



**HAL**  
open science

## Inventaire et mise en sécurité des anciennes mines d'uranium orphelines

Karim Ben Slimane, M.-O. Gallerand, D. Niemiec, Dominique Rabu, Michel  
Deroualle

► **To cite this version:**

Karim Ben Slimane, M.-O. Gallerand, D. Niemiec, Dominique Rabu, Michel Deroualle. Inventaire et mise en sécurité des anciennes mines d'uranium orphelines. Congrès International sur la gestion des rejets miniers et l'après mine (GESRIM), Apr 2012, Marrakech, Maroc. hal-00824362

**HAL Id: hal-00824362**

**<https://brgm.hal.science/hal-00824362>**

Submitted on 21 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Inventaire et mise en sécurité des anciennes mines d'uranium orphelines

K. Ben Slimane<sup>1</sup>, M-O. Gallerand<sup>2</sup>, D. Niemiec<sup>3</sup>, D. Rabu<sup>4</sup>, M. Deroualle<sup>1</sup>

1 BRGM/DPSM, 3 Avenue Claude Guillemin, Orléans, France, [k.benslimane@brgm.fr](mailto:k.benslimane@brgm.fr)

2 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) BP17 92262 Fontenay-aux-Roses,

3 DREAL Auvergne-Service Risques, 7 rue Léo Lagrange 63033 Clermont Ferrand Cedex 1,

4 GEODERIS, 1 rue Claude Chappe, BP 25198, 57075 Metz Cedex 3

**Abstract:** On request from the French Government, a working group composed of members of Andra, BRGM, IRSN and GEODERIS, supported by the local authority of mining regulations in the Auvergne region (DREAL), carried out a diagnosis of orphan uranium-bearing sites and made proposals to ensure their safety.

*Key words:* uranium mines, diagnosis, safety engineering, radiological exposure.

**Résumé :** A la demande du gouvernement français, un groupe de travail composé de membres de l'Andra, BRGM, GEODERIS et l'IRSN, soutenu par la DREAL Auvergne, a effectué un diagnostic des sites miniers uranifères orphelins et a fait des propositions pour assurer leur sécurité.

*Mots clés :* mines d'uranium, diagnostic, aléa minier, exposition radiologique.

## 1. INTRODUCTION

Des mines d'uranium ont été exploitées en France jusqu'en 2001. Le réaménagement de la majorité d'entre elles relève de la responsabilité d'Areva NC<sup>1</sup>. Toutefois, lorsque des mines n'ont plus de responsable ou que celui-ci est défaillant leur gestion revient à l'Etat. C'est particulièrement le cas des sites opérés par des sociétés minières à capitaux « privés » entre 1955 et 1965. Sous la tutelle du Ministère de l'Ecologie (MEDDTL<sup>2</sup>), les Directions Régionales de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL), et plus particulièrement celle de la région Auvergne qui est à l'origine de l'action, ont recensé une quinzaine de situations de ce type. Le ministère a alors missionné, début 2010, l'Andra<sup>3</sup>, le BRGM/DPSM<sup>4</sup>, GEODERIS<sup>5</sup> et l'IRSN<sup>6</sup> pour qu'ils effectuent conjointement le diagnostic de ces situations, du point de vue tant des aléas et risques miniers (principalement mouvements de terrain et risques corporels) que radiologiques et qu'ils fassent des propositions d'actions de mise en sécurité proportionnées aux enjeux identifiés.

## 2. METHODOLOGIE D'ETUDE MISE EN PLACE

Pour répondre à la mission qui leur a été confiée, l'IRSN, GEODERIS, le BRGM et l'Andra ont mis en place une organisation permettant d'aboutir à une proposition d'actions de mise en sécurité fondée sur un état des lieux de la situation des anciens sites miniers d'uranium orphelins vis-à-vis des risques miniers « classiques » et des niveaux de radioactivité. Cette

<sup>1</sup> Areva NC : opérateur minier public historique des mines d'uranium en France

<sup>2</sup> Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement

<sup>3</sup> Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

<sup>4</sup> Département Prévention et Sécurité Minière du BRGM

<sup>5</sup> GEODERIS : Groupement d'intérêt Public (INERIS/BRGM), expert public en risques miniers

<sup>6</sup> Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

organisation s'est traduite par la définition d'un programme de travail en 3 étapes. La première étape visait à consolider les connaissances de chacun des organismes sur les sites orphelins identifiés. La deuxième étape avait pour but la réalisation des diagnostics pour chacun des sites retenus, à partir d'observations et de mesures de terrain effectuées au cours de visites de sites. Cette étape devait permettre de relever les situations nécessitant que soient réalisées des mises en sécurité. L'objectif de la troisième étape consistait à élaborer des propositions d'actions de mise en sécurité chiffrées au ministère pour validation et arbitrage.

La liste initiale de sites orphelins jointe à la saisine de l'Etat comportait des sites répartis sur 4 régions (Aquitaine, Auvergne, Limousin et Midi Pyrénées). Le premier travail a été de croiser les informations, dont disposaient les organismes, sur la situation juridique du point de vue des titres miniers, compte tenu des restructurations et de l'évolution de statut des sociétés ayant possédées ces actifs miniers. Pour certains sites, des visites de terrains ont été nécessaires pour vérifier la réalité des travaux miniers d'exploration effectués.

Ainsi le périmètre définitif d'étude des sites orphelins, à l'issue de la première étape, a arrêté une liste de 14 sites (Tableau 1) : en excluant 3 sites qui relèvent in fine de la responsabilité d'Areva NC et 1 site qui ne comporte pas de travaux d'ampleur significative et en ajoutant 1 site à la liste initiale car identifié comme orphelin.

	Région	Département	Commune	Titre minier	Nom du site		
1	Auvergne	Cantal (15)	Siran	PER <sup>7</sup> de Siran sud	SAVANHAC		
2					LASBORDES		
3		Haute-Loire (43)	Solignac-sous-Roche	PER de Solignac-sous-Roche	BESSE		
4					Jullianges	PER de Jullianges	JORAT
5					Bellevue-la-Montagne		LE MONT-MIAS
6							LIGOUZAC
7					Saint-Julien-d'Ance	PER de Potempyrat	VOIRAC
8					Aurec-sur-Loire	Hors titre	PRESLE
9		Puy-de-Dôme (63)	Saint-Pardoux	Hors titre	MONTATRAUX		
10	Limousin	Creuse(23)	Evaux-les-Bains	PER de Bois de Roche	BOIS DE ROCHE		
11					LA CASINE		
12					LE CHATEAU		
13			Chatelus le Marcheix	PER de Chatelus le Marcheix	VILLEPIGUE		
14					LE GRAND PEUX		

*Tableau 1 : Liste des sites orphelins arrêtée à l'issue de la première étape*

### 3. DIAGNOSTICS DES SITES VIS-A-VIS DES ALEAS ET RISQUES MINIERES ET DES NIVEAUX D'EXPOSITION RADIOLOGIQUE

#### 3.1 Définitions

Les aléas classiquement évalués dans le domaine de l'après mines recouvrent les aléas « mouvements de terrain » (effondrement localisé, affaissement, tassement, etc.) et les aléas dits « environnementaux » (pollution des eaux et des sols par des substances dangereuses, inondation, etc.). Les risques corporels associés aux ouvrages débouchant au jour ont également fait l'objet d'une première évaluation. Pour le cas particulier des mines d'uranium orphelines, les aspects radiologiques ont été spécifiquement intégrés.

L'aléa correspond à l'éventualité qu'un phénomène se produise sur un site donné en atteignant une intensité ou une gravité qualifiable ou quantifiable. Dans le domaine du risque minier comme celui du risque naturel, l'aléa résulte donc du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance. L'estimation de l'aléa renvoie à une

<sup>7</sup> Permis Exclusif de Recherche

vision graduée des situations. Les termes « aléa fort » ou « aléa très fort » signifient que les zones concernées sont plus prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones « d'aléa moyen » ou « aléa faible » ou que les phénomènes susceptibles de se produire dans cette zone sont d'une intensité plus élevée.

Pour ce qui concerne l'aléa « mouvement de terrain » la démarche s'appuie sur le guide<sup>8</sup> méthodologique d'élaboration des plans de prévention des risques miniers. Les phénomènes redoutés dans le cas d'une ancienne exploitation minière sont l'effondrement généralisé, l'affaissement, l'effondrement localisé et certains types de tassements liés aux exploitations souterraines, les écroulements rocheux, les glissements et les tassements réservés aux travaux à ciel ouvert et dépôts de surface. La cartographie des aléas localise les zones exposées aux phénomènes redoutés du fait des travaux miniers. Elle est réalisée en tenant compte d'une marge de sécurité qui comprend, une marge d'incertitude sur par exemple la position réelle des travaux miniers, ainsi qu'une marge dite d'influence correspondant à l'emprise en surface pouvant être affectée par un phénomène d'effondrement localisé.

La notion de risques corporels est associée à l'existence d'ouvrages débouchant au jour (puits, galeries), accessibles aux personnes et pour lesquels des risques de chutes, d'éboulement ou d'asphyxie ou intoxication existent en cas d'intrusion accidentelle ou volontaire.

Pour les aspects liés à la radioactivité, l'évaluation des enjeux pour une situation donnée consiste à déterminer les niveaux d'exposition radiologique dans l'environnement des sites, et à en déduire le risque d'exposition par des personnes du public :

- Les niveaux d'exposition sont déterminés par le biais de mesure in situ de l'exposition externe sur les terrains, de l'activité volumique du radon, de l'activité massique de solides (sols, sédiments) et de l'activité volumique de l'eau (eau de puits, ruisseau, plan d'eau) ;
- Le risque d'exposition est évalué en considérant l'usage actuel des milieux, la fréquentation et l'accessibilité des lieux.

L'évaluation des enjeux comprend également celle de l'incidence du site sur son environnement et plus particulièrement sur les cours d'eau. Cette incidence est généralement caractérisée par des mesures radiologiques dans des cours d'eau (eau, sédiments), en amont et en aval de la zone concernée par les travaux miniers.

### 3.2 Phase informative préalable aux diagnostics

Les diagnostics avaient pour but d'identifier les situations pour lesquelles les risques miniers (risques corporels et aléas miniers) et/ou les niveaux de radioactivité nécessitent la mise en œuvre d'actions de mise en sécurité. Ils se sont appuyés sur l'exploitation des sources documentaires et des observations faites sur le terrain lors de missions organisées sur le terrain. La préparation des missions de terrain a consisté en l'examen détaillé des informations disponibles dans :

- la base de données MIMAUSA<sup>9</sup> de l'IRSN ;
- la Base de Données des Sites et Titres Miniers (BDSTM) de GEODERIS ;
- la Banque du Sous-sol (BSS) sur le site Infoterre<sup>TM</sup> du BRGM ;

---

<sup>8</sup> Elaboration des plans de prévention des risques miniers – Guide méthodologique – Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa – Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine. INERIS DRS-06-51198/R01, Mai 2006

<sup>9</sup> <http://mimausa.irsn.fr>

- le Bilan de Fonctionnement d'Areva pour le département de la Creuse mais surtout dans les documents d'archives transmis par la DREAL Auvergne pour tous les sites d'Auvergne et les sites du Limousin de la commune d'Evaux-les-Bains.

Par ailleurs, le groupe a tiré bénéfice des indications issues de l'étude approfondie des archives par cette même DREAL.

L'objectif des déplacements sur le terrain était :

- d'acquérir des données sur la géolocalisation (GPS) du site, son usage actuel, son environnement et l'hydrographie locale ;
- d'évaluer les aléas mouvements de terrain, d'observer les ouvrages miniers encore présents sur le site et d'évaluer leur état de mise en sécurité et les risques associés ;
- d'évaluer les aléas environnementaux (pollution des sols, ...) ;
- de procéder à des mesures<sup>10</sup> de radioactivité ambiante sur le site et ses abords afin d'évaluer la situation radiologique du site et de son environnement et détecter la présence éventuelle de matériaux radioactifs (stériles ou minerais) dispersés aux abords du site ;
- de réaliser des prélèvements, pour analyse en laboratoire, le long des voies de transferts potentiels (eaux de site, cours d'eaux environnants, sols, ...) en vue d'évaluer l'impact du site sur son environnement.

Des prélèvements d'eau et d'échantillons solides ont également été réalisés lorsque cela s'avérait pertinent. Ils ont fait l'objet d'une analyse de leur teneur en uranium par ICP-MS et en radium 226 par émanométrie du radon (Norme NF M60-803) par un laboratoire de l'IRSN.

### 3.3 Traitement des observations et mesures in situ

L'analyse des résultats des observations et mesures réalisées pour tous les sites miniers d'uranium orphelins a été conduite en adoptant un système de notation des sites en fonction des aléas auxquels ils sont associés. Dans un premier temps, deux notes ont été attribuées : l'une pour les aléas miniers et l'autre pour les aléas environnementaux liés à l'exposition radiologique. Quatre niveaux de risque N0 à N3 ont été proposés :

- N0 : Situation pour laquelle le risque associé aux aléas miniers et/ou aux niveaux d'exposition à la radioactivité nécessite que soient mises en œuvre des actions de mise en sécurité à brève échéance ;
- N1 : Situation pour laquelle le risque associé aux aléas miniers et/ou aux niveaux d'exposition à la radioactivité justifie de mettre en œuvre des actions de mise en sécurité sans que celles-ci ne revêtent de caractère d'urgence ;
- N2 : Situation pour laquelle le risque associé aux aléas miniers et/ou aux niveaux d'exposition à la radioactivité ne nécessite pas de mettre en œuvre d'actions de mise en sécurité spécifiques mais justifie d'engager des actions d'information et de conservation de la mémoire ;
- N3 : Situation exempte d'aléa minier et d'anomalie radioactive significative (en regard du bruit de fond local). Aucune action particulière n'est par conséquent nécessaire.

<sup>10</sup> Les mesures radiométriques ont été effectuées (mesures du débit de dose à 50 cm du sol) au moyen d'une sonde gamma et X très bas flux de type 6150 AD-b (SAPHYMO) couplée à un radiamètre 6150 AD5. La gamme de mesure de cet appareil est comprise entre 5 nSv.h<sup>-1</sup> et 105 nSv.h<sup>-1</sup> avec une gamme d'énergie de 23 KeV à 7 MeV.

Au final, le classement retenu pour un site donné correspond à la note associée au plus fort niveau de risque (risques miniers/exposition radiologique). Les résultats de ce classement sont synthétisés dans la figure 1 :

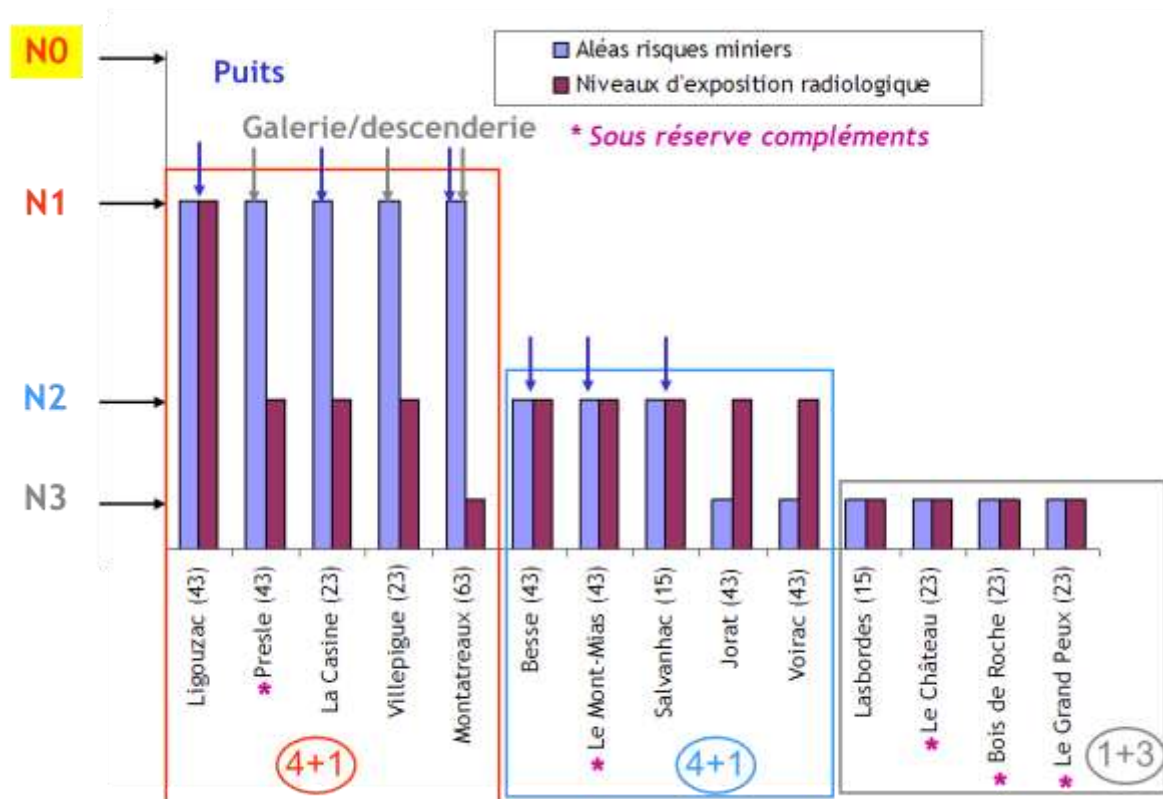


Figure 1 : Synthèse du classement des sites miniers d'uranium orphelins en fonction des risques identifiés aux cours des missions de terrain

Il est ressorti de l'analyse des différentes situations que :

- aucun site ne nécessite la mise en œuvre d'actions de mise en sécurité de manière urgente (classe N0) ;
- 5 sites sont classés au niveau N1, dont 1 (Presle) nécessite un complément de diagnostic radiologique ;
- 5 sites sont classés au niveau N2, dont 1 (Le Mont-Mias) nécessite un complément de diagnostic radiologique ;
- 4 sites sont classés en niveau N3. Au vu de la connaissance disponible, compte tenu de la nature des travaux réalisés (tranchées, sondages), les enjeux associés sont a priori faibles et ne justifient pas de diagnostic complémentaire.

## 4. EXEMPLES DE DIAGNOSTICS ET DE PROPOSITIONS DE MISE EN SECURITE

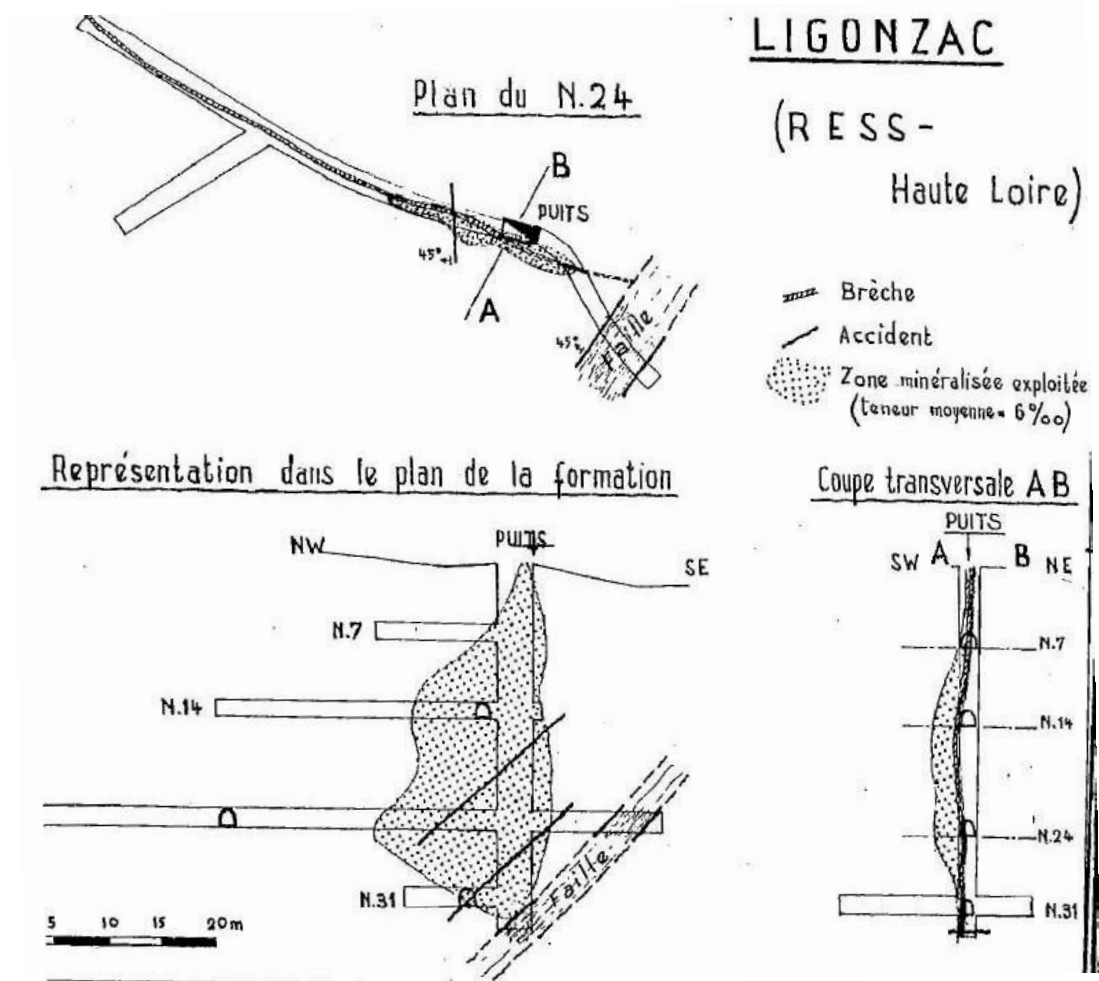
### 4.1 Site de Ligouzac (Auvergne, Haute-Loire)

Constats :

Les travaux miniers se sont déroulés entre 1959 et 1961, un puits de 32 mètres de profondeur a été foncé à partir duquel 4 niveaux d'exploration ont été tracés à -7 m, -14 m, -24 m et -31 m (Fig. 2). Les longueurs maximales des traçages feraient 17 mètres. 100 Tonnes de minerai ont été extrait (1,4 T d'uranium métal). Le seul ouvrage minier visible aujourd'hui est



la tête de puits en bordure d'un chemin carrossable (Fig. 3a). Une dalle épaisse recouvre le



puits avec un regard en maçonnerie imparfaitement fermé (Fig. 3b).

**Figure 2 : Plan des travaux miniers souterrains réalisés à Ligouzac  
(source : Areva NC, transmis par la DREAL Auvergne)**



**Figure 3a : Vue générale de la tête de puits et du chemin**



**Figure 3b : Détail de la dalle du puits et du regard**

Du point de vue radiologique des anomalies notables en terme de débit de dose ont été détectées (Fig. 4) aux abords du puits, avec un point à  $9\,500\text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  (soit plus 50 fois le bruit de fond) et au niveau d'une verse de produits issus du creusement avec des valeurs variant de  $1\,500$  à  $5\,000\text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  (soit 7 à 25 fois le bruit de fond). Pour ce qui concerne les analyses radiologiques réalisées sur les eaux, celles-ci ont mis en évidence une teneur significative en uranium ( $30\text{ }\mu\text{g/L}$ ) et en radium 226 ( $400\text{ mBq/L}$ ) dans l'eau du puits.

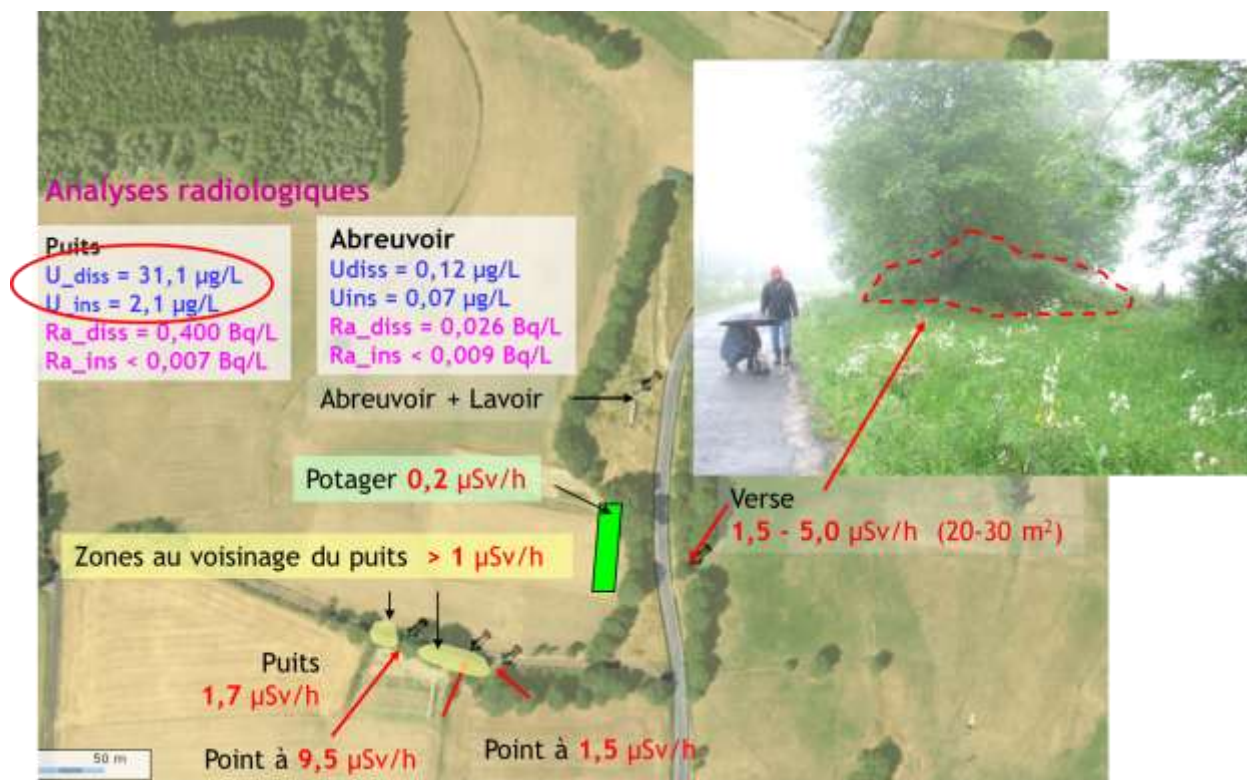


Figure 4 : Mesures radiométriques sur le site de Ligouzac

#### Recommandations et proposition d'action :

Le puits est bien accessible depuis une voie carrossable mais il n'y a pas de risque corporel. Le plan des travaux souterrains ainsi que la faiblesse des enjeux en surface ne justifie pas de mettre en œuvre des investigations plus poussées pour définir précisément l'aléa géotechnique. De ce point de vue il a été recommandé d'empêcher tout aménagement autour du puits et de conserver la mémoire des travaux.

La situation radiologique autour de la zone de travaux miniers de Ligouzac conduit à recommander :

- la gestion des matériaux responsables des anomalies observées, notamment en supprimant le point à  $9,5\text{ }\mu\text{Sv/h}$  et en réduisant le risque d'utilisation des matériaux de la verse. A minima il s'agirait de conserver la mémoire et d'informer le propriétaire ;
- d'interdire l'usage de l'eau du puits.

Dans ce cadre, en accord avec l'administration, une solution consisterait à prendre en charge les produits radiologiquement marqués, pour éviter leur dispersion, en les utilisant pour remblayer le puits. Une étude relative à la mise en sécurité du puits doit être entreprise afin de définir les meilleurs choix techniques qui garantiront la stabilité future et l'absence d'impact environnemental. Le traitement de la tête de puits pourrait être alors son remblaiement par des produits neutres avec un léger dôme pour absorber le tassement ou la mise en place d'une dalle finale. L'aspect économique de la méthode de traitement du puits devra être examiné,



compte tenu des enjeux, l'objectif principal restant l'élimination des produits marqués en surface pour un coût acceptable par la collectivité.

## 4.2 Site de La Casine (Limousin, Creuse)

### Constat :

Les travaux de recherche minière se sont déroulés entre 1957 et 1961. Ils ont été menés en surface par la réalisation de tranchées (en violet sur la figure). En souterrain, ils ont concerné un puits rectangulaire (de section 2,5 m sur 1,6 m) d'une profondeur de 47 m. Aux niveaux - 20 et - 45 (Fig. 5) ont été creusées, respectivement, 44 m (en rouge sur la figure) et 113 m de galeries d'exploration (en jaune sur la figure).



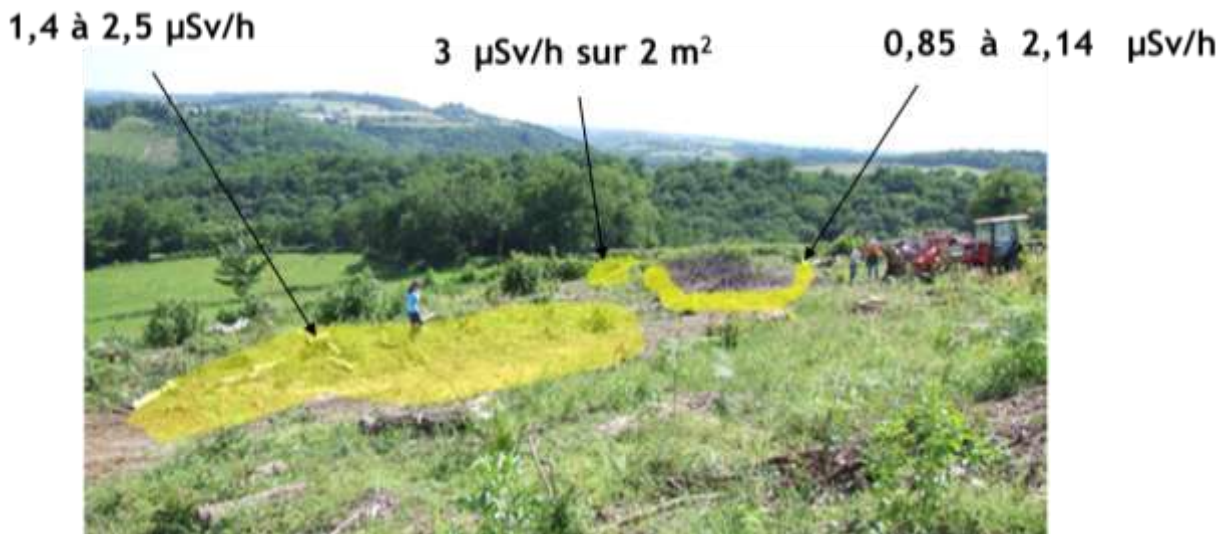
**Figure 5 : Plan des travaux miniers du site de La Casine (d'après archives DREAL et fond BD ORTHO<sup>®</sup> IGN prise de vue aérienne 2005). Le polygone vert correspond à l'emprise des travaux compte tenu de l'incertitude de localisation de 15 m suite au géoréférencement.**

Un dépilage, au niveau le plus profond (10 m x 6 m) a produit 227 tonnes de minerai qui ont donné 782 kg d'uranium métal. Lors des visites de terrain il a été constaté que le puits est visible, situé sur une exploitation forestière, qu'il est ouvert et que sa tête évasée par rapport aux dimensions de la colonne laisse à supposer que le puits est en cours de rupture.

Sur plusieurs secteurs, des débits de doses significativement supérieur au bruit de fond naturel ( $200 \text{ nSv.h}^{-1}$ ) ont été mis en évidence (Fig. 6) :

- supérieurs à  $1\,000 \text{ nSv.h}^{-1}$  sur environ  $50 \text{ m}^2$  sur la zone de remblais (verse), variant de  $1\,400$  à  $2\,500 \text{ nSv.h}^{-1}$  ;
- une zone d'environ  $2 \text{ m}^2$  près du puits où les débits de dose sont de  $3\,000 \text{ nSv.h}^{-1}$  en moyenne ;
- le contour du puits où les débits de dose varient de  $850$  à  $2\,140 \text{ nSv.h}^{-1}$ .

Les analyses des eaux de surface, prélevées dans un ruisseau en amont et en aval du site, ont donné des résultats, pour les concentrations en uranium et radium 226, comparables à celles usuellement observées dans des eaux de surface non influencées par des activités minières et dans des contextes géologiques similaires.



*Figure 6 : Mesures radiométriques sur le site de La Casine*

#### Recommandations et proposition d'action :

Du point de de l'aléa minier, seul l'aléa au niveau du puits a été retenu, pour les travaux souterrain il a été considéré comme nul. La mise en sécurité du puits par remblayage est donc recommandée.

Pour les aspects radiologiques il est recommandé d'informer le propriétaire et le maire de la commune en vue de la conservation de la mémoire (inscription à l'urbanisme) et du classement de la parcelle en zone non constructible. Il s'agit de s'assurer de l'absence d'utilisation des matériaux pour d'autres usages, sur d'autres parcelles, et interdire les constructions sur la parcelle impactée.

La réalisation de travaux de sécurisation du puits représente une opportunité pour abaisser significativement les niveaux d'exposition radiologique constatés, en utilisant les matériaux de la parcelle à l'origine des anomalies radiologiques.

## **5. Conclusion**

La Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du MEDDTL a sollicité GEODERIS, l'IRSN, le BRGM et l'Andra pour qu'ils examinent conjointement le niveau de mise en sécurité des mines d'uranium orphelines dont elle fournissait la liste, et qu'ils fassent des propositions d'actions de mise en sécurité proportionnées aux enjeux identifiés. En réponse à cette demande, les quatre organismes ont défini un plan d'action en 3 étapes. Ce plan a permis de recenser et synthétiser les informations disponibles pour ces différents sites miniers, d'établir un diagnostic pour les aléas miniers et l'exposition radiologique et de proposer une hiérarchisation des opérations de mise en sécurité, tenant compte des enjeux observés in situ, lorsqu'elles se sont avérées nécessaires.

En octobre 2010, lors d'une réunion de présentation de l'étude, la DGPR et les DREAL concernées ont retenus 7 sites prioritaires pour des actions de mise en sécurité. Les opérations ont été engagées dès 2011 et devraient se poursuivre en 2012.