



MINES DU SALAT
10 Allée de l'Ecole
09600 Dun

Projet Couflens – Mine de Salau

Note technique de stratégie d'investigation sur la problématique amiante

Note rédigée pour le compte de VARISCAN Mines, exploitant

du PERM

Prélèvements de roches par martelage

Annexe 2 du cahier des charges

Version 5.0 du 13/12/2018

Cette note technique se place dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires générés par les travaux réalisés lors de l'exploration du gisement de Salau par la société Mines du Salat. Elle a pour but de décrire la stratégie d'échantillonnage qui sera mise en œuvre durant les prélèvements relatifs à l'expertise « amiante ». En outre, elle est un complément technique du chapitre « matériaux concernés » rédigé dans le mode opératoire des prélèvements par martelage. La logique de l'évaluation du risque amiantifère développé dans ce document s'appuie sur le logigramme concernant les modalités de surveillance et de métrologie de l'amiante lors de travaux souterrains développé par le BRGM, la CARSAT et l'INRS (figure 1). Ainsi, l'analyse macroscopique a été conduite lors de la réalisation de la cartographie et a permis d'identifier la présence dans la recoupe R1 1230 de failles à amphibole fibreuse. La prochaine étape consistera donc à réaliser des prélèvements d'air et de roches pour les étudier en microscopie. Ces analyses couplées à l'examen structural de ces roches permettront de définir des guides géologiques précurseurs ou indiquant la proximité des zones à risques. Enfin, ces guides seront utilisés pour dresser un modèle géologique sur lequel sera établi des contraintes relatives sur les travaux qui seront réalisés sur les zones à risque. En fonction des résultats de l'étude, les moyens de protection adaptés seront mis en place pour garantir la sécurité des travailleurs.

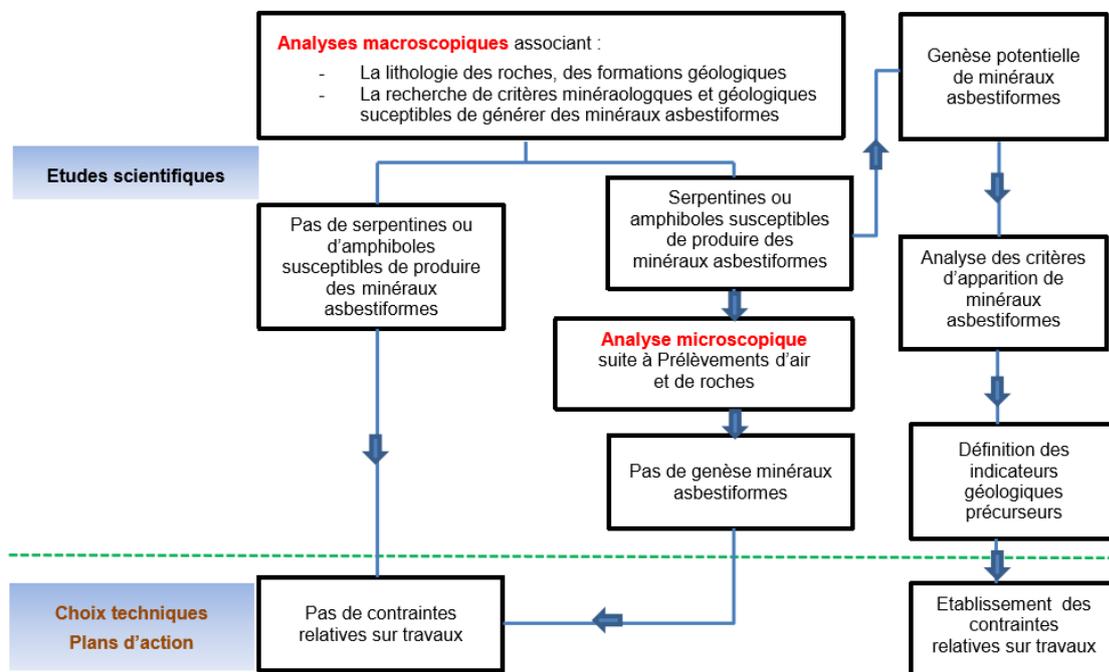


Figure 1 : Logigramme concernant les modalités de surveillance et de métrologie de l'amiante lors de travaux souterrains (BRGM, CARSAT, INRS)

L'objectif des prélèvements est de permettre de réaliser une étude pétrographique sur les échantillons de roche représentatifs ciblés. Ceci lui permettra de donner un avis sur la présence d'amiante dans les différentes lithologies rencontrées. Afin de proposer une stratégie d'échantillonnage optimale, la cartographie géologique précise des galeries (dans le périmètre qui sera mis en sécurité et concerné par les sondages d'exploration ; figures 2 et 3) a été réalisée durant le mois de juillet 2018 par notre géologue chef de projet (Thomas Poitrenaud). Le plan incliné qui descend à partir de la galerie 1230 vers la galerie 1165 fait partie du secteur de mise en sécurité et sera cartographié une fois que la galerie sera dénoyée. La cartographie réalisée a été validée par le tiers expert durant la première phase d'échantillonnage sur roches susceptibles de ne pas contenir d'amiante. Ces prélèvements en zone verte ont été réalisés suite à la demande de la CLICS pour les besoins d'évaluation de sécurité pour les intervenants lors des mises en sécurité. Ils valent également pour l'évaluation préliminaire des risques.

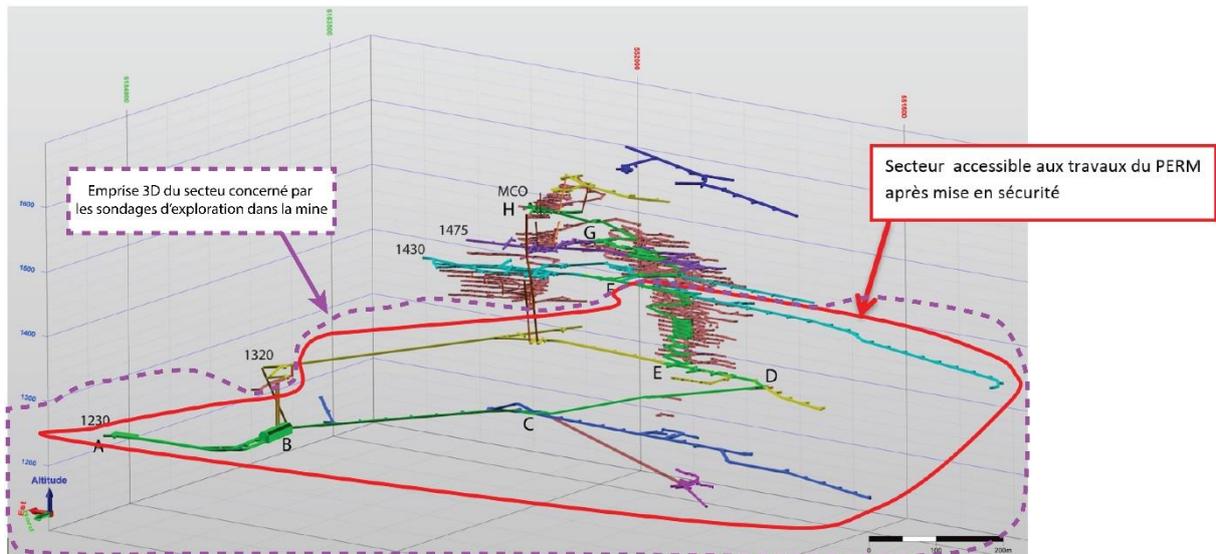


Figure 2 : Représentation 3D du secteur mis en sécurité (trait rouge) et du secteur concerné par les sondages d'exploration (trait violet en pointillé).

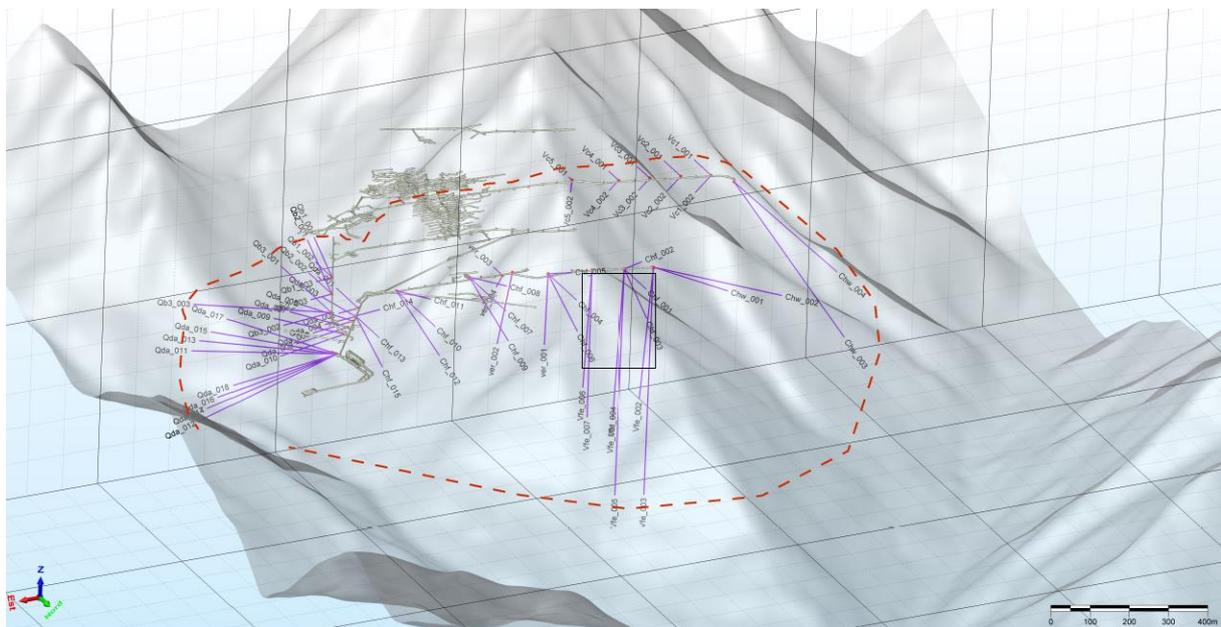


Figure 3 : Représentation 3D du secteur mis en sécurité (trait pointillé rouge) montrant la position des sondages d'exploration qui seront réalisés (en violet).

Cette première mission couplée à la cartographie précise a donc permis de discriminer 3 catégories de roches (résumées dans le tableau 1) :

- zones vertes ou roches susceptibles de ne pas contenir d'amiante et/ou de minéraux pouvant émettre des PMAi ;
- zones oranges ou roches susceptibles de contenir de l'amiante et/ou des minéraux pouvant émettre des PMAi ;
- zones rouges ou roches contenant de l'amiante.

Classification des roches du secteur mis en sécurité - mine de Salau		
Zones vertes	Zones oranges	Zones rouges
Granodiorite saine	Skarns à proximité de failles quartzieuses	Filons à amphibole fibreuse
Calcaires et Marbres	Granodiorite altérée (épidotisée)	
Schistes du Mont Rouch	Filons à épidote	
Sulfures massifs seuls	Brèches hydrothermalisées	
Faille à quartz	Sulfures massifs recoupant des skarns	
Faille à quartz et calcite	Diorites à hornblende	
Faille à quartz, calcite et chlorite		
Faille à quartz, calcite et sulfures		
Faille à quartz et sulfures		
Filons d'aplite		
Skarns sains		

Tableau 1 : Classification des roches du secteur mis en sécurité de la mine de Salau

Cette cartographie validée est le document de base pour choisir le site de prélèvement des échantillons représentatifs d'une lithologie ou d'un contexte géologique particulier dans les zones oranges et rouges (voir tableau 1, 2 et figures 8 à 24).

Le but de l'opération de martelage sera de prélever toutes les lithologies des différents contextes géologiques rencontrés dans le périmètre de mise en sécurité de la mine. Par analogie, les conclusions de l'étude pétrographique des échantillons représentatifs pourront être étendues à l'ensemble des lithologies ou contextes similaires représentés (suivant la carte géologique établie et contrôlée, voir l'organigramme de stratégie d'échantillonnage en figure 2).

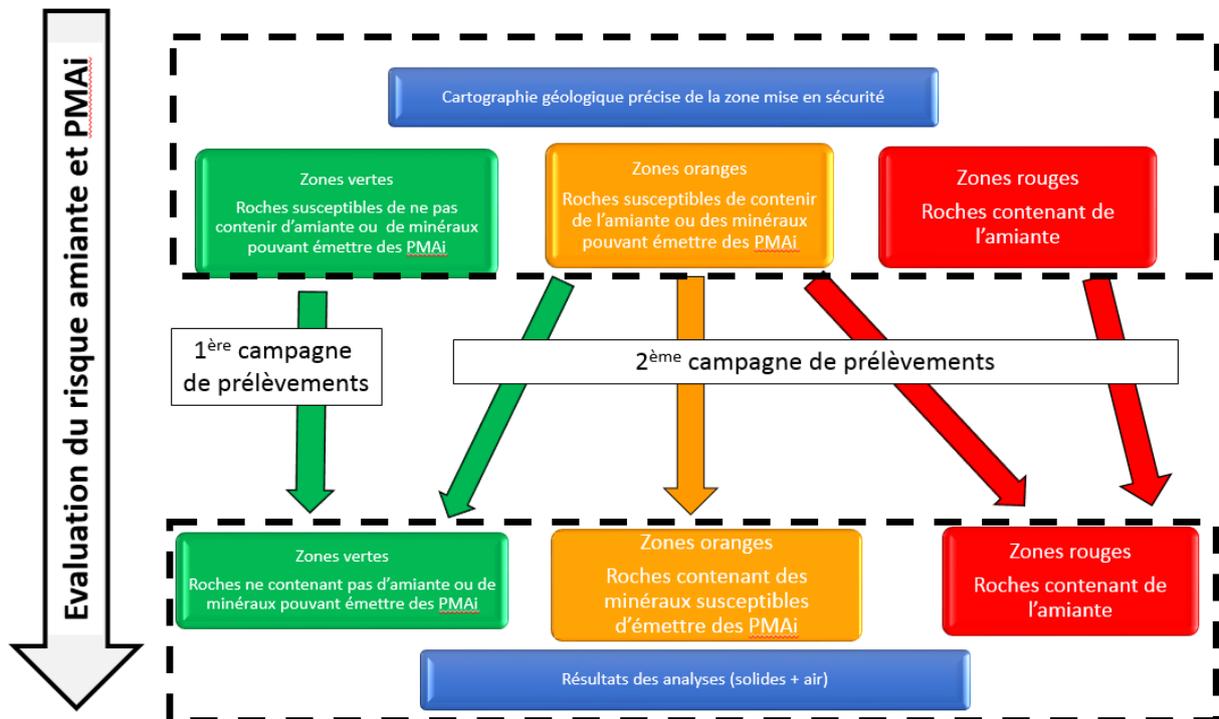


Figure 4 : Organigramme général de la stratégie d'échantillonnage amiante et PMAI

Dans ce cadre (étant donné les informations de la cartographie), tous les différents contextes et lithologies représentatifs peuvent être échantillonnés à partir de la galerie 1230. Les lithologies qui feront l'objet de prélèvements sont les suivantes :

- Filons à amphibole fibreuse : ils sont chronologiquement tardifs par rapport à la minéralisation en scheelite qu'ils recoupent. Ils constituent un système de failles conjuguées (N40 – N340) à pendage fort (50 – 80°) et de direction ouest. Quelques fentes de tension sub horizontales et figures C-S dans l'encaissant semblent souligner le jeu inverse et décrochant de ces filons tardifs. Macroscopiquement, l'amphibole est verte ou blanche, fibreuse, de dimension millimétrique à centimétrique et constitue la strie du plan de faille (tantôt à forte pente soulignant le jeu inverse, tantôt à faible pente soulignant le décrochement). Ils semblent continus sur plusieurs dizaines de mètres avant de disparaître (morphologie lenticulaire). Leur puissance n'excède pas 1 cm. Ces filons particuliers n'ont été cartographiés que dans la galerie R1 du niveau 1230.
- Skarns : Les skarns à grenat (grossulaire), pyroxène (hédénbergite) et scheelite sont contemporains de la mise en place de la granodiorite de la Fourque vers 295 Ma. Ils se sont formés avant la mise en place de la faille Véronique et des sulfures massifs. Leur phase rétrograde comporte une rétro-morphose des grenats en épidote (clinozoïsite) et des pyroxènes en amphibole (ferroactinote). Ces amphiboles peuvent parfois être en contact avec du quartz dans les zones où les skarns ont été laminés par des couloirs tectoniques. Ce contexte particulier sera expertisé pour caractériser l'habitus de ces amphiboles. Ces skarns ont été cartographiés dans les zones de contact entre l'intrusion de la Fourque et les métasédiments carbonatés encaissants.
- Granodiorite altérée (épidotisation) : La granodiorite de la Fourque peut parfois être épidotisée à proximité des failles E-W de type Véronique. Ces zones sont toutefois peu fréquentes et ne se rencontrent qu'à certains endroits le long de la faille.
- Diorite à hornblende : Le massif intrusif de la Fourque présente plusieurs faciès dont un faciès de bordure à hornblende. La diorite quartzique est un faciès sombre à plagioclase, biotite et hornblende abondantes. Ce faciès est souvent présent en enclaves dans la granodiorite.
- Autres filons à épidote et zones de faille (brèches hydrothermales) : Quelques filons à quartz - épidote sont satellites de la faille Véronique. Ils présentent généralement la même direction (E-W) avec un pendage assez fort vers le nord (70°). Des brèches hydrothermales peuvent également se trouver dans le cœur de la faille. Les clastes souvent décimétriques peuvent être de différente nature (granodiorite, skarn, marbres...).

Plusieurs auteurs (Derré et al., 1980 ; Fonteilles et al., 1989) ont décrit par le passé la présence régionale de trémolite dans les niveaux dolomitiques traversés par l'auréole de métamorphisme de contact associée à l'intrusion granodioritique de la Fourque. Ces niveaux dolomitiques correspondent à un passage latéral de faciès sédimentaire depuis l'Ouest (Salau) où le Dévonien est représenté par des calcaires vers l'Est (Saube) où ce même Dévonien est représenté par des dolomies. **Ces niveaux sédimentaires magnésiens ne sont présents que vers le secteur de Saube (à l'Est de Salau) et non présents dans le secteur de la mine de Salau.**

Le plan d'échantillonnage est détaillé ci-après (figure 2). La localisation des échantillons suivants sera déterminée avec le tiers expert, en fonction de la représentativité de chaque type lithologique déjà collecté. A l'issue des analyses réalisées par le tiers-expert, nous serons en mesure d'identifier les zones « vertes » (qui ne nécessiteront pas d'équipement amiante particulier) et les zones « oranges » ou « rouges » (où un équipement adéquat pour se prémunir du risque associé sera requis).

Les zones de prélèvements seront la galerie R1 1230 (qui présente l'avantage de faire affleurer la plupart des objets géologiques cités ci-dessus), les recoupes R14, R15, R18 et R19 1230 et plusieurs affleurements représentatifs de la galerie 1320 et 1430 pour tester les hypothèses énoncées et élargir le champ d'investigation. De cette manière une vérification complète des différentes zones (vertes, oranges et rouges) aura été réalisée. A partir du plan d'échantillonnage proposé, les zones de prélèvements précises seront choisies au cas par cas devant chaque affleurement des lieux cités ci-avant (avec l'avis du tiers expert) afin d'optimiser au mieux la représentativité de chaque lithologie citée (tableau 1) pour la tierce expertise. Un échantillonnage de contrôle pourra être réalisé à la fin de cette campagne en divers lieux de la mine, couvrant des contextes similaires ou identiques pour confirmer les hypothèses formulées.

La convention du Permis Exclusif de Recherches Couflens prévoit également l'évaluation de l'empoussièrement au sol et sur les parois des anciens travaux. Ces poussières ont pu se déposer en aval aéraire des chantiers d'exploitation, des installations de manutention et de la laverie. L'aéraire de la mine était organisé du bas vers le haut. L'orifice 1230 et la laverie (avec la station de concassage) étaient en entrée d'air. Les ventilateurs à 1320 et 1430 assuraient cette ventilation montante en toutes saisons. Les poussières les plus fines, celles qui pourraient contenir des fibres, étaient donc véhiculées dans toute la mine. Les points d'accumulation les plus représentatifs se trouvent près des émissions de poussières et /ou dans des zones de détente de l'aéraire. Le point de déversement du convoyeur 1230/1320, en cul de sac peu ventilé, la trémie de déversement sur le convoyeur 1230 des chargeurs transporteurs en provenance des chantiers de 1165, l'extrémité ouest de la laverie en aval aéraire de l'accumulateur du concassage et les deux têtes de gaines de puits d'aéraire à 1320 et 1430 constituent des points où peuvent être effectués des prélèvements représentatifs des poussières fines produites et véhiculées dans les galeries. Ceci ajoute cinq points de prélèvements à réaliser en plus des prélèvements réalisés par BRGM SA à la lingette sur les transformateurs situés en face de la laverie.

En outre, la cartographie des galeries du périmètre d'exploration a permis d'établir le modèle géologique prédictif des zones contenant de l'amiante :

Description des affleurements observés : Les filons à amphibole fibreuse constituent la cible principale de l'étude de tierce expertise. Ils sont chronologiquement tardifs par rapport à la minéralisation en scheelite qu'ils recoupent. Ils constituent un système de failles conjuguées (N40 – N340) à pendage fort (50 – 80°) et de direction ouest (figure 5). Quelques fentes de tension sub horizontales et figures C-S dans l'encaissant semblent souligner le jeu inverse et décrochant de ces filons tardifs. Macroscopiquement, l'amphibole est verte ou blanche, fibreuse, de dimension millimétrique à centimétrique et constitue la strie du plan de faille (tantôt à forte pente soulignant le jeu inverse, tantôt à faible pente soulignant le décrochement). Ils semblent continus sur plusieurs dizaines de mètres avant de disparaître (morphologie lenticulaire). Leur puissance n'excède pas 1 cm. Il existe également quelques fentes de tension N-S tapissées d'amphibole fibreuses dont l'axe est perpendiculaire à l'éponte des fentes. Dans la zone d'exploration, ces filons particuliers n'ont été cartographiés que dans la galerie R1 du niveau 1230.

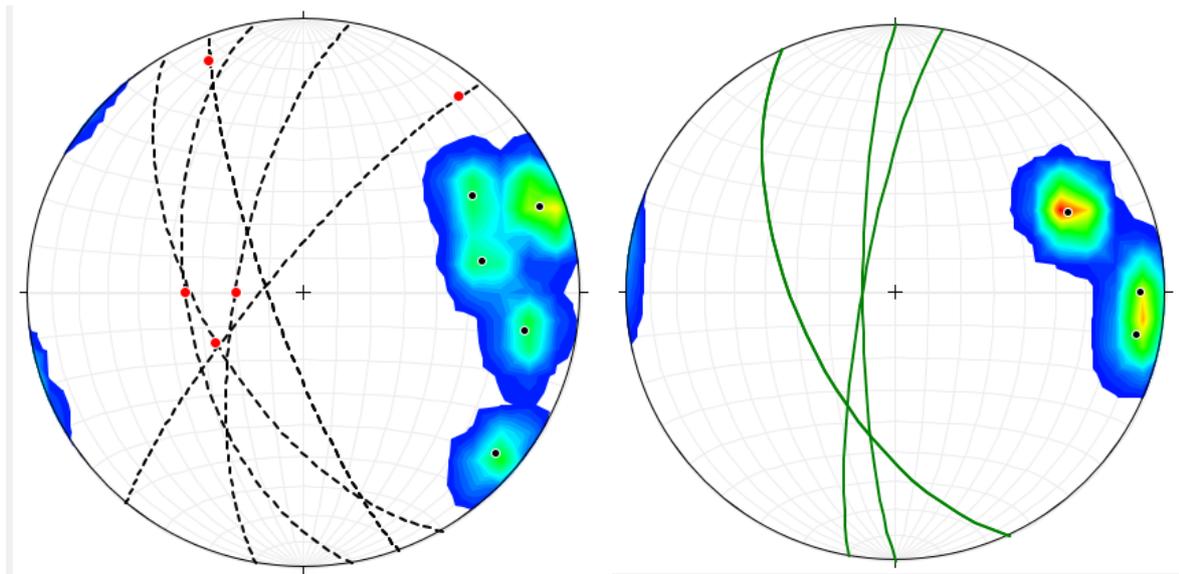


Figure 5 : Stéréogrammes des filons (à gauche, avec stries et pôles ; $n=6$) et des fentes de tensions (à droite, avec pôles ; $n=4$) à amphibole fibreuse

La formation contemporaine de fentes de tension N-S et de filons dextres-inverses à amphibole fibreuse, peut s'expliquer avec un modèle de Riedel où la contrainte maximale (σ_1) est Nord - Sud et la contrainte minimale (σ_3) est Est - Ouest (figure 6).

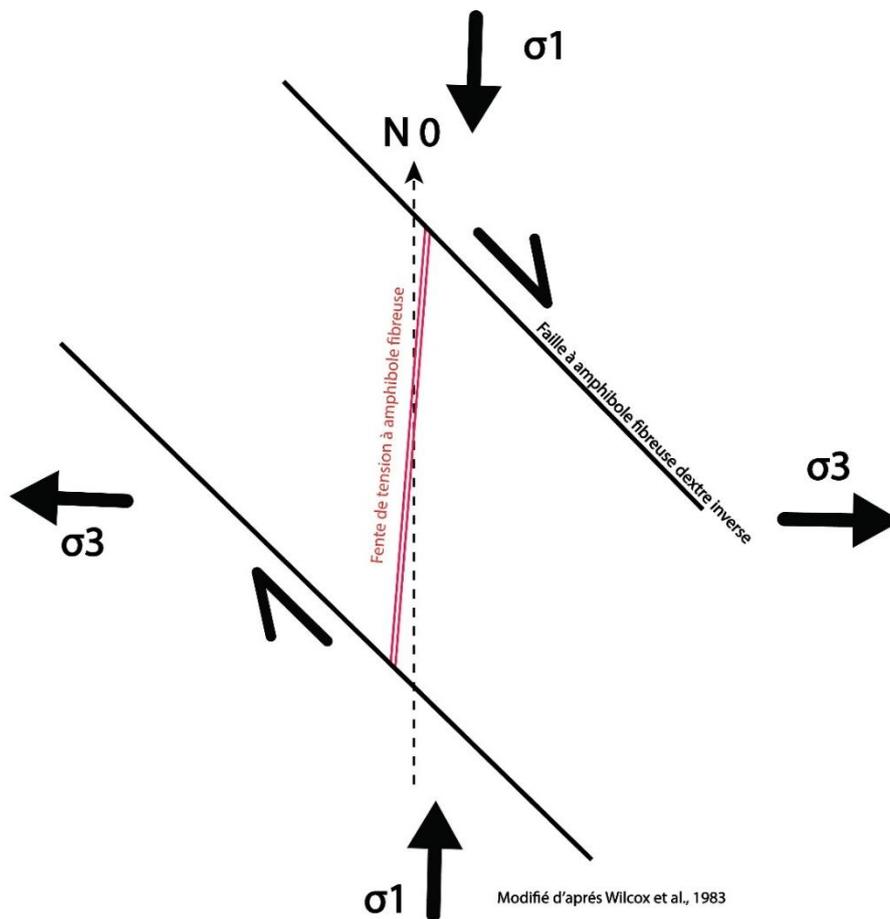


Figure 6 : Modèle de Riedel pouvant expliquer la formation contemporaine de fentes de tension N-S et de failles dextres inverses à amphiboles fibreuses (modifié d'après Wilcox et al., 1983)

Données issues de la bibliographie et modèle prédictif : D'après les études historiques concernant l'amiante dans la mine de Salau, la Société Minière d'Anglade dans son rapport n° 23 838/S de novembre 1983 présente les affleurements où des minéraux fibreux ont été recensés. Il apparaît que ces affleurements sont globalement situés dans la zone du Bois d'Anglade ou à son aplomb et dans les parties supérieures de Véronique, exclusivement à proximité de contacts lithologiques N-S. Le secteur de la faille Véronique ne semble pas concerné. La cartographie du secteur mis en sécurité nous a montré que la recoupe R1 contenait des amphiboles fibreuses. Cette recoupe est située en aval à l'est du Bois d'Anglade. La coupe synthétique ci-dessous (figure 7) récapitule les différents niveaux où ces amphiboles ont été observées et permet de se rendre compte que le Bois d'Anglade et la partie supérieure de Véronique semble correspondre à une zone de faiblesse (contact intrusif-encaissant N-S). Il peut être formulé l'hypothèse que cette zone de contraste rhéologique ait été propice au développement de ces fentes de tension et de ces filons dextres-inverses à amphibole fibreuse selon un modèle de Riedel.

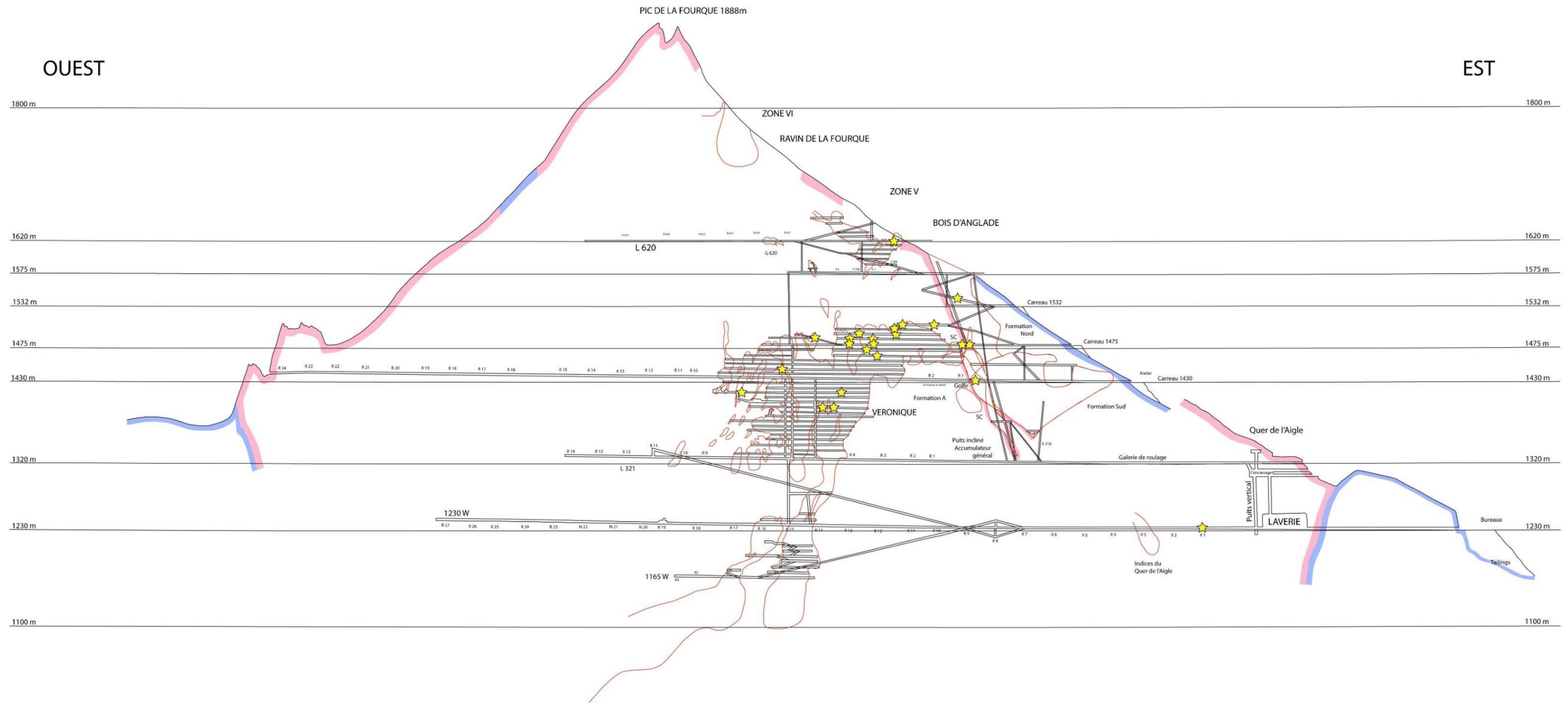


Figure 7 : Coupe synthétique Est - Ouest du gisement de Salau montrant la localisation des affleurements à amphibole fibreuse observés (étoiles jaunes ; historiquement et lors de la cartographie de repérage). Les filons semblent se concentrer au niveau de zones N-S de contraste rhéologique entre la granodiorite et l'encaissant carbonaté.

Afin de prédire la localisation de ces structures porteuses d'amphibole fibreuse lors des futurs travaux d'exploration, il faut se reporter à la coupe ci-dessus (figure 7). La zone du Bois d'Anglade et son aval dans l'axe de la recoupe R1 à 1230 semble être propice au développement de ces failles. Lors des travaux d'exploration ne permettant pas d'identifier directement la géologie au préalable (sondages), il conviendra de s'assurer que des failles similaires ne soient pas présentes à proximité ou que les travaux ne se situent pas dans le prolongement d'un axe porteur orienté N-S. Le cas échéant, les mesures de protection au travail devront être adaptées aux mesures d'empoussièrement enregistrées lors des tests.

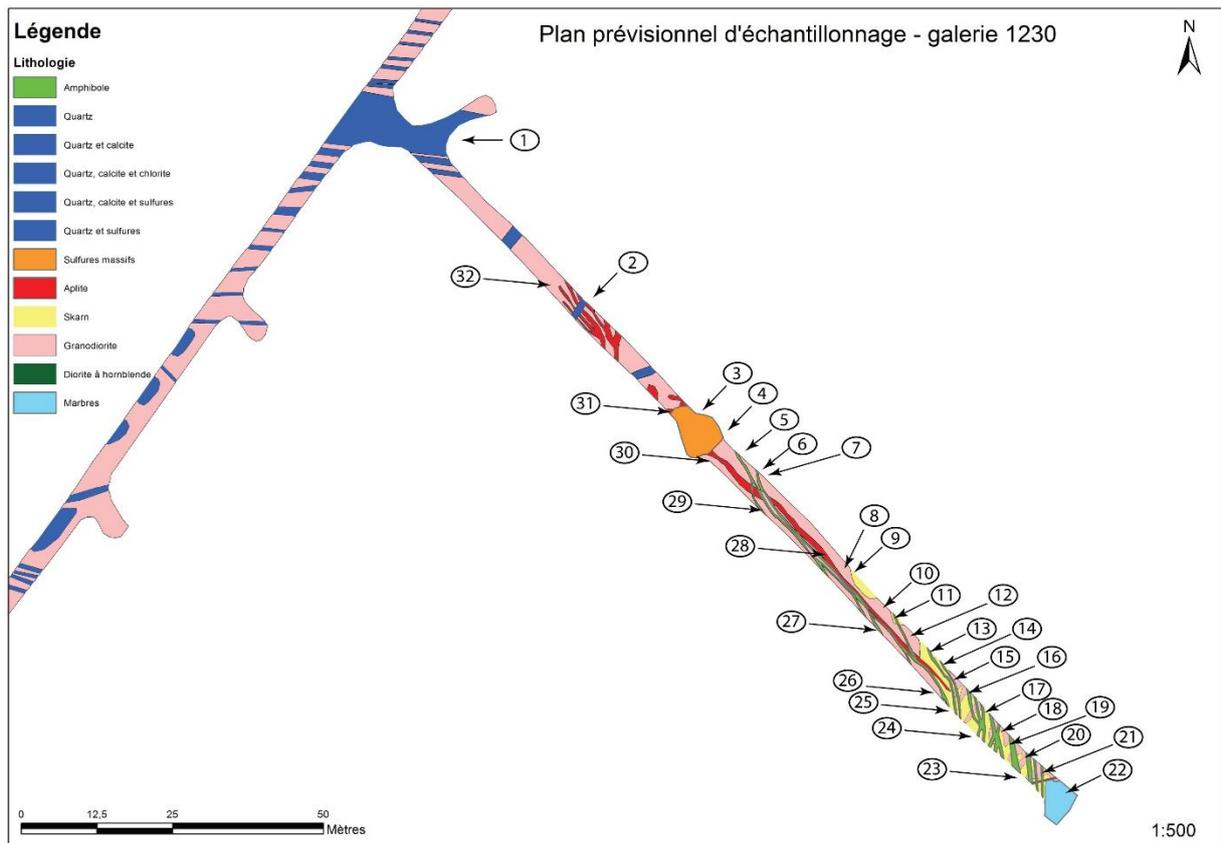


Figure 8 : Plan prévisionnel d'échantillonnage de la galerie R1 1230

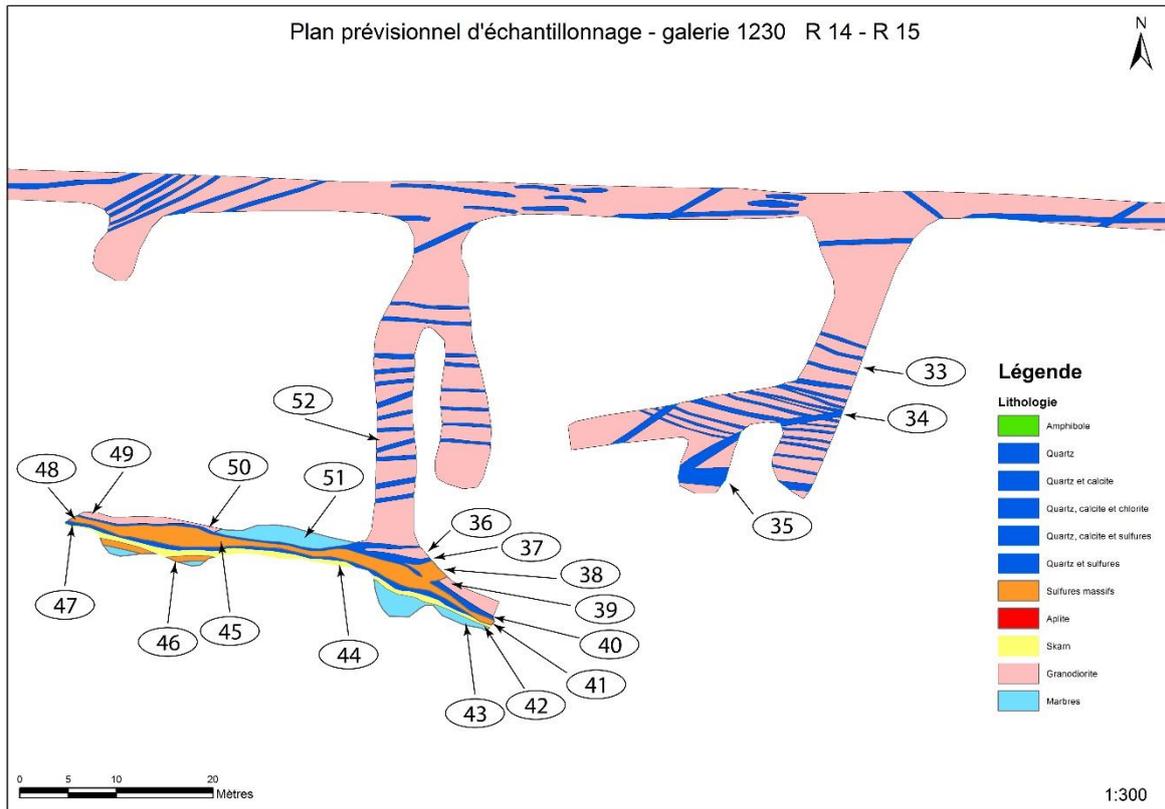


Figure 9 : Plan prévisionnel d'échantillonnage de la galerie R14 – R15 1230

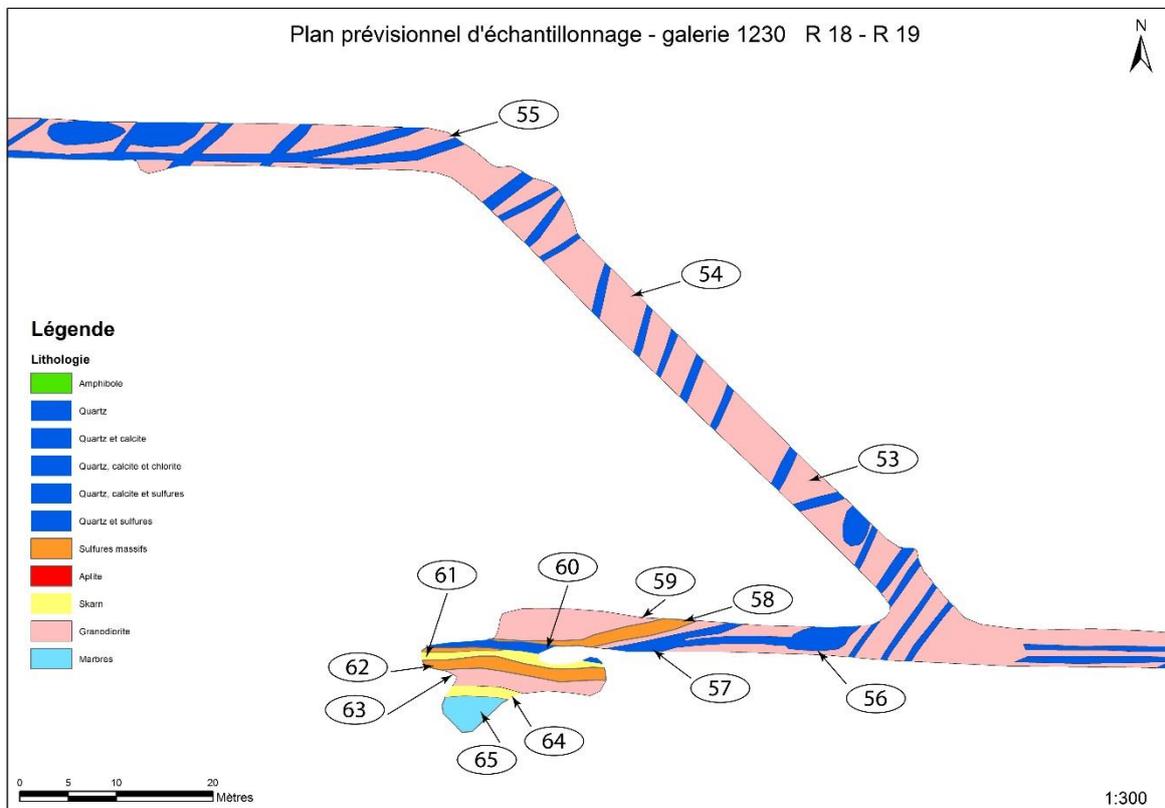


Figure 10 : Plan prévisionnel d'échantillonnage de la galerie R18 – R19 1230

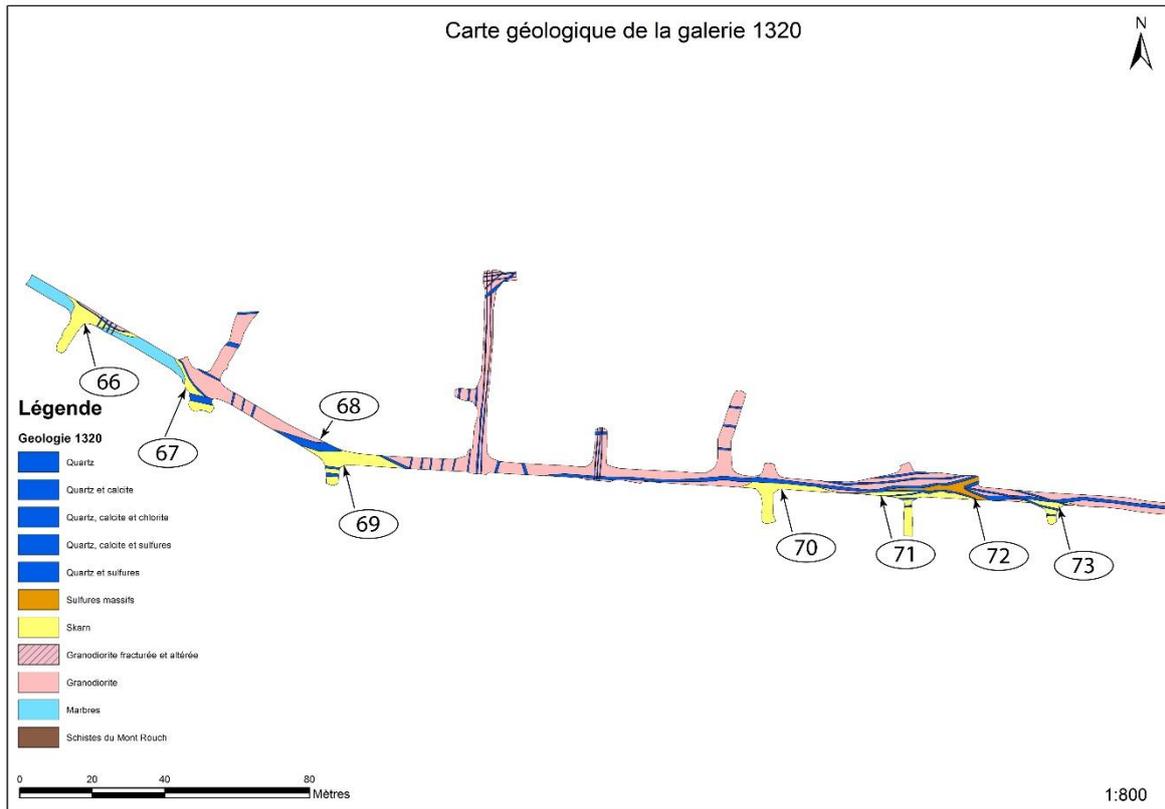


Figure 11 : Plan prévisionnel d'échantillonnage de la galerie 1320

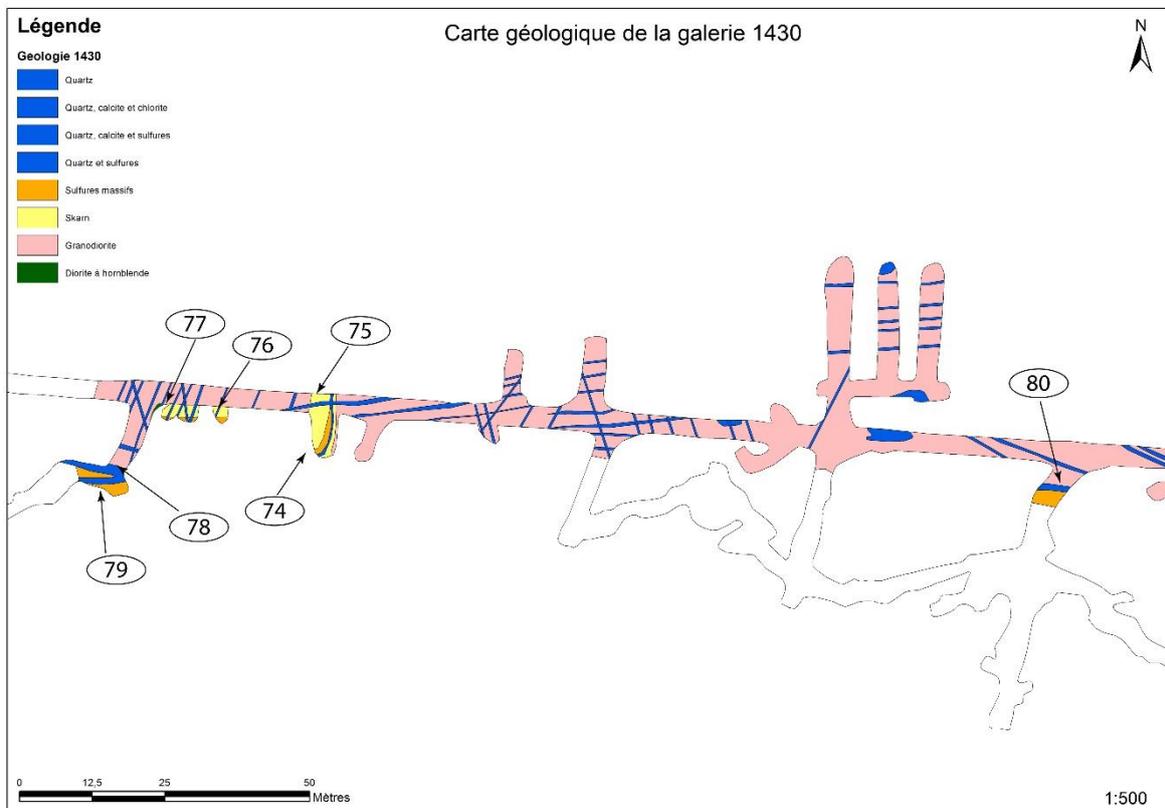


Figure 12 : Plan prévisionnel d'échantillonnage de la galerie 1430

Plan prévisionnel d'échantillonnage		
Numéro d'échantillon	Description	Lieu
1	Faille à quartz et sulfures	R1 1230
2	Faille à quartz, calcite et sulfures	R1 1230
3	Sulfures massifs	R1 1230
4	Sulfures massifs	R1 1230
5	Filon à amphibole fibreuse millimétrique avec une stripe pleine pente (90°)	R1 1230
6	Filon à amphibole fibreuse millimétrique avec une stripe pleine pente (90°)	R1 1230
7	Granodiorite	R1 1230
8	Granodiorite	R1 1230
9	Skarn à grenat et scheelite peu abondante	R1 1230
10	Granodiorite	R1 1230
11	Filon à amphibole fibreuse blanche (strie pleine pente)	R1 1230
12	Granodiorite	R1 1230
13	Fente de tension à amphibole fibreuse blanche et calcite (strie perpendiculaire aux épontes)	R1 1230
14	Fente de tension à amphibole fibreuse blanche et calcite (strie perpendiculaire aux épontes)	R1 1230
15	Granodiorite	R1 1230
16	Filon à amphibole fibreuse blanche - verte (strie pleine pente 90°)	R1 1230
17	Skarn à grenat et scheelite peu abondante	R1 1230
18	Granodiorite	R1 1230
19	Fente de tension à amphibole fibreuse blanche - verte (strie perpendiculaire aux épontes)	R1 1230
20	Filon à amphibole fibreuse blanche - verte (strie 10°N - décrochement)	R1 1230
21	Diorite à hornblende	R1 1230
22	Marbres	R1 1230
23	Skarn à grenat et scheelite peu abondante	R1 1230
24	Filon à amphibole fibreuse blanche - verte (strie 10°N - décrochement)	R1 1230
25	Skarn à grenat et scheelite peu abondante	R1 1230
26	Granodiorite	R1 1230
27	Filon à amphibole fibreuse blanche (strie pleine pente)	R1 1230
28	Aplite	R1 1230
29	Filon à amphibole fibreuse millimétrique avec une stripe pleine pente (90°)	R1 1230
30	Granodiorite	R1 1230
31	Aplite	R1 1230
32	Granodiorite	R1 1230
33	Granodiorite	R14 1230
34	Faille à quartz, calcite et sulfures	R14 1230
35	Faille à quartz, calcite et sulfures	R14 1230
36	Granodiorite	R15 1230
37	Faille à quartz et sulfures massifs (faille Véronique dextre inverse)	R15 1230
38	Sulfures massifs	R15 1230
39	Granodiorite	R15 1230
40	Faille à quartz et sulfures massifs (faille Véronique dextre inverse)	R15 1230
41	Sulfures massifs	R15 1230
42	Skarn	R15 1230
43	Marbres	R15 1230
44	Skarn	R15 1230
45	Sulfures massifs	R15 1230
46	Sulfures massifs	R15 1230
47	Faille à quartz et sulfures massifs (faille Véronique dextre inverse)	R15 1230
48	Sulfures massifs	R15 1230
49	Granodiorite	R15 1230
50	Granodiorite	R15 1230
51	Marbres	R15 1230
52	Granodiorite	R15 1230
53	Granodiorite	R18 1230
54	Granodiorite	R18 1230
55	Granodiorite	R18 1230
56	Granodiorite	R19 1230
57	Faille à quartz, calcite et sulfures	R19 1230
58	Sulfures massifs	R19 1230
59	Granodiorite	R19 1230
60	Faille à quartz et sulfures (faille Véronique ?)	R19 1230

Plan prévisionnel d'échantillonnage		
Numéro d'échantillon	Description	Lieu
61	Skarn	R19 1230
62	Sulfures massifs	R19 1230
63	Granodiorite	R19 1230
64	Skarn	R19 1230
65	Marbres	R19 1230
66	Skarn	1320
67	Skarn	1320
68	Granodiorite	1320
69	Skarn	1320
70	Skarn	1320
71	Skarn	1320
72	Sulfures massifs	1320
73	Skarn	1320
74	Sulfures massifs	1430
75	Skarn	1430
76	Skarn	1430
77	Diorite à hornblende	1430
78	Granodiorite	1430
79	Sulfures massifs	1430
80	Granodiorite	1430

Tableau 2 : Liste prévisionnelle des échantillons qui seront prélevés lors de la deuxième campagne de collecte

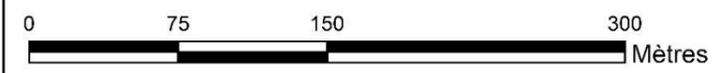
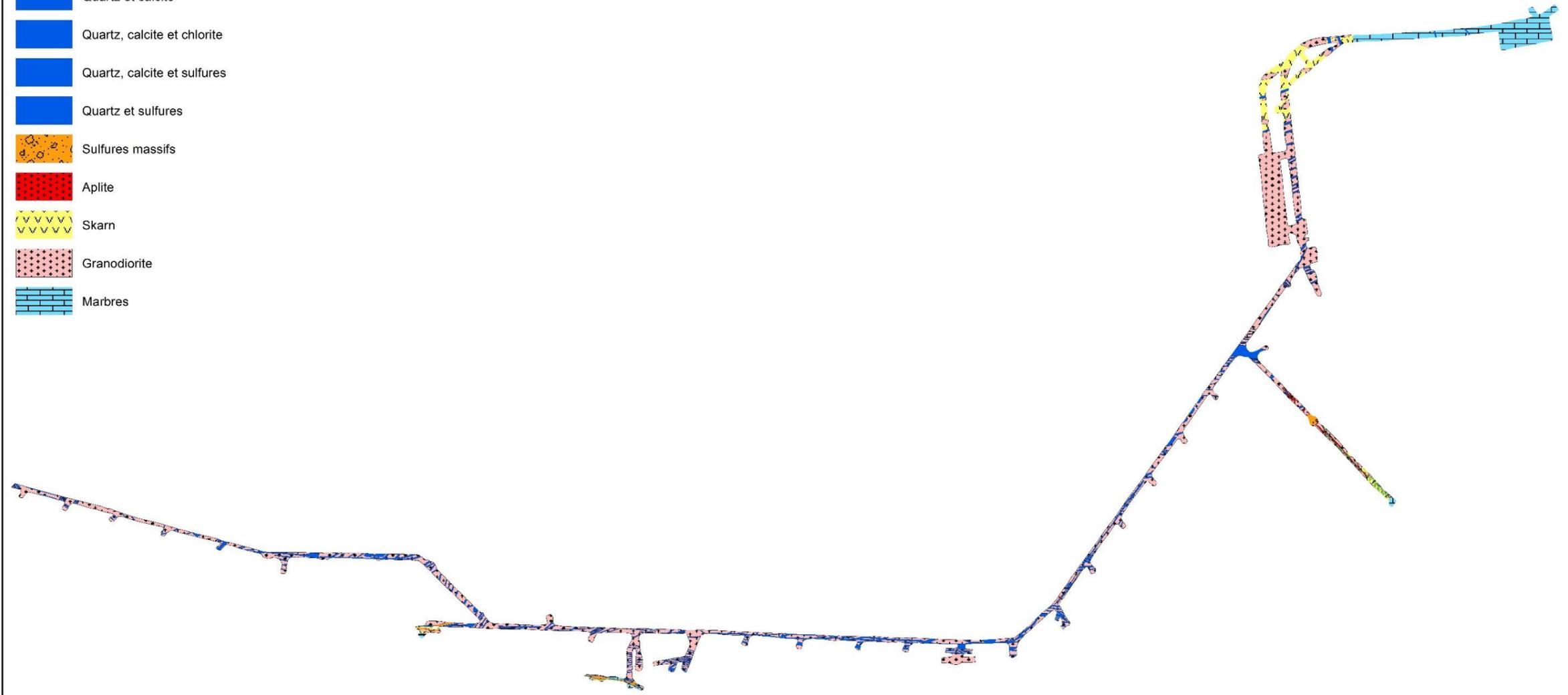
Légende

Galerie 1230



Lithologie

-  Amphibole
-  Quartz
-  Quartz et calcite
-  Quartz, calcite et chlorite
-  Quartz, calcite et sulfures
-  Quartz et sulfures
-  Sulfures massifs
-  Aplite
-  Skarn
-  Granodiorite
-  Marbres



1:3 000

Figure 13 : Cartographie géologique détaillée du niveau 1230

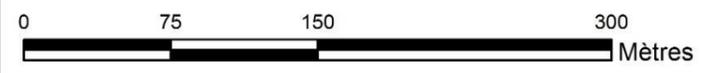
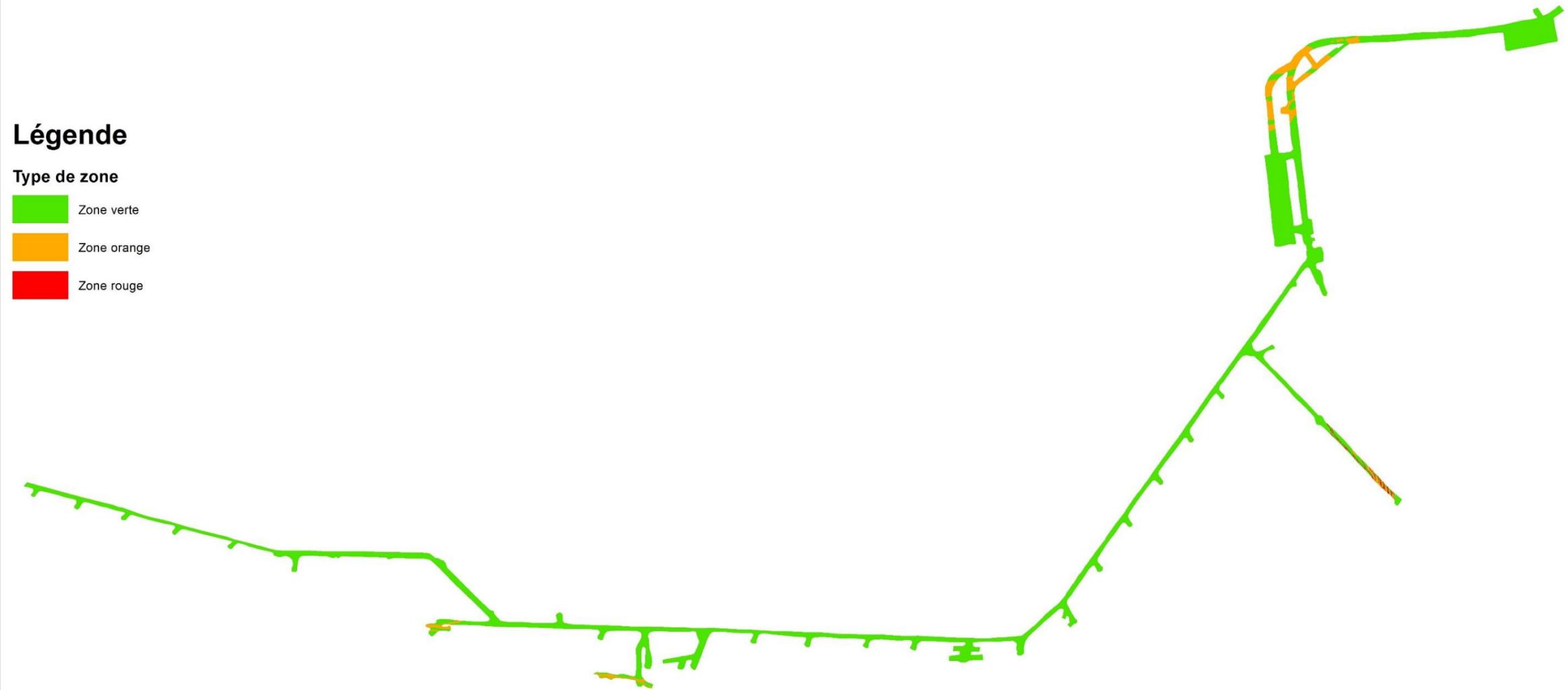
Plan de la zonation risque amiante - galerie 1230



Légende

Type de zone

-  Zone verte
-  Zone orange
-  Zone rouge



1:3 000

Figure 14 : Carte de la zonation du risque amiante du niveau 1230

Légende

Geologie plan incliné 1230-1320

- Quartz
- Quartz et calcite
- Quartz, calcite et chlorite
- Quartz, calcite et sulfures
- Quartz et sulfures
- Sulfures massifs
- Skarn
- Granodiorite

Carte géologique du plan incliné 1230-1320

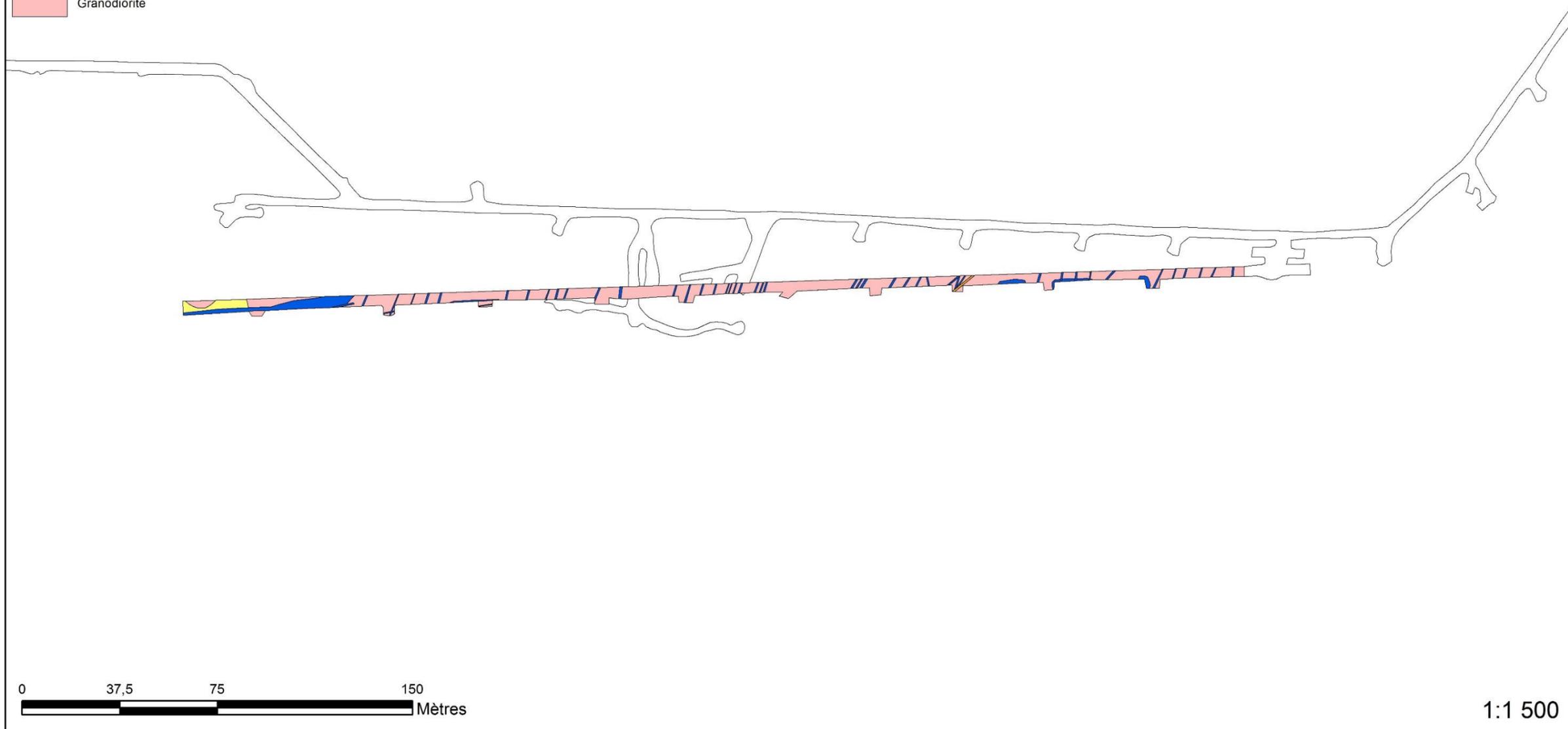


Figure 15 : Carte géologique détaillée du plan incliné entre les niveaux 1230 et 1320

Plan de la zonation risque amiante - plan incliné 1230-1320



Légende

Type de zone

-  Zone verte
-  Zone orange



Figure 16 : Carte de la zonation du risque amiante du plan incliné entre les niveaux 1230 et 1320

Légende

Geologie 1320

- Quartz
- Quartz et calcite
- Quartz, calcite et chlorite
- Quartz, calcite et sulfures
- Quartz et sulfures
- Sulfures massifs
- Skarn
- Granodiorite fracturée et altérée
- Granodiorite
- Marbres
- Schistes du Mont Rouch

Carte géologique de la galerie 1320

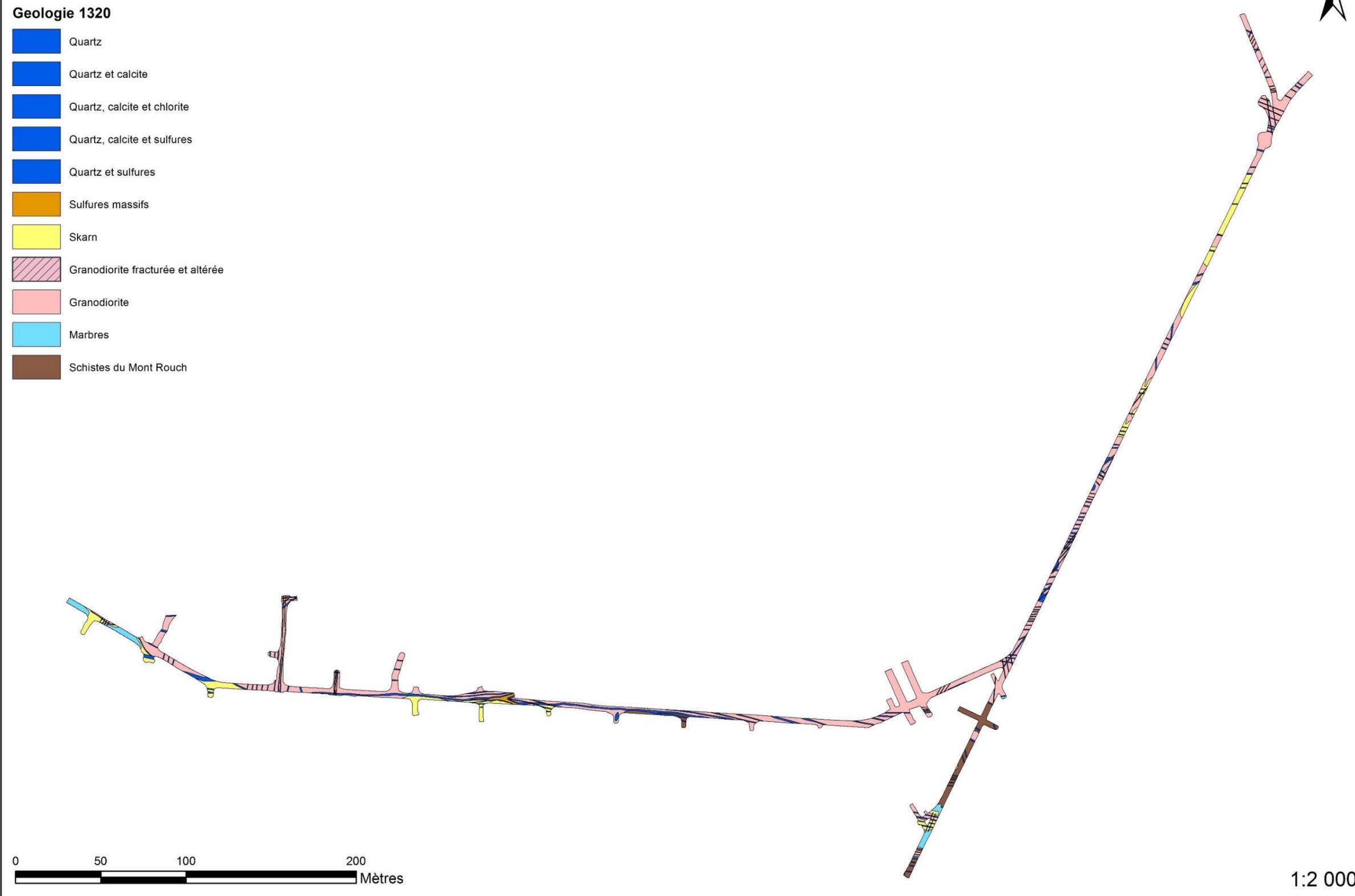


Figure 17 : Carte géologique détaillée du niveau 1320

Plan de la zonation risque amiante - galerie 1320



Légende

Type de zone

-  Zone orange
-  Zone verte

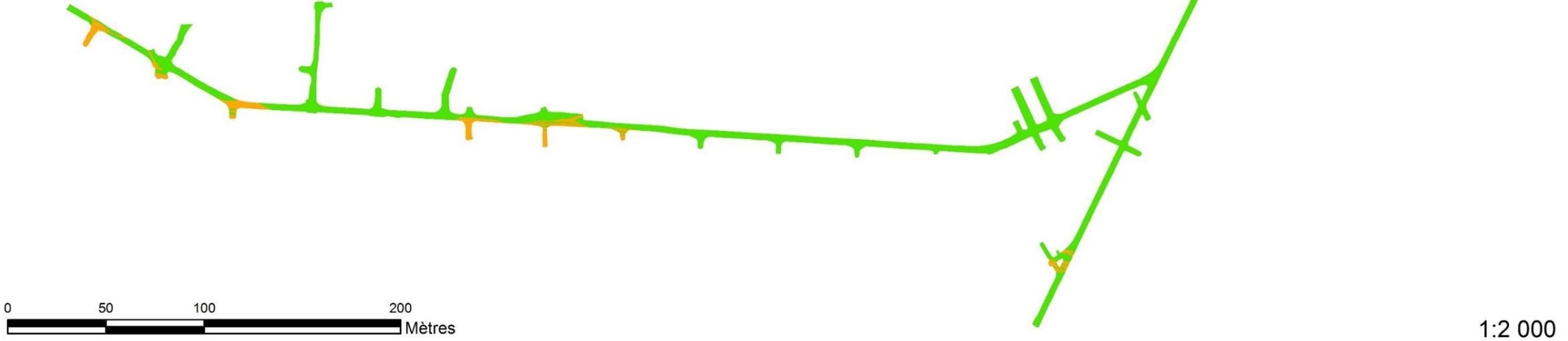


Figure 18 : Carte de la zonation du risque amiante du niveau 1320

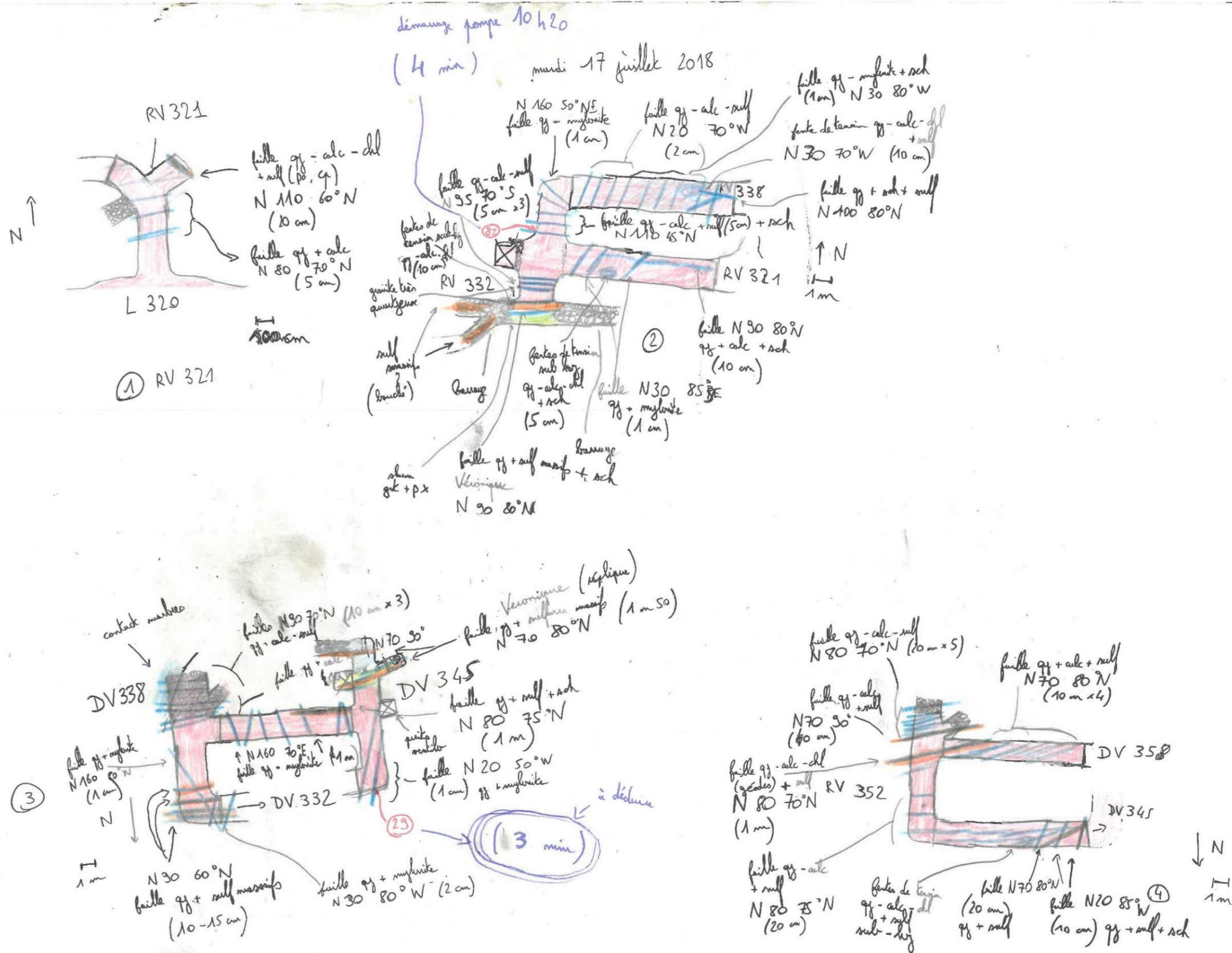


Figure 19 : Carte géologique détaillée des descenderies 1320 – 1430 (niveaux 1320 à 1352)

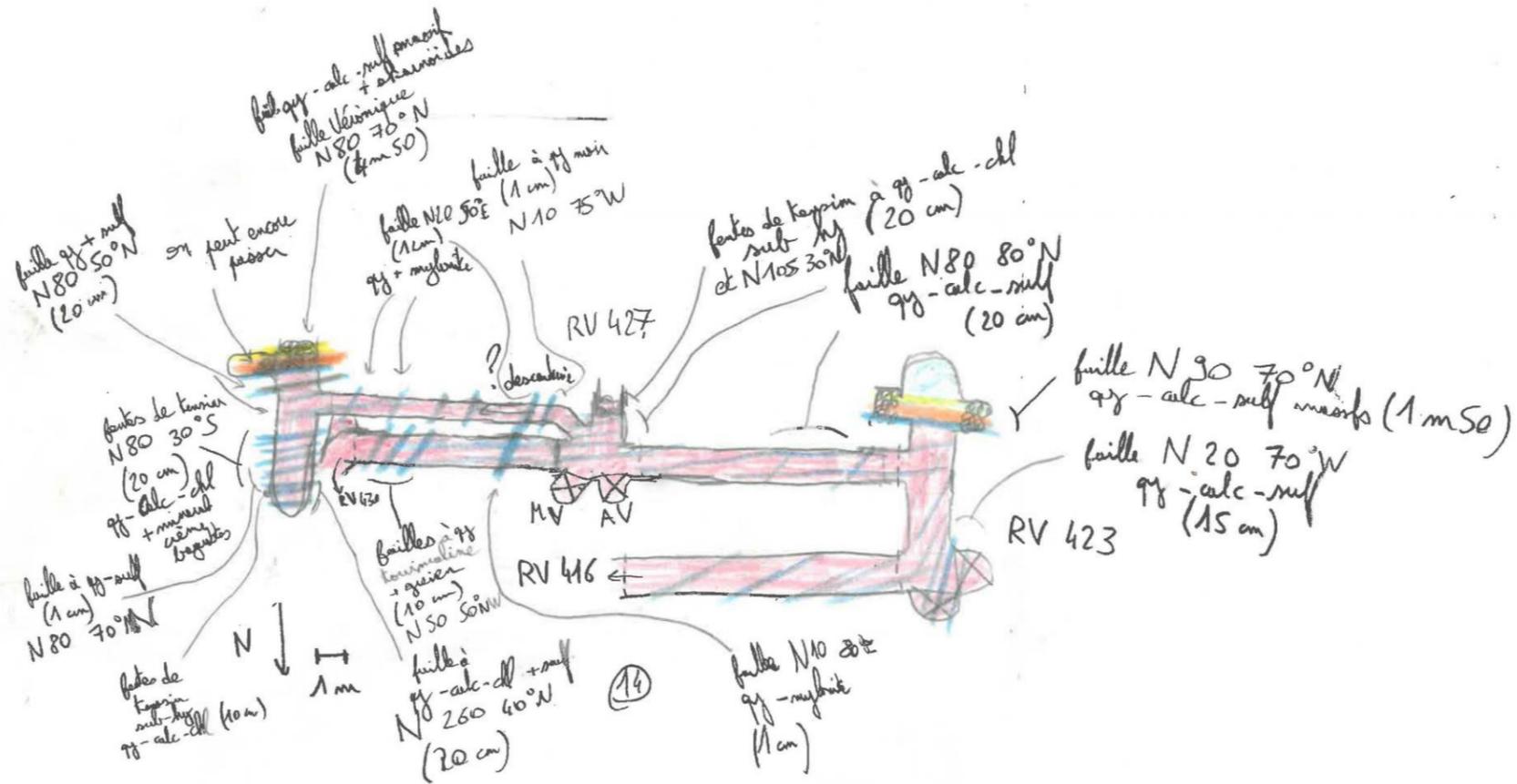
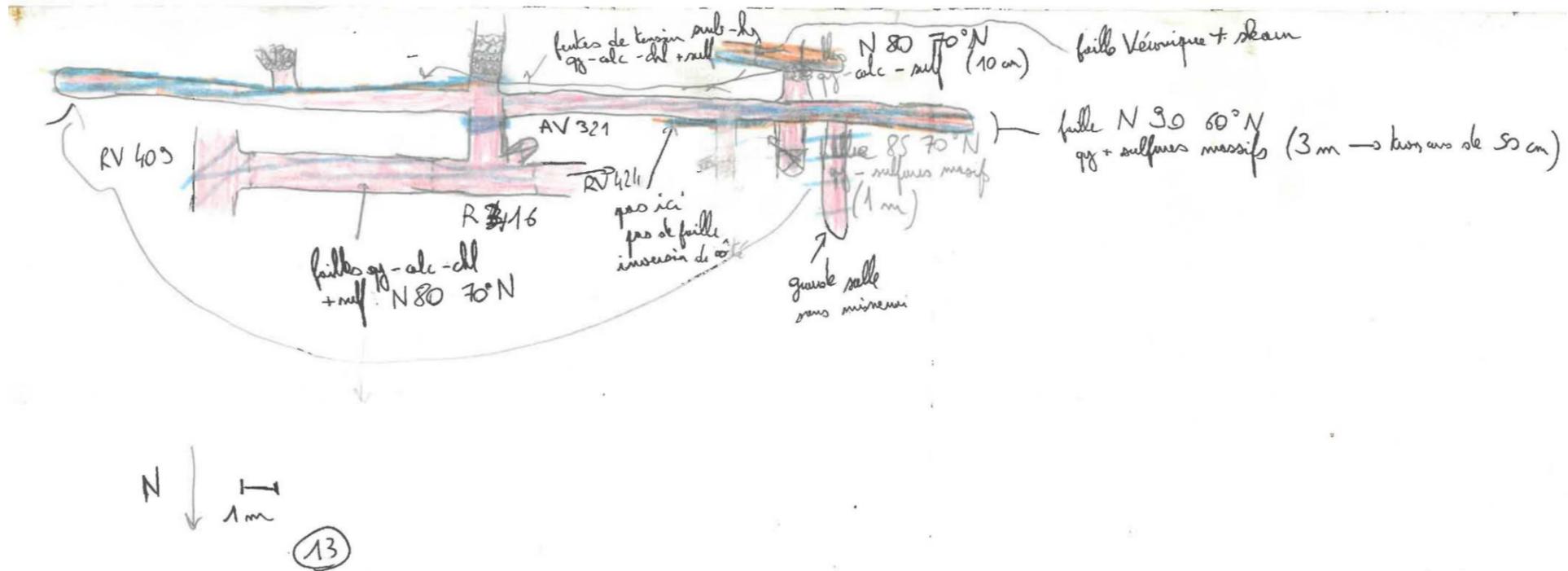


Figure 22 : Carte géologique détaillée des descenderies 1320 - 1430 (niveaux 1409 à 1430)

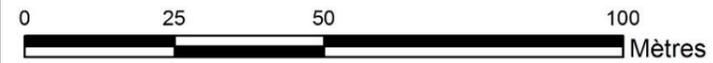
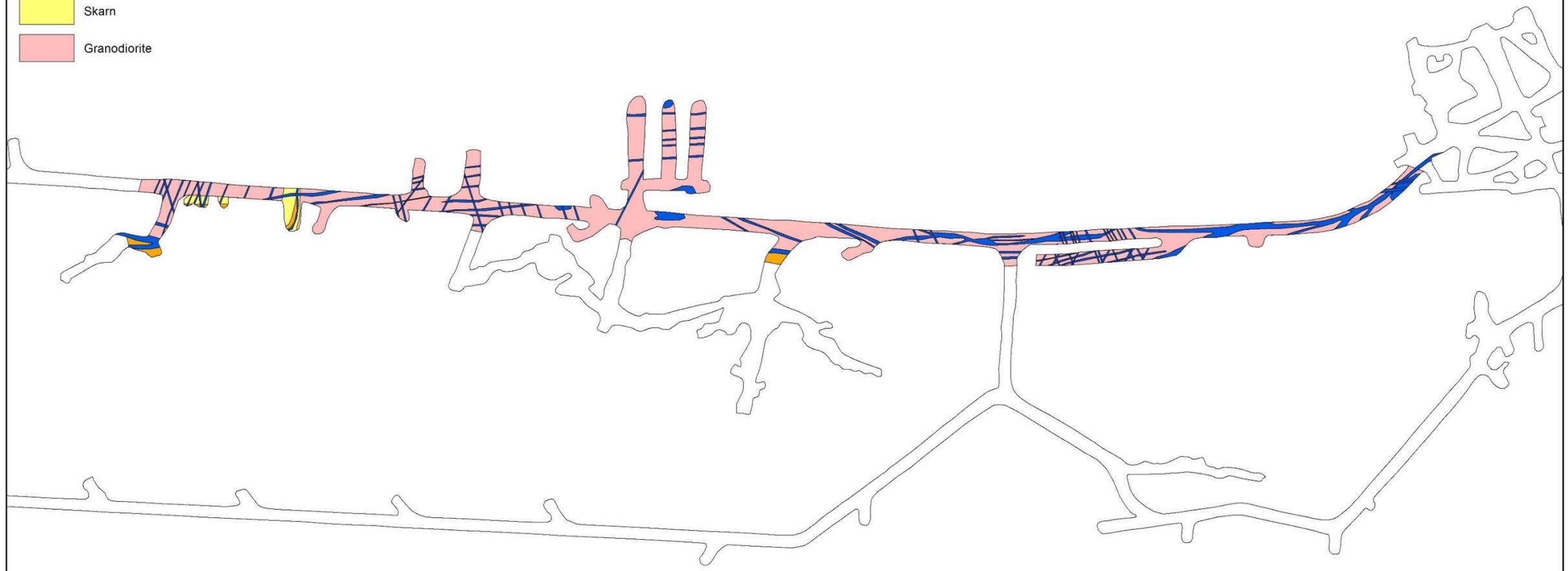
Carte géologique de la galerie 1430



Légende

Geologie 1430

- Quartz
- Quartz, calcite et chlorite
- Quartz, calcite et sulfures
- Quartz et sulfures
- Sulfures massifs
- Skarn
- Granodiorite



1:1 000

Figure 23 : Carte géologique détaillée du niveau 1430

Plan de la zonation risque amiante - galerie 1430

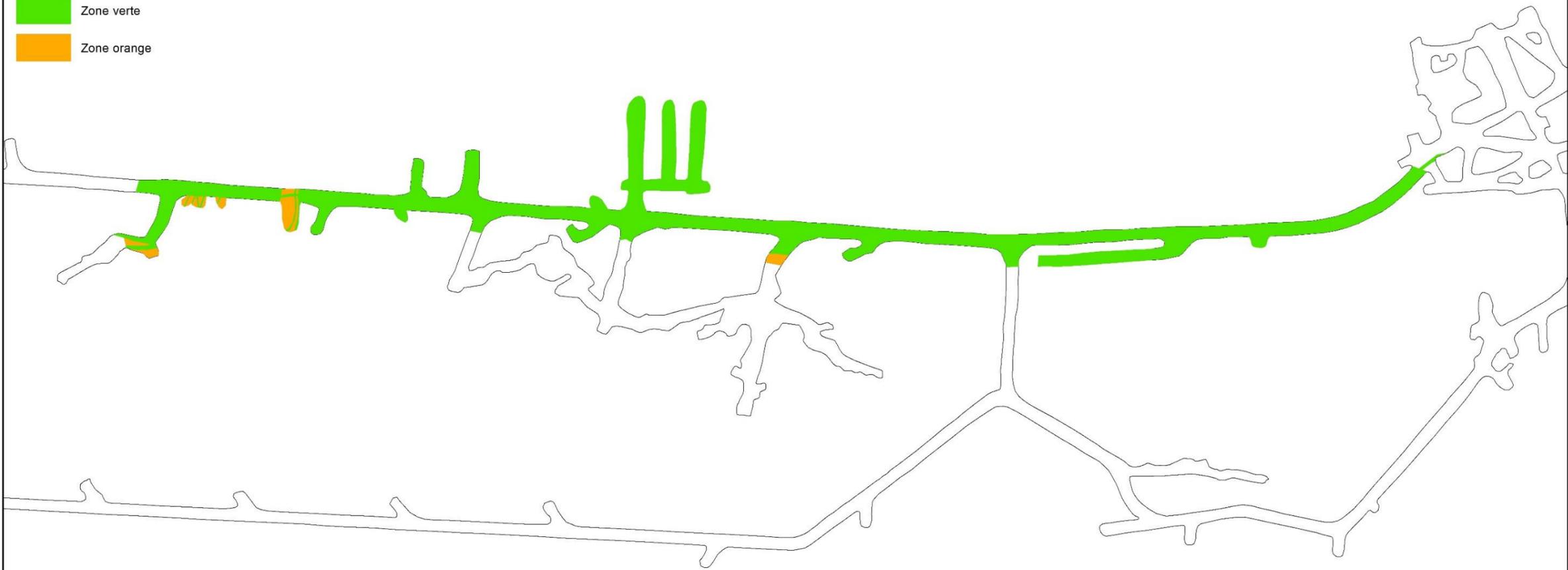


Légende

Type de zone

 Zone verte

 Zone orange



1:1 000

Figure 24 : Carte de la zonation amiante du niveau 1430