

**ALTERNATIVES AU PROCÉDÉ THOR
DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS D'AREVA MALVÉSI NARBONNE**

ÉTUDE DE LA NOTE TECHNIQUE AREVA

EXAMEN DE SOLUTIONS ALTERNATIVES



André Bories

Docteur en Sciences, Directeur de recherche honoraire INRA, Sciences de l'Environnement

Association RUBRESUS

rubresus@yahoo.fr

www.rubresus.org

www.facebook.com/rubresus/

10 mars 2017

Résumé

La note technique d'AREVA sur les voies alternatives de traitement des effluents nitrates révèle de profondes incertitudes sur les performances du procédé THOR, seulement testé en pilote sur quelques journées de fonctionnement continu sur solution synthétique, sans radioéléments.

Les concentrations trop élevées en oxydes d'azote issus de la décomposition thermique des nitrates nécessitent la dilution des gaz par de l'air avant traitement et rejet à l'atmosphère, opération qui prête à discussion et s'apparente à une mystification technique. L'importante dilution des gaz par l'air explique l'énorme volume des rejets gazeux de 40 000 m³/h pour seulement 2,5 m³/h d'effluents traités par le projet TDN THOR.

Les données sur la volatilisation du radioélément technétium 99 contenu dans les effluents réels font défaut car le test pilote n'a été conduit qu'avec une solution synthétique dépourvue des radioéléments. Les importants rejets gazeux ainsi que les émissions de particules fines susceptibles d'avoir fixé du Tc99 (2 900 kg/an) sont un sujet d'inquiétude supplémentaire vis à vis des impacts sanitaires par inhalation de ce radionucléide. Avec cette méconnaissance, la mise en œuvre du projet TDN relèverait d'une démarche d'apprenti sorcier.

Le besoin d'extrapolation des résultats d'essai pilote exprimé dans la note technique fait peser une lourde incertitude sur la fiabilité et les performances réelles du projet d'installation ICPE TDN.

L'absence de ces informations importantes dans la demande d'autorisation est susceptible de remettre en cause la valeur de l'enquête publique.

Les impacts environnementaux du procédé THOR TDN : émissions atmosphériques supérieures à celle d'un incinérateur d'ordures ménagères de 200 000 habitants et consommation excessive de ressources (eau, énergies) attestent d'un très mauvais bilan environnemental.

L'extraction du nitrate (EDN) associée à celles de l'ammonium et du technétium99 s'avère la meilleure alternative au procédé THOR, tant par sa faisabilité technique que par son empreinte environnementale. L'extraction du nitrate par solvant selon la même technique utilisée depuis des années à Malvési pour l'extraction du nitrate d'uranyle est un atout technique important. La production d'acide nitrique concentré à partir des effluents nitrates et sa réutilisation sur place dans la conversion de l'uranium en tétrafluorure d'uranium représente un schéma de traitement intelligent, en parfait accord avec les enjeux de développement durable doublé d'un avantage économique par la réutilisation de l'acide nitrique. La récupération d'ammoniac par stripping avec recyclage en production d'UF4 complète l'intérêt de cette voie. L'extraction du Tc99 des effluents par précipitation en amont de l'extraction du nitrate permet de réduire dans une grande proportion la quantité de déchets à évacuer en centre de stockage TFA. Les divers ateliers du traitement EDN : précipitation Tc99, stripping ammoniac, extraction nitrate, séparation calcium et traitement de finition, requièrent du personnel en nombre au moins aussi important que TDN (30 emplois).

La cimentation des effluents offre des perspectives intéressantes de traitement grâce à la simplicité technique du procédé (malaxage) et à des impacts environnementaux minima (très faibles émissions atmosphériques et consommation d'énergie, d'eau). Des variantes techniques : stripping ammoniac, ciments techniques aluminates, sont susceptibles de répondre aux contraintes de qualité des déchets en vue de leur stockage en centre TFA. Comme pour le procédé THOR, la quantité finale de déchets de cimentation à évacuer en centre TFA requiert l'adéquation avec la capacité de stockage du site CIREs.

Des alternatives de traitement pour résorber le stock de 350 000 m³ d'effluents nitrates existent : extraction du nitrate (EDN), cimentation. Elles sont à moindre impact environnemental et permettent d'écarter le procédé THOR TDN, non validé sur effluents réels et aux impacts environnementaux délétères.

1. Introduction

Suite au défaut de justification des voies alternatives de traitement relevé par le préfet dans la demande d'autorisation d'exploitation de l'ICPE TDN AREVA soumise à l'enquête publique close le 5 octobre 2016, et devant les interrogations et doutes sur le procédé THOR et ses impacts environnementaux, AREVA a fourni à la demande de l'autorité préfectorale, une note technique en décembre 2016 : *Solutions alternatives au procédé THOR pour le traitement des nitrates de Malvési*, qui présente en 78 pages les différents travaux réalisés sur les voies de traitements des effluents nitrates.

Pas moins d'une vingtaine de traitements ont été étudiés au cours de ces 25 dernières années. Ils se répartissent parmi des voies physiques, chimiques, biologiques, électrochimiques, thermochimiques, selon la liste suivante :

- ✓ usage en engrais
- ✓ techniques séparatives ou extractives : techniques membranaires (osmose inverse, électrodialyse, résines échangeuses d'ions),
- ✓ évaporation cristallisation
- ✓ dénitrification biologique
- ✓ réduction
- ✓ précipitation chimique : précipitation du technétium
- ✓ traitement des ions ammonium : précipitation par phosphate, stripping
- ✓ Voies thermiques de dénitrification : calcination, isoflash, calcination céramisation
- ✓ voie électrochimique
- ✓ oxydation supercritique
- ✓ voie cimentation : directe ou après stripping
- ✓ procédé THOR : reformage à la vapeur (steam reforming)

RUBRESUS a examiné tous les procédés présentés en considérant non seulement leur adéquation et faisabilité techniques pour le traitement des effluents nitrates stockés en bassins à Malvési depuis plus d'un demi siècle, mais aussi leur compatibilité environnementale : impacts environnementaux des rejets (pollution air, eau, impact santé) et gestion durable des ressources. Selon cette démarche, les traitements étudiés ont été classés en trois catégories :

- les procédés techniquement inadéquats,
- les procédés insuffisamment satisfaisants sur un plan technique et/ou environnemental,
- les procédés acceptables aux plans technique et environnemental.

2. Les procédés techniquement inadéquats

Les caractéristiques des effluents stockés en bassins (très forte concentrations en nitrates, éléments minéraux et métaux, radioéléments) permettent d'écarter un certain nombre de procédés qui ne peuvent répondre à une solution applicable en l'état actuel des connaissances.

2.1. Usage agronomique

La présence de radionucléides comme le technétium 99 et produits de filiation de uranium condamne l'usage agronomique direct des effluents, malgré le potentiel important en nitrate que le stock des effluents en bassins (350 000 m³) représente : une centaine de milliers de tonnes de

nitrate, voire plus. L'élimination du technétium et des métaux lourds, techniquement réalisable, ne semble pas suffisante pour dépasser les craintes et risques liés à d'autres constituants indésirables des effluents.

22. Techniques séparatives

Du fait de la forte concentration en nitrate, jusqu'à 800 g/L pour les bassins les plus concentrés, ainsi que la salinité très élevée qui accompagne les ions nitrates : calcium, ammonium, chlorure, sulfate, ..., les techniques séparatives membranaires : osmose inverse, électrodialyse, ne peuvent apporter de perspectives de traitement, tout comme les résines échangeuses d'ions. Ces techniques sont généralement réservées au traitement d'effluents faiblement concentrés en nitrate. Outre le colmatage des membranes par les sels de calcium, les techniques séparatives nécessitent des cycles de nettoyage ou régénération, générant des effluents à traiter et induisant une consommation d'eau et réactifs.

23. Dénitrification biologique

La voie biologique de dénitrification par transformation du nitrate en azote gazeux, connue et appliquée aux effluents à faibles teneurs en nitrate (eaux usées domestiques, ...) n'offre pas de possibilité de traitement des bassins du fait de leur concentration trop élevée en nitrate (dilution élevée à opérer), en minéraux (inhibition des micro-organismes dénitrifiants), de la nécessité d'apport de matières organiques (source d'électrons pour la réduction du nitrate en azote N₂), de la gestion des réacteurs biologiques (temps réactionnel nécessitant de très grands volumes de bioréacteurs) et des effluents traités (traitements complémentaires sur d'énormes volumes d'effluents dilués) et des perspectives de rejets (radioactivité résiduelle, ...).

3. Les procédés insuffisamment satisfaisants sur un plan technique et/ou environnemental

Un certain nombre de procédés étudiés ont montré des perspectives de traitement mais ne sont pas encore validés ni applicables à court terme et présentent des impacts environnementaux rédhibitoires.

3.1. Cristallisation séchage

La concentration très élevée en nitrate (jusqu'à 800 g/L) et en sels fait des effluents des bassins de véritables saumures de nitrates, constituant un stade très avancé favorable pour leur séchage et cristallisation. La cristallisation par évaporation naturelle (séchage type marais salant) ou thermique (étuve, tunnel de séchage ou four) représente sans conteste la voie la plus simple (technique rustique, faible consommation d'énergie, aucun rejet).

Parmi les critères d'acceptation des déchets déshydratés cristallisés, le taux de lixiviation (solubilisation) s'avère trop élevé du fait de la très grande solubilité des sels cristallisés comme le nitrate de calcium. Le déchet ne répond pas au critère du taux de lixiviation (moins de 10%) en centre de stockage TFA.

3.2. Réduction chimique du nitrate

Plusieurs voies de réduction chimique du nitrate ont été étudiées.

3.2.1. Réduction par l'aluminium

Le nitrate est réduit en ammoniacque par l'aluminium (procédé NAC) puis transformé en azote N₂ dans un four. Ce procédé étudié à échelle laboratoire a été jugé simple et robuste mais la teneur résiduelle en nitrate dans les effluents traités, la production de déchets et des contraintes de process (conditions de réduction, sécurité) ont été avancées.

3.2.2. Réduction par le fer

La réduction du nitrate par un réactif à base de fer (procédé RECUPYL) ne semble pas à un stade suffisamment avancé d'étude pour représenter une perspective de traitement à court terme.

3.2.3. Réduction catalytique

La réduction catalytique de nitrate est réalisée avec l'acide formique et catalyseurs de métaux rares. Bien qu'appliquée à des effluents acides à La Hague et étudiée en pilote par le CEN-Cadarache, cette voie n'a pas semblé mature pour application aux effluents de Malvési. Cependant, les contraintes avancées ne semblent pas rédhibitoires.

3.3. Électrolyse

La réduction de l'ion nitrate par les électrons produits par électrolyse permet d'obtenir les formes : azote gazeux, nitrite et ammoniac. Les gaz émis sont traités dans un brûleur à gaz et l'effluent liquide résiduel de l'électrolyse doit subir un traitement d'élimination du calcium et de finition par résines ou osmose.

L'étude AREVA ne présente pas de résultats de cette voie de traitement qui reste à l'état de schéma prospectif de traitement, encore très éloigné de perspectives d'application aux effluents de Malvési.

3.4. Traitement par eau supercritique

Cette voie de traitement récemment considérée par AREVA est basée sur les propriétés spécifiques de l'eau dans des conditions précises de température (374°C) et de pression (221 bar), dites supercritiques, où le milieu ne se comporte plus ni comme un liquide ni comme un gaz.

Dans ces conditions, le nitrate peuvent être réduits en azote par les ions ammonium. Selon la stœchiométrie des réactions chimiques présentées, la réaction est équimoléculaire à 350°C : 1 mole d'ammonium réduit 1 mole de nitrate et à 500°C de 5 moles d'ammonium pour 3 moles de nitrate à 500°C.

La note technique AREVA indique que, quelles que soient les conditions, les nitrates ne se transformeraient pas en NO_x. Cependant, selon d'autres réactions indiquées, la formation de nitrite NO₂ est mentionnée ce qui contredit la précédente affirmation.

Des variantes de procédés supercritiques ont été considérées : présence ou absence de méthanol, ainsi qu'au niveau de la partie relative aux gaz produits et à la récupération d'acide nitrique.

L'addition d'un composé organique (réduit) comme le méthanol permet de transformer les nitrates en absence ou déficit d'ammonium, comme c'est le cas dans les effluents nitrates de Malvési où le ratio ammonium/nitrate est d'environ 0,5 mole d'ammonium/mole de nitrate.

En absence de méthanol, les produits gazeux émis par l'étage de traitement supercritique peuvent faire l'objet d'une distillation/rectification permettant de récupérer de l'acide nitrique.

Les modifications des propriétés de l'eau en conditions supercritiques rendent certains sels

insolubles et précipitables.

Les essais réalisés au CEA, spécialisé sur les techniques supercritiques, ont permis de définir les données de bases sur solutions modèles et effluent. D'autres essais ont été conduits à l'Institut de la Chimie des matières condensées de Bordeaux.

Bien que la technique supercritique soit jugée intéressante par un coût de fonctionnement peu élevé, l'investissement, lui, serait élevé. Outre la validation pilote et à grande échelle qui n'est pas encore acquise, l'une des principales contraintes avancée est le traitement complémentaire des effluents résiduels du traitement supercritique.

En tout état de cause, le traitement par eau supercritique n'offre que des perspectives à moyen ou long terme et ne peut présenter de solution de traitement des effluents nitrates à court terme.

3.5. Voie thermique de dénitrification (dénitrification thermique)

La voie thermique de traitement des nitrates (dénitrification ou calcination) est basée sur la décomposition des nitrates par la chaleur. Selon les conditions de température, d'oxydoréduction, les nitrates sont transformés en acide nitrique et en composés gazeux : oxydes d'azote NOx et diazote N₂.

Plusieurs techniques de calcination ont été étudiées : four tournant, Isoflash et lit fluidisé.

3.5.1. Calcination en four tournant

Les effluents préalablement prétraités : stripping ammoniac, detechnétié, sont acidifiés par acide sulfurique et chauffés en présence de kaolin. Ce traitement fournit un résidu solide peu lixiviable, favorable au stockage, de l'acide nitrique concentré après rectification (réutilisable) et un gaz riche en NOx.

3.5.2. Décomposition par procédé Isoflash

L'effluent est pulvérisé dans un gaz de combustion de propane à environ 700°C, avec des adjuvants de type kaolin ou silice/alumine. Les matières solides peuvent faire l'objet d'une étape de cimentation. La présence de sodium perturbe le traitement thermique par formation de sels collants de sodium. Les gaz émis contiennent des NOx qui nécessitent un traitement de réduction catalytique en azote N₂ (DéNOx).

Le procédé de calcination Isoflash est utilisé à Malvésy pour la transformation du nitrate d'uranyle en oxyde d'uranium, étape de production de tétrafluorure d'uranium. Ce procédé engendre depuis de nombreuses années d'énormes rejets atmosphériques d'oxydes d'azote, de l'ordre de 150 000 kg NOx/an, correspondant à une pollution atmosphérique de 5 incinérateurs d'ordures ménagères de 200 000 habitants chacun (1 million d'habitants).

3.5.3. Calcination en four à lit fluidisé

La pulvérisation de l'effluent (atomisation) dans un lit fluidisé d'air chaud (500°C) et de particules minérales produit un résidu solide (pastillable) et un gaz chargé en NOx à traiter par catalyse réductrice.

3.5.4. Variante de traitement thermique

Le procédé de traitement thermique THOR de reformage à la vapeur est coûteux en énergie et en investissement notamment du fait de la teneur en eau des effluents. Un procédé mixte de séchage et de reformage à la vapeur en four tournant a été envisagé afin de réduire les consommations d'énergie des procédés précédents.

3.5.5. Conclusion sur la dénitrification thermique

Cette voie de traitement des effluents nitrates a été étudiée depuis une trentaine d'années. Selon AREVA, le procédé de dénitrification en lit fluidisé offrirait un schéma de traitement avec moins d'incertitude que les autres procédés. Le procédé THOR s'en rapproche par l'aspect thermique de décomposition des nitrates mais s'en distingue par l'usage de charbon pour la réduction des nitrates. Parmi les inconvénients, les rejets gazeux en oxydes d'azote NOx qui sont des produits secondaires systématiques de la décomposition thermique du nitrate et dont les traitements ne sont pas suffisamment efficaces, la consommation élevée d'énergie, ainsi que les coûts d'investissement et d'exploitation sont à relever.

La dénitrification thermique est effectuée à Malvési depuis très longtemps comme étape de la production du tétrafluorure d'uranium, pour la conversion du nitrate d'uranyle en dioxyde d'uranium, avec le procédé Isoflash.

Durant toutes ces années, les rejets atmosphériques du procédé Isoflash / TF4 ont représenté une quantité de près de 150 000 kg NOx par an, soit l'équivalent des rejets d'incinérateur d'OM de . Million d'habitants.

Le projet de traitement des effluents nitrates TDN des bassins de stockage prévoit un flux traitement de 9 000 t de nitrate/an (20 000 m³/an effluents nitrates). Leur traitement par dénitrification thermique ne peut être envisagé du fait des rejets massifs en NOx supplémentaires qu'il engendrerait.

3.6 Procédé THOR

Le procédé THOR (THERmal Organic Reduction), appelé steam-reforming ou reformage à l'eau, a été développé par Studsvick Inc. pour le traitement de déchets et effluents radioactifs comme des résines de traitement d'effluents radioactifs par pyrolyse réductive. Son expérimentation a été étendue au traitement des effluents nitrates.

3.6.1. Principe et schéma du procédé

Le principe de ce traitement thermique du nitrate consiste en la réduction du nitrate en azote gazeux par l'hydrogène produit par gazéification de charbon à très haute température (850°C) dans un four à lit fluidisé. Comme pour les procédés de dénitrification thermique précédent, la décomposition du nitrate s'accompagne d'une production d'oxydes d'azote. La combustion du charbon bitumineux (hydrocarbures) émet quant à elle des composés organiques volatils (COV) complexes.

L'injection de l'effluent en mélange avec une poudre d'argile dans le four (réacteur DMR) surchauffé par de la vapeur s'accompagne d'un processus d'atomisation et de séchage de l'effluent avec piégeage des matières minérales et métaux et radioéléments par l'argile, par formation notamment d'alumino-silicates de calcium, de sodium notamment.

Les effluents et la poudre d'argile sont volatilisés et entraînés dans le gaz sortant du four à charbon. Le traitement du gaz comprend une filtration des particules avec récupération du déchet solide, puis une combustion oxydante dans un brûleur à gaz naturel et un traitement des oxydes d'azote par

catalyse réductive SCR.

3.6.2. Essais du procédé THOR

3.6.2.1. Premier essai pilote

Un premier essai pilote (échelle 1/16) a été réalisé en 2008 au centre d'essai de Hazen, Colorado (8 j de test de production) sur solution synthétique (43 m³) simulant les effluents nitrates, sans radioéléments. Le dispositif pilote constitué d'un lit fluidisé réducteur surmonté de la phase oxydante et non équipé de traitement de gaz NO_x par SCR se distingue nettement du procédé THOR TDN, ce qui limite l'interprétation et la transposition des résultats de ce premier essai pilote. Selon le schéma du dispositif pilote, l'instrumentation de mesure des gaz comprend les analyseurs de O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂ et COT. L'analyse des dioxines n'est pas mentionnée.

Les principaux enseignements exprimés par AREVA sont :

- une stabilité relative du fonctionnement du four, ou plutôt une instabilité vu les fortes variations instantanées des paramètres de fonctionnement du four et de la composition des gaz (graphique)
- le charbon colombien est le plus adapté
- les émissions gazeuses (SO₂, NO_x) respecteraient les normes, mis à part le CO dont la concentration atteint jusqu'à 4500 ppmv (norme 40 ppmv). Mais les résultats des teneurs en NO_x se sont pas communiqués.
- Les incertitudes portent sur :
- le respect simultané des normes en NO_x et CO. En favorisant une basse teneur en CO, la teneur en NO_x dépasse la norme et vice versa
- l'efficacité limitée de la filtration des poussières, car des fines passent le filtre. Le rejet de particules fines sur lesquelles les radioéléments ont été fixés est particulièrement inquiétant quant aux impacts santé par l'inhalation de ces poussières et les effets directs des radiations sur l'organisme
- la tenue du four à la corrosion. Pas très rassurant, après seulement quelques jours d'essai, quant à la longévité et à la sécurité de cette installation qui fonctionne en conditions extrêmes (température 850°C, hydrogène, composés minéraux corrosifs, ...)

3.6.2.2. Essais en laboratoire

Des tests à échelle laboratoire (réacteur de quelques litres) ont eu lieu en 2011 sur solution synthétique et sur effluents réels. Mais le dispositif utilisé diffère du pilote : faible temps de contact, chauffage extérieur.

Les tests ont été orientés vers l'étude du comportement du rhénium, simulant du technétium absent dans les solutions synthétiques étudiées, notamment vis à vis des craintes de sa volatilisation (entraînement dans les gaz) lors du traitement. Cela conforte les incertitudes énoncées précédemment sur les risques directs de contamination radioactive par inhalation de poussières chargées en radionucléides.

3.6.2.3. Second essai pilote

En 2012, un second essai pilote (8 j de tests production continue sur une période d'un mois) a été conduit toujours en solution synthétique nitraté et sans radioéléments afin de répondre aux incertitudes soulevées lors du premier essai pilote. Des modifications ont été apportées au

dispositif : séparation des phases réduction en réacteur DMR et oxydation post DMR, adjonction d'un traitement complémentaire des NOx afin que les teneurs en NOx soient dans les valeurs requises. La solution synthétique nitratée ne contient pas de radioéléments. Les résultats sont :

- une moindre instabilité du four DMR en condition réductrice
- un contrôle plus satisfaisant des gaz en CO et NOx
- les teneurs élevées en NOx en sortie réacteur ne sont pas compatibles avec le traitement par catalyse DéNOX ce qui a obligé à diluer le gaz avec de l'air en amont du traitement des NOx afin d'atteindre une teneur en NOx acceptable
- l'obtention de résidus solides par cimentation des poussières filtrées (mélange poussières et eau)
-
- Parmi les avantages du procédé THOR, AREVA cite:
- destruction des nitrates et production d'un ciment avec réduction du volume en déchets.
- conservation des radioéléments dans le produit final en limitant leur volatilisation. Cet avantage est très discutable, car cela sous entend qu'une partie des radioéléments n'est pas retenue par le traitement THOR et donc s'échappe via les rejets gazeux. De plus tous les tests pilotes ont été menés avec une solution synthétique nitratée, dépourvue de radioéléments. Comment affirmer alors la volatilisation limitée des radioéléments alors qu'ils n'étaient pas présents dans la solution.
- production de gaz à effet de serre acceptable. Cette affirmation très subjective est parfaitement contestable. Les rejets en GES de l'installation sont de 30 000 tonnes par an (dossier enquête publique), le record de tous les procédés étudiés. Ce n'est pas acceptable ni en accord avec les enjeux de la COP 21 visant à limiter le réchauffement climatique.
-
- Les inconvénients du procédé THOR reconnus par AREVA sont :
- la forte consommation d'énergie (notamment fossile donc la production de GES).
- le besoin d'extrapolation des installations existantes. Aucune installation industrielle n'existe en traitement d'effluents nitratés. Autrement dit, le procédé THOR n'est qu'expérimental et le projet d'installation industrielle de traitement des effluents nitratés de Malvésí sera une extrapolation théorique des données à échelle pilote sur quelques journées d'essais en solution synthétique. D'où des incertitudes évidentes quant aux performances réelles, à la fiabilité d'un procédé complexe (four à charbon à lit fluidisé avec gazéification en hydrogène, traitement des gaz, régulation des réactions et maintenance du procédé, résistance à la corrosion, sécurité, ...) et des inquiétudes justifiées par rapport à la nature et aux quantités importantes des rejets atmosphériques du traitement THOR TDN: NOx, COV, ...

3.6.3. Discussion sur le procédé THOR

Les éléments présentés par AREVA dans la note technique montrent que le traitement des effluents nitratés par le procédé THOR n'en est qu'au stade expérimental (tests pilote sur solution synthétique) et qu'aucune référence d'installation industrielle n'existe avec ce procédé pour le traitement des effluents nitratés de la nature des effluents d'AREVA Malvésí. Le projet d'installation industrielle de traitement des effluents nitratés TDN est une extrapolation théorique des données pilote ce qui comporte des incertitudes quant aux réelles performances sur effluent réel, à grande échelle sur de longues périodes continues de fonctionnement, quant à la fiabilité du procédé (corrosion, rendement, paramètres) ainsi qu'aux rejets atmosphériques (réalité et conformité des rejets).

Selon les conclusions du second essai pilote, la teneur en NOx des gaz en sortie du four DMR est trop élevée pour un traitement par catalyse DéNOX et nécessite une dilution par insufflation d'air afin de faciliter le traitement d'élimination des NOx. Cette opération de dilution est discutable. Le dossier TDN AREVA, DDAE, vol. 1, Présentation de la demande, page 45, indique : « La consommation électrique moyenne en régime établi est de l'ordre de 30 MWh/j. L'un des plus gros consommateurs est le ventilateur de tirage. ». C'est dire l'importance de l'insufflation d'air de dilution des gaz qui peut expliquer l'énorme débit des rejets gazeux TDN de 40 000 m³/h pour traiter seulement 2,5 m³/h d'effluent nitraté traité, soit 16 000 m³ de rejet gazeux pour 1 m³ d'effluent de bassin traité. Le procédé de traitement THOR TDN consiste en fait en une vaporisation des effluents liquides dont les gaz résultants sont dilués avec de l'air. Plus on insuffle d'air, plus les concentrations en polluants sont diminuées et atteignent les valeurs limites de traitement et de rejet. Il y a là un important biais : les concentrations des émissions atmosphériques THOR TDN seraient fonction du volume d'air insufflé. Il conviendrait de préciser le taux d'insufflation d'air et de vérifier que la dilution d'un gaz est autorisée en traitement. En traitement d'eaux résiduaires, la dilution des effluents par de l'eau est strictement interdite.

La note technique AREVA souligne également la forte consommation d'énergie du procédé THOR (charbon, gaz) ainsi que des émissions de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O) qualifiées par l'euphémisme « acceptables ». Mais le sont-elles pour la planète et les objectifs de limitation du réchauffement climatique fixés par la COP 21 et 22 ainsi que par la loi de transition énergétique, car elles s'avèrent considérables : 30 000 tonnes éq CO₂/an comme mentionné dans le DDAE ?

Les interrogations d'AREVA sur la volatilisation « limitée » des radioéléments (Technétium 99, ...) au cours du traitement THOR se sur-ajoutent aux autres questions non résolues comme les émissions de produits de combustion du charbon (COV, dioxines, ...) dont l'affirmation de leur absence dans les rejets gazeux repose sur la simple indication de l'opérateur américain qui ne les auraient pas détectés lors de l'essai pilote, sans mentionner ni la nature des dispositifs de mesures utilisés (protocoles prélèvement et analyses, matériels de mesure, sensibilité dosages), ni de résultats vérifiables. Les concentrations en dioxines dans les gaz émis par les traitements thermiques sont faibles, mais leur nocivité intervient également à des très faibles niveaux d'exposition. Ainsi, le prélèvement, la détection et la quantification des dioxines requièrent des protocoles particulièrement stricts et des matériels d'analyses sophistiqués. La note technique n'apporte pas d'éléments d'appréciation de la mesure des dioxines. Les dioxines sont des composés produits pas la plupart des traitements thermiques de combustion comme l'indiquent les plus hautes instances scientifiques et réglementaires. L'Agence Américaine de Protection de l'environnement, EPA, a publié un rapport détaillé (AP-42) qui mentionne les facteurs d'émissions en dioxines, furanes, hydrocarbures aromatiques polycycliques et autres COV par combustion de charbon bitumineux, charbon utilisé dans le procédé THOR TDN.

A l'issue de la lecture de la note technique AREVA, le procédé THOR de traitement des effluents nitrates n'apparaît pas plus avancé que bon nombre des autres procédés présentés qui ont été écartés par AREVA pour des motifs d'immaturation ou d'incertitudes que l'on peut appliquer aussi au procédé THOR.

Elle révèle des informations et des interrogations qui n'ont pas été explicitées dans le dossier d'enquête publique. La volatilisation limitée des radionucléides avancée par AREVA pour le procédé THOR peut signifier leur rétention incomplète, d'où l'incertitude sur leur rejet atmosphérique. De plus, les tests pilotes n'ont pas été réalisés avec des radioéléments, ce qui ne permet pas de répondre à ce point essentiel. La volatilisation du technétium 99 présent dans des effluents nitrates n'a donc pas été étudiée lors des essais pilotes. Or, l'inhalation de technétium99 susceptible d'être présent dans les gaz rejetés et dans les particules fines provoquerait des effets

directs des radiations sur les organismes.

L'inaptitude de la catalyse SCR pour le traitement des concentrations élevées en NOx des gaz issus du réacteur DMR implique une dilution discutable des gaz par insufflation d'air.

Ces données sur les incertitudes techniques du procédé THOR, non présentées dans le dossier d'enquête publique, soulignent l'immaturité technique du traitement TDN et sont susceptibles de remettre en cause la valeur de l'enquête publique.

4. Procédés acceptables aux plans technique et environnemental

4.1. Prétraitements

Certains constituants des effluents étant susceptibles de limiter les performances voire empêcher des traitements, l'élimination des composés indésirables en amont (prétraitement) a été étudiée.

4.1.1. Précipitation chimique du technétium

Ce radionucléide (Tc99), présent dans les bassins depuis le retraitement à Malvési de déchets de la filière nucléaire, est susceptible d'être volatilisé sous certaines conditions de traitement à haute température, notamment comme pour le procédé THOR. Il est présent dans les lagunes sous la forme dissoute de l'anion perotechnétate. Son élimination par précipitation chimique sous forme d'oxyde de technétium en présence de sel ferreux et de sulfure a fait l'objet de plusieurs études (CEA 1992-93 et SEPA 2005). Ce prétraitement physico-chimique est d'une faisabilité technique simple (réaction de précipitation, décantation du technétium). Il permet d'obtenir un effluent appauvri en Tc99. Il a été mis en œuvre en amont de plusieurs voies de traitement des effluents nitrates présentées dans la note technique AREVA.

La radioactivité des effluents des bassins étant due en bonne partie au technétium, le prétraitement d'élimination du Tc99 permet d'accéder à des voies de traitement des effluents nitrates offrant de meilleures opportunités tant techniques qu'environnementales.

4.1.2. Traitement sélectif de l'ion ammonium

Les ions ammonium constituent, après les nitrates, l'une des principales espèces chimiques des effluents des bassins (60 g/L environ). Ils représentent des contraintes pour certains traitements : risque explosif du nitrate d'ammonium, formation d'ammoniac dans les gaz de traitement, interférence dans les processus réactionnels, ...

Deux méthodes d'extraction de l'ammonium des effluents nitrates ont été étudiées dans la note technique AREVA : stripping (entraînement) et précipitation chimique.

4.1.2.1. Stripping

Le stripping de l'ammoniac est une opération bien connue en génie chimique et ses paramètres opérationnels relativement simples (ajustement pH, température peu élevée, inférieure d'environ 70°C) rendent ce prétraitement efficace, faisable et peu coûteux. L'intérêt supplémentaire du stripping est la récupération d'ammoniac concentrée susceptible de réutilisation sur place dans le circuit de production de tétrafluorure d'uranium et de valorisation.

4.1.2.2. Précipitation chimique

La précipitation chimique des ions ammonium par phosphate et magnésium en struvite est une réaction connue, de mise en œuvre aisée et applicable aux effluents nitrates.

Le stripping reste cependant la méthode privilégiée d'élimination des ions ammonium.

4.1.3. Conclusion sur les prétraitements

Les prétraitements des effluents nitrates visant à éliminer le technétium et /ou l'ammonium sont connus, validés et simples. Selon les exigences des traitements complémentaires, ils peuvent être appliqués soit unitairement, soit en combinaison et cela multiplie les alternatives de traitement.

4.2 Extraction du nitrate (EDN)

Le nitrate est le principal constituant des bassins d'évaporation de Malvésí, présent à de très hautes concentrations, jusqu'à 800 g/L.

A de telles teneurs, les traitements d'élimination du nitrate se heurtent à la formation de produits secondaires à des teneurs supérieures aux limites de rejets. C'est le cas avec les oxydes d'azote issus de la décomposition du nitrate dans les traitements thermiques (calcination, THOR).

Le stock considérable d'effluents nitrates (350 000 m³) constituent un gisement très important de nitrate de plus d'une centaine de milliers de tonnes (capacité traitement TDN 9 000 t nitrate/an).

L'extraction du nitrate en vue d'une valorisation (recyclage ou usage externe) offre un intérêt majeur comme alternative aux traitements d'élimination et destruction des nitrates.

4.2.1. Principe et procédé

Ce procédé comprend plusieurs étapes permettant de séparer et extraire les constituants :

- détechnéciation : prétraitement par précipitation du technétium Tc99 présent dans les effluents sous forme d'ions pertechnétate en technétate, en milieu basique et réducteur (Na₂S)
- élimination de l'ammonium par stripping de l'ammoniac (entraînement)
- précipitation du calcium des effluents par l'acide sulfurique par formation de sulfate de calcium (gypse)
- extraction du nitrate par solvant tributylphosphate (TBP), avec régénération du solvant et rectification de l'acide nitrique en acide concentré
- gestion des déchets du traitement (effluents résiduels, précipité de Tc99)

Cette voie combine plusieurs avantages importants :

- la séparation du technétium Tc99, radioélément présent dans les bassins depuis le retraitement des déchets de la filière nucléaire réalisé à Malvésí.
- La conversion du nitrate en acide nitrique concentré (13,6 N, soit environ 60 % p/p) valorisable par réutilisation sur le site dans le processus de production de tétrafluorure d'uranium, gros consommateur d'acide nitrique. La réutilisation de l'acide nitrique issu du nitrate extrait constitue une valorisation des effluents contribuant à réduire les coûts, mais aussi les impacts environnementaux.
- l'extraction de l'ammonium par stripping avec obtention d'une solution ammoniacale concentrée (25%). L'ammoniacale peut être réutilisée dans le processus de production d'UF₄ qui en consomme pour différentes réactions.
- L'extraction du nitrate par le solvant tributylphosphate est une étape parfaitement maîtrisée. Elle est en effet mise en œuvre à Malvésí depuis de nombreuses années dans le processus de production d'UF₄ pour extraire le nitrate d'uranyle par colonne d'extraction liquide-liquide avec le même solvant.

4.2.2. Travaux et résultats

Le traitement des effluents nitrés par extraction du nitrate EDN par solvant et de l'ammonium par stripping a fait l'objet de travaux soutenus en laboratoire (2004) jusqu'au stade pilote pour les différentes étapes du procédé au cours de 3 campagnes d'essais au SEPA en 2005 et 2006.

L'extraction liquide-liquide en colonne agitée du nitrate d'effluents détechnés a montré une teneur résiduelle en nitrate de quelques g/L. Compte tenu de la teneur initiale en nitrate (500 à 800 g/L), le rendement d'extraction serait d'environ 98%. Le traitement de finition de l'effluent résiduel, chargé en autres minéraux, pourrait s'envisager sous diverses possibilités : concentration par évaporation thermique ou naturelle, stabilisation par cimentation. La rectification de l'acide nitrique permettrait la réutilisation de l'acide nitrique concentré sur le site ou par commercialisation. L'usine de Malvési maîtrise l'utilisation de grandes quantités d'acide nitrique concentré pour la dissolution de l'uranium en nitrate d'uranyle, première phase du processus de conversion du concentré minier en tétrafluorure d'uranium. Ses compétences offrent de bonnes perspectives pour la production d'acide nitrique à partir du nitrate.

Les travaux sur le stripping de l'ammoniac ont permis d'obtenir des vapeurs concentrées (3,3 moles/L) avec l'objectif l'obtention d'ammoniac concentrée 10 N après optimisation. Les résultats ont mis en évidence les facteurs (réactifs) et paramètres (pH, ...) réactionnels qui mériteraient d'être affinés pour l'optimisation du procédé.

4.2.3. Conclusion sur la voie de traitement par extraction du nitrate

La voie d'extraction du nitrate (EDN) constitue le schéma le plus abouti dans les perspectives de traitement et de valorisation des effluents nitrés des bassins de stockage. Le nitrate, constituant majeur des effluents à fort impact environnemental (risque pollution eau, et air par oxydes d'azote) devient grâce à cette voie une source valorisable sous la forme d'acide nitrique obtenu par extraction. C'est parmi toutes les alternatives étudiées celle qui présente les perspectives les plus avancées pour un traitement vertueux et respectueux de l'environnement et des populations.

Il est dommage qu'après les travaux et résultats encourageants obtenus que cette voie alternative prometteuse n'ait pas bénéficié d'études complémentaires afin de la proposer comme solution. La technologie et le savoir-faire de l'extraction du nitrate par solvant existe déjà à Malvési pour la production d'UF₄. L'usage d'acide nitrique concentré est également mis en œuvre depuis longtemps à Malvési et constitue un atout majeur pour l'application de EDN au traitement des effluents nitrés. Les prétraitements d'élimination du technétium et de l'ammonium sont connus et faisables.

Sur le plan environnemental, la voie d'extraction du nitrate EDN n'émet pas de rejets atmosphériques majeurs comme les NO_x et COV, contrairement au procédé THOR. Elle présente aussi des avantages pour la gestion et la préservation des ressources. Les besoins en énergie (rectification acide nitrique, régénération solvant, stripping, concentration finale des déchets) relèvent de techniques thermiques (chaudière vapeur) dont les consommations en énergie sont moindres que celles du procédé THOR (5 700 t charbon, 2 000 t gaz et électricité). L'extraction du nitrate par solvant ne requiert pas d'usage inconsidéré d'eau.

Le stock d'effluents nitrés de 350 000 m³ (plus de 100 000 t nitrates) d'AREVA Malvési présente un potentiel de production d'acide nitrique concentré (60%) d'environ 150 000 t. Pour une capacité de traitement de 20 000 m³ d'effluents nitrés/an (9 000 t nitrate/an) la production potentielle d'acide nitrique concentré (15 000 t/an) couvrirait les besoins en acide nitrique de la production

d'UF4.

L'empreinte environnementale de la voie de traitement des effluents nitrates par extraction du nitrate EDN s'avère bien plus favorable que celle du procédé THOR : moindres rejets atmosphériques, valorisation des nitrates et en fait l'alternative la plus acceptable aux plans technique et développement durable.

Les divers ateliers du traitement EDN : précipitation Tc99, stripping ammoniac, extraction nitrate, séparation calcium et traitement de finition, requièrent du personnel en nombre au moins aussi important que TDN (30 emplois).

4.3. Voie de traitement des effluents nitrates par cimentation

4.3.1. Principe et procédé

La présentation générale de la voie de cimentation dans la note technique AREVA est particulièrement explicite :

Le procédé de cimentation consiste à stabiliser un déchet solide ou liquide à l'aide d'un liant hydraulique et éventuellement d'additifs, l'ensemble déchet + liant + additifs constituant le déchet final.

Les effluents des lagunes de Malvési contiennent principalement du nitrate de calcium, du nitrate de sodium et du nitrate d'ammonium.

La cimentation d'effluents contenant des sels de nitrate de sodium et/ou de nitrate de calcium est possible et connue.

En revanche, l'action dévastatrice sur le béton des sels d'ammonium est réputée.

Pour traiter les effluents des lagunes sans prétraitement (stripping, voir chapitre concerné), une matrice ou des matrices résistantes aux nitrates d'ammonium doivent être trouvées. Ces matrices devront résister aux milieux agressifs et/ou s'hydrater à un pH < 9,5 afin que l'ammoniaque NH₄⁺ ne se décompose pas en ammoniac gazeux libérant des protons H⁺, responsable de la dégradation de la matrice.

La cimentation consiste au mélange d'effluents avec des liants hydrauliques (ciment) par malaxage pour la formation d'un fluide dont la prise en masse permet la stabilisation des constituants sous la forme d'un colis solide.

La première étape de malaxage s'effectue avec un dispositif mécanique simple : pompe à coulis, qui assure l'injection et le mélange effluent/ciment. Ce type de matériel est bien connu en génie civil (bâtiment, ouvrage d'art, industrie pétrolière). Le malaxage s'opère à température ambiante.

La deuxième étape consiste en la prise en masse du coulis fluide issu du malaxage. Comme pour le procédé THOR, la prise en masse peut être effectuée directement en container de type big bag (sac souple).

Dans la troisième étape, le durcissement du colis se poursuit au cours de l'entreposage en attente de l'évacuation en centre de stockage habilité TFA, comme pour le procédé THOR.

Il apparaît très clairement que cette voie est possible et connue pour le traitement d'effluents nitrates et qu'elle est techniquement simple (malaxage effluent + liant).

4.3.2. Travaux et résultats

Des études de la cimentation des effluents ont été réalisées par les services AREVA dès 1982 et jusqu'en 2002 et ont été suivies d'une veille technologique depuis 1999. Deux types de liants ont été étudiés.

4.3.2.1. Ciments silicatés (ciments classiques)

Des essais ont été conduits en 2007 à échelle laboratoire sur solution modèle et sur effluents réels (effluent à 700 g de nitrates/L et 61 g d'ammonium/L).

Les résultats les plus encourageants qui satisfont les critères de base : durée de prise en masse, taux d'exsudation, absence de réaction exothermique ont été obtenus à partir d'effluent strippé avec plusieurs ciments classiques (Lafarge, Calcia).

La contrainte liée aux ions ammonium paraît mineure d'une part par la faisabilité aisée du stripping de l'ammoniac comme examiné dans un paragraphe précédent et d'autre part par la possibilité d'adapter les paramètres physico-chimiques du processus de cimentation (simple ajustement pH) et du choix de la nature des liants tels les aluminates résistant à l'ammonium permettant de le réaliser directement sur l'effluent sans prétraitement.

4.3.2.2. Ciments aluminates (ciments techniques)

Les essais menés par la société KERNEOS, spécialiste en liants hydrauliques d'aluminate de calcium de haute technologie apportent des données très prometteuses à tous niveaux : obtention d'un coulis fluide avec prise en masse rapide, sans relargage notable d'ammonium et d'une mise en œuvre simple et robuste selon la technologie de pompe à coulis éprouvée en industrie pétrolière (cimentation de puits de pétrole).

La présentation du dispositif de cimentation Kerneos dans la note technique AREVA met en évidence sa très grande simplicité : pompe de malaxage sous trémie de distribution de ciment fondu alumineux assurant le mélange avec l'effluent. Par ailleurs, ce procédé autorise une cadence élevée de traitement, ce qui permettrait une résorption des bassins plus rapidement qu'avec le système THOR .

Le faible investissement du traitement par cimentation est également cité dans la note technique AREVA.

La seule réserve a trait à la quantité de déchets, liée au taux d'incorporation en effluent dans le déchet final (coulis) de l'ordre de 25% d'après les premiers essais.

4.3.3. **Discussion conclusion**

La cimentation de déchets radioactifs est couramment pratiquée, comme au CEA Saclay pour le traitement de concentrat d'évaporation avec stockage en centre ANDRA. L'un des spécialistes de la cimentation est le laboratoire Lerm SETEC (30).

Les ciments classiques à base de silicates ne présentent pas la meilleure résistance en présence d'ammonium, cas des effluents nitrates qui contiennent des sels d'ammonium. Dans ce cas, l'élimination de l'ammonium par stripping de l'ammoniac effectuée préalablement à la cimentation permettrait d'obtenir un ciment de bonne résistance.

Les ciments techniques aluminates (ciment fondu) présentent une très bonne résistance à l'ammonium et ne requièrent pas de prétraitement. La note technique AREVA confirme sans ambiguïté la faisabilité, la simplicité et la robustesse de la cimentation comme voie de traitement des effluents nitrates.

L'étude détaillée des paramètres de cimentation : incorporation des effluents les plus concentrés, formulation des liants et paramètres réactionnels, devrait permettre d'optimiser le taux d'incorporation et de réduire la quantité de déchets. Les enjeux environnementaux du procédé de cimentation : rejets gazeux très faibles voire nuls, très faible consommation d'énergie, aucune

consommation d'eau, ainsi que ses aspects économiques : très faible investissement, coût d'exploitation réduit, plaident très largement en sa faveur. Reste à considérer les modalités du stockage des déchets en centre TFA en prenant en compte les avantages environnementaux du traitement de cimentation des effluents nitrates produits par la filière nucléaire.

5. Conclusion

L'étude de la note technique d'AREVA sur les alternatives de traitement des effluents nitrates montre que le projet TDN est l'une des solutions les moins convaincantes du fait de profondes incertitudes sur le procédé THOR qui n'est qu'au stade expérimental pilote sur solution synthétique et du plus mauvais bilan environnemental (rejets atmosphériques, ressources).

Les caractéristiques des effluents nitrates ont fait écarter d'emblée 5 voies : usage agronomique, techniques séparatives : osmose, électrodialyse, résines ainsi que la dénitrification biologique. Une dizaine d'autres procédés et variantes seraient compatibles avec la composition des bassins: cristallisation/séchage, réduction chimique du nitrate, électrolyse, eau supercritique, dénitrification thermique et THOR. Cependant, l'immaturité technique de ces procédés pour les effluents nitrates et/ou leurs impacts environnementaux ne permettent pas de les retenir comme voie de retraitement du stock d'effluents.

Au final, deux voies de traitement apparaissent comme des alternatives très sérieuses au procédé THOR.

Le traitement THOR cumule trois inconvénients majeurs : pas de validation technique sur effluents nitrates radioactifs, impacts environnementaux néfastes par ses rejets atmosphériques en oxydes d'azote (décomposition nitrates), en COV (combustion charbon) ainsi que par ses consommations excessives en ressources (énergie, eau) et émissions massives de GES.

Parmi les réserves et inconvénients cités dans la note technique AREVA à propos des travaux sur le procédé THOR, le besoin d'extrapolation a été relevé. Cela signifie que les données issues de l'essai pilote sont insuffisantes pour un passage au stade industriel. Le projet d'installation industrielle ICPE TDN AREVA est une extrapolation théorique de résultats de test pilote de courte durée (8 jours de test en fonctionnement continu, USA), sur solution synthétique exempte de radioéléments. Il serait hasardeux d'autoriser une installation ICPE aussi importante que TDN sur des bases aussi fragiles, cela en vue de résoudre une problématique de grande ampleur concernant le retraitement des stocks d'effluents nitrates et radioactifs accumulés dans les bassins de Malvézi depuis 58 ans (350 000 m³) et de ceux à venir.

La note technique AREVA révèle plusieurs questions sur le traitement THOR TDN qui n'ont pas été explicitées dans le dossier d'enquête publique.

Les gaz produits par décomposition des nitrates dans le four DMR THOR du dispositif pilote ont une concentration trop élevée en NO_x pour le traitement du gaz par catalyse SCR. Pour contourner cet écueil, les gaz ont été dilués avec de l'air en amont de la SCR afin d'atteindre un niveau de concentration compatible. Cette opération est très discutée sur un plan environnemental et réglementaire et tend à relever d'une mystification technique. La dilution n'est pas un procédé de traitement. Cela explique l'énorme rejet gazeux de l'installation TDN 40 000 m³/h pour traiter seulement 2,5 m³/h d'effluent. Le procédé THOR vaporise les effluents dans l'atmosphère en les diluant avec de l'air.

L'essai pilote a été réalisé avec une solution synthétique nitratée, exempte de radioéléments, ce qui n'est absolument pas représentatif des effluents réels des bassins. Les conclusions de l'essai pilote font état de la volatilisation « limitée » des radioéléments (technétium 99, ...). L'affirmation que les radioéléments sont fixés par l'argile n'a pas été démontrée par l'essai pilote. L'incertitude sur un point aussi important que le devenir des éléments radioactifs contenus dans les effluents n'est pas acceptable. La volatilisation du technétium99, principal radioélément des effluents, est connue. La nocivité du technétium99 est particulièrement inquiétante sous forme d'émission atmosphérique dans les poussières (2 900 kg/an) et gaz rejetés (40 000 m³/h) par le traitement TDN. L'inhalation

de ce radioélément se traduirait par un effet direct d'irradiation des organismes. L'incertitude soulevée dans la note technique quant à la volatilisation « limitée » remet en question l'étude d'impact de la DDAE dont les données de base n'ont pas été établies sur les effluents nitrates réels contenant le technétium⁹⁹.

Il serait impensable, à moins de jouer aux apprentis sorciers, de réaliser une installation industrielle pour le traitement d'effluents radioactifs avec un procédé expérimental qui n'a jamais été testé à échelle pilote avec les effluents réels radioactifs.

Outre les incertitudes sur le procédé lui-même et sur les émissions de radioéléments, le procédé THOR s'accompagne d'impacts environnementaux néfastes. Les rejets gazeux massifs en NO_x, provenant de la décomposition thermique des nitrates et des COV issus de la combustion du charbon (benzène, bis-phtalate, ...) sont caractéristiques du traitement TDN THOR. La consommation très élevée en ressources (eau, énergies) condamne ce traitement au regard des objectifs de développement durable (COP 21, 22, transition énergétique). L'impact paysager majeur par la pollution visuelle de cette installation de grande taille (cheminée et panache fumées) est un sujet d'inquiétude pour l'activité économique liée au tourisme et pour la protection des sites classés à proximité. Les coûts très élevés en investissement : 80 millions € et en exploitation : 10 millions €/an, soit environ une dépense d'environ 50 000 €/jour pendant 10 ans (proche de la masse salariale du site de Malvési) posent question dans le contexte socio-économique actuel : plan de restructuration d'AREVA, forte régression de la demande en uranium.

Le projet de traitement des effluents nitrates par le procédé THOR consiste en la décomposition du nitrate en azote gazeux et dioxydes d'azote et vise à détruire quelque cent mille tonnes de nitrate (9 000 t/an) contenues dans les bassins de stockage, sans aucune valorisation, en ne produisant que des déchets nocifs (gazeux et solides) avec une consommation importante de ressources.

L'extraction du nitrate (EDN), composé dominant dans les effluents, combinée au stripping de l'ammoniac et à la séparation du technétium constitue le schéma de traitement des effluents nitrates le plus abouti, innovant, intelligent et en accord avec les objectifs de développement durable. Son grand intérêt réside dans la récupération des constituants : nitrate (9 000 t/an et stock de plus d'une centaine de milliers de tonnes en bassins) et ammonium (1 200 t/an) respectivement sous forme d'acide nitrique concentré (15 000 t/an) et d'ammoniaque, réutilisables sur place pour la production de tétrafluorure d'uranium ou valorisables. C'est un enjeu économique non négligeable doublé d'un intérêt majeur environnemental et de développement durable.

La faisabilité technique de l'extraction du nitrate par solvant (tributylphosphate) est validée car l'extraction du nitrate d'uranyle est opérée depuis de nombreuses années avec le même solvant à Malvési pour la production d'UF₄. Des milliers de tonnes de nitrate d'uranyle sont ainsi extraites chaque année.

L'élimination du technétium⁹⁹ (pertechnétate) par précipitation en amont de l'extraction du nitrate, est un avantage important par la réduction notable de la quantité des déchets à évacuer en centre de stockage TFA.

Les compétences réunies chez AREVA sur l'extraction du nitrate et l'usage de l'acide nitrique sont un atout incontestable pour cette voie qui s'avère la meilleure des alternatives de traitement, en parfait accord avec les enjeux de développement durable et d'impacts environnementaux.

Les divers ateliers du traitement EDN : précipitation Tc⁹⁹, stripping ammoniac, extraction nitrate, séparation calcium et traitement de finition, requièrent du personnel en nombre au moins aussi important que TDN (30 emplois).

La voie de traitement des effluents nitrates par cimentation offre une autre alternative au traitement

THOR. Elle ne comporte aucun des inconvénients du procédé THOR (pollution de l'air, consommation ressources, fragilité et incertitudes techniques) et présente les avantages d'une simplicité technique (malaxage), robustesse, fiabilité, d'impacts environnementaux limités: très faible besoin en énergie, pas d'eau, moins d'émissions atmosphériques, de faibles coûts d'investissement et d'exploitation.

La présence d'ammonium dans les effluents nitrés est susceptible d'affecter la stabilité des déchets produits avec des ciments classiques (silicatés) mais peut être aisément corrigée par un prétraitement d'élimination de l'ammoniac par stripping selon un procédé bien connu.

Les essais menés avec des ciments techniques à bases d'aluminates de type ciment fondu (Kerneos) montrent la faisabilité directe de la cimentation sans prétraitement des effluents.

La cimentation stabilise les éléments minéraux et radioéléments des effluents dans une matrice solide résistante à la lixiviation, critère recherché pour le stockage TFA des déchets en centre CIRES ANDRA.

Des voies alternatives fiables, durables et économiques (EDN) existent pour résorber le stock d'effluents nitrés et radioactifs (technétium99, ...) accumulés depuis plus d'un demi siècle à Malvési, sans mettre en danger la santé des populations et l'environnement. Le refus du traitement TDN THOR, procédé immature et aux impacts environnementaux délétères, au profit des solutions alternatives envisagées, n'aura que des conséquences bénéfiques pour tous.