

Antenne SUD
40 Rue Pinville
CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2
Tél : +33 (0)4 11 75 72 53

**Concession de houille
de Sainte-Foy-l'Argentière (69)
Mise à jour des aléas miniers
Communes de Sainte-Foy-l'Argentière,
Saint-Genis-l'Argentière, Souzy, Aveize et Meys**

2019/012DE – 19RHA22050

Date : 30/07/2019




**Concession de houille
de Sainte-Foy-l'Argentière (69)
Mise à jour des aléas miniers
Communes de Sainte-Foy-l'Argentière,
Saint-Genis-l'Argentière, Souzy, Aveize et Meys**

2019/012DE – 19RHA22050

Diffusion :

Pôle Après-mine SUD
DREAL Auvergne-Rhône-Alpes
GEODERIS

CHOQUET Philippe
CHRISTOPHE Carole
HADADOU Rafik
LEFEBVRE Olivier
SCHULLER Laetitia

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	L. SCHULLER	O. LEFEBVRE	R. HADADOU
Visa			

SOMMAIRE

1	Objet et contexte	3
2	Rappel des résultats de l'étude des aléas.....	4
3	Résultats des investigations	4
	3.1.1 Caractéristiques des travaux miniers.....	6
	3.1.2 Localisation des travaux miniers	8
	3.1.3 Caractéristiques des terrains de recouvrement	9
4	Réévaluation de l'aléa effondrement localisé.....	9
	4.1 Méthodologie de caractérisation de l'aléa	9
	4.2 Réévaluation de la prédisposition au phénomène d'effondrement localisé.....	10
	4.3 Réévaluation de l'intensité prévisible du phénomène d'effondrement localisé.....	12
	4.4 Réévaluation de l'aléa effondrement localisé	13
5	Réévaluation de l'aléa tassement	17
6	Réévaluation de l'aléa émission de gaz de mine	19
7	Mise à jour de la cartographie de l'aléa.....	19
8	Bibliographie.....	20
9	Liste des annexes.....	20

Mots clés : Sainte-Foy-l'Argentière ; Saint-Genis-l'Argentière ; Souzy ; Aveize ; Meys ; houille ; aléa ; mouvements de terrain ; effondrement localisé ; tassement ; gaz de mine ; mise à jour ; forages

1 OBJET ET CONTEXTE

En 2006, GEODERIS a réalisé l'étude des aléas sur l'ancienne concession minière pour houille de Sainte-Foy-l'Argentière [1]. Plusieurs types de phénomènes « mouvements de terrain » ont été retenus : effondrement localisé, tassement, glissement et écoulement rocheux, ainsi qu'un aléa émission de gaz de mine.

Dans le cadre du programme national de gestion du risque lié aux zones d'aléa effondrement localisé, les sites concernés ont fait l'objet d'un inventaire des enjeux en 2012 (rapport GEODERIS N2012/026DE – 12NAT2310). Ce classement a identifié le site de Sainte-Foy-l'Argentière comme devant faire l'objet d'une étude détaillée des risques (EDR) pour trois secteurs situés sur les communes de Sainte-Foy-l'Argentière et Souzy.

Cette étude de risque a été menée en 2018 [2]. Dans ce cadre, GEODERIS a procédé à des travaux de reconnaissance par forages en zone d'aléa effondrement localisé de niveau moyen à proximité des habitations (Figure 1).

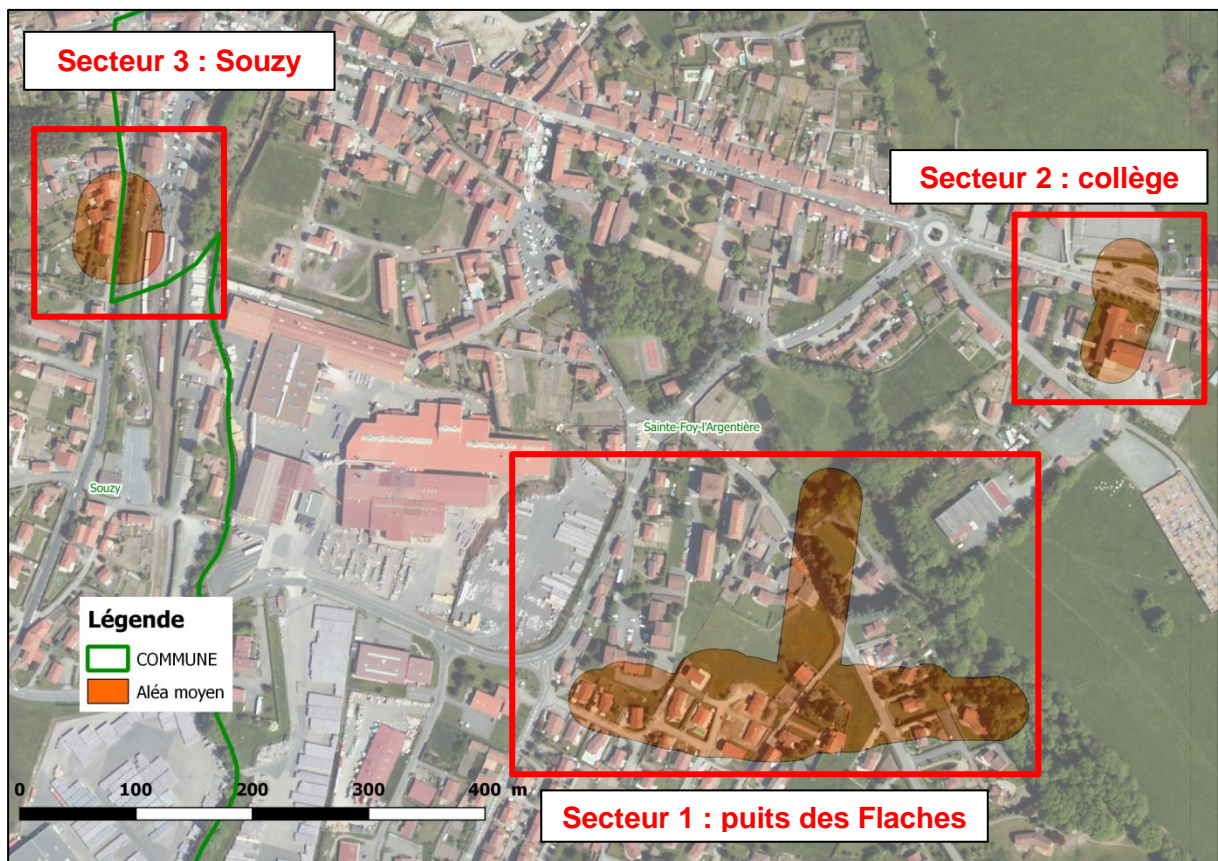


Figure 1 : Localisation des trois secteurs concernés

L'objectif du présent rapport est d'exposer de manière concise les résultats de ces investigations et leurs conséquences en termes de modification des aléas. Rappelons que l'objectif de ces reconnaissances est la gestion du risque. L'aléa a été modifié localement compte tenu des éléments nouveaux apportés par ces reconnaissances. Elles ont permis, en particulier, de préciser l'incertitude de localisation des travaux miniers, les dimensions des galeries et les caractéristiques de la couverture géologique. Les cartes d'aléas modifiées sont présentées en annexe de ce rapport (cf. Annexes 1 et 2).

Cette étude intègre également la commune de Meys pour l'étude ponctuelle du puits de Meys.

2 RAPPEL DES RESULTATS DE L'ETUDE DES ALEAS

Les cartes d'aléas « mouvements de terrain » des quatre communes du site minier de Sainte-Foy-l'Argentière, établies en 2006 [1], ont notamment mis en évidence l'existence de zones d'aléa effondrement localisé avec des niveaux évalués comme étant localement de niveau moyen, notamment sur des secteurs urbanisés.

Il a été retenu, dans l'évaluation de l'aléa, des niveaux de prédisposition sensibles et d'intensité modérée à l'aplomb des zones exploitées et des galeries isolées situées à moins de 30 m de profondeur (une incertitude de localisation de 25 à 55 m a été appliquée autour des tronçons de galerie considérés, en fonction de la qualité des informations utilisées pour leur positionnement).

Ce niveau est expliqué par l'exploitation artisanale ou industrielle à faible profondeur (< 30 m), principalement de la couche dite « couche n°3 » d'une puissance moyenne variant de 2 à 3 m, mais aussi d'une partie de la « couche n°1 » d'une puissance moindre d'environ 1 m. Les premières exploitations ont dû être menées de manière anarchique en abandonnant certains piliers, les travaux étant remblayés au moins partiellement. Dans les secteurs qui nous intéressent, l'essentiel des travaux miniers a été réalisé par des méthodes d'exploitation dites totales. La présence de vides résiduels significatifs ne peut être liée qu'à des galeries d'infrastructure ou de traçage, espacées entre elles de 10 à 15 m et probablement non remblayées.

Les niveaux d'aléa tiennent également compte du fait que les travaux miniers s'inscrivent dans le complexe argilo-schisto-gréseux avec veines de houille caractéristique des formations carbonifères du Massif Central et dont les caractéristiques mécaniques n'offrent pas une bonne tenue des terrains. De plus, en surface, ces formations peuvent être localement recouvertes sur plusieurs mètres d'épaisseur par des terrains peu cohérents.

3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Les objectifs des reconnaissances par forages ont été multiples :

- rechercher des travaux miniers connus sur plans pour les caractériser (localisation, profondeur, dimensions, état, remblayés ou vides...). Cela concerne les travaux d'exploitation et/ou les galeries à l'origine de l'aléa effondrement localisé défini sur les bâtiments d'habitation ;
- réduire l'incertitude de calage des travaux miniers par rapport à la surface dans les secteurs à enjeux ;
- apprécier la nature et la qualité géomécanique des terrains de recouvrement de ces exploitations minières.

Les travaux de reconnaissance ont été réalisés par forages depuis la surface en août et septembre 2018. L'analyse des résultats a été menée la même année [2]. Onze forages destructifs représentant 313 mètres linéaires ont été réalisés (Figure 4 et Figure 5).

Sur les figures suivantes, nous avons reporté les plans des travaux recalés à partir des résultats des reconnaissances complémentaires.

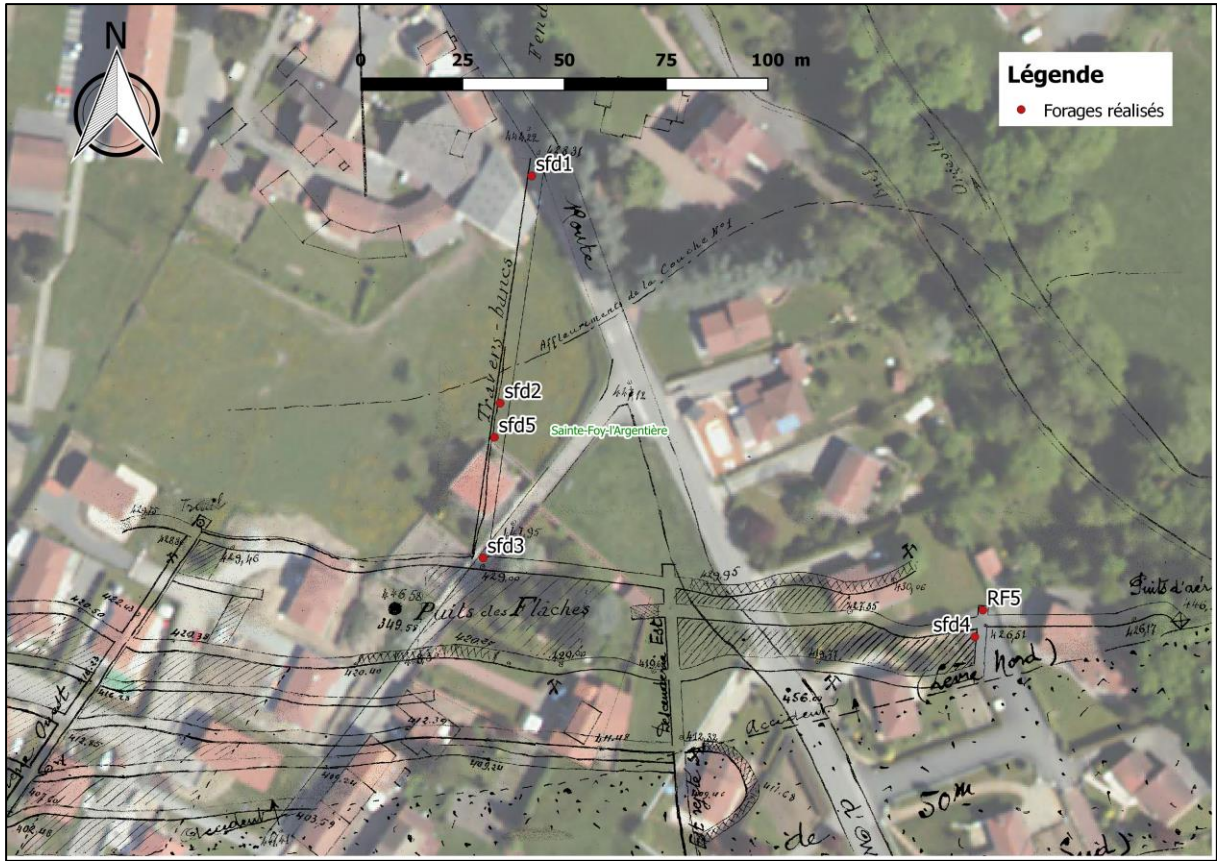


Figure 2 : Implantation des forages réalisés dans le secteur du puits des Flaches

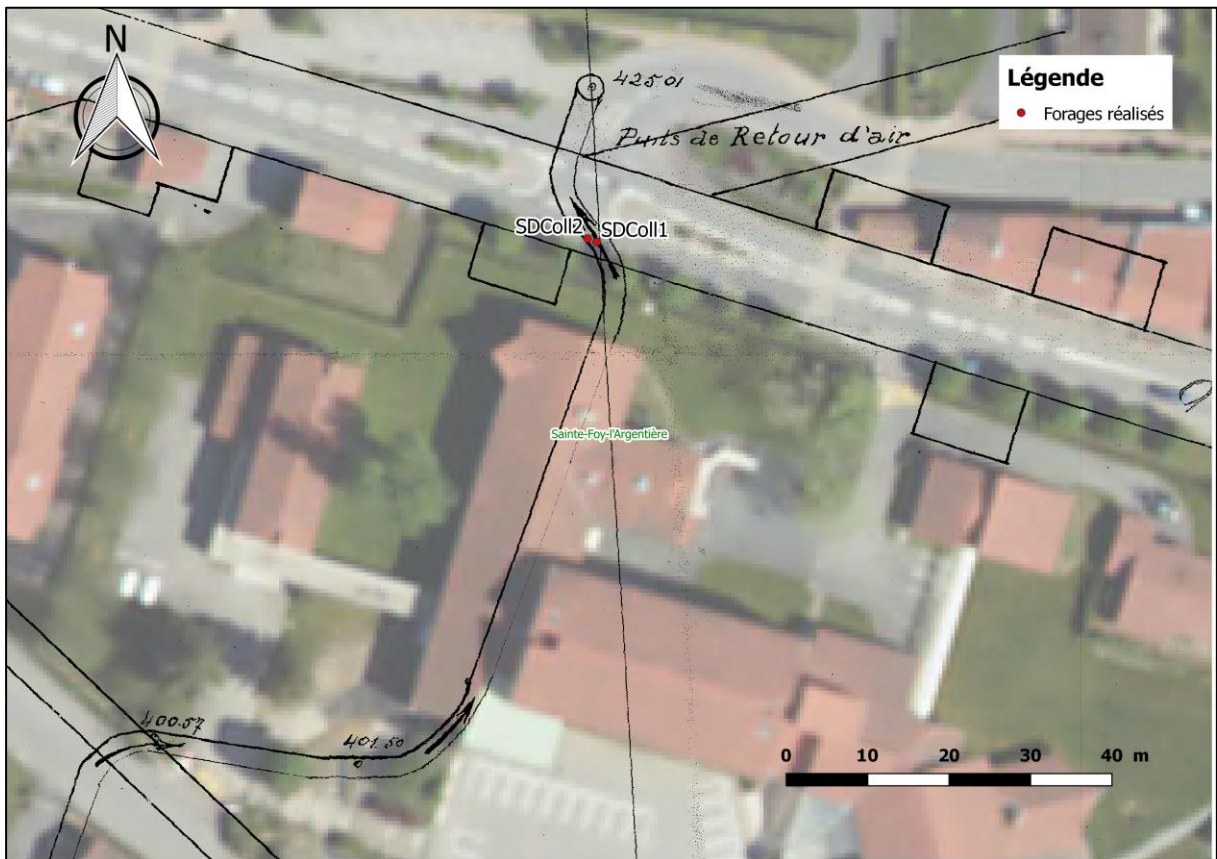


Figure 3 : Implantation des forages réalisés dans le secteur du collège

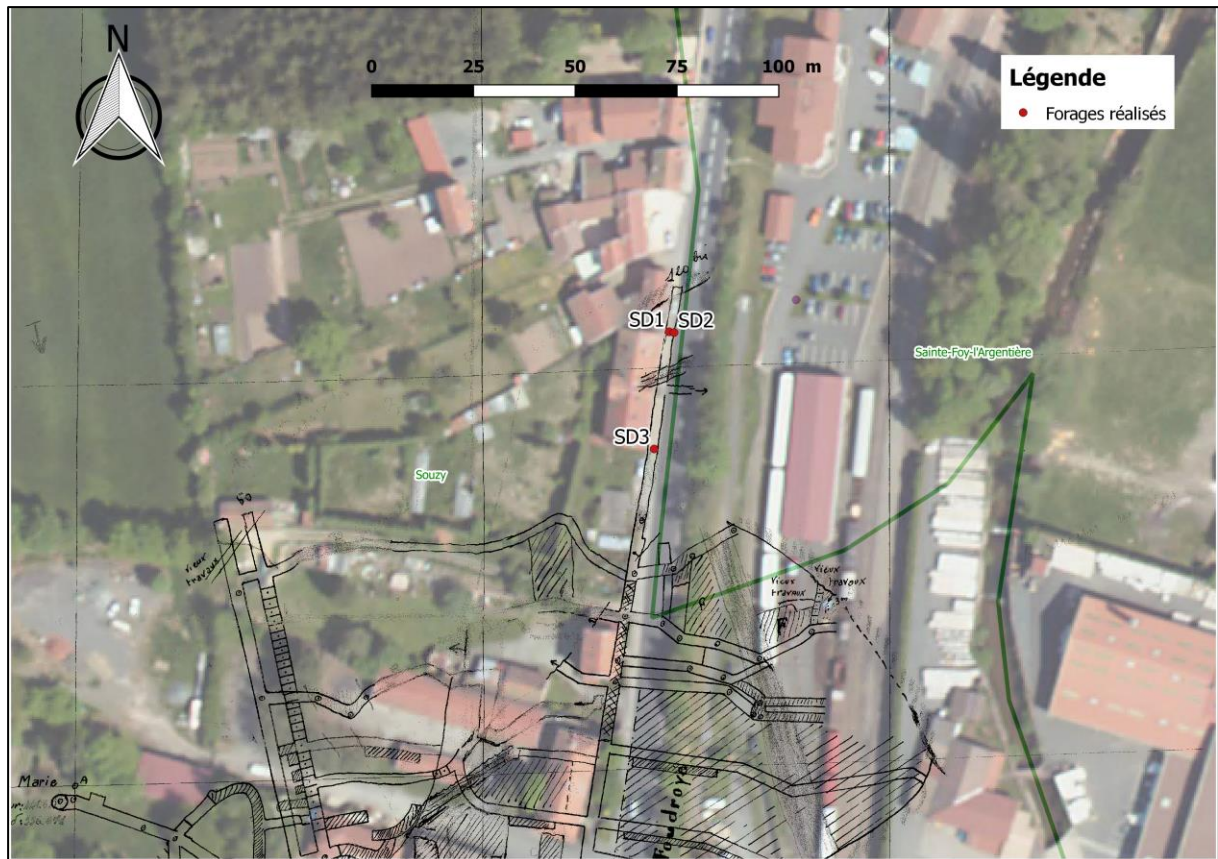


Figure 4 : Implantation des forages réalisés dans le secteur de Souzy

3.1.1 Caractéristiques des travaux miniers

Les travaux miniers ont été recoupés par les forages dans les secteurs du puits des Flaches et du collège à Sainte-Foy-l'Argentière. Ils n'ont pas été atteints à moins de 35 m de profondeur sur la commune de Souzy.

Les différentes observations ont permis de montrer que :

- le travers-banc menant aux travaux de la Petite-Couche (également nommé descenderie de la Petite-Couche dans l'étude des aléas (EDA)) est vide et présente de nombreux indices d'instabilité. Il a été recoupé en quatre points (sondages SFD1, SFD2, SFD3 et SFD5 (Figure 5)) pour une profondeur du mur de la galerie comprise entre 16,4 m et 18,95 m ;

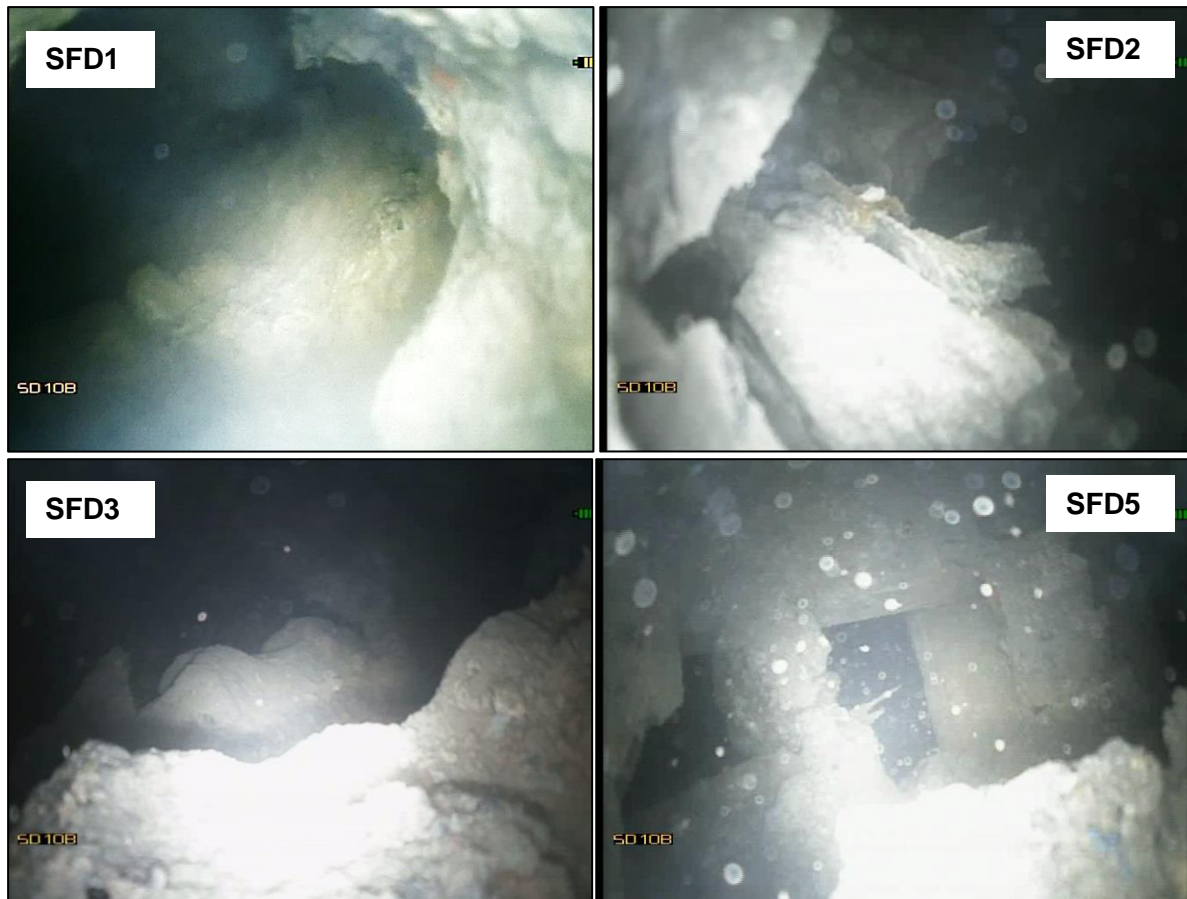


Figure 5 : Photos issues de l'auscultation par caméra vidéo du travers-banc au droit des quatre forages concernés

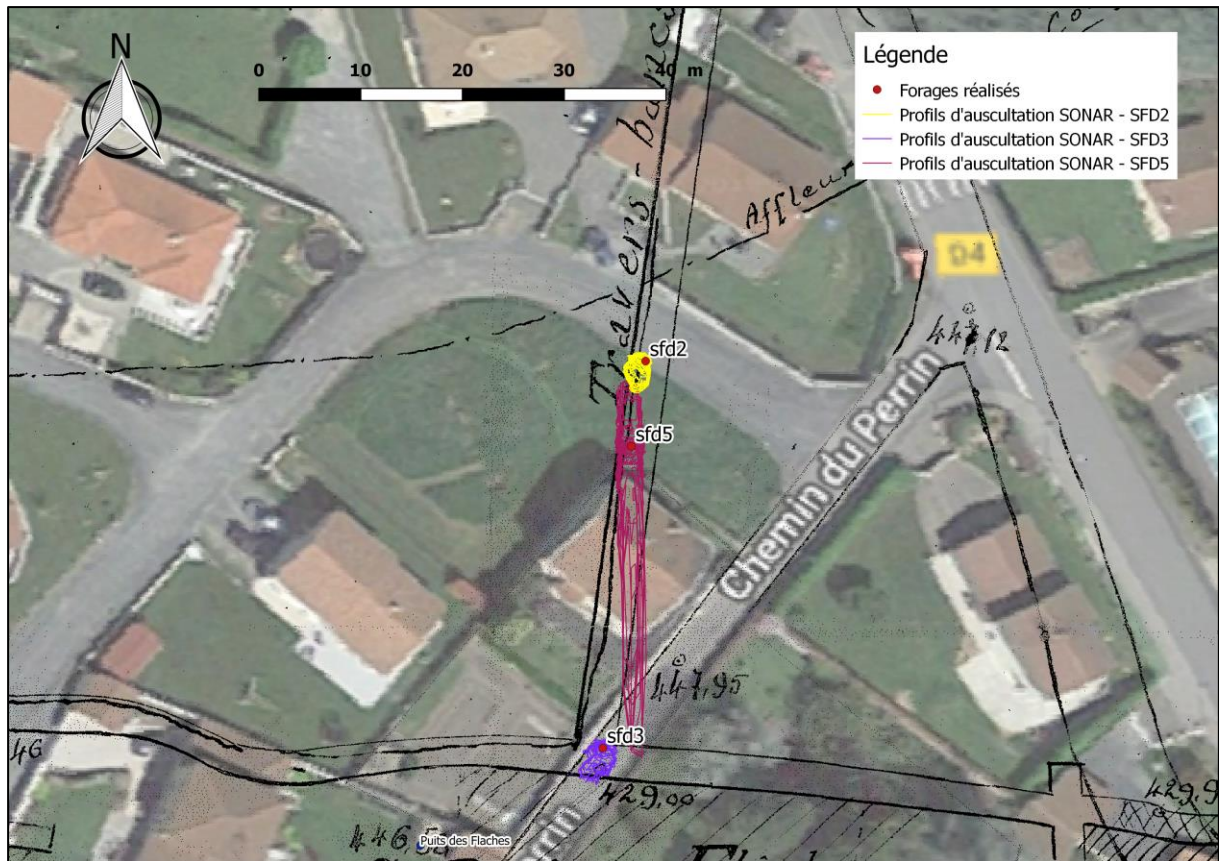


Figure 6 : Tracé des profils obtenus à partir de l'auscultation sonar par le biais des forages SFD2, SFD3 et SFD5¹ avec en noir le report du plan minier recalé (fond issu de Google Maps©)

- les travaux dans l'ouest du secteur du puits des Flaches (au niveau de l'impasse Le Thiers, au niveau des sondages RF5 et SFD4) sont remblayés ou dépilés. Dans ce secteur, et malgré les multiples relances de demandes d'autorisation d'accès au propriétaire des parcelles privées n°762a et 762b, il n'a pas été possible de réaliser des reconnaissances de la galerie menant au puits d'aéragé. Cette galerie étant isolée, comme le travers-banc de la Petite-Couche, elle sera donc considérée comme vide et de mêmes caractéristiques que ce dernier ;
- la galerie reliant le puits de retour d'air aux travaux dans le secteur du collège est remblayée (sondages SdColl1 et SdColl2) ; elle a été recoupée entre 23,8 m (toit) et 25,3 m de profondeur ;
- la galerie isolée recherchée dans le secteur de Souzy n'a pas été retrouvée à moins de 35 m de profondeur malgré trois tentatives.

3.1.2 Localisation des travaux miniers

Le repositionnement des plans miniers en fonction des résultats des forages confirment leur localisation. Les forages ont été levés par des géomètres avec une précision décimétrique. Toutefois, afin de tenir compte du décalage possible des forages par rapport à l'axe de la galerie (forage décentré), cette incertitude peut être augmentée à 1 m. Elle remplace donc les incertitudes de 20 à 30 m attribuées aux calages des plans lors de l'EDA [2]. Toutefois,

¹ L'orientation du profil de la galerie obtenue à partir du forage SFD5 diffère légèrement du tracé de cette dernière sur le plan minier en raison de l'imprécision de la boussole de l'appareil de mesure. L'orientation de la galerie est corroborée avec l'alignement des forages SFD1, SFD2, SFD3 et SFD5 ayant tous les quatre rencontré la galerie.

aux extrémités des plans, cette incertitude peut être augmentée à 5 m en tenant compte des déformations liées au calage des plans.

3.1.3 Caractéristiques des terrains de recouvrement

L'épaisseur des terrains déconsolidés peut également être revue en fonction des résultats des forages par le biais de l'analyse des cuttings et des paramètres d'avancement. Rappelons que cette épaisseur avait été estimée à 5 m dans l'EDA [2].

À partir de cette analyse, il apparaît que les épaisseurs sont variables en fonction des secteurs. Les épaisseurs des terrains non cohésifs de surface sont égales à :

- 3 m pour le secteur du puits des Flaches ;
- 2 m pour le secteur du collège ;
- 3 m pour le secteur de Souzy.

Pour les secteurs non investigués par forages ou les terrains se trouvant trop éloignés des forages, cette épaisseur de terrains non cohésifs de surface reste égale aux 5 m estimés dans l'EDA de 2006 en l'absence d'élément nouveau.

Les terrains de recouvrement mis en évidence par les forages [2] sont conformes à la géologie attendue dans le secteur et correspondent au complexe argilo-schisto-gréseux avec veines de houille caractéristique des formations carbonifères du Massif Central. Ils présentent toutefois une mauvaise tenue avec de nombreuses instabilités observées au niveau du toit du travers-banc de la Petite-Couche.

4 REEVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE

4.1 Méthodologie de caractérisation de l'aléa

Une nouvelle version du guide méthodologique d'évaluation des aléas miniers [3] a été éditée en 2018 en mise à jour du guide méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers datant de 2006 et sur lequel reposait l'EDA [4].

L'objectif de cette nouvelle version du guide est d'actualiser les méthodes d'évaluation des aléas en tenant compte du retour d'expérience acquis depuis la rédaction de la précédente version du guide datant de 2006.

À ce titre, l'évaluation de l'aléa effondrement localisé a été sensiblement modifiée, avec en particulier la prise en compte d'un diamètre limite de 5 m entre les classes d'intensité limitée et modérée au lieu de 3 m dans l'ancienne version du guide. Les classes d'intensité sont à présent définies comme suit :

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement
Très limitée	Effondrement auto-remblayé à proximité immédiate de la surface (profondeur centimétrique)
Limitée	$\varnothing < 5 \text{ m}$
Modérée	$5 \text{ m} < \varnothing < 10 \text{ m}$
Elevée	$\varnothing > 10 \text{ m}$

Tableau 1 : Effondrement localisé - Nouvelles classes d'intensité

Ainsi, la révision de l'aléa effondrement localisé s'étend, au-delà des zones investiguées, à toutes les zones d'aléa de ce type définies lors de l'EDA [2].

4.2 Réévaluation de la prédisposition au phénomène d’effondrement localisé

L'évaluation de la prédisposition à l'apparition d'un effondrement localisé dépend de trois classes de paramètres [3] :

- la présence de phénomènes analogues sur le site ou dans des configurations (géologie, conditions d'exploitation...) identiques ou proches ;
- des paramètres liés à la prédisposition à la rupture de l'ouvrage souterrain : il s'agit principalement de la largeur de la galerie ou de la chambre et de la nature des premiers bancs du toit (épaisseur, résistance, fracturation) ;
- des paramètres liés à la prédisposition à la remontée de l'instabilité jusqu'en surface : on retrouve ici la nature et l'épaisseur des bancs du recouvrement qui détermineront le coefficient de foisonnement ou la formation d'une voûte stable.

Sur l'emprise de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière, quatre désordres de type « effondrement localisé » ont été recensés (Tableau 2) :

ID désordre	Type désordre	Nom	Dimensions	Commentaire
69DM0006	Effondrement localisé	Effondrement de la gare Sainte-Foy	Ø= 10 m, 1,5 m de profondeur	Impact sur les voies ferrées et la route de Montbrison
69DM0007	Effondrement localisé	Fontis du pré de Saint-Genis-l'Argentière	NC	Perturbation réduite
69DM0008	Effondrement localisé	Fontis du Boulevard du 19 mars	NC	Perturbation réduite, remblayé
69DM0009	Effondrement localisé	Fontis des Ecoles de Sainte-Foy	NC	Perturbation réduite

Tableau 2 : Récapitulatif des désordres de type « effondrement localisé » recensés sur l'emprise de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière [1]

Les dimensions ne sont pas connues dans tous les cas, mais ces désordres sont de faible ampleur causant des perturbations réduites, excepté pour le cas de l'effondrement de la gare de Sainte-Foy. Toutefois, au vu de ses dimensions larges par rapport aux plans d'exploitation connus et de la divergence des différents témoignages, cet effondrement n'est pas considéré comme représentatif des événements attendus sur la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.

Les zones de travaux du secteur du puits des Flaches sont remblayées (ou défilées). Toutefois, la présence de vides de taille réduite ne peut être totalement écartée. Seules les galeries de service sont considérées comme vides. Leurs caractéristiques sont assimilées à celles du travers-banc de la Petite-Couche. Rappelons que de nombreuses traces d'instabilité ont été observées dans ce travers-banc avec plusieurs cloches de fontis, dont une à un stade avancé située au droit du forage SDF2, où les matériaux obstruent complètement la galerie et dont le toit est situé à 10,4 m de profondeur (pour une profondeur initiale du mur de l'ouvrage de 16,4 m). Ces observations témoignent de la mauvaise tenue des terrains de recouvrement au toit de la galerie.

Pour déterminer la hauteur limite de remontée du phénomène d'effondrement localisé induit par la rupture du toit de ces galeries, un calcul volumétrique² de remontée de cloche de fontis a été appliqué ici (Tableau 3).

² D'après C. DIDIER et R. SALMON. Evaluation du risque d'apparition d'un fontis en surface. INERIS, JNGG, 2004.

Le modèle de calcul utilisé prend en compte les paramètres suivants :

- caractéristiques géométriques des galeries de service (hauteur de 2 m et largeur de 3 m). D'expérience, un rayon de fontis égal à 80% ou 100% du rayon de la galerie ;
- angle de talus naturel (pente à l'équilibre des matériaux éboulés) : 45° ;
- coefficient de foisonnement des matériaux (capacité/aptitude à augmenter le volume après remaniement) : 1,30 à 1,50, valeurs représentatives des argiles, grès et schistes des terrains de recouvrement, d'après le GTR³.

Dimension vides résiduels (H _{res} , E _{res} et L _{res})		Rayon de la cheminée au toit de la voie de tête (r en m)		Angle talus naturel (°)	Coef. foisonnement	Hauteur remontée de voûte h _{r(m)}
L	H					
3	2	100%	1,5	45	1,3	13,2
3	2	80%	1,2	45	1,3	17,5
3	2	100%	1,5	45	1,4	9,9
3	2	80%	1,2	45	1,4	13,2
3	2	100%	1,5	45	1,5	7,9
3	2	80%	1,2	45	1,5	10,5

Tableau 3 : Simulation des hauteurs de remontée de fontis liée aux galeries

D'après le Tableau 3, les hauteurs moyennes de remontée de fontis sont comprises entre 10,3 m pour un rayon de 100% du rayon de la galerie et de 13,7 m pour un rayon de 80% du rayon de la galerie. À ces valeurs s'ajoutent les hauteurs de terrains non cohésifs de surface. Elles sont donc de :

- 13,3 m (100%) / 16,7 m (80%) pour le secteur du puits des Flaches ;
- 12,3 m (100%) / 15,7 m (80%) pour le secteur du collège ;
- 13,3 m (100%) / 16,7 m (80%) pour le secteur de Souzy.

Pour des profondeurs de galeries dépassant ces valeurs, il y a absence de remontée du fontis en surface par autocomblement des vides en profondeur.

Des simulations peuvent être faites en faisant varier les différents paramètres afin de mieux visualiser l'ordre de grandeur des remontées de fontis (Figure 7). On y voit que les hauteurs moyennes de remontée de fontis se situent bien entre 4 m et 13 m, soit entre 7 m et 16 m en intégrant les 3 m de terrains non cohésifs de surface.

³ Guide des Terrassements Routiers. LCPC - SETRA, 2000.

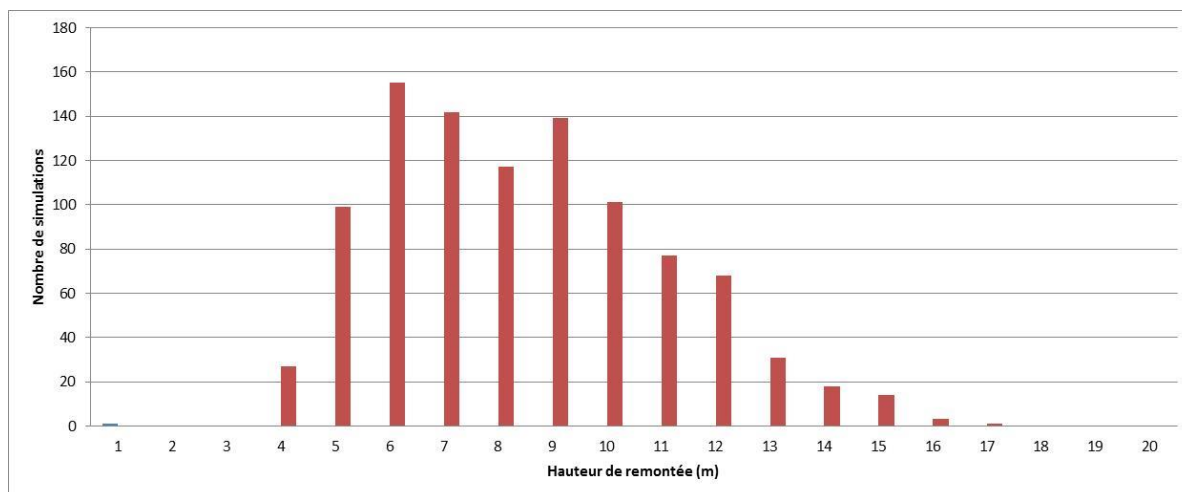


Figure 7 : Répartition des simulations de hauteur de remontée de fontis (sur 1000 simulations)

Par conséquent, nous retenons, par approche sécuritaire et pour intégrer la présence potentielle locale de vides plus conséquents (au croisement de galeries par exemple), une prédisposition :

- **très sensible** sur les galeries vides à moins de 20 m ;
- **sensible** sur les travaux à moins de 20 m remblayés mais où des vides résiduels peuvent subsister localement ;
- **nulle** sur les travaux à plus de 20 m de profondeur.

4.3 Réévaluation de l'intensité prévisible du phénomène d'effondrement localisé

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir des dimensions du cratère susceptible d'apparaître au jour. La dimension de la section du fontis est directement liée à la largeur de la galerie, et à la nature et à la qualité des matériaux de surface. L'intensité du phénomène est basée à la fois sur une approche empirique mais aussi sur la rétroanalyse des phénomènes passés.

Pour rappel, les trois-quarts des effondrements localisés sont d'ampleur réduite (sans dimensions connues).

Le rayon de la remontée de la cloche de fontis est calculé d'après la formule suivante [3] :

$$R = R_{cloche} + h_c \times \cot \alpha$$

avec :

- R_{cloche} : le rayon de la cloche de fontis ;
- h_c : l'épaisseur de terrains peu cohésifs ;
- α : l'angle de talus naturel (les terrains peu cohésifs de surface étant constitués principalement de roche magmatique fracturée, un angle de 45° a été retenu).

Le rayon de la cloche de fontis est compris entre 1,2 m et 1,5 m, couplé à une épaisseur de terrains peu cohésifs de 2 à 3 m en fonction des secteurs (cf. Paragraphe 3.1.3), conduit à estimer un cratère potentiel de rayon maximal centré sur l'axe de la galerie compris entre :

- 4,2 m et 4,5 m pour les secteurs du puits des Flaches et de Souzy ;
- 3,2 m et 3,5 m pour le secteur du collège.

Ceci conduit à des diamètres maximaux supérieurs à 5 m mais, dans les faits, à la rupture et, hors cas particulier, la marge d'influence s'étend rarement au-delà de 1 m de part et d'autre de la galerie, ce qui nous conduit à définir une intensité **limitée** des effondrements localisés potentiels (diamètre inférieur à 5 m, d'après le guide [3]). Le diamètre maximal est atteint lentement après la survenue du désordre, par stabilisation des parois.

4.4 Réévaluation de l'aléa effondrement localisé

La caractérisation de l'aléa lié aux effondrements localisés sur galeries et travaux repose sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec la prédisposition d'une configuration donnée à ce que ce type de phénomène se produise.

De manière générale, les niveaux retenus sont les suivants :

- **moyen** sur les galeries vides à moins de 20 m ;
- **faible** sur les travaux à moins de 20 m remblayés mais où des vides résiduels peuvent subsister localement ;
- **nul** au-delà de 20 m.

Modification de l'aléa sur les zones de travaux

L'aléa est maintenu au droit des travaux situés à moins de 20 m de profondeur dans le secteur des travaux de la Petite-Couche (puits des Flaches). Le rayon de l'aléa sur ce secteur intègre l'emprise de l'ouvrage, la marge d'influence de 3 m et 1 m d'incertitude de localisation. Il est supprimé pour les travaux plus profonds.

Les travaux des puits B et puits Marie se trouvent à plus de 20 m de profondeur ; l'aléa y est donc également supprimé.

Les travaux du secteur du collège se situent à plus de 20 m de profondeur ; l'aléa y est donc supprimé.

Compte tenu de la profondeur des puits (puits des Charpennes ~45 m et puits de la Pompe = 87 m) et des éléments apportés par la campagne de forages, qui a confirmé les profondeurs des travaux miniers, l'aléa de niveau faible lié aux travaux du puits des Charpennes est ainsi supprimé en raison de leur profondeur minimale supérieure à 30 m en fonction de la structure du bassin [1].

Modification de l'aléa sur les puits

L'aléa lié au débouillage possible du puits B est maintenu à un niveau faible. Ce puits, qui a fait l'objet d'un repositionnement dans le cadre des investigations complémentaires, présente un diamètre de 2 m et une profondeur de 60 m. Il servait à l'aéragage et est supposé remblayé. En cas de débouillage de ce puits, un cratère de rayon égal à 7 m intégrant 1 m de rayon de l'ouvrage, 1 m d'incertitude de localisation (ouvrage positionné par les géomètres) et 5 m de marge d'influence⁴ est attribué à cet ouvrage. Ce rayon confère au phénomène attendu une intensité modérée. En l'absence d'élément nouveau sur les caractéristiques de l'ouvrage, la prédisposition est peu sensible, ce qui correspond à la prédisposition faible attribuée lors de l'EDA. L'aléa sur ce puits est donc de niveau faible et de 7 m de rayon.

L'aléa de niveau faible attribué initialement au puits des Charpennes et au puits de la Pompe est maintenu. Leur position a pu être reprécisée en fonction du recalage des plans miniers. L'incertitude de localisation reste toutefois importante et est estimée à 20 m pour les deux

⁴ Au vu de l'éloignement du puits avec le secteur des forages, la marge d'influence initialement attribuée dans l'EDA est retenue pour ce puits et tout ce qui se trouvent dans la même configuration.

puits. Cette dernière est liée à l'absence de points de calage dans le secteur et au mauvais chevauchement des deux plans de mine disponibles sur ce secteur. La marge d'influence est de 5 m. Le rayon des puits peut être intégré à l'incertitude de localisation. Le rayon d'aléa de niveau faible est donc de 25 m.

Pour le puits d'aéragage de la Descenderie et le puits Perrin, le calage du plan étant centré sur le travers-banc de la Petite-Couche, l'incertitude est estimée à 5 m en tenant compte des déformations aux extrémités des plans liées au calage de ces derniers. Un nouveau rayon de 9 m est conservé sur le puits d'aéragage de la Descenderie, intégrant 1 m pour le rayon de l'ouvrage, 5 m d'incertitude de localisation et 3 m de marge d'influence. Pour le puits Perrin, le diamètre n'est pas connu mais sera assimilé au puits de l'Argentière qui a été retrouvé et qui possède un diamètre de 3 m. La marge d'influence est prise égale à 5 m au vu de l'éloignement du puits Perrin avec les secteurs des forages. D'après les critères d'intensité et de prédisposition évalués dans l'EDA, le niveau d'aléa est faible et le rayon est réévalué à 11,5 m.

Le puits d'aéragage du puits Neuf, comme tous les puits d'aéragage de la concession, a un diamètre supposé de 2 m. Son incertitude est réévaluée à 1 m correspondant à la précision du calage du plan minier dans ce secteur. La marge d'influence est de 2 m d'après la hauteur des terrains non cohérents de surface rencontrés dans les forages SDColl1 et SDColl2. Le rayon d'aléa de niveau faible attribué à ce puits est donc de 4 m.

Des travaux de mise en sécurité ont été réalisés en mai 2009 par le BRGM-DPSM [5] en se basant sur les recommandations de l'INERIS [6][7]. Les puits concernés par ces travaux sont les suivants :

- puits Neuf, puits Marie, puits Fenoyl et puits de Meys : ces quatre puits ont été fermés par la pose d'un bouchon autoportant surmonté d'une colonne de remblai. Les hauteurs ont été adaptées en fonction des résultats de sondages pressiométriques permettant de délimiter la profondeur des terrains compétents sur lesquels peuvent reposer le bouchon [5]. Ces sondages ont permis de diminuer la profondeur du bouchon estimée initialement par l'INERIS ;
- puits de l'Argentière : fermé par une dalle en béton armé de 50 cm d'épaisseur et d'une surface de 36 m² (6 m x 6 m) ;
- le puits Pierre ayant fait l'objet d'une mise en sécurité en 1992 et appuyé par une étude géotechnique effectuée par le cabinet GEO SIGMA, il a été décidé, en accord avec la DREAL, qu'il ne nécessitait pas de travaux de confortement complémentaires [5].

Lors de la mise à jour des aléas miniers suite aux travaux de mise en sécurité des puits [7], un aléa de niveau faible avait été maintenu au droit des puits Neuf, Marie, Fenoyl et de Meys. Cet aléa devait tenir compte d'une éventuelle rupture des terrains en cas de report de la contrainte à la base du bouchon. Ce phénomène, favorisé par la plasticité des argiles des terrains de recouvrement, entraînerait alors des désordres dans un rayon de 15 m autour de l'ouvrage. Il apparaît toutefois que ce rayon peut être raisonnablement réduit à 10 m en intégrant une marge d'influence de 5 m et une incertitude de localisation de 5 m (le rayon de l'ouvrage peut être intégré à cette incertitude). En effet, les sondages pressiométriques effectués en 2008 montrent que les formations rencontrées peuvent être associées à des argiles surconsolidées, dites argiles « raides » [8]. En cas de rupture du cuvelage, il pourra y avoir des circulations d'eau à l'extrados avec un départ de matériaux, mais la propagation du vide, et donc l'extension du désordre en surface, sera limitée par les propriétés des argiles au droit des puits Marie, Fenoyl et Neuf.

Le rayon de 10 m conféré aux trois puits précédents peut également être attribué au puits de l'Argentière, dont la dalle de 6 m x 6 m n'est pas suffisante pour assurer une mise en sécurité de l'ouvrage. Le rayon de l'effondrement localisé attendu au droit de cet ouvrage est de 6,5 m (rayon puits = 1,5 m + marge d'influence = 5 m). Il est donc supérieur à la surface de la dalle.

Les travaux de mise en sécurité de 1992 du puits Pierre n'ayant pas fait l'objet de confortement, l'aléa moyen y est maintenu en l'état.

Le Tableau 4 et la Figure 8 présentent les modifications apportées à l'aléa effondrement localisé :

	Incertitude de localisation	Intensité	Prédisposition	Niveau d'aléa	Rayon d'aléa
Puits B	1 m	Modérée	Peu sensible	Faible	7 m
Puits des Charpennes	20 m	Modérée	Peu sensible	Faible	25 m
Puits de la Pompe	20 m	Modérée	Peu sensible	Faible	25 m
Puits d'aérage de la Descenderie	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	9 m
Puits Perrin	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	11,5 m
Puits d'aérage du puits Neuf	1 m	Limitée	Peu sensible	Faible	4 m
Puits Neuf	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	10 m
Puits Marie	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	10 m
Puits Fenoyl	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	10 m
Puits de Meys	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	10 m
Puits de l'Argentière	5 m	Modérée	Peu sensible	Faible	10 m

Tableau 4 : Récapitulatif des modifications de zonage apportées aux puits

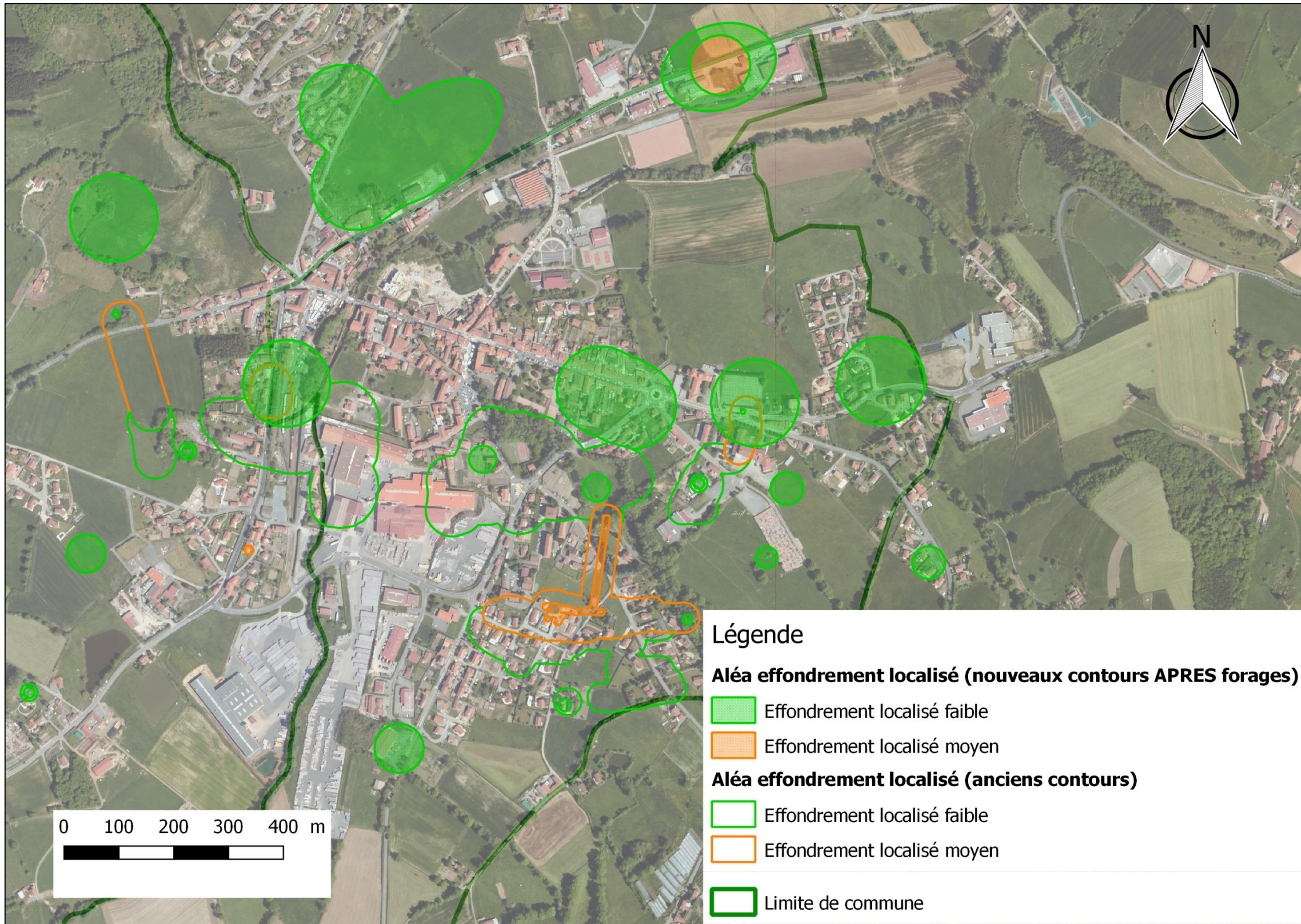


Figure 8 : Carte des aléas « effondrements localisés » avant et après modification suite à l'étude

5 REEVALUATION DE L'ALEA TASSEMENT

Tassement sur les secteurs de travaux avérés à moins de 50 m de profondeur

Sur les secteurs investigués du puits des Flaches et du puits Marie, les caractéristiques des travaux miniers et des terrains de recouvrement ont pu être précisées.

Les hauteurs de remontée du phénomène de tassement peuvent être déduites de la formule suivante [9] :

$$h = W / (K - 1)$$

avec :

- h : la hauteur susceptible de s'ébouler ;
- W : la hauteur de la cavité minière prise égale à 2 m ;
- K : le coefficient de foisonnement des terrains de recouvrement (entre 1,3 et 1,5).

On obtient une hauteur h de terrain susceptible de s'ébouler comprise entre 4 m (pour K = 1,5) et 6,7 m (pour K = 1,3). Au-delà de cette hauteur, les terrains ne sont plus impactés par le phénomène. Les travaux étant situés à des profondeurs supérieures (plus de 15 m pour le secteur du puits des Flaches et plus de 35 m pour celui du puits Marie), l'aléa tassement est supprimé au droit de ces secteurs.

L'aléa tassement est supprimé au droit des galeries de services du puits Neuf et du puits de retour d'air, ainsi qu'au droit du travers-banc reliant le puits B aux travaux du puits Marie et, de manière générale, sur toutes les galeries isolées.

En l'absence d'élément nouveau, l'aléa tassement est également conservé sur les zones d'affleurement connues et autour des désordres mis en évidence lors de l'EDA de 2006.

Tassement sur les dépôts miniers

L'aléa tassement est conservé sur l'emprise de la zone de dépôts en prenant une marge de 5 m intégrant les incertitudes de localisation.

En l'absence d'éléments nouveaux sur les autres secteurs, l'aléa tassement de niveau faible y est conservé.

La Figure 9 présente les résultats de la modification de l'aléa tassement.

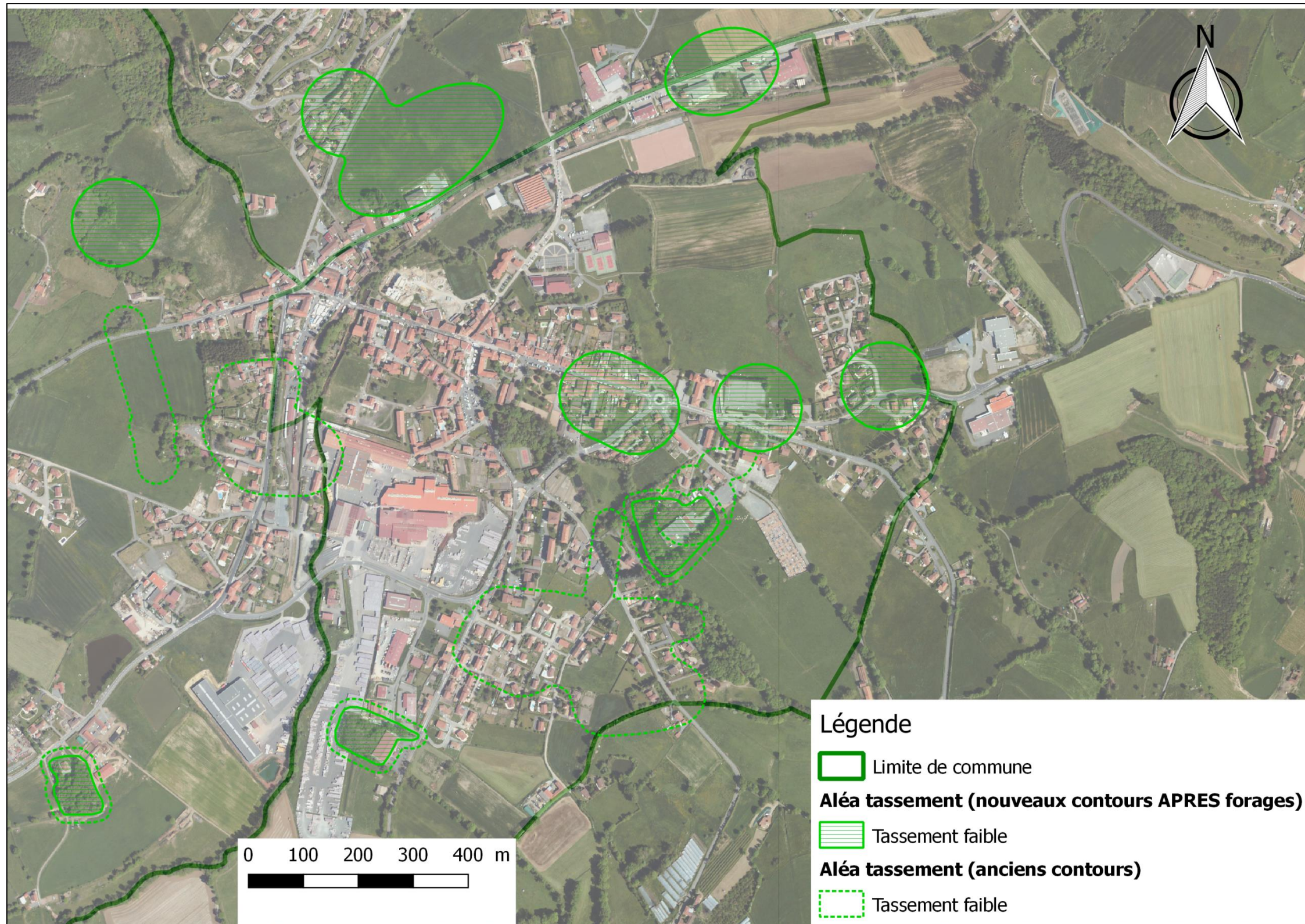


Figure 9 : Carte des aléas « tassements » avant et après modification suite à l'étude

6 REEVALUATION DE L'ALEA EMISSION DE GAZ DE MINE

Actuellement, pour retenir cet aléa, il est nécessaire de réunir trois éléments principaux :

- la présence d'un volume de vides résiduels suffisamment important pour constituer un réservoir ;
- la présence au sein des travaux d'un mélange dangereux ;
- une possibilité d'émission en surface en quantité significative.

Les forages ont montré que les travaux sont ennoyés dans leur totalité, ce qui signifie qu'il ne subsiste pas de réservoir gazeux potentiel non ennoyé. De plus, les archives indiquent que le gisement était peu grisouteux et aucun incident lié au gaz ne fut à déplorer. Par ailleurs, aucune émission notable de gaz n'a été mise en évidence lors de la réalisation des forages.

À la suite du réexamen du secteur, l'aléa émission de gaz de mine est supprimé sur l'ensemble de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.

À noter que, comme toute cavité souterraine, les travaux miniers sont toutefois susceptibles de contenir de l'air désoxygéné ou du dioxyde de carbone, qui peuvent présenter un risque par exemple en cas de pénétration dans les ouvrages souterrains. Le document GEODERIS 2019/189DE – 19NAT21010, relatif aux préconisations de gestion en zone à risque potentiel, comporte une synthèse des caractéristiques des différents gaz liés à la mine et leur dangerosité en fonction des teneurs observées.

7 MISE A JOUR DE LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

Au vu des résultats des investigations et de l'application de la nouvelle méthodologie d'évaluation des aléas miniers, le zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux travaux souterrains est redéfini comme suit :

- l'incertitude de localisation attribuée au calage des plans miniers d'époque est réduite à 1 m dans les secteurs investigués au lieu de 20 à 30 m lors de l'étude des aléas ;
- l'intensité de l'aléa effondrement localisé est considérée comme limitée (diamètre du fontis à la rupture inférieur à 5 m) ;
- l'épaisseur des terrains non foisonnants a été adaptée en fonction des résultats des reconnaissances (2 à 3 m au lieu de 5 m) pour les zones investiguées.

Par ailleurs, l'emprise de l'aléa effondrement localisé lié aux puits et aux travaux miniers a été mise à jour au regard de l'évolution des méthodes d'évaluation des aléas miniers [3] et des travaux de mise en sécurité de certains puits. De plus, les incertitudes de localisation de certains puits et travaux ont également été affinées en fonction du recalage des plans miniers suite à la campagne de forages et aux levés géométriques.

L'aléa tassement a également été révisé au droit des zones de travaux investiguées. Les incertitudes de localisation ont été réduites pour les zones de travaux concernées par la campagne de forages et l'aléa a été supprimé au droit des galeries isolées.

L'aléa tassement sur dépôts a également été revu dans le sens d'une diminution de la marge intégrant les incertitudes de localisation.

Le tracé de l'aléa gaz a été supprimé en intégrant les éléments nouveaux.

Les aléas glissement, écoulement rocheux et échauffement restent inchangés.

8 BIBLIOGRAPHIE

- [1] GEODERIS (2006) – Concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière. Département du Rhône. Evaluation des aléas. Rapport GEODERIS S2006/72DE.
- [2] GEODERIS (2018) – Bassin minier de Sainte-Foy-l'Argentière. Communes de Sainte-Foy-l'Argentière et de Souzy. Etude de risques liés à l'effondrement localisé. Rapport GEODERIS 2019/013DE.
- [3] INERIS (2018) – Evaluation des aléas miniers. Guide méthodologique. Rapport d'étude référencé 17-164640-01944A.
- [4] INERIS (2006) – L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Volet relatif à l'évaluation de l'aléa. Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions des gaz de mine. Rapport d'étude référencé DRS-06-51198/R01.
- [5] BRGM (2009) – Travaux de mise en sécurité des puits de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône). Mémoire de fin de travaux. Rapport BRGM/RP-57801-FR.
- [6] INERIS (2007) – Diagnostic de mise en sécurité des puits miniers du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière et de Meys (69). Rapport référencé DRS-07-87233-05359A.
- [7] GEODERIS (2010) – Concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière (69). Evaluation des aléas miniers. Mise à jour après mises en sécurité. Rapport GEODERIS S2010/67DE.
- [8] BAUD (2005) – Analyse des résultats pressiométriques Ménard dans un diagramme spectral [$\text{LOG}(P_{im}), \text{LOG}(E_m/P_{im})$] ® et utilisation des regroupements statistiques dans la modélisation d'un site. Ouvrage : 50 ans de pressiomètres. Vol. 1. Gambin, Magnan et Mestat (ed.) 2005. Presses de l'ENPC/LCPC, Paris.
- [9] INERIS (1999) – Affaissements et déformations au-dessus des exploitations minières : mécanismes et évolution dans le temps. Rapport INERIS-SSE-99-25EPBC/R02.

9 LISTE DES ANNEXES

Annexe	Intitulé
1	Cartes des aléas « effondrements localisés » par commune
2	Cartes des aléas « tassements » par commune