

Cendres de centrales thermiques au charbon EDF Compte-rendu de réunion Le 29 septembre 2008

Didier Rusch - Responsable co-produits de combustion EDF
Jean Paul Jacquot - Chef de la branche environnement EDF (production à flamme)
P. Tardieu - Responsable déchets/ sites pollués EDF (production à flamme)
Jean-Pierre Edin - Robin des Bois
Charlotte Nithart - Robin des Bois

Ce compte-rendu rapporte les propos des spécialistes des centrales à flammes d'EDF, M. Rusch étant le principal interlocuteur.

EDF a une organisation différente de celle de Surschiste* ce qui explique qu'il n'y a pas de documents ou d'inventaires des terrils ; les documents historiques disponibles concernent uniquement les centrales. [*Filiale de la SNET -Société Nationale d'Electricité et de Thermique-, Surschiste valorise les coproduits issus de la combustion du charbon en centrale thermique et a des inventaires historiques de ses terrils].

Application de l'arrêté du 25 mai 2005

Les études portant sur l'exposition radiologique des travailleurs et de la population ont été envoyées à toutes les DRIRE avec copie à l'ASN. M. Rusch espère que Robin des Bois n'a pas eu de photocopie du volet travailleurs et se refuse à nous transmettre le volet population, celui-ci ayant été transmis au commanditaire de notre rapport.

Volet radiologique travailleurs : L'arrêté du 25 mai 2005 ne s'applique qu'aux sites en exploitation et exclut les stocks même s'il y a sur le terril des conducteurs de pelleteuses qui travaillent à la reprise des cendres. EDF a quand même inclut dans son étude les terrils en exploitation. Des mesures ont été effectuées pendant un an sur les postes de travail identifiés. L'étude a été réalisée sur la centrale de La Maxe qui vend toutes ses cendres au fur et à mesure de leur production et sur le terril du Blénod, le plus important (4 millions de tonnes). L'étude a pris pour chaque radionucléide l'activité maximale observée dans les différents charbons importés, pour avoir l'activité maximale d'un charbon qui dans la réalité n'existe pas. Le chauffeur d'engin sur le parc à cendres est celui qui reçoit la plus forte dose (exposition de 0,31 mSv dont 0,17 en provenance du bruit de fond). Considérant que Blénod était le pire cas, EDF n'a pas étudié les autres sites. L'étude a été validée par l'ASN qui a effectué une inspection à Cordemais. EDF n'a pas détecté de problème de contamination de certaines canalisations dans le secteur chaudière contrairement à ce qui a été mentionné dans le premier rapport Robin des Bois sur la radioactivité naturelle technologiquement renforcée. Il y aura « paraît-il » une étude sur les eaux de lavage et les tartres lors du prochain arrêt maintenance de La Maxe. Les résultats devraient être connus en octobre 2008.

Volet population : L'étude a été finalisée fin 2007. Elle a porté sur le volet transfert par air et transfert par eau de sites en exploitation.

La centrale de Blénod a été choisie pour l'étude du transfert par air car elle ne possède pas d'unité de désulfuration et est la centrale la plus puissante. Elle sera fermée d'ici 2015. La dispersion des cendres autour de la cheminée est de quelques kilomètres maximum. Deux types de populations ont été prises en comptes dans l'étude : adulte passant 100% du temps à l'extérieur et nourrisson passant 20% de son temps à l'extérieur. L'exposition est inférieure à 2 µSv/an.

Pour l'eau, le stock historique de La Maxe a été choisi car il y a une nappe sous le stock de 900.000 tonnes. Des essais de lixiviation ont été pratiqués sur l'U238 et le P40. Il est conclu que le nourrisson qui boit en aval s'expose à 0,01 µSv/an. Il n'y a donc pas de mesure particulière à prendre.

Origine des charbons :

L'origine du charbon varie ; il s'agit d'une donnée commerciale que M. Rusch ne souhaite pas communiquer. Actuellement, le charbon est uniquement importé selon les opportunités du marché. Après réflexion, M. Jacquot a bien voulu nous donner les provenances :

- 1- Afrique du Sud
- 2- Pologne
- 3- Ex-URSS
- 4- Indonésie
- 5- USA
- 6- Colombie
- 7- Australie

Le charbon provient majoritairement d'Afrique du Sud et de Pologne. Les limitations en SO₂ vont conduire à éliminer la provenance Etats-Unis. Il n'y a pas d'analyse radiologique du charbon à l'achat car « on est vraiment sous les seuils ». [Entre 3,3 Mt et 5,3 Mt /an de charbon sont importées par EDF].

Surveillance atmosphérique des sites en fonctionnement

Les nouvelles réglementations sur les émissions atmosphériques contraignent EDF à prévoir la fermeture des centrales de type Blénod et à limiter certaines d'entre elles à 20.000 h jusqu'en 2010 (soit 2.500 h/an en moyenne). Le lavage des fumées est réalisé au lait de chaux et est renforcé par un dépoussiérage préliminaire. Au final, il y a moins de radioactivité dans le lait de chaux que dans les cendres. Le dépoussiérage de la centrale thermique du Havre ne donne pas satisfaction et des travaux vont être réalisés. Si la désulfuration de marche pas, la tranche sera arrêtée.

Il n'est pas question de convertir au charbon des centrales fonctionnant actuellement au fuel ; l'investissement serait trop important et il s'agirait au regard de la réglementation d'une installation nouvelle. Une nouvelle centrale au charbon devrait en plus être implantée en bord de mer car tout le combustible est importé.

Valorisation des cendres :

La reprise des cendres répond aux objectifs du développement durable. Cela économise des matériaux de carrières et évite des trajets de camions. Le taux de reprise des cendres est d'environ 120 à 140 % (production fraîche et reprise de stocks anciens) surtout si il y a des chantiers d'autoroutes ou d'aéroports : TGV Est, aéroport Metz Nancy, Port 2000 au Havre, barrage de Puylaurent (Lozère). Il y a des demandes pour de la valorisation agricole mais EDF refuse. L'absence de réglementation garantissant chaque usage possible oblige EDF à constituer un dossier (avec des tests) pour chaque usage. Les centrales de Blénod, de La Maxe, de Cordemais et du Havre sont certifiées pour les usages béton (norme EN450). Pour les ciments, la norme employée est EN197. Un dossier REACH cendres devra être monté avant 2010. La qualité des cendres est vérifiée par « piquage » dans les stocks et à l'arrivée chez les cimentiers. La présence de déchets étrangers est écartée et d'éventuels encombrants seraient triés au niveau du godet du chargeur. EDF reste responsable des cendres après valorisation car elles sont classées comme des déchets « ce qui ne sera plus le cas bientôt ». En ce qui concerne la valorisation en cimenterie, la traçabilité s'arrête à la cimenterie ; il en est de même pour la valorisation en carrière. D'une manière générale, la traçabilité est assurée par les bons de livraison, sauf pour les grands chantiers dont EDF garde la mémoire. Il y a très peu d'utilisation interne à EDF (exemple des assises des Turbines à Combustion de Vaires-sur-Marne). Des transferts de cendres inter-sites sont parfois réalisés pour des raisons logistiques. Tous les stocks exploités sont arrosés et il n'y a pas de problèmes d'envols connus par EDF. Il n'y a pas de colonisation des sites par des loisirs motorisés. Les imbrûlés représentent de 2 à 8% ce qui écarte les risques d'autocombustion. Surschiste a des sécheurs et intervient donc parfois comme prestataire d'EDF (exemple des cendres de Blénod et de La Maxe). Il n'y a plus à l'heure actuelle de mélange avec des REFIOM.

Détails sur quelques sites :

- Pont-sur-Sambre : la communauté de communes a demandé à EDF de végétaliser le terribil pour garder une trace du passé industriel.

- La Maxe : le terril n'est pas exploité car trop éloigné des utilisateurs potentiels. 900.000 t sont stockées.
- Beautor : pas d'exploitation.
- Martigues : pas d'informations disponibles.
- Blénod : demande pour y déposer des boues de dragages. En tout 4 millions de tonnes.
- Cordemais : le stock progresse à cause des cendres de foyer. En tout 500.000 t dont 20.000 à 30.000 t de cendres de foyer. Il y a des perspectives de valorisation en cimenterie et pour les parpaings (partenariat avec Lafarge pour le broyage).
- Bouchain : 900.000 t. Dans 3 ans et demi tout aura été déstocké. La DRIRE voudrait qu'un bassin d'eau soit créé pour les oiseaux. Des cendres de Bouchain ont déjà été envoyées vers Les Ansereuilles pour valorisation avec un cimentier de la région.
- Les Ansereuilles : 600.000 t
- Comines : 40.000 t
- Creil : 1 million de tonnes. Une partie des cendres est stocké en bassin et le reste en terril par-dessus. Ce stock est considéré comme en réserve étant donné sa position en bord de rivière.
- Strasbourg : pas de changement depuis 2005. Le site a été rétrocédé au Port Autonome de Strasbourg qui en reprendra possession en 2010 après dépollution du site de la centrale.
- Loire-sur-Rhône : 700.000 t. 20.000 à 50.000t de cendres de foyer qui était en surface du stock ont été enlevées à la demande de la DRIRE et sont parties en cimenterie. EDF ne comprend pas les raisons de cette demande. Le site a été végétalisé. EDF reste propriétaire de l'emprise. Le démontage de la cheminée de la centrale thermique a nécessité l'arrêt de la circulation sur l'autoroute.
- Le Havre : 50.000 t. Une grande partie du stock a été utilisée en remblaiement (assises de la décharge ETARES, construction de Port 2000), en cimenterie (Lafarge) ou exportée par navires vers l'Angleterre pour la fabrication de parpaings.
- Montereau : 2 turbines combustion fuel et gaz vont être installées et il n'y a quasiment plus de cendres (500 ou 1000 t). Elles ont été utilisées en remblais de carrière et sont sorties de la responsabilité d'EDF.
- Vaires-sur-Marne : il n'y a plus rien à valoriser ; les cendres ont servi aux remblais pour les TAC - Turbines A Combustion.
- Porcheville : la centrale ne fonctionne plus qu'au fuel (tranche A démantelée), tout le stock a été évacué.
- Albi : il reste entre 15.000 et 20.000t y compris les vieilles cendres. Il y a de la valorisation en cimenterie et le stock sera probablement épuisé fin 2008. EDF s'interroge sur certaines parcelles polluées du site de la centrale qui pourraient appartenir à Charbonnages de France.
- Vitry : plus de stock sur place. Les cendres sont incorporées dans le cru des cimentiers (alors que souvent les apports se font dans le clinker). Pour des raisons d'économie logistique, les cendres de foyers sont envoyées en transit à Montereau avant valorisation.
- Champagne-sur-Oise : 300.000 t. Le stock commence de nouveau à être exploité ; après ce sera le site de Creil.

Demands complémentaires :

Les documents suivants ont été demandés pendant la réunion mais M. Rusch estime qu'ils sont inaccessibles et que cela serait trop fastidieux d'aller les rechercher dans les archives, pour un résultat incertain :

- J. Blondin. Utilisation et mise en décharge des cendres. Fond documentaire EDF. 2002.
- EDF-DER. Etude écotoxicologique des cendres volantes de charbon. 1999.
- BRGM. Rapport sur la centrale de Beautor. BRGM G0855/91NPC126.

Extraits du rapport « La radioactivité naturelle technologiquement renforcée » 2005

23 - La filière internationale charbon

En 2000, la production mondiale de charbon était de 3 Gt. La première étude publiée sur la radioactivité émise par les centrales thermiques au charbon date de 1964, à l'époque d'Atom For Peace. C'est la bataille entre le charbon et le nucléaire pour la production de l'électricité et cette première expertise dit qu'une centrale au charbon rejette dans l'environnement plus de substances radioactives que plusieurs centrales nucléaires. Un article plus récent (1985) conclut: « *par conséquent il est évident que les impacts radiologiques de la combustion du charbon sont infiniment plus nuisibles que les impacts radiologiques de la combustion de l'uranium* ».

Une source américaine assez proche de l'industrie nucléaire -Oak Ridge National Laboratory Review- dit qu'une centrale thermique au charbon de 1000 MW relâche par an dans l'atmosphère ou dans les cendres 5,2 t d'uranium dont 33 kg d'uranium 235. En quelques années, à condition d'en avoir la volonté, les capacités techniques et financières, il peut être extrait des lagunes de cendres de combustion du charbon plusieurs bombes atomiques du type Hiroshima. Le charbon peut-il être un moyen d'accéder aux armes nucléaires et à la prolifération ?

Les teneurs en radioactivité du charbon minéral sont hétérogènes :

Radioélément	Teneur minimum - maximum Bq/kg
Potassium 40	23 - 700
Radium 228	8 - 64
Thorium 232	8 - 170
Polonium 210	16 - 500
Plomb 210	16 - 500
Radium 226	10 - 550
Uranium 238	8 - 480

En fait, il est difficile d'avoir une vision complète des différentes teneurs radioactives des charbons et des veines de charbon et il est sans doute dangereux de vouloir à tout prix faire des moyennes. L'étude réalisée en 1980 aux Etats-Unis sur 1000 échantillons dans un seul bassin minier peut varier de plus de deux ordres de grandeur : 0,7 à 70 Bq/kg pour le potassium 40, 3 à 520 Bq/kg pour l'uranium 238. Des gisements ou des veines sont uranifères après des ruissellements depuis les terrains de couverture. Des transferts géologiques de radon 222 se produisent à partir de fractures. Ils induisent une augmentation de la concentration en plomb 210. En Croatie, des charbons présentent une concentration radioactive globale de 1.000 Bq/kg. Ces anomalies sont susceptibles d'avoir des conséquences radiologiques sur les conditions d'extraction, de manipulation et de combustion de cargaisons insignifiantes au regard de la production mondiale, mais significatives au niveau de l'utilisation locale pour les travailleurs, pour les riverains, et les voies de recyclage des cendres. Les cendres sont enrichies d'un facteur 7 à 10 par rapport à la radioactivité naturelle du charbon.

La température de combustion du charbon en centrale thermique est de 1.400 à 1.700 °C. Des éléments radioactifs et métalliques sont volatilisés, ce qui n'est pas le cas dans les foyers de chaufferies à bois, sauf pour le plomb. Les cendres lourdes sont récupérées en

bas de foyer sous forme de scories dites mâchefers ou cendres de foyers. Les cendres pulvérulentes, plus connues sous le nom de cendres volantes, s'engagent vers la cheminée. Une partie est piégée, l'autre est dispersée dans l'atmosphère.

Par une centrale de 600 MW transigent chaque année 35 GBq d'uranium 238, de radium 226, de radon 222, de plomb 210 et de polonium 210, 34 GBq de thorium 228, et 110 GBq de potassium 40. Le carbone 14 n'est pas pris en compte.

La dose individuelle estimée pour le public vivant à 1 km d'une centrale thermique est d' $1\mu\text{Sv}/\text{an}$. Le personnel le plus exposé à l'intérieur de l'installation est le personnel de la maintenance de la chaudière, si toutefois la récente découverte de tartres contenant une concentration supérieure à 100 Bq/gr de plomb 210 aux Pays-Bas est reproductible dans l'ensemble des installations en Europe. Les équipes de maintenance seraient alors exposées à une dose de 100 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, sans que soit prise en compte une intervention sur ces tartres. Une dose beaucoup plus forte est plausible à ce niveau au moment du démantèlement. Des teneurs en radon dans les locaux techniques des centrales thermiques indiennes dépassent 400 Bq/m³ dans les galeries électriques, les locaux à cendres. Les moyennes sont de 236 Bq/m³ et de 299 Bq/m³. Les cendres sont considérées comme une matrice composée principalement de fer et d'alumine. 10 à 20% des cendres volantes partent à l'atmosphère. Sur le plan mondial, ce pourcentage est régulièrement en diminution avec la mise en place progressive de piégeages de cendres avant la sortie de cheminée dans le secteur des centrales thermiques et chaufferies individuelles. Des études faites sur un glacier situé à 150 km d'un centre industriel polonais alimenté par l'énergie thermique du charbon montrent que la concentration de radium 226 a été multipliée par 50 en 80 ans.

Au Royaume-Uni, 7,4 millions de tonnes sont produites chaque année (année de référence 1998). La moitié est vendue, l'autre mise en décharge. Les décharges sont de 4 types :

- Type A : « dilute and disperse »
- Type B : comblement de carrières; des sources latérales de lixiviats sont possibles.
- Type C : confinement naturel sur des substrats peu perméables. L'une d'entre elles couvre 280 hectares.
- Type D : confinement actif, géomembrane, substrat peu perméable. Ce type de stockage est en voie de développement.

Deux scénarios d'exposition sont envisagés après l'exploitation de ces sites et recolonisation végétale et humaine. L'un concerne des ouvriers creusant des fouilles à raison de 2.000 h par an, et l'autre des résidents sur site. Pour le premier cas, la dose serait de 130 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, et pour le deuxième 113, plus 0,601 pour la consommation d'eau de puits. L'inhalation du radon n'est pas prise en compte, les transferts sols/ végétaux ne sont pas abordés. Les hypothèses de colonisation humaine sont considérées comme plausibles à long terme.

Tableaux 29 : Activité des radionucléides dans les cendres volantes:

Grèce : lignite

Bq/kg	U 238	226 Ra	210 Pb	232 Th	40 K
	689-842	763-922	396-638	54-61	464-583
	609-968	685-1091	439-635	53-61	464-583
	747-926	754-1051	631-1662	47-59	372-528
	758-1030	690-1066	1373-1912	47-56	414-513
	743-1297	747-1127	1568-3355	41-56	299-413
	781-1086	626-853	1974-2834	44-54	465-508
	697-1037	670-1041	733-1746	50-60	410-583
	862-1132	783-1110	1340-2549	51-57	397-470
	993-1443	926-1288	1783-3192	52-57	397-435
	698-1115	546-761	1825-2735	53-55	545-642

Pologne : charbon

Bq/kg	U 238	226 Ra	210 Pb	232 Th	40 K
	94.0-127.0	75.0-99.3	81.0-145.5	58.5-79.3	564.4-734.5
	98.0-166.9	54.2-117.2	43.5-264.3	47.5-91.5	448.5-727.4
	126.8-184.6	90.4-119.3	124.0-244.3	77.2-91.2	693.1-758.0

Italie : charbon

Bq/kg	U 238	232 Th	40 K
Gênes	115	89	460
Vado Ligure	135	93	489
La Spezia	123	104	445

Hongrie : charbon

Bq/kg	U 238	226 Ra
	1053 (+/- 60)	1403 (+/- 14)

Allemagne: charbon - concentrations maximales

Bq/kg	U 238	232 Th
	1950	1150

UNSCEAR : cendres de charbon

Bq/kg	U 238	226 Ra	210 Pb	232 Th	40 K	210 Po	228 Th	228 Ra
Cendres volantes	44-100	44-130	44-2000	30-300	180-1500	100-2000	-	44-130
Cendres de foyer	48-180	20-70	30-3900	15-120	240-1200	7-190	90-560	20-70

En Croatie, une dépositaire de cendres de combustion de charbon pose des problèmes techniques et sociaux. Elle est perçue comme une menace par l'opinion publique. En 2001, elle contenait 900.000 m³ sur une superficie de 24 ha. Elle s'inscrit dans une vallée. L'épaisseur maximale des cendres est de 8 m. En vue d'éviter l'érosion et le lessivage du massif de cendres, le site est entouré d'un système de drainage et d'un bassin de collecte. La pluviosité annuelle est de 1.294 mm et les vents forts ne sont pas rares, jusqu'à 11 m/s. L'érosion éolienne est importante. 70% du site est recouvert d'une couche de terre végétale de 70 cm au maximum. Le site reçoit toujours les résidus d'une centrale de 125 MW à laquelle s'ajoute une nouvelle centrale de 200MW. Il est prévu de stocker ses cendres à ce

même endroit. Les apports se font par bandes transporteuses. L'hydrologie est sensible. Le littoral adriatique est à 5 km. La géologie est karstique. Les premières maisons sont à 1 km. L'activité des cendres volantes varie entre 25 et 4.900 Bq/kg en uranium 238, la moyenne en radium 226 est de 2.600 Bq/kg, elle est de 260 Bq dans le charbon. Les teneurs en soufre et en radioactivité sont fluctuantes. A l'intérieur de la même mine, les teneurs en radioactivité sont variables selon les veines. Depuis moins de 10 ans, les mines locales sont fermées et les charbons importés. Il est constaté qu'ils ont une radioactivité nettement inférieure aux charbons locaux avec des poches sporadiques de surradioactivité qui ajoutent des incertitudes aux modélisations du comportement à long terme de la radioactivité du stockage. Un équivalent de dose de 0,6 mSv/an est estimé pour l'agent de maîtrise de la décharge. 80% de l'impact est dû au rayonnement gamma, 20% au radium 226. Le radon n'est pas pris en compte. Les rayonnements seraient de 110 nGray/h à 3 km du site. Les premières maisons sont à moins d'1km. Des scories et des cendres ont été utilisées comme matériaux de construction pour des maisons dans les villages voisins. Il est prévu, par des aménagements physiques du site de stockage, de réduire les doses mais avant d'étanchéifier le sol, il faut évaluer les flux de poussières et évaluer les risques sanitaires de la remobilisation des cendres. Des analyses récentes dans la Baie de Plomin, à quelques kilomètres du site disent qu'il n'y a pas de contamination radioactive en provenance du stockage. Un autre stockage en Dalmatie, de cendres et de stériles, pose, bien qu'il soit beaucoup plus petit, des problèmes de contaminations chimique et radioactive aigus.

Le bassin houiller de la Haute-Silésie en Pologne comprend 50 mines souterraines. La dosimétrie est obligatoire dans les mines polonaises depuis 1989. Le volume total journalier des eaux d'exhaure est de 800.000 m³/j. Le volume total de sels est 10.000 t/jour. Le radium a des affinités avec le sel. Un sulfate de radium de 400.000 Bq/kg a été trouvé dans une mine. Les eaux minières transportent aussi du cadmium et du manganèse. Les teneurs en radium atteignent 390.000 Bq/m³. Une partie du radium se précipite dans les mines sous forme de sulfates de baryum.

Aujourd'hui, cette coprécipitation souterraine est provoquée de manière à réduire la contamination de surface par les eaux minières; celles qui contiennent plus de 700 Bq/m³ doivent être traitées comme des déchets. Le bilan annuel du radium transféré à la surface par le pompage des eaux d'exhaure est de 756 GBq/an pour le radium 226 et 145 GBq/an pour le radium 228. Le réservoir de Rontok contient 80 Mm³ d'eaux salines pompées dans la mine Silésias. Les eaux de surverse sont déversées dans la Vistule qui se jette dans la mer Baltique. La contamination des sédiments en fond de réservoir est au maximum de 49.200 Bq/kg et 6.390 Bq/kg. Les radiums sont très présents dans les eaux : 6.870 Bq/ m³ pour le radium 226 et 1.650 Bq/ m³ pour le radium 228. Il y aurait 113.000 m³ de sédiments. Un autre réservoir se déverse dans un affluent de la Vistule. Les sédiments de ce 2^{ème} réservoir contiennent 166 GBq de radium. En été et en étiage, la concentration en radium dans la rivière au niveau du point de rejet est de 2.000 Bq/ m³. La Vistule à Cracovie est marquée par le radium charbonnier.

Les cendres volantes sont incorporées au clinker des cimenteries jusqu'à un pourcentage de 80 %. Parmi les autres utilisations, les cendres volantes servent dans le monde entier de remblais de stabilisation et matériaux de comblement, dans les agrégats légers et les mélanges d'asphalte. Elles servent aussi d'engrais et d'amendements pour les sols.

Au Royaume-Uni, en partant d'une norme standard de 355 Bq + 900 Bq en potassium 40 par kg de cendres, et en retenant le pourcentage de 30% de cendres dans les ciments, l'impact radiologique lié au recyclage des cendres volantes est considéré comme acceptable. Les usagers des habitations sont les plus exposés. L'excédent de dose par rapport à une habitation sans cendre est de 201 µSV. L'excédent serait de 1,7 µSV par an pour les ouvriers manipulant des matériaux avec cendres et de 4,5 µSv pour les fabricants de ces matériaux.

Dans la ville minière d'Ajka en Hongrie, 18 maisons construites avec des résidus miniers et charbonniers ont fait l'objet d'un diagnostic radon. Les habitants sont soumis à un impact supplémentaire de 1,80 mSv/an par rapport aux habitations "normales". Les rayonnements gamma ne sont pas pris en compte. Dans les sols de cette ville minière historique -73 Mt extrait entre 1942 et 1997- dominée par les 3 cheminées de la centrale thermique au charbon, les teneurs en radium 226 atteignent à 20 cm de profondeur 883 Bq/kg et à 1,50m, où il est entendu que la radioactivité est naturelle, le radium 226 a une teneur de 28 Bq/kg.

Tableau 30 : Teneurs en radioéléments - filière charbon.

Radioélément	Pays	Activité en Bq / kg			/ en Bq / l		Rejets liquides des mines
		charbon	tartres et cendres	recyclage	environnement		
K 40	Afrique de Sud	110					
K 40	Australie	40					
K 40	Canada	26					
K 40	Chine	30					
K 40	Grande Bretagne		900				
K 40	Grande Bretagne,	150					
K 40	Grande Bretagne, béton			500			
K 40	Italie		489				
K 40	Pologne	290					
K 40	Union Européenne, béton			1570			
Pb 210	Grande Bretagne, herbes				14-17		
Pb 210	Grande Bretagne, foie de vaches				0,5-0,7		
Pb 210	Grande Bretagne		930				
Pb 210	Grande Bretagne,		290				
Pb 210	Grande Bretagne, herbe				17		
Pb 210	Grande Bretagne, sol				48		
Pb 210	Pologne, sédiments rivière après rejet				86		
Pb 210	Pologne, sédiments, réservoir avant rejet				210-3.400		
Po 210	Grande Bretagne, émissions de centrales		490				
Po 210	Grande Bretagne, herbe				13		
Po 210	Grande Bretagne, sol				53		
Ra 226	Allemagne, boue d'épandage			500-1400			
Ra 226	Allemagne, dépôt sur la rive				1400		
Ra 226	Allemagne, Ruhr, eau de mine					60	
Ra 226	Allemagne, sédiments. Eaux d'exhaure				32.000		
Ra 226	Allemagne, sédiments, aval rejet				5.000		
Ra 226	Grande Bretagne		400				
Ra 226	Grande Bretagne	25					
Ra 226	Grande Bretagne, sol				26		
Ra 226	Pologne, eaux mines					12,4	
Ra 226	Pologne, réservoir avant rejet,					20,46	
Ra 226	Pologne, sédiments de rivière après rejet				70-543		
Ra 226	Pologne, sédiments, réservoir avant rejet				67-49.151		
Ra 226	Pologne, Silésie, effluent des mines					25	
Ra 226	Pologne, tartre de tuyaux de rejets des eaux		30.000				
Ra 226	Union Européenne, cendres volantes		240				
Ra 226	Pologne, eau de mine					12,4	
Radium	Pologne, eaux souterraines, mines					390	
Radium total	Grande-Bretagne		210				
Radium total	Pologne, rivière après rejet (été)				2		
Radium total	Pologne, tartres, mine de charbon		400.000				
Th 232	Canada	7					
Th 232	Grande Bretagne		310				
Th 232	Grande-Bretagne, béton			30			
Th 232	Inde	38					
Th 232	Union Européenne, béton			190			
U 238	Australie	48					
U 238	Grande-Bretagne	15					
U 238	Grande-Bretagne,		110				
U 238	Grande-Bretagne, béton			70			
U 238	Italie		135				
U 238	Union Européenne, cendres		2.110				

Les centrales à charbon de puissance supérieure à 50 MW en France
production d'électricité - chauffage urbain - papeterie - industrie sucrière - chimie

Consommation de charbon en France

Secteur industriel : 10 millions de t
Secteur résidentiel / tertiaire : 1.635 Kt
dont Ile de France = 195 Kt

47 centrales à charbon en activité : 18.137 MW

- production d'électricité
- autres

21 centrales à charbon fermées ou passées au gaz

- production d'électricité
- autres chaufferies

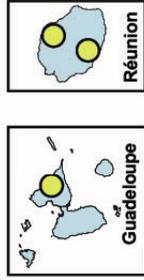
Les cendres
Production annuelle : 1,8 million de tonnes

Utilisations :

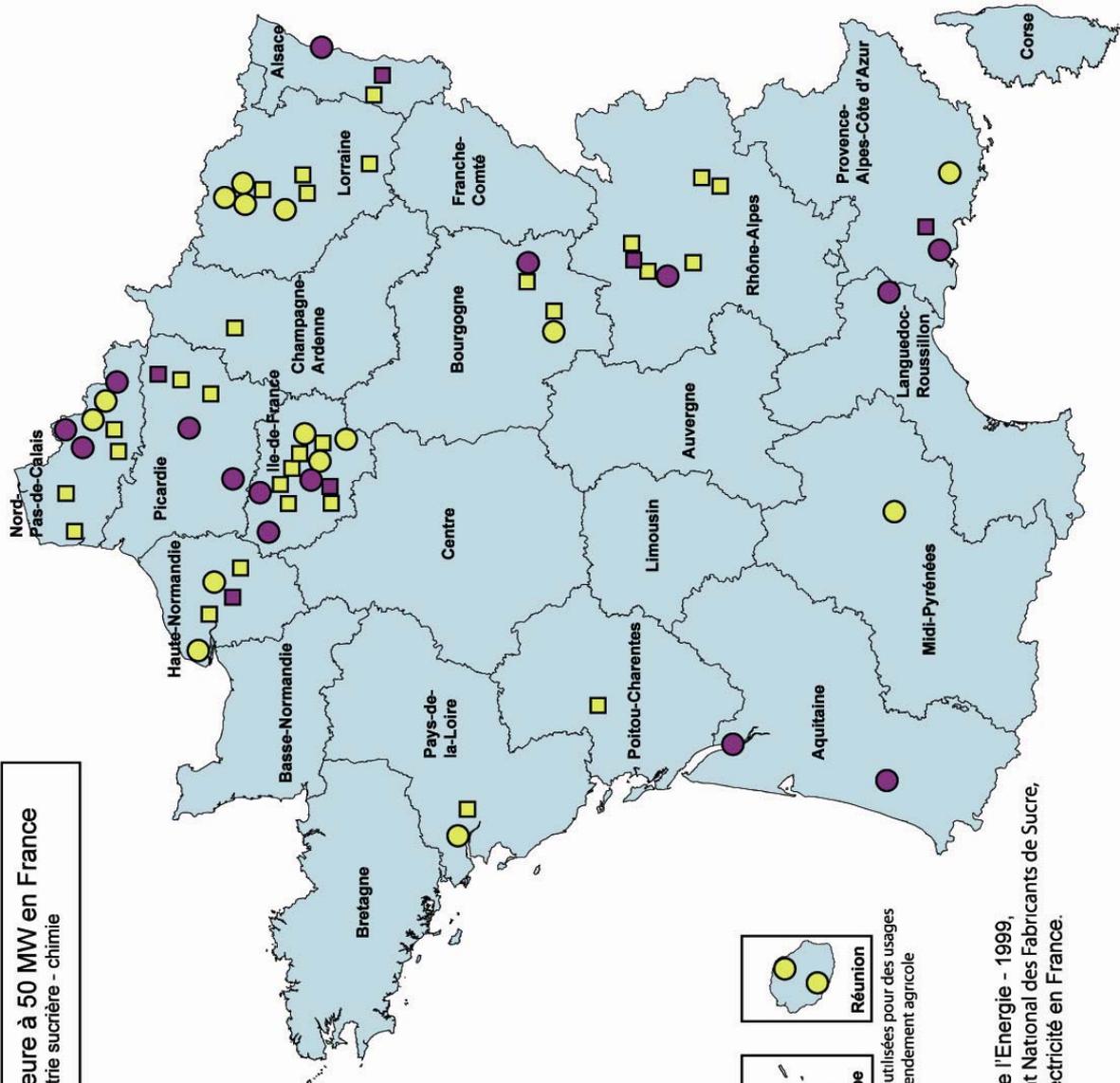
- béton
- travaux routiers
- liants et ciments
- injection
- préfabrication
- remblais
- abrasifs
- divers

Emissions atmosphériques radioactives en GBq/an : rapportées à 18.137 MW

uranium 238	4,84
thorium 232	2,42
radium 226	3,33
radon 222	1027,76
plomb 210	12,09
polonium 210	21,18
total	1071,62



Les cendres sont utilisées pour des usages de voirie et d'amendement agricole



Carte 5

Robinson des Bois - La Radioactivité Naturellement Renforcée - Décembre 2005

Sources : Ministère de l'Industrie, Direction Générale de l'Énergie - 1999, Citepa - EDF, SNET, UNSCEAR 2000r Robins des Bois, Syndicat National des Fabricants de Sucre, Archives Nationales, Association pour l'Histoire de l'Électricité en France.

24 - La filière française charbon

EDF Trading achète le charbon disponible sur le marché international, de toutes provenances. La sélection est faite principalement sur le PCI, le taux de soufre et de poussières. EDF consomme annuellement entre 3,3 Mt et 5,3 Mt de charbon et produit entre 500.000 et 800.000 t/an de cendres. En ce qui concerne la SNET (Société Nationale d'Electricité et de Thermique), depuis l'arrêt des mines françaises, les approvisionnements s'effectuent selon le marché international, avec une prépondérance des origines Afrique du Sud et Australie. Les centrales SNET consomment environ 6,6 Mt/an de charbon.

La Séchilienne-Sidec dispose de 2 centrales à la Réunion et une en Guadeloupe. Elles sont multi-combustibles et brûlent de la biomasse pendant la campagne sucrière (498.135 t de charbon et 689.209 t de bagasse brûlées en 2002). Le charbon provient d'Afrique du Sud.

L'usine d'Electricité de Metz (régie municipale) utilise 25.000 t/an de charbons en provenance d'Afrique du Sud et de Norvège.

Les cendres :

La combustion du charbon génère environ 15% de cendres dont 90% de cendres volantes et 10% de cendres de foyer. Le taux de cendres dépend de la qualité du charbon. Le charbon français en génère des quantités plus importantes que le « charbon vapeur » d'Afrique du Sud actuellement prépondérant sur le marché. Certaines installations à Lit Fluidisé Circulant –LFC- permettent une meilleure combustion, ce qui réduit la formation de cendres de foyer. Il n'y a pas de suivi radiologique. EDF précise que « *l'activité des charbons ne fait pas partie des critères internationaux de caractérisation de ce type de combustible* ».

Tableau 31 : Teneur en radioéléments (minimum-maximum) des cendres EDF
(moyenne inter-sites portant sur 20 échantillons - source EDF).

							Bq/kg	
U 238	Ra 226	Pb 210	Th 232	K 40	Po 210	Th 228	Ra 228	
60-240	50-240	30-270	70-180	200-2000	30-270	70-190	70-180	

Tableau 32: Teneur en radioéléments et produits de fission (minimum-maximum) des cendres volantes Novacarb en Bq/Kg (portant sur 2 échantillons. Source Novacarb La Madeleine-54).

U 238	Ra 226	Pb 210	K 40
-	90-290	100-240	290-370

Th 234	Pb 214	Ac 228	Pb 212	Cs 137	Be 7	U 235
110-330	110-130	100-120	110-150	<0,52	<0,34	5,1-12,9

α : 127 - 670 Bq/kg
 β : 1200 – 2000 Bq/kg

Tableau 33: Teneurs en radioéléments (minimum-maximum) des cendres de la chaufferie urbaine CURMA (technologie LFC) en Bq/kg (portant sur un échantillon - source CURMA Massy-91).

U 238	Ra 226	Pb 210	K 40
-	50-70	40-60	840-980

Th 234	Pb 214	Ac 228	Pb 212
30-70	45-51	67-71,4	80-96

Bi 212 : 79-91 Bq/kg.

Bi 214 : 41 – 45 Bq/kg.

Composition chimique des cendres :

La teneur en métaux lourds et autres polluants des charbons est aussi très variable. Le charbon lorrain qui était consommé par les unités de déshydratation avait des teneurs en plomb variant de 45 %, de 40 % pour l'arsenic et de 10 % pour le fluor. Les charbons australiens ont une teneur en métaux lourds assez constante tandis que les charbons allemands sont hétérogènes. La teneur en métaux lourds ne permet pas de prédire la répartition métallique entre les mâchefers, les cendres volantes et les émissions gazeuses. Cela dépend des caractéristiques du charbon, du foyer étudié (à grille ou à lit fluidisé par exemple) et des systèmes de dépoussiérage. Les cendres sont chargées en sulfates, en chlorures, en carbonates. Les dioxines seraient présentes au nombre de 1pg/g. Le stock global de vieilles cendres réparties sur le territoire français était évalué au début de notre enquête à 20 Mt, puis à 30 Mt. En fait, le chiffre global se situe entre 40 et 50 Mt.

Tableau 34 : Teneur en éléments-traces des cendres de charbon :

Element	Concentration dans les cendres de foyer d'une unité de déshydratation de luzerne alimentée au charbon lorrain (mg/kg)	Concentration dans les cendres de foyer de centrale thermique (mg/kg)	Concentration dans les cendres volantes d'une unité de déshydratation de luzerne alimentée au charbon lorrain (mg/kg)	Concentration dans les cendres volantes de centrale thermique (mg/kg)
Hg	0,1	1,3 (0,01-28)	0,15	5
As	6,8	75 (3-240)	15	60 (30-200)
F	-	740	60	150-6400
Pb	700	110 (7-110)	83	53 (6-120)
Zn	960	125	165	100 (680-5600)
Cd	< 40	5	2	(4-110)
Co	175	27 (7-57)	11	(30-240)
Ni	490	70 (10-250)	45	(0,3-100) (270-1250)
Ba	2050	910 (280-640)	145	(220-450) (750-3800)
Mn	1870	485 (100-300)	90	(37-860)
Cr	330	78 (19-300)	25	(15-220) (150-1600)
V	300	150	25	340-1250
Cu	250	60	40	48 (90-520)
Mo	38	19	5,5	20-600
Sb	< 250	9,2	4	100 (70-520)
Sn	320	8	15	4,1
Tl	< 50	9,2	< 2	1,4 (4-70)
Be	17	16	1,5	3-160
Li		115 (46-86)		
U		16		3,2
Th		21		22

Sources :

Comportement en éléments trace au cours de la combustion du charbon dans les centrales thermiques, P.Jarrault - 1983 – CITEPA.

Utilisation du charbon pour la déshydratation du fourrage - 1985 – CITEPA.

Clarke, L.B. et Smith I.M., 9th International Ash Symposium, 1991, EPRI GS-7162. Vol 3, 70-1-70-15.

Vinogradov A., Geochemistry of Trace Elements in Soils, Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, Moscow, 1957, 238 pp. (in Russia).

Tkatch, S., in Biogeochemical of Ore Deposits. Ulan-Ude, Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR Moscow, 1969, pp. 83-90 (in Russia).

La cendre de charbon est un résidu de procédé thermique. C'est un déchet selon le droit européen et français. L'utilisation des cendres volantes n'est autorisée que si elles entrent

dans la composition de produits provoquant ou participant aux prises pérennes des mélanges auxquelles elles sont introduites. Pour tout autre utilisation, où les cendres ne développent pas de prise hydraulique ou pouzzolanique, leur utilisation est subordonnée à une étude permettant d'apprécier l'absence d'impact sur l'environnement. Malgré les circulaires ministérielles et les guides techniques, les cendres sont utilisées en terrassement, dans des zones inondables (assises de la décharge au Havre) et 200.000 t sont utilisées en travaux publics dans le Nord-Pas-de-Calais.

Commercialisation et destination des cendres :

Donc, les cendres volantes sèches et humides, ou de foyer ne vont généralement pas en CET. Elles sont commercialisées. Du taux d'humidité dépend la valorisation des cendres volantes; si elles sont stockées à terre, elles ne répondent plus aux critères des cimentiers. Leur commercialisation s'effectue alors à environ 1 euro/t, principalement pour des travaux routiers. L'humidification est parfois nécessaire pour faciliter le transport. Certains terrils anciens sont repris en vue de valorisation. Pour assurer une continuité des approvisionnements malgré les variations saisonnières de production de cendres des centrales, deux sécheurs ont été mis en service au sein de la centrale de Carling (57) et d'Hornaing (59). Près de 2 millions de tonnes de cendres ont ainsi été séchées depuis 1989.

La commercialisation des cendres sèches stockées en silo s'effectue à 10 euros/t. Elles sont principalement destinées aux cimentiers qui en ont utilisé 181.000 tonnes en 2003. Les cendres sont incorporées au cru comme produit d'addition et comme ajout au ciment fini. EDF est prioritaire chez les cimentiers et les chaufferies urbaines n'envoient leurs cendres que lorsque les centrales thermiques sont en bas régime. Les cendres volantes sèches sont également utilisées directement par les centrales à béton.

Les cendres de foyer sont plus grossières, plus sableuses. Elles ne sont pas incorporées dans le ciment mais dans certains types de bétons et parpaings. Elles sont recherchées pour leur propriété drainante et sont fréquemment utilisées sous les terrains de sports. Il y en a notamment sous la pelouse du stade de France et du Parc des Princes. Les cendres de foyers sont valorisées en bétons acoustiques fabriqués en Europe et pour du coulis de béton. La centrale du Havre dispose d'un stock de cendres humides anciennes (plus de 8 ans) d'environ 150.000 t en cours de valorisation en partenariat avec l'Ademe. Un groupe de travail s'est mis en place avec l'Agence de l'Eau, la DDASS, la DRIRE et la DIREN Haute-Normandie pour étudier la faisabilité de l'utilisation des cendres en comblement de cavités et notamment de marnières. Dans ce cadre, la composition chimique est étudiée. Les cendres présentent l'avantage de mieux s'infiltrer dans les cavités que le ciment (réduction du nombre de trous pour injecter les matériaux). Le comblement de cavité avec des cendres EDF a déjà été opéré dans les mines de fer de Tyl en Lorraine et dans une carrière de craie près de Meaux. Certaines tranches disposent d'unité de désulfuration. Les fumées sont alors arrosées à la chaux ce qui précipite le soufre en gypse, utilisé en substitut au gypse naturel par les cimentiers.

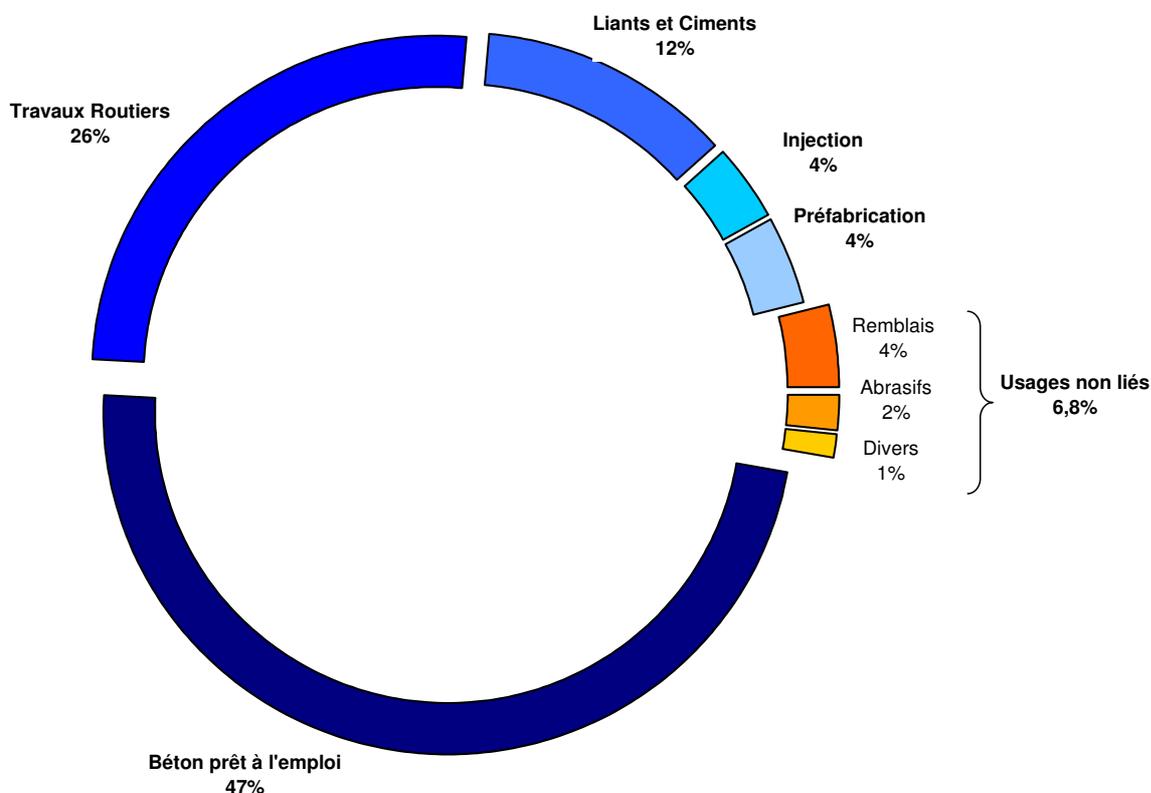
Des sociétés sont spécialisées dans le commerce des cendres. La société Surschiste assure la commercialisation des cendres de la SNET. La société Transmat groupe sur sa plate-forme de Gennevilliers les cendres d'une quinzaine d'installations de chauffage urbain en Ile-de-France et de la centrale EDF de Vaires-sur-Marne. Les cendres sont calibrées et commercialisées à 14 euros le m³.

La France exporte environ 200.000 t/an de cendres de centrales thermiques à destination de la Suisse, l'Allemagne, et de la Belgique. Une quantité analogue serait également importée vers la France. Le marché européen des cendres dépend de la production des

centrales charbon allemandes. Il n'y a pas de stock de cendres historiques en Allemagne. Les producteurs sont depuis longtemps financièrement incités à les commercialiser.

Répartition des valorisations de cendres par secteurs d'emploi : moyenne 1998-2002.

Source: SNET.



Les centrales SNET produisent une quantité de cendres de l'ordre du million de tonnes, (900.000 t en 2003) commercialisées par Surschiste qui nous a fourni le détail chiffré des destinations.

La SNET produit également des cendres fondues, sortant du foyer sous forme liquide. Elles sont utilisées en tant que sable abrasif (exemple : toiles émeri). 10.000 t/an de ce type de cendres sont produites par la centrale de Lucy à Montceau-les-mines. La SNET commercialise ses cendres de foyer comme sable drainant, sous le gazon des terrains de sports et hippodrome ou en incorporation dans la fabrication de parpaings. Pour la SNET, les éléments radioactifs les plus préoccupants sont les éléments volatils comme le polonium.

La production annuelle de cendres de la centrale du Bois Rouge de La Séchilienne-Sidec à la Réunion est de 40.000 t constituée à 70% de cendres de foyers utilisées en remblais. Les cendres volantes de charbon et de bagasse mélangées sont utilisées en amendement agricole ; des tests de lixiviation sont réalisés une fois par an.

L'usine d'Electricité de Metz génère 3750 t de cendres. Les cendres de foyer sont utilisées en remblai, les cendres volantes sont rebrûlées par la SNET sur lit fluidisé.

Il importe de cartographier à l'intérieur d'une centrale à charbon déclassée les zones préférentielles de concentrations de la radioactivité (EDF nous a parlé, sans information

spécifique sur la radioactivité, de tartres sur les bas de tubes de chaudières), **de mieux connaître les expositions des manipulateurs de cendres dans les centrales, les chaînes de transport, de stockage, et d'utilisation, d'effectuer un suivi radiologique régulier des stocks historiques de cendres et de mieux connaître l'effet radiologique des ciments et bétons utilisés dans le secteur résidentiel.**

Les stocks de cendres des centrales à charbon en France

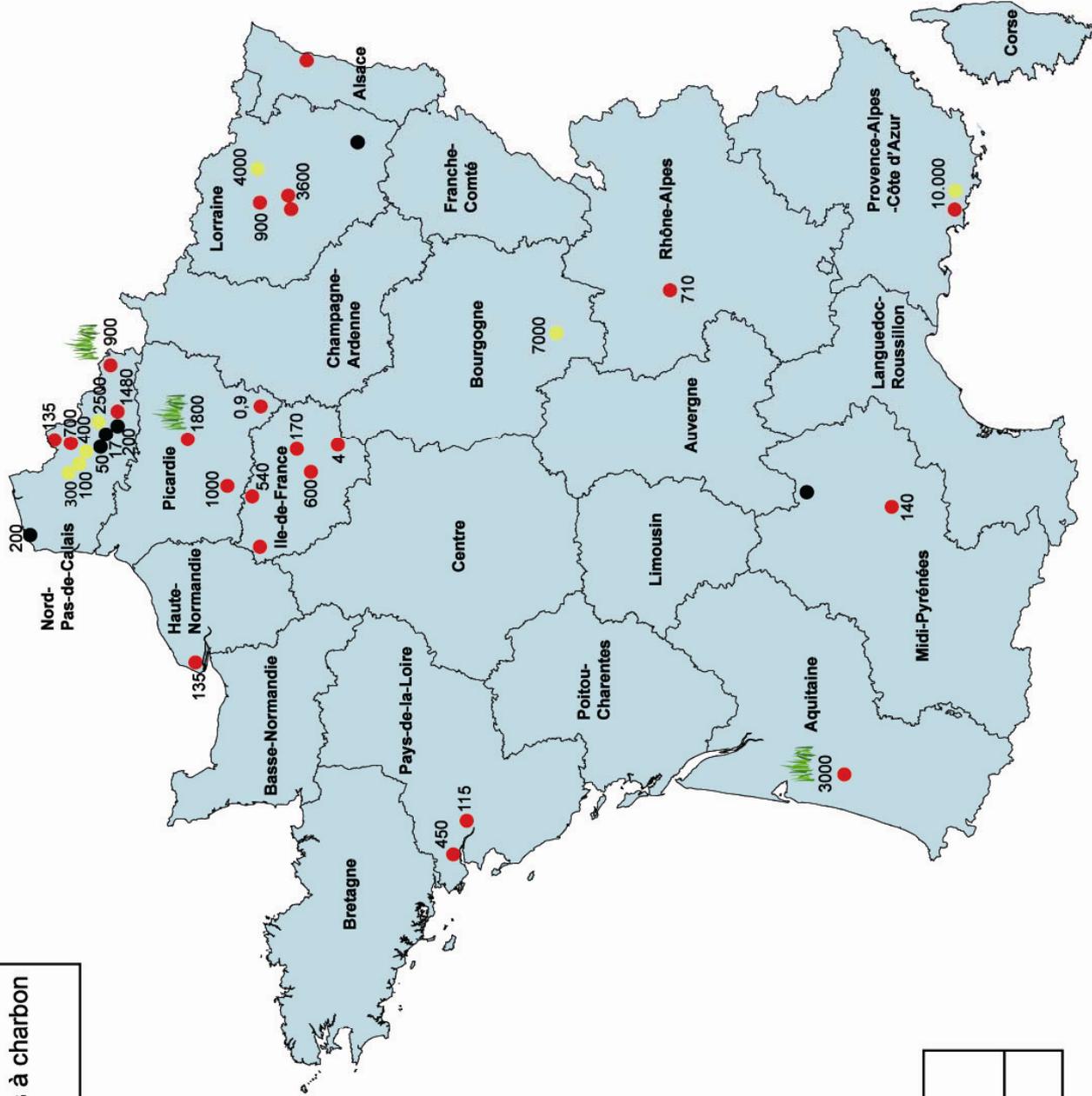
02 - Beaufort
02 - Saint Gengoulph
12 - Flagnac
13 - Martigues
13 - Fuveau
33 - Ambès
40 - Arjuzanx (lignite)
44 - Cordemais
44 - Nantes
54 - Atton
54 - Blénod
57 - Woippy
59 - Allennes-les-Marais
59 - Bouchain
59 - Comines
59 - Hornaing
59 - Pont-sur-Sambre
59 - Sommaing-sur-Ecaillon
60 - Creil
62 - Coquelles
62 - Corbehem
62 - Courrières
62 - Saily-Labourse
62 - Vermelles
67 - Strasbourg
69 - Givors
71 - Montceau-les-Mines
76 - Le Havre
77 - Montereau
77 - Vaires-sur-Marne
78 - Porcheville
81 - Albi
88 - Arnaud
94 - Vitry
95 - Champagne-sur-Oise

Dépôts en kilo-tonnes
(non mentionnés si les quantités n'ont pas été communiquées)

- EDF = 16,8 Mt
- Charbonnages de France = 24 Mt
- Papeterie, textiles, métallurgie = 470.000t

 Dépôt en cours de végétalisation

Sources: Basias-Basol - Predis Nord/Pas de Calais
EDF, SNET.



Extraits du rapport « La radioactivité naturelle technologiquement renforcée » 2005

1 - De la radioactivité naturelle à la radioactivité naturelle technologiquement renforcée. Illustration par le phosphogypse.

Toutes les substances minérales, végétales, animales y compris le corps humain contiennent des éléments-traces radioactifs des séries de l'uranium et du thorium et du potassium 40. Des événements naturels comme les éruptions volcaniques contribuent à l'irradiation dispersive de la Terre et de son atmosphère et à des renforcements locaux de la radioactivité naturelle géologique et hydrogéologique. Il s'agit de la radioactivité naturelle. Quand la biomasse végétale et les matériaux fossiles, y compris l'eau, sont extraits, exploités, et transformés, la position, l'équilibre et la disponibilité des radioactivités naturelles sont modifiés de telle sorte que l'environnement de surface, les populations humaines et animales, les ressources aquatiques superficielles et le compartiment atmosphérique sont surexposés par rapport à la situation originelle. Il s'agit alors de la radioactivité naturelle technologiquement renforcée.

La totalité des radioactivités naturelles technologiquement renforcées provient des industries extractives, du déconfinement des minerais et des ressources géologiques et des étapes successives de séparation, d'épuration, de transformation, et d'utilisation des sous-produits et dans certains cas de produits. Les micro-polluants radioactifs emballés dans la matrice sont déstockés et transportés de la géosphère à la biosphère. La perturbation industrielle des radioactivités naturelles géologiques aboutit à des milieux professionnels et des déchets dont la radioactivité est technologiquement renforcée. La mobilisation involontaire des radioactivités naturelles se traduit par une sorte de sublimation dans le domaine des gaz, une précipitation pour les radifères ou une volatilisation à l'exemple du plomb 210 et du polonium 210.

Les activités humaines liées à l'énergie, au bâti, à la métallurgie, à la transformation de la biomasse et à l'exploitation de l'eau rentrent dans le cadre de cette précaution sanitaire et environnementale qui consiste à évaluer et à prendre en compte les débits radioactifs émis par des filières industrielles étrangères aux pratiques nucléaires, et leurs impacts sur les organismes vivants.

Pour connaître l'impact sanitaire global de ces activités, il faut aussi avoir en tête que le déstockage et la remobilisation sous forme solide ou gazeuse des éléments-traces radioactifs constituant les bruits de fond géoradioactifs sont inséparables des éléments-traces métalliques constituant les bruits de fond géochimiques. La synergie de l'arsenic et du radon a été mise en avant en 1981 pour expliquer les taux exceptionnels de mortalité par cancer du poumon dans une mine d'étain en Chine.

La radioactivité naturelle technologiquement renforcée engage des doses collectives et individuelles comparables aux doses de radioactivité artificielle émises par les pratiques nucléaires non accidentelles. Elle génère des volumes de déchets ou de matériaux dont l'ordre de grandeur commun est le million de tonnes et la demi-vie le millier ou le milliard d'années. La vie des déchets radioactifs naturels est globalement beaucoup plus longue que celle des déchets radioactifs artificiels.

Dans ces perspectives, l'exemple de la filière des phosphates et des engrais phosphatés est pertinent. La production annuelle du minerai de phosphate est de 41 Mt [année de référence 2000]. 80 % sert à la fabrication d'engrais. Les teneurs en radioactivité sont variables : de 10.000 Bq/kg en Caroline du Sud et de 5 à 6.000 pour le bassin méditerranéen. La liaison phosphate-uranium est clairement identifiée depuis un demi-siècle. Des recherches ont été menées dans une usine française d'engrais phosphatés entre 1970 et 1980 pour piéger l'uranium et le commercialiser. Des recherches analogues ont abouti en Belgique. En Europe, l'essentiel de la production des engrais phosphatés s'obtient par voie humide en attaquant les phosphates avec de l'acide sulfurique. Quelques usines utilisent un procédé thermique par calcination des phosphates. Les tartres correspondant à la précipitation du radium sous forme de sulfates se forment dans les canalisations, filtres, godets, bacs des usines, en particulier dans les unités de concentrations d'acide phosphorique, base des engrais phosphatés. Ces concrétions ou des poussières peuvent atteindre des concentrations de 370.000 à 3,7 millions de Bq/kg. Le repérage et la gestion de ces concrétions soulèvent de graves problèmes de protection et d'information des travailleurs chargés de la maintenance et du démantèlement. L'inhalation des poussières en phase de production constitue l'autre source de risques radiologiques pour les travailleurs. La fabrication d'une tonne d'acide phosphorique a comme sous-produit fatal 5 tonnes de phosphogypses. 1 kg de ces déchets contient 80 % du radium 226, 30% du thorium 232 et 14% de l'uranium 238 contenus dans 1 kg de phosphate minerai. Le terril de 2 millions de tonnes cité par l'ANDRA dès 1995 dans les inventaires de déchets radioactifs contient plusieurs centaines de tonnes d'arsenic, de cadmium et d'autres métaux lourds. Les flux du déstockage géologique des phosphates prennent la voie aérienne via les cheminées d'usine, la voie surfacique via l'épandage annuel et cumulatif des engrais sur les terres cultivables, la voie hydraulique par la pollution des rivières, estuaires et de la mer et la voie résidentielle. L'impact annuel pour un agriculteur de l'épandage de 200 kg par hectare d'engrais phosphatés serait de 0,1 à 1mSv et le recyclage des phosphogypses à l'intérieur des habitations induirait une surexposition domestique aux radiations naturelles 33% plus élevée qu'à l'extérieur.

Tableau 1 : Teneurs en radioéléments - filière engrais phosphatés.

Radioéléments et produits de fission	Pays	Matière première	Activité en Bq/ kg		
			Résidus de process	Engrais	Résidus dans l'environnement
K 40	Belgique, sol, berges en aval du rejet				550
K 40	Grèce, acide phosphorique			152	
K 40	Grèce, phosphogypse		92		
K 40	Pays-Bas, engrais PK			6.200	
K 40	Pays-Bas, minerai	250			
K 40	Syrie, sédiments				292
Pb 210	Australie, tartres		1.300		
Pb 210	Brésil, phosphogypse		513		
Pb 210	Pays-Bas, minerai	1000			
Pb 210	Etats-Unis, Floride, phosphogypse		1.853		
Pb 210	Pays-Bas, engrais Simple Super Phosphate			500	
Pb 210	Pays-Bas, moules				50
Pb 210	Pays-Bas, process thermique, matières solides		24.000		
Pb 210	Pays-Bas, process thermique, poussières		1.600. 000		
Pb 210	Pays-Bas, process thermique, scories		500		
Pb 210	Pays-Bas, effluent (matière solide)		291		
Pb 210	Suède, boue		3.480		
Pb 210	Suède, engrais DCP			169	
Pb 210	Syrie, crabes				3,2
Pb 210	Syrie, sédiments,				64

Activité en Bq/ kg

Radioéléments et produits de fission	Pays	Matière première	Résidus de process	Engrais	Résidus dans l'environnement
Po 210	Etats-Unis, Floride, phosphogypse		1.765		
Po 210	France, estuaire Seine, moules				700
Po 210	Whitehaven Moules				3.120
Po 210	Aberdeen Moules				700
Po 210	Pays Bas, minerai	1.000			
Po 210	Pays-Bas, effluent		260		
Po 210	Pays-Bas, phosphogypse		800		
Po 210	Pays-bas, scories		500		
Po 210	Portugal, moules				550
Po 210	Suède, engrais DCP			350	
Po 210	Syrie, poissons				23
Po 210	Syrie, sédiments				170
Ra 226	Belgique, herbe (poussant sur un sol à 1000 Bq/kg)				130
Ra 226	Belgique, sol, berges en aval du rejet				5.400
Ra 226	Brésil, phosphogypse		319		
Ra 226	Etats-Unis, Caroline du Sud, minerai	4.800			
Ra 226	Etats-Unis, phosphogypse		960		
Ra 226	Etats-Unis, tartres		33.000		
Ra 226	Europe, tartres - poussières		3.700.000		
Ra 226	France, phosphogypse		1.700		
Ra 226	Grèce, engrais			1130	
Ra 226	Grèce, minerai	1.801			
Ra 226	Pays-Bas, process thermique, scories		2.300		
Ra 226	Pays-bas, engrais Simple Super Phosphate			850	
Ra 226	Pays-Bas, précipités		10.000		
Th 232	Afrique du Sud, tartres		11.000		
Th 232	Belgique, sol, berges en aval du rejet				45
Th 232	Brésil, phosphogypse		268		
Th 232	Pays- Bas, procédé thermique, scories		1.000		
Th 232	Pays-Bas, engrais Triple Super Phosphate			50	
Th 232	Russie, minerai	100			
U 238	Afrique du Sud, tartres		3.510		
U 238	Etats-Unis, phosphogypse		451		
U 238	Grèce, phosphogypse		211		
U 238	Grèce, acide phosphorique			2.260	
U 238	Pays-Bas, process thermique, scories		2 700		
U 238	Pays-Bas, minerai	5000			
U 238	Pays-Bas; engrais			600	

Tableau 2 : Impact annuel scénarisé et sans mesure corrective par inhalation de poussières (densité de 0,1 mg/m³) pour 2.000 h de travail dans la filière phosphates-engrais

	En mSv/an			
	Minerai de phosphate	Phosphogypse	Scories (procédé thermique)	Engrais SSP
Activité totale	48	7,21	54,2	13,8

Source: Natural Radionuclide Concentrations in Materials Processed in the Chemical Industry and the related Radiological Impact (cf. bibliographie)

Légende Carte "Les usines de production d'acide phosphorique dans l'Union Européenne en 1976".

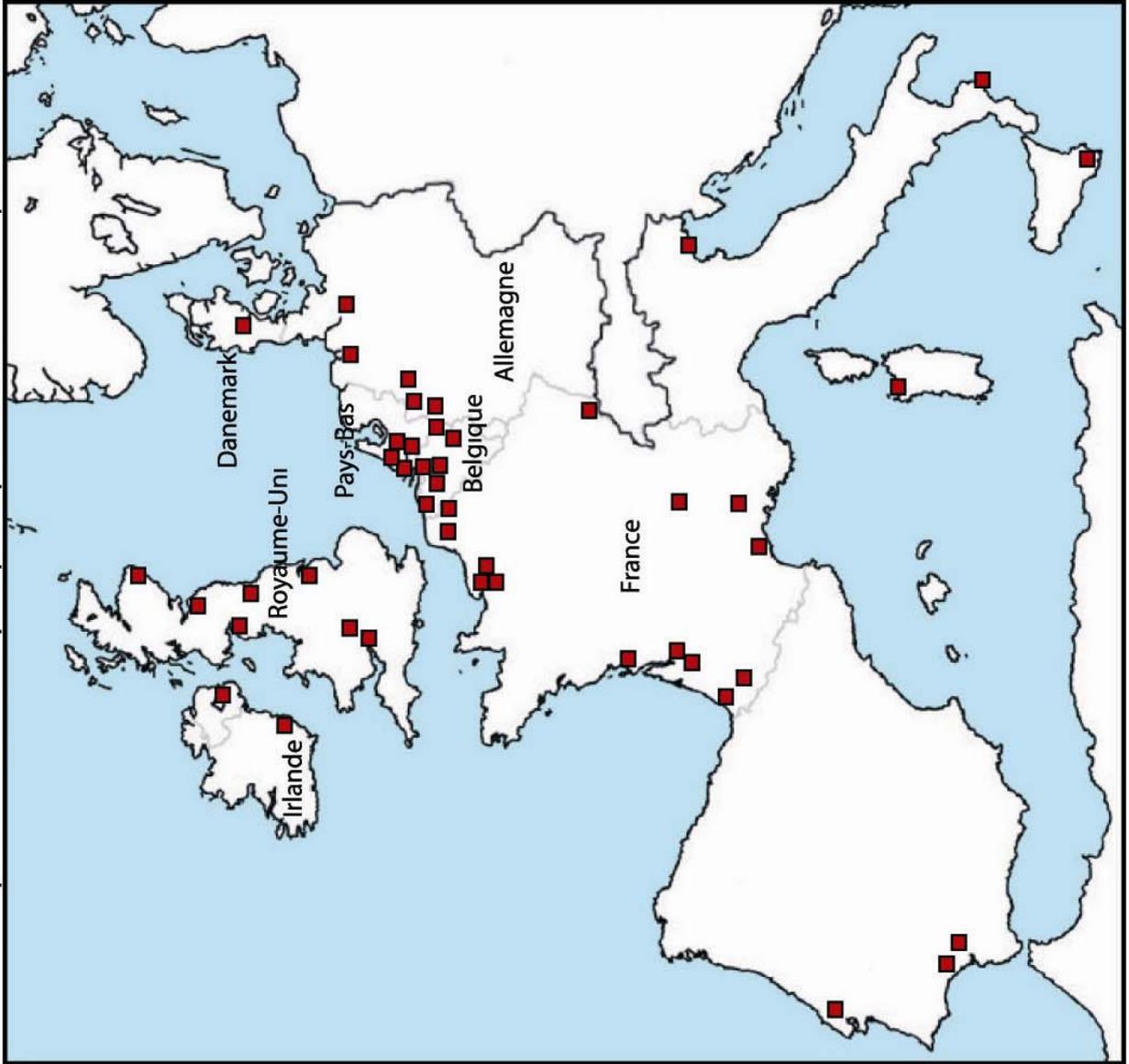
La charge métallique et radioactive provenant du traitement des phosphates se répand dans l'océan par 2 voies principales : l'immersion des déchets à quelques milles du littoral ou leur déversement par émissaire. En Mer du Nord et en Arctique, l'accumulation dans les organismes marins de polonium 210, l'un des descendants de l'uranium, a été remarquée dès 1969. La dosimétrie du polonium 210 était alors supérieure de 2 ordres de grandeur à celle du plutonium et de l'américium. Il est en même temps constaté que les crustacés accumulent des doses importantes ; 1.370 Bq/kg dans les organes digestifs. Quelques années plus tard, à proximité d'une usine anglaise d'engrais phosphatés, il est apparu que des moules contenaient 3.120 Bq / kg de matières sèches. L'équivalent de dose radioactive totale impactant un consommateur annuel de 10 kg de moules de cette origine est estimé à 3,2 mSv, avec une contribution de 77% du polonium 210. L'usine rejette en moyenne 30 tonnes /an d'uranium 238 dans son flux de rejets liquides. 2 usines analogues aux Pays-Bas ont rejeté dans le delta du Rhin 1.740 GBq de radium 226 en 1990. La cartographie des sédiments marins sur une superficie de 2.500 km² le long du littoral des Pays-Bas dans les 5 premiers centimètres démontre pour chacun des radioéléments radium 226, polonium 210 et plomb 210 un épandage de 3,5 TBq. D'autres enseignements tirés de cette étude faite en 1989 dévoilent l'enrichissement des sédiments marins en thorium autour du point de rejet liquide d'une mine de charbon et, à nouveau, des teneurs anormales en polonium 210 dans des moules d'Aberdeen où comme nous le verrons dans le chapitre gaz/pétrole, une canalisation rejette en mer les résidus radioactifs issus du nettoyage d'équipements d'exploitation pétrolière et gazière.

Les estimations relatives au secteur non nucléaire sont sujettes à incertitude en raison du faible nombre de données et de la diversité des sources et des modalités de gestion des effluents et déchets mais il est établi que ses rejets en radioéléments émetteurs alpha s'avèrent beaucoup plus forts que les rejets de l'industrie nucléaire en fonctionnement de routine.

L'un des axes de réflexion et d'actions de la Convention Oskar pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est est de comptabiliser, de mesurer l'impact et de réduire les rejets radioactifs d'origines naturelle ou artificielle dans l'Océan Atlantique. La Belgique, la France, l'Islande, le Luxembourg, la Norvège, l'Espagne, la Suisse, le Danemark, la Finlande, l'Allemagne, l'Irlande, les Pays-Bas, le Portugal, la Suède et le Royaume-Uni et la Commission Européenne sont les parties contractantes à la Convention Oskar. L'ensemble des phosphogypses fabriqués dans les pays membres d'Oskar correspond [année de référence 1993] à 1,3 TBq de radium 223, 1,12 TBq de polonium 210 et 0,1 TBq d'uranium 238. 40% de cette radioactivité est rejeté en mer. Aujourd'hui manger quelques kilos par an de crevettes arctiques conduit à dépasser la limite annuelle d'incorporation pour le polonium 210. En 2005, les usines européennes sont fermées, en voie de reconversion ou de réduction des rejets. Le lessivage des sols agricoles traités aux engrais phosphatés est une source très importante de contamination, quoique diffuse, et les millions de tonnes de déchets des anciennes usines d'Europe du Nord déversés dans les estuaires ou les fleuves ou mis en terrils dans les marais littoraux sont des sources durables de dispersion des radioéléments et des éléments chimiques dans l'environnement. La production d'acide phosphorique se développe en Tunisie et surtout au Maroc, littoral Atlantique; la charge radioactive naturelle technologiquement renforcée rejetée par les usines en Afrique du nord prolonge la contamination radioactive de la Méditerranée et de l'Océan Atlantique.

Pour l'année 1999, la Grande-Bretagne a déclaré un rejet global en mer de radioactivité émise par des industries non nucléaires de 8 GBq d'uranium essentiellement émis par Rhodia Consumer Products et de 10 GBq de carbone 14, qui est pratiquement absent des bilans radiologiques des industries non nucléaires. La France et les Pays-Bas émettent des réserves sur les procédures de notification des secteurs non nucléaires.

Les usines de production d'acide phosphorique dans l'Union Européenne en 1976



- Usines de production d'acide phosphorique
- Allemagne** : Castrop-Rauxel, Embesen, Knapsack, Krefeld, Nordenham
- Belgique** : Anvers, Engis-sur-Meuse, Rieme, Sauvegarde, Zanvoorde
- Danemark** : Fredericia
- France** : Ambarès, Bordeaux, Douvrin, Grand-Couronne, Grand-Quevilly, Le Boucau, Le Havre, L'Oseraie, Ottmarshelm, St-Clair-du-Rhône, Sète, Tarnos, Tonnay-Charente, Wattlelos
- Irlande** : Arklow
- Italie** : Crotono, Gela, Porto Marghera, Porto Torres
- Pays-Bas** : Geleen, Pernis, Sas van Gent, Vlaardingen, Vlissingen
- Royaume-Uni** : Aberdeeen, Avonmouth, Belfast, Billingham, Immingham, Leith, Sevenside, Whitehaven

+ 2 usines dans le Sud de l'Espagne et au Portugal

Sources: Phosphate Fertilizers. Instituut voor Milleuvraagstukken. 1978
OSPAR 1997

2- La filière française phosphates.

2.1 Les rejets liquides

En France, les rejets de phosphogypse de Secma à Tonnavy-Charente s'effectuaient dans la Charente (113.000 t/an) et ceux de Reno à Tarnos dans les Landes dans la mer en face du site (270.000 t/an). Au Boucau, près de Bayonne, l'usine exploitée par Socadour rejetait aussi 270.000 t/an. Il s'est avéré en 1997 que cette usine a contaminé une partie de son emprise par des activités de broyage de monazite pour le compte de Rhône-Poulenc à La Rochelle, à partir de 1973. L'ex-usine Cofaz reprise par Hydro-Agri France rejetait 220.000 t/an dans la Dordogne, Soferti à Bordeaux 113.000 t dans la Garonne, Sud Fertilisant à Sète rejetait 180.000 t/an en mer et son homologue du Pontet 117.000 t dans le Rhône. Rhône-Poulenc à Saint-Clair-du-Rhône rejetait dans le fleuve 325.000 t/an. L'ex PEC Rhin à Ottmarsheim recyclait une partie des phosphogypses, le solde dans des quantités non précisées est stocké à terre.

L'environnement radiologique de tous ces sites ou ateliers abandonnés, démolis, reconvertis mériterait d'être reconsidéré et les efforts de réhabilitation homogénéisés. Soferti à Granville (50) où l'activité est aujourd'hui réduite, avec des milliers de tonnes de terres chimiquement polluées en attente, pose des problèmes en ce sens que la DRIRE nous a fait part de mesures de radioactivité non significatives mais qu'en même temps, les moules et algues analysées à Agon-Coutainville ou à Pirou, non loin de Granville sur la façade ouest du Cotentin, ont des teneurs fortes en polonium 210 du même ordre que les teneurs observées dans l'estuaire de la Seine, ou supérieures. Deux autres idées peuvent être avancées pour expliquer ces valeurs : les rejets diffus de résidus d'engrais phosphatés ou l'influence du pôle engrais de Saint-Malo.

2.2 Les terrils de phosphogypse

Le dépôt de phosphogypse de Rogerville est situé dans la zone industrialo-portuaire du Havre. Il occupe 17 ha avec une hauteur maximale de 19 m. Il est exploité depuis 1986. Il correspond à 35% des rejets de phosphogypse de l'usine Cofaz reprise par Hydro-Agri et fermée en 1992. Avant 1986, 100% des phosphogypses étaient rejetés en mer par canalisation. Le volume global à sec est d'environ 2Mt. La responsabilité du dépôt de déchets a été transférée au Port Autonome du Havre gestionnaire de la décharge voisine de classe 2 Etares. Etares a repris les obligations réglementaires de suivi. Le dépôt est recouvert d'un géotextile et végétalisé. Il n'y a pas d'étanchéification de l'assise du tas. Seul le suivi de la concentration en cadmium est imposé par l'arrêté préfectoral dans les eaux de ruissellement collectées dans un bassin. 4 piézomètres observent les paramètres sulfates, fluorures, azote, phosphore, chrome, plomb, et titane. Dans les eaux souterraines, des teneurs importantes en sulfates et en azote sont observées, supérieures aux Valeurs de Constat d'Impact pour usage non sensible. Il n'y a pas de suivi de la radioactivité dans les eaux souterraines. Les débits de dose ont été mesurés une fois en 20 ans d'exploitation. C'était en 1997, ils étaient de 0,16 nGy.

Le dépôt de phosphogypse d'Anneville-Ambourville est situé dans une boucle de la Seine. Il a été utilisé à partir de 1984 et alimenté par le site de fabrication des engrais phosphatés de Grand-Quevilly. Les déchets étaient transportés par canalisation, décantés et stockés en 7 massifs. Il n'est plus alimenté depuis janvier 2004, l'atelier de fabrication d'acide phosphorique de Grand-Quevilly ayant été arrêté. Après l'arrêté d'autorisation, 5 arrêtés préfectoraux complémentaires ont été émis. 4 ans après le début de l'exploitation, la teneur usuelle de 30 mg/l en sulfates est passée à 350 et 700 mg/l sous le site. L'impact radiologique de surface du dépôt a été mesuré en 2004 par le laboratoire Algade qui

intervient systématiquement dans ce genre de situation et qui assure aussi le contrôle des opérations de démantèlement. Selon Algade *"La dose efficace susceptible d'être reçue en supplément du niveau naturel par les personnes du public constituant les groupes de référence est inférieure au 10^{ème} de la valeur de 1 mSv préconisée par la Directive Euratom comme limite de dose efficace due à une pratique pour les personnes du public. Cette dose efficace caractérise un impact radiologique tout à fait acceptable au sens de la réglementation européenne pour les personnes du public"*. C'est tout ! pour un stockage de 17 Mt de tonnes de phosphogypse, chaque gramme contenant 1 à 3 Bq de radium 226 !

Un troisième site de déchets de la fabrication des engrais phosphatés en Seine-Maritime est en zone péri urbaine à Oissel. Sa périphérie immédiate est colonisée par des activités universitaires et diverses. Algade a effectué en 2003 un contrôle radiologique sur les 15 ha de la ZAC en bordure immédiate du site. Les débits de dose maximaux relevés sont de 0,10 µSv/h. Le supplément maximal par rapport au niveau naturel serait de l'ordre de 0,01 µSv/h. Des déchets de laine de verre seraient stockés en bordure. Nous sommes en attente depuis 2 ans d'informations en provenance de Saint-Gobain relatives à la radioactivité des stockages de déchets de laines de verre (sites principaux : Saint-Etienne-du-Rouvray, Châlon-sur-Saône, Orange).

Les autres dépôts connus de phosphogypse sont à Wattrelos (59) : 5 Mt. Le dernier exploitant de l'usine productrice de ces déchets était Rhône-Poulenc. Le terril est aujourd'hui sous la responsabilité de Rhodia; et à Douvrin (62), le terril sur 20 ha est de 1Mt. A Istres (13), il y a des dépôts externes d'une ex-usine d'engrais. Dans le Nord de la France, une décharge est impactée par des poussières de calcination de phosphates exportées par les Pays-Bas entre 1980 et 1990.

En Tunisie, des prélèvements d'eaux dans des nappes souterraines en dessous d'un terril montrent des teneurs en radium 226 entre 5 et 1132 Bq/kg et en radon 222 de 5 à 10.310 Bq/l. En s'inspirant des travaux brésiliens (25 TBq de radon 222 atmosphérique pour 80Mt de déchets), la production annuelle de radon pour les terrils de phosphogypse en Seine-Maritime serait pour 25 Mt d'environ 7,8 TBq.

Les recherches effectuées en Floride montrent qu'autour d'un terril de phosphogypse le bruit de fond régional en radon 222 n'est récupéré qu'au-delà de 1 km. Pour la réglementation fédérale américaine, le seuil maximal autorisé de relargage de radon est de 0,74 Bq/m² seconde. Un terril type de 2 à 5 Mt rejette 20 kg/h de fluor sous forme d'acide fluosilicique.

2.3 Démantèlement des ateliers de fabrication d'acide phosphorique à Rogerville (76)

1995. Suspension des travaux de démolition suite à la mise en évidence d'une radioactivité sur des pièces en provenance d'une usine analogue dans le Rhône.

Hiver 1995. Elaboration d'un protocole de décontamination par l'OPRI.

1996-1999. Démantèlement. Sur la zone d'entreposage des godets et autres accessoires contaminés les débits de dose varient entre 0,7 et 20 mSv/h. Des produits végétaux sont contaminés et considérés comme des déchets radioactifs.

En 1997, les seuils de décontamination initiaux sont revus à la hausse, soit 5 Bq/g associés à un débit de dose de 1µGy/h à l'extérieur des bâtiments. Après la décontamination conforme à ces nouveaux seuils, le bâtiment a été dynamité. Le béton a été concassé et réutilisé pour le remblaiement de la zone réhabilitée.

Des prélèvements d'eaux souterraines avec recherche du radium 226 ont eu lieu en mai 1998 avant le dynamitage et en mars 1999, après. L'écart maximal est entre < 40 et < 54 mBq/l. 7 mesures de radioactivité entreprises sur et autour des canalisations d'évacuation en mer des phosphogypses après leur démontage et leur relevage en bordure de quai font apparaître des teneurs approchant ou dépassant légèrement 5.000 Bq/kg. Ces

prélèvements ont été réalisés en 2001. Les commentaires du laboratoire disent que ces valeurs dispensent théoriquement de la déclaration et de l'autorisation de stockage de déchets radioactifs et qu'à défaut de texte réglementaire sur l'élimination des déchets très faiblement radioactifs, la présence des tuyaux sur le site n'est pas contre-indiquée. Il est préconisé d'incorporer les conduites dans les remblais nécessaires à la mise en place de Port 2000 au Havre. L'ensemble des canalisations démontées est de l'ordre de 1 km de long. Des déchets résiduels de la démolition de l'usine sont stockés en attente de transfert vers un site définitif dans un pavillon clos à côté du terril de phosphogypse. Nous disons démolition car si dans les colloques les experts parlent de déconstruction, sur le terrain ils pratiquent le dynamitage.

2.4 Démantèlement des ateliers de fabrication d'acide phosphorique à Grand-Couronne (76)

La démolition de l'atelier d'acide phosphorique de Grand-Couronne près de Rouen a été interrompue en octobre 1995 avec obligation de réintégrer sur le site les pièces qui en auraient été exportées. Le même principe a été retenu pour Rogerville. L'état radiologique du site avant démantèlement avait été établi par Algade en 2001. Les activités massiques en radium 226 varient de 0,7 Bq/g dans le phosphogypse à 666 Bq/g dans les tartres de tuyauteries. Les chaînes de l'uranium 235 et du thorium 232 sont signalées ainsi que du radon 222 dans 2 cuves. Au niveau du sol, la dose maximale relevée est de 7 μ Sv/h. Les opérations de démantèlement ont été effectuées entre juillet 2003 et janvier 2004. Les déchets ont été évacués provisoirement dans un stockage inclus dans l'enceinte de l'usine de la Grande-Paroisse de Grand-Quevilly classée Seveso. Cette procédure a été autorisée après une enquête publique où beaucoup d'avis défavorables se sont exprimés.

2.5 Déchets des usines en exploitation

Des déchets radioactifs sont interceptés en provenance des usines en fonctionnement de la Grande-Paroisse à Grand-Quevilly ou à Ottmarsheim à l'entrée de centres de stockages de classe 2 dans l'Eure. Ils sont retournés à leurs producteurs. En 2001, le CET de Malleville-sur-le-Bec intercepte une benne générant un équivalent de dose à 1 m de 3,85 mSv. Des informations qui doivent être vérifiées et dont il convient de s'assurer qu'elles ne concernent pas des circonstances exceptionnelles disent que des déchets ou matériaux radioactifs en provenance de Grande-Paroisse, Grand-Quevilly, sont stockés dans le dépôt de phosphogypses des Boucles de la Seine que les riverains appellent le Mont-Blanc.

Constatant la faiblesse des réponses en provenance du secteur des engrais phosphatés, la non prise en compte des inhalations de poussières et de radon par les professionnels et l'incompréhension partielle sincère ou feinte des milieux professionnels, il nous apparaît important et prioritaire de resserrer la surveillance dans toute la filière, y compris dans les halles de conditionnement et de stockage des produits finis ou semi-finis et dans les installations de stockage d'acide phosphorique importé, y compris les navires.

Comme il est rappelé dans le chapitre déchets (page 232) tous les stockages de phosphogypses devraient être assujettis à la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et faire l'objet d'un suivi radiologique. Sans doute serait-il intéressant pour mieux comprendre le comportement du radium dans l'environnement de tracer sa migration dans les chaînes trophiques à l'amont des points de rejets dans les rivières comme la Dordogne.

Directeur de la publication :

Jacky Bonnemains

Rédaction et documentation :

Jacky Bonnemains, Jean-Pierre Edin,
Charlotte Nithart, Christine Bossard, Miriam Potter,
Kerry Sheehan, Isabella Sherwood Mill.

Cartographie :

Christine Bossard et Charlotte Nithart

Robin des Bois

Association de protection de l'Homme et de l'environnement

14, rue de l'Atlas 75019 Paris – France

Tel : 33 1 48 04 09 36

Fax : 33 1 48 04 56 41

contact@robindesbois.org

www.robindesbois.org