

Les effluents du procédé THOR à Malvesi : Impact sanitaire et étude critique du dossier « évaluation de l'impact sanitaire » réalisée par AREVA

Dr. Mariette Gerber

Chercheur Honoraire INSERM, Institut de Recherche sur le Cancer, Montpellier
Expert à l'Anses, Comité Santé-Environnement de l'ANR

1- Les effluents du procédé THOR

Dans la fumée sont rejetés du dioxyde de soufre (SO₂), de l'acide chlorhydrique (ClH), métaux lourds (arsenic, plomb, mercure), des oxydes d'azote (NO_x, dont le dioxyde NO₂) particules fines de diamètre 2,5microm (PM_{2,5}), composés organiques volatils (COV), di-éthyl-hexyl-phtalate (DEHP), et de nombreux radionucléides, dont l'uranium, et ses descendants le radon et le radium. Le SO₂ et le ClH peuvent être responsables d'irritation de la peau et des muqueuses y compris bronchiques lors de rejets importants accidentels. On va s'intéresser dans ce rapport aux composés induisant des maladies chroniques, pouvant apparaître après une période de latence parfois longue suite à une exposition plus faible mais continue. On trouve dans cette catégorie, les NO_x, dont le dioxyde NO₂, le plus nocif pour la santé, les PM_{2,5}, parmi les composés organiques volatils, le benzène et le DEHP, et de nombreux radionucléides.

2- L'impact sanitaire potentiel des effluents : NO₂, (suivi de la formation d' ozone atmosphérique), PM_{2,5}, benzène, DEHP et radionucléides..

Ces polluants sont retenus car ils appartiennent à la catégorie des substances cancérigènes et ou mutagènes et ou reprotoxiques (CMR) : Une seule molécule des ces substances pénétrant l'organisme est susceptible d'induire un risque de cancer ou de dommage anatomique ou fonctionnel d'un organe de reproduction .

2-1 Le NO₂ est le plus nocif des NO_x. Il induit directement un important stress oxydatif comparable à celui du tabac (Gerber Arch. Env. Health, 1998) et pénètre dans les bronchioles et les poumons causant des affections respiratoires. Sous l'influence du rayonnement solaire, à quelques km de la source, il se

transforme en ozone atmosphérique (O₃) également toxique pour l'appareil respiratoire. En outre il existe une synergie avec les PM_{2,5}. Celles-ci pénètrent également dans les poumons et même dans la circulation sanguine, induisant aussi un stress oxydatif et éventuellement transporte des allergènes renforçant ainsi le développement d'allergies. Elles aggravent en outre les conditions pathologiques respiratoires ou cardio-vasculaires et sont responsables de morts prématurées.

2-2 Ces 3 polluants, NO₂, O₃ et PM_{2,5} réalisent les conditions de la *pollution atmosphérique* et donc sont responsables d'effets respiratoires et cardio-vasculaires bien répertoriés (33% des accidents vasculaires cérébraux, InVS). Ils sont considérés comme des carcinogènes de classe 1 (IARC), (cancers du poumon). Ces effets sont qualifiés de « convaincants » ayant été démontré dans des études prospectives sur des milliers de participants, dans divers pays, suivis pendant plus de 7 ans, y compris chez des non-fumeurs: pour une augmentation PM_{2,5} de 10 microg/m³ on observe une augmentation du risque de cancer du poumon de 40%, une augmentation du risque de 50% pour une exposition sur 5 ans, et une augmentation du risque de 70% pour activité extérieure pendant 1 heure (Gharivband, Arch. Env.Persp., 2016). Enfin des études récentes suggèrent une augmentation de l'incidence de la démence sénile (x4 pour 49 microg/m³) chez les personnes âgées résidant à moins de 300m de voies à grand trafic (Chen, Lancet, 2017).

2-3 Le benzène est un carcinogène de classe 1 (IARC). Entre 5 et 18% des cas de leucémies seraient dues à une exposition professionnelle au benzène (INCa, 2010).

Il est intéressant de comparer les quantités de polluants rejetées par THOR aux valeurs cibles les concernant proposées par la France et l'OMS.

Tableau 1 : Comparaison des valeurs cibles actuellement règlementaires de certains aux rejets de THOR

	Valeur cible	Quantité rejetée (Sortie cheminée)
NO ₂	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	500 mg/m ³ de fumée /1h, (gaz sec)
PM _{2,5} .	10 µg/m ³ en moyenne annuelle 25 µg/m ³ sur 24 heures.	40mg/m ³ de fumée /1h, (gaz sec)
Benzène	2 µg/m ³	875 µg//m ³ /h (gaz sec)

2-4 Le DEHP est un perturbateur endocrinien. Il a montré un effet reprotoxique et un effet carcinogène chez l'animal, et est fortement suspecté d'effets reprotoxiques chez l'homme : infertilité masculine et anomalies anatomiques du sexe masculin, cryptorchidie, hypospadias. Il est donc interdit dans les jouets et autres objets destinés aux enfants, et dans les cosmétiques. Le DEHP a été classé substance très préoccupante (Janvier 2017), ce qui oblige l'industrie à notifier à l'ECHA la présence de la substance concernée dans tout produit fabriqué ou importé dans l'UE. Il fait partie de la liste des substances candidates pour la liste d'autorisation, qui oblige l'industrie à demander à la Commission européenne l'autorisation, renouvelable et temporaire, d'utiliser la substance. Parmi les inscrits à cette liste, avec d'autres phtalates, le DEHP est d'ailleurs devenu, en février, une des premières molécules à avoir été officiellement reconnue perturbateur endocrinien dans le cadre de REACH. . Pour le consommateur, cela lui ouvre le droit à être informé, sur sa demande, de sa présence dans un produit qu'il souhaiterait acheter. Le DEHP, rejeté à raison de 73 kg/an ne figure pas dans le tableau 1, en effet, comme pour tous les perturbateurs endocriniens il est difficile de fixer une valeur limite acceptable, étant donné d'une part que ces composés sont plus actifs à dose faible ou intermédiaire qu'à doses élevées et d'autre part qu'ils agissent souvent en synergie avec d'autres composés (voir paragraphe 3-2-3).

2-5 L'impact sanitaire des radionucléides a été traité par Y Lenoir, j'ajouterais seulement deux récentes références qui permettent d'affirmer sans conteste que la relation dose-effet est linéaire (sans seuil), et que les faibles doses s'accumulent dans le temps. L'étude INWORKS (Leuraud et al, Lancet/Haematology, 2015) est une étude internationale réalisée sur les travailleurs du nucléaire de France, du Royaume-Uni et des USA. 308297 ouvriers du nucléaire ont fait partie de la cohorte et suivis pendant une moyenne 27 ans (± 12). La moyenne de la dose cumulée d'exposition était de 16mGy¹. La dose moyenne annuelle étant de 1,1mGy. Les évaluations pour des doses plus faibles ont permis d'établir une relation linéaire entre exposition aux radiations ionisantes et mort par leucémies (myéloïde chronique essentiellement). Dans cette étude 53% des personnes décédées de leucémies avaient été exposées à moins de 5mGy (5mSv) étalés dans le temps (10 ans). Cette étude sur les leucémies a été complétée par une recherche sur le développement de cancers (tumeurs solides). Les données de cette étude montrent qu'il existe, comme pour les leucémies, une augmentation linéaire du risque de cancers avec l'accumulation dans le temps de faibles doses (Richardson et al, BMJ, 2015). Ces données démontrent que la dose de 1mSv, dose dite acceptable pour la population n'est pas exempte de risque pour une large part de la population si elle perdure pendant plusieurs années. Les auteurs de cette étude indiquent dans leur conclusion que ces résultats doivent renforcer le socle de connaissances nécessaire à l'établissement des doses standard de radioprotection. On peut rapprocher de cette conclusion la Directive G03 de l'IFSN (Inspection fédérale de la sûreté nucléaire, autorité surveillance de la Suisse pour la sécurité et la sûreté des installations nucléaires), qui précise l'objectif de sécurité des stockages de déchets en couches profondes : dans tout futur développement probable, le relâchement de radionucléides ne peut

¹Les doses absorbées à la moelle exprimées en Gy sont obtenues par les facteurs de conversion appropriés. Parce que la plupart des expositions provenait de photons à haute énergie, la dose exprimée en Gy est équivalente à la dose en Sv.

entraîner une dose individuelle dépassant 0,1mSv/an (Bulletin N°48, Juillet 2017 de la NAGRA, Sté coopérative nationale suisse pour le stockage des déchets radioactifs).

3-Etude critique du dossier « évaluation de l'impact sanitaire » réalisée par le bureau ingénierie et projets, AREVA NP

3-1 Considérations générales

L'enquête d'utilité publique (EUP) du procédé THOR contient une étude de l'impact sanitaire du procédé comportant une synthèse et des annexes. Cette étude est réalisée en utilisant des données de modélisation que l'on peut caractériser de virtuelles puisque ce procédé n'a jamais été appliqué à l'échelle industrielle. Ces données sont confrontées à la réglementation en vigueur en utilisant des logiciels établis par diverses agences nationales (ANSES) et internationales (EFSA, EPA, OMS). Cependant, cette réglementation a été établie pour des composés dont l'effet toxique est bien décrit dans la toxicologie industrielle (ex : SO₂, plomb, mercure...), alors que l'on a constaté depuis la 2^{ème} moitié du siècle dernier la présence dans notre environnement de substances dont les effets sur le vivant ne répondent plus aux mêmes lois.

D'une part, la difficulté à rentrer dans la compréhension des modélisations et des calculs d'impact, et, d'autre part, l'absence de prise en compte de données récentes, mais bien établies, demandent une information plus large des élus et de la population et une discussion critique avec les administrations.

Vont donc être exposés les principes de la réglementation et les avancées des connaissances qui mettent en cause l'application généralisée de cette réglementation, puis l'application spécifique de ces principes et connaissances aux effluents du procédé THOR, et à l'ensemble de l'usine en ce qui concerne la radioactivité.

3-2 La réglementation et les nouvelles connaissances

C'est celle appliquée classiquement dans les études toxicologiques des rejets industriels. Elle porte sur deux types de composés : ceux dont l'effet toxique présente un seuil au-dessous duquel cet effet est nul, et ceux dont une seule molécule pénétrant l'organisme est susceptible d'avoir un impact (effet probabiliste).

3-2-1 Pour les composés présentant un une *toxicité aiguë ou chronique à seuil*, active dans l'organisme par une voie métabolique simple (mort cellulaire, nécrose ..) on calcule la valeur toxicologique de référence (VTR), appuyée essentiellement sur des données animales ou des modèles cellulaires. Quand il s'agit d'une exposition aérienne, par inhalation, la VTR correspond à la concentration aérienne admissible du toxique dans l'air exprimée en microg/m³d'air. Quand l'exposition résulte de l'ingestion d'une substance (terre, aliment) et on parle de dose journalière admissible (DJA), qui s'exprime en microg/kg/j.

3-2-2 Dans le cas des composés dont *l'effet est sans seuil*, ceux dont l'inhalation ou l'ingestion d'une seule molécule présente un risque d'impact sanitaire et souvent des plus graves, comme le cancer, **il n'existe pas de risque nul**. Ces composés sont regroupés en substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (dites CMR) tels le benzène, ou les radionucléides. Dans le cas de ces substances, on considère que la probabilité du risque croît avec la dose (Fig. 1). On admet donc une valeur de « *risque négligeable ou acceptable* » car très faible, généralement 10⁻⁵, soit une personne atteinte sur 100.000 et 1mSv pour les radionucléides². On a vu plus haut que la valeur de 1mSv peut être contestée et éventuellement réduite d'un facteur 10 (paragraphe 2-5). Si l'exposition est aérienne on calcule l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUI) il

² La notion de « risque négligeable » a été supprimé e 9/2/2017 de la loi Morin qui fixait le droit de recours des victimes des essais nucléaires en Polynésie.

correspond à l'inverse de la concentration de la substance CMR dans l'air soit $[(\text{microg}/\text{m}^3 \text{d'air})^{10^{-1}}]$; s'il s'agit d'une exposition par ingestion on calcule l'excès de risque unitaire (ERUO) de la substance CMR dans la substance ingérée soit $[(\text{microg}/\text{kg})^{10^{-1}}]$.

3-2-3 La méthode basée sur la relation linéaire décrivant l'augmentation de l'impact sanitaire avec la dose d'exposition ne peut s'appliquer en aucun cas à des molécules agissant dans l'organisme par des voies plus complexes, tels les *perturbateurs endocriniens*, qui sont aussi des CMR. Ceux-ci en effet peuvent agir à des **doses très faibles ou intermédiaires** et moins à des doses fortes (Fig. 2 et 3). De plus, ils peuvent s'unir à d'autres substances (effet cocktail) pour induire des pathologies graves (cancers transmissibles sur 2 à 3 générations) ou des perturbations anatomiques (malformations congénitales, notamment au niveau des caractères sexuels) ou fonctionnels (baisse de la spermatogénèse, hypothyroïdie). Enfin, alors que la DJA est déterminée sur la base d'une exposition qui vaudrait pour la totalité de la vie, ce n'est pas la durée de l'exposition qui compte dans les cas des perturbateurs endocriniens, mais le moment où elle survient, les expositions *in utero*, dans la petite enfance et la puberté apparaissant particulièrement dommageables et peuvent être transmissibles sur 2 ou 3 générations.

3-3 Remarques portant sur l'étude d'impact et son annexe

Les méthodes de la modélisation atmosphérique et du calcul de l'impact sanitaire seront discutées, puis les remarques spécifiques concernant les composés à effet sans seuil dont l'évaluation de l'impact sanitaire apparaît la plus problématique

3-3-1 Modélisation de la dispersion atmosphérique

La modélisation se fait en utilisant un logiciel également utilisé par l'INVS autour d'incinérateurs (INVS rapport d'étude d'incidence des cancers à proximité des usines d'incinération, 2008). Ce rapport énonce les **nombreuses**

limites de cette modélisation (pas de prise en compte des vents faibles, de la rugosité du sol, des caractéristiques de la source d'émission, ni des polluants, ni de leur mélange, notamment du mélange gaz/particules). Des mesures sur site ont été réalisées et il a été constaté une grande variation des mesures par rapport à celles de la modélisation.

Plus spécifiquement, la Fig 5 du dossier d'impact montre la dispersion horaire moyenne annuelle des NOx, donnée absolument virtuelle car si les jours où souffle le Cers la dispersion est importante, mais les jours de Marin Gras il existe une stagnation des effluents tout aussi importante, avec un risque d'inhalation accru des effluents atmosphériques. On regrette l'absence de la représentation de la dispersion des composés CMR que sont particules fines, l'ozone, le benzène et le DEHP

3-3-2 Absence de caractérisation du risque lié à O₃

Or, **l'absence de prise en compte de l'ozone**, qui se forme à partir de NO₂ sous l'influence du rayonnement solaire à distance de la source d'émission (1 à 2 km) est une lacune importante. En effet le Programme Régional Santé Environnement dans sa 3^{ème} version rapporte dans le paragraphe sur la qualité de l'air indique : « les situations les plus défavorables dans la région s'observent dans les grandes agglomérations et à proximité des principaux axes de circulation de communication pour le NO₂ et les particules, et sur l'ensemble du territoire pour l'ozone ».

3-3-3 Incohérence dans l'expression des résultats

- Contrairement à la définition donnée (chapitre 4, p33 du dossier d'EUP), les ERU des substances sans seuil sont baptisés improprement VTR et exprimées en mg au lieu de microg dans les tableaux 11 et 13 du même chapitre.
- Sans la moindre explication, on découvre dans le tableau 20 (chapitre 4 p 48) portant sur le calcul des excès de risque individuel que la VTR ou ERU est de 10⁻⁵ pour tous les composés inhalés et 1 pour les composés ingérés.

Cette valeur de référence est comparée à la somme des ERI de composés aussi différents que le plomb, le benzène et le DEHP (inhalation chronique Tableaux 19 à 25; P41 à 47 de l'annexe 2). **Faire la somme des ERI est absolument incongru au regard des voies métaboliques utilisées par chacun des composés et qui leur sont spécifiques.**

3-3-4 *Prise en compte de la durée d'exposition*

Pour les substances sans seuil, le risque sanitaire individuel (ERI) est identifié et mesuré de la façon suivante :

$$\text{ERI} = \text{CI} \times \text{ERU} \times \text{T/Tm}$$

où CI est la concentration inhalée [(microg/m³d'air)¹⁰⁻¹] et celle ingérée [(microg/kg)¹⁰⁻¹] T le temps d'exposition et Tm la durée de la vie entière.

Il n'existe aucune raison logique ou mécanistique pour diviser le temps d'exposition par le temps de vie entière. En effet, d'une part une seule molécule des composés CMR est capable d'induire un risque, d'autre part les observations épidémiologiques montrent que les doses peuvent s'accumuler dans le temps (benzène et radionucléides) , ou au contraire, dans le cas des perturbateurs endocriniens qu'une dose limitée dans le temps reçue à un moment précis vulnérable (exposition *in utero*, du jeune enfant, à la puberté) est plus conséquente qu'une longue exposition à un âge plus avancé (voir paragraphe 3-2-3) et enfin qu'au long de la vie un autre facteur peut venir augmenter le risque de cancer lié à une molécule CMR (effet cocktail).

3-3-5 *Insuffisance de prise en compte de situations d'exposition*

- Les scénarios d'exposition par âge, par inhalation ou ingestion ne considèrent pas les enfants de moins de deux ans, qui peuvent être les plus vulnérables en particulier au DEHP (perturbateur en endocrinien).
- La méthodologie appliquée à l'exposition par ingestion n'est que très peu détaillée que dans l'annexe 2. On sait que le dépôt au sol a été modélisé à partir du dépôt atmosphérique dont on sait que les résultats sont très variables (InVS, Etude sur les incinérateurs, 2008). On sait que l'apport

alimentaire des polluants par dépôt sur les végétaux est établi selon des fiches de CIMEX (?) « fiche de profil alimentaire typique de zone rurale », sans aucune validation, ni même simple comparaison aux données nationales et régionales des études INCA (ANSES). L'évaluation d'une exposition alimentaire ne peut se contenter de telles approximations.

- Les valeurs d'exposition maximale pour le benzène à Romilhac le haut, Montflaures en résidentiel et SLMC en professionnel dépassent la valeur cible/objectif qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 17, P36 de l'annexe2). Cela n'est souligné, ni commenté.
- Les calculs de concentration moyenne de DEHP dans l'air ou les sols, qui sera utilisé pour la caractérisation du risque, ignorent totalement la courbe en U renversé du DEHP. Ainsi sont considérés comme très faibles des valeurs qui sont justement dans l'ordre de grandeur des concentrations efficaces. Ainsi, dans le tableau 18 de l'étude d'impact, portant sur la concentration moyenne modélisée dans les sols (scénario d'exposition potentiel pour les jeunes enfants qui peuvent avaler quelques grammes de terre en jouant), on constate que les concentrations se rangent dans les zones d'action du DEHP (voir Fig3) : 107 picogramme/g de terre à Romilhac le Haut, 93,7 picogrammes/g à Romilhac le Bas, 31,4 picog/g à Montflaurès, 194 picogrammes /g à Livière haute.
- Notons aussi que jamais n'est abordé le problème des synergies possibles entre les différents polluants. C'est notoire avec l'absence de reconnaissance de l' O_3 , mais d'autres synergies sont très probables dans le cas des perturbateurs endocriniens au travers de la fixation aux récepteurs hormonaux. Elles sont aussi possibles dans le cas de toute substance mutagène et cancérigène par l'effet cocktail, c'est à dire par la conjonction de plusieurs facteurs impliqués dans le développement de divers cancers qui font la promotion de la lésion initiale.

Conclusion

L'étude d'impact sanitaire sur les composés chimiques qui ont fait l'objet de ce rapport, se termine sur une conclusion rassurante : « les risques associés aux effets à seuil comme sans seuil peuvent être considérés comme non préoccupants »³. Après cette analyse, il est difficile d'adhérer à cette conclusion. En effet, ces risques sont-ils si faibles ? Nous avons évoqué plusieurs lacunes (l'O₃), présence de composés CMR, erreur de connaissance et erreur d'appréciation quand à certains composés (le DEHP) , et enfin l'utilisation d'une méthodologie discutable. Cette limite méthodologique est évoquée par les auteurs de l'étude dans l'annexe 2, mais pas dans le dossier principal.

La seule présence de substances CMR confère un risque, et même si ce risque est très faible, il doit être justifié, réduit et compensé.

Puis, à la toute fin après avoir constaté que l'impact radiologique entraînait une exposition bien inférieure à 1mSv, la dose « acceptable » pour la population, contestable comme indiqué plus haut (paragraphe 2-5), conclusion est la suivante : « les rejets d'installation TDN n'entraînent donc aucun risque sanitaire sur les populations voisines ». L'effet des faibles doses des perturbateurs endocriniens et de l'accumulation de la dose radiologique pendant les 40 ans de l'exploitation est donc complètement ignorée

Les déchets nitrés doivent être traités oui, mais THOR est-il la seule solution ? Les doutes associés aux rejets chimiques et radiologiques décrits, amènent à refuser ce procédé en l'état étant donné l'insuffisance et les erreurs de l'étude d'impact. Tout autre solution doit être recherchée, techniquement et/ou politiquement.

³ on appréciera la négation du terme appliqué par l'ECHA au DEHP !