

## 2 Exposition externe dans le domaine public



Mesures radiométriques CRIIRAD du 22 septembre 2006 en présence de Mme C. habitant sur place. La rangée de fûts verts clair constitue la « barrière biologique » mise en place par COMURHEX pour atténuer le rayonnement émis par les fûts de concentrés uranifères.

### 2.1 Mesures du rayonnement gamma ambiant

#### Objectifs

La majorité des radionucléides émet en se désintégrant des **rayonnements gamma**. Il s'agit de rayonnements de nature électromagnétique qui, compte tenu de leur énergie (30 keV à 2 MeV) peuvent parcourir plusieurs mètres, voire dizaines de mètres dans l'air. Ils sont responsables de l'exposition externe.

Il existe un flux de rayonnement gamma naturel à la surface de la terre, même en l'absence d'ajout de substances radioactives dans le sol.

On peut distinguer une composante tellurique liée à la désintégration des radionucléides primordiaux contenus dans le sol (chaînes de désintégration de l'uranium 238, de l'uranium 235 et du thorium 232, potassium 40) et une composante liée au rayonnement cosmique.

Localement, les variations spatiales du flux de rayonnement gamma en surface sont liées essentiellement aux variations des caractéristiques radiochimiques du sol.

La mesure du flux de rayonnement gamma en surface d'un site permet de vérifier s'il existe une contamination importante du sol par des radionucléides émetteurs de rayonnement gamma ou si des substances radioactives présentes à l'intérieur d'une installation émettent un champ de radiation mesurable dans le domaine public.

La mesure du flux de rayonnement gamma peut-être effectuée très rapidement (y compris en voiture), au moyen de scintillomètres.

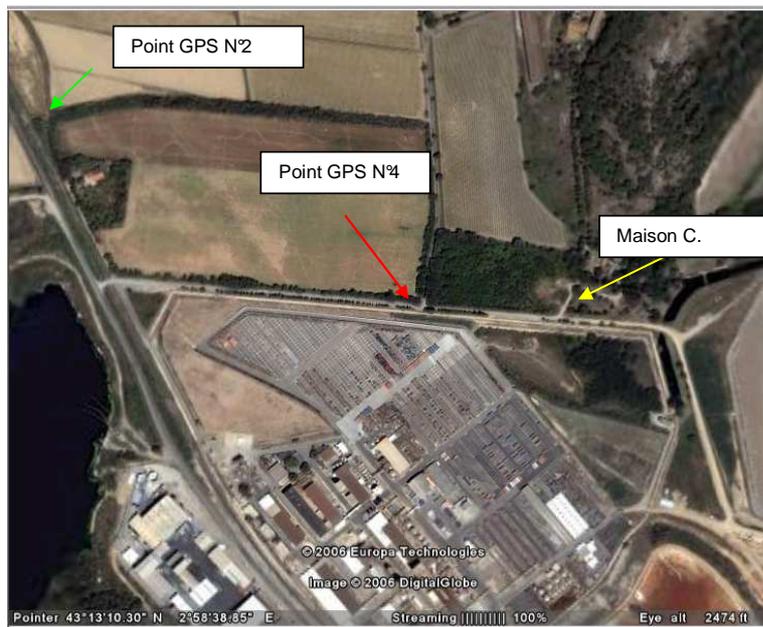
Les zones présentant un niveau de radiation anormalement élevé peuvent ensuite être sélectionnées pour des mesures complémentaires (mesure du flux de rayonnement gamma à pied et en mode statique, mesure de débit d'équivalent de dose, échantillonnages de matériaux, etc.).

### Méthodologie

Le flux de rayonnement gamma, exprimé en coups par seconde (c/s) a été mesuré par M. Chareyron (CRIIRAD), au moyen d'un **scintillomètre de type DG5** (marque Novelec, appareil N°2), les **21 et 22 septembre 2006**.

Le détecteur est un scintillateur organique couplé à un photomultiplicateur. Il enregistre les rayonnements gamma à partir de 50 keV. La réponse en fonction de l'énergie est de +/- 10 % de 100 keV à 700 keV et de **+/-50 % de 60 keV à 1,3 MeV**.

La constante de temps de détection est de 0,1 seconde et la constante de temps de mesure de 2 secondes. Le temps mort est de 33 microsecondes.



#### Photographie aérienne : parc à fûts et chemin longeant la clôture Nord de l'usine

La mesure du flux de rayonnement gamma, a été réalisée par balayage en mode dynamique :

- A l'intérieur du véhicule, à 30 km/h, sur la route départementale D169, à l'ouest du site COMURHEX,
- A l'intérieur du véhicule et à pied, sur le chemin communal N°148, au nord du site COMURHEX, au droit du parc à fûts,
- A l'intérieur du véhicule et à pied, au niveau de la propriété de Mme C. (cf. photographie aérienne ci-dessus).

Les résultats détaillés sont reproduits dans le [tableau T5](#) ci-après, les coordonnées GPS sont reportées dans le [tableau T6](#) pages suivantes.

Il a été constaté un niveau de rayonnement plus important (parfois 2 fois plus important), dans le véhicule, suivant que le détecteur était situé en position haute sur la plage avant ou en position basse au niveau du levier de vitesse. C'est pourquoi les 2 types de résultats sont reportés dans le [tableau T5](#). Ces différences montrent que dans le cas du chemin communal, il s'agit d'un rayonnement d'origine lointaine et arrivant par le dessus plutôt que d'un rayonnement lié à une contamination du sol sous le véhicule.

### Niveau naturel hors influence du site

Le flux de rayonnement gamma naturel est estimé à **moins de 80 c/s** (coups par seconde).

En effet, il convient de noter que la station N°2, dont les résultats sont pris par défaut comme représentatifs du niveau de rayonnement naturel du secteur, pourrait en réalité être sous influence du rayonnement diffus émis par le parc à fûts.

Par manque de temps, lors de la mission des 21 et 22 septembre 2006, la CRIIRAD n'a pu réaliser de mesures en des sites hors influence de l'usine.

Les mesures effectuées par la CRIIRAD en mai 2003 au niveau de l'oppidum (sol calcaire) donnaient **50 c/s** (statique, à 1 m du sol).

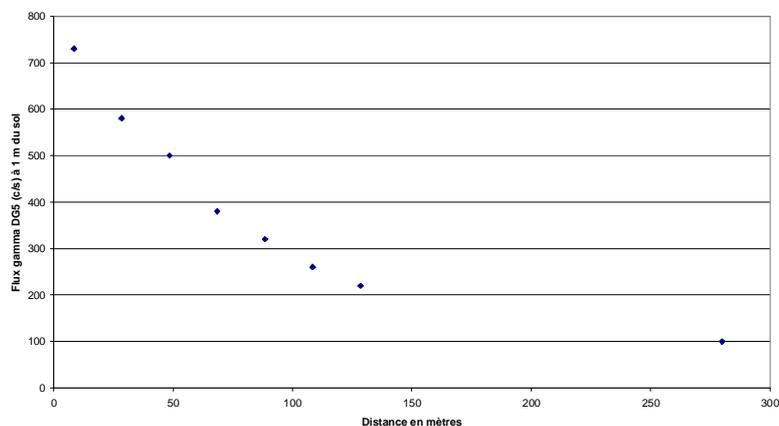
Des relevés complémentaires effectués par la CRIIRAD, le 12 octobre 2006, à environ 2 kilomètres au sud de l'usine, au niveau du « parc de la Campane », près de Narbonne, ont donné également **50 c/s** (statique, à 1 m du sol).

### Influence du parc à fûts au nord du site

Les relevés reportés dans le [tableau T6](#) page suivante montrent que le rayonnement gamma émis par les radionucléides contenus dans le parc à fûts entraîne un impact mesurable, au nord du site, sur :

- **plus de 400 mètres de long**, sur le chemin communal N°148,
- **plus de 280 mètres perpendiculairement à la clôture** et au chemin communal N°148 (voir graphe ci-dessous). La distance de 280 mètres correspond à la distance au-delà de laquelle le flux de rayonnement gamma descend en dessous de 100 c/s. Si l'on admet que le niveau de rayonnement naturel est de 50 à 80 c/s, l'influence latérale du parc à fûts est donc sensible au-delà de 300 mètres.

Evolution du flux de rayonnement gamma perpendiculairement à la clôture nord



**Tableau T5 / Résultats des mesures de flux gamma CRIIRAD (DG5) à pied et en voiture, à proximité de l'usine COMURHEX de Malvesi.**

**Mesures des 21 et 22 septembre 2006 sauf mention contraire**

| Situation  | Point GPS | Flux gamma DG5 en coups par seconde         |   |                                     |
|--|-----------|---|---|-------------------------------------|
|  |           | En statique, à pied, à 1 m au dessus du sol | Dans véhicule au niveau levier de vitesse | Dans véhicule au niveau plage avant |
| <b>Evaluation du niveau de rayonnement "naturel"</b>   |           |   |   |                                     |
| Départementale D169 au nord du site (environnement lointain) / mesure du 29 mai 2003                   |           |   | 40 à 50                                   |                                     |
| Oppidum (roche calcaire) / 29 mai 2003   |           | 50  |   |                                     |
| Colline au N-O du site COMURHEX / 29 mai 2003  |           | 50 à 70                                     |   |                                     |
| Terre cultivée au N-O du site (a priori hors influence du site)  | N°2       | 80  |   |                                     |
| <b>Bordure ouest de l'usine COMURHEX</b>   |           |   |   |                                     |
| Devant entrée principale de l'usine COMURHEX, parking visiteur   | N°1       | 120   | 76  |                                     |
| Départementale D169 de l'entrée usine à l'intersection chemin communal N°148                           |           |   | 118 à 150                                 |                                     |
| <b>Bordure nord de l'usine COMURHEX, chemin com. N°48, le long du parc à concentrés uranifères</b>     |           |   |   |                                     |
| De la voie ferrée à la boîte au lettre de Mme C., trajet de plus de 400 mètres                         |           |   | 60 à 400                                  |                                     |
| Au droit de l'extrémité ouest de la barrière biologique  | N°3       |   | 200                                       |                                     |
| Intersection chemin de Montlaures  | N°4       | 700 à 800                                   | 380                                       |                                     |
| De l'intersection chemin des Montlaures à boîte aux lettres Mme C. (trajet de 200 mètres)              |           |   | 80 à 370                                  | 400 à 600                           |
| <b>Chemin des Montlaures, trajet perpendiculaire à la clôture nord du parc à concentrés uranifères</b> |           |   |   |                                     |
| A 8,5 m de la clôture  |           | 730   |   |                                     |
| A 28,5 m de la clôture   |           | 580   |   |                                     |
| A 48,5 m de la clôture   |           | 500   |   |                                     |
| A 68,5 m de la clôture   |           | 380   |   |                                     |
| A 88,5 m de la clôture   |           | 320   |   |                                     |
| A 108,5 m de la clôture  |           | 260   |   |                                     |
| A 128,5 m de la clôture  |           | 220   |   |                                     |
| A 280 m de la clôture  | N°9       | 100   |   | 70                                  |
| <b>Secteur de la propriété de Mme C. (source de l'Oeillal)</b>   |           |   |   |                                     |
| Boîte au lettre Mme C., à 70 m de la maison  | N°11      | 430   | 230                                       | 400                                 |
| Portail N°1 Entrée parcelle Mme C.   |           |   | 150                                       | 200                                 |
| A la clôture parcelle C. au droit maison   |           | 350   |   |                                     |
| A 20 m du portail N°2  |           | 280   |   |                                     |
| A 10 m du portail N°2  |           | 250   |   |                                     |
| Portail N°2 Entrée patio Mme C., ruisseau  |           | 220   | 100                                       | 190                                 |
| Facade sud-ouest maison Mme C.   | N°10      | 200   |   |                                     |
| Patio et table de jardin   |           | 180   |   |                                     |
| Devant perron maison Mme C.  |           | 170   |   |                                     |
| Dans maison, chambre parents   |           | 130 à 150                                   |   |                                     |
| Devant demeure Grand-mère Mme C.   |           | 140   |   |                                     |
| Devant ancien bistrot du restaurant famille C. (fermé en 1973)   |           | 140   |   |                                     |
| Angle terrain, bras mort artificiel source de l'oeillal  |           | 150 à 200                                   |   |                                     |
| Terrain Mme C., rive gauche source oeillal   | N°6       | 128   |   |                                     |
| Terrain Mme C., au droit du dosimètre Algade, limite chantier  | N°7       | 150 à 180                                   |   |                                     |
| Terrain Mme C.   | N°8       | 120   |   |                                     |

Le flux de rayonnement gamma **dépasse 700 c/s** DG5, soit plus de 7 fois le niveau naturel (voire 14 fois), en de nombreux points du chemin communal, au droit de la clôture nord du parc à fûts, dans le domaine accessible au public, et en particulier aux riverains (cf. localisation de la Maison C. sur la photographie aérienne pages précédentes).

Ce rayonnement anormalement élevé est également mesurable devant la maison de la famille C : **430 c/s au niveau de la boîte aux lettres, 180 c/s au niveau de la table de jardin**. Ceci est cohérent avec les mesures obtenues au point GPS N4 (chemin des Montlaures) en s'éloignant perpendiculairement de la clôture, et montrant une extension du champ de radiation à plus de 200 mètres de la clôture. Le perron de la maison de Mme C. n'est en effet qu'à 220 m du point GPS N4.

#### Autres anomalies à l'ouest du site

On remarquera que le niveau de rayonnement sur le parking en face du poste de garde de l'entrée de l'usine est déjà anormalement élevé (**120 c/s**, en statique, à 1 m du sol).

Les relevés effectués à l'intérieur du véhicule le long de la D 169 qui longe le site par l'ouest (118 à 150 c/s en mode dynamique) sont également anormalement élevés.

Une partie de ce rayonnement peut provenir du parc à fûts (secteur nord-ouest), mais **d'autres sources de radiation sont à invoquer** a priori pour expliquer les anomalies relevées plus au sud, au droit du poste de garde d'une part, et au droit du secteur où a eu lieu la fuite de liquide contaminé en juin 2006.

Des investigations complémentaires seraient nécessaires pour déterminer l'origine et l'intensité de ces anomalies radiométriques dans le domaine public.

Il convient de noter par ailleurs que la CRIIRAD n'a réalisé aucune mesure au sud et à l'est du site.

**Tableau T6 / Coordonnées GPS des sites où la CRIIRAD a effectué des mesures radiométriques les 21 et 22 septembre 2006**

| Point GPS | Latitude   | Longitude | Lieu   |
|-----------|------------|-----------|--|
| 1         | N 43,21293 | E 2,97923 | Poste de garde COMURHEX  |
| 2         | N 43,21930 | E 2,97489 | Au bout du premier chemin perpendiculaire au chemin communal N°148   |
| 3         | N 43,21726 | E 2,97712 | Chemin communal N°148, au droit de l'extrémité Ouest de la barrière biologique   |
| 4         | N 43,21679 | E 2,97967 | Chemin communal N°148, à l'intersection avec chemin de Montlaures  |
| 6         | N 43,21669 | E 2,98338 | Terrain Mme C., rive gauche source de l'Oeillal  |
| 7         | N 43,21635 | E 2,98340 | Dosimètre Algade clôture site COMURHEX   |
| 8         | N 43,21702 | E 2,98326 | Terrain Mme C., rive gauche source de l'Oeillal  |
| 9         | N 43,21914 | E 2,98054 | Chemin de Montlaures à 280 m de GPS N4 perpendiculairement à la clôture du parc à fût. Passage du flux gamma DG5 à 1 m du sol en dessous de 100 c/s. |
| 10        | N 43,21680 | E 2,98241 | Facade sud-ouest maison Mme C. (prélèvement de la terre en pied de gouttière)  |
| 11        | N 43,21647 | E 2,98156 | Boîte aux lettres Mme C.   |

## 2.2 Mesures du débit d'équivalent de dose

### Composition spectrale du rayonnement

Les mesures de flux de rayonnement gamma ne sont pas suffisantes pour évaluer correctement les risques sanitaires. Il convient en effet de procéder à des mesures de débit d'équivalent de dose.

Dans certains cas, il est possible de convertir simplement les résultats de mesure du flux gamma (coups par seconde) en débit d'équivalent de dose (microSieverts par heure).

La CRIIRAD a obtenu ainsi de très bonnes corrélations de ces 2 paramètres dans l'environnement des mines d'uranium.

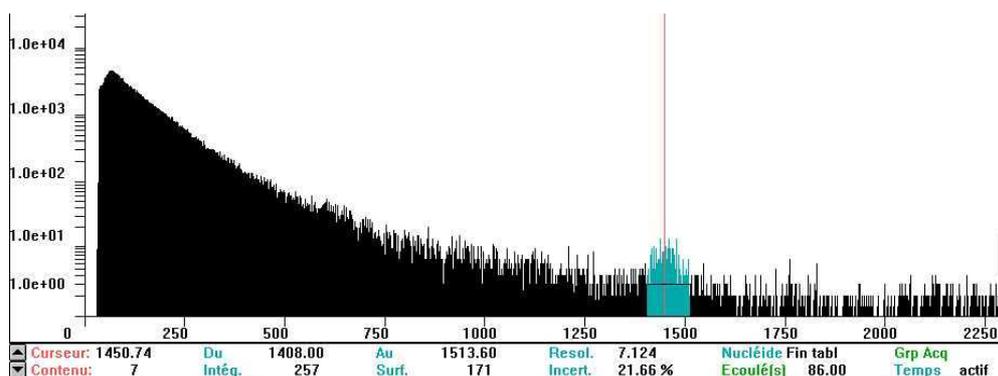
Mais dans le cas du parc à fût de Malvési, le spectre de rayonnement gamma est très différent de celui enregistré dans l'environnement des mines d'uranium.

En effet, alors que dans le cas des mines d'uranium, l'essentiel du rayonnement gamma provient du radium 226 et de ses descendants (plomb et bismuth 214) à plus de 200 keV (kilo Electron-Volts), dans le cas de l'usine COMURHEX, une grande partie du rayonnement doit provenir **de radiations X et gamma de basse énergie**, qui de plus sont atténués à la traversée de la matière constitutive des concentrés uranifères, de la paroi métallique des fûts, de la « barrière biologique » et de l'air ambiant. Dans ces conditions les facteurs de conversion c/s en  $\mu\text{Sv/h}$  issus de mesures dans l'environnement de mines d'uranium ne peuvent être appliqués.

Les caractéristiques spectrales du rayonnement émis ont pu être vérifiées par l'enregistrement d'un spectre gamma au droit du parc à fût (point GPS N°4), au moyen d'un **spectromètre Nal portatif**.

Le spectre obtenu est reproduit ci-dessous (échelle log). On distingue la raie gamma du potassium 40 naturel (à 1460,8 keV).

**L'essentiel du rayonnement émis à la clôture est enregistré à basse énergie (en dessous de 250 keV).**



Spectre gamma Nal au point GPS N°4 en face du parc à fûts sur chemin communal,  
le 22 septembre 2006

Il était donc nécessaire de procéder à des mesures du débit d'équivalent de dose en microSieverts par heure pour affiner l'évaluation des risques sanitaires.

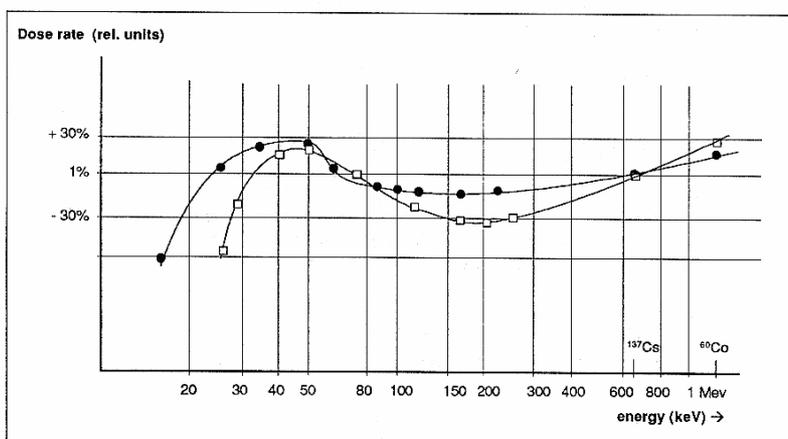
### Appareillage utilisé

Les mesures de débit d'équivalent de dose ont été réalisées au moyen d'un **compteur proportionnel compensé en énergie** (appareil LB123 de marque Berthold, sonde LB 1236 N° 1588).

Cet appareil a été étalonné par un organisme agréé (CENG Grenoble).

Les résultats sont exprimés en débit d'équivalent de dose ambiant (en microSieverts par heure :  $\mu\text{Sv/h}$ ), à la profondeur de 10 mm (Hp(10)).

Le constructeur BERTHOLD garantit que la dépendance de la réponse de la sonde en équivalent de dose dans l'air par rapport à l'énergie des photons est de **+/- 30 % de 30 keV à 2 MeV** (en prenant comme référence l'énergie des gamma du césium 137 soit 661 keV).



**Réponse en énergie de la sonde LB 1236 (BERTHOLD)**

Par manque de temps, les mesures n'ont pu être effectuées qu'en 3 stations. Chaque résultat constitue la moyenne d'au moins **3 mesures de 100 secondes**. Compte tenu des faibles valeurs mesurées, l'écart-type constaté de la série de 3 mesures est de 10 à 20 %. On peut considérer que l'incertitude élargie est inférieure à 50 %.

Les résultats sont reproduits dans le [tableau T7](#) ci-dessous.

**Tableau T7 / Mesures de débit d'équivalent de dose CRIIRAD, 21 septembre 2006**

| Situation   | Point GPS | Débit d'équivalent de dose ( $\mu\text{Sv/h}$ ) |
|---|-----------|---|
| <b>Evaluation du niveau de rayonnement naturel</b>  |           |   |
| Terre cultivée au N-0 du site (a priori faible influence du site)                                       | N2        | 0,10  |
| <b>Bordure nord de l'usine COMURHEX, chemin communal N°148, le long du parc à concentrés uranifères</b> |           |   |
| Intersection chemin de Montlaures   | N4        | 0,38  |
| <b>Secteur de la propriété de Mme C. (source de l'Oeillal)</b>  |           |   |
| Patio et table de jardin  | A         | 0,13  |

## 2.3 Evaluation de l'exposition externe ajoutée

Il convient de noter que la station N°2, dont les résultats sont pris par défaut comme représentatifs du niveau de rayonnement naturel du secteur, pourrait en réalité être sous influence du rayonnement diffus émis par le parc à fûts.

Les calculs d'exposition ajoutée effectués ci-après conduisent donc à **des estimations par défaut**. L'exposition ajoutée réelle est probablement supérieure.

A partir des mesures de débit d'équivalent de dose reportées dans le [tableau T7](#) ci-dessus, il est possible de calculer l'impact du parc à fûts sur les riverains, en fonction du temps cumulé passé sur le chemin.

Ces calculs sont reproduits dans le [tableau T8](#) ci-dessous.

**Tableau T8 / Estimation de l'exposition ajoutée pour les riverains du parc à fûts COMURHEX**

| <b>Evaluation préliminaire de l'exposition ajoutée en 2006, sur chemin communal N°148</b>   |       |        |
|---|-------|--------|
| Débit de dose ajouté au point N°4   | 0,27  | µSv/h  |
| Exposition cumulée pour 15 min / jour sur 1 an  | 25,1  | µSv/an |
| Exposition cumulée pour 2 000 heures par an   | 549   | µSv/an |
| Exposition cumulée pour 8760 heures par an  | 2 406 | µSv/an |
| <b>Evaluation de l'exposition ajoutée avant mise en place de la "protection biologique"</b> |       |        |
| Flux gamma DG5 dans le véhicule en 2003   | 400   | c/s    |
| Flux gamma DG5 dans le véhicule en 2006   | 1200  | c/s    |
| Facteur d'augmentation  | 3     |        |
| Débit de dose ajouté au point N°4 (recalculé)   | 0,824 | µSv/h  |
| Exposition cumulée pour 15 min / jour sur 1 an  | 75,2  | µSv/an |
| Exposition cumulée pour 2 000 heures par an   | 1 648 | µSv/an |
| Exposition cumulée pour 8760 heures par an  | 7 218 | µSv/an |

## 2.4 Interprétation des résultats et recommandations

### Un impact non négligeable

Pour seulement **15 minutes par jour** passées sur le chemin communal, l'exposition externe annuelle ajoutée cumulée est d'au moins **25 microSieverts par an**. Cette valeur est 2,5 fois supérieure à la valeur de 10 microSieverts par an au-delà de laquelle la Directive Euratom 96 / 29 considère que **l'impact sanitaire n'est pas négligeable**.

Il y a donc un impact non négligeable qui impose la mise en œuvre du principe d'optimisation de la protection au sens de la Commission Internationale de Protection Radiologique (principe ALARA).

### Violation du principe ALARA

Ce principe n'est pas respecté. En effet, l'exploitant COMURHEX-AREVA n'a manifestement pas mis en œuvre tout ce qu'il était raisonnablement possible de faire pour réduire autant que possible l'exposition des riverains aux rayonnements ionisants.

La violation de ce principe était encore plus évidente lors de nos contrôles de **mai 2003**. A cette époque en effet, n'existait aucune « barrière biologique », et le niveau de rayonnement mesuré à l'intérieur du véhicule, **avec le même appareil était 3 fois supérieur à celui enregistré en septembre 2006**.

Une rangée de fûts inertes, probablement remplis de ciment ou de sable a bien été **installée entre 2004 et 2006** (cf. photo ci-dessous). Mais elle n'offre pas une protection suffisante.

Devraient être revues en particulier la hauteur et l'épaisseur de la barrière, ainsi que son extension au nord-est et au nord-ouest. Comme le montre l'une des photographies ci-dessous, la barrière n'encerclé pas le parc à fûts et n'offre aucune protection latérale.

Note : lors du CLIC du 12 octobre 2006, la direction de l'usine COMURHEX a indiqué que la mise en œuvre de la « barrière biologique » était consécutive à l'évolution de la réglementation (abaissement de la dose maximale annuelle admissible de 5 milliSieverts par an à 1 milliSievert par an) et au fait que **des travaux au sein de l'usine avaient obligé l'exploitant à repousser les fûts de concentrés uranifères vers la clôture.**

Il est indispensable de disposer des mesures de l'exposition externe réalisée par l'exploitant à la clôture ces dernières années afin de vérifier a posteriori les valeurs de l'exposition passée subie par les riverains.



Rangée de fûts inertes (couleur vert clair) au nord-ouest du parc / sept 2006



Interruption de la rangée de fûts inertes au nord-ouest du parc / CRIIRAD sept 2006

### Recommandations de la CRIIRAD

Des solutions techniques existent pour faire en sorte que les riverains de l'usine ne soient plus soumis à cette irradiation externe comme par exemple :

- repousser les limites de la clôture. C'est ce qui a été fait sur le site du Tricastin, suite aux mesures de la CRIIRAD d'août 2002 (0,34  $\mu\text{Sv/h}$  au centre de la chaussée). Selon M Salgas (AREVA) l'exploitant a repoussé la clôture de son entreposage dans la mesure où les terrains adjacents lui appartenaient.
- améliorer la qualité de la protection biologique et la sûreté de l'entreposage (par exemple, construction d'un hangar avec parois en béton renforcé).
- Limiter la quantité totale de matières radioactives entreposées à un moment donné, etc.

### Nécessité de revoir le concept d'entreposage des fûts

En plus de l'abaissement de l'irradiation externe dans le domaine public, la CRIIRAD demande que **l'ensemble du concept de stockage des concentrés uranifères soit revu, afin d'améliorer la sécurité, la sûreté et la radioprotection.**

Il est fréquent de constater que des **fûts jonchent le sol**. Cela a été constaté par M. Chareyron (CRIIRAD) le 21 septembre et le 12 octobre 2006.

Il est actuellement relativement **aisé de pénétrer à l'intérieur** du site et de dérober des fûts.

Il ne semble exister aucune protection permettant de minimiser les risques de dispersion de matière radioactive en cas d'accident grave (percussion par un poids lourd, chute d'avion) ou d'un acte de malveillance.

Pourtant il s'agit de **substances à très forte radiotoxicité.**

Comme indiqué dans le [tableau T9](#) ci-après il suffit, pour un enfant de 2 à 7 ans **d'inhaler quelques milligrammes à quelques dizaines de milligrammes** de concentré pour recevoir une dose supérieure à la dose maximale annuelle admissible.

Or le parc à fûts contient<sup>7</sup> de l'ordre de **20 000 tonnes de concentrés uranifères** (la capacité était de 25 000 tonnes en 1990 et il a même été question de porter sa capacité à 40 000 tonnes selon [MD 97]).

Note : il faut savoir qu'au sein de l'usine COMURHEX, l'un des postes les plus exposés concerne les **travailleurs en charge de l'échantillonnage des concentrés**, c'est-à-dire de l'ouverture des fûts pour prélèvement d'un échantillon de concentré afin d'en vérifier la qualité en laboratoire. D'après le CEPN, les 6 travailleurs de ce poste étaient **4 fois plus exposés que la moyenne de tous les travailleurs de l'usine**. Leur exposition interne (incorporation d'uranium) était 7 fois plus élevée que la moyenne [CEPN].

<sup>7</sup> Nous avons interrogé le directeur de l'usine COMURHEX lors du CLIC du 12 octobre 2006. Il n'a pas démenti ces chiffres mais n'a pas souhaité donner la masse exacte prétextant le secret commercial.

### T9/ Evaluation des doses liées à l'inhalation de concentrés d'uranium naturel en fonction de la forme physico-chimique et de l'âge de la personne.

| Age au moment de l'incorporation (population) |           |           |            |             |          |
|---|-----------|-----------|------------|-------------|----------|
| < 1 an  | 1 à 2 ans | 2 à 7 ans | 7 à 12 ans | 12 à 17 ans | > 17 ans |

#### A / calculs pour la forme physico-chimique la moins pénalisante (classe F)

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 238 inhalé

|     |     |      |      |      |      |
|-----|-----|------|------|------|------|
| 1,9 | 1,3 | 0,82 | 0,73 | 0,74 | 0,50 |
|-----|-----|------|------|------|------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel de thorium 234 inhalé

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,040 | 0,025 | 0,011 | 0,006 | 0,004 | 0,003 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 234 inhalé

|     |     |      |      |      |      |
|-----|-----|------|------|------|------|
| 2,1 | 1,4 | 0,90 | 0,80 | 0,82 | 0,56 |
|-----|-----|------|------|------|------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 235 inhalé

|     |     |      |      |      |      |
|-----|-----|------|------|------|------|
| 2,0 | 1,3 | 0,85 | 0,75 | 0,77 | 0,52 |
|-----|-----|------|------|------|------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel de thorium 231 inhalé

|        |         |         |         |         |         |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,0011 | 0,00072 | 0,00026 | 0,00016 | 0,00009 | 0,00008 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 238 inhalé (en équilibre<sup>1</sup> avec ses descendants)

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 4,13 | 2,79 | 1,77 | 1,57 | 1,60 | 1,09 |
|------|------|------|------|------|------|

Activité en Becquerel d'uranium 238 inhalé (en équilibre<sup>1</sup> avec ses descendants) qui délivre 10 microSieverts

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2,4 | 3,6 | 5,6 | 6,4 | 6,3 | 9,2 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Activité en Becquerel d'uranium 238 inhalé (en équilibre<sup>1</sup> avec ses descendants) qui délivre 1 milliSievert

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 242 | 359 | 565 | 637 | 625 | 920 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Masse d'uranium naturel en mg (en équilibre<sup>2</sup> avec ses descendants) qui délivre 1 milliSievert

|    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|-----|
| 28 | 41 | 65 | 73 | 71 | 105 |
|----|----|----|----|----|-----|

#### B / calculs pour la forme physico-chimique la plus pénalisante (classe S)

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 238 inhalé

|    |    |    |    |     |     |
|----|----|----|----|-----|-----|
| 29 | 25 | 16 | 10 | 8,7 | 8,0 |
|----|----|----|----|-----|-----|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel de thorium 234 inhalé

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,041 | 0,031 | 0,017 | 0,011 | 0,009 | 0,008 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 234 inhalé

|    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|-----|
| 33 | 29 | 19 | 12 | 10 | 9,4 |
|----|----|----|----|----|-----|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 235 inhalé

|    |    |    |    |     |     |
|----|----|----|----|-----|-----|
| 30 | 26 | 17 | 11 | 9,2 | 8,5 |
|----|----|----|----|-----|-----|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel de thorium 231 inhalé

|        |        |         |         |         |         |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 0,0024 | 0,0017 | 0,00076 | 0,00052 | 0,00041 | 0,00033 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|

Facteurs de dose en microSievert par Becquerel d'uranium 238 inhalé (en équilibre<sup>1</sup> avec ses descendants)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 63,43 | 55,23 | 35,80 | 22,52 | 19,14 | 17,80 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Activité en Becquerel d'uranium 238 inhalé (en équilibre<sup>1</sup> avec ses descendants) qui délivre 10 microSieverts

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Activité en Becquerel d'uranium 238 inhalé (en équilibre<sup>1</sup> avec ses descendants) qui délivre 1 milliSievert

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 16 | 18 | 28 | 44 | 52 | 56 |
|----|----|----|----|----|----|

Masse d'uranium naturel en mg (en équilibre<sup>2</sup> avec ses descendants) qui délivre 1 milliSievert

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1,8 | 2,1 | 3,2 | 5,1 | 6,0 | 6,4 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Note : Les coefficients de dose sont issus de la directive EURATOM 96 / 29

Note 1 : On suppose 1 / que les activités de l'uranium 238 et de ses 3 premiers descendants (thorium 234, protactinium 234<sup>m</sup> et uranium 234), sont égales. 2 / Que le rapport isotopique uranium 238 / uranium 235 est celui de l'uranium naturel (21,6) et 3 / que l'uranium 235 est en équilibre avec son premier descendant, le thorium 231.

La radiotoxicité du protactinium 234<sup>m</sup> n'est pas donnée par la directive Euratom 96 / 29

Note 2 : On suppose qu'il s'agit d'uranium naturel dans les conditions d'équilibre (note 1) avec une pureté de 70 %

### Réponse de COMURHEX et commentaire de la CRIIRAD

Suite au point presse organisé le 22 septembre 2006, par l'association ECCLA, la famille C. et la CRIIRAD, le directeur de l'usine COMURHEX a déclaré sur France 3 que l'exposition pour le public était de « 40 microSieverts toutes expositions confondues », qu'il « n'y avait pas de risques » et que la situation était « totalement conforme à la réglementation ».

Ce type de déclaration témoigne d'une profonde méconnaissance des règles de radioprotection et de la notion de risque en radioprotection. Ainsi :

- La dose maximale annuelle admissible (1 000 microSieverts par an) est la limite au-delà de laquelle les risques sanitaires et en particulier les risques de cancer, sont jugés inacceptables, elle ne constitue en aucune manière une dose limite à laquelle auraient droit les riverains. **Il y a obligation de diminuer les doses au maximum en dessous de la limite de dose (principe ALARA)**, car à partir de 10 microSieverts par an, les risques ne sont justement plus négligeables.
- La limite de 1 000 microSieverts par an s'applique aux contributions de l'ensemble des activités nucléaires (ou pratiques) auxquelles peuvent être soumises les personnes du public. Lorsqu'on considère une seule activité, comme par exemple l'usine de Malvési, la valeur de référence est **de 300 microSieverts par an** au niveau international. En effet, les personnes peuvent être exposées dans l'année à l'impact de plusieurs « pratiques nucléaires ».

En ce qui concerne la fiabilité de l'estimation de la dose ajoutée cumulée effectuée par COMURHEX (40 microSieverts par an, toutes expositions confondues), les documents publiés ne donnent aucune précision sur le mode de calcul et la prise en compte effective de toutes les voies d'exposition : **exposition externe, exposition interne par inhalation et par ingestion.**

Nos propres évaluations aboutissent par exemple, pour la seule exposition externe à la clôture, à un cumul annuel de 25 microSieverts par an pour seulement 15 minutes par jour, soit 100 microSieverts par an, pour une heure par jour (sans tenir compte de l'irradiation par les neutrons).

La réglementation sur le **transport** autorise par ailleurs des débits de dose élevés (100 microSieverts par heure à 2 mètres d'un véhicule de transport). Le fait de rester 6 minutes à 2 mètres d'un chargement de matières radioactives dont le niveau de radiation serait égal au maximum autorisé pourrait représenter une dose de 10 microSieverts et 100 microSieverts pour une heure. Cette voie d'exposition n'est pas prise en compte (réception des concentrés uranifères et expédition de l'UF4).

Comme indiqué plus haut, les poussières de concentrés uranifères, et les poussières mobilisables à partir des boues (cf. ci-après) induisent des risques importants par inhalation ou ingestion de particules fines. Cette exposition n'est pas correctement mesurée par COMURHEX.

Nous montrerons plus loin **qu'en réalité l'exposition ajoutée totale subie par les riverains pourrait dépasser la limite sanitaire de 1000 microSieverts par an.**

**Se pose ensuite la question de l'irradiation subie par les riverains avant installation de la barrière « biologique ».**

Dans l'ancien système de radioprotection, la limite de dose annuelle n'était pas de 1 000 microSieverts par an mais de 5 000 microSieverts par an. Le calcul devait être fait par contre en supposant un mode d'exposition pessimiste (par exemple 100 % du temps à la clôture), alors que dans le nouveau système, il convient d'effectuer un calcul basé sur un scénario « réaliste ».

En 1985 la CIPR a proposé d'abaisser la limite d'un facteur 5 et a formalisé cette modification en 1990 (CIPR 60). La directive Euratom de mai 96 a repris ces recommandations et laissé aux Etats membres jusqu'en 2000 pour se mettre en conformité. Ces principes de radioprotection ont été intégrés à la loi française en 2001 (Code de la Santé Publique) et dans le décret « population » de 2002.

Cela signifie qu'avant 2002, la limite sanitaire était de 5 000 microSieverts par an pour un facteur d'occupation de 100 %.

Pour une personne qui résiderait toute l'année à la clôture nord du site, et sur la base des mesures CRIIRAD de septembre 2006, l'exposition externe ajoutée serait de **2 400 microSieverts par an** (2,4 milliSieverts par an).

Sur la base des mesures de flux de rayonnement gamma effectuées par la CRIIRAD en 2003 et 2006, on peut estimer par ailleurs que cette exposition a été réduite d'un facteur 3 et pouvait donc être en 2003 de **7 200 microSieverts par an** (soit 7,2 milliSievert par an), soit une valeur supérieure à l'ancienne limite de 5 milliSievert par an.

Il est probable que l'exposition des riverains dépassait les limites sanitaires à cette époque. C'est ce qui a probablement conduit l'exploitant à mettre en place cette première « barrière biologique ».

**Manque de transparence**

Un élément particulièrement choquant dans ce dossier réside dans le manque de transparence, voire la désinformation, pratiquée par COMURHEX.

En effet, comme, le montre le document ci-après, le tableau présenté par l'exploitant en CLIC du 25 novembre 2005 laissait à penser que les riverains n'étaient soumis à aucune exposition externe. Les valeurs d'exposition externe ajoutée, c'est-à-dire après soustraction de l'irradiation naturelle, **étaient égales à 0**, pour toutes les stations de mesure présentées.

Ce document n'intégrait pas les stations de mesure à la clôture nord. C'est probablement en partie parce que la CRIIRAD a réalisé des mesures à la clôture en septembre 2006 et a rendu public les résultats, que COMURHEX a été dans l'obligation de publier un tableau plus complet, lors de la réunion du CLIC du 12 octobre 2006.

Dans ce dernier document (cf. ci-après) on apprend que l'exposition à la clôture Nord est effectivement élevée (COMURHEX indique qu'elle est susceptible de dépasser la nouvelle limite sanitaire pour une exposition permanente).

On constate en outre **qu'entre 2005 et 2006, l'exposition externe est en augmentation sur les 3 capteurs de la clôture Nord** (lampadaires 22, 31 et 35) et par voie de conséquence en limite de propriété de Mme Camps (notons que le capteur est situé du côté opposé au parc à fût et sous-estime l'exposition réelle subie devant la maison). Cette augmentation pourrait être liée au fait que des travaux au sein de l'usine ont conduit l'exploitant à repousser certains fûts vers la clôture et donc à augmenter le niveau d'irradiation dans le domaine public.



## Surveillance de l'exposition externe Mesures de débits d'équivalent de dose

### Débits d'Equivalent de Dose en 6 points :

Valeurs exprimées en nSv.h<sup>-1</sup>, exposition naturelle de 70 nSv.h<sup>-1</sup> déduite,

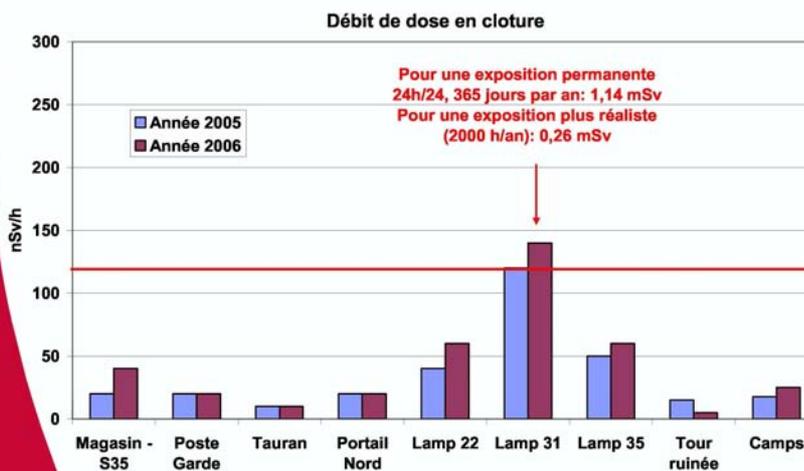
| EMPLACEMENTS   | Mai 2005<br>Rapport Algade<br>n° RP/05-1095 | Juin 2005<br>Rapport Algade<br>n° RP/05-1363 | Juillet 2005<br>Rapport Algade<br>n° RP/05-1507 | Août 2005<br>Rapport Algade<br>n° RP/05-1907 | Sept 2005<br>Rapport Algade<br>n° RP/05-1909 | Oct 2005<br>Rapport Algade<br>n° RP/05-2165 |
|--|---|--|---|--|--|---|
| Point 1 - Côté Plaine de Livière<br>- Tour ruinée      | 0   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   |
| Point 2 - Côté Plaine de Livière<br>- Milieu du chemin | 0   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   |
| Point 3 - Côté Plaine de Livière<br>- Tauran 600       | 0   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   |
| Point 4 - Côté Canal rive est -<br>Tauran 600          | 0   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   |
| Point 5 - Côté Canal rive est -<br>ferme Flores        | 0   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   |
| Point 6 - Côté Canal rive est -<br>Milieu bassin B9    | 0   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   |

Présentation AREVA / CLIC du 25 novembre 2005.



## La surveillance radiologique du site

### ↳ Exposition externe en clôture :



Présentation AREVA / CLIC du 12 octobre 2006.

### Nécessité d'améliorer le dispositif d'évaluation de l'exposition externe

L'exposition externe n'est pas correctement évaluée par le dispositif mis en œuvre par COMURHEX.

Ce dispositif est en effet calibré pour évaluer la dose en profondeur dans l'organisme dite Hp (10), c'est-à-dire la dose reçue à une profondeur de 10 mm sous la peau ; et les dosimètres sont le plus souvent calibrés pour un rayonnement d'énergie supérieure à 600 keV (calibration avec une source radioactive de césium 137 ou de cobalt 60).

Or, les rayonnements gamma émis par l'uranium et ses premiers descendants se situent dans une gamme d'énergie très particulière (basse énergie : 63 keV pour le thorium 234 par exemple) pour laquelle une grande partie du rayonnement est arrêtée à la surface du corps humain, d'où des **risques radiologiques spécifiques (peau, yeux) qui sont très mal évalués par la mesure de la dose en profondeur.**

D'autant que, comme indiqué plus haut (mesures CRIIRAD au spectromètre de terrain), le spectre énergétique du rayonnement diffus à la clôture du parc à fûts est dégradé.

### La calibration des dosimètres HP(10) doit donc être revue en conséquence.

Il est nécessaire de réaliser en outre des mesures complémentaires au moyen de dosifilms ultrasensibles (X et gamma) exposés pendant plusieurs mois, afin d'évaluer **la dose en surface de la peau Hp(0,07)**. C'est-à-dire la dose reçue à une profondeur de 7 centièmes de mm sous la peau.

La nécessité de réaliser ces mesures complémentaires a pu être illustrée par le laboratoire de la CRIIRAD dans le dossier de l'exposition du public lors de l'utilisation de carreaux de cuisine dont les pigments de coloration contiennent de l'uranium appauvri.

Il serait utile d'implanter également des **dosimètres neutrons**, afin de quantifier l'éventuel effet des fissions spontanées de l'uranium (cf. [tableau T9](#) ci-dessous). Un premier calcul suggère en effet que la fission spontanée des 20 000 tonnes d'uranium entreposées dans le parc à concentrés uranifères de l'usine COMURHEX pourrait générer **330 millions de neutrons par seconde.**

### T9 / Estimation de l'émission de neutrons par fission spontanée de l'uranium 238 contenu dans le parc à concentrés uranifères.

| Références  |          |                                  |
|---|----------|----------------------------------|
| Référence bibliographique : D J Littler 1952 <i>Proc. Phys. Soc. A</i> 65 203-208 |          |                                  |
| Valeur de la référence : 59.5±3 neutrons/g/hr of uranium                          |          |                                  |
| Calcul CRIIRAD dans le cas du parc à concentrés uranifères de Malvesi             |          |                                  |
| Taux d'émission de neutrons par fission spontanée d'U238                          | 59,5     | neutrons par gramme et par heure |
| Taux d'émission de neutrons par fission spontanée d'U238                          | 16,5     | neutrons par Kg et par seconde   |
| Emission de neutrons par fission spontanée de 20 000 tonnes d'uranium             | 3,31E+08 | neutrons par seconde             |