLE. It has been reproduced from the best available copy to permit the broadest possible availability.**

**Los Alamos** Los Alamos National Laboratory  
Los Alamos, New Mexico 87545

## CONTENTS

ABSTRACT . . . . .	1
CHAPTER I — INTRODUCTION . . . . .	i
A. Background Information . . . . .	1
B. Report Objectives . . . . .	2
C. Framework of Study . . . . .	2
CHAPTER II — ALLIED CHEMICAL—METROPOLIS WORKS . . . . .	2
A. Background Information . . . . .	2
B. Normal Processes Having Waste and Effluent Streams . . . . .	2
1. Introduction . . . . .	2
2. Receiving and Sampling . . . . .	4
3. Sodium Removal (Pretreatment) . . . . .	4
4. Feed Preparation . . . . .	6
5. Reduction . . . . .	7
6. Hydrofluorination . . . . .	7
7. Fluorination . . . . .	11
8. Fluorine Production . . . . .	13
9. Uranium Recovery . . . . .	13
10. Cylinder Wash . . . . .	15
11. Sludge Dryer . . . . .	15
12. Storage and Handling . . . . .	15
13. Liquid Treatment . . . . .	15
14. Summary . . . . .	17
C. Available Data for Routine Waste/Effluent Releases, Storage, and Disposal . . . . .	17
1. Air . . . . .	17
2. Water . . . . .	22
3. Sludges . . . . .	22
4. Solid, Nonsludge Wastes . . . . .	22
D. Inadvertent Releases Involving Wastes and Effluents . . . . .	26
1. Operational . . . . .	26
2. Releases from Pond Operations . . . . .	26
3. Releases Caused by Rupture of Ducts and Piping Carrying Waste Streams . . . . .	26
4. Failure of Effluent and Waste Treatment Equipment . . . . .	26
5. Transportation . . . . .	29
E. Long-Term Releases . . . . .	29
F. Recommendations . . . . .	30
REFERENCES . . . . .	30
CHAPTER III — KERR-McGEE NUCLEAR CORPORATION—SEQUOYAH . . . . .	31
A. Background . . . . .	31
B. Process Description . . . . .	31
1. Introduction . . . . .	31
2. Receiving and Sampling . . . . .	31
3. Digestion . . . . .	31
4. Solvent Extraction and Acid Scrubbing . . . . .	33
5. Stripping and Solvent Purification . . . . .	33

6. Scrubbing, Decanting, and Concentration . . . . .	33
7. Denitration and Feed Preparation . . . . .	35
8. Reduction . . . . .	35
9. Hydrofluorination . . . . .	36
10. Fluorination . . . . .	38
11. Fluorine Production . . . . .	40
12. Miscellaneous Wastes and Effluents . . . . .	40
13. Miscellaneous Digester . . . . .	41
14. UF <sub>6</sub> Cylinder Wash . . . . .	41
15. Chemical Inventories . . . . .	41
16. Summary of Discharges . . . . .	41
C. Available Data for Routine Releases, Disposal, and Treatment of Wastes . . . . .	41
1. Airborne Effluents . . . . .	41
2. Water . . . . .	42
3. Heat Load Estimates . . . . .	46
4. Ponds and Sludges . . . . .	46
a. Raffinate Ponds . . . . .	46
b. Fluoride Treatment Ponds . . . . .	54
5. Solid Nonsludge Wastes . . . . .	55
D. Inadvertent Releases Involving Wastes and Effluents . . . . .	56
1. Operational . . . . .	56
2. Releases from Pond Operations . . . . .	56
3. Releases Caused by Rupture of Ducts and Piping Carrying Process Streams . . . . .	57
4. Failure of Effluent and Waste Treatment Equipment . . . . .	57
5. Transportation . . . . .	57
E. Long-Term Releases . . . . .	57
F. Recommendations . . . . .	57
REFERENCES . . . . .	58
CHAPTER IV — CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS . . . . .	58
A. Effluent/Waste Characterization . . . . .	58
B. Plant Circuit Design and Waste Treatment . . . . .	58
C. Recommendations for Monitoring . . . . .	59
D. Recommendations for Studies of Long-Term Aspects . . . . .	60
APPENDIX . . . . .	61

# EVALUATION OF ENVIRONMENTAL CONTROL TECHNOLOGIES FOR COMMERCIAL NUCLEAR FUEL CONVERSION (UF<sub>6</sub>) FACILITIES

by

B. L. Perkins

## ABSTRACT

At present in the United States, there are two commercial conversion facilities. These facilities process uranium concentrate into UF<sub>6</sub> for shipment to the enrichment facilities. One conversion facility uses a "dry" hydrofluor process, whereas the other facility uses a process known as the "wet solvent extraction-fluorination" process. Because of the different processes used in the two plants, waste characteristics, quantities, and treatment practices differ at each facility. Wastes and effluent streams contain impurities found in the concentrate (such as uranium daughters, vanadium, molybdenum, selenium, arsenic, and ammonia) and process chemicals used in the circuit (including fluorine, nitrogen, and hydrogen), as well as small quantities of uranium.

Studies of suitable disposal options for the solid wastes and sludges generated at the facilities and the long-term effects of emissions to the ambient environment are needed.

---

## CHAPTER I

### INTRODUCTION

#### A. Background Information

Uranium conversion facilities are a necessary component in the production of uranium fuel for commercial light water reactors. In the fuel production process, the uranium is originally mined (or recovered by *in situ* processes or as a by-product) from uranium-bearing host material. Except in *in situ* or by-product recovery processes, the uranium in the mined material is usually concentrated in mills located near the mines. This material, known as concentrate or "yellowcake," contains approximately 70-75% uranium and various impurities (depending on mill circuit and original concentrations of impurities in the ore).

The concentrate from the mills and concentrate (or slurry) from *in situ* and by-product recovery processes is sent to conversion facilities, where the uranium in the feed is converted into gaseous (at elevated temperatures) UF<sub>6</sub>. (This conversion to a gaseous compound is done because of the necessity to increase slightly the concentration of the <sup>235</sup>U isotope relative to the <sup>238</sup>U isotope. The only presently proven techniques for performing this "enrichment" use gases for this process.)

The UF<sub>6</sub> product from conversion is sent to the enrichment facilities for the desired increase in the <sup>235</sup>U isotope concentration.

At nuclear fuel fabrication facilities, the enriched UF<sub>6</sub> is converted to uranium dioxide powder. The powder is then densified/pelletized into fuel pellets. The pellets are loaded into long rods; the rods are assembled into fuel "bundles" and shipped to commercial nuclear reactors for use as reactor fuel.

At present in the United States, there are two privately operated uranium conversion facilities: the Metropolis Works operated by Allied Chemical and the Sequoyah facility operated by Kerr-McGee. The Allied facility uses a "dry" conversion process circuit, whereas the Kerr-McGee facility uses a "wet" conversion process. These facilities will be discussed in detail in the next two chapters.

## B. Report Objectives

As part of the evaluation of effluents/wastes relating to the commercial nuclear fuel cycle, the objectives of this report were to determine the process discharge streams produced by the  $UF_6$  conversion facilities, to determine how these streams are presently treated, to collect any publically available emission and monitoring data, to identify the final fate of these wastes, and to assess the adequacy of present waste treatment/disposal techniques and available data.

## C. Framework of Study

To determine the origin, quantity, and types of waste streams generated by the wet and dry processes, a complete block flow diagram for each facility was constructed using material published in environmental reports and similar sources of information. These flow diagrams were then used to try to identify inputs and outputs and thus the origin and composition of each type of waste stream. Next, the treatment techniques for each stream were identified and data on waste types, quantities, and types of disposal collected. Once a draft report of the description and waste data for a facility was complete, the report was sent to the company operating the facility for corrections. Each study was then used as the basis for specific recommendations.

# CHAPTER II

## ALLIED CHEMICAL—METROPOLIS WORKS

### A. Background Information

From 1958-1964, Allied Chemical operated the Metropolis, Illinois  $UF_6$  production facility to supply feed for the Paducah Gaseous Diffusion plant under an Atomic Energy Commission (AEC) contract. In February 1968, to meet the demands of the commercial power reactor industry, the plant resumed operation, and the

$UF_6$  product has since been shipped to all three Department of Energy (DOE) operated enrichment facilities (Safety Evaluation Report—SER).

At present, Allied Chemical has processed, from concentrate produced internationally, over 200 million pounds of uranium. The current throughput capability is approximately 14 000 tons of uranium annually (Concentrate Sampling—CS).

Purities of 99.99%  $UF_6$  are consistently achieved at the facility; hence, the product exceeds all current enrichment product standards and will most likely be able to meet any upgraded standards set in the future ( $UF_6$  Conversion— $UF_6$ -C). Thus, plant lifetime is expected to be at least another 30 years (Order to Modify License, Amendment No. 4—OML).

If concentrate is to be shipped elsewhere for conversion, Allied offers a uranium concentrate sampling service (CS). Allied Chemical also offers its customers an extensive  $UF_6$  storage service (Custom  $UF_6$  Storage—C  $UF_6$  S).

In addition to  $UF_6$  production and associated activities, Allied has the capacity to manufacture approximately 30 000 lb/wk of liquid fluorine, 1200 ton/yr of sulfur hexafluoride, 2500 lb/wk of antimony pentafluoride, and 10 000 lb/wk of iodine pentafluoride at the Metropolis Works (Environmental Impact Appraisal 1977—EIA 1977). The Metropolis Works is the free world's largest producer of both liquid fluorine and sulfur hexafluoride (Hosey and Hill 1980; Kostick and De-Fillippo 1980). Figure II-1 indicates a plot plan of the facility

The Metropolis Works is located on an 862.3-acre tract bounded on the southwest by the Ohio River. A section of the southeast property boundary is contiguous with the town limits of Metropolis (EIA 1977).

The area is semirural. Close industrial sites include the AEP coal blending plant, the Shawnee Steam Plant, and the Paducah gaseous diffusion plant (EIA 1977). Approximately 450 people are employed at the facility.

Further data on land use, population, geology, hydrology, and other background characteristics may be obtained from the Environmental Impact Appraisal.

### B. Normal Processes Having Waste and Effluent Streams

#### 1. Introduction

The Allied facility uses the fluoride volatility process to produce  $UF_6$  from uranium concentrates. The facility does not accept uranium slurries.

M. B. Sears, R. E. Blanco, B. C. Finney, G. S. Hill, R. E. Moore, and J. P. Witherspoon, "Correlation of Radioactive Waste Treatment Costs and the Environmental Impact of Waste Effluents in the Nuclear Fuel Cycle—Conversion of Yellow Cake to Uranium Hexafluoride, Part I, The Fluorination-Fractionation Process," Oak Ridge National Laboratory report ORNL/NUREG/TM-7 (September 1977).

Submittals to the Environmental Protection Agency for compliance with NPDES permit, Allied Chemical (1979, 1980).

"UF<sub>6</sub> Conversion," Allied Chemical (no date).

## CHAPTER III

### KERR-McGEE NUCLEAR CORPORATION— SEQUOYAH

#### A. Background

In 1970, Kerr-McGee Nuclear began operation of a uranium hexafluoride production facility having a design throughput of 5000 tons (4535 metric tons) of uranium a year. Since then, an expansion program has been completed, doubling throughput to 10 000 tons (9070 metric tons) of uranium a year (Order to Modify License, Amendment 9—OML).

The facility (Fig. III-1) is located in a rural region near Gore, Oklahoma on a 2100-acre site, of which 75 acres is a restricted, fenced area for the conversion facility. The site is bounded on the west by the Illinois and Arkansas Rivers. Detailed data on the geology, hydrology, climate, land use, etc., may be obtained from the Final Environmental Statement (Final Environmental Statement 1975—FES 1975).

Approximately 150 people are employed at the plant.

#### B. Process Description

##### 1. Introduction

The facility uses the wet solvent extraction-fluorination process to convert uranium concentrates into UF<sub>6</sub>. The facility can receive the concentrates either dry in 55-gallon drums or as a wet slurry (FES 1975).

Upon receipt, the concentrate is weighed and sampled. The concentrate is processed by dissolving in nitric acid and removing uranyl nitrate by solvent extraction and stripping. The pure uranyl nitrate is further concentrated and denitrified to produce uranium trioxide (UO<sub>3</sub>), after which UO<sub>3</sub> is reduced to UO<sub>2</sub> with cracked ammonia. Next, UO<sub>2</sub> is reacted with anhydrous hydrogen fluoride to produce UF<sub>4</sub>. Finally, the UF<sub>4</sub> is converted to UF<sub>6</sub> by reaction with F<sub>2</sub> (FES 1975).

A detailed description of each process step, including the treatment of waste and effluent streams, follows.

##### 2. Receiving and Sampling

Uranium concentrate, received in 55-gallon drums, is weighed and approximately 0.1% of the concentrate removed for sampling by emptying each drum into an elevated hopper and removing representative samples of the concentrate as it moves downward to a collection vessel. The sampled concentrate is either redrummed and stored for future processing or delivered to storage hoppers in the digestion area (FES 1975).

Any dusts produced during sampling and collection are passed through a cyclone and baghouse whose off-gases in turn are routed to the main plant dust collection system. A vacuum cleaner is used to collect any spilled concentrate and clean the drums and sampling system. The vacuum off-gases containing uranium concentrate dusts are sent through a cyclone and baghouse and then are combined with the off-gases from sampling before these gases enter the sampling clean-up system (Fig. III-2). Residues from the two clean-up systems are discharged back to the system (FES 1975; OML).

Rain run-off from the drum storage area drains to a sump where solids are separated and liquids overflow to the outfall.

##### 3. Digestion

Uranium concentrates (including slurries) are fed in batches into three 5000-gallon (18.9 m<sup>3</sup>) stirred, hot, 40%-nitric-acid digester tanks. The digestors are operated at subatmospheric pressure, with off-gases passed through a small eductor scrubber before being routed to the nitric acid recovery tower (Fig. III-3) (OML; Application for Permit, 1978—AP 1978).

Each batch dissolution takes 2 hours, during which time 552 pounds (250 kg) of NO<sub>2</sub> and 72 pounds (33 kg)



**TABLE III-7**  
**RADIOLOGICAL AIR EFFLUENTS RELEASE RATES**  
( $\mu\text{Ci}$ )

Period	Gross Alpha	$^{238}\text{U}^a$	$^{235}\text{U}$	$^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$
Jan—June 1976	24 000	12 067	550	11 374	7	2
July—Dec 1976	21 200	10 659	486	10 047	6	2
Jan—June 1977	25 340	12 741	580	12 009	8	2
July—Dec 1977	45 800	23 028	1049	21 705	14	4
Jan—June 1978	20 490	10 302	469	9711	6	2
July—Dec 1978	51 300	25 794	1175	24 311	15	5
Jan—June 1979	50 000	25 140	1145	23 695	15	5
July—Dec 1979	108 600	93 100 <sup>b,c</sup>			1744	840
Jan—June 1980	86 300	83 800 <sup>b</sup>			1503	900

<sup>a</sup>The licensee analyzed the plant dust for isotopic uranium and  $^{230}\text{Th}$  and  $^{226}\text{Ra}$ ; the ratio of individual nuclides for the contribution of gross alpha is as follows:

$^{238}\text{U}; ^{235}\text{U}; ^{234}\text{U}; ^{230}\text{Th}; ^{226}\text{Ra} = 50.28:2.29:47.39:0.03:0.01.$

<sup>b</sup>Reported as  $\text{U}_{\text{nat}}$ .

<sup>c</sup>One batch release  $4.47 \times 10^{-3}$  Ci.

Source: Reports from Kerr-McGee to NRC.

**TABLE III-8**  
**RADIOLOGICAL AIR EFFLUENT RELEASE RATES AS A**  
**FUNCTION OF THROUGHPUT\* (ALL UNITS  $\mu\text{Ci}$ )**

	1976	1977	1978
MTU Throughput	3537	4173	5533
Gross Alpha	45 200	71 140	71 790
Gross Alpha/(MTU)	12.78	17.05	12.97
$^{238}\text{U}$	22 726	35 769	36 096
$^{238}\text{U}/(\text{MTU})$	6.43	8.57	6.52
$^{235}\text{U}$	1036	1629	1644
$^{235}\text{U}/(\text{MTU})$	0.29	0.39	0.30
$^{234}\text{U}$	21 421	33 714	34 022
$^{234}\text{U}/(\text{MTU})$	6.06	8.08	6.15
$^{230}\text{Th}$	13	22	21
$^{230}\text{Th}/(\text{MTU})$	0.004	0.01	0.003
$^{226}\text{Ra}$	4	6	7
$^{226}\text{Ra}/(\text{MTU})$	0.001	0.001	0.001

\*MTU is metric tons uranium throughput.

TABLE III-10

## KERR-McGEE 002 OUTFALL WATER QUALITY

1980 Sampling Period	Max Flow MGD	Max Flow m <sup>3</sup> /s × 10 <sup>-2</sup>	Av TSS mg/l	Av Dissolved <sup>226</sup> Ra pCi/l	Av Total <sup>226</sup> Ra pCi/l	Av Ammonia mg/l	Av Nitrate mg/l	Max pH	Min pH
Sept	No flow								
Aug	No flow								
July	0.43 <sup>a</sup>	1.88	28.0	0.14	0.15	<0.2	0.6	6.8	6.7
June	0.03 <sup>b</sup>	0.13	79.0 <sup>c</sup>	NA	NA	<0.2	1.3	6.6	7.2
May	No flow								
April	No flow								
March	No flow								
Feb	No flow								
Jan	No flow								

<sup>a</sup>24 h only.

<sup>b</sup>4 days only.

<sup>c</sup>Noncompliance.

Source: NPDES

TABLE III-11

RADIOLOGICAL LIQUID EFFLUENTS  
RELEASE RATES

Period	Gross Alpha (Ci)	Natural Uranium (Ci)	<sup>230</sup> Th (μCi)	<sup>224</sup> Ra (μCi)
Jan-June 1976	0.548	0.492		
July-Dec 1976	0.480	0.490		
Jan-June 1977	0.712	0.610		
July-Dec 1977	1.195	0.968		
Jan-June 1978	1.105	0.885		
July-Dec 1978	0.894	0.825		
Jan-June 1979	1.519	1.351		
July-Dec 1979	1.449	1.290	103.3	113.1
Jan-June 1980	1.751	1.496	189.0	214.0

Source: Kerr-McGee reports to NRC.

TABLE III-12

RADIOLOGICAL LIQUID EFFLUENT RELEASE  
RATES AS A FUNCTION OF THROUGHPUT

	1976	1977	1978
Ton Uranium Throughput	3900	4600	6100
Metric Ton Uranium Throughput	3537	4173	5533
Gross Alpha μCi × 10 <sup>6</sup>	1.028	1.907	1.999
Gross Alpha (μCi) per Metric Ton	290.64	456.99	361.29
U <sub>max</sub> μCi × 10 <sup>6</sup>	0.982	1.578	1.710
U <sub>max</sub> μCi per Metric Ton	277.64	378.15	309.05

TABLE III-13

**CHEMICAL PARAMETERS OF INTAKE WATER AND DISCHARGE  
DAILY/AVERAGE CONCENTRATIONS, mg/l**

Parameter	Untreated <sup>a</sup> Intake	Combined <sup>a</sup> Discharge	Suggested <sup>b</sup> Criteria	U.S.P.H.S. <sup>c</sup> MPC
Alkalinity (as CaCO <sub>3</sub> )	73-94	99	120	—
B.O.D. 5-day	2	2	1.0 - 3.0(max)	—
Chemical oxygen demand	10	10	—	—
Total solids	138	235	—	—
Total dissolved solids	137	232	1000	500
Total suspended solids	6	20	—	—
Total volatile solids	50	50	—	—
Ammonia (as N)	1.4	<1	0.1	—
Kjeldahl nitrogen	1.3	<1	10	—
Nitrate (as N)	0.57	3.5	10	10 <sup>d</sup>
Phosphorus total	0.04	0.3	—	—
Color (Pt-Co units)	25	15	20 - 70	15
Turbidity (Jackson units)	7	8	0 - 40	5
Total organic carbon	1.7	1.0	—	—
Total hardness	89	110	—	—
Phosphorus (ortho)	<0.1	<0.1	—	—
Sulfate	6.6	16	250	250
Sulfide	<0.1	<0.1	—	—
Chloride	5	50	50	250
Fluoride	0.1	1.54	1.5	0.7 - 1.2 1.4 - 2.4*
Aluminum	0.18	0.40	—	—
Barium	0.1	0.125	—	1.0*
Cadmium	<0.01	<0.01	0	0.01*
Cyanide	0	0	0	0.01
Calcium	32	46	—	—
Chromium	0.075	0.060	0	0.05*
Copper	0.033	0.090	3.0	1.0
Iron	0.85	1.0	0.3	0.3
Lead	<0.01	<0.01	—	0.05*
Magnesium	2	2	—	—

<sup>a</sup>Reported by Licensee to EPA Region VI in Permit Application No. OK-076-0Y12-000111, Revised February 1, 1973.

<sup>b</sup>Suggested Criteria of Raw Water Quality for the State of Oklahoma (for Municipal use). Ref. No. 1845, "Water Quality Criteria," California State Water Resources Control Board Publication 3A (Reprint, December 1971).

<sup>c</sup>US Public Health Service Drinking Water Standards 1962. Values reported are "suggested limit that should not be exceeded" except starred values, which are listed under "Cause for Rejection."

<sup>d</sup>Actually listed as 45 mg/l nitrate.

Source: FES 1975.

TABLE III-17

**CONCENTRATE IMPURITIES**  
1980 Average of all Lots Sampled

Impurity	Values in Per Cent on a Uranium Basis <sup>a</sup>
Nitric Acid	
insoluble U <sup>6</sup>	0.02
Molybdenum (Mo)	0.08
Vanadium (V)	0.05
Calcium (Ca)	0.25
Thorium (Th)	0.06
Zirconium (Zr)	<0.03
Boron (B)	<0.01
Phosphorus (P)	0.06
Halogens (Cl, Br, I as Cl)	0.13
Fluoride (F)	0.01
Carbonate (CO <sub>3</sub> )	0.07
Sulfur (S)	1.00
Arsenic (As)	<0.05
Sodium (Na)	0.72
Magnesium (Mg)	0.09
Iron (Fe)	0.53
Silicon (Si)	0.53

<sup>a</sup>Sequoyah Facility Lab results. <sup>226</sup>Ra is not routinely run.

Source: Kerr-McGee.

ponds until NRC approves a license amendment for burial.\*

Sulfuric acid is added to achieve a pH between 6-8, and the liquid is fed to a clarifying lagoon (FES 1975). The discharge from the clarifying lagoon, approximately 140 gpm (0.00883 m<sup>3</sup>/s), joins the sanitary discharge, cooling tower discharge, and bypass water for discharge at the 001 outfall.

### 5. Solid Nonsludge Wastes

Nonradioactive combustible materials, such as boxes, crates, paper, and rags, were burned in an open pit incinerator whose off-gases discharged directly to the ambient air. Ashes and unburned residue were buried in the pit. Other types of combustible nonradioactive

\*This information provided by W. J. Shelley, Kerr-McGee, June 1981.

TABLE III-18

**CHEMICAL CONSTITUENTS OF WET SLUDGE**

Element	Percent
Al	0.15
As	0.012
B	<0.013
Ca	0.10
Cl (incl Br & I)	0.005
C (from CO <sub>2</sub> )	0.02
Fe	0.25
F	0.001
K	0.005
Mg (incl Mn, Ni, Pb)	0.06
Mo	0.03
Na	0.12
N	0.73
P	0.04
Si	0.24
S	0.33
V	0.02
Zr	<0.10
H <sub>2</sub> O	60.0

### RADIONUCLIDES IN WET SLUDGE

Radionuclide	(pCi/g)
Ra	22
<sup>230</sup> Th	5060
<sup>234</sup> Th	<640
<sup>228</sup> Th + <sup>232</sup> Th	<450
<sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Po, <sup>227</sup> Ac }	<750
<sup>228</sup> Ra, <sup>231</sup> Pa, <sup>235</sup> U }	<750
<sup>238</sup> U + <sup>234</sup> U	<270

Source: Kerr-McGee Nuclear Corporation Environmental Report for Sequoyah Facility Raffinate Sludge Disposal.

wastes are burned in an enclosed incinerator whose off-gases discharge to the boiler stack (FES 1975).

Uncontaminated noncombustible wastes are buried in accordance with the solid waste disposal requirements of Oklahoma (FES 1975).

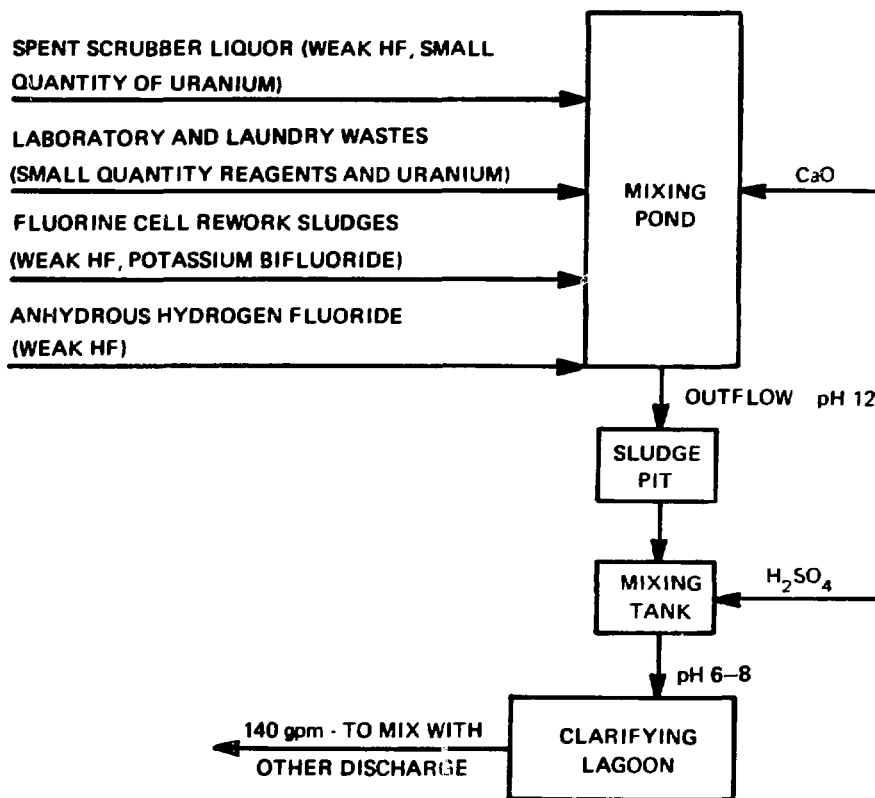


Fig. III-16. Liquid discharge treatment system for fluorine-containing wastes.

Radioactive wastes, such as scrapped equipment, gloves, respirators, and other contaminated solids, were buried on-site at a depth of at least 4 ft. Through June 1974, these wastes contained a total of 370 kg of natural uranium. These wastes are currently being stored.\* Contaminated drums are being accumulated for disposal through a licensed scrap dealer (FES 1975).

#### D. Inadvertent Releases Involving Wastes and Effluents

##### 1. Operational

From time to time, there will be small vent releases of process chemicals because of over-pressurizing, seal failure, loss of power, plant cleanup and repair operations, process problems, etc. There are no data available

\*This information provided by William Nixon, NRC, April 1981.

as to frequency, rate of release, and types of release (FES 1975).

##### 2. Releases from Pond Operations

In 1971, some lime and calcium fluoride were transferred from the fluoride sludge pit to the raffinate pond. Subsequent air drying and wind dispersion of a portion of this material resulted in above-average fluoride concentrations in some areas at the site. No cattle allowed to graze in this region of dispersion (FES 1975).

The raffinate ponds are located near the river. It has been estimated that 14 million gallons (52 990 m<sup>3</sup>) of raffinate could be discharged to the river in the worst possible accident. Ammonia, nitrates, and organics in the raffinate could conceivably cause localized fish kills. Approximately 0.2 Ci of <sup>226</sup>Ra, 0.09 Ci of <sup>238</sup>Th, and 7700 kg of uranium might be discharged to the river (FES 1975).

### 3. Releases Caused by Rupture of Ducts and Piping Carrying Process Streams

Other types of accidents involving a discharge would be for a liquid-transfer line to break, discharging untreated waste. A gas transfer line, such as the duct for HF, hydrogen, or off-gases from the reduction unit to the combustion system, could also break, discharging untreated gases to the ambient air.

### 4. Failure of Effluent and Waste Treatment Equipment

Inadvertent releases could also occur if any dust collection equipment developed failures that resulted in channeling the gases around the collection device. Inadvertent releases of HF would result if (1) parts of the water scrubber became plugged, (2) there was a decrease in the liquid flow through the scrubber, or (3) the mist eliminator was damaged.

There appear to be no incidents or data available on releases caused by these types of treatment equipment failures.

Another inadvertent release could occur if the slaked lime feeder failed on the  $\text{CaF}_2$  precipitation ponds. Depending on how long the condition existed, excess HF could be discharged to the river. Table III-9 indicates maximum levels of contaminants sampled in this discharge; this table indicates that over the reported sampling period, no major treatment failures occurred.

### 5. Transportation

No radioactive wastes have ever been transported off-site. Thus, possible public transportation accidents would only involve incoming concentrate and non-radioactive materials such as HF and ammonia, unless the State of New Mexico accepts the proposal for raffinate sludge disposal on a tailings pile, or unless in later years, other radionuclide-bearing waste is shipped off-site.

### E. Long-Term Releases

Long-term releases of waste could occur from

- (1) subsurface movement of buried wastes (saturated or unsaturated flow),
- (2) man-caused disturbance of burial areas,

- (3) natural erosion (such as gully erosion or movement of the river to the burial area) exposing wastes,
- (4) animal-caused disturbance of burial areas,
- (5) plant root penetration of burial sites, and
- (6) radon diffusion through soils.

The burial areas must retain their integrity essentially "forever" if long-term releases are to be minimized.

The probability of long-term containment will depend on the final treatment/disposal of the presently generated uranium containing wastes and the raffinate and  $\text{CaF}_2$  treatment sludges and future land use at the on-site burial ground.

### F. Recommendations

To obtain a better data base for assessment of the Kerr-McGee  $\text{UF}_6$  plant, the following projects should be undertaken.

- (1) Mass balance determinations for all materials entering the plant,
- (2) monitoring of nonroutine releases and fugitive emissions,
- (3) independent routine stack sampling of HF releases and oxides of nitrogen releases and seasonal fluoride and nitrate compound concentrations in surrounding soils and plants,
- (4) further environmental studies of the effects of the liquid discharge on the adjacent waterways,
- (5) routine sampling for  $\text{U}_{\text{tot}}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , and  $^{230}\text{Th}$  in ambient air, water, and soils, including the respirable and soluble fractions in air, at locations determined from modeling of dispersion of stack and fugitive emissions to be locations of possible maximum concentration,
- (6) in-depth studies of long-term effects, which may result from routine emissions,
- (7) determination of possible long-term buildup of  $^{230}\text{Th}$  and other contaminants on fields receiving raffinate decantate,
- (8) determination of the influence of change in operating conditions on plant discharges (for example,  $\text{NO}_x$  emission appears to depend on such factors as feed, temperature, and strength of acid in digestion circuit, operation of nitric acid absorbers, etc.),

- (9) determination of the content of raffinate sludges and the safety aspects of transport of these,
- (10) determination of the proper disposal of solid radioactive wastes now stored on-site,
- (11) determination of the content of  $\text{CaF}_2$ -containing sludges,
- (12) determination of the adequacy of proposed sludge (both  $\text{CaF}_2$ -containing and raffinate) disposal as to long-term effects,
- (13) determination of the contaminants in the condensed sulfur and suitable disposal techniques, and
- (14) determination of the possible long-term fate of wastes presently buried on-site, and
- (15) hydrotesting of any underground waste lines to ensure that pipes are not leaking.

## REFERENCES

- Application for Permit, Air Pollution Control Division, Environmental Health Services, Oklahoma State Department of Health, February 10, 1978, by Kerr-McGee Nuclear Corporation.
- Discharge Monitoring Report, NPDES, submitted to US Environmental Protection Agency by Kerr-McGee Nuclear Corp., received by EPA August 5, 1980.
- Discharge Monitoring Report, NPDES, submitted to US Environmental Protection Agency by Kerr-McGee Nuclear Corp., received by EPA October 31, 1980.
- "Final Environmental Statement Related to the Sequoyah Uranium Hexafluoride Plant," United States Nuclear Regulatory Commission report NUREG75/007 (February 1975).
- Kerr-McGee Nuclear Corporation Environmental Report for Sequoyah Facility Raffinate Sludge Disposal, submitted to the NRC (no date).
- Order to Modify License, Amendment No. 9, Docket No. 40-8027, US Nuclear Regulatory Commission (no date).
- Radioactivity in Gaseous and Liquid Effluents—letter to Glen D. Brown, NRC, from W. J. Shelley, Kerr-McGee, February 28, 1980.
- Radioactivity in Gaseous and Liquid Effluents—letter to Glen D. Brown, NRC, from W. J. Shelley, Kerr-McGee, September 26, 1980.
- Safety Evaluation Report by the Division of Fuel Cycle and Material Safety Related to the Source Material License Renewal of the Kerr-McGee Nuclear Corporation, Docket No. 40-8027 (1977).

## CHAPTER IV

### CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

#### A. Effluent/Waste Characterization

Although the  $\text{UF}_6$  facilities have extensive waste treatment systems in operation, airborne radioactive releases from the facilities are larger than at fuel fabrication facilities (Table IV-1). Of particular concern are the radionuclides  $^{230}\text{Th}$  and  $^{226}\text{Ra}$ , which occur as impurities in the concentrate feed to the  $\text{UF}_6$  conversion facilities. (The impurities, of course, are not present in fuel fabrication feed.)

In addition to radionuclides, waste streams (air, water, and solid) contain fluoride compounds, nitrogen compounds (composition and quantity somewhat dependent on whether the wet or dry process is used), organic compounds (again dependent upon process used), and trace elements found in the concentrate, such as molybdenum, vanadium, and arsenic, all of which may adversely affect the environment (depending on concentration, compound, etc.).

#### B. Plant Circuit Design and Waste Treatment

Because each  $\text{UF}_6$  facility is very different, specific recommendations have been included in Chapters II and III. When a new  $\text{UF}_6$  facility is built in the US, a detailed comparison of resource requirements, effluent/waste generation, safety, etc., should be made for the wet vs dry process.



TABLE IV-1

## A SUMMARY OF THE RELEASE OF RADIOACTIVITY IN THE ENVIRONMENT

	Air Effluents ( $\mu\text{Ci}/\text{yr}$ )		Liquid Effluent ( $\text{Ci}/\text{yr}$ )	
	EIA	Reported (7/76-6/77)	EIA	Reported
<b>Fuel Fabrication Plants</b>				
1. Westinghouse (Columbia, S.C.)	3700	3010	0.319	0.116
2. General Electric (Wilmington, N.C.)	2079	2520	0.300	0.760
3. Combustion Engineering (Hematite, Mo.)	409	467	0.026	0.026
4. Babcock & Wilcox (CNFP) (Lynchburg, Va.)	6	6	a	a
5. Exxon Nuclear Co. (Richland, Wash.)	100	12	a	a
6. B&W Apollo (Apollo, Pa.)	695	695 (1/78-6/78)	3.5	3.5
7. Combustion Engineering (Windsor, Conn.)	20	11	a	a
<b>UF<sub>6</sub> Conversion Plants</b>				
1. Allied Chemical Corp. (Metropolis, Ill.)	320 000	310 000	1.68	2.19
2. Kerr-McGee (Sequoyah, Okla.)	45 717	46 400	1.8	1.2

\*Insignificant.

Source: Internal Summary, Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., 1979.

### C. Recommendations for Monitoring

Although the publically available data on routine operation identifies no major areas of serious concern, further publically available data, obtained by an independent monitoring group, on the size, distribution, and solubility of the various radionuclides in the ambient air at locations determined by modeling of dispersion of stack and fugitive emissions would aid in assessment. In addition, published concentrations of fluoride and nitro-

gen compounds and trace elements in ambient air, soils, plants, surface and ground water, and foraging animals would aid in evaluation of these facilities for the effects of nonradioactive emissions and waste disposal practices.

Nonroutine releases, which occur during process upsets, equipment malfunction, maintenance, etc., and releases that occur because of fugitive emissions, need additional monitoring and evaluation. No attempt was made to define releases and wastes generated during decontamination and decommissioning. These also need further study.

**D. Recommendations for Studies of Long-Term Aspects**

The long-term aspects of the following need further study.

(1) Buildup of radionuclides and other contaminants in surrounding soils and waters,

(2) disposal of solid wastes and sludges, including nonradioactive sludge and solid wastes, and

(3) effects caused by wastes presently disposed of at the site.



PRÉSIDENCE DU CONSEIL  
COMMISSARIAT A  
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**ETUDE DES TRAITEMENTS DE MINÉRAIS  
D'URANIUM PAR VOIE SÈCHE**

par

H. GUILLET

Rapport CEA No **1085**

CENTRE D'ÉTUDES  
NUCLÉAIRES DE SACLAY  
SERVICE DE DOCUMENTATION  
Boîte postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)

GUILLET H.

Rapport CEA n° 1085

Etude des traitements de minerais d'uranium par voie sèche.

Sommaire. - Il s'agit d'une description de fluoration directe de préconcentrés de minerais d'uranium en vue d'obtention d'hexafluorure. Après attaque sulfurique normale du minerai, afin d'éliminer la silice, l'uranium est précipité par un lait de chaux pour obtenir : ou uranate de chaux impur de titre moyen, ou uranium de la dizaine du pourcentage. Ce concentré séché en atmosphère inerte est soumis à un courant de fluor élémentaire. L'hexafluorure d'uranium formé est condensé à la sortie du réacteur et peut être utilisé soit après réduction en tétrafluorure par l'élaboration d'uranium métal, soit comme produit de base dans le cadre d'une usine de diffusion.

1959

11 pages

GUILLET H.

Report CEA n° 1085

Study of the dry way processing of uranium ores.

Summary. - A description is given of direct fluorination of pre-concentrated uranium ores, in order to obtain the hexafluoride. After normal sulphuric acid treatment of the ore to eliminate silica, the uranium is precipitated by a load of lime to obtain : either impure calcium uranate of medium grade, or containing around 10 % of uranium. This concentrate is dried in an inert atmosphere and then treated with a current of elementary fluorine. The uranium hexafluoride formed is condensed at the outlet of the reaction vessel and may be used either for reduction to tetrafluoride and the subsequent manufacture of uranium metal, or as the initial product in a diffusion plant.

1959

11 pages

- Rapport C.E.A. n° 1085 -

Département de Chimie  
Section d'Etude des Traitements  
Chimiques des Minerais Pauvres

ETUDE DES TRAITEMENTS DE MINERAIS D'URANIUM

PAR VOIE SECHE

par

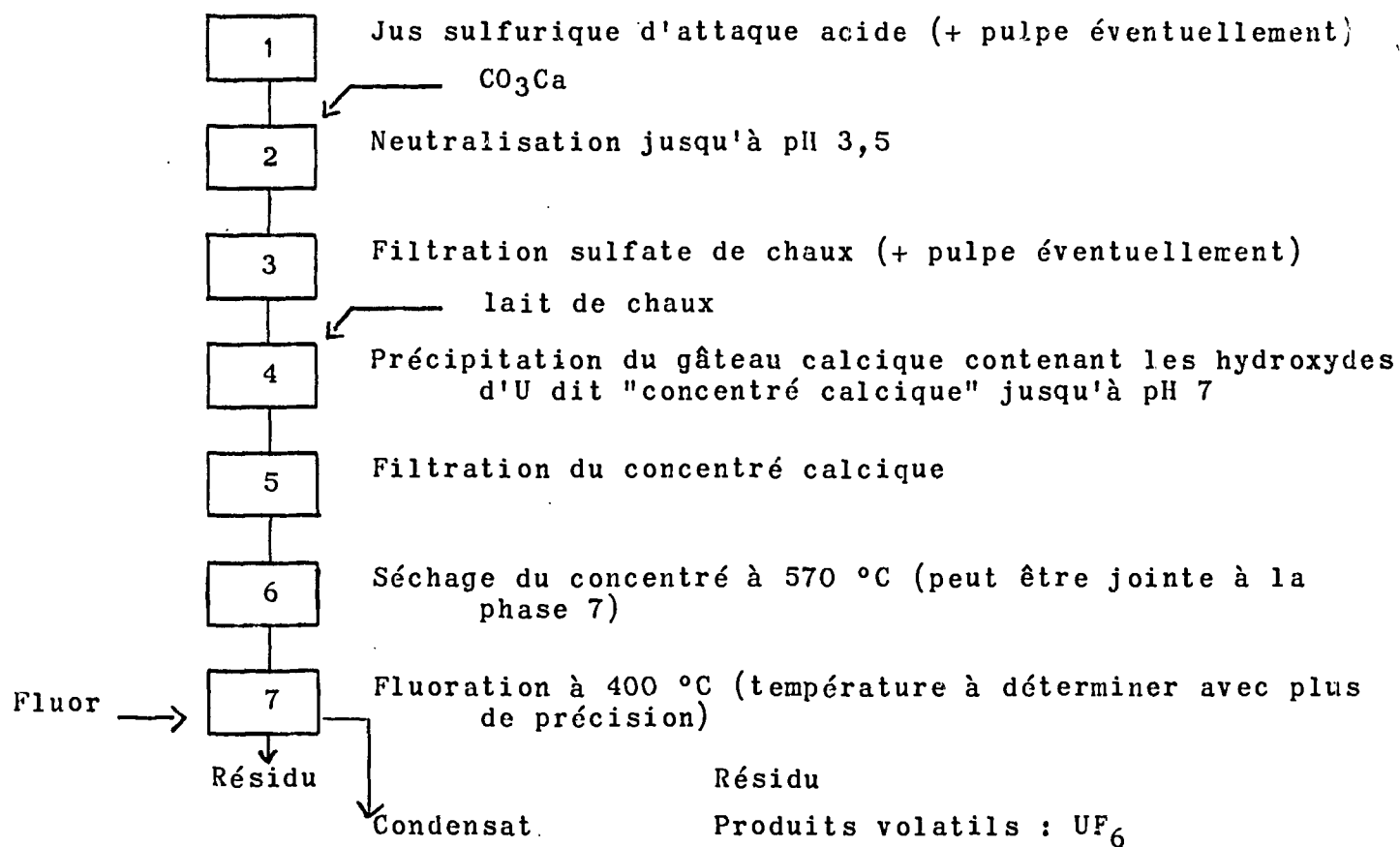
H. GUILLET

- Février 1959 -

**ETUDE DES TRAITEMENTS DE MINERAIS D'URANIUM  
PAR VOIE SECHE**

TRAITEMENT PAR VOIE SECHE - CONDENSE

1) Flowsheet du procédé



2) Résultats des essais d'orientation

- Précipitations et filtrations excellentes non étudiées en détail.
- Rendement d'extraction de l'opération 7 : au moins 96 pour cent.
- Récupéré réellement sous forme de condensat 92 pour cent de l'uranium mis en jeu.

- Pureté chimique de l'uranium extrait : 1 pour mille Si, 500 ppm Sn B Zn, 100 ppm As V Na, 50 ppm Fe, etc... Ces impuretés proviennent très vraisemblablement du matériel en pyrex employé et des réactifs utilisés.

- Pureté physique : Analyse plus délicate : de 50 à 80 pour cent  $UF_6$ . Le reste vraisemblablement  $UO_2F_2$ .

- Consommation fluor : de l'ordre de 4 fois le poids d'uranium, soit pour la phase 7 de 2 000 à 3 000 francs le kilogramme d'uranium.

### 3) Conclusions

- Intérêt de poursuivre l'étude aux fins d'obtention d' $UF_6$  en vue d'une usine à diffusion.

- Eventualité, une fois mise au point la réduction  $UF_6 \longrightarrow UF_4$ , d'utiliser ce procédé concurremment avec les procédés de concentration classiques.

- Prix de revient : semble entrer dans la marge de prix dont on peut disposer.

## NOTE SUR L'ETUDE DES TRAITEMENTS DE MINERAIS D'URANIUM

PAR VOIE SECHE

### INTRODUCTION

Des études sur l'extraction directe d'uranium à partir de minerai ont été entreprises depuis un an. Il s'agissait en utilisant soit du fluor, soit du chlore gazeux, soit les deux, d'éliminer les composés volatils de l'uranium.

Après mises au point technologiques de laboratoire, les essais ont tout d'abord consisté à faire réagir du chlore et (ou) du fluor sur de la pechblende directement. On peut résumer succinctement les résultats négatifs de ces essais :

#### 1) Chloration directe d'un minerai en présence d'un réducteur :

Ces essais étaient réalisés en vue d'une fluoration ultérieure des chlorures. Le tétrachlorure d'uranium ne commence à se sublimer de façon appréciable qu'à partir de 500 °C. La quasi-totalité du fer distille alors sous forme de chlorure ferrique.

#### 2) Fluoration directe d'un minerai :

L'hexafluorure d'uranium, mélangé à du fluorure d'uranyle, se sublime très bien à des températures comprises entre 270 et 500 °C, mais une forte proportion de silice est attaquée et se transforme en tétrafluorure de silicium volatil.

3) Fluoration de courte durée à basse température (inférieure à 250 °C) suivie d'une chloration à haute température. Il s'agissait de convertir partiellement le fer du minerai en fluorure qui ne réagirait pas ultérieurement avec le chlore, en éliminant le moins possible de silice. C'eût été une pseudo-passivation du fer. Effectivement le fer est moins attaqué par le chlore, mais la consommation de silice reste prohibitive et l'uranium lui-même est moins bien attaqué par le chlore.

Tous les minerais contenant de la silice ou des silicates et du fer sous différentes formes, un procédé ne comportant qu'une attaque par voie sèche semble difficile à mettre au point.

Par contre, l'élimination de la silice par attaque acide ordinaire suivie d'une fluoration permet d'espérer des résultats positifs. Le procédé que nous étudions actuellement fait l'objet de cette note d'exposition.



## I. DESCRIPTION DU PROCEDE

Les conditions d'attaque sulfurique étant bien connues, nous ne décrivons le procédé qu'à partir des jus forts acides.

La liqueur sulfurique de départ titrant entre 250 mg et 6 g d'uranium au litre (environ) subit une double neutralisation et précipitation suivant le schéma ci-après :

1° Neutralisation du "jus fort" par du carbonate de calcium jusqu'à pH 3,5 :

Le but principal de cette opération est d'éliminer la presque totalité du fer, l'uranium restant en solution. De plus, le sulfate de calcium précipité peut être considéré comme un excellent agent de filtration. Ce qui conduit à penser qu'une telle neutralisation pourrait être réalisée en présence de la pulpe, ce qui éliminerait un stade de filtration. Ce point est à étudier ultérieurement.

2° Précipitation de l'uranium par de la chaux qu'il est préférable d'ajouter sous forme de lait de chaux. Cette opération est conduite jusqu'à pH 7 afin de précipiter la totalité de l'uranium.

Ces deux limites de pH ne sont données que comme indication. Une étude plus détaillée sur différentes liqueurs permettra de mieux les préciser. On peut cependant les considérer comme exactes à  $\pm 1$  unité pH.

Après la précipitation du gâteau calcaïque contenant l'uranium que l'on appellera dans la suite "concentré calcaïque", vient sa filtration. L'on se trouve en présence d'un "concentré calcaïque" impur, titrant jusqu'à 10 pour cent d'uranium environ (ce titre dépend évidemment des solutions sulfuriques de départ) et contenant très peu de fer, du manganèse (si l'attaque sulfurique a comporté une oxydation par la pyrolusite), éventuellement du cuivre et quelques autres hydroxydes métalliques suivant le type de minerai attaqué.

Le concentré calcaïque filtré doit être séché le plus complètement possible afin d'éliminer tout risque de production de HF durant la fluoration. Si l'on veut déshydrater complètement l'oxyde de calcium, il faut porter la température à 547/580 °C (suivant les auteurs, tension de vapeur H<sub>2</sub>O de Ca (OH)<sub>2</sub> à ces températures, 760 mm). On peut admettre cette dessiccation à une température de 570 °C. Il y a lieu de remarquer que cette dessiccation peut avoir lieu soit dans un four spécialement construit, soit dans l'appareil même où se fera la fluoration, sous courant d'un gaz inerte (nous avons utilisé l'azote). Cette phase indispensable de dessiccation pourrait permettre de mettre le gâteau calcaïque sous forme de granulés (genre clinkers de ciment) qui pourraient servir au chargement du four

à fluoration, ou même à une fluidation. Il s'agit là d'éventualités technologiques à étudier.

Une fois le concentré calcaïque desséché, vient la phase de fluoration proprement dite. Elle consiste à faire réagir du fluor sur le concentré à une température de l'ordre de 400 °C (des essais systématiques permettront de déterminer les meilleures conditions opératoires). Le fluor semble réagir préférentiellement sur les oxydes d'uranium pour donner un composé volatil qui se condense facilement en sortie de réacteur. Ce composé volatil est un mélange d'hexafluorure d'uranium et de fluorure d'uranyle.

Ce procédé devrait permettre l'extraction directe d'un hexafluorure assez pur en vue de son utilisation dans l'usine de diffusion. Mais il n'est pas exclu que par réduction de l'hexafluorure obtenu en tétrafluorure, ce procédé permette de remplacer concurrentiellement les procédés classiques de traitement de l'uranium naturel.

## II. RESULTATS OBTENUS

### A. Préparation de l'uranate de chaux

#### 1) Liqueur sulfurique de départ

Jus fort des "Bois Noirs" envoyé par l'usine de Gueugnon sur demande DC/M/7/2 du 27 septembre 1956 (3 bonbonnes de 30 litres).

Ces jus forts ont été puisés vraisemblablement durant le mois d'octobre où la marche de l'usine a été la suivante :

Attaque : par tonne de minerai sec :

SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> .....	68 kg
MnO <sub>2</sub> .....	19 kg
Sulfate	
ferrique..	3,4 kg
<u>Jus fort</u>	
minerai sec =	1,06

2,740 tonnes de minerai sec pour 17,405 kg d'uranium.  
Les jus forts reçus, riches en manganèse, titrent environ : 3,4 g/l d'U.

#### 2) Première précipitation

Nous sommes partis de 4 litres des jus décrits ci-dessus. La première précipitation par un mélange de CO<sub>3</sub>Ca et Ca(OH)<sub>2</sub> jusqu'à pH 3,8 a donné un premier gâteau calcaïque d'environ 200 g. Ce nombre n'est pas représentatif. Il peut être considéré comme une limite supérieure.

3) Précipitation de l'uranium

Après addition de 30 à 40 grammes de chaux en lait de chaux, le pH obtenu à température ambiante et en agitant énergiquement était de 8,5. La précipitation a été stoppée par filtration à ce pH élevé pour ne pas perdre d'uranium. Une étude plus poussée du mode opératoire permettra sans doute de s'arrêter à un pH voisin de 7.

Nous avons obtenu un "concentré calcique" qui après séchage durant 12 heures à 250 °C et 2 heures à 300 °C dans un four à moufle donnait :

Poids .....	116 grammes
Titre en U .....	11,8 pour cent
Perte au feu à 550 °C (1 h 30)	3,2 pour cent
Titre en SiO <sub>2</sub> .....	1,5 pour cent

N.B.- Les conditions décrites ci-dessus ne représentent pas les conditions optimales de précipitation du concentré calcique. Il s'agissait d'obtenir un gâteau calcique renfermant l'uranium des jus d'attaque. Le mode opératoire définitif sera mis au point ultérieurement.

B. Fluoration de l'uranate de chaux

1. Mode opératoire

Le concentré calcique est déposé sur une nacelle spéciale en monel constituée de plusieurs plaques superposées. Cet arrangement permet une excellente réaction solide-gaz dans un dispositif statique. La nacelle est disposée à l'intérieur d'un four tubulaire en cuivre chauffé par résistance. La fluoration proprement dite comprend les phases suivantes :

- a) Balayage par de l'azote et chauffage à 570 °C durant environ 2 heures.
- b) Refroidissement à 400 °C toujours sous passage d'azote.
- c) Passage de fluor à 400 °C durant 45 à 50 minutes.
- d) Balayage du four par de l'azote et refroidissement à température ambiante.

Les gaz et vapeurs en sortie de four passent dans une série de barboteurs (voir figure 1) dont les rôles sont les suivants:

- 1) Condenseurs des composés volatils.
- 2) Barboteur à SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> concentré (déshydratation).
- 4) Barboteur à CaCl<sub>2</sub> pour retenir le fluor en excès sous forme de CaF<sub>2</sub>.
- 6) Barboteur à NaOH pour retenir le Cl<sub>2</sub> déplacé dans 4 et les dernières traces de F<sub>2</sub>.
- 3-5) Barboteur d'arrêt en cas de surpression en aval.

Les composés volatils de l'uranium se déposent principalement dans le condenseur 1. On en retrouve néanmoins dans l'acide sulfurique du 2 et dans le barboteur 3. Dans les essais où l'on ne cherche pas à séparer l'UF<sub>6</sub> de l'UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, le contenu de ces trois récipients est repris par de l'eau et rassemblé. On précipite alors l'uranium par une méthode classique, en général sous forme d'uranate d'ammonium, ce qui nous a permis de peser directement l'uranium sorti du four, et de faire faire une analyse spectrographique pour déterminer les traces d'éléments étrangers.

2. Description d'une opération

Nous partons normalement de 20 grammes de concentré calcique. Dès le début du passage du fluor les vapeurs lourdes et blanches d'UF<sub>6</sub> viennent se condenser dans le premier barboteur. La réaction qui débute à 400 °C est exothermique et la température s'élève à 440 °C durant 15 à 20 minutes. Le condensat blanc-jaune très pâle a nettement l'aspect de l'UF<sub>6</sub>. A la fin du passage du fluor il vire petit à petit au jaune orangé ce qui semble marquer une transformation lente en UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>. Ceci doit être dû à une entrée lente de l'humidité de l'air dans l'appareil (les rodages ne pouvant être graissés). Le résidu de l'opération très homogène est pesé et dosé pour avoir son titre en U. Il est à noter que mis en présence de silice le condensat attaque nettement celle-ci.

3. Résultats quantitatifs

1° Rendement de l'opération extraction par fluor

Mis en jeu ...	20 g à 11,8 pour cent U	2,36 g U
Résidu .....	14,7 g à 0,6 pour cent U	0,09 g U
Soit un rendement d'extraction U de 96 pour cent.		

N.B.- La perte de poids correspond bien à une dessiccation plus poussée et à l'élimination de l'uranium et de la silice.

2° Récupération de l'uranium sous forme d'uranate d'ammonium

Après dessiccation à 110 °C - 2,95 g à 73,6 pour cent U = 2,17 g U

Soit donc U récupéré par condensation : 92 pour cent.

3° Analyse spectrographique de l'uranate d'ammonium obtenu :

<u>Ordre de grandeur du titre</u>	<u>Impuretés</u>
1 pour mille	Si
500 ppm	Sn B Zn
100 ppm	As V Na
50 ppm	Pb Fe Mg Al Ca Y Yb
10 ppm	K Ti
5 ppm	Cu Ag Mn
non décelé	Au Ba Be Bi Cb Ge La Li Mo Ni Sb Zr

Travaillant en récipient de pyrex et avec les réactifs Prolabo courants : SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> et AmOH, il est probable que la plupart de ces impuretés et notamment le Si, B, Sn, Zn, As, Pb, Na, Fe et Ca proviennent des récipients et des réactifs utilisés. La manipulation des produits de condensation dans des récipients métalliques doit améliorer sensiblement leur pureté chimique.

4° Analyse physique

Il a été essayé de séparer UF<sub>6</sub> des autres composés d'uranium par distillation dans deux vases de condensation dont la figure 2 donne le dessin.

La méthode n'étant pas tout à fait au point, les dosages ne peuvent donner qu'un ordre de grandeur.

Dans les produits volatils condensés nous avons décelé l'ordre de 50 à 80 pour cent d'UF<sub>6</sub>. Ce nombre ne peut être pris que comme une évaluation, il sera à contrôler.

5° Consommation fluor

Nous avons essayé de déterminer la consommation de fluor dans le cadre de nos essais de laboratoire, par pesée de la bouteille de fluor et du fluorure de calcium récupéré (compté comme fluor recyclable).

En fait, un appareillage un peu sommaire ne nous a pas permis d'atteindre une grande précision dans cette détermination.

La consommation fluor a été de l'ordre de 10 grammes soit environ 4 fois le poids d'uranium en jeu.

On peut, en première approximation, se baser sur ce nombre de 4 kg de fluor par kg d'uranium. C'est un ordre de grandeur susceptible sans doute d'amélioration, mais peut-être aussi d'augmentation suivant le concentré calcique de départ.

6° Prix de revient

Il est permis de compter 500 francs par kilogramme de fluor obtenu directement par électrolyse, compte tenu de tous les facteurs y intervenant.

Le traitement du concentré calcique par fluoration reviendrait à 2 000 francs environ du kilogramme d'uranium.

CONCLUSION

Les essais d'orientation que nous venons de décrire permettent de dire que :

1° La fluoration d'un gâteau calcique, précipité dans des limites de pH (3,5/7) telles que l'uranium soit seul précipité en entraînant le moins possible d'impuretés, permet d'extraire l'uranium avec un rendement déjà satisfaisant (96 pour cent) et certainement améliorable.

2° Les impuretés et la chaux ayant servi à la précipitation ne sont que peu attaquées par le fluor et ne sont pas entraînées avec l'uranium.

3° L'uranium volatilisé l'est sous forme d'UF<sub>6</sub>.

4° La consommation fluor (de l'ordre de 4 kg de F<sub>2</sub> pour 1 kg d'uranium) bien que relativement élevée permettrait d'atteindre un prix acceptable.

On se propose de poursuivre cette étude en ayant pour but :

1° La détermination d'un bilan exact de consommation fluor.

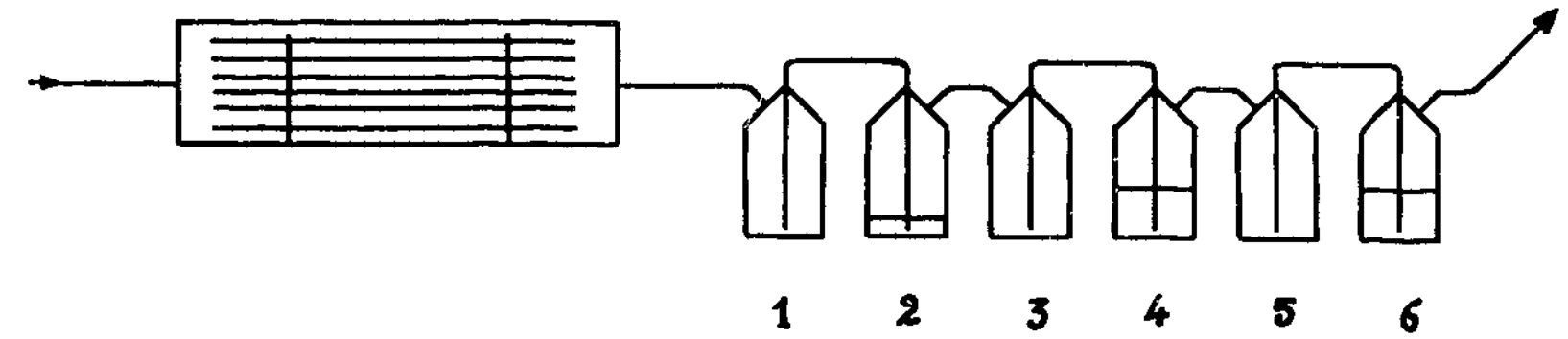
2° La détermination des conditions optimales de précipitation.

3° La détermination des conditions optimales de fluoration : température, temps, appareillage, sur des "concentrés calciques" provenant de différents jus forts.

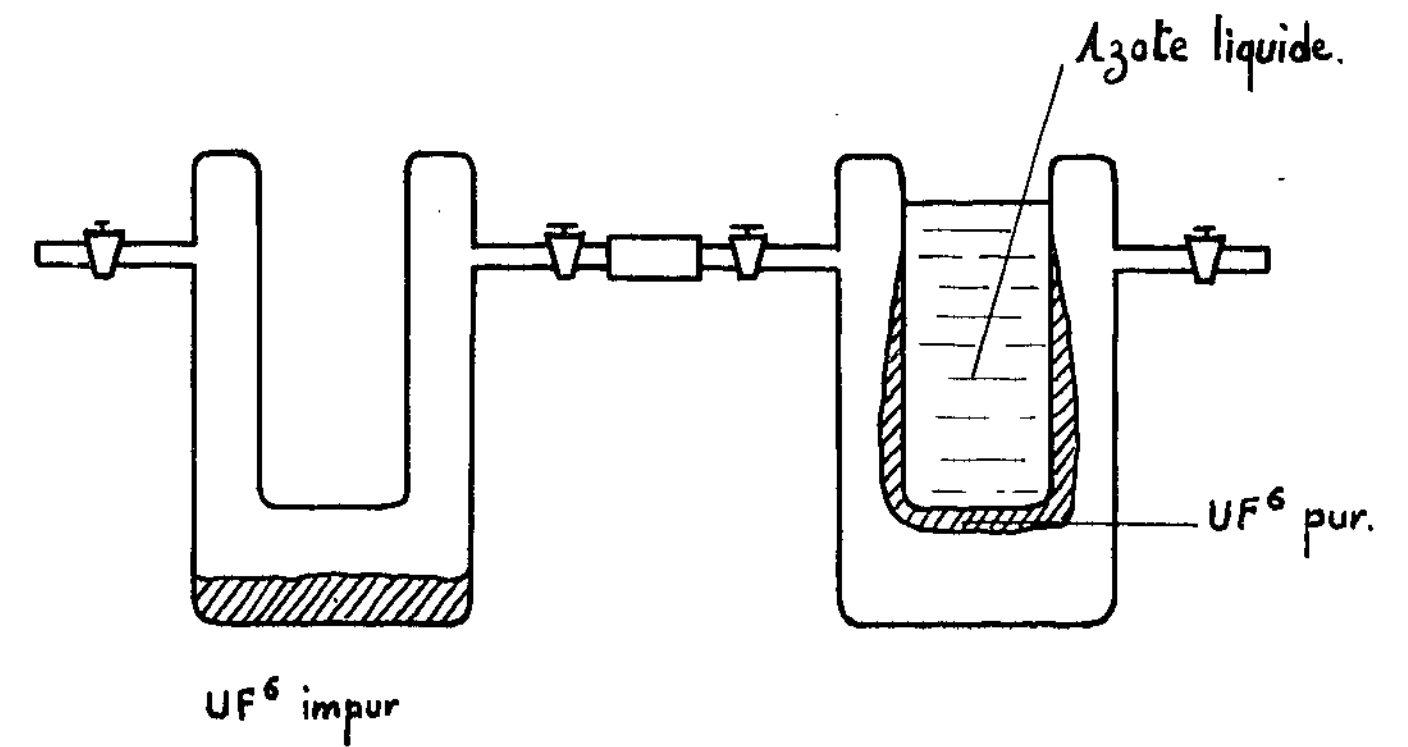
4° L'obtention de quantités importantes d' $\text{UF}_6$  impur en vue d'un envoi aux services du Bouchet.

5° La détermination théorique des réactions chimiques se passant dans le réacteur.

Manuscrit reçu le 20 janvier 1959.



- Fig. 1 -



- Fig. 2 -

# Usine Areva Malvési

22 décembre 2009

L'**usine Areva Malvési**<sup>3</sup> est une usine de raffinage et de conversion<sup>4</sup> du yellowcake (un concentré de minerai d'uranium) sous la forme de tétrafluorure d'uranium (UF<sub>4</sub>) située à Narbonne dans la zone industrielle de Malvezy. Elle a été exploitée par la Comurhex pendant 39 ans<sup>5</sup>, avant d'être intégrée dans le groupe Areva en 2014. Cette usine, spécialisée dans la chimie de l'uranium, épure des concentrés de minerais d'uranium pour en extraire des produits destinés à être transformés en combustible nucléaire. En janvier 2017, l'usine emploie un peu plus de 200 salariés<sup>6</sup>.

La zone industrielle de Malvezy, d'une superficie de 200 hectares<sup>7</sup>, comprend 31 000 m<sup>2</sup> de bâti et héberge l'usine d'Areva ainsi que plusieurs petites et moyennes industries : Gérard Bertrand (viticulture), Arterris (agriculture), Cegelec Nucléaire Sud-Est (Vinci Énergies), Camions du Midi (Camidi), etc. Cette zone comprend aussi une centrale solaire photovoltaïque, une douzaine de bassins de décantation, d'évaporation, de lagunage des eaux usées et de stockage de plus de 1 000 000 m<sup>3</sup> de résidus radioactifs.



## Site

Le site est une ancienne carrière de soufre, exploitée de 1935 à 1953, pour la production de dioxyde de soufre (œnologie), principalement destiné au vignoble du Languedoc<sup>8</sup>. L'exploitation de la mine de soufre a laissé sur le site un massif de résidus dans lequel ont été creusés les premiers bassins de l'usine atomique<sup>9</sup>.

Le site a été choisi par le [Commissariat à l'énergie atomique](#) en raison de son [climat favorable à l'évaporation](#) par les actions combinées du [Soleil](#) et des [vents](#). [Narbonne](#) compte 300 jours d'[ensoleillement](#) par an. Les deux vents dominants sont : le [cers](#), un vent soufflant du nord-ouest pratiquement toute l'année ; et le [marin](#), un vent en provenance de la [mer Méditerranée](#) située à environ 17 km au sud-est<sup>10</sup>.



Minerai de soufre provenant de Malvésí

L'usine de Malvésí est située à une altitude de 9 mètres [NGF](#)<sup>10</sup> au pied de l'[oppidum de Montlaurès](#), un [site archéologique](#) de la [civilisation celtique](#). L'usine est alimentée en eau par la source de l'Oeillal, une [source vaclusienne](#) qui jaillit au sud de l'oppidum<sup>11</sup>. La source et l'ensemble des eaux rejetées par l'usine alimentent le canal de Tauran, qui se déverse dans le [canal de la Robine](#), traverse le centre-ville de Narbonne, puis se jette dans l'[étang de Bages-Sigean](#)<sup>12</sup>.

## Historique

Après la [Seconde Guerre mondiale](#), la conversion des concentrés de minerais d'uranium débute en région parisienne à l'[usine du Bouchet](#). Cette usine alimente les premiers [réacteurs nucléaires](#) construits à [Fontenay-aux-Roses](#), [Saclay](#), [Grenoble](#) et [Marcoule](#), pour le développement de la [bombe atomique](#) française.

En 1956, le [CEA](#) prend la décision de décentraliser le raffinage de l'uranium. [Georges Guille](#) ([SFIO](#)), alors secrétaire d'État chargé des relations avec les Assemblées et de l'Énergie atomique du [gouvernement Guy Mollet](#), négocie l'installation d'une usine sur le site de Malvésí. La production de l'usine du Bouchet est alors limitée à 500 tonnes par an, tandis que celle de Malvésí est envisagée dans un premier temps à 1 000 t/an, avec possibilité d'extension à 2 000 t<sup>13</sup>. L'usine atomique de Malvésí est construite en 1958, puis inaugurée par le [général de Gaulle](#) en 1959.

Pour exploiter l'usine de Malvézi, le CEA fonde la *Société de Raffinage de l'Uranium (SRU)*, filiale commune du CEA, de la [Compagnie Saint-Gobain](#) et de la Société des Potasses et Engrais Chimiques (PEC)<sup>13</sup>.

## **1959 : démarrage de la production**

En 1959, l'usine démarre la production d'uranium métal (sous forme de lingots d'uranium non enrichi) utilisés par les réacteurs de la filière [uranium naturel graphite gaz](#) (UNGG). Les unités de production d'uranium métal de Malvézi atteignent un maximum d'environ 1 800 t/an en 1965, année du lancement du chantier du dernier réacteur de la filière française UNGG, le réacteur Bugey-1 de la [centrale nucléaire du Bugey](#).



Puis la production d'uranium métal décline à la suite de l'abandon de la filière UNGG, au profit de la filière américaine des [réacteurs à eau pressurisée](#) de [Westinghouse Electric](#), utilisant de l'[uranium enrichi](#). À partir de 1964, les activités de l'installation nucléaire de Malvézi se sont recentrées sur la production du [tétrafluorure d'uranium](#) (UF<sub>4</sub>) devant ensuite être converti à l'[Usine Comurhex de Pierrelatte](#), avant d'être enrichi à l'[usine militaire de Pierrelatte](#), pour la fabrication de combustible destiné à la fabrication des [bombes atomiques](#) en France.

## **1971 : création de la Comurhex**

En 1971, la SRU fusionne avec la *Société des Usines Chimiques de Pierrelatte* pour donner la société [Comurhex](#) (pour **CO**nversion **M**étal **UR**anium **HEX**afluorure), devenue en 1992 filiale à 100 % de la [Cogema](#) renommée [Areva NC](#). La production subit une forte augmentation dans les années 1970, pour atteindre entre 8 000 et 11 000 t pendant les années 1980.

De 1960 à 1983, l'usine de Malvézi convertit non seulement du [yellowcake](#)



issu des [mines d'uranium](#), mais également de l'[uranium de retraitement](#) (URT) provenant du traitement de combustibles nucléaires irradiés du [site nucléaire de Marcoule](#) (Gard). L'usine traite notamment du [nitrate d'uranyle](#) extrait des barres irradiées dans les réacteurs [G1](#), [G2](#) et [G3](#)<sup>14</sup>. Les déchets produits à cette époque, contenant notamment du [plutonium](#), de l'[américium 241](#) et du [technétium 99](#), sont alors entreposés dans les bassins sur le site même de l'usine et sont toujours en place en 2009<sup>15</sup>.

En 1975, les bassins de décantation B3, B5 et B6 sont creusés dans le massif de stériles de l'ancienne mine de soufre<sup>16</sup>.

En 1976, les [mines d'uranium françaises](#), exploitées par le CEA depuis la Seconde Guerre mondiale, sont cédées à la [Compagnie générale des matières atomiques](#).

## **Années 80 et 90 : montée en puissance de l'usine**

À partir de 1980, de nouveaux bassins d'évaporation (B7, B8 et B9) ont été creusés en contrebas du massif de stériles de la mine de soufre.

Des recherches en uranium effectuées par la [COGEMA](#) dans le [Minervois](#) avortent à [Laure-Minervois](#) en 1981, sous la pression de la population.

En 1984, le conseil général de l'Aude s'oppose au projet de mine d'uranium dans le Lauragais dit « concession de Tréville »<sup>17</sup>.

Un nouveau projet de mine d'uranium dans le Minervois est présenté par la Cogema lors d'une enquête publique en 1987<sup>18</sup>.

Le 20 décembre 1987, le journal local [l'Indépendant](#) publie un article sur une rencontre avec un groupe d'[extraterrestres](#) à proximité de l'entrée de l'usine de Malvés. À la suite de cet article, la [gendarmerie nationale française](#) effectue une enquête et se rend sur les lieux accompagnée du témoin, sans découvrir de preuves matérielles de cette rencontre<sup>19</sup>. Le [GEIPAN](#) classe ce phénomène comme non identifiable faute de données précises<sup>20</sup>.



La production annuelle maximale de 14 000 t est quasiment atteinte en 1997<sup>21</sup>. En 1999 est réalisée la déviation des eaux de l'Oeillal et du drainage des bassins de décantation.

En octobre 1999, la direction annonce prévoir la suppression de 63 emplois sur les 285 salariés Comurhex de l'usine de Malvési afin de réduire les coûts de production<sup>22</sup>.

Le 10 décembre 1999, la COGEMA abandonne son projet de mine d'uranium dans le Minervois après 23 ans d'oppositions locales<sup>23</sup>.

## Années 2000

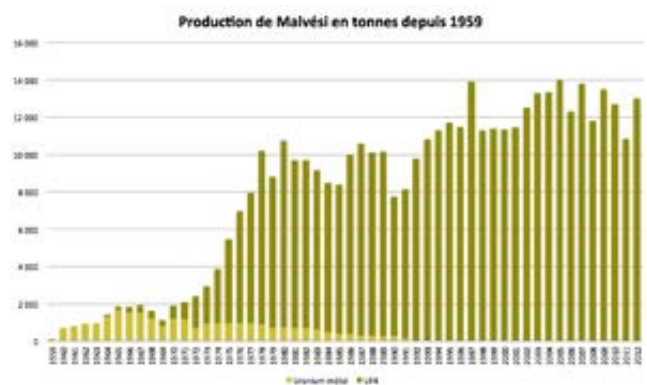
En 2001, 63 emplois sont supprimés et la CGT dénonce la dégradation des conditions de sécurité des salariés<sup>24</sup>.

En 2003 est mis en service une installation de traitement des rejets gazeux d'ammoniac.

En 2004, à la suite de fortes pluies, une digue du bassin B2 se rompt, entraînant l'écoulement de boues nitratées sur douze hectares, 15 000 m<sup>3</sup> selon [la Dépêche](#)<sup>25</sup>, 30 000 m<sup>3</sup> selon l'association écologiste locale ECCLA<sup>26</sup>. La préfecture de l'Aude interdit alors d'utiliser les bassins B1 et B2<sup>27</sup>. À la suite de la rupture de cette digue est creusé le bassin B10<sup>16</sup>, et divers travaux d'aménagement des bassins sont menés jusqu'en 2006<sup>28</sup>.

En juillet 2005 est créé un [Comité Local d'Information et de Concertation](#) (CLIC) sur la zone industrielle de Malvési<sup>29</sup>. Depuis lors le CLIC se réunit au moins une fois par an<sup>30</sup>.

La production annuelle maximale de 14 000 t est à nouveau atteinte en 2005<sup>21</sup>.



Production de l'usine de Malvési sur la période 1959-2012

Fin 2005-début 2006, 6 mois de précipitations exceptionnelles font déborder les lagunes de 30 000 m<sup>3</sup> d'effluents nitrates qui se répandent sur le site<sup>31</sup>.

Les bassins B11 et B12 sont construits sur la période de 2006 à 2008<sup>32</sup>.

Bassins	Construction	Capacité	Utilisa (201
B1-B2	?	291 700 m <sup>3</sup>	<a href="#">Entrep</a>
B3	1975	16 300 m <sup>3</sup>	Décant
B5-B6	1975	95 000 m <sup>3</sup>	
B7-B8- B9	>1980	210 000 m <sup>3</sup>	Évapor
B10	2004	120 000 m <sup>3</sup>	
B11	2006	70 000 m <sup>3</sup>	
B12	2008	51 000 m <sup>3</sup>	



Carte des bassins de l'usine de Malvési.

La consommation d'eau de l'usine atteint en 2005 130 mètres cube par tonnes d'uranium produite, soit 1,82 millions de mètres cube d'eau consommée dans l'année<sup>33</sup>.

En août 2007, la mise en service d'une nouvelle installation de refroidissement ramène la consommation d'eau à 100 000 m<sup>3</sup> par an<sup>34</sup>.

## Crise du nucléaire

En novembre et décembre 2011, Areva suspend pour deux mois la production de la Comurhex à Malvési, en raison d'une chute des commandes après la catastrophe de [Fukushima](#)<sup>35</sup>. Selon [Luc Oursel](#), président d'Areva, « il n'y a pas de chômage technique, le personnel va prendre des vacances ou suivre des activités de formation »<sup>36,37</sup>. Le syndicat Force Ouvrière (FO) évoque quant à lui un arrêt supplémentaire de quatre mois en 2012<sup>38</sup>.

En 2012, le groupe Areva importe environ 10 000 t d'uranium, dont 37 % du Niger<sup>39</sup>.

## Installation nucléaire de Base ECRIN

Article détaillé : [Entreposage confiné de résidus issus de la conversion](#).

La [CRIIRAD](#) analyse en 2006 le contenu de boues répandues dans l'environnement par la rupture de la digue du bassin B2, survenue en 2004, et y constate la présence de traces d'[américium](#)<sup>40</sup>, à un niveau de  $670 \text{ Bq kg}^{-1}$ . Cet isotope artificiel est un descendant du plutonium, résultant de la conversion dans le passé de l'usine de lots d'uranium de retraitement<sup>41</sup> (de 1960 à 1983)<sup>42</sup>. La CRIIRAD ne détecte pas de plutonium, mais en suppose l'existence, parce que l'américium est un descendant du plutonium 241 dans sa [chaîne de désintégration](#)<sup>40</sup>.

Ce marquage ne présente pas de danger particulier en termes de radioprotection. Un gramme d'[américium 241](#) (le seul isotope produit en [réacteur nucléaire](#)) présente par lui-même une radioactivité de  $127 \times 10^{12} \text{ Bq kg}^{-1}$ . Les traces détectées correspondent donc à un marquage de  $5,3 \times 10^{-12}$ , c'est-à-dire des [parties par million](#) de [partie par million](#)). La [dose efficace](#) engagée de l'[américium](#) (en [Sieverts](#) par [Becquerels](#)) est de  $2,0 \times 10^{-7} \text{ Sv Bq}^{-1}$ . Autrement dit, pour les concentrations relevées, les boues entraînent une irradiation par l'américium de  $0,134 \text{ mSv kg}^{-1}$  : il faudrait en avaler 7,46 kg dans l'année ( $20 \text{ g jour}^{-1}$ ) pour dépasser la limite réglementaire de  $1 \text{ mSV/an}$ . [\[réf. nécessaire\]](#)

Mais ce marquage, qui signe le passage d'[uranium de retraitement](#), implique que l'usine ne s'est pas limitée à « mettre en œuvre des substances radioactives exclusivement sous forme de minerai d'uranium ou de résidus ou de produits de traitement de ce minerai ». L'usine a également mis en œuvre dans le passé ces radionucléides artificiels, qui se trouvent encore dans les bassins. De ce fait, un tel entreposage sort de l'exception posée par le décret n°2007-830, et ne peut réglementairement être effectué que dans une installation nucléaire de base<sup>43</sup>. En janvier 2010, l'[Autorité de sûreté nucléaire](#) considère que les deux bassins où restent des traces d'américium constituent réglementairement un entreposage de matières nucléaires, et relèvent du régime juridique des [installations nucléaire de base](#) (INB)<sup>44</sup>. Pour l'ASN, les enjeux de sûreté

restent cependant limités, avec un risque sanitaire faible lié à la dispersion des radionucléides, et le site fait l'objet d'un bon suivi du marquage environnemental. Du 21 novembre jusqu'au 30 décembre 2013, la préfecture de l'Aude a ouvert une enquête publique pour la création de l'INB ECRIN (Entreposage Confiné des Résidus Issus de la conversion) pour deux bassins de Malvési. Le collectif audois pour la sortie du nucléaire réclame alors le classement de l'intégralité du site de la Comurhex comme installation nucléaire de base<sup>45</sup>.

En janvier 2013, considérant que ces bassins ont existé pendant ces trois dernières années sans l'autorisation requise, le [Réseau Sortir du nucléaire](#) a déposé une plainte<sup>46</sup>, laquelle est classée sans suite en septembre 2014, les faits étant prescrits.

## **Intégration de l'usine dans Areva NC**

En octobre 2012, environ 60 % des 250 salariés font grève pour protester contre les conditions du projet d'intégration de l'usine dans [Areva NC](#)<sup>47</sup>. Les syndicats entament alors une longue négociation sur la complémentaire retraite, la rémunération de l'ancienneté et le congé de fin de carrière<sup>48</sup>.

En janvier 2013, le directeur du site Jean-Marc Ligney annonce que l'usine va devenir « Areva NC Malvési »<sup>49</sup>. En septembre 2013, Jean-Marc Ligney est remplacé par Éric Delaunay à la direction du site<sup>1</sup>. Le 25 février 2014, l'entreprise Comurhex est radiée<sup>5</sup>, et le site est renommé « Areva Malvési » dans le cadre de la fusion de la Comurhex au sein de la maison mère Areva NC<sup>50</sup>.

## **Situation mondiale de l'usine**

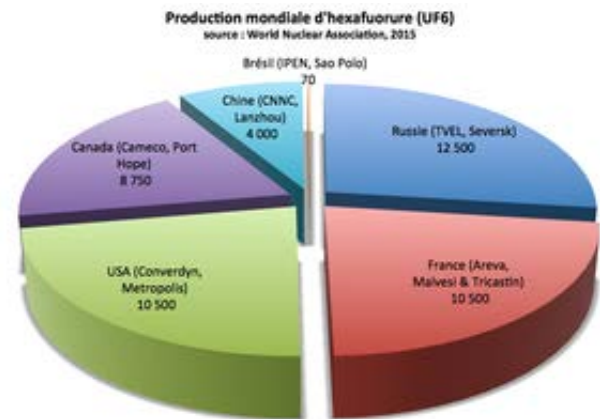
L'usine Areva Malvési est l'une des premières raffineries d'uranium au monde. Associée à l'[usine Comurhex de Pierrelatte](#), ces deux usines convertissent en UF<sub>6</sub> environ un cinquième de la capacité mondiale en uranium. En 2012, le parc des 58 réacteurs nucléaires français a besoin d'environ 8 000 tonnes d'uranium naturel par an, tandis que la totalité des

réacteurs européens de l'[OCDE](#) nécessitent environ 17 000 tonnes<sup>51</sup>.

## Autres usines similaires dans le monde

Hormis Malvési, il existe cinq grandes usines de conversion des concentrés de minerais d'uranium dans le monde<sup>52</sup> :

- en [Russie](#), la [Cité atomique d'Angarsk](#) dans le sud-est de la [Sibérie](#)<sup>53</sup>, ainsi que le complexe nucléaire de [Seversk](#) en Sibérie de l'ouest, peuvent à elles deux convertir 25 000 t/an
- aux [États-Unis](#), l'[usine Honeywell de transformation de l'uranium à Metropolis \(Illinois\)](#) peut raffiner jusqu'à 15 000 t/an ;
- au [Canada](#), associée à la [raffinerie d'uranium de Blind River](#) dans la province de l'[Ontario](#), l'usine [Cameco](#) située à [Port Hope](#) converti jusqu'à 12 500 t d'UF<sub>6</sub> et 2 800 t d'UO<sub>2</sub><sup>54</sup> ;
- au [Royaume-Uni](#), l'usine [Springfields](#) de la société [Springfields Fuels Limited](#) possédait une capacité de 6 000 t/an. Elle est à présent fermée.
- en [Chine](#), l'usine de la [Compagnie nucléaire nationale chinoise \(CNNC\)](#) convertie environ 3 000 t/an à [Lanzhou](#) ;
- au [Brésil](#), l'[Institut de recherche énergétique et nucléaire](#) converti environ 70 tonnes par an à [São Paulo](#).



Malvési traite environ 23 % de l'uranium naturel dans le monde (2015)

Depuis 2007, un projet est en cours au Kazakhstan : la société canadienne [Cameco](#) coopère avec la société kazakh [Kazatomprom](#) pour construire une usine de conversion sur le site de l'[usine métallurgique d'Oulba à Öskemen](#) dans le [Kazakhstan-Oriental](#). Le Canada et le Kazakhstan veulent investir 200 millions de dollars dans cette usine de conversion, d'une capacité prévisionnelle de 6000 tonnes d'uranium par an<sup>55</sup>.

D'autres complexes nucléaires raffinent et convertissent moins de 1% des



concentrés d'uranium mondiaux, notamment [Tokai-mura](#) (Japon), [Dimona](#) (Israël), [Dera Ghazi](#) (Pakistan), [Hyderabad](#) (Inde) , [Ispahan](#) (Iran), [Pilcaniyeu](#) (Argentine), [Pelindaba](#) (Afrique du sud), etc.<sup>56,57</sup>.

## Origine des concentrés d'uranium

Dans la [chaîne du combustible nucléaire](#), le raffinage de l'uranium suit l'[extraction de l'uranium](#) réalisée dans les [mines d'uranium](#).

## Exploitation de l'uranium en France

Article détaillé : [Exploitation de l'uranium en France](#).

En 1988, la production d'uranium dans les mines françaises atteint un pic de 3400 tonnes, ce qui permet alors à la France de couvrir la moitié des besoins des réacteurs nucléaires français. Les mines françaises sont gérées par des divisions de la [Compagnie générale des matières atomiques](#) (COGEMA), et notamment la [Division minière de Vendée](#). À partir de 1989, de nombreuses mines sont fermées. En raison du déclin des mines, le nombre d'emplois dans le secteur passe d'environ 2900 en 1989, à 1400 fin 1992<sup>58</sup>.

## Importation de l'uranium depuis l'étranger

Depuis la fermeture de la dernière mine d'uranium française en 2001, les concentrés de minerais d'uranium (*yellowcake*) proviennent uniquement des mines étrangères d'Areva, situées principalement dans les pays suivants : [Niger](#), [Canada](#) et [Kazakhstan](#) . Fournis par la filiale [Areva Mines](#), ils sont acheminés selon leur origine :

- [Niger](#) ([Aïr](#) et [Akouta](#)): les concentrés partent d'[Arlit](#) par camion sous escorte jusqu'à [Parakou](#) (Bénin), puis sont chargés sur des wagons qui parcourent encore 400 km jusqu'au port de [Cotonou](#) (Bénin)<sup>59</sup> puis par bateau jusqu'au [port du Havre](#), de [Montoire](#) près de Nantes<sup>60</sup>, de



L'uranium arrive parfois via le [port du Havre](#) ou d'autres ports européens, puis est acheminé par le train jusqu'à Malvési.

Fos, de [Sète](#) ou de [Port-la-Nouvelle](#) puis par train jusqu'à Malvési.

- [Kazakhstan](#) ([Tortkuduk](#) et [Muyunkum](#)) et [Ouzbékistan](#) : en train à travers la Russie jusqu'au [Port de Saint Petersburg](#) où ils empruntent le [canal de Kiel](#) par bateau jusqu'au [Port de Hambourg](#), puis ils sont déchargés et transportés par le rail jusqu'à Narbonne<sup>61</sup>.
- [Canada](#) ([McArthur River](#) et [Cigar Lake](#)): par bateau via le [port de Montréal](#)<sup>62</sup>.
- [Namibie](#) : après avoir traversé la Russie, déchargement au [port de Hambourg](#) pour être acheminé par le rail jusqu'à Narbonne.

## Stockage de l'uranium sur site

Sur la partie nord du site de Malvési est située une aire de stockage des concentrés d'uranium (*yellowcake*) d'une capacité de 25 000 t en 1990, pouvant être portée à 40 000 t.

En 2015, 20 000 tonnes de concentrés d'uranium seraient stockées sur le site de Malvési<sup>63</sup>.

## Activités de l'usine

### Transformations chimiques

L'usine purifie le [yellowcake](#) puis réalise la fluoration de l'uranium en [tétrafluorure d'uranium](#) (UF<sub>4</sub>), par divers processus physico-chimiques mettant en œuvre de l'[acide nitrique](#), de l'[ammoniac](#) (3 à 4 000 t/an), de l'[hydrogène](#) et de l'[acide fluorhydrique](#) (4 000 à 5 000 t/an).

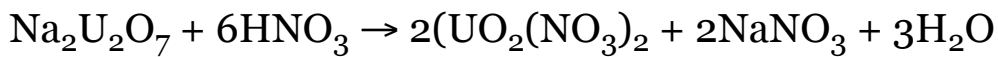
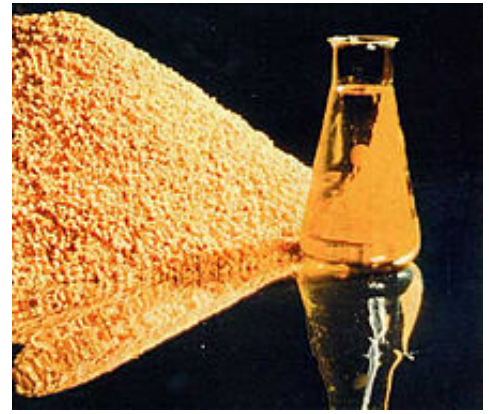
Les transformations chimiques principales pour la synthèse de l'UF<sub>4</sub> sont regroupées en deux étapes : le raffinage (dissolution, purification, réextraction) et la conversion (précipitation, dénitrification, réduction, fluoration)<sup>64</sup> :

### Raffinage

#### Dissolution

Les fûts et containers de yellowcake sont vidés dans un [silo](#), qui débouche

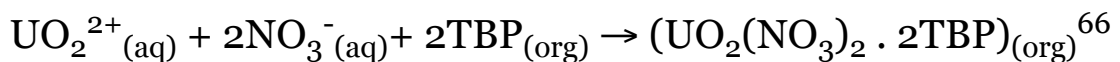
dans une cuve de dissolution alimentée en acide nitrique, pour obtenir un produit liquide contenant le nitrate d'uranyle de formule chimique  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ , du nitrate de sodium ( $\text{NaNO}_3$ ) et diverses impuretés. Le diuranate de sodium - l'un des constituants les plus importants du yellow cake, avec des uranates de magnésium, d'ammonium, etc. - est attaqué par l'acide nitrique selon la réaction :



Ce traitement est suivi d'une filtration<sup>65</sup>.

## **Purification**

La solution aqueuse de nitrate d'uranyle est purifiée dans une colonne de purification par extraction liquide-liquide avec une solution organique de tributylphosphate (TBP) diluée dans le dodécane et/ou le kérosène. La phase aqueuse et la phase organique étant non miscibles, le TBP fixe le nitrate d'uranyle sous forme d'un complexe à la surface de séparation entre les deux phases :



Les impuretés restent dans la phase aqueuse d'acide nitrique. Cette étape permet alors d'obtenir un nitrate d'uranyle de grande pureté dite "pureté nucléaire" (>99,95 %), . La purification est un procédé classique de l'hydrométallurgie. La pureté de l'uranium destiné au combustible nucléaire est bien supérieure à celle obtenue dans la métallurgie classique<sup>67</sup>.

## **Réextraction**

L'étape de réextraction consiste à refaire passer le nitrate d'uranyle purifié en phase aqueuse. Elle se produit dans la colonne alimentée cette fois par de l'eau déminéralisée. Le solvant organique récupéré lors de la

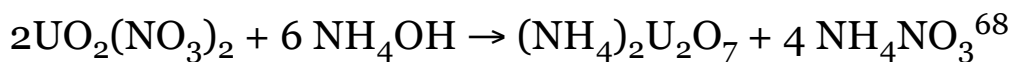


réextraction est alors recyclé <sup>65</sup>.

## Conversion

### Précipitation

La dissolution d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) gazeux dans la solution purifiée produit de l'hydroxyde d'ammonium (NH<sub>4</sub>OH). Celui-ci réagit avec le nitrate d'uranyle pour former un précipité de diuranate d'ammonium (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>U<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (DUA) selon la réaction suivante :



### Dénitration

Après filtration et séchage, le diuranate d'ammonium est calciné (ou dénitraté) en trioxyde d'uranium UO<sub>3</sub><sup>69</sup> dans un four à très haute température (environ 400 °C).

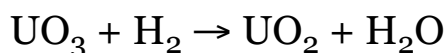


Dans le cadre du projet Comurhex II, l'usine de Malvésy va mettre en place un procédé de dénitration thermique nommé *Isoflash* afin de remplacer les étapes de précipitation et calcination du diuranate d'ammonium<sup>70</sup>.

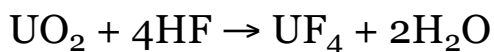
### Réduction et fluoration

Dans un même four en forme de "L", le trioxyde d'uranium est réduit par le dihydrogène en dioxyde d'uranium (UO<sub>2</sub>), vers 650-800°C, puis fluoré en tétrafluorure d'uranium (UF<sub>4</sub>) par acide fluorhydrique (HF), entre 350 et 600°C<sup>71</sup>.

- réduction par l'hydrogène du trioxyde d'uranium en dioxyde d'uranium :



- fluoration en tétrafluorure d'uranium par passage du dioxyde d'uranium dans de l'acide fluorhydrique (HF) gazeux :



Le tétrafluorure d'uranium ( $\text{UF}_4$ ) obtenu peut éventuellement être réduit avec du [calcium](#) pour obtenir de l'uranium pur sous sa forme métallique.

## **Bassins de lagunage**

Les effluents qui résultent du procédé de [purification](#) sont dirigés vers l'atelier de récupération, puis envoyés vers les bassins de lagunage. Le site est équipé de 12 bassins de lagunage occupant 18 hectares pour la [décantation](#) et l'[évaporation](#) de 64 000 m<sup>3</sup>/an d'effluents [nitrates](#) contenant de l'uranium naturel.

Ces bassins recueillaient à la fin de l'année 2010 les [résidus de traitement de conversion de l'uranium](#) (RTCUC) de 50 années de production, soit 1 000 000 m<sup>3</sup> de déchets contenant cent mille milliards de [Becquerel](#) d'activité radioactive<sup>72</sup>.

## **Décantation**

Dans les bassins de décantation, les éléments solides se déposent sous l'effet de la [gravité](#) et sont laissés sur place. Les effluents liquides surnageant sont transférés par gravité dans les bassins d'évaporation.

- les bassins B1 et B2 sont d'anciens bassins de décantation, inutilisés depuis l'interdiction préfectorale à la suite de l'accident de 2004, et soumis depuis 2009 au régime des [installations nucléaires de base](#) (INB). Ils constituent l'INB ECRIN ([Entreposage Confiné de Résidus Issus de la conversion](#))<sup>73</sup> ;
- les bassins B3, B5 et B6 sont des bassins de décantation en activité ;

## **Évaporation**

Les bassins d'évaporation fonctionnent comme un [marais salant](#), laissant s'évaporer l'eau naturellement sous l'action du soleil et du vent<sup>74</sup>.

- les bassins B7, B8, B9, B10, B11 et B12 sont des bassins d'évaporation en activité.

## Expédition de la production

En 2009, les principaux clients de l'usine étaient EDF (49 %), le Japon (14 %) et les États-Unis (9 %) <sup>75</sup>. À la suite de la [catastrophe de Fukushima](#), l'usine ne vend plus d'uranium au Japon en raison de l'arrêt des réacteurs nucléaires. Selon la [CGT](#), en 2015, l'uranium converti qu'Areva vendait aux Japonais est vendu aux États-Unis <sup>76</sup>.



Environ les 3 quarts de la production est expédiée à l'[usine Comurhex de Pierrelatte](#) dans la Drôme, le reste étant exporté. Le tétrafluorure d'uranium ( $UF_4$ ) produit à Malvési est alors transformé sous la forme gazeuse d'[hexafluorure d'uranium](#) ( $UF_6$ ) puis enrichi en [uranium 235](#) dans l'[usine Georges Besse II](#).



Mesure de radioactivité à proximité d'un train d' $UF_4$  sortant de Malvési

## Transports par camion

Jusqu'en 2013, des poids-lourds quittaient quotidiennement l'usine de Malvési, chargés de 60 t de [tétrafluorure d'uranium](#) ( $UF_4$ ) avant de partir vers le [site nucléaire de Tricastin](#) en empruntant l'[autoroute Languedocienne](#) (A9) puis l'[autoroute du Soleil](#) (A7) <sup>77</sup>.

Dans un film tourné en 2008, lors d'un dépassement en voiture d'un camion d' $UF_4$  circulant sur l'autoroute, la [CRIIRAD](#), laboratoire d'analyses dans le domaine de la radioactivité, a mesuré une radioactivité d'environ 1 600 [becquerels](#) <sup>78</sup>.

Le 12 septembre 2013, une cinquantaine de militants du collectif Stop Uranium bloquent de manière pacifique un camion chargé de tétrafluorure d'uranium en provenance de Malvési pendant près d'une heure <sup>79</sup>. Des

militants ont effectué des mesures de radioactivité qui s'élèvent à 7 200 [nSv/h](#), soit 120 fois le « bruit de fond » naturel<sup>80</sup>.

## **Stockage de résidus radioactifs**

Article détaillé : [Résidus de traitement de conversion de l'uranium](#).

Les eaux usées par les procédés de [raffinage](#) et de [conversion](#) des minerais d'uranium sont stockées sur le site dans les bassins à ciel ouvert. À la fin de l'année 2010, le volume total des résidus radioactifs stockés sur le site dans les différents bassins atteint un volume de près de 1 000 000 m<sup>3</sup>.

## **INB ECRIN**

Article détaillé : [Entreposage confiné de résidus issus de la conversion](#).

Les bassins B1 et B2 du site ont été dénommés ECRIN comme *Entreposage Confiné des Résidus issus de la conversion*. Il s'agit d'une [installation nucléaire de base](#) en raison des [déchets radioactifs](#) contenus dans de ces bassins. Le réseau [Sortir du nucléaire](#) réclame le classement de l'intégralité du site de Malvési comme installation nucléaire de base en raison du plutonium et autres produits radioactifs présents sur le site<sup>45</sup>.

## **Centrale solaire**

La [communauté d'agglomération de la Narbonnaise](#) a décidé d'installer au lieu-dit Malvési « la plus importante centrale de production d'électricité solaire [photovoltaïque](#) de France, et la troisième d'Europe ». Le 5 septembre 2007, le maire de [Narbonne](#) a signé avec le président d'[EDF Énergies Nouvelles](#) France, une promesse de [bail emphytéotique](#) de vingt ans sur un terrain pour 80 000 m<sup>2</sup> de [panneaux solaires](#), et une production d'environ 10 MW, soit l'équivalent de la consommation des bâtiments publics de la ville<sup>81</sup>.

Le parc solaire est construit par Belectric sur un ancien site pollué inutilisable. En décembre 2008, [EDF](#) inaugure sa plus grande centrale solaire à Malvési<sup>82</sup>.

# Sûreté

## Normes qualité

Le site Areva Malvési est le premier [site industriel](#) français à être certifié [ISO 50001](#) à la suite d'un audit fin octobre 2012 de l'[AFNOR](#). Cette [certification](#), qui s'ajoute à la tri-certification [ISO 9001](#) des Systèmes de Management de la qualité, [ISO 14001](#) des Systèmes de Management de l'environnement et [OHSAS 18001](#) des Systèmes de Management de la sécurité, permettra au site de valoriser les certificats d'[économies d'énergie](#)<sup>83</sup>.

## Risque industriel

Malvési est une [installation classée pour la protection de l'environnement](#) (ICPE) soumise à la [directive Seveso 2](#) sur « la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses ». Depuis janvier 2010, l'usine est aussi en partie classée [installation nucléaire de base](#) (INB), car l'[Autorité de sûreté nucléaire](#) (ASN) a demandé le classement en [INB](#) d'une partie des bassins<sup>44</sup>.

Les communes de [Narbonne](#) et de [Moussan](#) sont classées avec un [risque](#) technologique industriel de « seuil haut<sup>84</sup> ».

Le 15 octobre 2011, à l'occasion de la journée nationale de mobilisation pour la [sortie du nucléaire](#), une délégation s'est rendue à Malvési. Elle était composée de citoyens et de représentants de groupes et d'associations tels que [Faucheurs volontaires d'OGM](#), [Réseau Sortir du Nucléaire](#), [les Verts](#), [Greenpeace](#) et [Confédération paysanne](#). Ils ont rappelé que ce site représente une cible prioritaire en cas de guerre ou conflit<sup>85</sup>.

## Matières et déchets radioactifs

Au 31 décembre 2010, selon l'inventaire de l'[ANDRA](#), environ 16 000 t d'[uranium naturel](#) étaient entreposées sur les sites de Malvési (11) et de Pierrelatte (26)<sup>86</sup>. Les déchets radioactifs présents dans les bassins, désignés par l'ANDRA par le sigle [RTC](#) pour *Résidus de traitement de*

*conversion de l'uranium*, occupaient un volume total d'environ 600 000 m<sup>3</sup> à la fin 2010. En 2010, l'inventaire comprenait :

- 300 000 m<sup>3</sup> de boues radioactives dans les bassins de décantation B1 à B6 ;
- 321 000 m<sup>3</sup> de solutions nitratées radioactives dans les bassins d'évaporation B7 à B12 ;

auxquels pourraient s'ajouter 200 000 à 300 000 m<sup>3</sup> de stériles miniers et boues contaminées par les infiltrations des bassins non revêtus de membrane à l'origine<sup>87</sup>.

Les [déchets nucléaire de très faible activité](#) représentent en 2010 un total d'environ 7 000 t de ferrailles, fûts, enrobés, etc., stockés dans l'usine en attente de traitement ou d'expédition.

Les déchets de l'installation nucléaire de Malvési, devraient faire l'objet (entre 2013 et 2016) d'une étude des conditions de gestion de ses déchets (avec l'[Andra](#) pour ce qui concerne leur stockage), en étudiant de possibles synergies de traitement optimisé avec certains déchets [uranifères](#) ou [thorifères](#). Selon le projet de décret (2013) - sous réserve de modification - AREVA et l'Andra devraient rendre des propositions avant le 30 septembre 2014 aux ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire, avant avis de l'[ASN](#)<sup>88</sup>.

En janvier 2014, la [CRIIRAD](#) réalise des mesures qui mettent en évidence l'irradiation élevée aux limites du site de Malvési<sup>89</sup>.

## **Incidents et accidents**

### **1974 : fuite d'uranium sur les voies ferrées**

Le 3 décembre 1974, un choc se produit entre deux containers placés sur un wagon plate-forme sortant de la gare de Narbonne en direction de Malvési. De la poudre d'[uranate](#) de magnésium s'est répandue sur près de 4 kilomètres de voie ferrée. Une équipe de spécialistes venus de [Marcoule](#) a inspecté la voie pendant 24 heures<sup>90</sup>



## **1979 : explosion**

En [février 1979](#), une forte explosion se produit dans le bâtiment de la fluoration mais aucune dispersion de produits radioactifs n'est détectée, pas plus que de vapeurs d'acide<sup>91</sup>.

## **2001 : déraillement en gare de Narbonne**

Le [10 mars 2001](#), un accident provoque le déraillement de trois wagons, soit plus de 100 t d'[acide fluorhydrique](#) en gare de [Narbonne](#), par effondrement de la voie. Deux wagons ont pu être relevés le 3 avril ; le dernier n'a été relevé que le 29 avril après une opération assez délicate nécessitant l'évacuation partielle de la population<sup>92,93</sup>.

## **2004 : rupture d'une digue du bassin B2**

Le [20 mars 2004](#), une digue du bassin de lagunage B2 s'est rompue relâchant 30 000 m<sup>3</sup> de boues contenant de l'uranium, du [radium](#) et divers produits chimiques<sup>94</sup>. Le 22 mars, l'exploitant entreprend la construction d'un merlon pour retenir les boues. Les boues sont arrêtées dans le terrain de Comurhex et n'ont pas atteint le canal du Tauran. Trois jours après la rupture de la digue, l'utilisation des bassins B1 et B2 pour la décantation des effluents liquides est interdite par [arrêté préfectoral](#)<sup>73</sup>. L'usine a été stoppée pendant 12 jours<sup>95</sup>.

Dans les boues relâchées, la presse dénonce la présence de [plutonium](#)<sup>94</sup>, car la présence d'un de ses descendants par [filiation radioactive](#), l'[américium](#), a été confirmée.

## **Depuis 2006**

À la fin [janvier 2006](#), des pluies intenses ont inondé la plaine de la Livière<sup>96</sup>, une partie des terrains du site de production et se sont accumulées sur une zone entourant les bassins de décantation et de lagunage des effluents aqueux issus du procédé de l'usine. Il a subsisté sur le site environ 50 000 m<sup>3</sup> d'eaux chargées en nitrates à une teneur de plusieurs grammes par litre et en uranium à une teneur de 0,5 mg/L, du

fait de la mise en contact avec des terrains pollués. Les teneurs en nitrates, observées à l'aval de l'usine sur le [canal de la Mayral](#), ont atteint des valeurs de près de 80 mg/L pour une valeur habituelle de l'ordre de 20 mg/L.

En [juin-juillet 2006](#), une fuite d'effluents contaminés a entraîné une [contamination radioactive](#) à l'intérieur du site Comurhex et en limite de site au niveau de deux voies ferrées [SNCF](#).

En [juillet 2007](#), un fût d'uranium en provenance du Niger a été accidentellement entaillé sur environ 5 cm pendant son transport. Une trentaine de kilogrammes de matière se sont répandus dans le conteneur déchargé à Malvési. L'[ASN](#) a classé cet événement au niveau 1 (anomalie) de l'[échelle INES](#)<sup>97</sup>.

Les 23 et 24 [août 2009](#), des déversements de fluor et d'uranium sont constatés. Les volumes en fluor représentent trois à quatre fois la dose maximale<sup>98</sup>, ce qui cause la mort de poissons et entraîne une action en justice de groupes écologistes. Les eaux contaminées sont déversées dans le canal de Tauran et rejoignent la Robine puis l'étang de Bages-Sigean et enfin la mer à Port-La Nouvelle. L'eau de la Robine est alors interdite pour un usage agricole. Des agents de l'[Onema](#) avaient plusieurs fois mis en garde la Comurhex mais la direction n'en avait jamais tenu compte<sup>99</sup>. L'accident n'avait été rendu public qu'un jour et demi après.

## **Procès**

### **Travailleurs victimes de la radioactivité**

En avril 2009, la [caisse primaire d'assurance maladie](#) (CPAM) reconnaît le [cancer broncho-pulmonaire](#) par inhalation de Bernard Moya, salarié Comurhex durant 32 ans, comme maladie professionnelle liée à la [radioactivité](#) qui a entraîné le décès de la victime.

Michel Leclerc, travailleur à Malvési pour un sous-traitant d'août 1980 à juin 1984, a développé une [leucémie myéloïde chronique](#). Ses urines ont présenté un taux d'uranium très élevé en avril 1983. Après déclaration de la



maladie professionnelle en avril 1992, reconnue par la caisse primaire d'assurance maladie en octobre 1992, le [Tribunal des affaires de Sécurité sociale](#) de [Carcassonne](#) a condamné en 1999 la Comurhex aux entiers dépens pour une faute en relation avec son préjudice<sup>100</sup>. En juin 2012, le [tribunal de grande instance](#) (TGI) de Narbonne reconnaissait la responsabilité de l'entreprise Comurhex dans la leucémie développée par Michel Leclerc. Le 5 novembre 2012, la [cour d'appel de Montpellier](#) a infirmé le jugement du TGI de Narbonne. Le 26 mars 2013, [José Bové](#) est venu devant le tribunal de Narbonne soutenir Michel Leclerc dans son procès contre la Comurhex<sup>101</sup>.

François Gambart, décédé en 2001, a développé une [leucémie](#) aiguë mise en évidence en 1999 et déclarée maladie professionnelle en 2000. Devant le refus de prise en charge par la CPAM, les ayants droit ont saisi le Tribunal des affaires de la [sécurité sociale](#) qui a reconnu le caractère professionnel de la maladie par jugement en 2005, confirmé par un arrêt de la chambre sociale de la cour d'appel de [Montpellier](#) en 2006<sup>100</sup>.

Serge Belli, sous-traitant intervenu pour colmater les brèches d'une digue qui s'est rompue en 2004, et éviter une catastrophe pour la ville de Narbonne, a développé une [leucémie lymphoïde chronique](#) en 2007. Sa maladie n'est pas reconnue comme une maladie professionnelle, car la sécurité sociale estime qu'il n'existe pas de lien avec la radioactivité de la Comurhex<sup>102</sup>.

Selon une enquête du magazine [Nexus](#), la liste des salariés ayant contracté un cancer comprend aussi les 9 personnes suivantes : AH, leucémie, MG, cancer des reins, décédé, SB, cancer, MV, leucémie, RM, cancer, Dr G, médecine du travail, leucémie, CR, cancer de la vessie, AS, cancer du poumon et MR, cancer.

## **Travailleurs sanctionnés**

En octobre 2013, une partie des salariés font grève à la suite de mesures disciplinaires prises par la Comurhex à l'encontre de cinq opérateurs et d'un chef de poste<sup>103</sup>. En avril 2014, le [conseil des Prud'hommes](#) a rendu

une décision favorable aux salariés visés par des procédures<sup>104</sup>. En juin 2014, le tribunal de Narbonne juge nulle la demande du syndicat [CGT](#) qui avait assigné Areva-Malvesi pour [discriminations](#) syndicales envers trois [délégués du personnel](#)<sup>105</sup>.

En mars 2017, 95 salariés sont mis à pied pour des raisons de sécurité suite à une action de grève lancée par la CGT pour une revalorisation des primes<sup>106</sup>. La CGT décide alors de déposer un recours en justice<sup>107</sup>.

## **Contaminations de l'environnement**

Vingt-huit pêcheurs de l'[étang de Bages-Sigean \(Aude\)](#) ont déposé une plainte en mai 1996 pour « trouble de jouissance anormale du voisinage, générateur d'un préjudice financier pour les marins pêcheurs ». Les juges ont condamné plusieurs entreprises au prorata de leur responsabilité établie par l'expert : la Comurhex, qui a participé à 50 % de l'[eutrophisation](#) de l'étang par apports d'[azote](#) chroniques ou accidentels de 1990 à 1998, devra payer 239 371 € de dommages-intérêts<sup>108</sup>.



Entrée de l'usine de Malvesi

En août 2009, Areva envoie des effluents contenant de 5 à 50 fois les concentrations admissibles en uranium, fluor et ammonium dans le canal du Tauran.

En décembre 2011, la Comurhex est à nouveau condamnée à 60 000 € d'amende pour avoir déversé des substances nuisibles dans l'environnement entre le 21 août et le 25 août 2009<sup>109</sup>.

En janvier 2014, le laboratoire de la [CRIIRAD](#) réalise une mesure des radiations à la clôture du site à l'intérieur d'un véhicule. Le taux de radiation mesuré atteint 11176 [becquerels](#) de [rayonnement gamma](#). Le responsable du site met en cause le test effectué par la Criirad<sup>110</sup>.

## **Régime juridique du site**

En janvier 2013, le [réseau Sortir du nucléaire](#) a déposé une plainte, car des analyses ont révélé qu'une partie des bassins situés sur le site, placé sous le régime juridique des [Installations classées pour la protection de l'environnement](#), aurait dû relever du régime des [installations nucléaires de base](#) (INB) dès 2007<sup>111</sup>. Le 22 juillet 2015, l'[ASN](#) autorise la société Areva par décret à créer et exploiter une installation nucléaire de base, dénommée *Ecrin* pour *Entreposage confiné de résidus issus de la conversion*<sup>112</sup>.

## **Blocage des transports d'UF<sub>4</sub>**

Le 12 septembre 2013, un camion chargé d'UF<sub>4</sub> sortant de l'usine est bloqué par une cinquantaine de militants du collectif "stop uranium" à l'entrée d'un rond point de la rocade de Narbonne<sup>79,113</sup>. Une militante est alors interpellée pour entrave à la circulation. Le 7 janvier, 23 personnes se sont présentées devant le tribunal de Narbonne comme [comparants volontaires](#)<sup>114</sup>. Le 20 février 2014, Le tribunal de Narbonne a reconnu la militante coupable d'entrave à la circulation et lui a retiré 6 points sur son permis, mais l'a dispensée de peine<sup>115</sup>, le [procureur](#) ayant reconnu la légitimité de l'action militante<sup>116</sup>.

Depuis cette action de blocage d'un camion par des militants, les transports d'UF<sub>4</sub> provenant de l'usine ne partent plus par camion mais en train, une fois par semaine tous les samedis matin<sup>117</sup>.

Le samedi 15 avril 2017, une cinquantaine de militants du collectif "stop uranium" ont bloqué un train sortant de l'usine Areva Malvési à proximité du cimetière de l'Ouest. Le train est resté à l'arrêt pendant environ 2 heures, pendant lesquelles 2 militantes ont escaladé un tripode installé au-dessus des voies<sup>118</sup>.

## **Projet Comurhex II**

Dès 1997, la société Comurhex développe un nouveau procédé sur un pilote au sein du site de Malvési pour obtenir le trioxyde d'uranium par calcination directe du nitrate d'uranyle. Les avantages escomptés sont

d'ordre économique (réduire les coûts de production) mais aussi d'ordre écologique (réduire les rejets d'ammoniaque)<sup>119</sup>.

En juin 2007, [Areva](#) annonce son projet - intitulé *Comurhex II* - de nouvelles usines de conversion de l'uranium. Le projet, qui est réparti sur les sites Comurhex de Malvésy et de [Pierrelatte](#) dans la Drôme, atteint un montant total d'environ 600 millions d'euros. Les travaux de génie civil ont commencé en novembre 2009. La pleine capacité de production est estimée à 15 000 t annuelles, avec un capacité d'extension possible à 21 000 t annuelles<sup>120</sup>.

En mai 2008, Comurhex inaugure sa nouvelle base vie au nord du site. C'est la première pierre du projet Comurhex II<sup>121</sup>.

En septembre 2011, le ministre de l'industrie [Éric Besson](#), accompagné par [Sébastien de Montessus](#), le responsable Mines d'Areva, fait un voyage auprès des autorités du Kazakhstan car il projette de faire entrer le groupe kazakh [Kazatomprom](#) au capital de Comurhex II, en contrepartie de la montée en régime de la [mine d'uranium de Tortkuduk](#) d'Areva au Kazakhstan<sup>122</sup>.

Début 2012, Areva annonce une [dépréciation](#) de 212 millions d'euros sur le projet Comurhex II<sup>123</sup>.

Début 2014, la direction du site annonce que la construction du génie civil de la nouvelle usine est achevée<sup>124</sup>. En septembre 2014, selon le quotidien économique [Les Échos](#), la nouvelle usine Comurhex 2 connaît des *dérapages budgétaires*<sup>125</sup>. En janvier 2015, la [CFDT](#) affirme que le démarrage de Comurhex 2 est reculé, et que l'autorisation de continuer

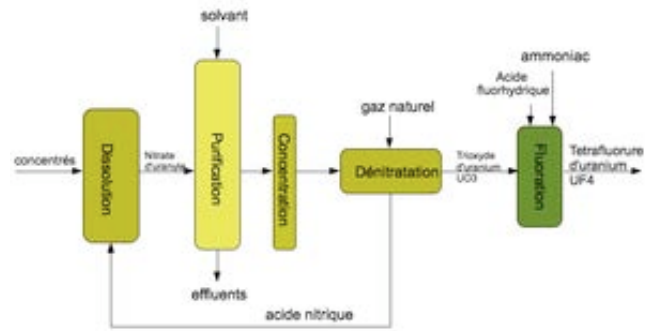


Schéma du nouveau procédé Comhurex II



Base vie et zone d'entreposage des futs de yellow cake

l'exploitation de Comurhex 1 toujours pas obtenue<sup>126</sup>. En mai 2015, la CGT affirme que le coût du projet Comurhex II aurait doublé pour atteindre plus de 1,2 milliards d'euros<sup>76</sup>.

En 2016, Areva commande à l'entreprise narbonnaise Defacto un dépliant grand public pour illustrer les mesures de précaution à prendre en cas d'incident<sup>127</sup>.

## **Projet de traitement des nitrates TDN-THOR**

En septembre 2016, la construction d'une unité de "traitement des nitrates" des bassins d'évaporation et de décantation du site de Malvési est mise à l'enquête publique. En novembre, le commissaire enquêteur donne un avis favorable au projet, en dépit de l'avis défavorable de l'association Rubresus qui met en évidence l'émission considérable de polluants atmosphériques de ce projet. En décembre 2016, Areva signe un contrat avec la société suédoise [Studsvik](#) pour poursuivre les études d'ingénierie liées à la mise en place de la technologie THOR (*Thermal organic reduction*) dans l'unité de traitement des nitrates (TDN). Un paiement de 18 millions de couronnes suédoises (1,85 millions d'euros) est prévu pour la réalisation du contrat<sup>128</sup>.

En février 2017, le collectif de vigilance sur les déchets de Malvési (Covidem) organise une réunion publique à la médiathèque de Narbonne<sup>129</sup>. La préfecture reporte la décision d'autorisation du projet au mois de mai 2017. Le samedi 25 mars, environ 300 personnes manifestent en famille contre le projet TDN-THOR, dans le village de [Moussan](#) situé à seulement 3 km de l'usine<sup>130</sup>. Le 6 avril, les élus de la mairie de Narbonne tiennent un conseil municipal extraordinaire pour entendre les arguments des associations Rubresus et Eccla<sup>131</sup>.

Le 9 mai, la préfecture de l'Aude reporte à nouveau sa décision concernant le projet TDN au 9 août 2017. Le 13 mai, 1249 personnes se réunissent devant l'hôtel de ville de Narbonne en formant un papillon géant pour dire "oui à la vie, non au TDN"<sup>132</sup>.



## Notes et références

- <sup>a et b</sup> ↑ [Narbonne : un nouveau directeur à la Comurhex \[archive\]](#), *Midi Libre*, 16 septembre 2013
- (en) [Information Library > Nuclear Fuel Cycle > Conversion Enrichment and Fabrication \[archive\]](#) - World Nuclear Association
- On trouve parfois Malvési orthographié « Malvézy » ou « Malvesy ».
- en chimie la conversion correspond à la transformation d'un réactif par une [réaction chimique](#)
- <sup>a et b</sup> ↑ [Présentation de la société Comurhex \[archive\]](#), sur *societe.com*
- Traitement des nitrates, la mise au point du directeur d'Areva Malvési, *Midi Libre*, 28/01/2017
- [http://www.mairie-narbonne.fr/fr\\_zone-industrielle-malvezy](http://www.mairie-narbonne.fr/fr_zone-industrielle-malvezy) [archive]
- [http://www.wiki-narbonne.fr/index.php?title=Usine\\_de\\_soufre\\_de\\_Malv%C3%A9zy](http://www.wiki-narbonne.fr/index.php?title=Usine_de_soufre_de_Malv%C3%A9zy) [archive]
- [PDF]** [Synthèse du rapport de l'IRSN sur le dossier accompagnant la demande d'autorisation de création de l'INB ECRIN \[archive\]](#), IRSN, 19 juin 2013
- <sup>a et b</sup> ↑ **[PDF]** [Rapport et conclusion de la commission d'enquête publique du projet Comurhex II \[archive\]](#) - Préfecture de l'Aude, 10 septembre 2009
- [Montlaurès, Narbonne \[archive\]](#) sur l'ATLAS des Unités Domestiques protohistoriques du Sud de la France (ATLAS-UDO)
- [Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur l'installation nucléaire de base ECRIN \[archive\]](#), juillet 2013
- <sup>a et b</sup> ↑ **[PDF]** H. Huet, [Le centre du bouchet \[archive\]](#), chef de centre, 1961
- Ginier Jean, [L'énergie nucléaire en France \[archive\]](#). In : *L'information géographique*, vol. 29, n<sup>o</sup> 1, 1965, p. 9-20.
- [Note d'information de l'IRSN sur l'impact des rejets de l'usine Comurhex \(Areva NC\), 15.juin 2009 \[archive\]](#)
- <sup>a et b</sup> ↑ « [Etude radioécologique de l'environnement du site de Malvési \(Société Comurhex\) » \[archive\]](#) **[PDF]**, sur

- <http://www.irsn.fr> [archive], 28 octobre 2008 (consulté le 5 mai 2015)
17. « Non l'uranium de Tréville » - La Dépêche du 29 juin 1984
  18. "Tu me divises par deux" - Midi Libre 18 juin 1987
  19. « *Procès Verbal de Gendarmerie n°1926/1987* » [archive], sur <http://www.cnes-geipan.fr> [archive], 28 décembre 1987 (consulté le 25 avril 2015)
  20. « *GEIPAN: NARBONNE (11) 12.12.1987* » [archive], sur <http://www.cnes-geipan.fr> [archive], 12 décembre 1987 (consulté le 25 avril 2015)
  21. ↑ <sup>a et b</sup> **Erreur de référence : Balise <ref> incorrecte ; aucun texte n'a été fourni pour les références nommées Areva2012.**
  22. « *Le siège social de Comurhex transféré à Pierrelatte* » [archive], sur <http://www.lesechos.fr> [archive], 11 octobre 1999 (consulté le 3 juin 2015)
  23. "Désistement de la COGEMA" - Midi Libre 23 mars 2000
  24. *Comurhex-Malvézy : le profit plutôt que la sécurité ?* [archive], *La Dépêche*, 7 novembre 2001
  25. « *Rupture de digue 10 M€ de travaux à la Comurhex* » [archive], sur <http://www.ladepeche.fr/> [archive], 26 novembre 2004 (consulté le 23 juin 2015)
  26. « *Rapports moral et d'activités 2005-2006* » [archive], sur <http://eccla.free.fr> [archive], 2006 (consulté le 23 juin 2015)
  27. [ECRIN \(COMURHEX Malvézi Narbonne\)](#) [archive], site de l'ASN.
  28. [Préfecture de l'Aude - rapport au conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques](#) [archive], 2 septembre 2010]
  29. **[PDF]** [Arrêté préfectoral de création du CLIC, 2005-11-1376](#) [archive]
  30. [Les documents du CLIC de Malvézi](#) [archive], sur le site de la DREAL - Languedoc Roussillon
  31. « *Traiter les eaux nitratées par osmose inverse* » [archive], sur <http://www.revue-ein.com/> [archive], mai 2007 (consulté le 23 juin 2015)
  32. « *Présentation de l'établissement Comurhex de Malvézi* » [archive] **[PDF]**, sur *Areva*, 2009 (consulté le 5 mai 2015)
  33. Rapport environnemental social et sociétal de la Comurhex - Malvézi 2005

34. <http://www.ladepeche.fr/article/2007/09/26/23588-comurhex-la-boucle-de-refroidissement-inauguree.html> [archive]
35. [Le contrecoup de Fukushima, mis en ligne le 15/09/2011](#) [archive]
36. *Le Monde*, 15 septembre 2011, « [Areva suspend la production de deux usines d'uranium à cause du Japon](#) » [archive]
37. *La Croix*, 22 novembre 2011, « [La crise du nucléaire rattrape Areva](#) » [archive]
38. AFP, 25 novembre 2011, « [Arrêt chez Comurhex : Areva s'attend à de nouveaux impacts jusqu'en 2013](#) » [archive]
39. « [La France otage de l'uranium, combustible nucléaire](#) » [archive], *Mouvement pour une alternative non-violente (MAN)*, 5 novembre 2013
40. ↑ <sup>a et b</sup> [Caractérisation radiologique de boues et terres](#) [archive]  
CRIIRAD N°06-88 V2
41. [Enquête publique : Le risque nucléaire trop peu reconnu à Malvésí](#) [archive], *sortir du nucléaire*.
42. [Impact radiologique de l'usine Comurhex \(groupe Areva\) de Malvesi \(Aude\)](#) [archive], CRIIRAD.
43. [Décret n°2007-830](#) [archive] du 11 mai 2007, relatif à la nomenclature des [installations nucléaires de base](#).
44. ↑ <sup>a et b</sup> *Autorité de sûreté nucléaire*, 4 janvier 2010, [L'ASN considère qu'une partie des installations exploitées par la société COMURHEX à Malvésí \(Aude\) relève du régime juridique des installations nucléaires de base](#) [archive]
45. ↑ <sup>a et b</sup> [Narbonne : pour Sortir du nucléaire, "Écrin à la Comurhex, ça craint..."](#) [archive], *Midi Libre*, 30 novembre 2013
46. <http://www.sortirdunucleaire.org/Comurhex-Malvesi-INB> [archive]
47. « [L'usine Comurhex de Malvézy tourne au ralenti en raison d'une grève](#) » [archive], *France 3 Languedoc-Roussillon*, 5 octobre 2012
48. « [Fusion Comurhex-Areva : négociations à rallonge](#) » [archive], *La Dépêche*, 16 octobre 2012
49. « [Comurhex va devenir Areva NC-Malvésí](#) » [archive], *L'Indépendant*, 26 janvier 2013
50. « [Historique](#) » [archive], sur *areva.com*



51. <http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2013/7162-bb-2013.pdf> [archive]
52. « *Areva Technical Days* » [archive] [PDF], sur <http://www.aveva.com/> [archive], 5 juin 2012 (consulté le 4 juin 2015)
53. <http://www.wise-uranium.org/efac.html> [archive]
54. **(en)**  
[http://www.cameco.com/fuel\\_and\\_power/refining\\_and\\_conversion/port\\_hope/](http://www.cameco.com/fuel_and_power/refining_and_conversion/port_hope/) [archive]
55. **(en)** « *Uranium Enrichment and Fuel Fabrication - Current Issues (Asia)* » [archive], sur *www.wise-uranium.org*, 22 février 2015 (consulté le 22 mars 2015)
56. <https://infcis.iaea.org/NFCIS/About.cshtml> [archive]
57. <http://www.neimagazine.com/features/featurenew-facilities-are-on-the-horizon-4394892> [archive]
58. (en) Peter Diehl (September 1995). "[Uranium production in Europe - The Impacts on Man and Environment](#)" [archive]
59. <http://niger.aveva.com/FR/niger-111/extraction-et-traitement-du-minerai-d-uranium-au-niger.html> [archive]
60. [La route du minerai d'uranium du Sahara s'arrête à Narbonne](#) [archive] - La Dépêche, 14/05/2002
61. <http://blog.eichhoernchen.fr/tag/Malvesi> [archive]
62. [PDF] [Transport d'uranium via le port de Montréal](#) [archive] - Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec
63. « *Areva Malvésí (Narbonne) : que se passe-t-il à l'amont de la filière nucléaire ?* » [archive], sur *Eclairages publics*, 19 mars 2015 (consulté le 3 avril 2015)
64. Note CRIIRAD n° 09-109 / Valence le 27 octobre 2009
65. ↑ <sup>a</sup> et <sup>b</sup> [Examen du bac pro industrie des procédés 2006 : Epreuve E2 - étude et conduite des opérations unitaires](#) [archive] - CRDP Montpellier, Base nationale des sujets d'examen de l'enseignement professionnel
66. [PDF] [Le cycle du combustible nucléaire en France Situation actuelle et gestion future](#) [archive] - Lionel BION / [CEA Saclay](#) - [INSTN/UEINE](#)
67. [La métallurgie de l'uranium à l'usine du Bouchet](#) [archive] - Sciences

et Avenir n°98, avril 1955

68. **[PDF]** [Décomposition thermique du protoxyde d'azote \(N<sub>2</sub>O\) dans les effluents gazeux de l'atelier Précipitation de l'usine Comurhex de Malvési](#) [archive] - Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie - 20/03/2009
69. [Cycle du combustible nucléaire](#) [archive] - Par Louis Patarin, EDP Sciences - page 45
70. <http://www.theses.fr/2014EMSEO771.pdf> [archive]
71. [Uranium, combustible nucléaire, réacteurs et déchets radioactifs](#) [archive] - , par Jean-Louis Vignes - [Société chimique de France](#), août 2013
72. [Inventaire de l'ANDRA](#) [archive], situation au 31/12/2010
73. ↑ <sup>a et b</sup> [ECRIN \(COMURHEX Malvési Narbonne\)](#) [archive], Présentation par l'ASN, le 22 avril 2013
74. [Dossier de presse Areva-Ondea](#) [archive], avril 2007
75. [Passé industriel : comment effacer l'ardoise ?](#) [archive], *Valeurs vertes* n° 101, décembre 2009
76. ↑ <sup>a et b</sup> [« Les salariés ne veulent pas payer pour les patrons »](#) [archive], sur <http://www.ladepeche.fr/> [archive], 3 juin 2015 (consulté le 3 juin 2015)
77. [Narbonne. Les anti-nucléaires bloquent le site de la Comurhex](#) [archive], *La Dépêche du Midi*, 20 juin 2013
78. [Uranium – Is It A Country? Tracking the Origins of Nuclear Energy](#) [archive] (2009, 53 min)
79. ↑ <sup>a et b</sup> [Stop uranium a mené une action de blocage à Narbonne](#) [archive], France 3 LR, 12 septembre 2013
80. [Des militants bloquent un camion chargé d'uranium](#) [archive], blog de campagne du réseau Sortir du nucléaire
81. *Le Monde*, 15 septembre 2007, *La plus grande centrale solaire de France prévue à Narbonne*
82. *La Voix du Nord*, 19 décembre 2008, [EDF inaugure sa plus grande centrale solaire à Narbonne](#) [archive]
83. [Communiqué Areva, Comurhex Malvési, 1<sup>er</sup> site industriel français certifié ISO 50001 par l'AFNOR](#) [archive] le 11 décembre 2012

84. [Site de la préfecture de l'Aude \[archive\]](#)
85. [Manifestations interrégionales du 15 octobre 2011 pour l'arrêt du nucléaire \[archive\]](#), Agenda du Réseau Sortir du nucléaire
86. [Inventaire national des déchets radioactifs de l'ANDRA - synthèse \[archive\]](#)
87. [ANDRA - Inventaire géographique des matières et déchets radioactifs 2012 \[archive\]](#), Malvési, p. 255-256
88. Ministère de l'Écologie (2013), *Projet de décret, « Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs »* [archive], *résumé* [archive], consulté le 12 mai 2013, voir notamment le projet d'art. 16
89. [Radiation à la clôture du site COMURHEX-AREVA de Malvési \(Bruno Chareyron, CRIIRAD, 7 janvier 2014\) \[archive\]](#)
90. [De l'uranate de magnésium sur 4 km de voie ferrée \[archive\]](#) - Le Monde, 6 décembre 1974
91. [La Gazette Nucléaire - Gazette N°251 \[archive\]](#)
92. [Narbonne : le wagon toxique a été relevé \[archive\]](#), *Nouvel Obs*, 29 avril 2011
93. [Nouveau déraillement en gare de Narbonne \[archive\]](#), *La Dépêche du Midi*, 29 mars 2011
94. ↑ <sup>a et b</sup> [Paris Match, « Areva éclaboussé par les fuites d'uranium » \[archive\]](#), 24 juillet 2008
95. Base de données ARIA du ministère du Développement durable - **[PDF]** [Accident ARIA n° 26764 \[archive\]](#)
96. Bilan des intempéries, Actions d'amélioration / CLIC du 22 mai 2006 / E. Bertran de Balanda, directeur de l'établissement COMURHEX de Malvési.
97. [Avis d'incident de l'Autorité de sûreté nucléaire \[archive\]](#), 9 août 2007
98. [Fuite à la Comurhex, réactions des écologistes, publié le 26 août 2009 \[archive\]](#)
99. [Pollution chimique: la Comurhex à l'amende \[archive\]](#), *Midi Libre*, 17 décembre 2012
100. ↑ <sup>a et b</sup> [France Nature Environnement, Pitch Bloch, 2006 \[archive\]](#)
101. [Repoartage TV Narbonne - José Bové à Narbonne soutient Michel Leclerc contre la Comurhex \(durée : 7 min 36.\) \[archive\]](#)

102. [« Nexus n°97 : Usine de Malvési, un site nucléaire si discret » \[archive\]](#), sur *Magazine Nexus*, mars - avril 2015 (consulté le 9 août 2015)
103. [Comurhex : débrayage à Malvési jusqu'à vendredi \[archive\]](#), *L'Indépendant*, 24 octobre 2013
104. [Comurhex : les sanctions des salariés audois annulées \[archive\]](#), *L'Indépendant*, 19 avril 2014
105. [Le tribunal juge nulle la demande du syndicat CGT \[archive\]](#) - La Dépêche, 13 juin 2014
106. <http://www.ladepeche.fr/article/2017/03/03/2527870-conflit-areva-95-salaries-suspendus-a-la-comurhex.html> [archive]
107. <http://www.lindependant.fr/2017/03/04/areva-malvesi-contrats-suspendus-recours-devant-la-justice,2294317.php> [archive]
108. *Le Midi-Libre*, 23 février 2007 : Pollution de l'étang de Bages : AREVA (Comurhex) condamnée !
109. *L'Indépendant*, 17 décembre 2011, [« La Comurhex condamnée pour des déversements » \[archive\]](#)
110. [Site de Comurhex : la sûreté en question \[archive\]](#) - La Dépêche du Midi, 20 octobre 2014
111. [Comurhex Malvési - Absence d'autorisation INB pour deux bassins d'entreposage \[archive\]](#), Blog des actions en justice du réseau Sortir du nucléaire
112. [« Usine Areva de Malvési : l'entreposage des déchets radioactifs n'est qu'une solution temporaire » \[archive\]](#), sur <http://www.actu-environnement.com/> [archive], 23 juillet 2015 (consulté le 20 mars 2016).
113. [Blocage musclé d'un camion chargé de tétrafluorure d'uranium près de Narbonne \[archive\]](#), Agoravox TV, 17 septembre 2013
114. [Le procès de la militante du collectif stop uranium renvoyé au 20 février \[archive\]](#), France 3 LR, 7 janvier 2014
115. [Narbonne : procès des militants de Stop Uranium pour entrave à la circulation \[archive\]](#), France 3 LR, 20 février 2014
116. [Victoire des bloqueurs d'uranium à Narbonne ! \[archive\]](#), Journal télévisé 19/20 sur France 3, 21 février 2014
117. <http://www.sdn11.fr/2016/09/de-luranium-en-gare-de->

[narbonne/ \[archive\]](#)

118. France Info, 15 avril 2017 : [Train d'uranium bloqué près de Narbonne : "Nous demandons un débat public sur le nucléaire" \[archive\]](#)
119. **[PDF]** [Modélisation de la cinétique de réduction d'oxydes d'uranium par l'hydrogène. Réactivités de germination et de croissance \[archive\]](#) - Thèse de Catherine Brun, [École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne \(Mines Saint-Étienne\)](#), 4 décembre 1997
120. [« Areva- Document de référence 2010 » \[archive\]](#), sur [http://www.info-financiere.fr/ \[archive\]](http://www.info-financiere.fr/) (consulté le 23 juin 2011), p. 87
121. [« Malvésí lance le chantier Comhurex II » \[archive\]](#), sur [http://www.usinenouvelle.com/ \[archive\]](http://www.usinenouvelle.com/) (consulté le 27 septembre 2015)
122. *Les Échos*, 8 novembre 2011, [« Areva propose au Kazakhstan d'entrer au capital d'usines françaises » \[archive\]](#)
123. *Capital*, 2 mars 2012, [Areva a dévoilé une perte nette de 2,4 milliards d'euros pour 2011 \[archive\]](#)
124. [AREVA : Malvésí : perspectives 2014 \[archive\]](#) - Zonebourse, 6 février 2014
125. [Areva contraint à de nouvelles cessions d'actifs \[archive\]](#) - *Les Échos*, 6 octobre 2014
126. e-tribune - 29/01/2015 : [CFDT Tricastin : des inquiétudes pour Areva \[archive\]](#)
127. [http://www.studiodefacto.com/actu-book/areva-malvesi-edition/ \[archive\]](http://www.studiodefacto.com/actu-book/areva-malvesi-edition/)
128. **(en)** [Studsvik signs agreement with AREVA for THOR-technology \[archive\]](#) - Industrie Europe, 3/01/2017
129. [http://www.lindependant.fr/2017/02/14/reunion-publique-sur-malvesi-non-a-la-pollution-de-l-air,2291101.php \[archive\]](http://www.lindependant.fr/2017/02/14/reunion-publique-sur-malvesi-non-a-la-pollution-de-l-air,2291101.php)
130. [http://www.lindependant.fr/2017/03/25/narbonne-manifestation-contre-le-projet-de-traitement-des-nitrates-d-areva,2299627.php \[archive\]](http://www.lindependant.fr/2017/03/25/narbonne-manifestation-contre-le-projet-de-traitement-des-nitrates-d-areva,2299627.php)
131. Retransmission du conseil municipal de Narbonne le 6 avril 2017 : [http://www.dailymotion.com/covidem \[archive\]](http://www.dailymotion.com/covidem)
132. [Narbonne : "Contre la démarche d'Areva on a voulu faire du](#)



## Annexes

### Article connexe




Sur les autres projets Wikimedia :

- [Usine Comurhex de Pierrelatte](#)

### Liens externes

- [Présentation des installations \[\\[archive\\]\]\(#\)](#), sur le site de Areva
- [Présentation du site de Malvési \[\\[archive\\]\]\(#\)](#) par le [Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire](#), *Gazette Nucléaire* n° 251, 2009
- [Présentation du site par la CRIIRAD \[\\[archive\\]\]\(#\)](#) - Rapport sur l'usine Comurhex (Areva) à Malvési], 2006
- [Formation des pompiers aux risques chimiques \[\\[archive\\]\]\(#\)](#), 25 avril 2007, sur TV-Narbonne.com
- [Exercice d'alerte du 30 mars 2010 \[\\[archive\\]\]\(#\)](#), sur TV-Narbonne.com
- [La raffinerie d'uranium Comurhex de Malvési \[\\[archive\\]\]\(#\)](#), émission de radio du 25 janvier 2014, sur France Culture
- [Narbonne : la Comurhex, « une si discrète usine » dans le magazine XXI \[\\[archive\\]\]\(#\)](#) - article dans l'Indépendant du 13 janvier 2015
- [http://www.sdn11.fr \[\\[archive\\]\]\(#\)](http://www.sdn11.fr) : collectif sortir du nucléaire de l'Aude



- [Portail de l’Aude](#)
-  [Portail de la chimie](#)
-  [Portail du nucléaire](#)
-  [Portail de l’énergie](#)