

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

Exploitations minières de substances métalliques sur le secteur d'Auzat - Le Rancié (Ariège)

Mise à jour de l'aléa effondrement localisé sur les communes d'Auzat et de Val-de-Sos suite à la réalisation d'investigations par forages

RAPPORT 2020/205DE – 20OCC22010

Date : 06/01/2021

Exploitations minières de substances métalliques sur le secteur d'Auzat - Le Rancié (Ariège)

Mise à jour de l'aléa effondrement localisé sur les communes d'Auzat et de Val-de-Sos suite à la réalisation d'investigations par forages

RAPPORT 2020/205DE – 20OCC22010

Diffusion :

DREAL Occitanie

Nathalie HANNACHI

Philippe CHARTIER

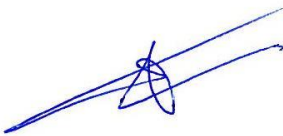
Pôle Après-Mine Sud

Philippe CHOQUET

Marie-Hélène BOUISSAC

GEODERIS

Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	F. SAMARCQ	O. LEFEBVRE	T. DELAUNAY
Visa			

SOMMAIRE

1	Cadre et objectif	3
2	Définitions de l'aléa et du risque	7
3	Rappel des résultats de l'étude des aléas de mai 2020	8
3.1	Définition du phénomène d'effondrement localisé	8
3.2	Niveaux d'aléa effondrement localisé précédemment retenus sur les zones d'investigations.....	9
4	Réexamen de l'aléa effondrement localisé	15
4.1	Zone d'altération superficielle.....	16
4.2	Réexamen de l'aléa effondrement localisé lié aux galeries isolées	17
4.2.1	Evaluation de la prédisposition.....	17
4.2.2	Evaluation de l'intensité.....	19
4.2.3	Evaluation du niveau d'aléa	20
4.3	Examen de l'aléa effondrement localisé lié aux deux puits d'aérage nouvellement identifiés.....	22
4.3.1	Détermination du niveau d'aléa	22
4.3.2	Détermination de l'extension des zones d'aléa.....	22
5	Conclusion.....	25
6	Bibliographie.....	27

Mots clés : mise à jour ; aléa effondrement localisé ; enjeux ; risque ; investigations ; Auzat ; Val-de-Sos ; Le Ranet-d'en-Bas ; travers-banc du Ranet ; Sem ; galerie de la République ; Le Rancié ; fer ; cuivre ; Ariège ; Occitanie

1 CADRE ET OBJECTIF

La présente étude concerne les anciens travaux miniers pour cuivre et fer menés sur les communes d'Auzat et de Val-de-Sos¹ dans le département de l'Ariège (09) en région Occitanie.

Les concessions pour fer du Rancié (09SM0027²), de Lercoul (09SM0104) et la concession pour cuivre du Ranet (09SM0103) ont fait l'objet d'une étude détaillée des aléas miniers entre 2018 et 2020 [1]³. A cette occasion, les aléas en lien avec l'activité minière ont été évalués.

Quatre types d'aléas mouvements de terrain ont été retenus et évalués sur les communes d'Auzat, Lercoul, Siguer et Val-de-Sos :

- Aléa effondrement localisé de niveaux faible, moyen et fort ;
- Aléa mouvement de pentes rocheuses de niveaux moyen et fort ;
- Aléa mouvement de pentes de matériaux meubles de niveau faible ;
- Aléa tassement de niveau faible.

Compte tenu de la présence d'habitations en zone d'aléa effondrement localisé de niveau fort, GEODERIS a réalisé en septembre 2020 des investigations complémentaires correspondant à des forages destructifs, sur les deux sites suivants (Figure 1, Figure 2, Figure 3) :

- ✓ Site du Ranet sur la commune d'Auzat (hameau du Ranet-d'en-bas) : il s'agissait de recouper le travers-banc du Ranet, situé à moins d'une vingtaine de mètres de profondeur à l'aplomb de la zone investiguée ;
- ✓ Site du Rancié sur la commune de Val-de-Sos (village de Sem) : il s'agissait de recouper la galerie de la République, située à une quarantaine de mètres de profondeur à l'aplomb de la zone investiguée.

D'autre part, lors des visites sur le terrain, trois désordres de type effondrement localisé, qui n'avaient pas été observés lors de l'étude des aléas antérieure [1], ont été levés au GPS. Ils sont situés à proximité de l'entrée de la galerie de la République.

Enfin, deux puits d'aérage en lien avec la galerie Becquey qui n'avaient pas été inventoriés dans le cadre de l'étude des aléas antérieure [1], ont été mis en évidence sur un document d'archive.

Les investigations, menées dans le cadre de l'étude de risques, ont apporté de nouvelles données qui conduisent à réviser (en termes d'emprise et/ou de niveau) les zones d'aléa effondrement localisé sur les communes d'Auzat et de Val-de-Sos. Un rapport spécifique décrit les investigations menées ainsi que les résultats obtenus [2].

L'objet du présent rapport est de synthétiser les éléments qui ont permis le réexamen des secteurs concernés et d'effectuer la mise à jour de la cartographie des aléas. Les nouvelles cartographies d'aléas sont présentées en annexe C. Un CD contenant les tables actualisées, au format QGIS, est joint au présent rapport.

¹ La commune de Val-de-Sos regroupe, depuis le 1er janvier 2019, les anciennes communes de Goulier, Sem, Suc-et-Sentenac et Videssos

² Numéro de référence du titre minier dans la Base de Données des Sites et Titres Miniers (BDSTM) de GEODERIS

³ Au fil du texte, les numéros entre [] correspondent à des références bibliographiques explicitées en dernière page du rapport avant les annexes

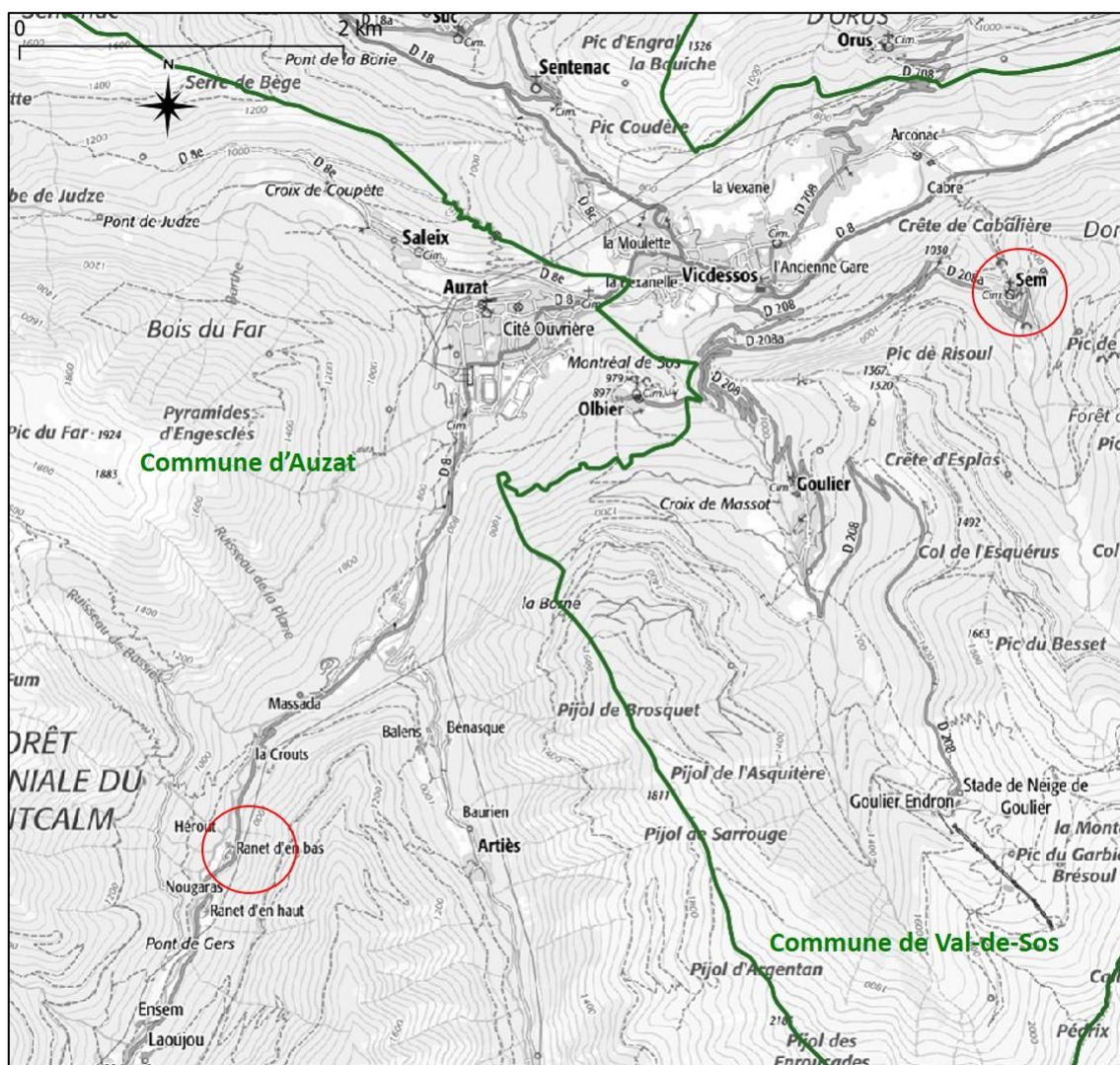


Figure 1 : Localisation des deux sites sur lesquels des forages ont été réalisés

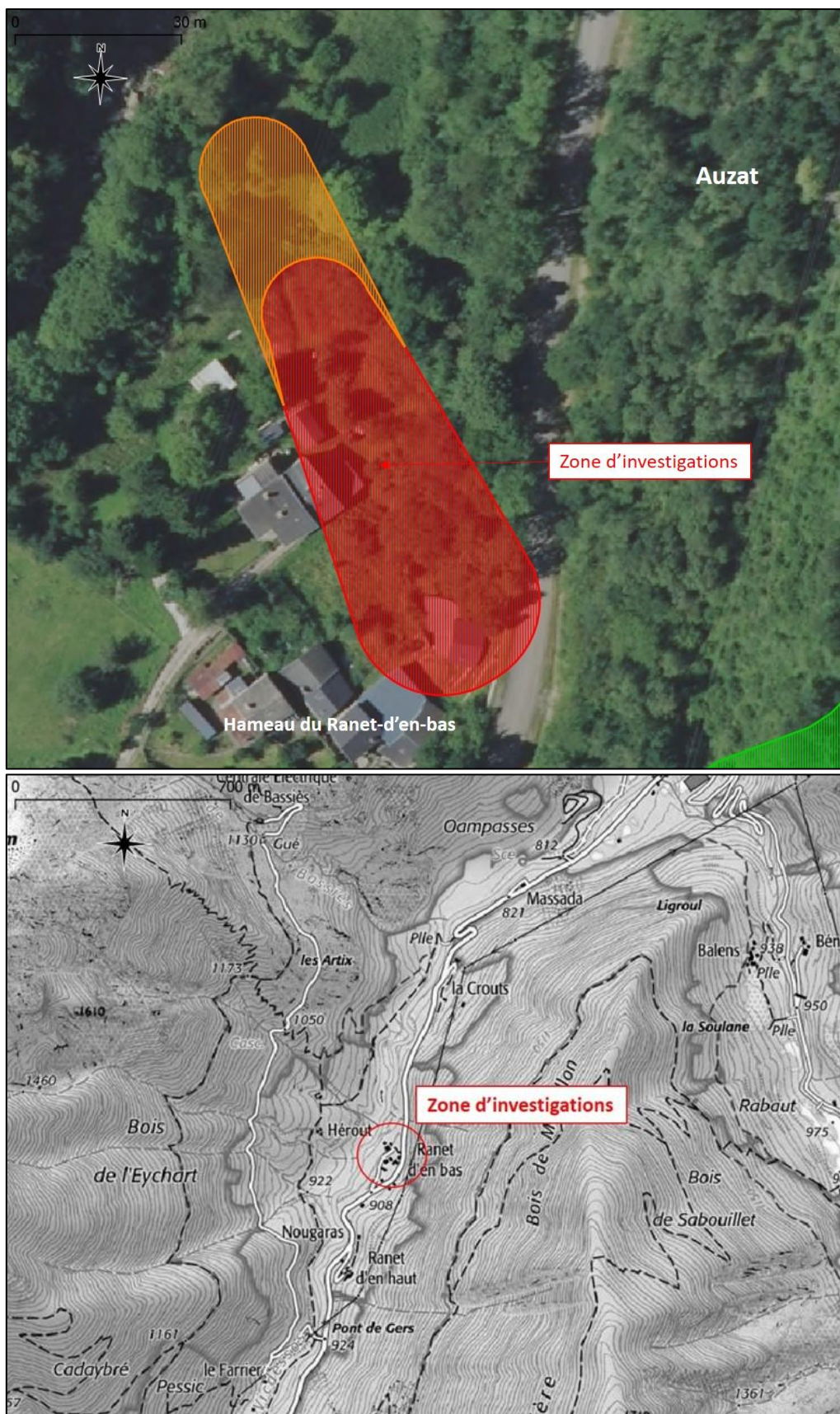
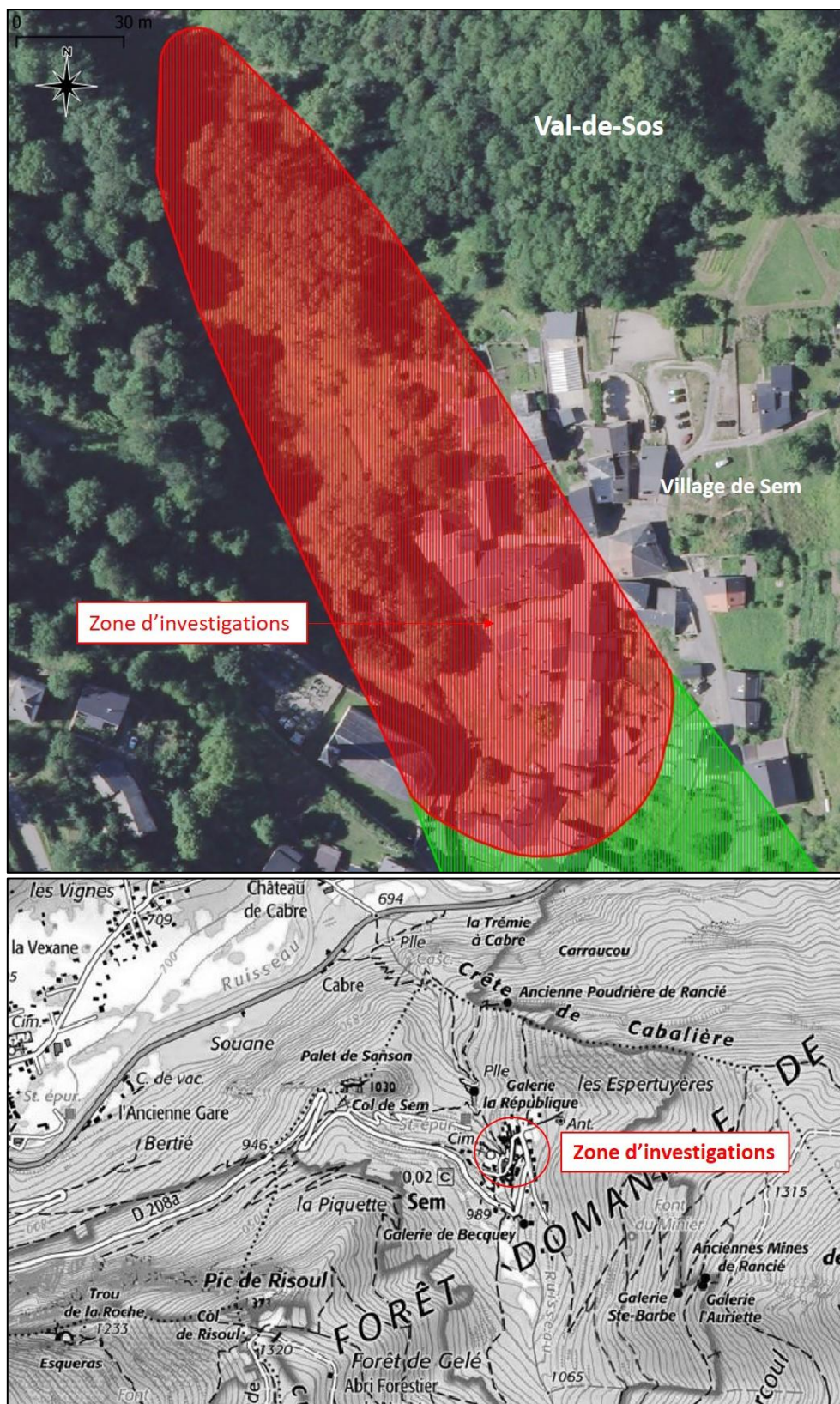


Figure 2 : Commune d'Auzat – situation du site d'investigations complémentaires au regard des zones d'aléa effondrement localisé définies en mai 2020 [1] (en rouge : aléa fort / en orange : aléa moyen / en vert : aléa faible)



2 DEFINITIONS DE L'ALEA ET DU RISQUE

L'**aléa** est un concept qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène d'intensité qualifiable ou quantifiable, se produise sur un site donné. Dans le domaine du risque minier comme dans celui du risque naturel, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance, nommée ici prédisposition (Tableau 1).

Intensité	Prédisposition		
	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Limitée	Faible	Faible	Moyen
Modérée	Faible	Moyen	Fort
Elevée	Moyen	Fort	Fort

Tableau 1 : Grille de croisement intensité/prédisposition pour la détermination du niveau d'aléa

L'aléa est hiérarchisé. On utilise les termes « **aléa fort** », « **aléa moyen** » et « **aléa faible** ». Cette hiérarchisation peut signifier :

- que les zones concernées par l'« **aléa fort** » sont davantage prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones d'« **aléa moyen** » ou d'« **aléa faible** » ;

et/ou

- que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d'« **aléa fort** » sont d'une intensité plus élevée que dans les zones d'« **aléa moyen** » ou d'« **aléa faible** ».

Une zone de **risque** est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouve un enjeu en surface (habitation, infrastructure, ...).

3 RAPPEL DES RESULTATS DE L'ETUDE DES ALEAS DE MAI 2020

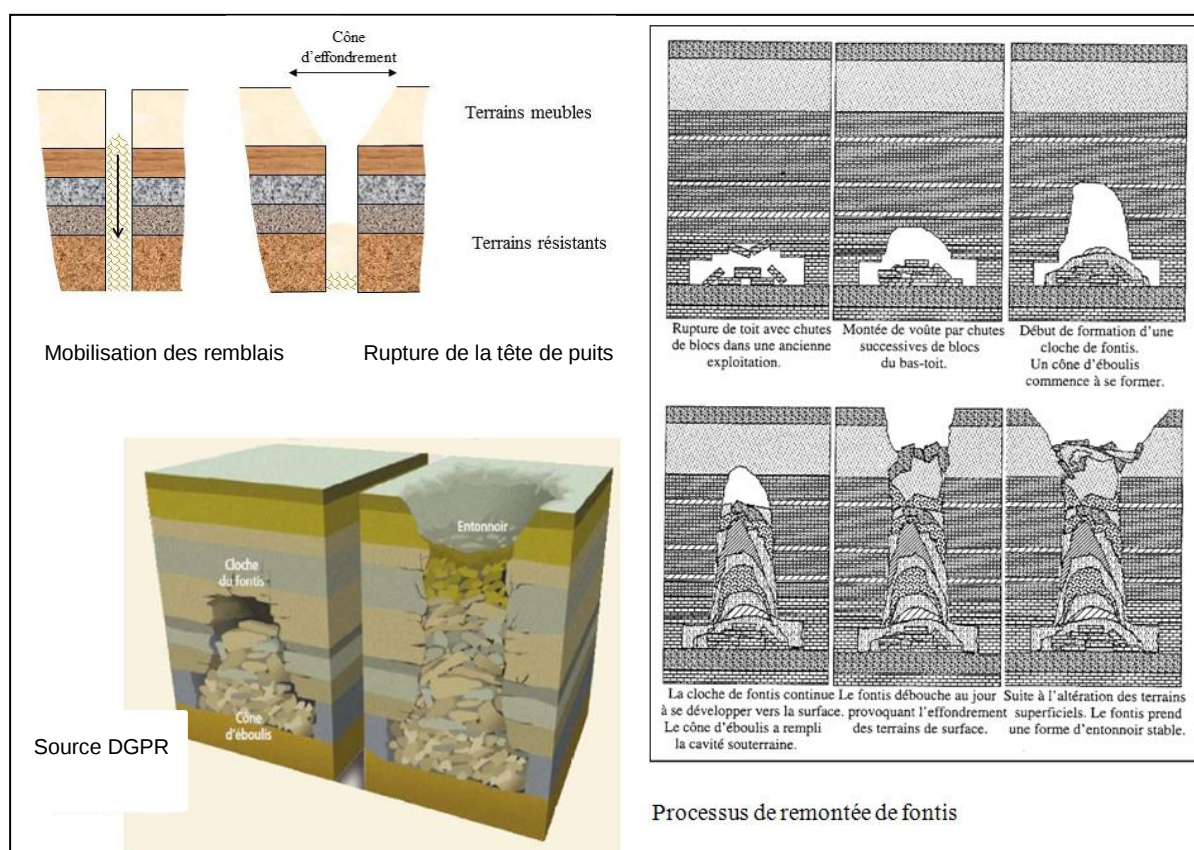
Dans le cadre de l'étude des aléas de mai 2020 [1], les aléas mouvements de terrain de type effondrement localisé, mouvement de pentes de matériaux meubles, mouvement de pentes rocheuses et tassement avaient été retenus avec des niveaux fort, moyen et faible sur le secteur d'étude. La présente mise à jour concerne uniquement l'aléa effondrement localisé.

3.1 Définition du phénomène d'effondrement localisé

Il s'agit de l'apparition en surface d'un cratère d'effondrement dont les caractéristiques géométriques dépendent du phénomène initiateur et du comportement des terrains sus-jacents.

L'effondrement localisé peut être la conséquence de la remontée au jour d'un vide initié en profondeur (fontis sur galerie par exemple), ou encore de la rupture d'une colonne de puits (Figure 4). Sur les sites étudiés, une vingtaine de désordres de ce type se sont déjà produits [1].

Sur le secteur étudié, les configurations favorables à ce type de phénomène sont les puits, les galeries isolées et les zones exploitées.



3.2 Niveaux d'aléa effondrement localisé précédemment retenus sur les zones d'investigations

Sur les zones d'investigations, l'aléa effondrement localisé est en lien avec la présence de galeries isolées. Sur la commune d'Auzat, site du Ranet-d'en-Bas, il s'agit du travers-banc du Ranet (Figure 5). Sur la commune de Val-de-Sos, site de Sem, il s'agit de la galerie de la République (Figure 6).

Sur la zone d'investigations située à l'aplomb du travers-banc du Ranet, les niveaux d'aléa effondrement localisé suivants avaient été retenus (Figure 9) :

- Moyen (croisement d'une prédisposition peu sensible et d'une intensité élevée) sur les 30 premiers mètres linéaires effondrés de cet ouvrage ;
- Fort (croisement d'une prédisposition sensible avec une intensité élevée) pour le tronçon non remblayé et situé dans un encaissant de colluvions et d'éboulis.

Sur la zone d'investigations située à l'aplomb de la galerie de la République, les niveaux d'aléa effondrement localisé suivants avaient été retenus (Figure 10) :

- Faible (croisement d'une prédisposition peu sensible et d'une intensité limitée) sur le tronçon situé à plus de 40 m de profondeur dans un encaissant de colluvions et d'éboulis ;
- Fort (croisement d'une prédisposition sensible avec une intensité élevée) pour le tronçon situé à moins de 40 m de profondeur dans un encaissant de colluvions et d'éboulis.

Remarque : l'intensité élevée définie lors de l'étude des aléas était notamment motivée par l'observation de deux désordres de plus de 10 m de diamètre à l'aplomb du tronçon de la galerie Becquey (ODJ n°10) situé à moins de 25 m de profondeur (Photo 1) creusée en partie dans des formations morainiques. Néanmoins, le volume du cône d'effondrement (environ 45 m³) ne peut pas se justifier par l'effondrement de la seule galerie (8 à 10 m³ sans compter le foisonnement). Une explication serait la présence à cet endroit d'une cheminée d'aérage de la galerie à l'image de celle qui figure 65 m plus en amont.



Photo 1 : Désordre D7 situé à l'aplomb de la galerie Becquey sur la commune de Val-de-Sos

D'une manière générale, le rayon des zones d'aléa comprend :

- L'emprise de la galerie en question (ici le travers-banc du Ranet et la galerie de la République) ;
- L'incertitude de localisation de ces ouvrages souterrains (en l'occurrence 8 m pour le travers-banc du Ranet et 13 m pour la galerie de la République) ;
- La marge d'influence : $E = h_c \times \cotan(\alpha)$, avec h_c correspondant à l'épaisseur des terrains déconsolidés de sub-surface et α à l'angle de talus naturels des terrains de sub-surface.

Cette valeur de « E » est relative à l'extension latérale du cône d'effondrement attendu. La valeur de h_c peut être limitée à 1 m lorsque les ouvrages souterrains sont creusés au rocher avec une épaisseur de terrains superficiels inexistante. En revanche, en présence de terrains morainiques ou de colluvions de pente, dont l'épaisseur n'avait pu être estimée lors de l'étude des aléas [1], elle a été considérée comme égale à la profondeur de la galerie H.

Selon la carte géologique du BRGM au 1/50 000^e, ces ouvrages seraient situés sur des formations constituées de moraines et de colluvions (Figure 7 et Figure 8). Compte tenu de la difficulté d'estimer l'épaisseur des moraines et colluvions, le travers-banc du Ranet et la galerie de la République avaient été considérés comme étant creusés dans ces formations peu cohérentes. Ainsi, les marges de sécurité autour de ces ouvrages étaient importantes (jusqu'à 20 m autour du tracé du travers-banc du Ranet, jusqu'à 50 m autour du tracé de la galerie de la République) notamment liées à des marges d'influence élevées. Ces marges d'influence sont toutefois sécuritaires dans la mesure où :

- ✓ Les moraines ont une certaine cohésion ;
- ✓ Les moraines présentent un foisonnement qui est un facteur réducteur du volume du cône d'effondrement (et donc son diamètre) par rapport à celui des galeries, par ailleurs quasi horizontales (légère pente pour assurer l'écoulement des eaux).

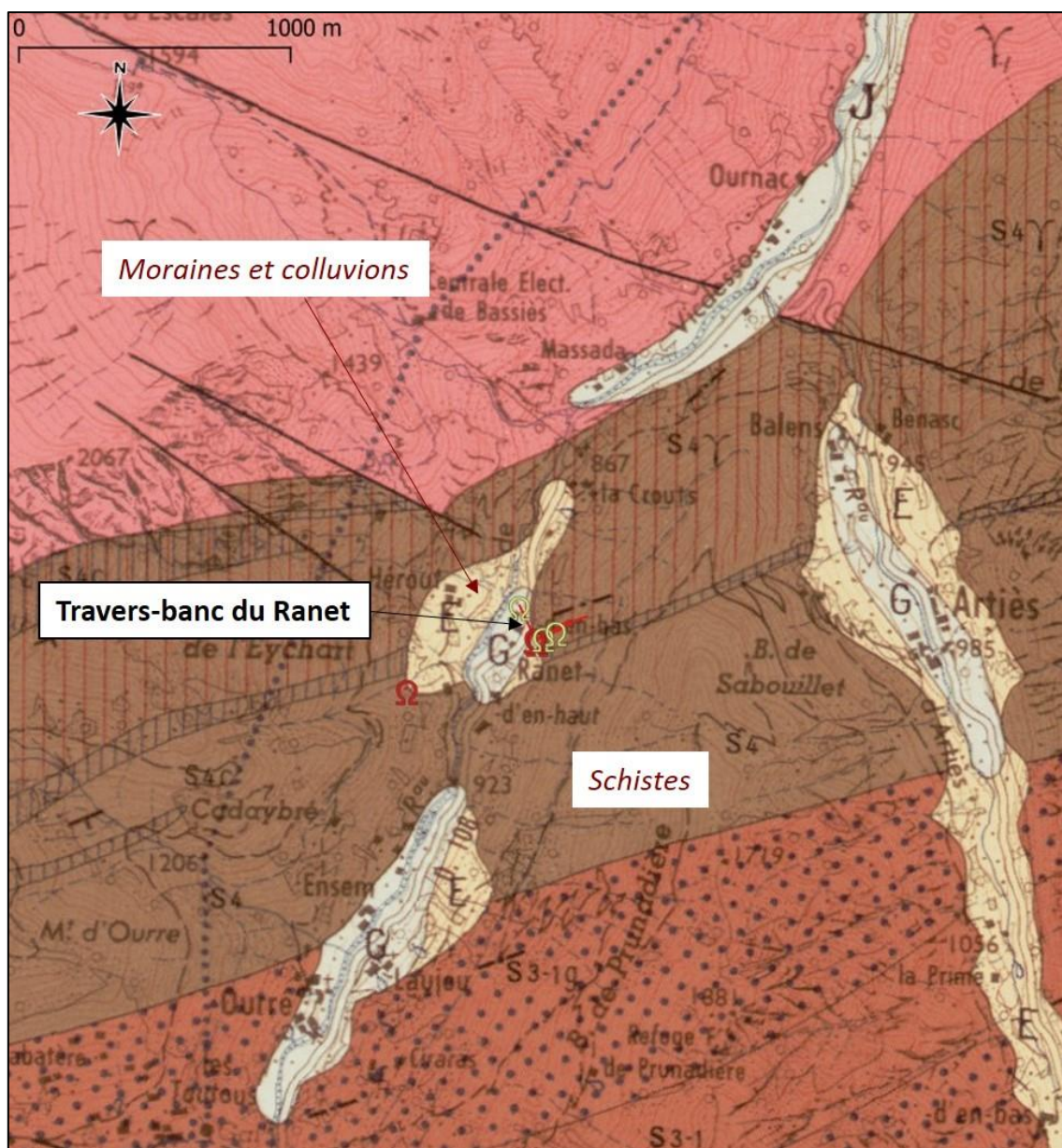
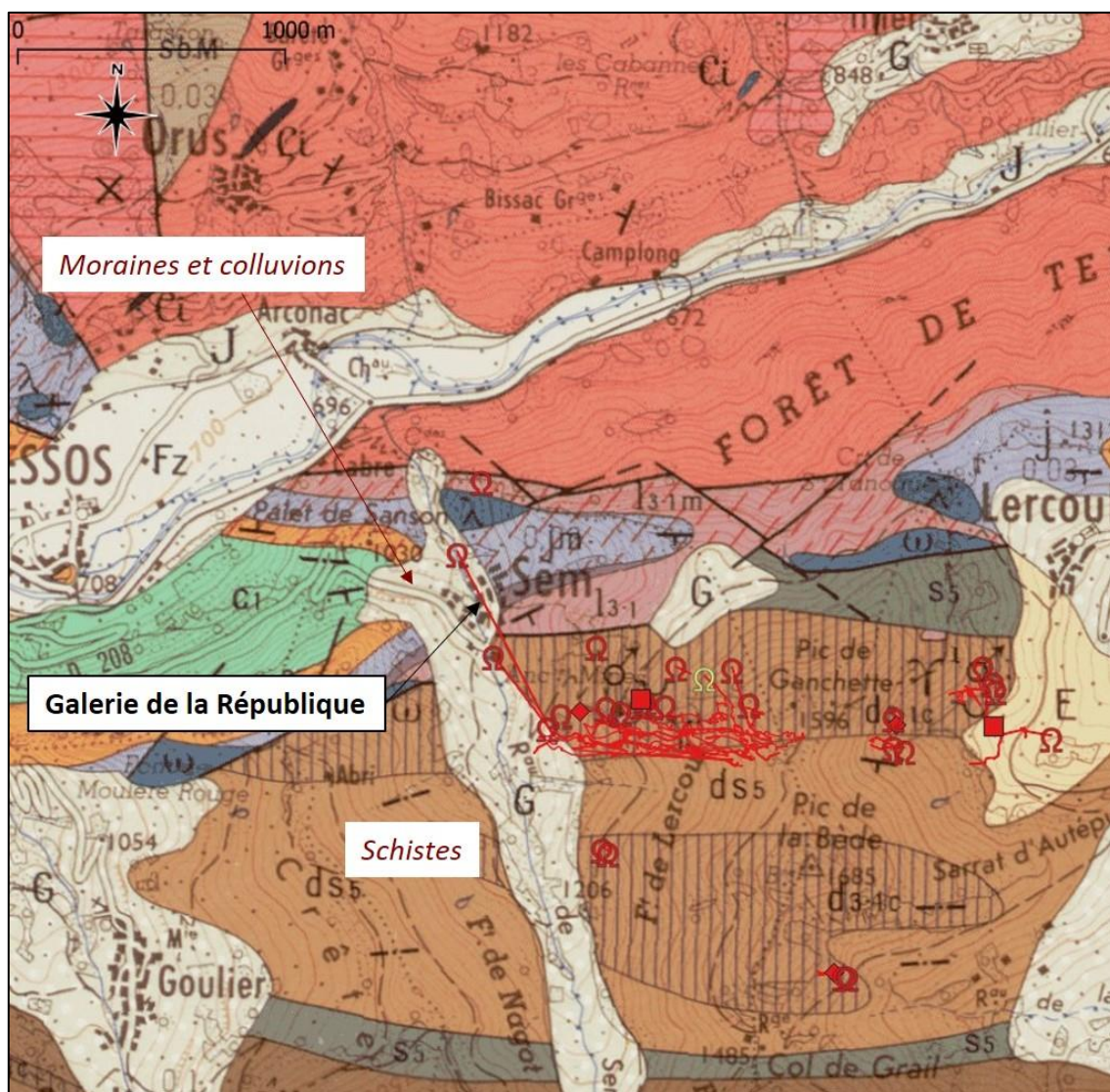


Figure 7 : Commune d'Auzat, hameau du Ranet-d'en-Bas – situation du travers-banc du Ranet au regard de la carte géologique du BRGM au 1/50 000^e



4 REEXAMEN DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE

Bien qu'aucune cavité n'ait été recoupée par les sondages (notamment en raison des faibles possibilités d'implantation des sondages dans un espace urbanisé dense sur le village de Sem, et d'une difficulté d'accès pour le hameau du Ranet-d'en-Bas), ces reconnaissances ont néanmoins permis de caractériser les terrains de recouvrement des deux galeries visées et de constater que les moraines étaient absentes ou peu épaisses au droit des zones investiguées.

De plus, l'observation des trois désordres constatés à l'aplomb de la galerie de la République (D17, D18 et D19), qui n'avaient pas été observés lors de l'étude des aléas précédente [1] a permis d'affiner le tracé de la galerie de la République et de modérer les dimensions des effondrements localisés attendus sur ce secteur. Le désordre D17, récent selon un témoignage local, est le plus éloigné de l'entrée de galerie. Il correspond à un effondrement localisé de petites dimensions avec 4×2 m pour 0,5 m de profondeur (intensité limitée). Le désordre D18 correspond à un effondrement localisé de dimensions plus importantes avec 6×4 m pour 2 m de profondeur (Photo 2 - intensité modérée). Le désordre D19 est plus important avec 12×8 m pour 3 m de profondeur au maximum (intensité élevée). Ce dernier désordre est le plus proche de l'entrée de la galerie.

Enfin, deux puits d'aérage de la galerie Becquey (ODJ n°10) ont été nouvellement identifiés sur un plan d'archive. Un aléa effondrement localisé en lien avec ces deux ouvrages a été défini.



Photo 2 : Désordre D18 situé à l'aplomb de la galerie de la République sur la commune de Val-de-Sos

4.1 Zone d'altération superficielle

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains de très faible cohésion et donc facilement mobilisables. L'épaisseur de la zone d'altération superficielle est un paramètre déterminant pour les dimensions des désordres potentiels, il permet l'estimation de l'intensité du phénomène d'effondrement localisé.

Dans l'étude de mai 2020 [1], l'épaisseur de la zone d'altération superficielle était retenue à 1m pour les ouvrages creusés au rocher, avec une épaisseur de terrains superficiels quasi inexistante. En revanche, en présence de terrains morainiques ou de colluvions de pente (dont l'épaisseur était parfois difficile à estimer), h_c (correspondant à l'épaisseur des terrains déconsolidés de sub-surface) avait été considéré de manière très sécuritaire comme pouvant être égal à la profondeur de la galerie. Cette configuration avait été considérée pour le travers-banc du Ranet et la galerie de la République.

La campagne de sondages a permis de constater l'absence de ce type de terrain au droit de la zone investiguée à l'aplomb du travers-banc du Ranet. Sur ce secteur, seuls environ 2 m de terrains de faible cohésion ont été recoupés en surface au droit des zones investiguées. Ainsi, la présence de terrains constitués de moraines et de colluvions n'est possible qu'au droit du tronçon le plus bas (sur une cinquantaine de mètres linéaires à partir de l'entrée de l'ouvrage) du travers-banc du Ranet, mais est exclue au niveau des sites investigués.

Nous conserverons donc la valeur de **3 m** pour la zone d'altération superficielle de terrains faiblement cohésifs sur le secteur du Ranet-d'en-Bas.

Pour la galerie de la République, nous considérons qu'en présence de moraines, potentiellement au droit du tronçon le plus bas (sur une centaine de mètres linéaires à partir de l'entrée de l'ouvrage) de la galerie, une épaisseur de terrains faiblement cohésifs de 5 m maximum est retenue. En l'absence de moraines (au niveau des sites investigués) une valeur de 3 m est retenue.

Remarque : Nous verrons que compte tenu des observations et de la profondeur de la galerie de la République, aucun aléa n'est retenu au niveau de la zone urbanisée, exempte de moraines au niveau des sites investigués.

4.2 Réexamen de l'aléa effondrement localisé lié aux galeries isolées

Sur les secteurs d'investigation, l'évaluation de cet aléa concerne le travers-banc du Ranet et la galerie de la République, situés respectivement sur les communes d'Auzat (hameau du Ranet-d'en-Bas) et de Val-de-Sos (village de Sem).

4.2.1 Evaluation de la prédisposition

Pour évaluer la prédisposition d'apparition du phénomène d'effondrement localisé relatif aux galeries isolées, il convient de prendre en compte :

- La présence de vides : les archives disponibles laissent supposer que le travers-banc du Ranet et la galerie de la République ne sont pas remblayés. La campagne de sondages n'a pas permis de confirmer cette supposition puisque aucun de ces deux ouvrages souterrains n'a été recoupé par les forages. Toutefois, le travers-banc du Ranet étant effondré sur 30 m d'après les archives, la prédisposition à la présence de vide est peu sensible sur ce tronçon.
- La dimension des galeries : bien que les entrées du travers-banc du Ranet et de la galerie de la République soient obturées, nous avons considéré que leurs dimensions étaient de l'ordre de 2 m de largeur pour 2 m de hauteur, en accord avec les descriptions retrouvées en archives et avec l'entrée de la galerie Becquey, visible sur le terrain, et fermée par une grille (Photo 3).
- La nature et l'état géotechnique de l'encaissant : dans le cadre de l'étude des aléas [1], il avait été considéré que le travers-banc du Ranet et la galerie de la République avaient été creusés dans des terrains constitués de moraines et de colluvions. La campagne de sondages a permis de constater l'absence de ce type de terrain à l'aplomb de la zone investiguée sur le travers-banc du Ranet et au droit de la zone urbanisée située à l'aplomb de la galerie de la République.



Photo 3 : Entrée de la galerie Becquey (ODJ n°10) sur la commune de Val-de-Sos

La remontée d'une cloche de fontis par dégradation des terrains au-dessus d'une galerie peut se poursuivre tant que le foisonnement n'a pas permis de combler le vide disponible dans celle-ci. Sur ce principe, et en considérant l'absence de remblayage des galeries, un calcul basé sur une approche volumique déterministe s'attachant à la hauteur de remontée de cloche de fontis est réalisé (Annexe A). En comparant cette hauteur à l'épaisseur du recouvrement, il est possible de déterminer si l'effondrement apparaîtra en surface ou non.

Selon les résultats du modèle (Annexe A), en considérant une couverture uniquement constituée de schistes, il est retenu qu'un fontis initié au sein des deux galeries ne débouchera pas au jour si l'épaisseur du recouvrement est supérieure à 15 m.

Exceptionnellement, cette remontée pourrait atteindre 20 m dans le cas où la galerie serait plus haute, étroite et sous des terrains de recouvrement moins foisonnants (cas très défavorables).

Sur la base de ces éléments, et compte tenu de la compétence des terrains rencontrés au niveau du sondage SD2, de l'absence de désordre inventorié à l'aplomb du travers-banc du Ranet et du fait que cet ouvrage est effondré sur ses 30 premiers mètres linéaires [1], nous retenons une prédisposition **peu sensible** sur ce tronçon. Une prédisposition **sensible** est retenue au-delà de ces 30 premiers mètres jusqu'à 20 m de profondeur et **nulle** au-delà de 20 m de profondeur. La présence potentielle de moraines entre la zone effondrée et le sondage SD1 concernant un tronçon situé à moins de 20 m de profondeur, ne modifie pas cette évaluation.

La galerie de la République, à l'aplomb des forages réalisés en 2020, est creusée dans les schistes. Par analogie avec le travers-banc du Ranet, nous considérons qu'un fontis initié au sein de la galerie de la République ne débouchera pas au jour si l'épaisseur des schistes est supérieure à 15 m, exceptionnellement 20 m dans les configurations les plus défavorables.

Sur la base de ces éléments, et compte tenu de l'effondrement de l'entrée de cet ouvrage, de la présence de trois désordres de type effondrement localisé sur le tronçon de l'ouvrage situé à moins d'une trentaine de mètres de profondeur et en tenant compte d'une épaisseur de moraines et colluvions sus-jacentes aux schistes de 15 m au maximum en aval du secteur d'investigation, nous retenons une prédisposition **sensible** jusqu'à 35 m de profondeur et **nulle** au-delà de 35 m de profondeur.

4.2.2 Evaluation de l'intensité

Les effondrements localisés observés à l'aplomb des galeries creusées au rocher, comme cela semble être le cas du travers-banc du Ranet, se situent souvent dans les premiers mètres après l'entrée et présentent des dimensions limitées. En général, ils sont allongés dans l'axe de la galerie (la largeur du désordre étant du même ordre de grandeur que la largeur présumée de la galerie, soit environ 2 m).

Si l'on se réfère à la formule suivante [3] définissant le rayon du fontis :

$$R = R_{\text{cloche}} + h_c \times \cotan(\alpha)$$

Avec

- R_{cloche} : rayon de la cloche de fontis, il est estimé à 1 m en tenant compte de largeurs maximales des montées de voûtes possibles du fait d'un possible sur-profil ;
- h_c : épaisseur des terrains peu cohérents en surface qui représentent une épaisseur de 3 m au droit du travers-banc du Ranet, de 3 à 5 m au droit de la galerie de la République ;
- α : angle de talus naturel, des terrains peu cohérents en surface, considéré forfaitairement et de manière sécuritaire à 45°.

Sur le tronçon non effondré du travers-banc du Ranet, le rayon d'un fontis estimé par cette formule est de 4 m. L'intensité des effondrements localisés potentiels au droit du travers-banc du Ranet est donc au plus **modérée**, correspondant à des diamètres d'effondrement compris entre 5 et 10 m.

Compte tenu du fait que les 30 premiers mètres du travers-banc du Ranet sont effondrés, les vides résiduels sont réduits et l'intensité attendue **limitée**. La présence potentielle de moraines entre le sondage SD1 et le tronçon effondré de l'ouvrage n'est pas susceptible d'engendrer des fontis aux dimensions plus importantes compte tenu du faible volume potentiellement disponible au fond (tronçon aval déjà effondré).

La galerie de la République semble aussi en grande partie creusée au rocher. Seuls les premiers mètres pourraient être creusés dans des moraines et colluvions. Pour cet ouvrage, la découverte de trois désordres de type effondrement localisé à son aplomb, nous permet un retour d'expérience : le désordre D19, le plus proche de l'entrée, a des dimensions correspondant à une intensité élevée (diamètre supérieur à 10 m). Il s'est probablement produit à l'aplomb du tronçon de galerie avec un recouvrement majoritairement constitué de moraines et colluvions. Le désordre D18 présente une intensité modérée, tandis que le désordre D17, le plus éloigné de l'entrée, a des dimensions correspondant à une intensité limitée (diamètre inférieur à 5 m).

Compte tenu de cette analyse, nous retenons une intensité **élevée** entre l'entrée de l'ouvrage et le désordre D18 (soit environ 25 mètres de profondeur, englobant le désordre D19) ensuite, une intensité **modérée** entre les désordres D18 et D17 et une intensité **limitée** au-delà du désordre D17 jusqu'à 35 m de profondeur.

4.2.3 Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement de la prédisposition avec le niveau d'intensité, nous avons retenu (Annexe C, Figure 9 et Figure 10) :

- Un niveau **faible**, croisement d'une prédisposition peu sensible avec une intensité limitée à l'aplomb du tronçon effondré du travers-banc du Ranet, sur les 30 premiers mètres, situé à moins de 20 m de profondeur ;
- Un niveau **moyen**, croisement d'une prédisposition sensible avec une intensité modérée pour le tronçon du travers-banc du Ranet non effondré et situé à moins de 20 m de profondeur ;
- Un niveau **fort**, croisement d'une intensité élevée et d'une prédisposition sensible de l'entrée de la galerie de la République jusqu'au désordre D18 ;
- Un niveau **moyen**, croisement d'une prédisposition sensible avec une intensité modérée à l'aplomb du tronçon de la galerie de la République situé entre les désordres D18 et D17 ;
- Un niveau **faible**, croisement d'une prédisposition sensible avec une intensité limitée à l'aplomb du tronçon de la galerie de la République, au-delà du désordre D17 jusqu'à 35 m de profondeur.

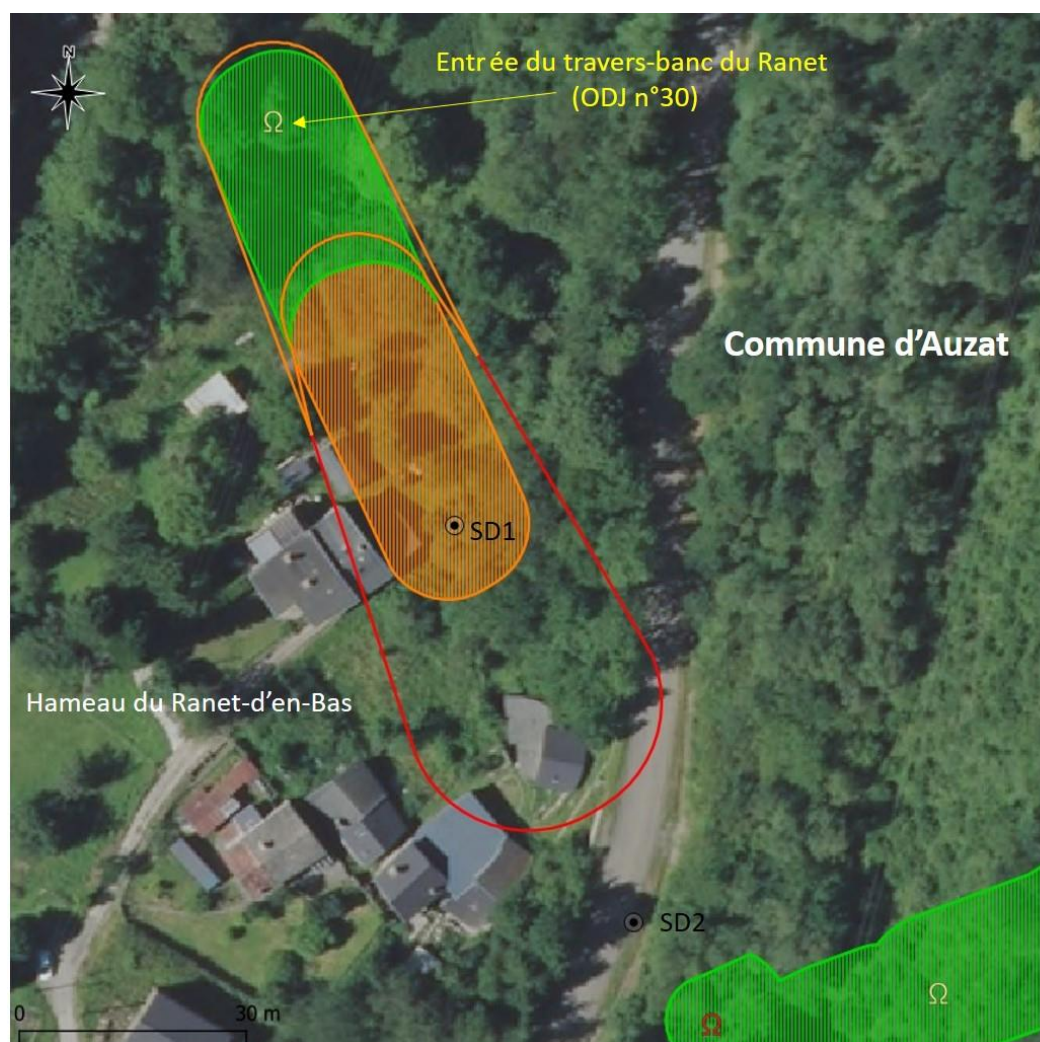


Figure 9 : Commune d'Auzat, hameau du Ranet-d'en-Bas – Révision de l'aléa effondrement localisé sur fond de BD Ortho® de l'IGN année 2016. Les anciens contours sont vides, les nouveaux sont pleins (rouge : niveau fort / orange : niveau moyen / vert : niveau faible

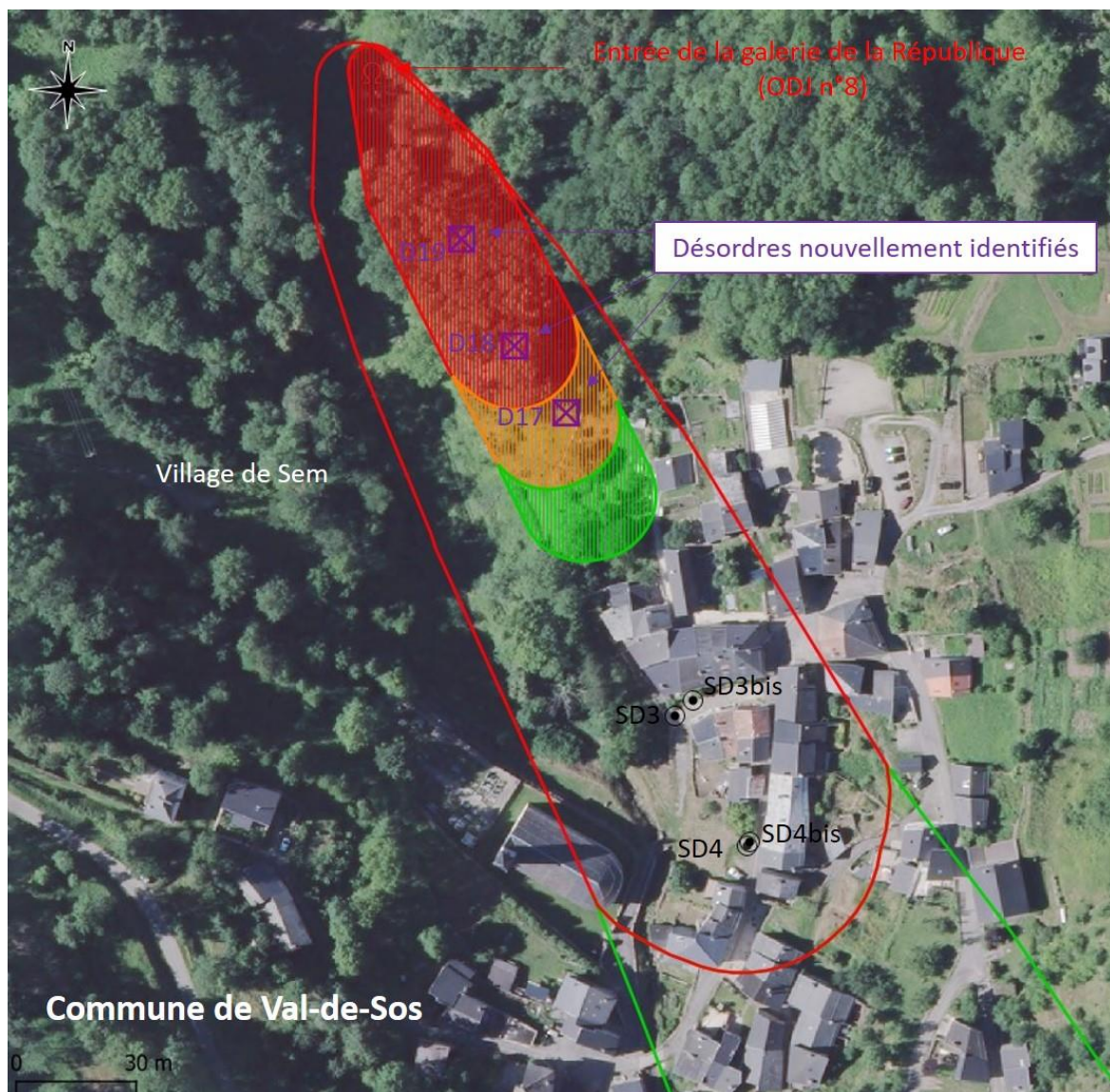


Figure 10 : Commune de Val-de-Sos, village de Sem – Révision de l'aléa effondrement localisé sur fond de BD Ortho® de l'IGN année 2016. Les anciens contours sont vides, les nouveaux sont pleins (rouge : niveau fort / orange : niveau moyen / vert niveau faible)

4.3 Examen de l'aléa effondrement localisé lié aux deux puits d'aérage nouvellement identifiés

Deux puits d'aérage (ODJ n°40 et ODJ n°41), situés à l'aplomb de la galerie Becquey (ODJ n°10), ont été identifiés sur un document d'archive (Figure 11). L'aléa effondrement localisé en lien avec ces deux ouvrages concerne la commune de Val-de-Sos.

4.3.1 Détermination du niveau d'aléa

Les désordres D6 et D7 de plus de 10 m de diamètre à l'aplomb de la galerie Becquey [1], pourraient être en lien avec des ouvrages de ce type, non inventoriés. En effet, comme évoqué précédemment, le volume du cône d'effondrement de ces désordres ne peut se justifier par l'effondrement de la seule galerie Becquey.

En considérant que les deux ouvrages nouvellement inventoriés pourraient être à l'origine de désordre du type D6 et D7, nous retiendrons une intensité élevée (diamètre de fontis supérieur à 10 m). Compte tenu du fait que ces ouvrages n'ont pas été retrouvés sur le terrain (ils sont probablement comblés) et de l'absence d'information concernant leur éventuelle mise en sécurité, nous retiendrons une prédisposition sensible.

Par croisement d'une intensité élevée avec une prédisposition sensible, nous retiendrons un aléa effondrement localisé de niveau **fort** autour de ces deux ouvrages.

4.3.2 Détermination de l'extension des zones d'aléa

L'aléa effondrement localisé en lien avec la présence d'un puits est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits de la façon suivante :

$$R = R_{\text{puits}} + R_{\text{influence}} + R_{\text{incertitude de localisation}}$$

Avec

R_{puits} = rayon du puits.

$R_{\text{influence}}$ = relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement.

$R_{\text{incertitude}}$ = relatif à l'incertitude de localisation de l'ouvrage et à l'incertitude propre au support cartographique (BD Ortho® de l'IGN année 2016).

- Détermination du rayon du puits

Nous ne disposons pas d'information concernant le diamètre de ces puits. S'agissant d'ouvrages dédiés à l'aérage, nous considérerons un diamètre limité à 2 m.

- Extension latérale du cône d'effondrement

L'extension latérale du cône d'effondrement correspond à l'épaisseur de la zone d'altération superficielle. Par homogénéité avec la révision de l'aléa effondrement localisé à l'aplomb de la galerie de la République sur la partie concernée par la présence de moraines, nous retiendrons une valeur de 5 m.

- Incertitude

Les deux puits sont localisés grâce au plan minier Sem_Plan4 géoréférencé avec une incertitude de 15 m lors de l'étude des aléas [1]. L'entrée de la galerie Becquey, visible sur le terrain, a été levée au dGPS avec une incertitude de 3 m. L'incertitude sur la position de la galerie Becquey augmente donc entre 3 m à son entrée et 15 m. Pour cette raison, l'incertitude sur le puits d'aérage le plus en aval (ODJ n°41) est d'une dizaine de mètres, alors que l'incertitude sur le puits d'aérage le plus en amont (ODJ n°40) est de 15 m. En ajoutant à ces valeurs, l'incertitude de 1 m, en lien avec la BD Ortho® de l'IGN, année 2016, nous obtenons des incertitudes de 16 m et 11 m respectivement pour les ODJ n°40 et ODJ n°41.

Finalement, les zones d'aléa effondrement localisé de niveau fort en lien avec ces deux ouvrages ont des rayons de 22 m et 17 m respectivement pour les ODJ n°40 et ODJ n°41 (Figure 12).

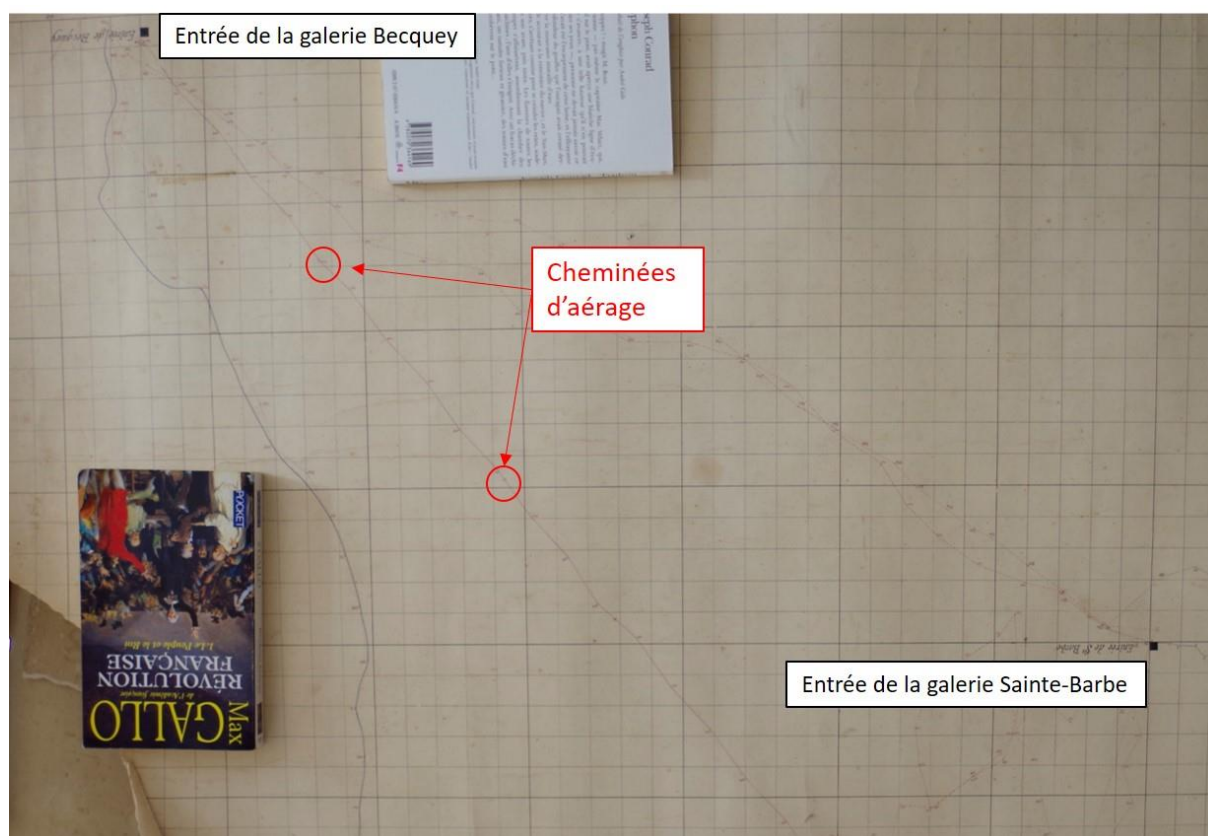


Figure 11 : Plan retrouvé aux archives de la mairie de Sem, reportant les deux cheminées d'aérage

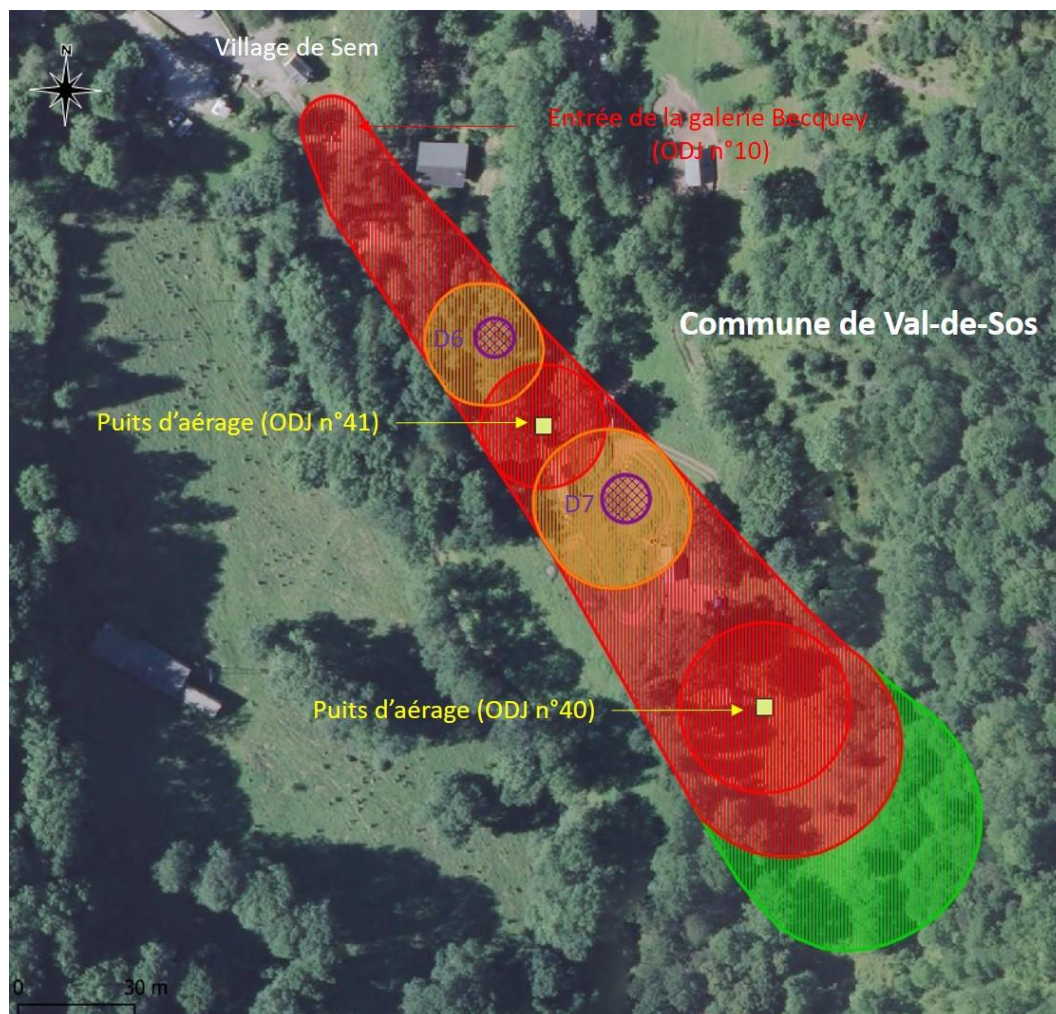


Figure 12 : Commune de Val-de-Sos, village de Sem – Révision de l'aléa effondrement localisé sur fond de BD Ortho® de l'IGN année 2016. Rouge : niveau fort / orange : niveau moyen / vert niveau faible

5 CONCLUSION

Suite à la mise en évidence d'habitations situées en zone d'aléa effondrement localisé de niveau fort dans le cadre de l'étude des aléas miniers des exploitations minières du secteur d'Auzat-le-Rancié, GEODERIS a réalisé en 2020 des investigations complémentaires, sous la forme de sondages destructifs, au droit du travers-banc du Ranet (concession pour cuivre du Ranet) et de la galerie de la République (concession pour fer du Rancié).

Les résultats de la campagne de sondages conduisent à modifier localement les zones d'aléa effondrement localisé sur les deux secteurs concernés situés en Ariège : l'un sur la commune d'Auzat, hameau du Ranet-d'en-Bas, l'autre sur la commune de Val-de-Sos, village de Sem.

Sur les deux secteurs, l'aléa fort avait été retenu lors de l'étude des aléas [1], compte tenu de la suspicion d'un recouvrement entièrement composé de moraines et de colluvions. Les résultats des forages ont mis en évidence l'absence de moraines au droit du village de Sem et au droit des enjeux concernés par le travers-banc du Ranet. Associés à la prise en compte de désordres initialement non connus au droit de la galerie de la République, ils ont amené à une réduction du niveau et de l'emprise de l'aléa effondrement localisé liés aux deux ouvrages concernés.

D'autre part, un aléa effondrement localisé de niveau fort a été défini autour de deux puits d'aérage, nouvellement identifiés, en lien avec la galerie Becquey, sur la commune de Val-de-Sos. Ces deux zones d'aléas sont intégrées à la zone d'aléa de niveau fort initialement associée à la galerie.

Les modifications apportées à la carte de l'aléa effondrement localisé des communes d'Auzat et de Val-de-Sos ont été intégrées au SIG. Les cartes mises à jour sont jointes au présent rapport.

Selon la BD Ortho de l'IGN, année 2016, aucune habitation n'est dorénavant concernée par l'aléa effondrement localisé de niveau fort ou moyen en lien avec les travaux souterrains.

La carte informative de la commune de Val-de-Sos et les cartes de l'aléa effondrement localisé des communes d'Auzat et Val-de-Sos, produites dans la présente étude annulent et remplacent celles concernant les communes d'Auzat et de Val-de-Sos, présentées dans l'étude antérieure [1].

6 BIBLIOGRAPHIE

- [1] GEODERIS 2020/043DE-20OCC22010 – (05/05/2020) : Exploitations minières de substances métalliques sur le secteur d'Auzat - Le Rancié (Ariège) – Evaluation et cartographie des aléas miniers
- [2] GEODERIS 2020/199DE-20NAT23140 – (10/11/2020) : Communes d'Auzat et Val-de-Sos (Ariège) – Synthèse de l'étude de risques lié au phénomène d'effondrement localisé
- [3] GEODERIS (2012). Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – Volet « effondrement localisé ». Rapport GEODERIS N2012/010DE – 12NAT2210, 38 p., 5 ann.

ANNEXE A

Approche volumétrique déterministe de la hauteur de remontée de cloche de fontis

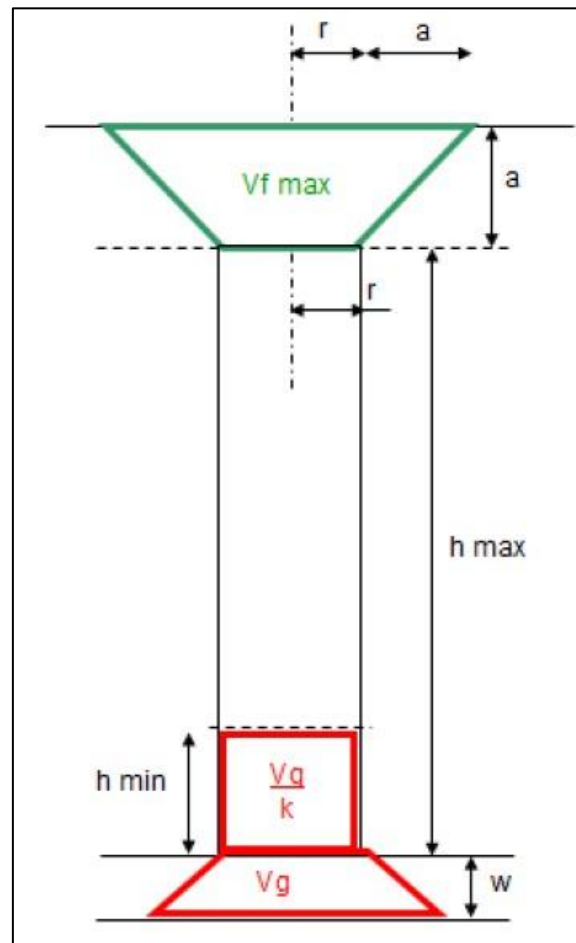
Dans le cas où un effondrement du toit d'une excavation souterraine est susceptible de survenir, une montée de voûte peut être initiée. Ce mécanisme peut se propager vers la surface (montée de cloche de fontis ou ruptures de bancs successifs).

Ce phénomène peut être bloqué par :

- L'existence d'un banc rocheux suffisamment résistant pour supporter la contrainte sans se ruiner ;
- Le phénomène d'auto-comblement (les terrains éboulés envahissent les volumes disponibles, ils foisonnent et de fait, suppriment les vides nécessaires à la poursuite du mécanisme) ;

Le phénomène généralement « restreint » de désordres observés ne permet pas, à lui seul, d'établir la profondeur limite à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface devient nul.

Il est possible d'estimer la hauteur maximale de remontée de fontis à partir d'un modèle de calcul prenant en compte en particulier les caractéristiques géométriques des cavités résiduelles (V_g), le coefficient de foisonnement (k) et l'angle de talus naturel des terrains constituant le recouvrement.



Modélisation de la formation d'un fontis

Pour se faire, l'INERIS a développé un outil de calcul s'appuyant sur une modélisation analytique des volumes mis en jeu lors de la propagation d'une cloche d'éboulement ou d'une rupture de bancs successifs.

Cet outil a été appliqué aux conditions des sites retenues, à savoir :

- Les valeurs du coefficient de foisonnement retenues sont issues de la classification RTR (Recommandations pour les Terrassements Routiers) (SETRA et LCPC, 1976) : 1,25 pour les moraines, 1,4 pour les schistes ;
- Les valeurs d'angles de talus naturels sont de 30° à 40° pour les moraines, 50° pour les schistes ;
- Les dimensions des galeries sont de 2 × 2 m.

Les ouvrages souterrains ont été considérés comme non remblayés d'après les archives disponibles.

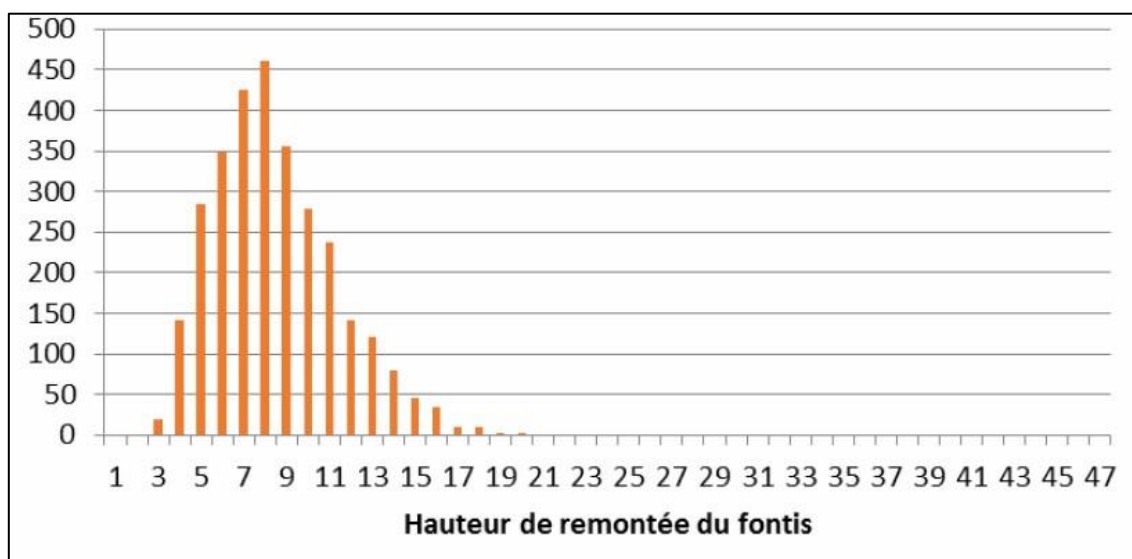
L'expérience montre que les fontis s'initient sur une largeur égale ou légèrement inférieure à la largeur totale de la galerie (rayon du fontis dans une gamme de 80% à 100% du rayon maximal possible).

Compte tenu de toutes ces variables, une approche probabiliste de calculs de hauteurs de remontée de voûte a été réalisée selon les configurations des deux ouvrages souterrains (travers-banc du Ranet et galerie de la République).

Les illustrations suivantes présentent pour chaque cas étudié, les résultats des calculs de hauteur maximale de remontée de voûte par suite de 3000 simulations de rupture de toit de galeries prises au hasard dans toutes leurs configurations.

- Cas d'une galerie avec un recouvrement constitué de schistes :

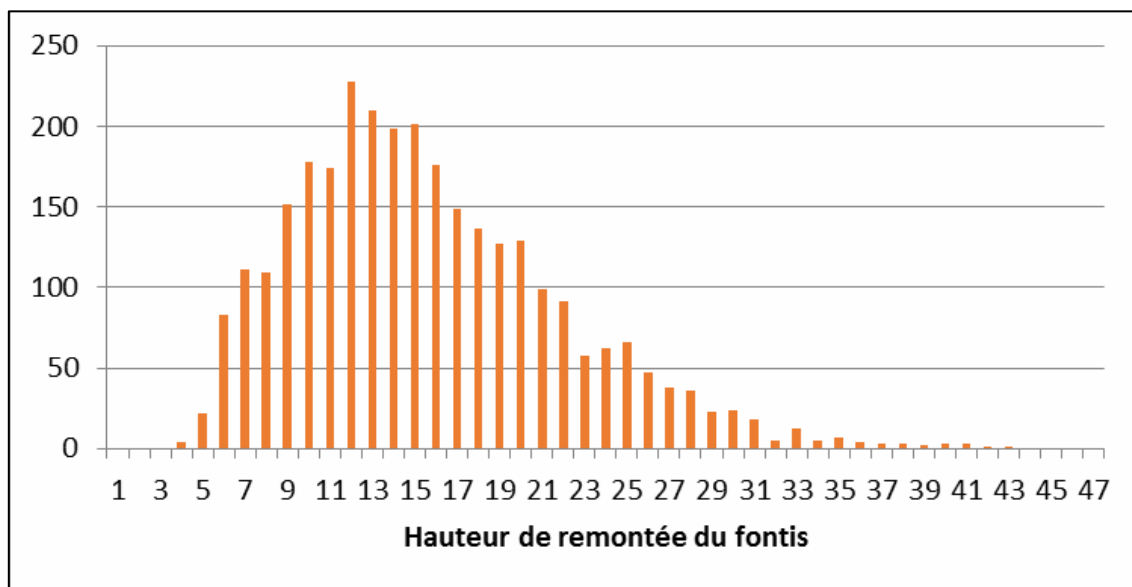
Dans 95% des cas, le désordre se trouve bloqué en-deçà d'une quinzaine de mètres de profondeur. Une hauteur de remontée de 20 m pour les cas les plus défavorables de galeries au sein d'un terrain schisteux est cependant possible.



Répartition des simulations (ordonnées) pour l'évaluation des hauteurs de remontée de fontis (abscisses en mètres). Encaissant terrains rocheux

- Cas de la galerie avec un recouvrement constitué de moraines et colluvions de pente :

Dans 95% des cas, le désordre se trouve bloqué en-deçà d'environ 35 m de profondeur. Une hauteur de remontée de 40 m pour les cas les plus défavorables de galeries au sein d'un terrain composé de moraines et de colluvions de pentes, est cependant possible.



Répartition des simulations (ordonnées) pour l'évaluation des hauteurs de remontée de fontis (abscisses en mètres). Encaissant terrains morainiques et colluvions de pente

ANNEXE B

Carte informative de la commune de Val-de-Sos révisée en novembre 2020

(Hors texte)

Carte informative

Commune de VAL-DE-SOS (09)

Légende :

Ouvrages

■

Puits matérialisé

■

Puits localisé

Ω

Galerie matérialisée

Ω

Galerie localisée

◆

Descenderie matérialisée

◆

Descenderie localisée

⚙

Exhaure

🏠

Installation de traitement

Désordres

■

Désordre ponctuel

■

Zone de désordre

Dépôts

■

Zone de dépôt

Travaux de surface

⚡

Indices de travaux de surface

■

Grattage - Tranchée - Découverte

Travaux souterrains

⚡

Indices de travaux souterrains

■

Galerie - Bure - Travers-banc

Emprise d'exploitation

■

Travaux localisés suite à EDA

■

Zone potentiellement exploitée d'après EDA

Limites administratives

■

Limites de titres miniers

■

Limites de commune

Echelles :

Localisation : 1/25 000

Zooms : 1/1 500 et 1/2 500

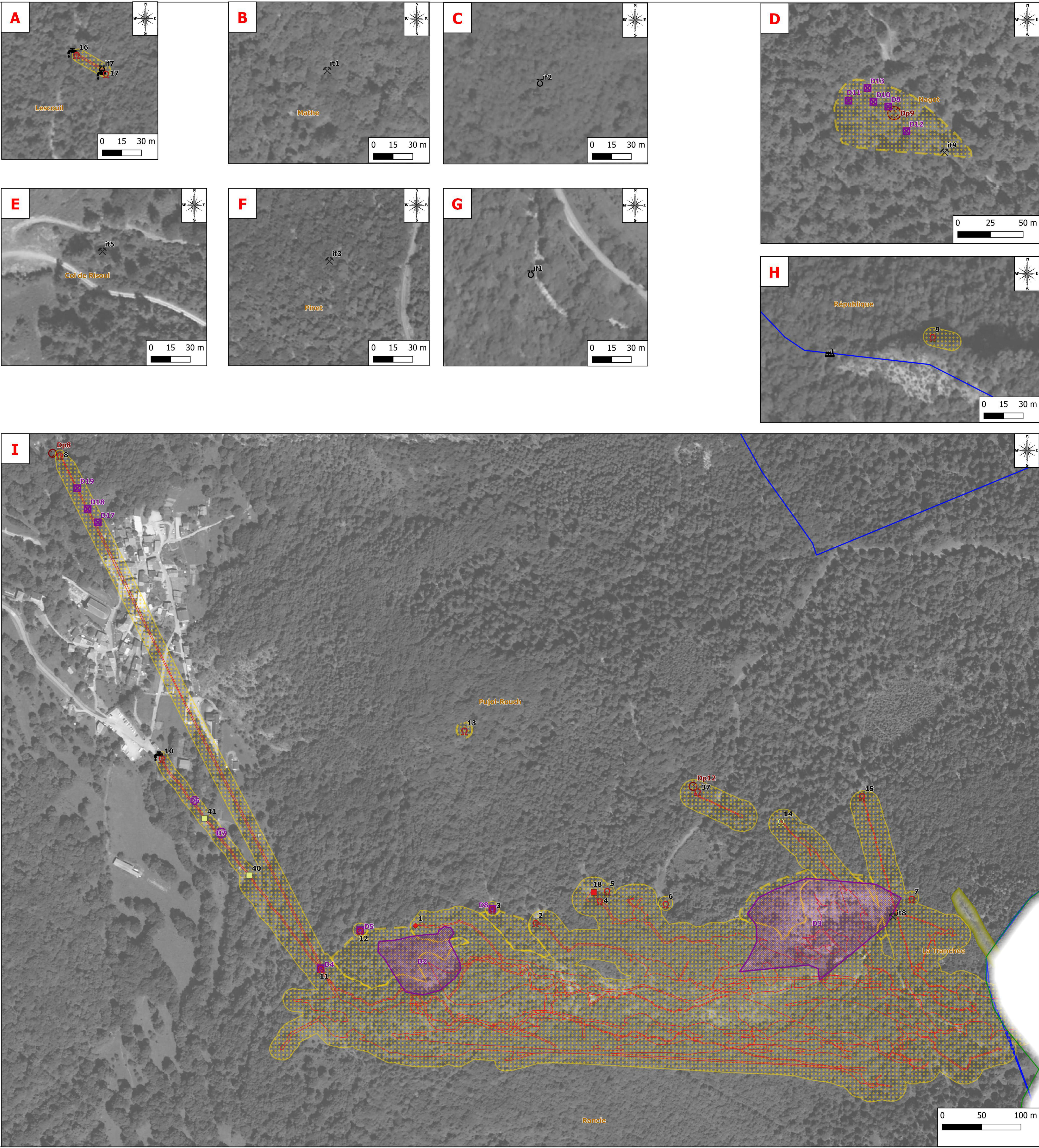
Fonts cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2008 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de l'IGN

GEODERIS 2020/205DE

Annexe B



ANNEXE C

**Cartes de l'aléa effondrement localisé des communes
d'Auzat et de Val-de-Sos, révisées en novembre 2020**

(Hors texte)

Carte de l'aléa effondrement localisé

Commune de AUZAT (09)

Légende :

- Ouvrages

 - Puits matérialisé
 - Puits localisé
 - Galerie matérialisée
 - Galerie localisée
 - Descenderie matérialisée
 - Descenderie localisée
- Aléas

 - Effondrement localisé faible
 - Effondrement localisé moyen
 - Effondrement localisé fort
- Limites administratives

 - Limites de titres miniers
 - Limites de communes

Echelles :

Localisation : 1/25 000

Zooms : 1/2 000

GEODERIS

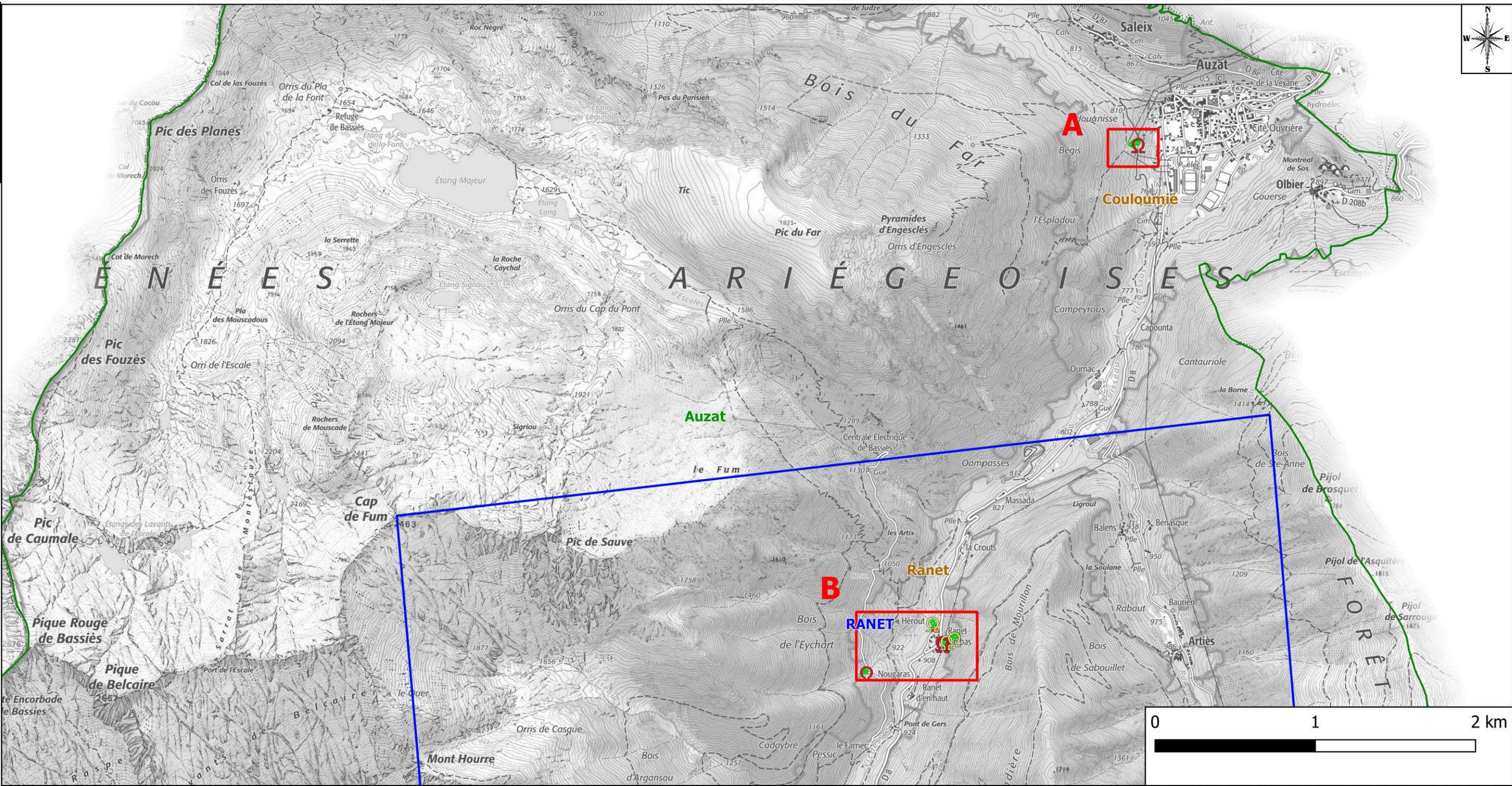
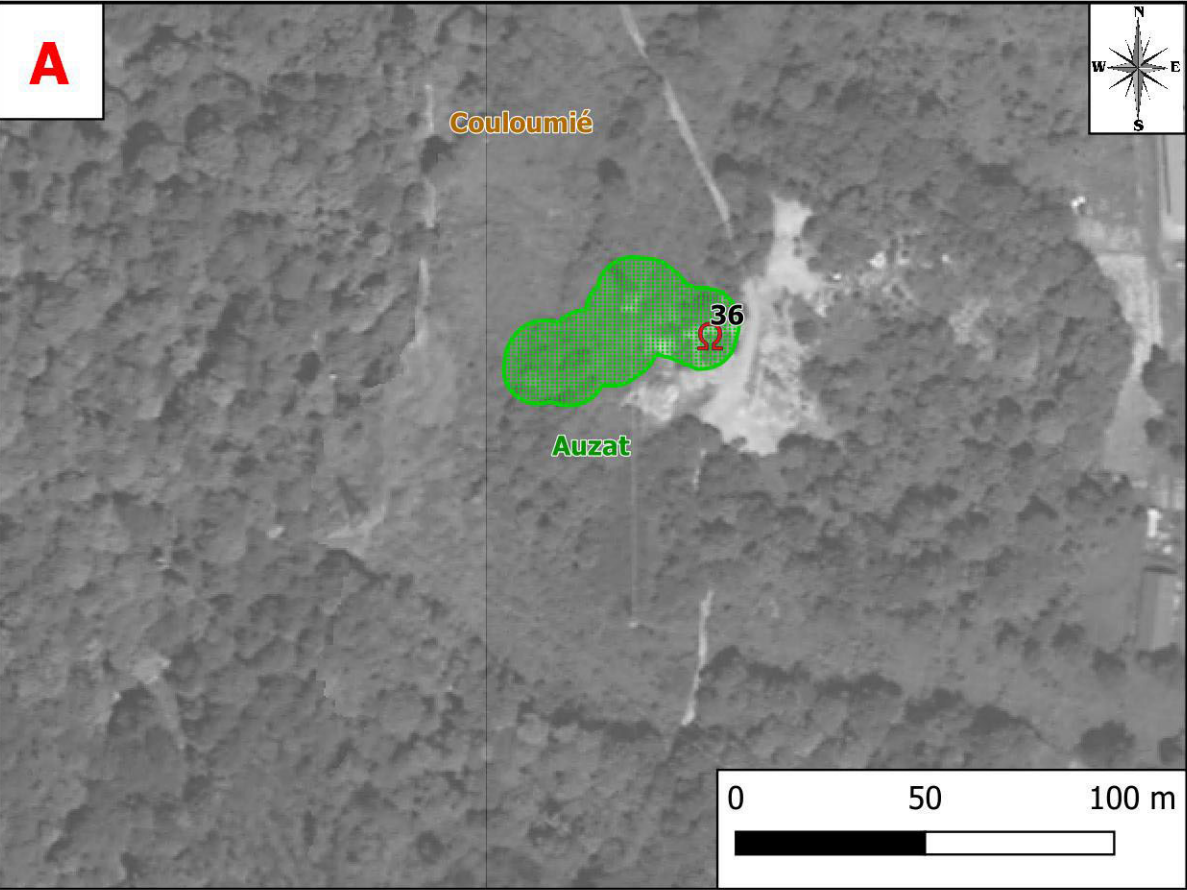
Fonts cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2008 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de l'IGN

Annexe C

GEODERIS 2020/205DE



Carte de l'aléa effondrement localisé

Commune de VAL-DE-SOS (09)

Légende :

Ouvrages

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Ω Galerie matérialisée
- Ω Galerie localisée
- ◆ Descenderie matérialisée
- ◆ Descenderie localisée

Aléas

- Effondrement localisé faible
- Effondrement localisé sur puits faible
- Effondrement localisé moyen
- Effondrement localisé fort
- Effondrement localisé sur puits fort

Limites administratives

- Limites de titres miniers
- Limites de commune

Echelles :

Localisation : 1/25 000
Zooms : 1/1 500 et 1/2 500

GEODERIS

Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2008 selon le protocole IGN/MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de l'IGN

Annexe C

GEODERIS 2020/205DE

