

ASSOCIATION DE RECHERCHES SPELEOLOGIQUES DU HAUT LEZ

RECHERCHES SPELEO-GEOLOGIQUES DANS LA GROTTE DE LA CIGALERIE ET LA MINE DU BENTAILLOU SENTEIN (Ariège)

RAPPORT 2 -ème CAMPAGNE AOUT 2025



Il n'y a pas que des concrétions de gypse dans la Cigalère

**ASSOCIATION DE RECHERCHES SPELEOLOGIQUES DU HAUT LEZ
(ARSHaL)**

**RECHERCHES SPELEO-GEOLOGIQUES DANS LA GROTTE DE LA CIGALERE
ET LA MINE DU BENTAILLOU**
SENTEIN (Ariège)

RAPPORT 2 -ème CAMPAGNE AOUT 2025

Texte, figures, mise en page : Jean-Pierre DONNADIEU 26/12/2025

*Photos : Jean-Luc HASBROUCQ, Daniel LEFEBVRE, Victor BRUGUERA, Justine FRESNEDA,
Bernard LAFAGE*

Sommaire

1	Cadre de l'étude	2
1.1	LA DEMARCHE :	2
1.2	EQUIPE DE RECHERCHES :	4
1.3	RESTITUTION DES LEVES :.....	5
2	INTERPRETATIONS CARTOGRAPHIQUES :.....	5
2.1	TOPOGRAPHIE SOUTERRAINE	5
2.1.1	DONNEES TOPOGRAPHIQUES :.....	5
2.2	MORPHOLOGIE DE SURFACE.....	8
2.2.1	Le GLACIER du BIROS :.....	8
2.2.2	Le POLJE DE CHICHOUE :.....	8
3	LEVES GEOLOGIQUES DETAILLES :	9
3.1	LEVES COMPLEMENTAIRES GROTTE DE LA CIGALERE et ABORDS	9
3.1.1	FALaise ENTREE CIGALERE	9
3.1.2	PISTE D'ACCES A LA CIGALERE	10
3.1.3	GALERIE D'ENTREE DE LA CIGALERE	11
3.1.4	GRANDE SALLE DE LA CIGALERE	12
3.1.5	LES CONCRETIONS GRISES	13
3.1.6	AFFLUENT VAN DEN ABEEL INFERIEUR ou DES MARMITES.....	17
3.1.7	AFFLUENT MARTEL SALLE DES MARBRES.....	21
3.1.8	CONCRETIONS DE GYPSE	23
3.1.9	GALERIE PRINCIPALE.....	26
3.1.10	GALERIE DE LA MOUTARDE	28
3.2	SYNTHESE CIGALERE	29
3.2.1	PLAN ANALYSES GEOCHIMIQUES ROCHES	29
3.2.2	ANALYSES HYDROLOGIQUES	30
3.2.3	LES REMPLISSAGES OCRES.....	39
3.3	GOUFFRE MARTEL	41
3.4	RESURGENCE CHICHOUE	44
4	AUTRES LEVES SURFACE COMPLEMENTAIRES.....	46
4.1	PISTE VERS ROUGE	46
4.2	ACCES AU GOUFFRE MARTEL	48
4.3	GROTTE DES CORNEILLES	49
5	LEVES MINE BENTAILLOU PAR QUARTIERS.....	50
5.1	SAINT JEAN-LE-FROID	50
5.2	ARC DE TRIOMPHE SUD.....	52
5.3	SAINTE AMELIE	56
5.4	SAINT-JEAN INFERIEUR	59

5.5	TB1740 et PLAN SAINT JEAN.....	61
5.6	TB ROUGE (partie Ouest).....	63
5.7	TRAVAUX SAINT LOUIS 1910 m	65
5.8	GRANDE TREMIE NARBONNE	68
5.9	KARST GALERIE NARBONNE	69
6	SYNTHESE GENERALE	70
6.1	STRUCTURES	70
6.2	MINERALISATIONS EXPLOITEES	71
6.3	REMPISSAGES KARSTIQUES et PALEO-CIGALERE	72
6.4	HYDROGEOLOGIE	73
6.5	GYPSE.....	74
6.6	LE KARST, LA MINE ET LA CIGALERE :	74
7	ESSAI DE RECONSTITUTION CHRONOLOGIQUE DU PROCESSUS A L'ORIGINE DE LA CIGALERE	75
7.1	PYRENEES HERCYNIENNES.....	75
7.2	PYRENEES ALPINES	76
7.3	PYRENEES KARSTIQUES	77
7.4	PYRENEES GLACIAIRES.....	77
7.5	KARSTIFICATION ACTUELLE	78

Table des illustrations

Figure 1 Tableau des éléments analysés (en bleu)	2
Figure 2 Coupe projetée N190°- Situation des sites ayant fait l'objet de levés.....	3
Figure 3 Grotte de la Cigalère : visualisation 3D- VTOPO5	
Figure 4 Mine du Bentaillou : plan VTOPO.....	6
Figure 5 Coupe projetée de l'ensemble des cavités.....	6
Figure 6 Glacier du Biros et calcaires du Bentaillou.....	7
Figure 7 Falaise de la Cigalère- prélèvement 25 BEN10..	9
Figure 8 CIGALERE : hypothèses tectoniques sur la falaise.....	9
Figure 9 PISTE D'ACCES : amande d'ankérite quartz et cuivre	10
Figure 10 PISTE D'ACCES : plan de localisation de l'affleurement en bord de piste	10
Figure 11 CIGALERE : galerie d'entrée. Remplissage de limonite et carbonates blancs de Zinc	11
Figure 12 CIGALERE GRANDE SALLE : paroi nord, contact inférieur calcaires/schistes	12
Figure 13 CIGALERE GRANDE SALLE : chenal de voute ..	12
Figure 14 CIGALERE GRANDE SALLE : levés détaillés	13
Figure 15 CIGALERE GRANDE SALLE : massif de stalactites.....	14
Figure 16 CIGALERE GRANDE SALLE : concrétion limonitique vue en coupe	14
Figure 17 CIGALERE GRANDE SALLE : analyses au cœur de la stalactite ferrugineuse	15
Figure 18 CIGALERE GRANDE SALLE : analyse de la calcite grise	15
Figure 19 CIGALERE GRANDE SALLE : analyses de l'enveloppe ferrugineuse de la concrétion.....	16
Figure 20 CIGALERE GRANDE SALLE : remplissages limonitiques et concrétions.....	16
Figure 21 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : plan du réseau	17
Figure 22 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : impact des galets sur paroi.....	18
Figure 23 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : 5 phases de remplissages.....	18
Figure 24 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : structure N30° au niveau des marmites	19
Figure 25 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : inflorescence de gypse sur remplissage	19
Figure 26 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : amande d'ankérite à quartz	20
Figure 27 CIGALERE AFF MARTEL : rapprochement failles et blocs quartier Ste Amélie	21
Figure 28 CIGALERE AFF MARTEL : couloir de failles N120°	22
Figure 29 CIGALERE AFF MARTEL : zone de blocs cyclopéens.....	22
Figure 30 CIGALERE SALLE 1001 NUITS : analyse plancher de gypse 25-CP04	23
Figure 31 CIGALERE SALLE 1001 NUITS : photos analyses concrétions de gypse 25-CP01 à 03.....	24
Figure 32 CIGALERE SALLE 1001 NUITS : analyses concrétions de gypse 25-CP01 à 04.....	25

Figure 33 CIGALERE GALERIE PRINCIPALE : dépôts ocres limonitiques après le Trou Souffleur.....	26
Figure 34 CIGALERE CASCADE NOIRE : analyses 2024 24-CN 2 et 3	27
Figure 35 CIGALERE GALERIE DE LA MOUTARDE : sédiments ocres 25-AMONT01	28
Figure 36 CIGALERE : interprétation structurale de la galerie de la Moutarde et du Lidar de surface	28
Figure 37 CIGALERE : plan de situation des analyses par Fluorescence X	29
Figure 38 CIGALERE : tableau récapitulatif des analyses Fluorescence X 2024-2025	30
Figure 39 Tableau des résultats des analyses hydrologiques 2025	31
Figure 40 Graphique analyses hydrologiques Zinc Sulfates	32
Figure 41 Graphique analyses hydrologiques Zinc Plomb	33
Figure 42 Graphique résultats analyses Plomb Baryum	34
Figure 43 Graphique résultats analyses Sulfates Calcium	35
Figure 44 plan résultats analyses hydrologiques teneur en Zinc.....	36
Figure 45 Plan résultats analyses hydrologiques Sulfates	37
Figure 46 Plan des résultats d'analyses hydrologiques teneur en Plomb	38
Figure 47 Photos (S. Caillault) galeries de l'Adjudant et des Chauve-souris.....	39
Figure 48 Plan de localisation des faciès altérés ocres .	40
Figure 49 GOUFFRE MARTEL croquis géologique jonction galerie d'accès.....	41
Figure 50 GOUFFRE MARTEL échantillons et analyses 25-GMAR01,02	41
Figure 51 GOUFFRE MARTEL coupe N130° croquis géologique	42
Figure 52 GOUFFRE MARTEL Photo panoramique du Grand Puits depuis le bas.....	43
Figure 53 GOUFFRE MARTEL photo plan de faille au bas du grand puits	43
Figure 54 RESURGENCE CHICHOUË photos de l' entrée	44
Figure 55 RESURGENCE CHICHOUË plan synthèse hydrogéologique	45
Figure 56 PISTE VERS ROUGE plan des levés et échantillonage	46
Figure 57 PISTE ROUGE mineraï Blende- analyses	47
Figure 58 PISTE ROUGE schistes à chiastolite	48
Figure 59 ACCES GOUFFRE MARTEL plan des levés	48
Figure 60 GROTTE DES CORNEILLES amande d'anékrite ? synsédimentaire	49
Figure 61 SAINT-JEAN-LE-FROID prélevements et analyses dans le karst	50
Figure 62 ADT sud plan des levés de l'exploitation au niveau 1980.....	52
Figure 63 ATDS sud : photos des travaux vers l'amont et au niveau 1980.....	53
Figure 64 ADTsud: échantillon 25-ADTS04.....	53
Figure 65 ADT sud : analyses 25-ADTS1,2,3,4	54
Figure 66 SAINTE AMELIE : plan de situation des travaux partie Ouest de la mine.....	56
Figure 67 SAINTE AMELIE : fractures, karsts, analyses ..	57
Figure 68 SAINTE AMELIE analyses 25-AME 06,07	57
Figure 69 SAINTE AMELIE : zone d'effondrement avec des blocs.....	58
Figure 70 SAINT JEAN INF. : Colonne 7 plan de situation des levés et analyses	59
Figure 71 SAINT JEAN INF. : chambre avec passage faille N120°	59
Figure 72 SAINT JEAN INF. : photo-interprétation structures du parement minéralisé	60
Figure 73 SAINT JEAN INF. : analyses du minerai	60
Figure 74 TB 1740 plan des levés et analyses.....	61
Figure 75 PLAN SAINT JEAN : chambre d'exploitation sur faille majeure, zones oxydées	61
Figure 76 PLAN SAINT JEAN : azurite malachite sur la voie du plan incliné	62
Figure 77 PLAN SAINT JEAN : filon de quartz et zone altérée	62
Figure 78 TB ROUGE : cartographie du calcaire blanc saccharoïde	63
Figure 79 TB ROUGE : échantillons et analyses calcaire saccharoïde	64
Figure 80 SAINT LOUIS : plans levés et analyses des zones ferrugineuses	65
Figure 81 SAINT LOUIS : analyses des concrétions ferrugineuses	66
Figure 82 GRANDE TREMIE NORD : localisation d'un petit karst	68
Figure 83 GRANDE TREMIE NARBONNE : analyses d'un petit karst	68
Figure 84 NARBONNE : localisation et photo du karst .	69
Figure 85 SYNTHESE STRUCTURES : surface, mine, Cigalère	70
Figure 86 MINE du BENTAILLOU : analyses minéralisation primaires	71
Figure 87 MINE du BENTAILLOU : schémas des minéralisations oxydées	71
Figure 88 Tableau résultats d'analyse dépôts limonitiques 2024-2025	72
Figure 89 CIGALERE plan réseau fossile.....	72
Figure 90 Impact des eaux de mine : tableau des résultats	73
Figure 91 Plan de l'impact des eaux de mine sur la Cigalère	74
Figure 92 Schéma Pyrénées Hercyniennes	75
Figure 93 Schéma conceptuel de la chaîne Pyrénéenne (Géol. PYR).....	76
Figure 94 Schéma phase d'érosion de la chaîne depuis 2 OMA	76
Figure 95 Schéma de la phase de karstification précoce	77
Figure 96 Schéma de la phase de glaciation	77
Figure 97 Schéma de la karstification actuelle	78

1 CADRE DE L'ETUDE

A la suite d'une visite de prise de contact en 2023 dans la galerie principale de la Cigalère et d'une incursion dans la mine du Bentaillou, il avait été décidé avec des membres de l'ARSHaL, de débuter une étude géologique détaillée de ces cavités pour contribuer à améliorer la connaissance générale du secteur du Bentaillou. En 2024 une semaine de recherches s'est déroulée sur une semaine au Bentaillou, organisée par l'ARSHaL. L'équipe était composée de 17 membres.

Un rapport intitulé « *CONTRIBUTIONS SPELEOLOGIQUES A LA GEOLOGIE de la GROTTE DE LA CIGALERE et de la MINE DU BENTAILLOU RECHERCHES GEOLOGIQUES 2024* »

a été remis à l'ARSHaL en fin d'année 2024. Certaines des observations seront reprises dans ce rapport 2025 qui expose le résultat des divers levés et des nombreuses discussions sur le contexte géologique des cavités.

1.1 LA DEMARCHE :

La campagne 2025 s'inscrit donc dans la continuité de celle de 2024, sur une durée de séjour de deux semaines.

Méthodologie :

- Cartographie des formations géologiques et leur pendage
- Relevé des structures (failles, diaclases)
- Identification des phénomènes de karstification
- Levés des remplissages
- Cartographie des circulations d'eau.
- Photographies des objets dans leur contexte géologique.

Hydrogéochimie :

- Mesures physico-chimiques : Cond, pH, T°) in situ, débit si possible
- Prélèvements venues eau pour analyses chimiques en laboratoire



Géochimie roches et concrétions :

Analyses in situ, non destructives par analyseur fluorimètre portatif XRF

Photographies des échantillons et des points d'analyses

H																			He	
Li	Be	Standard		See Notes		Cannot Add		Contact Apps	B	C	N	O	F	Ne						
Na	Mg U8991010							Al U8990919	Si U8991103	P U8991060	S U8991109	Cl U8990930							Ar	
K U8991061	Ca U8990926	Sc U8991101	Ti U8991121	V U8991123	Cr U8990931	Mn U8991012	Fe U8990994	Co U8990932	Ni U8991016	Cu U8990933	Zn U8991137	Ga U8990987	Ge U8990988	As U8990921	Se U8991102	Br U8990924			Kr	
Rb U8991098	Sr U8991108	Y U8991136	Zr U8991138	Nb U8991017	Mo U8991014	Tc U8991099	Ru U8991077	Rh U8991059	Pd U8991104	Ag U8991104	Cd U8990925	In U8990991	Sn U8991120	Sb U8990920	Te U8991111	I U8990992			Xe	
Cs U8990929	Ba U8990922			Hf U8990990	Ta U8999774	W U8999632	Re U8991076	Os U8991025	Ir U8990993	Pt U8999630	Au U8990989	Hg U8991013	Tl U8991119	Pb U8990998	Bi U8990923	Po U8990998	At U8990923			Rn
Fr Ra			La U8990996	Ce U8990928	Pr U8999633	Nd U8999780	Pm U8020736	Sm U8024166	Eu U8024458	Gd U8024459	Tb U8021013	Dy U8024460	Ho U8024461	Er Q0201776	Tm U8020735	Yb Q0201777	Lu Q0201777			
		Th U8999631	Pa U8991122	U U8991122	Np U8991122	Pu U8991122	Am U8991122	Cm U8991122	Bk U8991122	Cf U8991122	Es U8991122	Fm U8991122	Md U8991122	No U8991122	Lr U8991122					

Figure 1 Tableau des éléments analysés (en bleu)

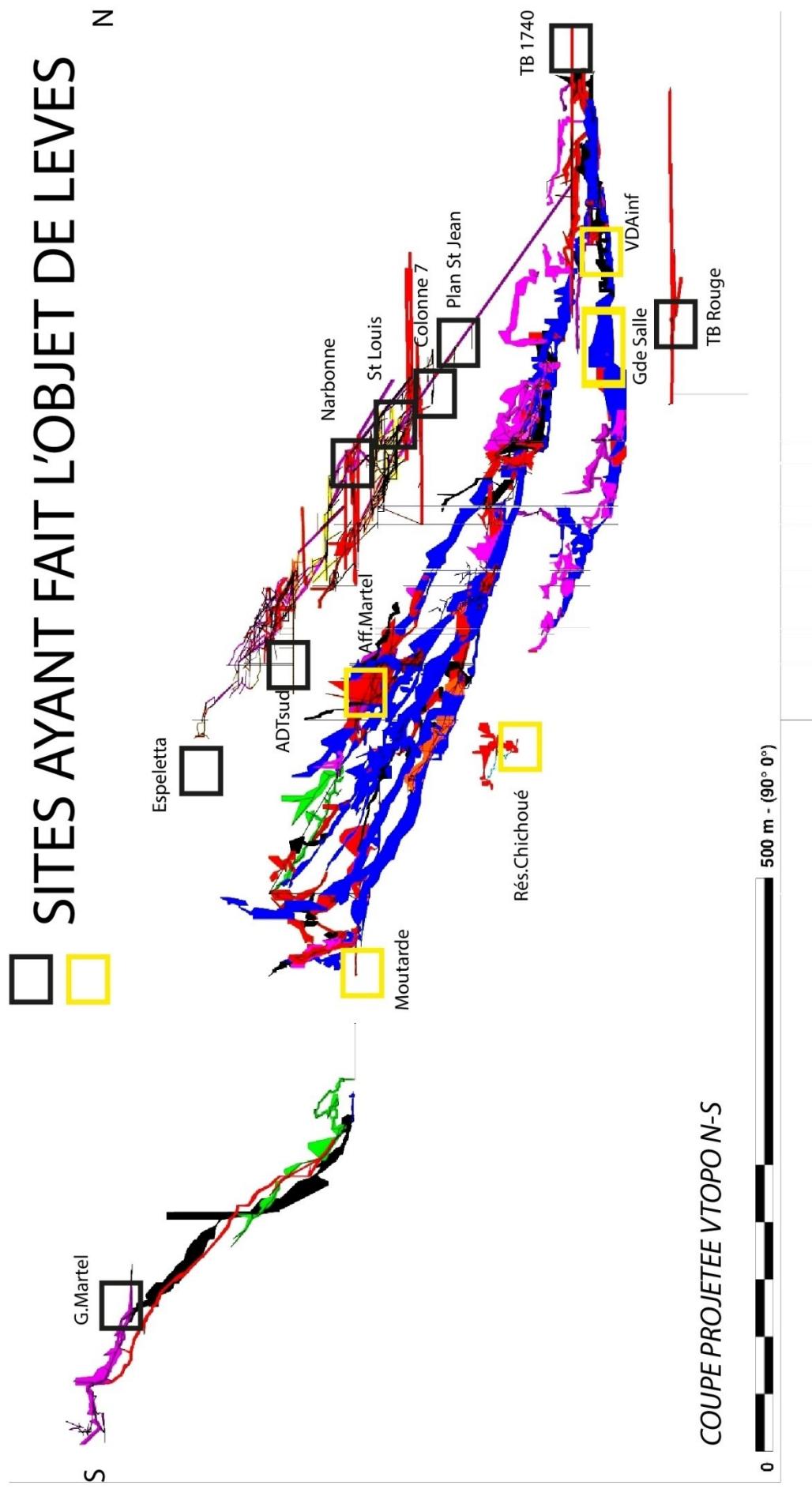


Figure 2 Coupe projetée N190°- Situation des sites ayant fait l'objet de levés

TRAVAUX DE TERRAIN REALISES

- Levés détaillés dans la Grotte de la Cigalère :

Préparation d'extraits de plans cartonnés au 1/500 -ème. Levés dans la Grande Salle et l'affluent VDA inf., facilement accessibles.

- Levés détaillés dans la Mine du Bentaillou :

Relevés détaillés dans le secteur SAINTE AMELIE, ARC DE TRIOMPHE, SAINT-JEAN INFÉRIEUR, TB 1740 et Galerie ROUGE (partie ouest).

- Levés détaillés en surface sur les zones d'affleurements importants :

Repérage par points GPS des affleurements géologiques dans la zone d'influence de la cavité de la Cigalerie et de la Mine afin de pouvoir faire des corrélations entre la surface et le fond.

Relevés secteur ruisseau Nord, Piste vers Rouge, Plaine de CHICHOUE, sentier d'accès au Gouffre Martel et entrée résurgence de CHICHOUE

1.2 EQUIPE DE RECHERCHES :

1 ère semaine 2 au 9 aout 2025 :

BOURDEL DE PAZZIS	YVES LOUIS	Dimanche 3 aout	Lundi 4	Mardi 5	Mercredi 6	Jeudi 7 aout	Vendredi 8 a
DERBORD	BRUNO	Cigaline Tel à la gite sole	Mise Romaine: Pipo Bea	Gol Chemin ronde de Rouge (GR) J.P., JL, P. 1000 Bruno D	Aff. Plantel Jho Pascale, Daniel Bea, JL (6x3)	Mme Bentzillou Quartier S de Amelie - Lame géologique	- Gouffre Plantel Daniel, Pascale, Bea
DONNADIEU	JEAN PIERRE	Van Den Abeele J. Pierre Bea J. Luc P. 1000 Roland	Mine Duest + Ste Amelie Louis, J.P., JL, Pipou, Pascale, Bea	Secteur Duest Mine Ste Amelie Roland, Louis Bea	Chichau + G. Martel Fluorite, Galena Lame géol. cuvette Pipou, J.P.,.....	Fixeur: Louis Equipage: Pipou, 3-Lys, Bea J-P x Roland + Michel	= Roland cette Roland
HASBROUCQ	JEAN-LUC	Rivière Aval. Daniel + Bea Pascale + Bea Abeele 1000	Mécan: A.D.T. 4 Sébastien	Réparation et Nettoyage du Gare Michel, Daniel, Pascale	Etablissement DX'2 J+P Pendule de Capet Eur may = 9,22° Eur aout = 1,93°	- Anémom : SP - JL Pipou, Louis, Bruno	- MYRTILLES: Michel
LEFEBVRE	DANIEL	Chemin de ronde Michel/Benjamin Chichau Bruno D	Siphon 1 de Van Den Abeele à ride	Mystilles D+P	Inventaire + Commande alimentation 11h à Bruno - Bruno		

2 -ème semaine du 9 au 16 aout 2025:

BOURDEL	YVES
BRUGUERA	VICTOR
DE PAZZIS	LOUIS
DONNADIEU	JEAN PIERRE
FRESNEDA	JUSTINE
HASBROUCQ	JEAN-LUC
<u>LAFAGE</u>	BERNARD
RACAPE	BEATRICE
VALLA	NADINE
VIE	JEAN PAUL

1.3 RESTITUTION DES LEVES :

- *Base de données :*

Toutes les observations sont reportées sur logiciel ILLUSTRATOR avec création d'un calque par thème d'étude permettant de superposer les différents plans miniers, les topographies souterraines et de surface, les cartes géologiques etc.... (plus de 100 calques)

Fichier **CIGALERE BENTAILLOU SYNTHESE (maj 22 09 2025).ai**

- Synthèse cartographique en comparant et en modifiant les cartes géologiques existantes.
- Réalisation de coupes topographiques et géologiques pour les relations entre la géologie de surface, la mine et la grotte de la Cigalère, à l'aide du logiciel TOPGEO, basé sur les données VTOPO, logiciel créé par M. Lévy (spéléologue ASCO-IPVSMN).
- Rapport compte rendu des travaux de recherches, sous l'égide de l'ARSHaL

2 INTERPRETATIONS CARTOGRAPHIQUES :

2.1 TOPOGRAPHIE SOUTERRAINE

2.1.1 DONNEES TOPOGRAPHIQUES :

- Pour la Cigalère et Gouffre Martel : synthèse des données topographiques VTOPO fournies par B. Lafage et plan détaillé par G. Fanuel.

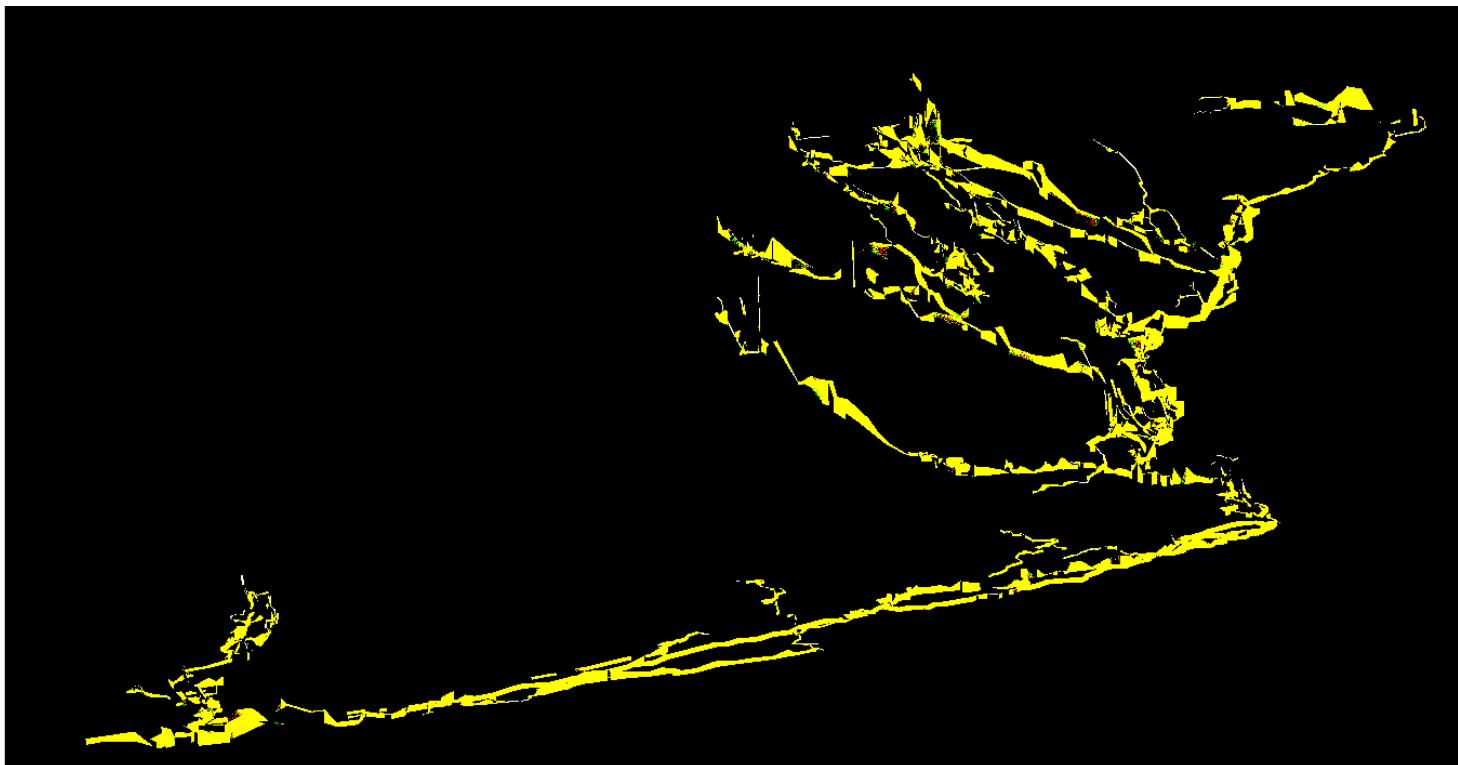


Figure 3 Grotte de la Cigalère : visualisation 3D- VTOPO

- Pour la mine du Bentaillou : VTOPO mis à jour par L.de Pazzis et plans miniers du BRGGM (1961)

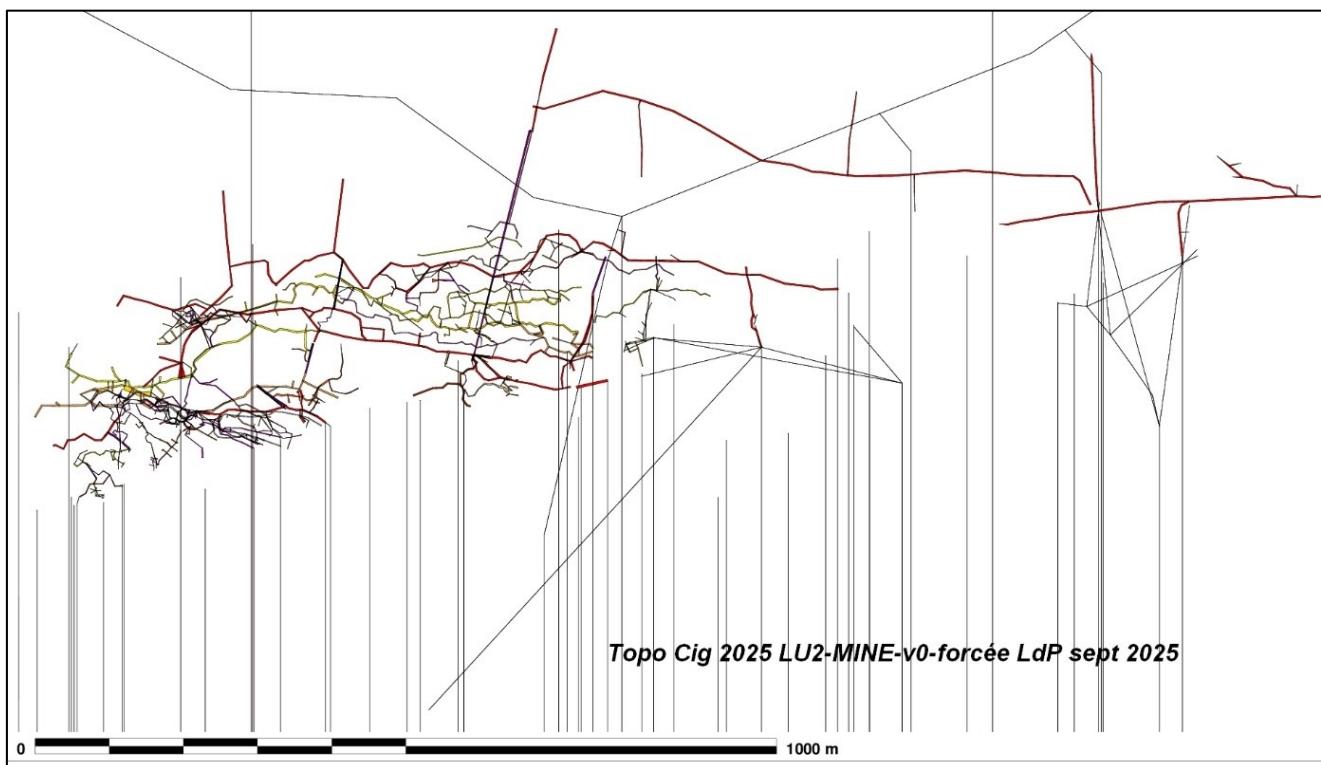


Figure 4 Mine du Bentaillou : plan VTOPO

- Coupe projetée :

Sur la totalité des données d'après les fichiers topographiques VTOPO :

Coupe N-S (fig. 3) : elle montre le parallélisme entre les topographies de la Mine et de la grotte. Le pendage stratigraphique des couches est un des principaux contrôles du karst et des minéralisations.

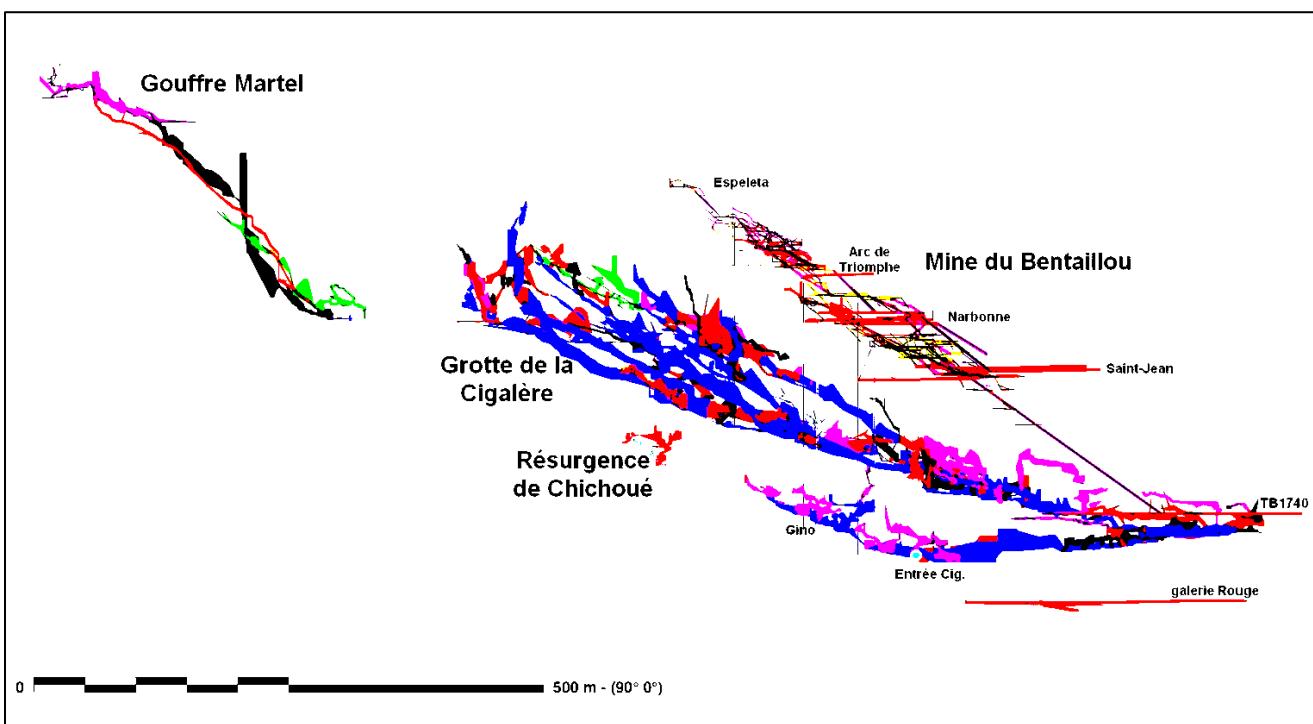


Figure 5 Coupe projetée de l'ensemble des cavités

La Mine se développe entre 2070 et 1740 m avec la galerie Rouge qui est déconnectée du réseau à la cote 1650 m. Le cours actif de la Cigalère vers 1700 m se situe donc à l'aval des travaux miniers.

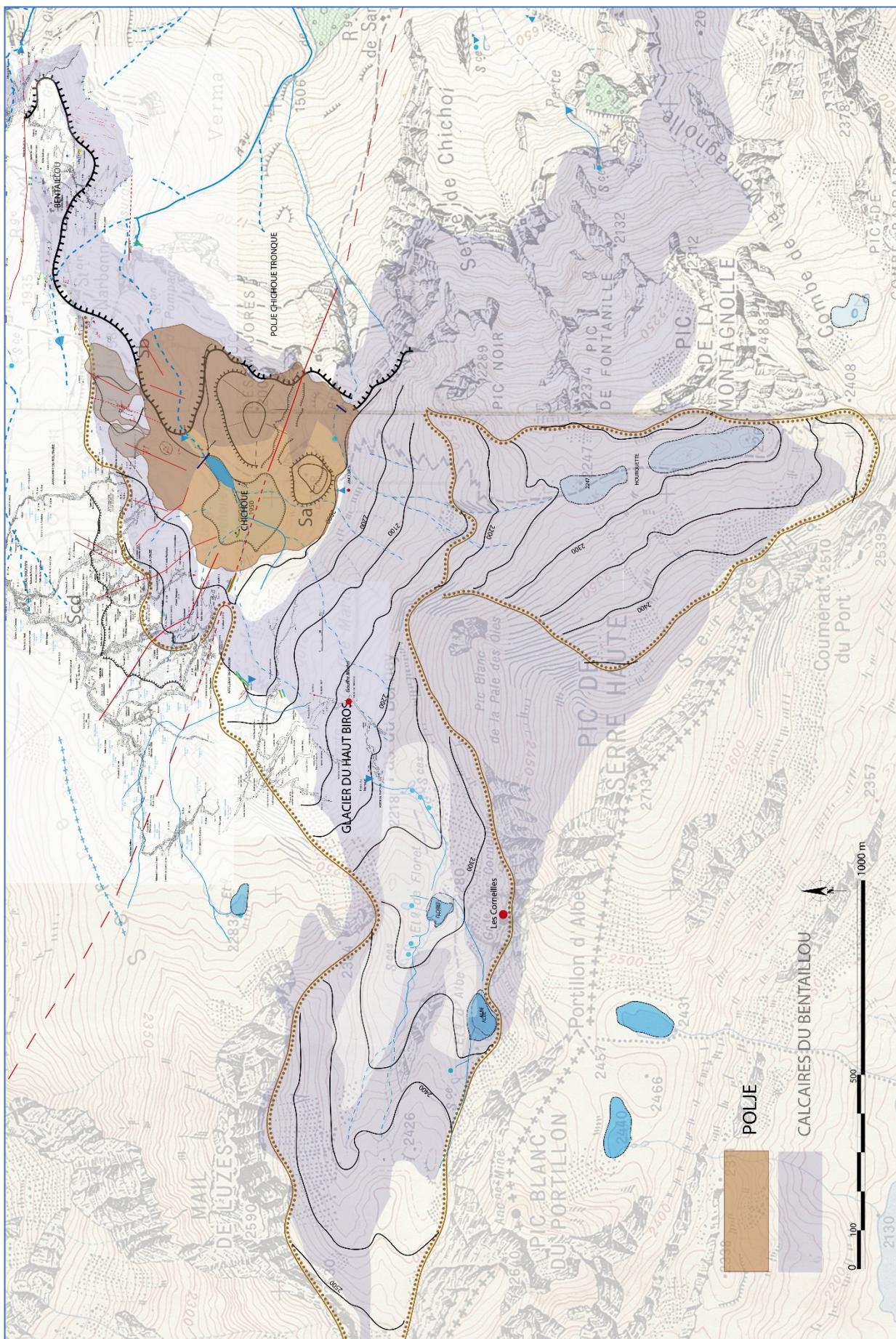


Figure 6 Glacier du Biros et calcaires du Bentaillou

2.2 MORPHOLOGIE DE SURFACE

2.2.1 Le GLACIER du BIROS :

Le secteur présente un relief glaciaire prononcé avec une vallée à parois verticales (J-L MARCHAND - 1974), ce qui permet d'en dessiner les contours (fig. : 9). Le glacier a préférentiellement érodé le calcaire du Bentaillou et a constitué ainsi une surface de base. Les formes du calcaire sont donc héritées d'une morphologie glaciaire ou antérieure, préservée par le glacier. On observe deux secteurs avec surcreusement de la vallée glaciaire (ombilic glaciaire). Après le retrait du glacier, ces dépressions sont occupées par des lacs de taille variable qui se combinent peu à peu par les colluvions de versant.

2.2.2 Le POLJE DE CHICHOUÉ :

Au vu des conditions morphologiques, géologiques et spéléologiques, l'hypothèse de l'existence de paléo-poljés peut être émise. Il s'agit d'une dépression à fond plat plus ou moins fermée dans l'axe de l'ancienne vallée. Les conduits karstiques explorés et topographiés dans les affluents de la grotte de la Cigalère, se répartissent « régulièrement » en auréole autour du périmètre de cette cuvette. Les altitudes atteintes dans ces affluents sont cohérentes avec celles de la paroi de la cuvette calcaire lapiazée. L'eau du poljé a ainsi pu être évacuée par ces différents conduits naturels. Les conduits de l'affluent Gino et de la résurgence de Chichoué plus en amont, auraient aussi pour origine le bord est de la cuvette aujourd'hui érodé par le recul de la vallée du Haut Lez. Le fond de ce poljé est étanche par la présence des quartzophyllades inférieures sous-jacentes au calcaire. Les circulations sous glaciaires peuvent être sous pression ont agrandi les conduits et amené des galets, graviers et sables morainiques dans la grotte de la Cigalère, dont il reste aujourd'hui des témoins. Une autre morphologie de ce type pourrait être recherchée plus en amont de la vallée, au niveau des étangs Floret et Albe. Le réseau du gouffre Martel serait alors l'ancien exutoire de cette plaine.

3 LEVES GEOLOGIQUES DETAILLÉS :

3.1 LEVES COMPLEMENTAIRES GROTE DE LA CIGALERE et ABORDS

3.1.1 FALAISE ENTREE CIGALERE

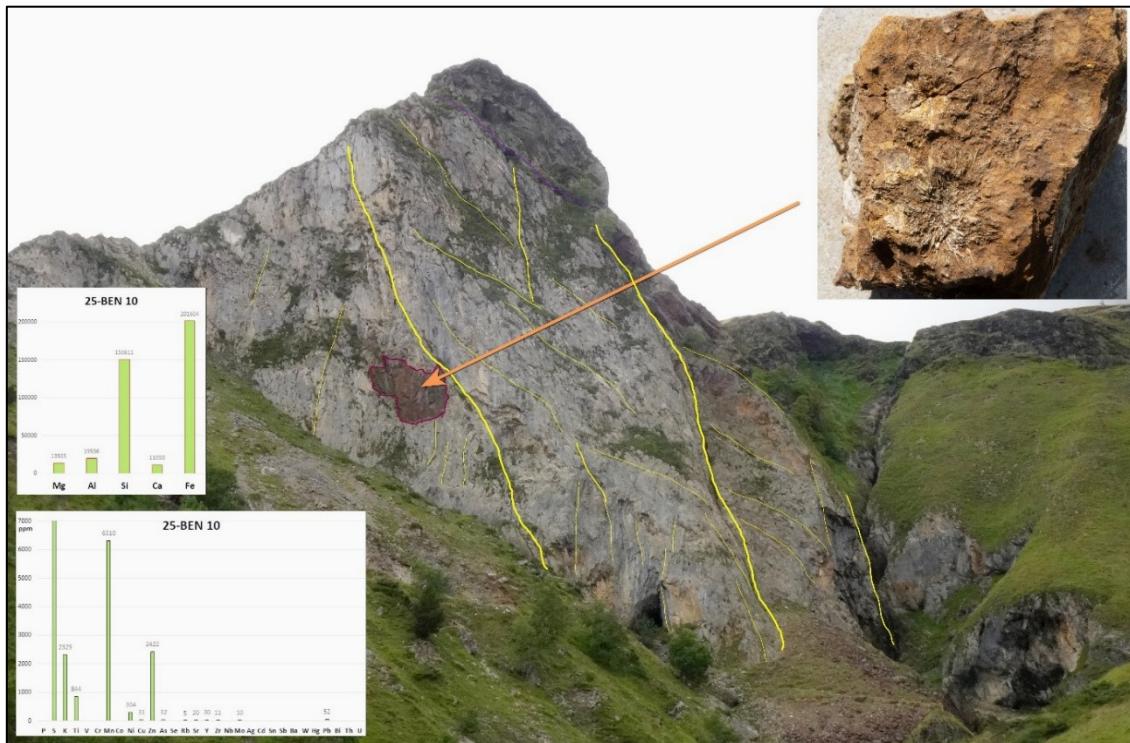


Figure 7 Falaise de la Cigalère- prélèvement 25 BEN10

Bien qu'inaccessible, un échantillon récolté au pied a pu être analysé (25-BEN 10). Il s'agit d'une amande ocre ferrugineuse carbonatée (ankérite) légèrement minéralisée en Zinc à proximité d'une fracture.

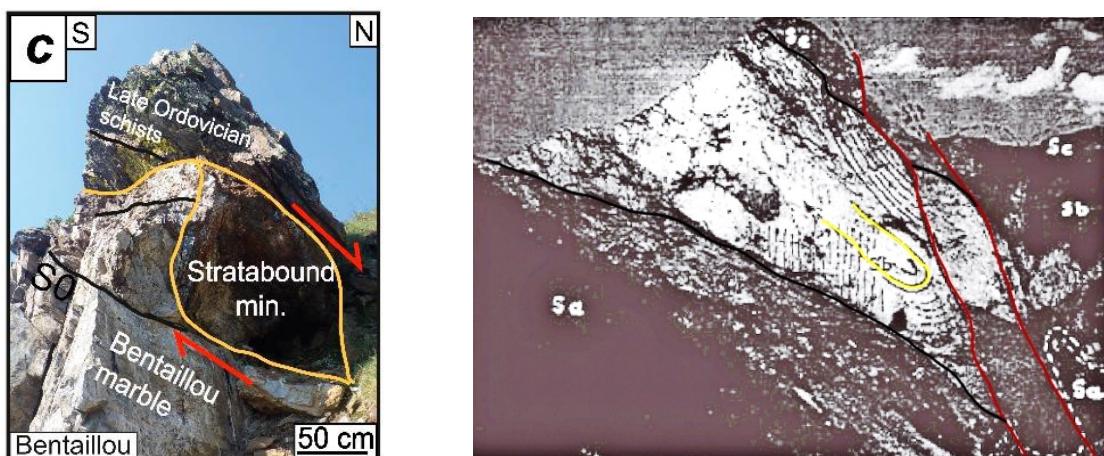


Figure 8 CIGALERE : hypothèses tectoniques sur la falaise

L'hypothèse d'un pli couché ou d'une figure en « pull-appart » doit être abandonnée. Dans la Cigalère (affluent Gino, proche de la zone), il n'y aucun argument pour un pli couché.

3.1.2 PISTE D'ACCES A LA CIGALERE



Figure 9 PISTE D'ACCES : amande d'ankérite quartz et cuivre

Située dans un lacet sur la piste d'accès à la grotte de la Cigalère. Il s'agit d'une amande d'ankérite et filonnets de quartz avec un indice de cuivre. A proximité d'une faille N30°-80°. Les contours de filonnets de quartz avec un indice de cuivre. A proximité d'une faille N30°-80°. Les contours de l'amande montrent qu'il s'agit de figures de corrosion karstique. L'amande ankéritique résulterait alors d'un remplissage paléo-karstique.

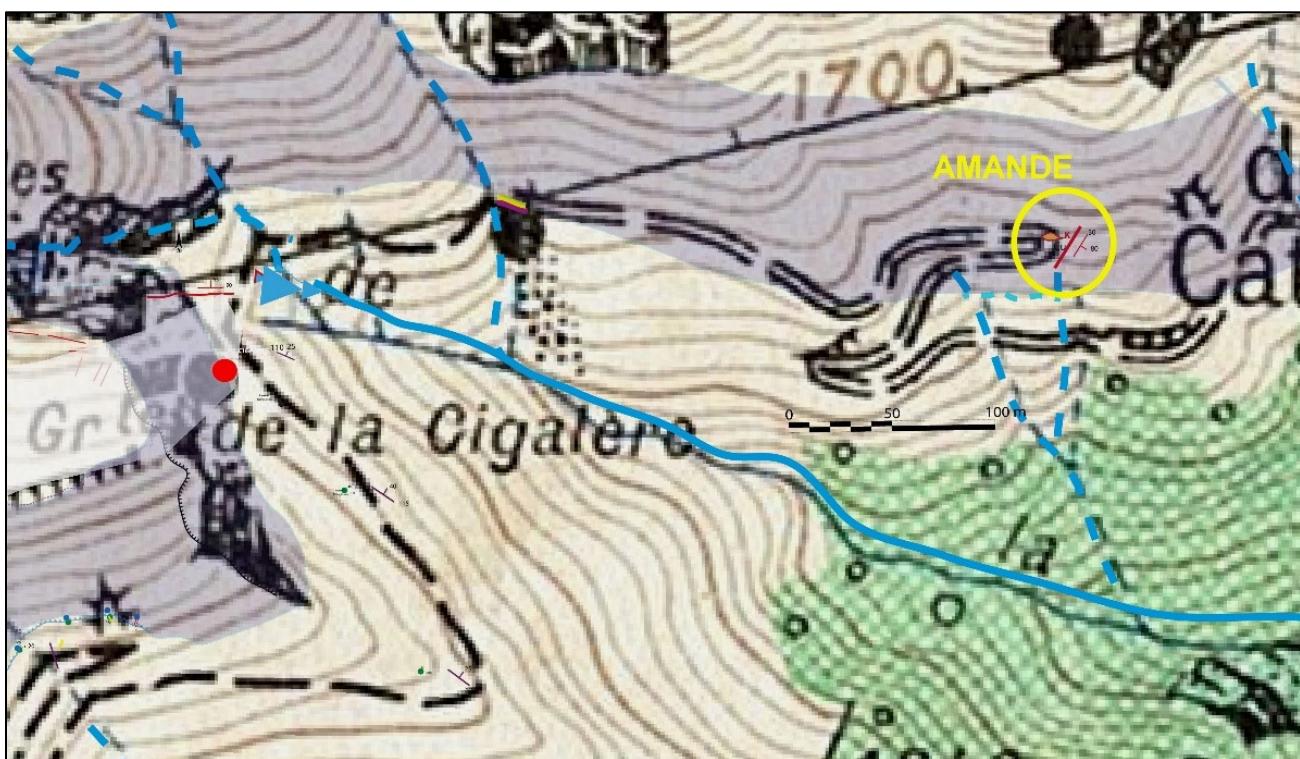


Figure 10 PISTE D'ACCES : plan de localisation de l'affleurement en bord de piste

3.1.3 GALERIE D'ENTREE DE LA CIGALERE

Une fracture N150° montre un remplissage limonitique et d'hématite ocre recouvert d'une croûte blanche qui doit être un carbonate de zinc. Le tout est accompagné de calcite.

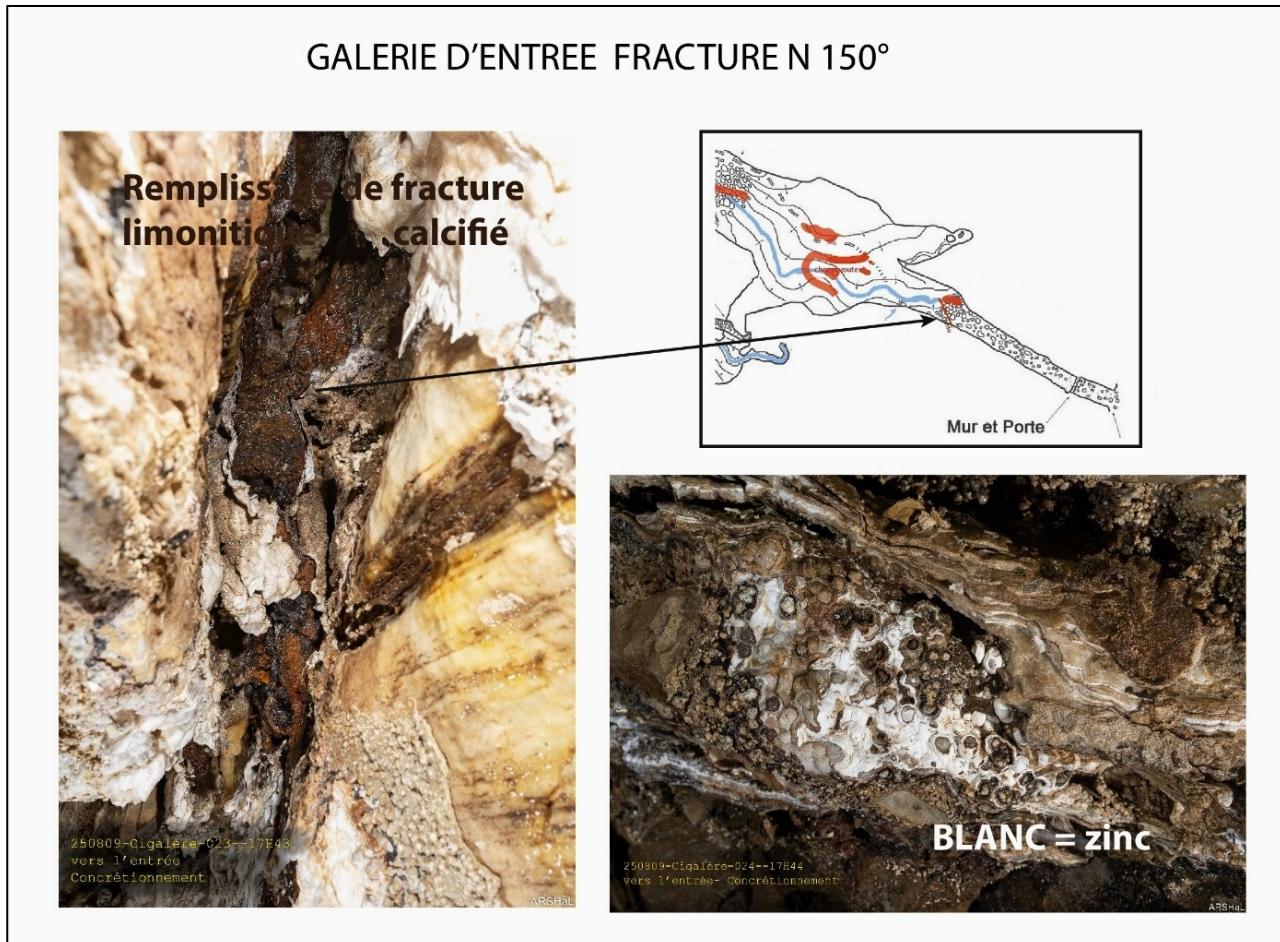


Figure 11 CIGALERE : galerie d'entrée. Remplissage de limonite et carbonates blancs de Zinc

3.1.4 GRANDE SALLE DE LA CIGALERE

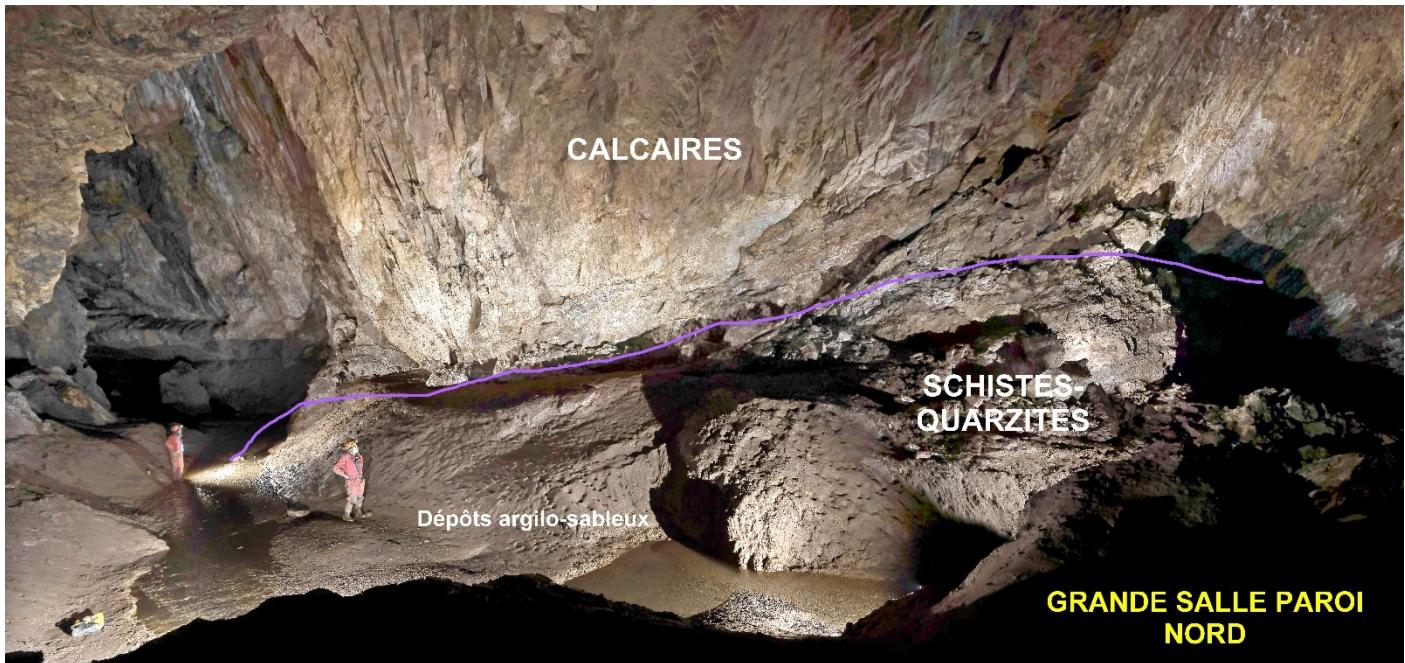


Figure 12 CIGALERE GRANDE SALLE : paroi nord, contact inférieur calcaires/schistes

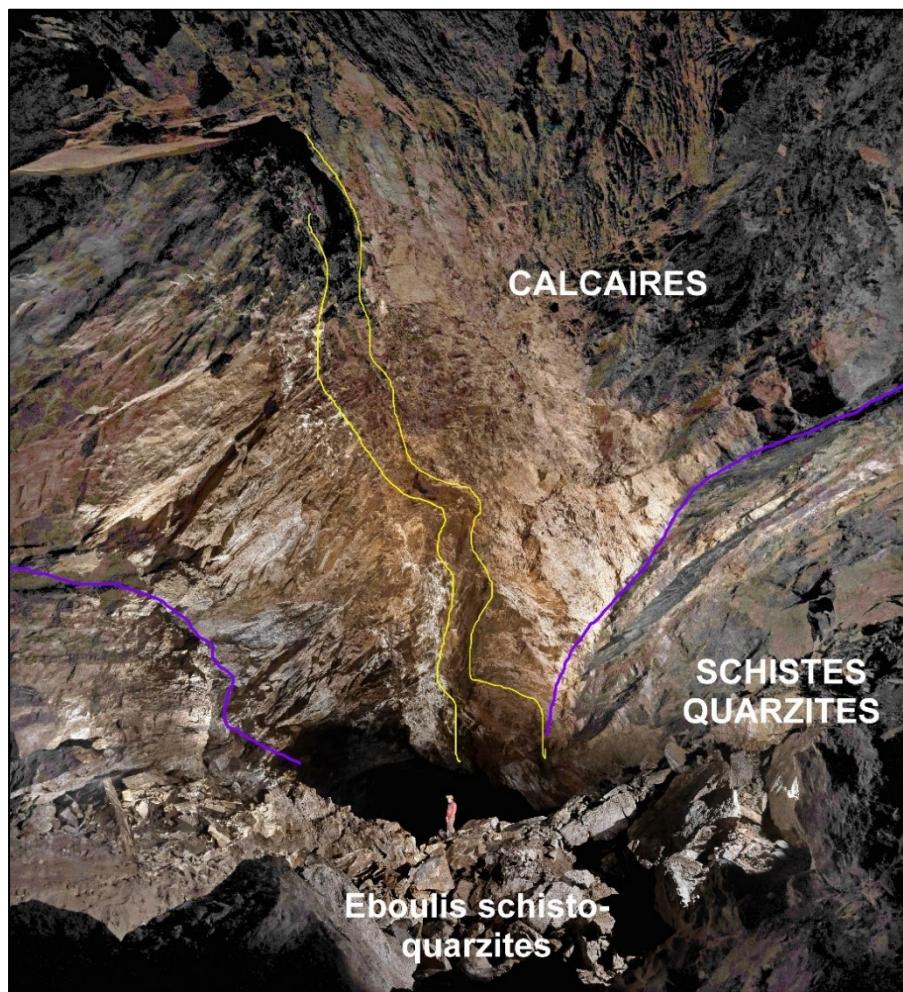


Figure 13 CIGALERE GRANDE SALLE : chenal de voute

L'observation détaillée de la Grande salle révèle le contact entre les schistes inférieurs et les calcaires marmoréens. Au niveau de l'entrée amont dans la Grande Salle, la rivière s'enfonce dans la partie

calschisteuse guidée par une faille importante N 110°-75°w. Au centre de la salle, carrefour avec les affluents Gino et De Donnéa, cette faille vient buter sur un couloir de fractures N85 à 90°-85°n qui peut correspondre au prolongement de la Faille de la Cigalère de la mine du Bentaillou quartier St Jean). Cette faille est visible dans la bordure nord de la falaise de la Cigalère.

C'est sur ces deux grandes structures que se sont développés des chenaux de voute à remplissage limonitique ocre-orangé.

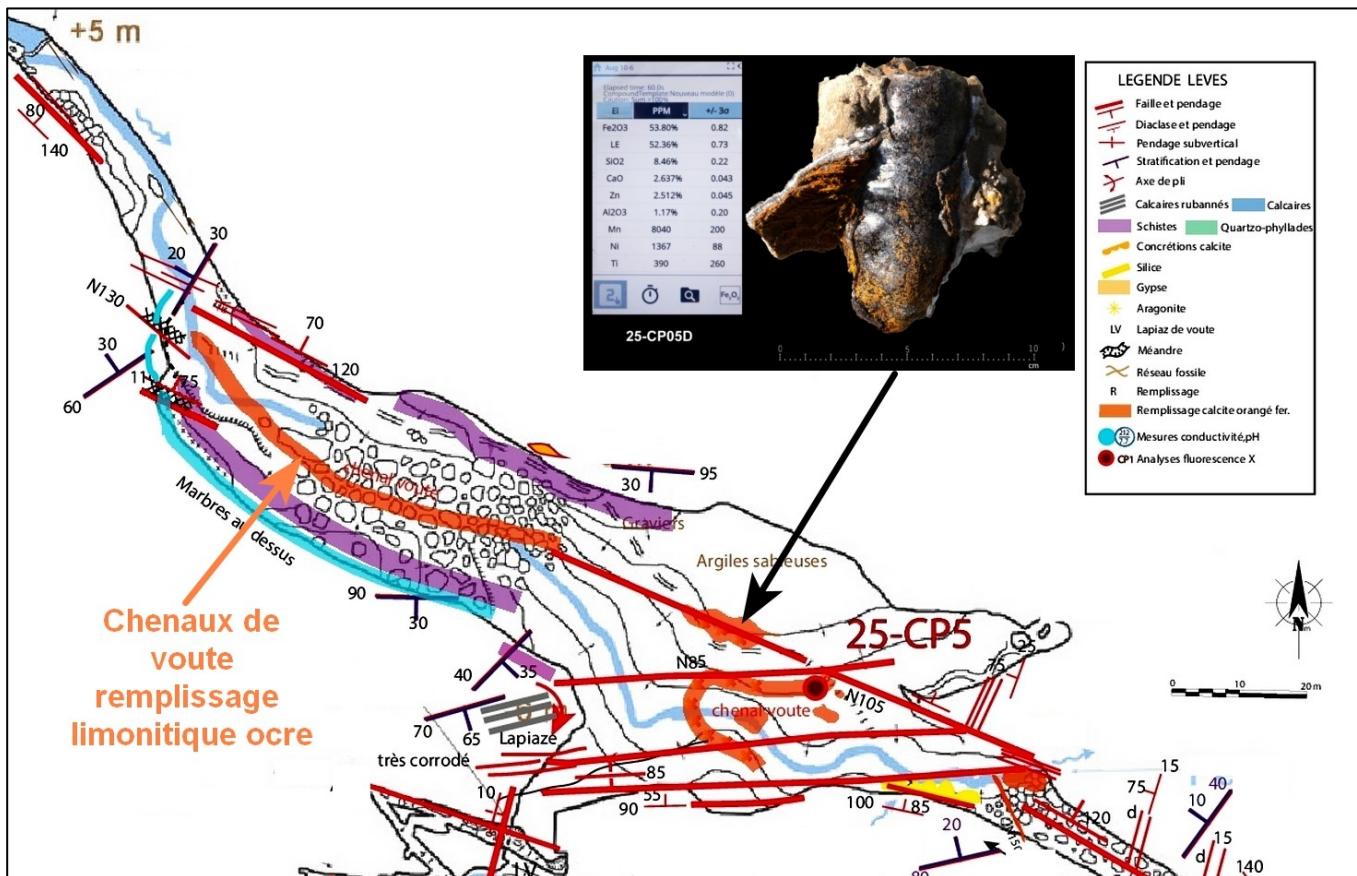


Figure 14 CIGALERE GRANDE SALLE : levés détaillés

3.1.5 LES CONCRETIONS GRISES

Au carrefour des affluents, un massif de stalactites grises occupe le toit de la salle, au niveau d'un nouveau chenal de voute méandriforme. Une stalactite trouvée au sol (voir couverture du rapport) a permis d'en révéler une constitution surprenante :

Elle montre en effet une structure polyphasée avec un concrétionnement limonitique, voire hématifite, séparée par une enveloppe de couche de calcite (?) grise et blanche.

On peut observer au moins 5 phases avec des dépôts intercalaire de calcite.

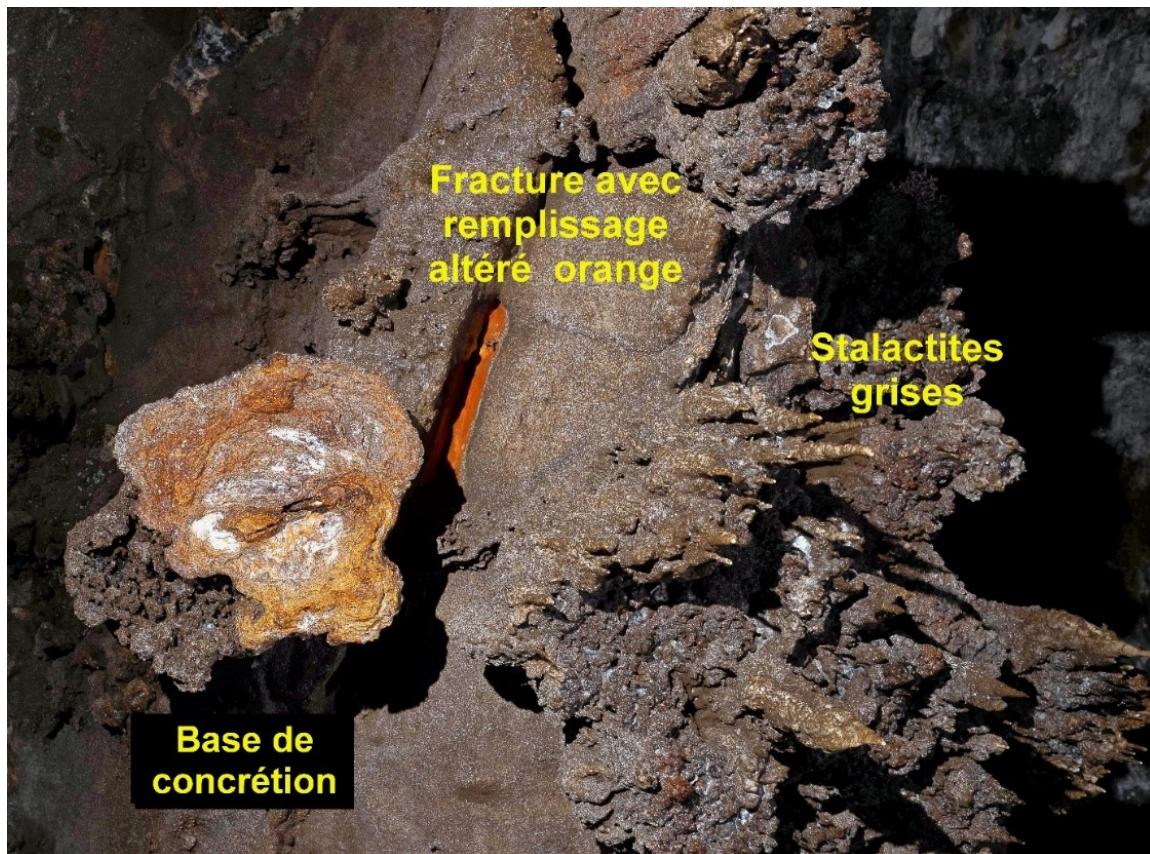


Figure 15 CIGALERE GRANDE SALLE : massif de stalactites



Figure 16 CIGALERE GRANDE SALLE : concrétion limonitique vue en coupe

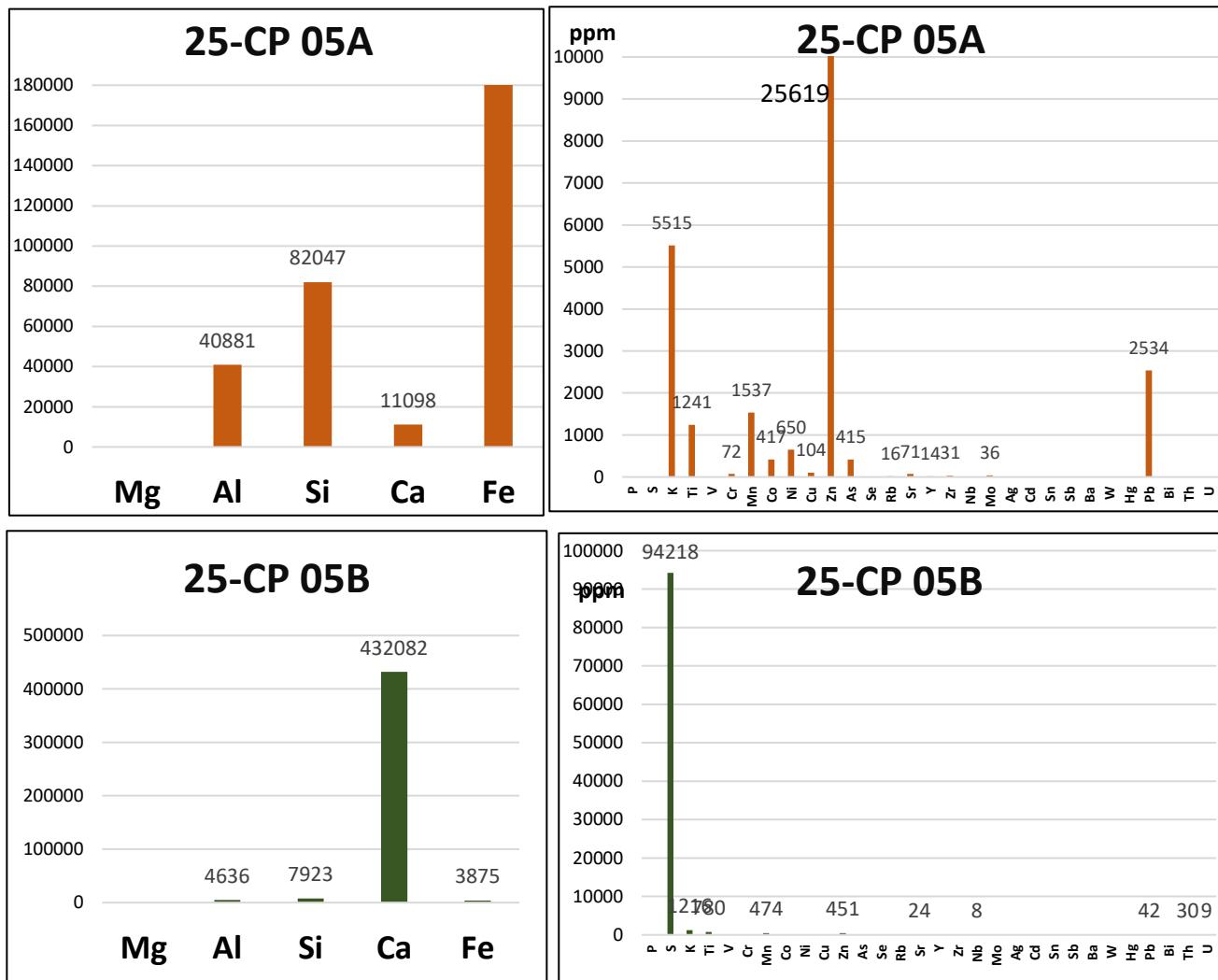


Figure 17 CIGALERE GRANDE SALLE : analyses au cœur de la stalactite ferrugineuse

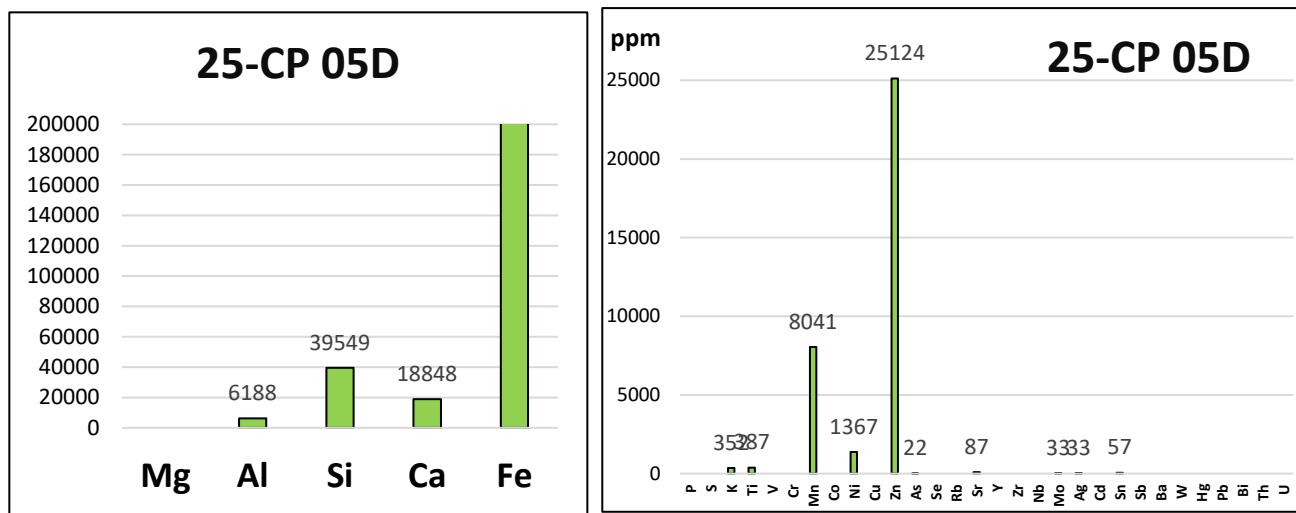


Figure 18 CIGALERE GRANDE SALLE : analyse de la calcite grise

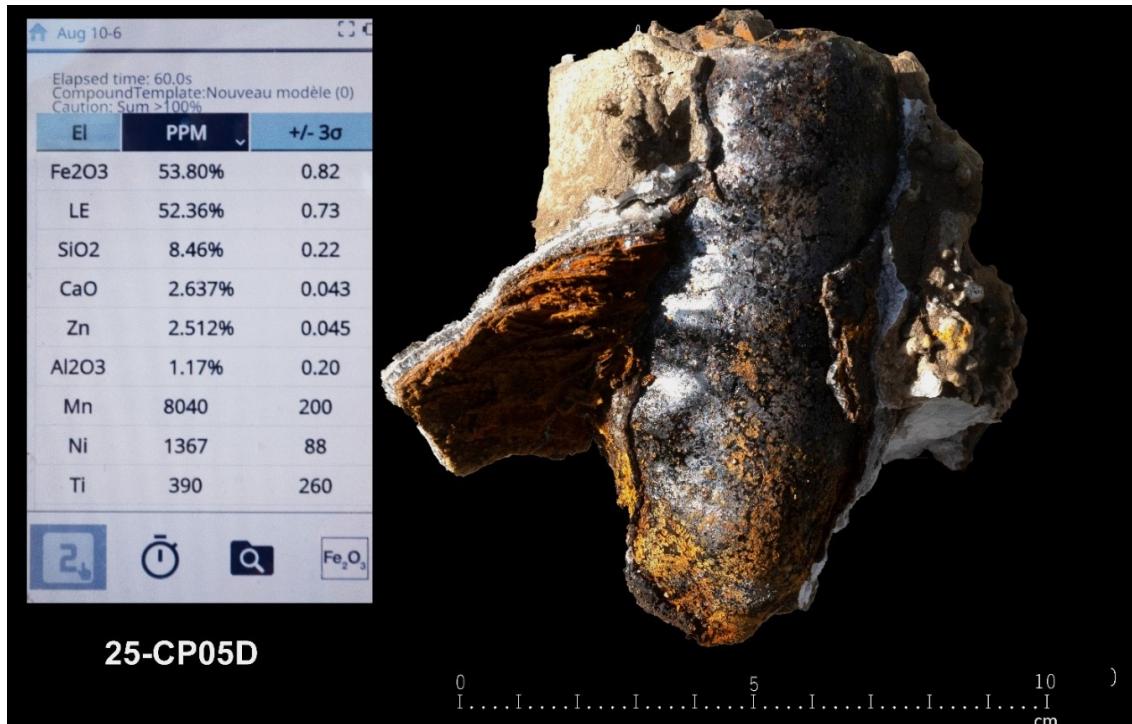


Figure 19 CIGALERE GRANDE SALLE : analyses de l'enveloppe ferrugineuse de la concréte

L'enveloppe est certainement de l'hématite. Dans l'ensemble de la concrétion dans toutes les analyses, il y a du zinc (2.5%). Les éléments tels que le Zinc, Manganèse, et traces de Plomb et Nickel sont caractéristiques du minerai de la mine du Bentaillou (voir chapitre Mine du Bentaillou). Dans la salle, on peut remarquer des fractures ouvertes remplies de sédiments ocres orangés identiques à ceux des concrétions !

Les conduits d'apport de ces sédiments seraient donc des fractures ouvertes et les chenaux de voute.

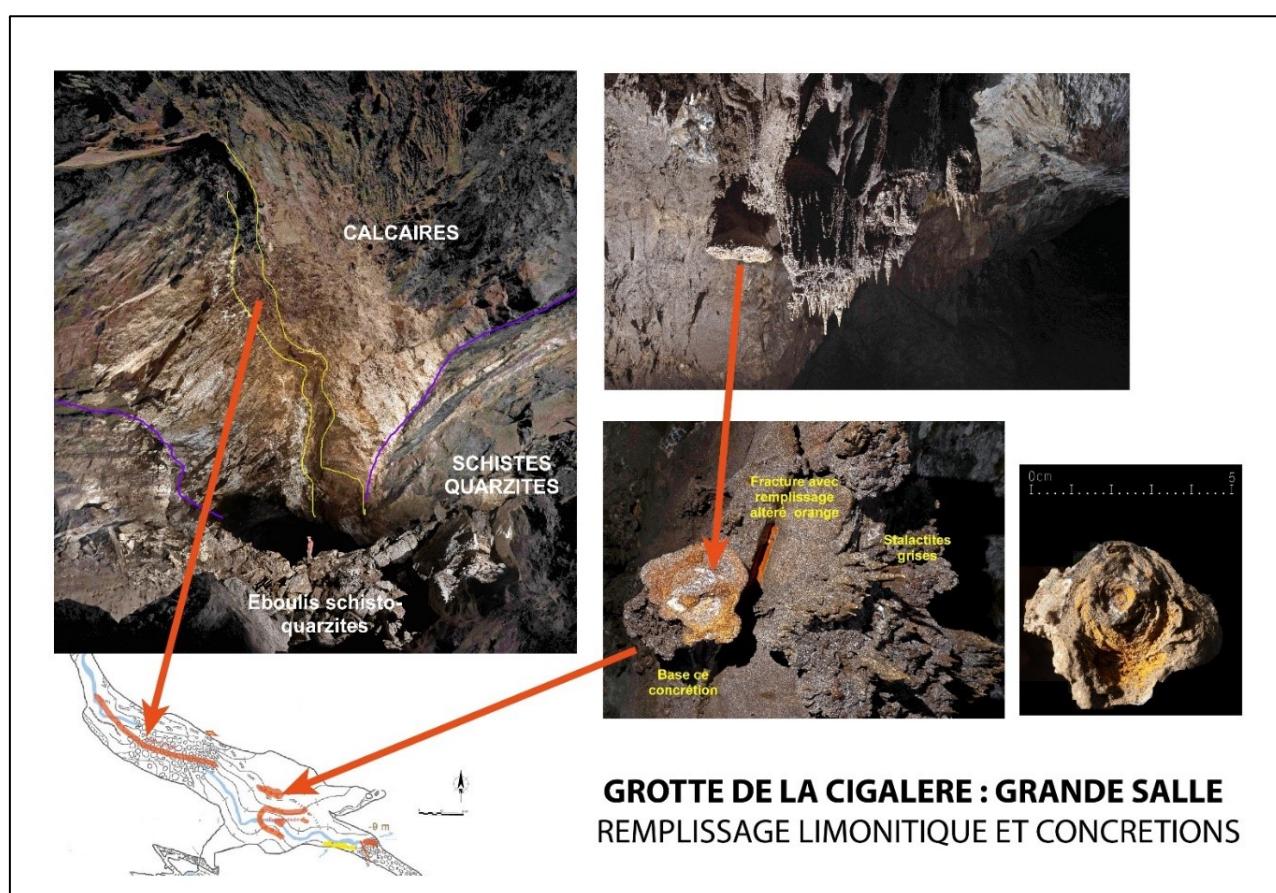


Figure 20 CIGALERE GRANDE SALLE : remplissages limonitiques et concrétions

3.1.6 AFFLUENT VAN DEN ABEELE INFÉRIEUR ou DES MARMITES

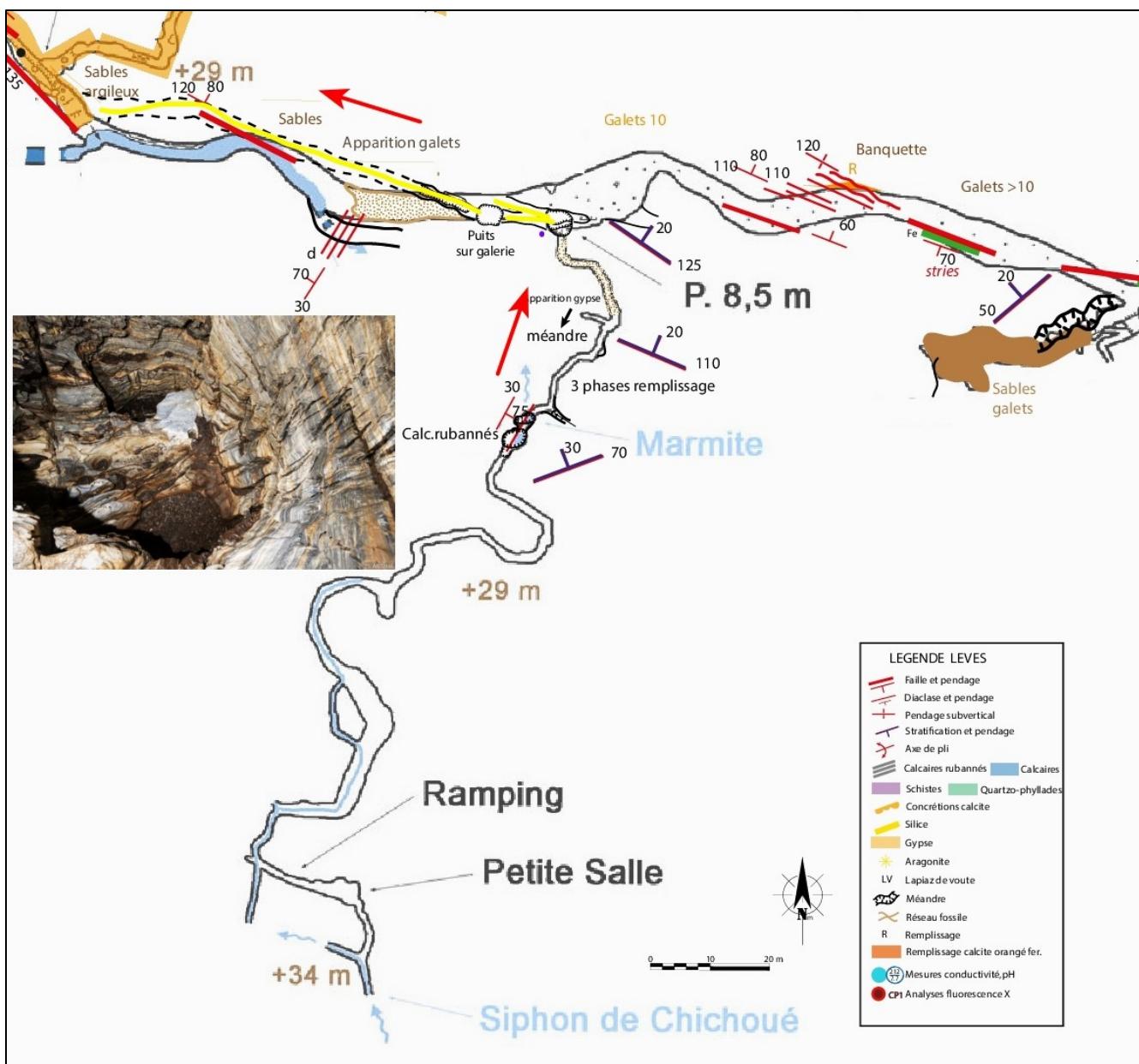


Figure 21CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : plan du réseau

Dans la galerie principale on observe des banquettes témoins de remplissages de sables et de galets en amont de l'Affluent Sec peu avant l'Affluent des Marmites (VDA INF.). Au sol il y a des alluvions plus récentes, galets plats de quartzites et de schistes de diamètre parfois supérieur à 10 cm. Leur dimension augmentait déjà depuis plusieurs centaines de mètres. Les dépôts s'arrêtent brutalement peu après avoir dépassé l'Affluent des Marmites. Au-delà il n'y a que des sédiments de sables argileux beaucoup plus fins.

Cet affluent est donc un conduit ouvert important en communication avec des apports de sédiments extérieurs à partir de pertes actives situées au sud, avec un potentiel de transport important !

Début aout 2024, un traçage involontaire a été réalisé entre les premières pertes du lac de Chichoué et l'Affluent des Marmites. EDF a ouvert les vannes du barrage de Chichoué ce qui a entraîné une crue soudaine dans le réseau actif à partir de cet affluent). Il y a donc un drain important qui évacue rapidement les flux d'eau et permet le charriage de galets. L'impact de ces galets est visible sur les parois de la principale marmite.



Figure 22 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : impact des galets sur paroi

Plusieurs niveaux de remplissages confirment l'importance des apports dans cette galerie. Le plus récent est constitué de gros galets qui ont raviné les dépôts précédents.

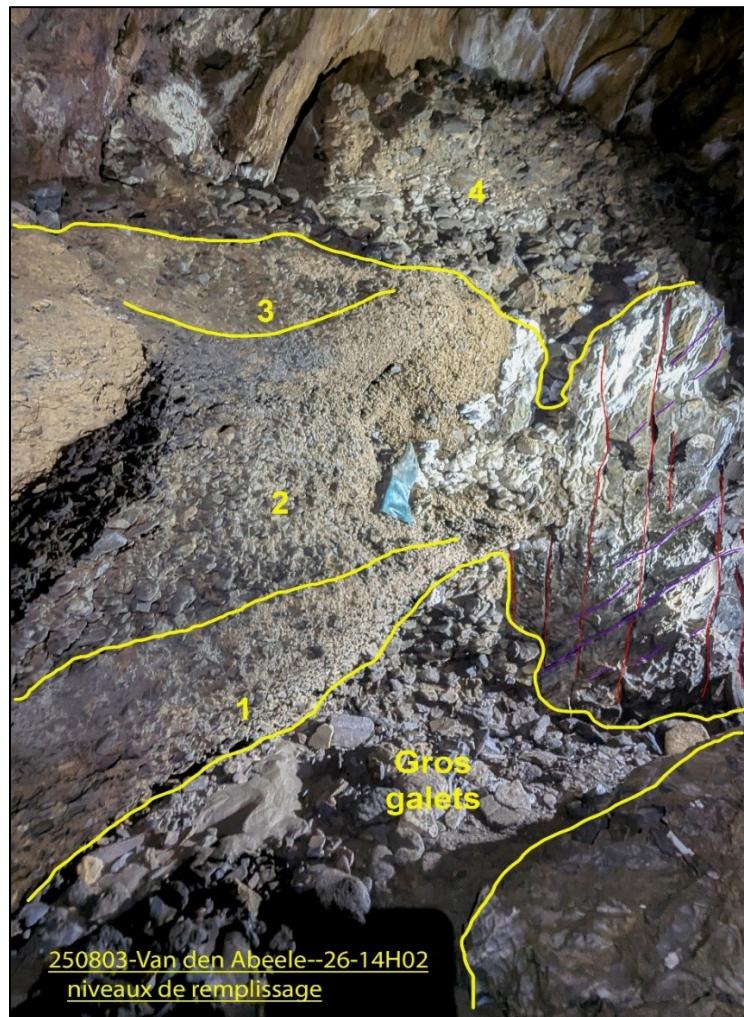


Figure 23 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : 5 phases de remplissages

Le conduit qui est actuellement à 8 m au-dessus de la galerie principale ou il est relié par deux puits, se poursuivait initialement vers l'Ouest, soit à l'inverse de l'écoulement actuel ! Il constitue un réseau fossile dans les hauteurs de la galerie principale, en se reliant peut-être à l'époque, à la galerie Van Den Abeele supérieure.

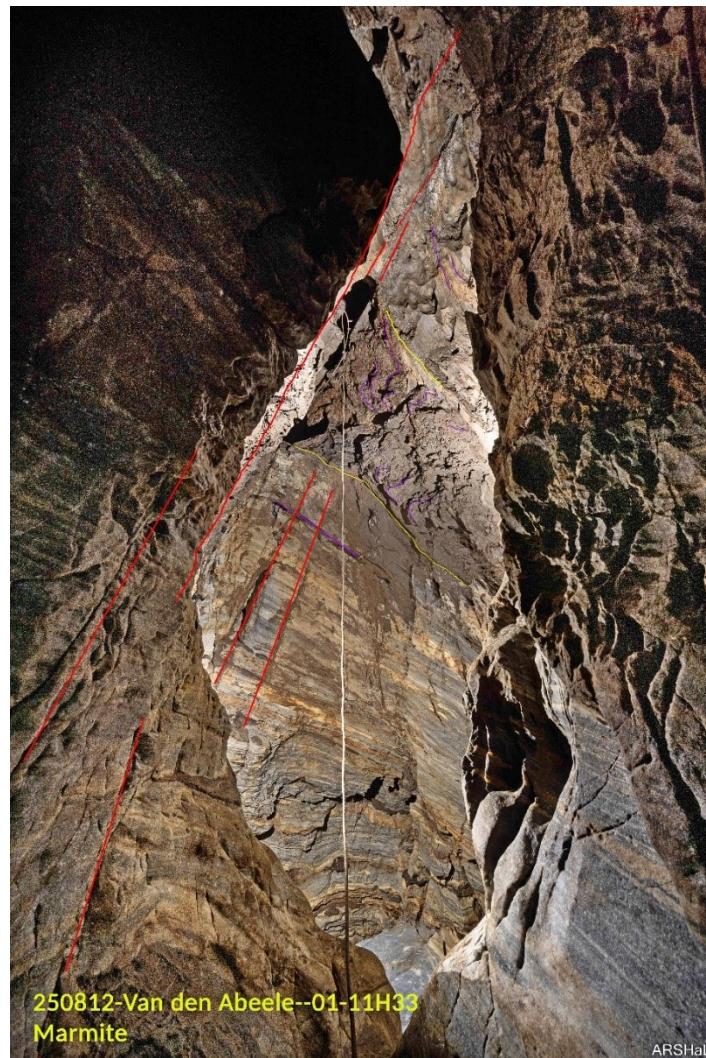


Figure 24 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : structure N30° au niveau des marmites



Figure 25 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : inflorescence de gypse sur remplissage

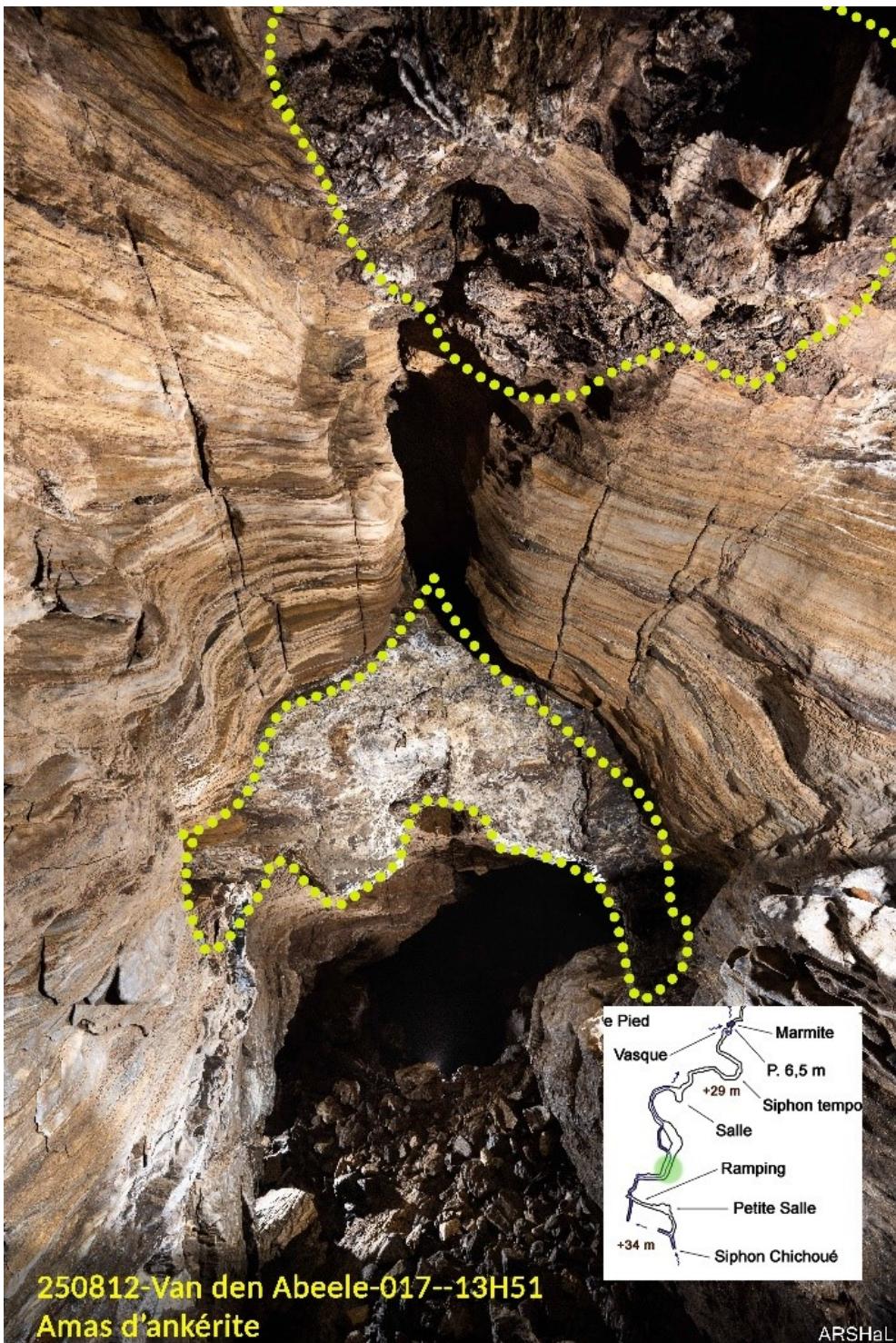
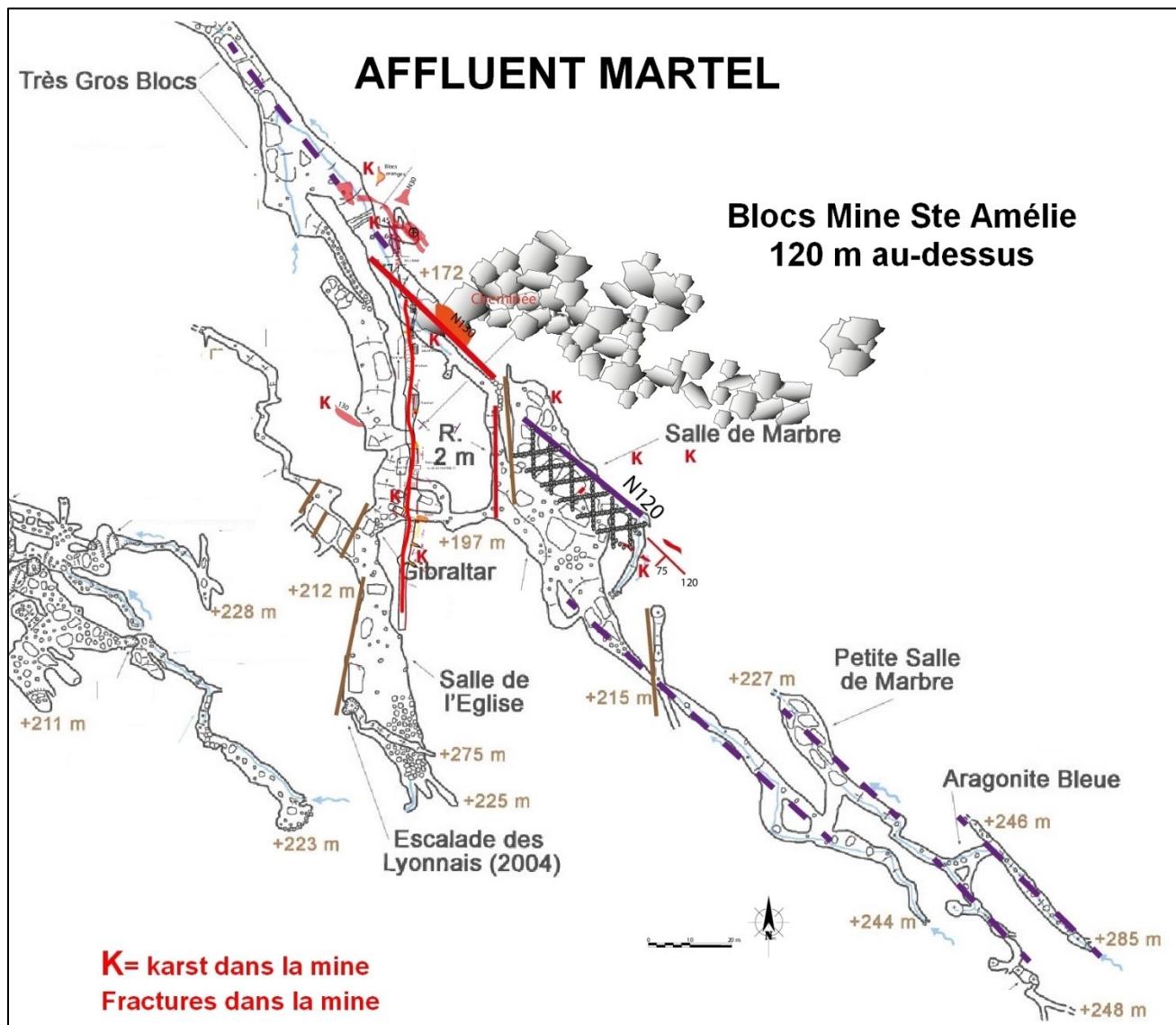


Figure 26 CIGALERE VAN DEN ABEELE INF. : amande d'ankérite à quartz

Une amande d'ankérite ferrugineuse a quartz occupe une position particulière. Elle semble remplir une petite cavité de type paléokarst. A confirmer !

3.1.7 AFFLUENT MARTEL SALLE DES MARBRES



Les relevés photographiques dans la salle de Marbre de l’Affluent Martel montrent l’existence d’un important couloir fracture N120° avec de très gros blocs au sol. Cette zone se situe 120 m sous l’exploitation du chantier Ste Amélie qui a été sujet à un important foudroyage naturel le long de fractures N 130° (voir chapitre Mine du Bentaillou), avec création d’un important chaos de blocs instables. La superposition des deux phénomènes est à corrélérer avec la présence d’un important couloir de fractures N120-130° qui affecte le secteur.

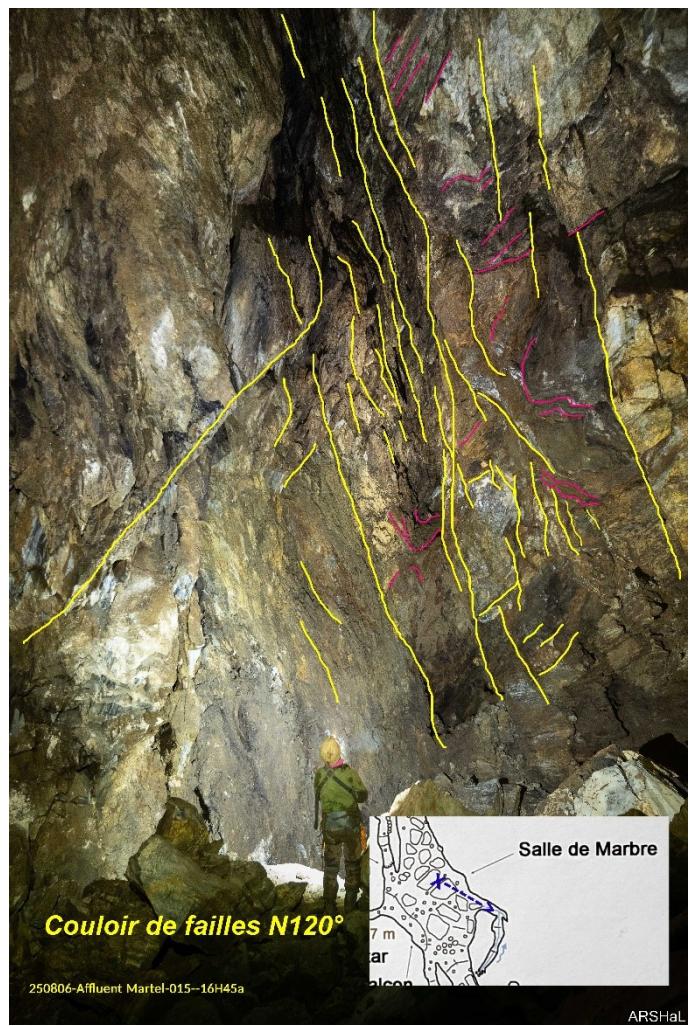


Figure 28 CIGALERE AFF MARTEL : couloir de failles N120°



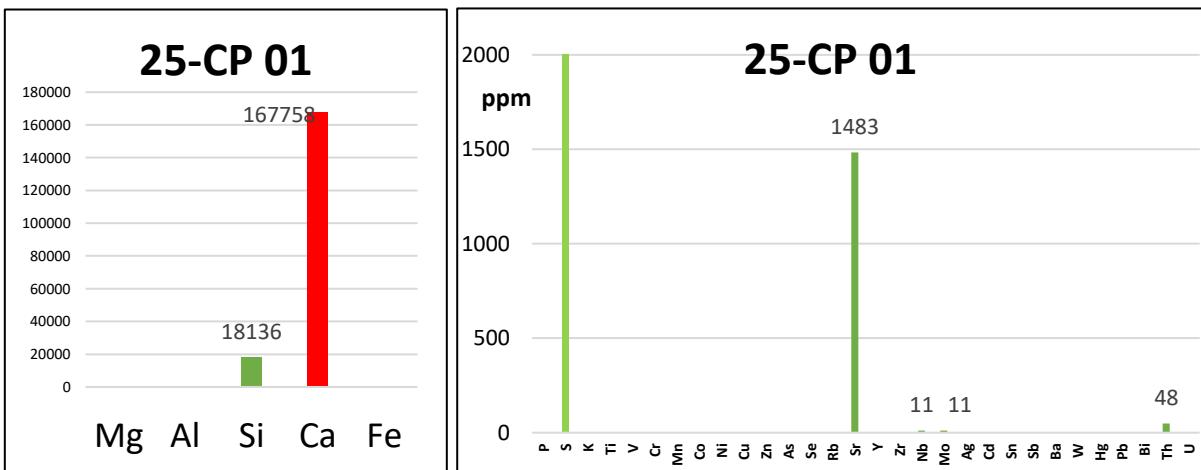
Figure 29 CIGALERE AFF MARTEL : zone de blocs cyclopéens

3.1.8 CONCRETIONS DE GYPSE



Figure 30 CIGALERE SALLE 1001 NUITS : analyse plancher de gypse 25-CP04

Galerie Principale Salle 1001 nuits	25-CP 01	Stalactite gypse cassée
Galerie Principale Salle 1001 nuits	25-CP 02	Stalagmite blanche, cassée
Galerie Principale Salle 1001 nuits	25-CP 03	Couche gypse colorée brun clair
Galerie Principale Salle 1001 nuits	25-CP 04	Plancher gypse (e=25 cm)



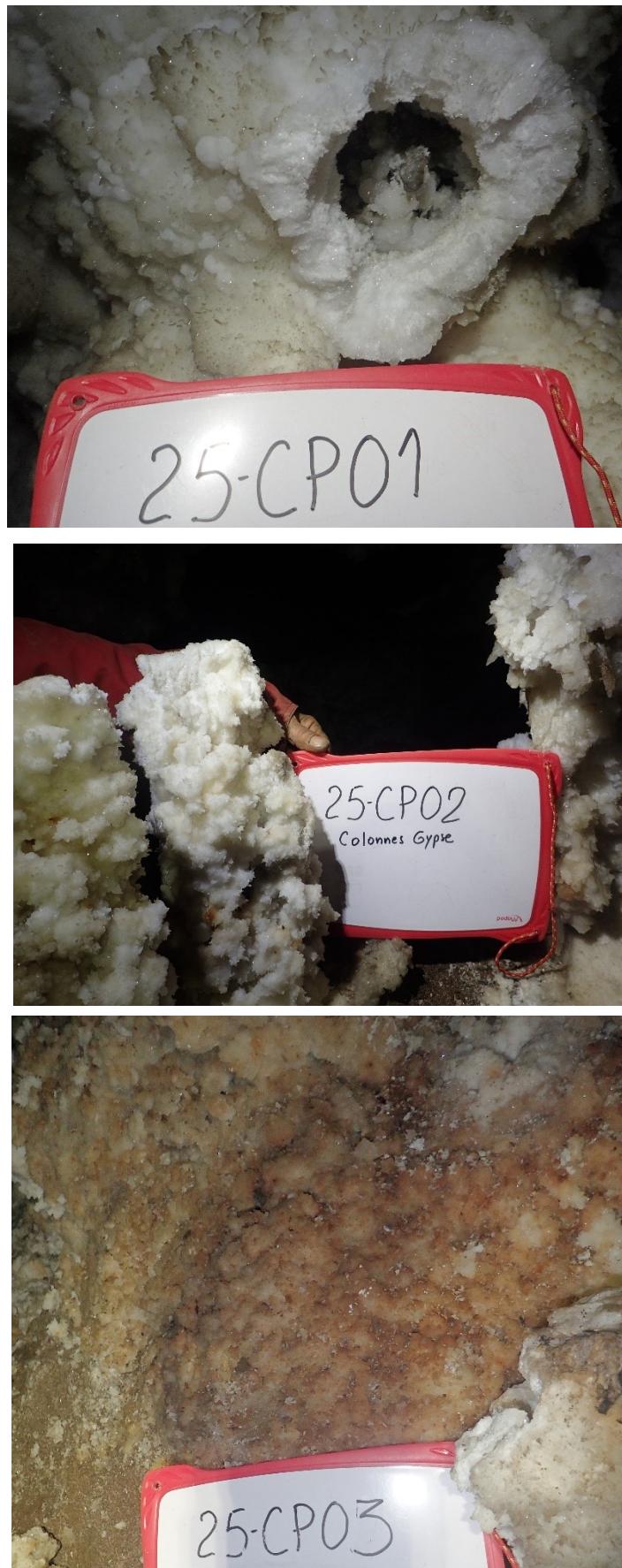


Figure 31 CIGALERE SALLE 1001 NUITS : photos analyses concrétions de gypse 25-CP01 à 03

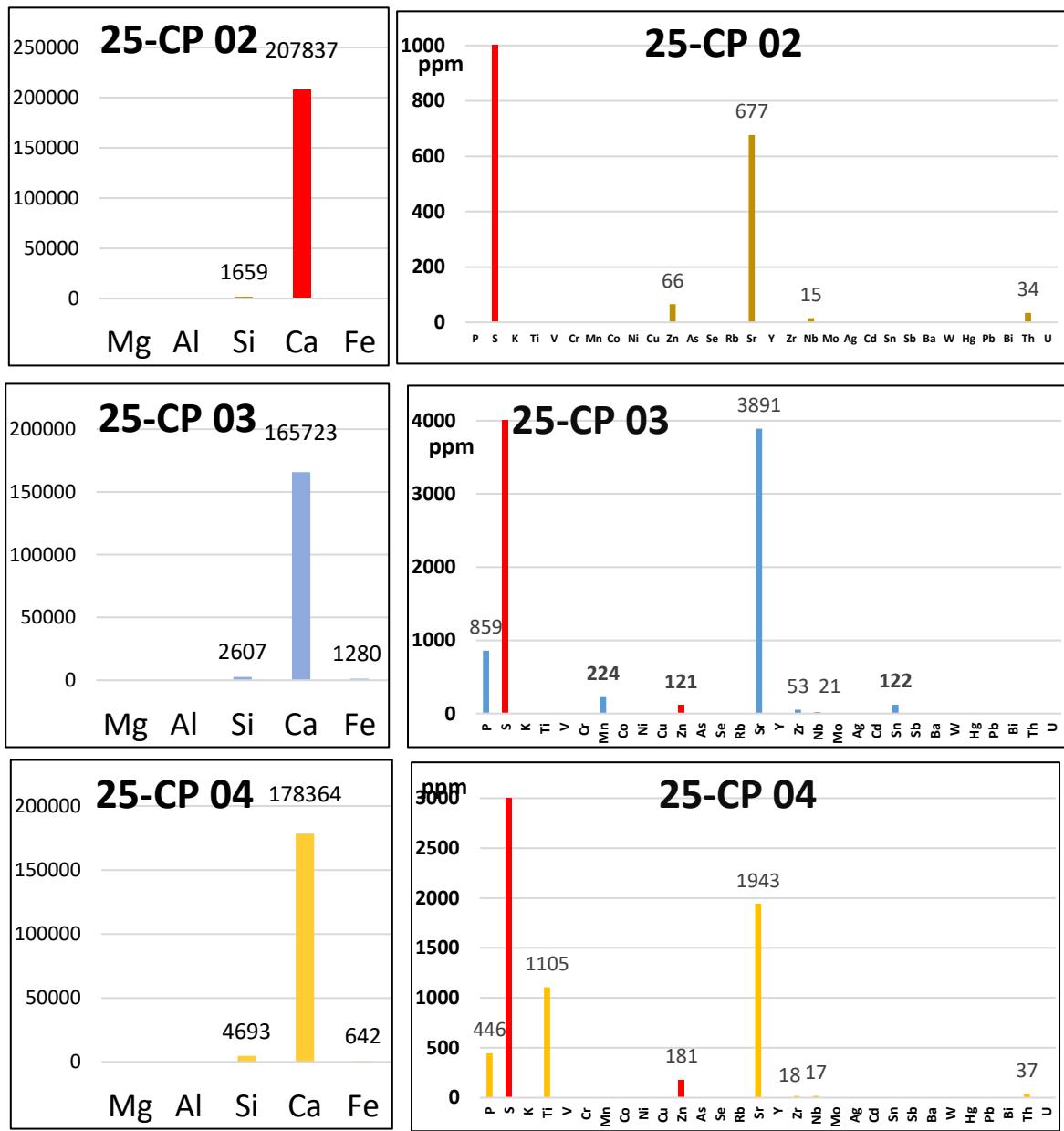


Figure 32 CIGALERE SALLE 1001 NUITS : analyses concrétiions de gypse 25-CP01 à 04

Dans les concrétiions de gypse de la Salle des 1001 nuits, il y a très peu d'éléments traces en dehors du Strontium toujours présent.

Par contre dans le plancher sous-jacent, constitué de plusieurs couches de gypse, il y a des traces de Zinc (100-150 ppm) et de Phosphore. Ces couches de gypse contiennent donc des éléments détritiques tels que Fer Silice Etain. Le Zinc accompagnerait cette phase détritique et ne serait pas corrélé avec le gypse.

3.1.9 GALERIE PRINCIPALE

3.1.9.1 Après Trou Souffleur

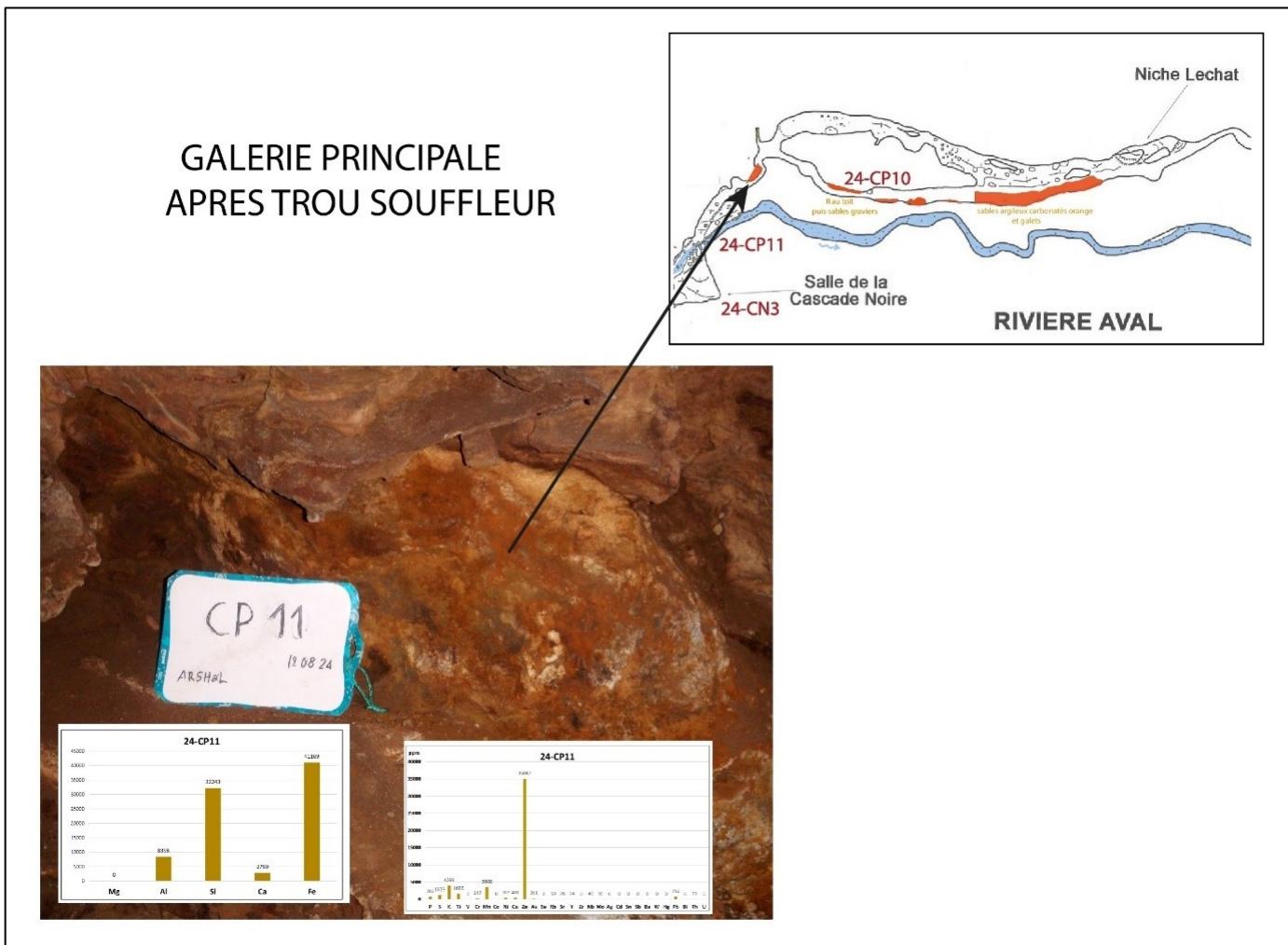


Figure 33 CIGALERE GALERIE PRINCIPALE : dépôts ocreux limonitiques après le Trou Souffleur

3.1.9.2 Cascade Noire

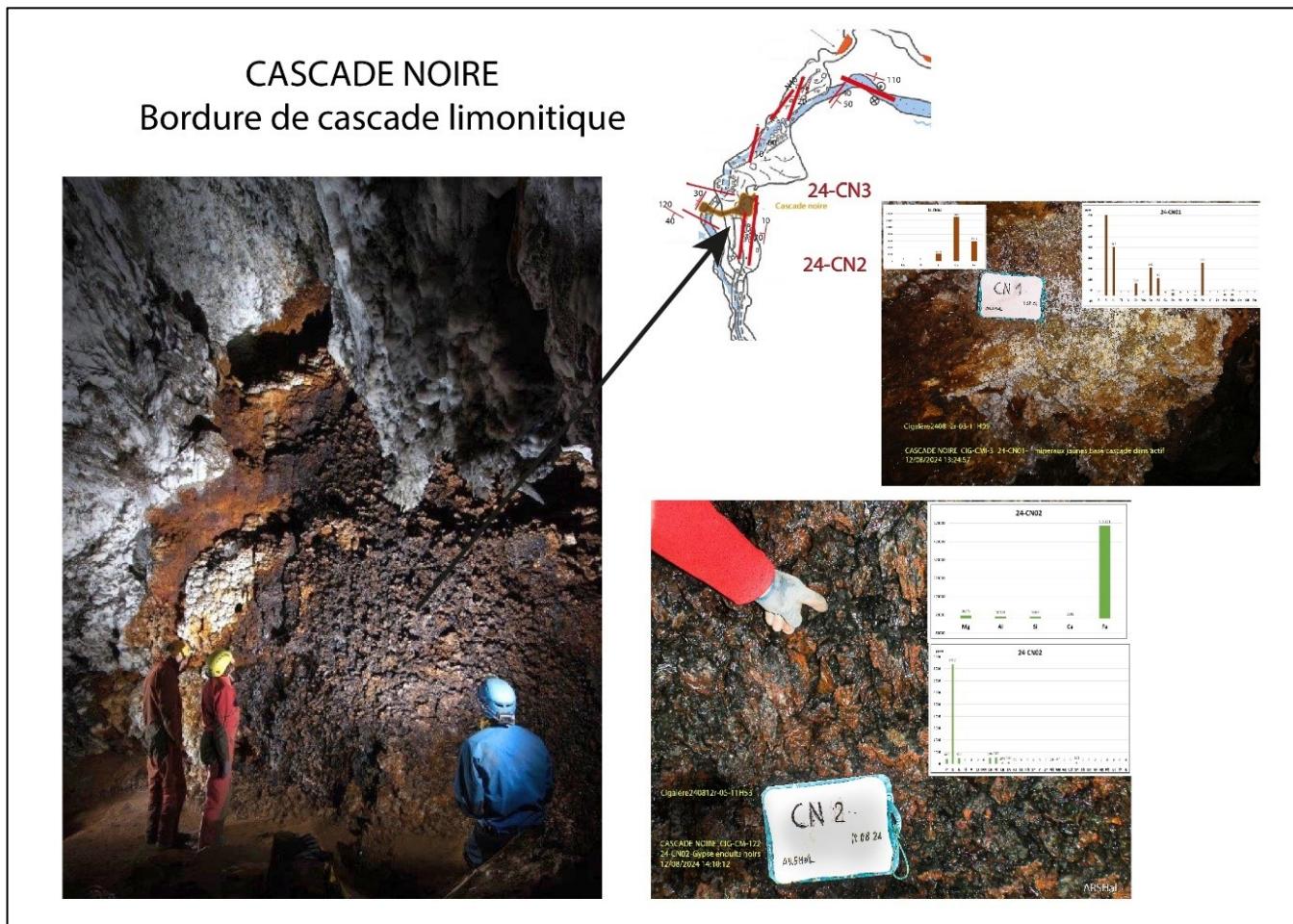


Figure 34 CIGALERE CASCADE NOIRE : analyses 2024 24-CN 2 et 3

Les analyses 2024 sur 3 points de la cascade Noire confirment la présence de fer accompagné d'un peu de silice. Les éléments en traces sont le Chrome, le Cobalt, Nickel, Strontium avec très peu de Zinc et de Cuivre. Sur la photographie, la bordure de la cascade est chargée en limonite.

L'origine de cette formation serait à chercher en amont où il peut exister un amas important de limonite altérée riche en gypse qui par dissolution aurait engendré la cascade.

3.1.10 GALERIE DE LA MOUTARDE

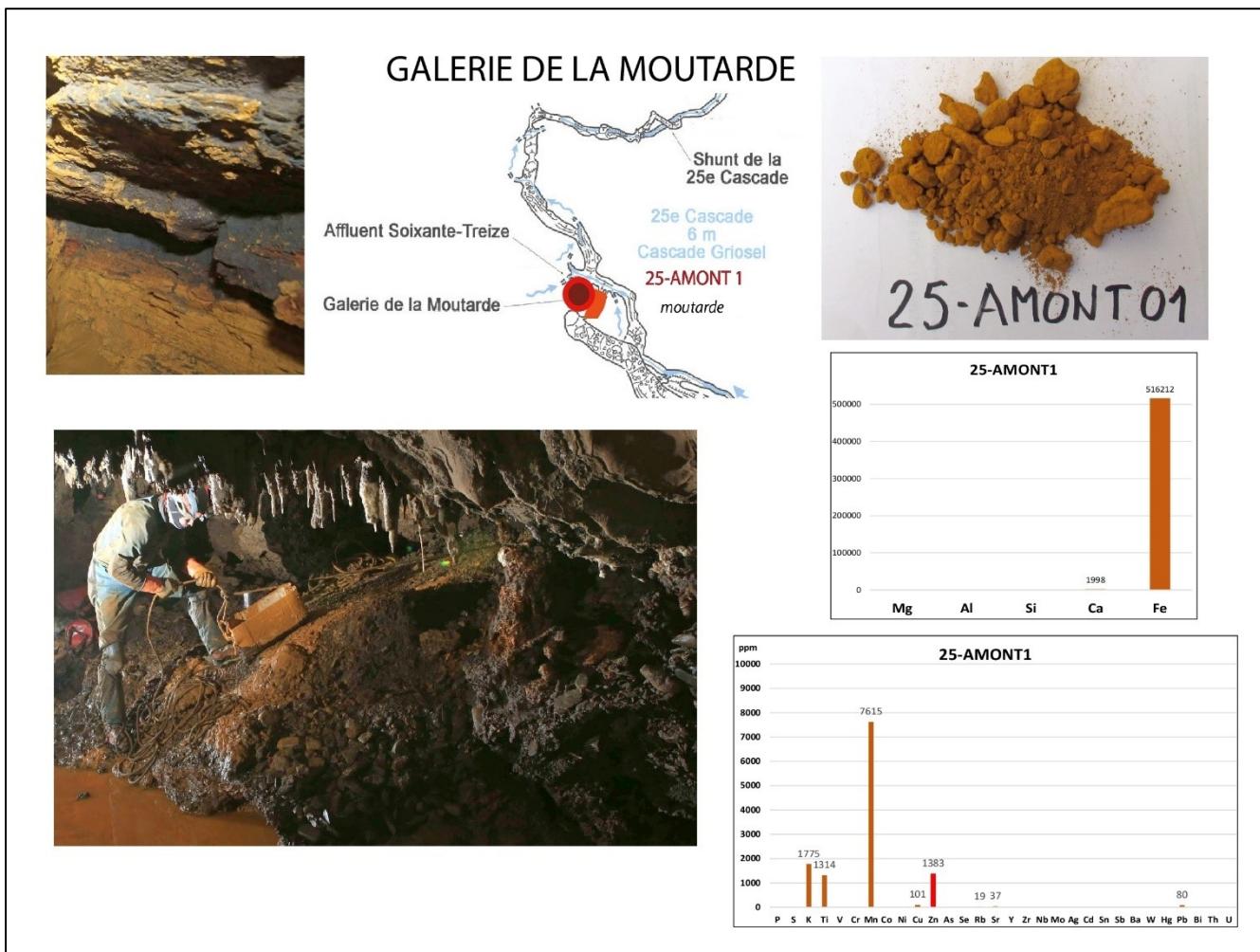


Figure 35 CIGALERE GALERIE DE LA MOUTARDE : sédiments ocres 25-AMONT01

C'est une zone en cours de désobstruction à l'extrême ouest de la Cigalère. La « moutarde », une fois séchée, est un sédiment limonitique ocre-orangé argileux avec des éléments de minéraux détritiques (K, Ti) et légèrement minéralisé en Zinc (0.13%). Ce dépôt de faciès altéré provient certainement d'un conduit en relation avec des niveaux minéralisés en Zinc, en prolongement ouest de l'exploitation minière.

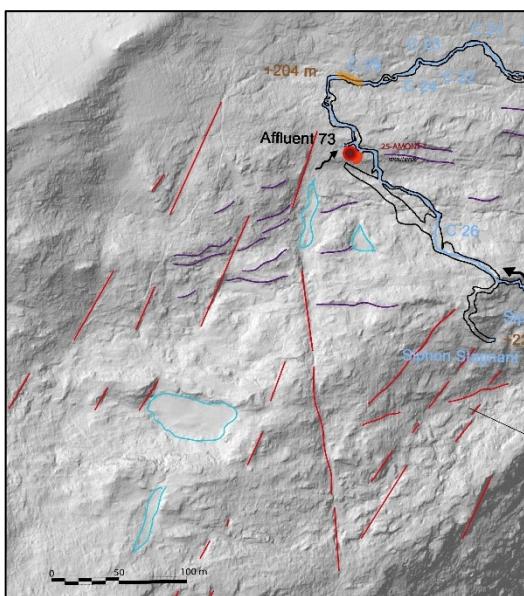


Figure 36 CIGALERE : interprétation structurale de la galerie de la Moutarde et du Lidar de surface

3.2 SYNTHESE CIGALERE

3.2.1 PLAN ANALYSES GEOCHIMIQUES ROCHES

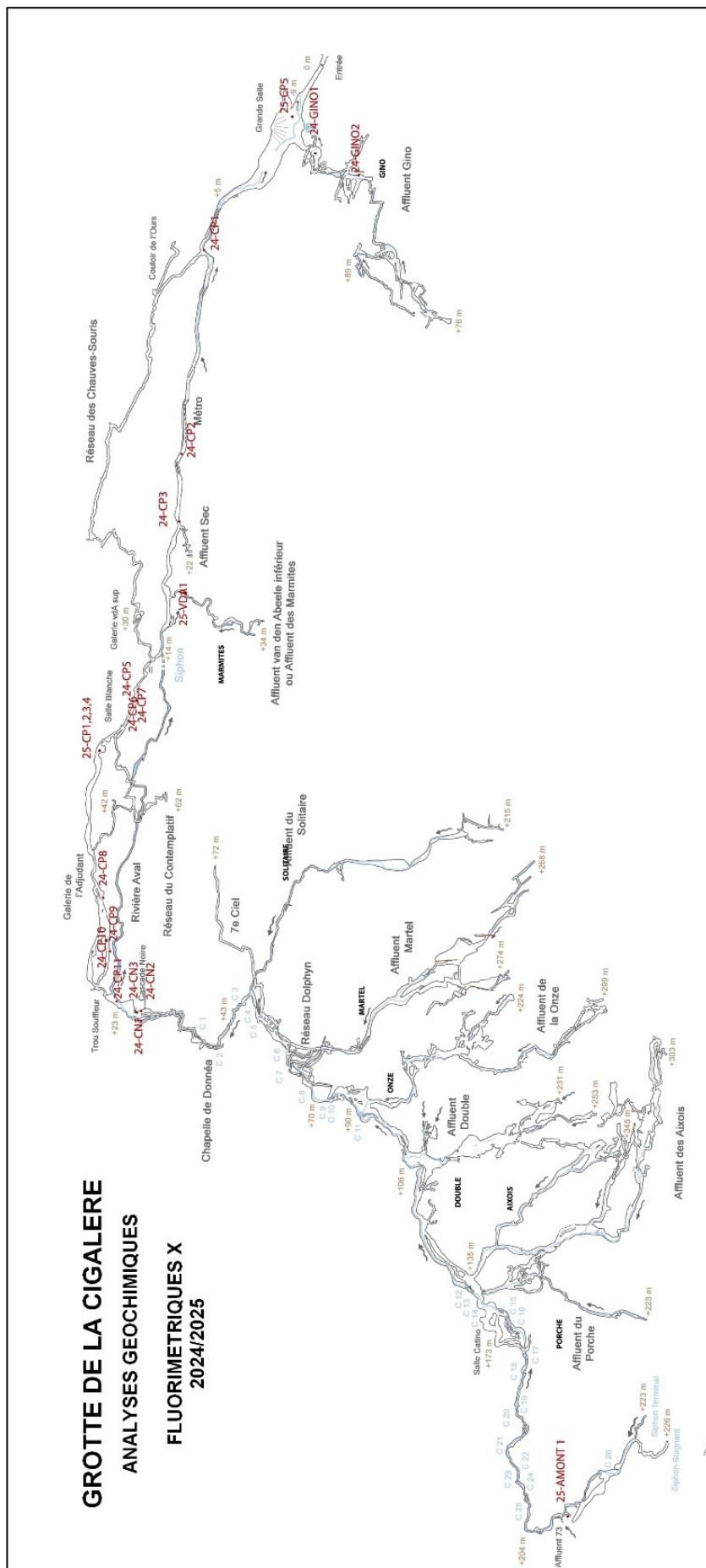


Figure 37 CIGALERE : plan de situation des analyses par Fluorescence X

SITE	LOCALISATION	station VTOPO	N°	DESCRIPTION	Contenant	Date
CIGALERE	Galerie Principale Salle 1001 nuits		25-CP 01	Stalactite gypse cassée	En place	1 03/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Salle 1001 nuits		25-CP 02	Stalagmite blanche cassée	En place	3 03/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Salle 1001 nuits		25-CP 03	Couche gypse colorée brun clair	En place	10 03/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Salle 1001 nuits		25-CP 04	Plancher gypse (e=25 cm)	En place	11 03/08/2025
CIGALERE	Galerie Van Den Abeele inf.		25-VDA 01		En place	14 03/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Grande salle		25-CP 05A	Stalactite cassée tranche ,fer calcite	Volant	3 10/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Grande salle		25-CP 05B	Stalactite, calcite surface	Volant	4 10/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Grande salle		25-CP 05C	Stalactite, intérieur ocre	Volant	5 10/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Grande salle		25-CP 05D	Stalactite, coeur fer	Volant	6 10/08/2025
CIGALERE	Galerie Principale Grande salle		25-CP 05E	blanc, concrétion	Volant	7 10/08/2025
CIGALERE	Affluent Solitaire cours principal		25-SOL 01	Schistes pyriteux	Volant	7 08/08/2025
CIGALERE	Désobstruction MOUTARDE		25-AMONT1	ocre altéré orange	En place	6 16/09/2025
CIGALERE	ENTREE COULOIR OURS	CIG-CP-19	24-CP01	aragonite ou gypse	en place	1 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	CIG-CP-32	24-CP02	sables argileux glaciaires	en place	2 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	CIG-CP-35	24-CP03	enduit fer et calcaire	en place	3 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	?	24-CP04	filon minéralisé	en place	4 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	CIG-CF-59	24-CP05	Minéralisation Cu ?	en place	5 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	CIG-CF-63	24-CP06	cristaux noirs en paroi	en place	7 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	CIG-CF-63	24-CP07	Gypse balnc encrustement	en place	8 11/08/2024
CIGALERE	COURS PRINCIPAL	CIG-CF-93	24-CP08	filon blanc	en place	9 11/08/2024
CIGALERE	AVANT TROU SOUFFLEUR	CIG-CF-99	24-CP09	concretion bleue	en place	10 11/08/2024
CIGALERE	AVANT TROU SOUFFLEUR	CIG-CF-100	24-CP10	gypse noir	en place	1 12/08/2024
CIGALERE	APRES TROU SOUFFLEUR	CIG-CF-117	24-CP11	au dessus du quartz	en place	2 12/08/2024
CIGALERE	CASCADE NOIRE	CIG-CMI-3	24-CN01	mineraux jaunes base cascade dans actif	en place	3 12/08/2024
CIGALERE	CASCADE NOIRE	CIG-CM-122	24-CN02	Gypse enduits noirs	en place	4 12/08/2024
CIGALERE	CASCADE NOIRE	CIG-CM-121	24-CN03	Gypse clair	en place	5 12/08/2024
CIGALERE	GINO	CIG-GINO-03	24-GIN01	Argile noire plastique	en place	2 15/08/2024
CIGALERE	GINO CASCADE	CIG-GINO-12	24-GIN02	Concrétions jaunes	en place	3 15/08/2024

Figure 38 CIGALERE : tableau récapitulatif des analyses Fluorescence X 2024-2025

3.2.2 ANALYSES HYDROLOGIQUES

Sur les 19 prélèvements d'eau, 8 concernent la cavité de la Cigalère.

Pour le Zinc : les seuls prélèvements qui présentent des teneurs significatives sont ceux des affluents qui sont directement à l'aval des travaux miniers, à savoir :

- le Solitaire
- l'affluent Martel
- Gino

Il en est de même pour les sulfates.

Pour le Plomb, les teneurs assez faibles dans la mine n'ont pas d'impact sur les divers prélèvements de la Cigalère.

L'affluent Solitaire de la Cigalère est celui qui est le plus impacté par les eaux minières (Sulfates, Zinc, Calcium)

Désignation d'échantillon	Unité	BENTAILLOU 25-STJ 01	BENTAILLOU 25-BROT 01	BENTAILLOU 25-STF 01	BENTAILLOU CIGALERE 25- MAR 01	BENTAILLOU CIGALERE 25- MAR 01	SURFACE 25- CIG 01	ROUGE 25- BEN 01	SURFACE 25- BEN 02	SURFACE 25- BEN 03	SURFACE 25- CIGALERE 25- AX 01	SURFACE 25- CIGALERE 25- AX 01	SURFACE 25- CIGALERE 25- AMONT 01
		BENTAILLOU	BENTAILLOU	BENTAILLOU	CIGALERE	BENTAILLOU	CIGALERE	SURFACE	BENTAILLOU	CIGALERE	SURFACE	CIGALERE	CIGALERE
Saint-jean	Puits perte												
trémie													
Calcium (Ca)	mg/l EL	80	69	61	47	27	32	17	29	26	21	22	23
Sulfates (SO4)	mg/l EL	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Potassium (K)	mg/l EL	1,1	1,1	1,3	1,0	1,6	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	<0,2	<0,2
Zinc (Zn)	µg/l EL	3100	2700	1700	110	54	74	87	52	50	<50	<50	<50
Magnésium (Mg)	mg/l EL	4,1	3,5	2,9	2,2	2,0	0,7	1,1	1,0	0,8	1,8	2,6	0,5
Aluminium (Al)	µg/l EL	<20	<20	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Manganèse (Mn)	µg/l EL	<5,0	5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fer (Fe)	µg/l EL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Baryum (Ba)	µg/l EL	14,00	13,00	12,00	5,0	12,00	35	8,0	35	63	30	30	30
Plomb (Pb)	µg/l EL	41,00	29,00	11,00	10	11,00	10	10	10	10	10	10	10
Sodium (Na)	µg/l EL	1,8	1,5	1,3	0,8	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Chrome (Cr)	µg/l EL	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Chlorures (Cl)	µg/l EL	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nickel (Ni)	µg/l EL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cuivre (Cu)	µg/l EL	<5,0	<5,0	<5,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Arsenic (As)	µg/l EL	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Amont Cigalère													
Grotte Maréjade													
sortie tunnel résurgence													
Ruisseau aval													
toit													
suntements													
Ruisseau aval													
Puis Nord													
Puis. Nord													
Puis. Nord sondage													
Piste Rouge													
cascade													
entrée C16													
Solitaire entrée													
Frigo Perte													
Saint-Jean													
trémie													

Figure 39 Tableau des résultats des analyses hydrologiques 2025

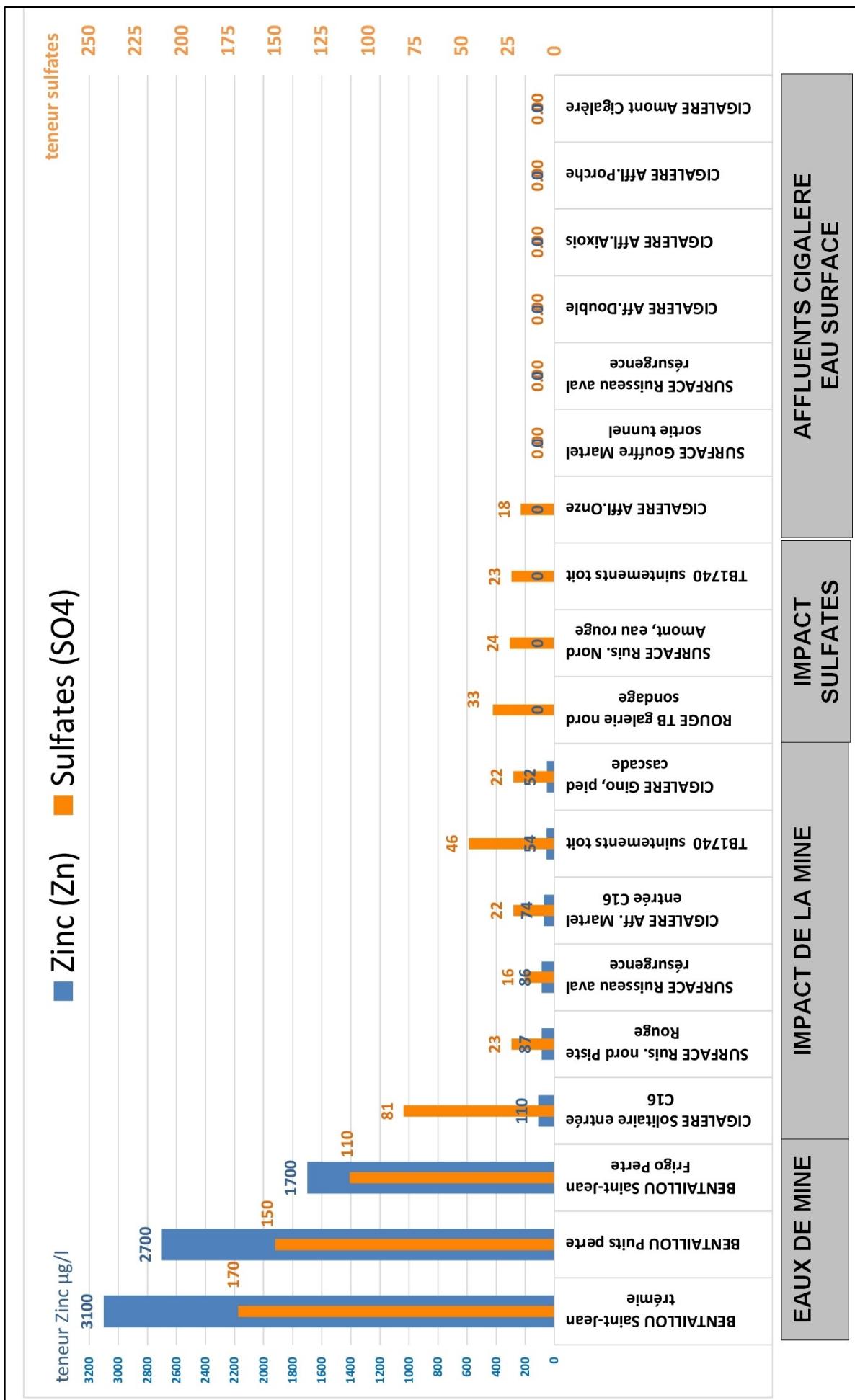


Figure 40 Graphique analyses hydrologiques Zinc Sulfates

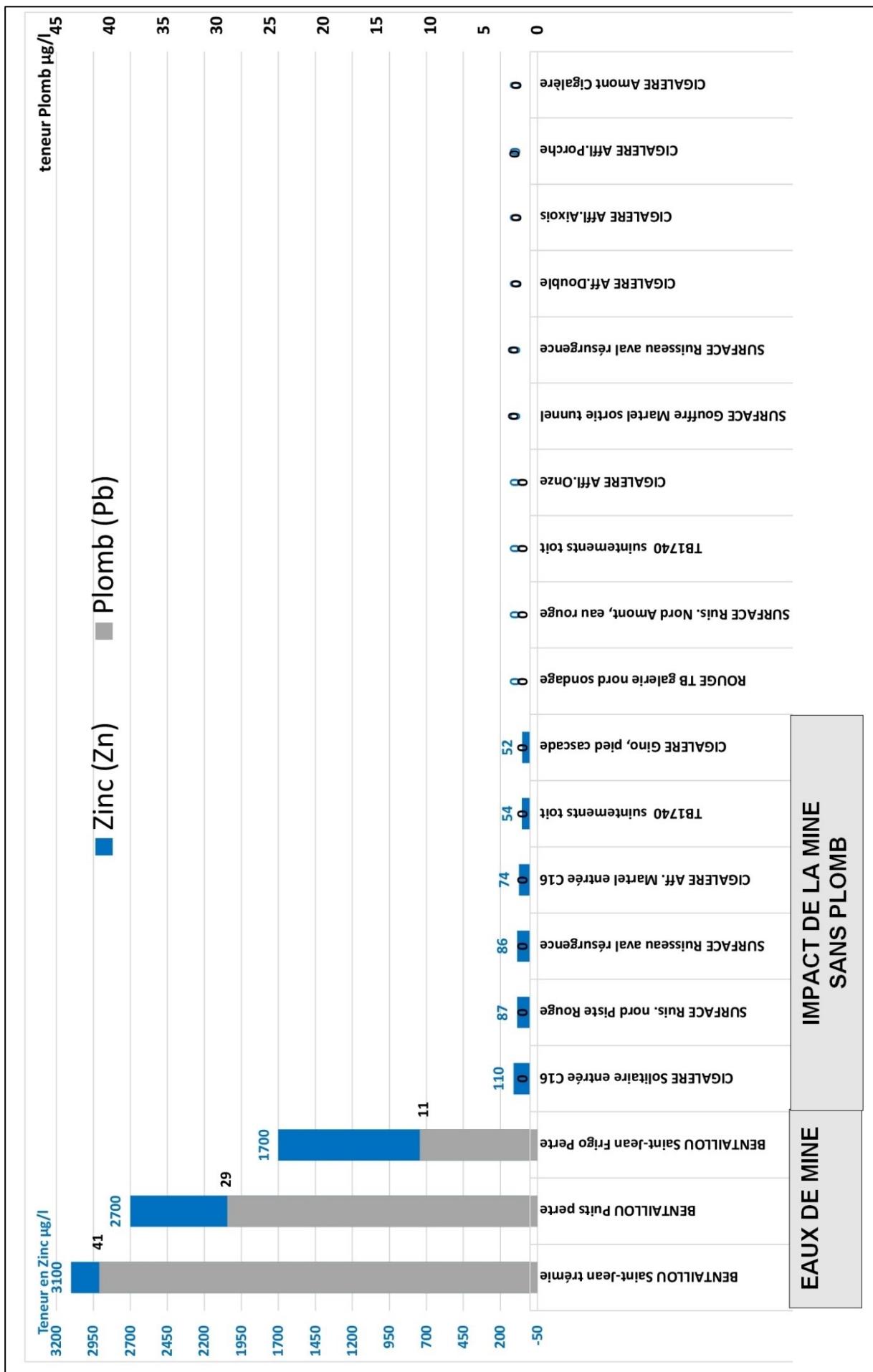


Figure 41 Graphique analyses hydrologiques Zinc Plomb

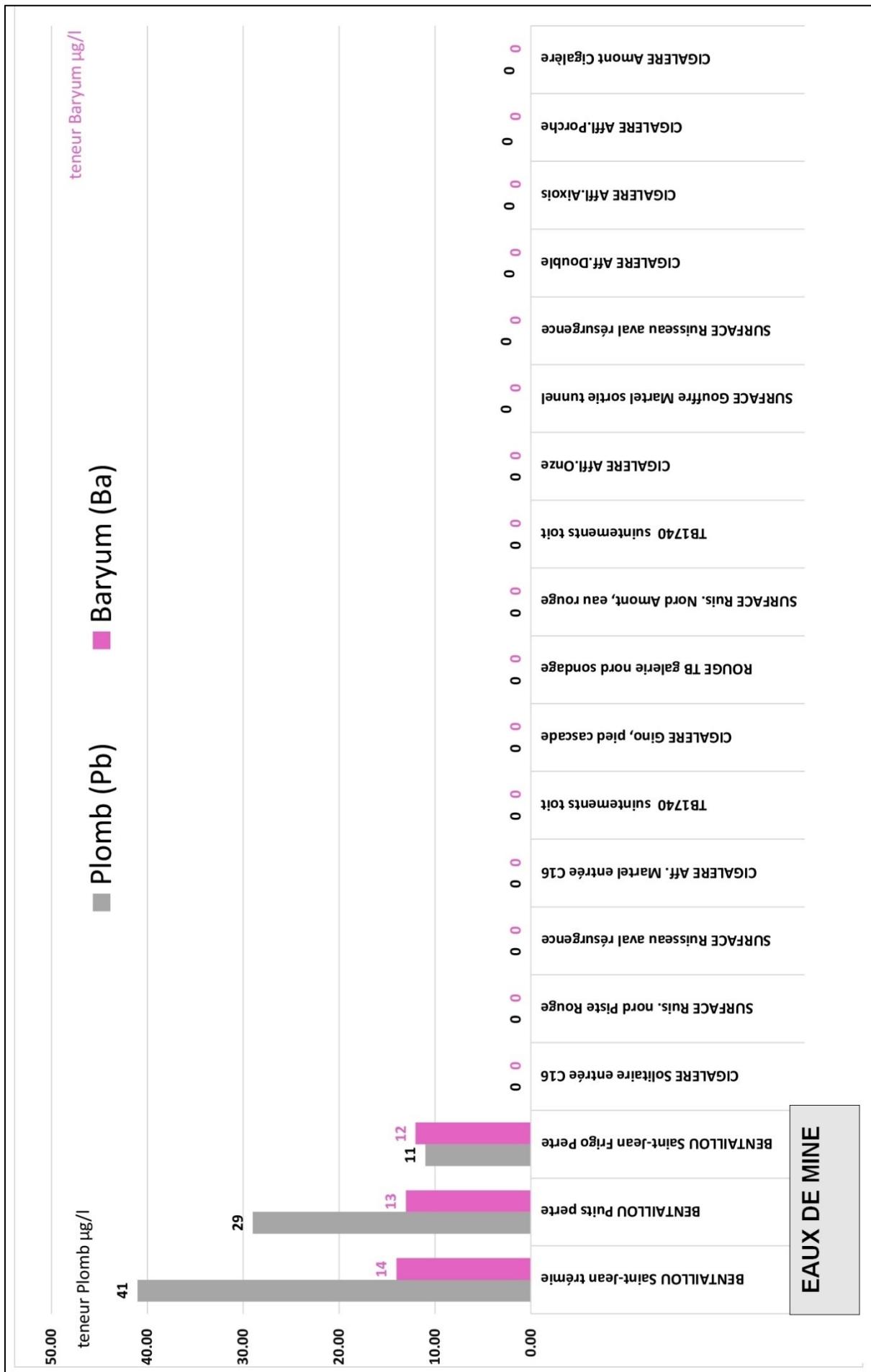


Figure 42 Graphique résultats analyses Plomb Baryum

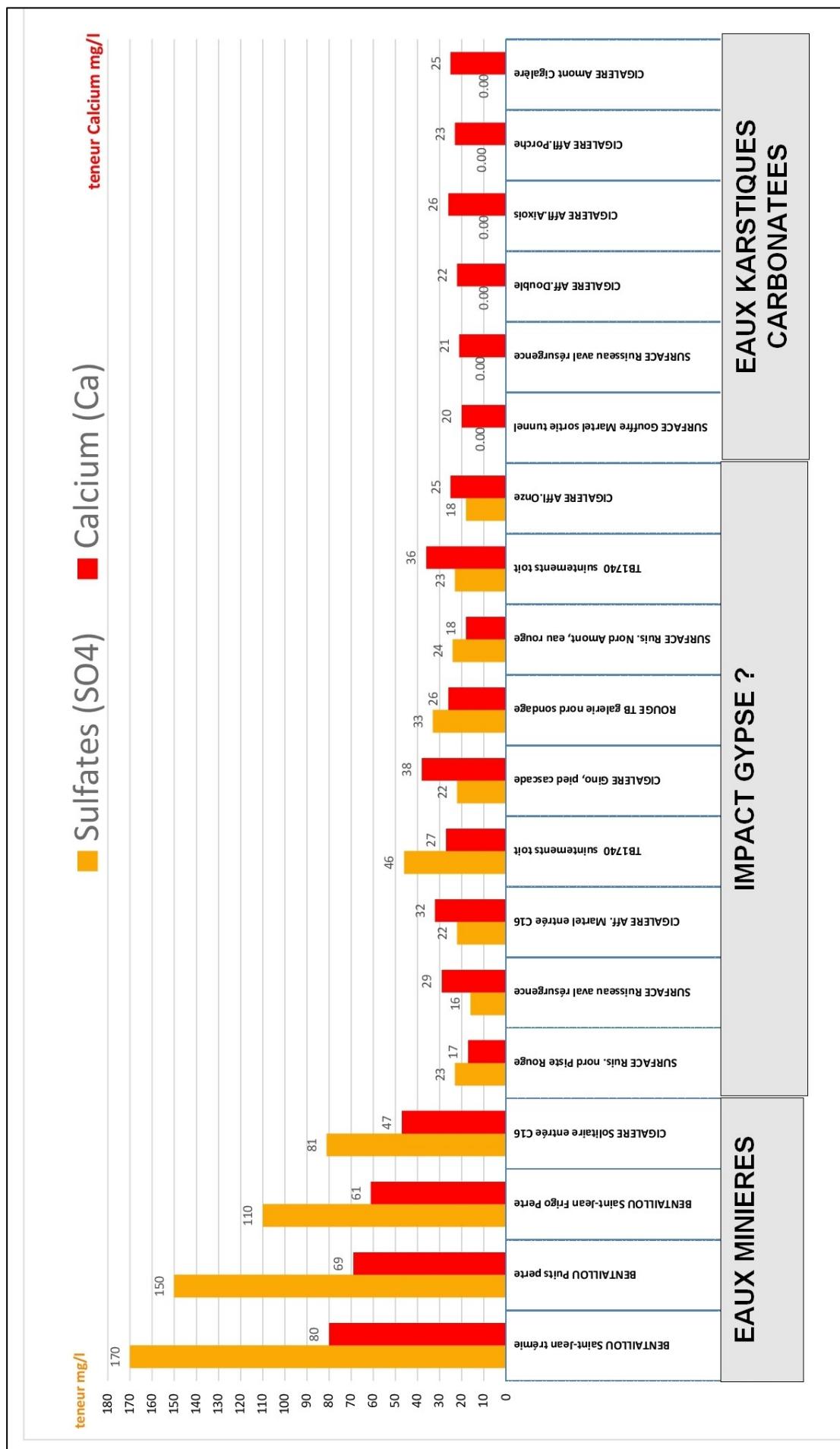


Figure 43 Graphique résultats analyses Sulfates Calcium

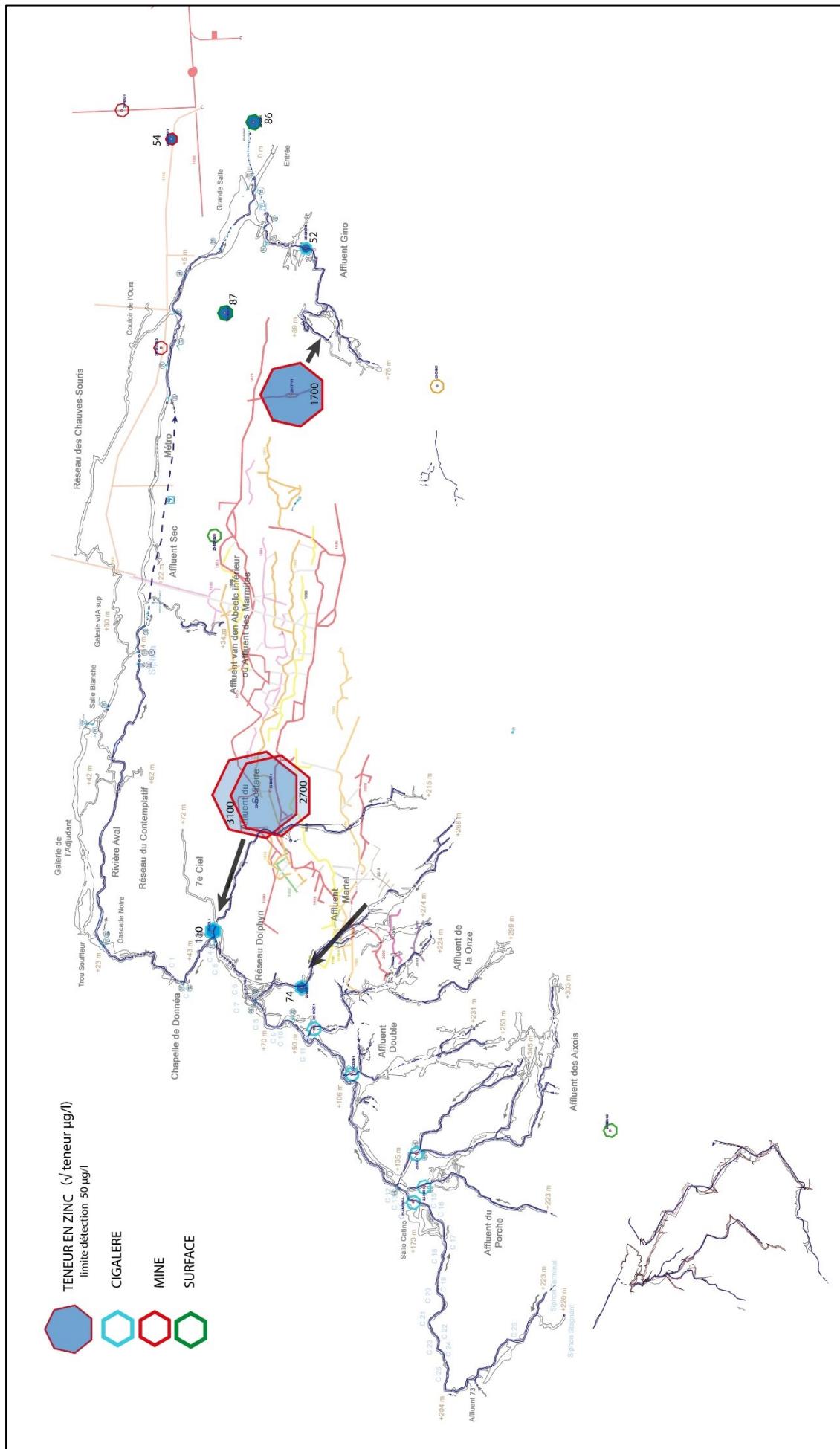


Figure 44 plan résultats analyses hydrologiques teneur en Zinc

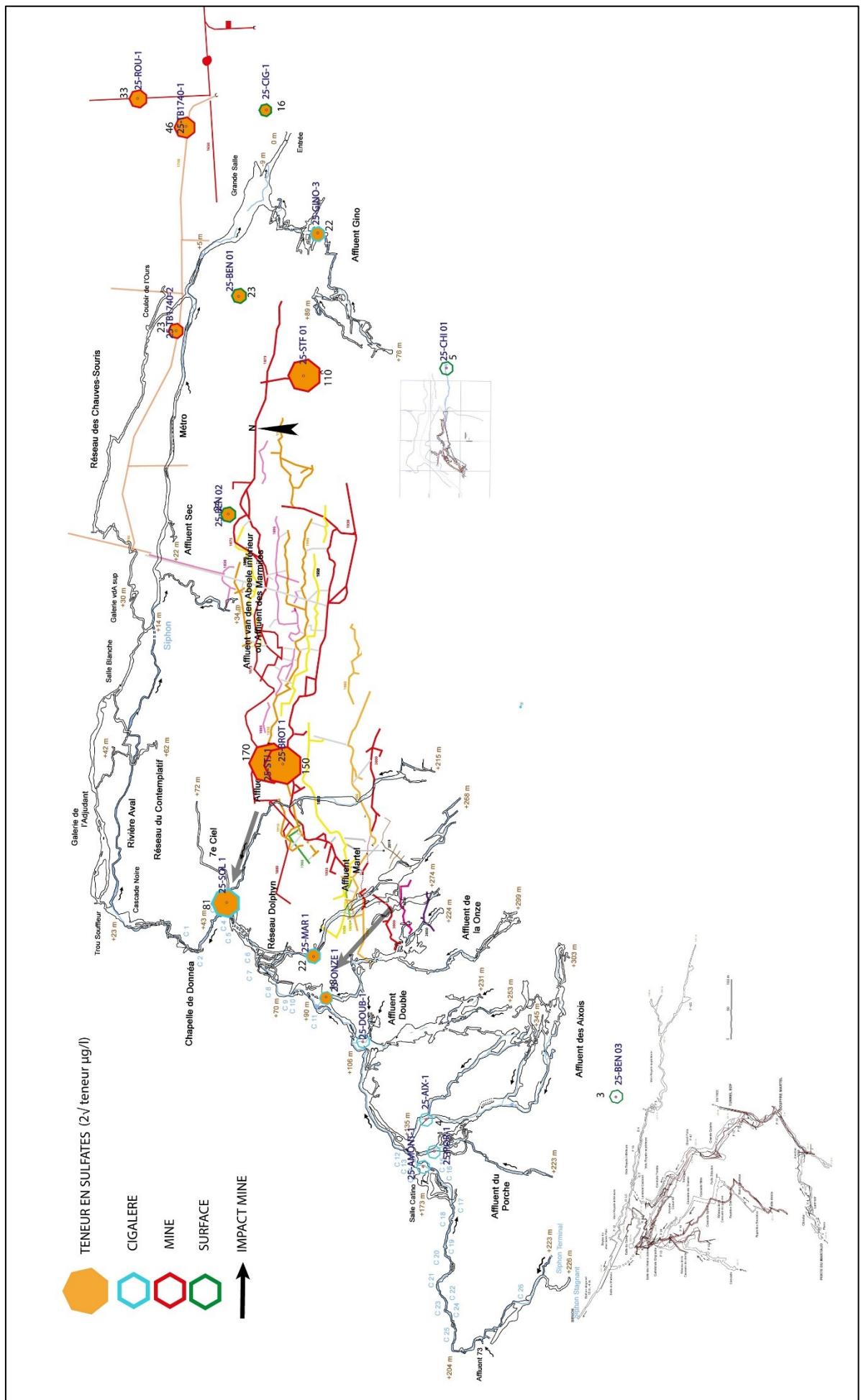


Figure 45 Plan résultats analyses hydrologiques Sulfates

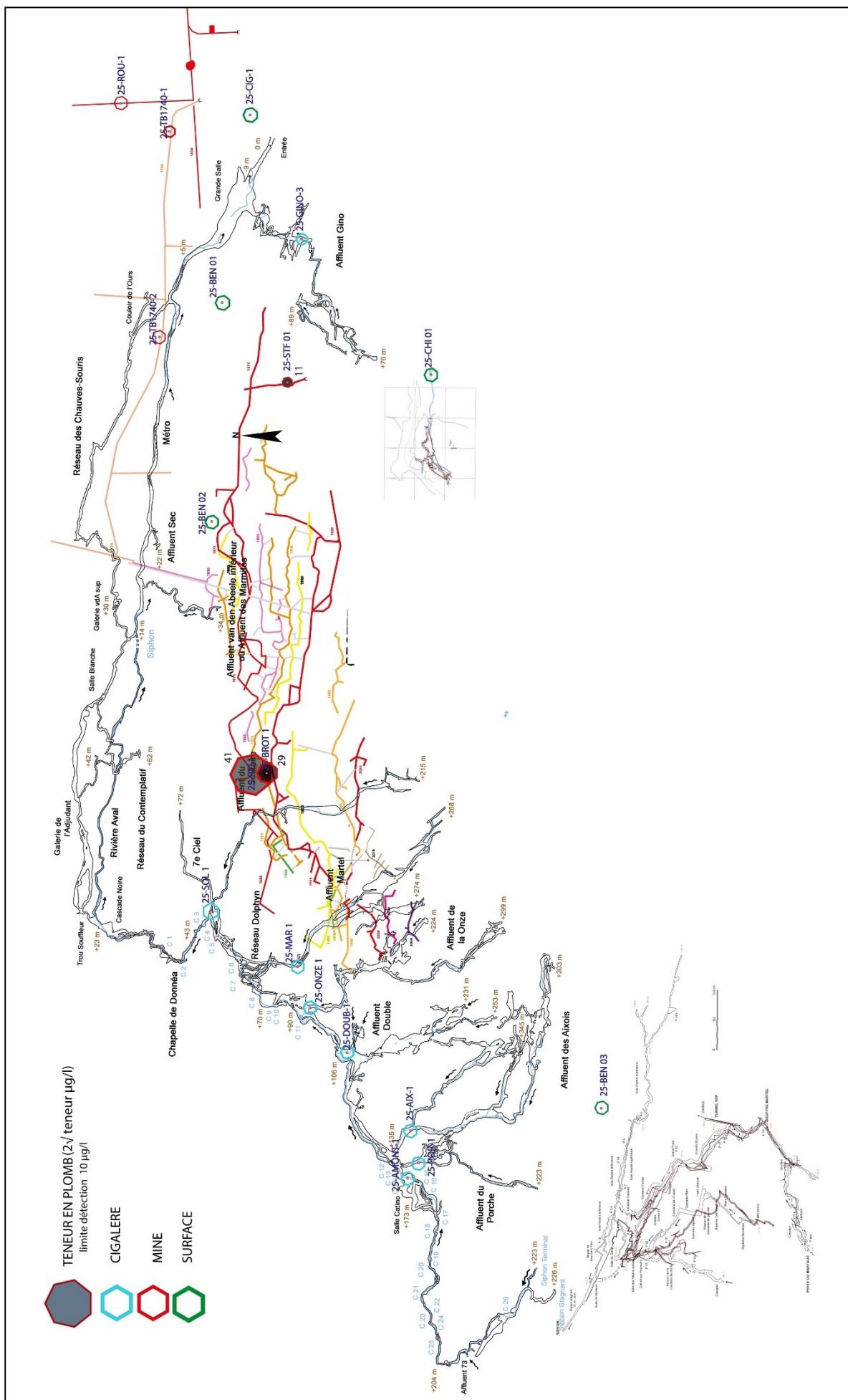


Figure 46 Plan des résultats d'analyses hydrologiques teneur en Plomb

3.2.3 LES REMPLISSAGES OCRES

Un premier inventaire des faciès altérés ocres orangés, en place ou en remplissage, a été réalisé sur photographies et par appel à la mémoire, avec B. Lafage. Une carte en a ainsi été dressée qui fait ressortir une présence dans de nombreuses galeries de la cavité et particulièrement dans des zones dites « fossiles ».

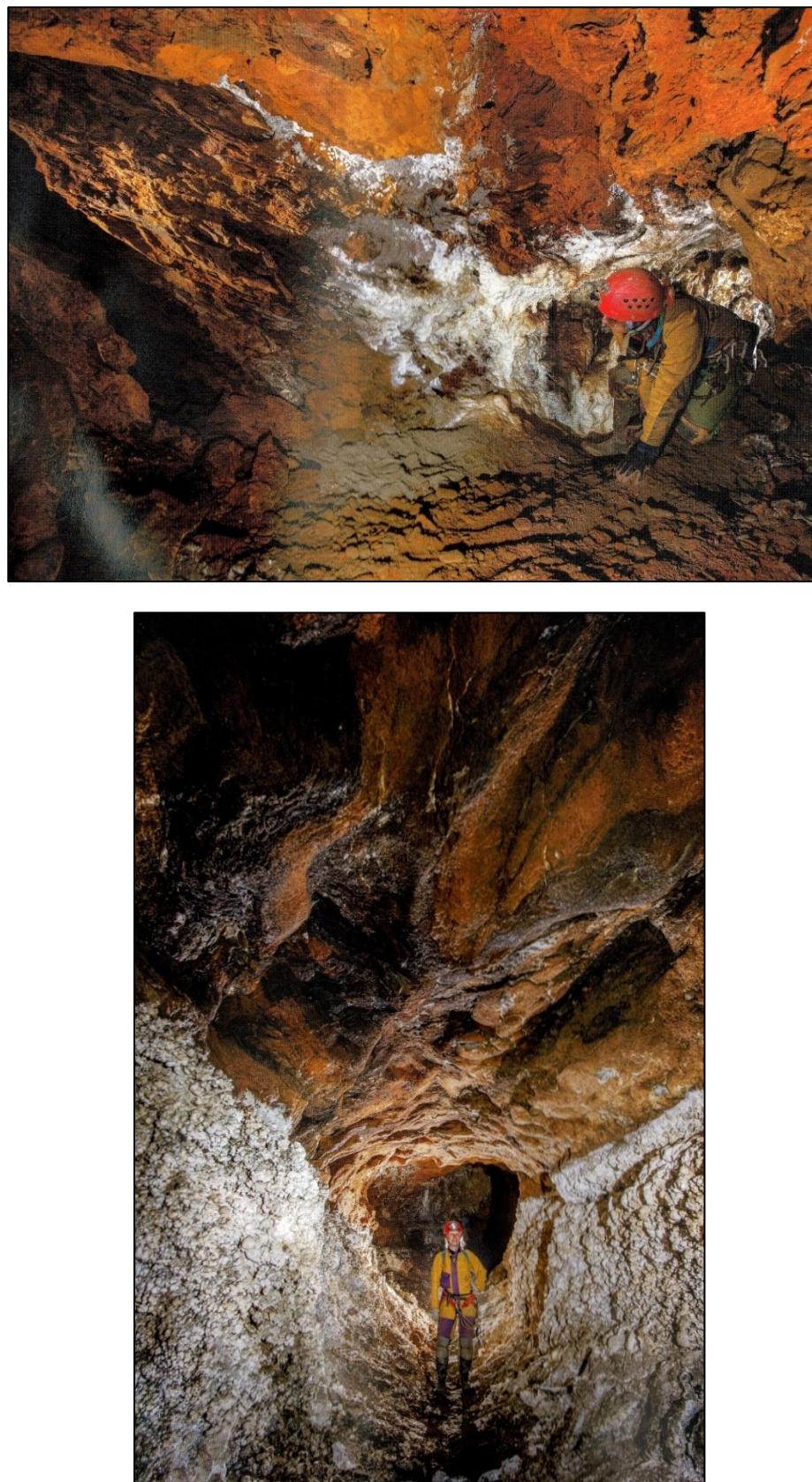


Figure 47 Photos (S. Caillault) galeries de l'Adjudant et des Chauve-souris

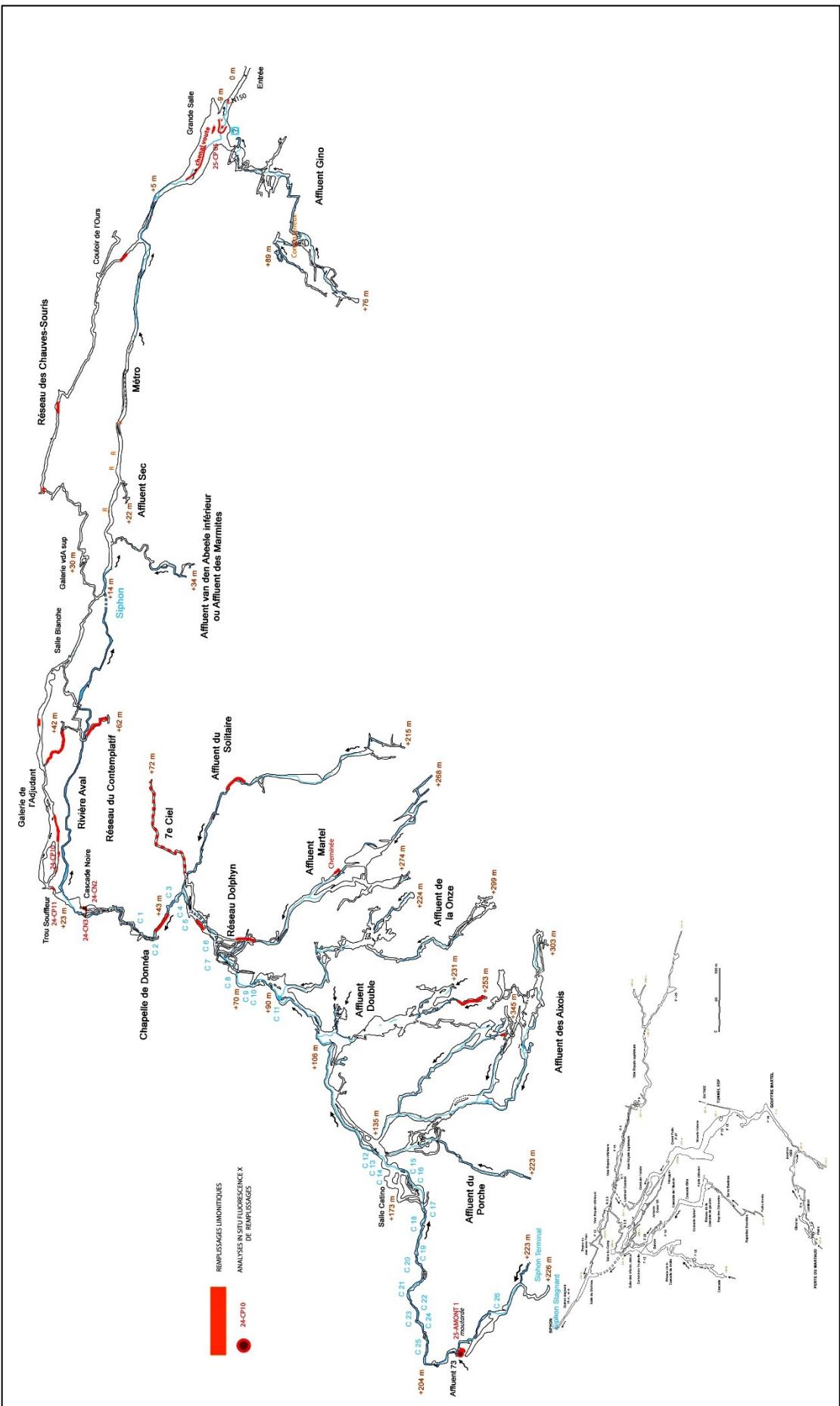


Figure 48 Plan de localisation des faciès altérés ocres

3.3 GOUFFRE MARTEL

Une seule reconnaissance a eu lieu dans le tunnel d'accès et les premiers abords dans le gouffre.

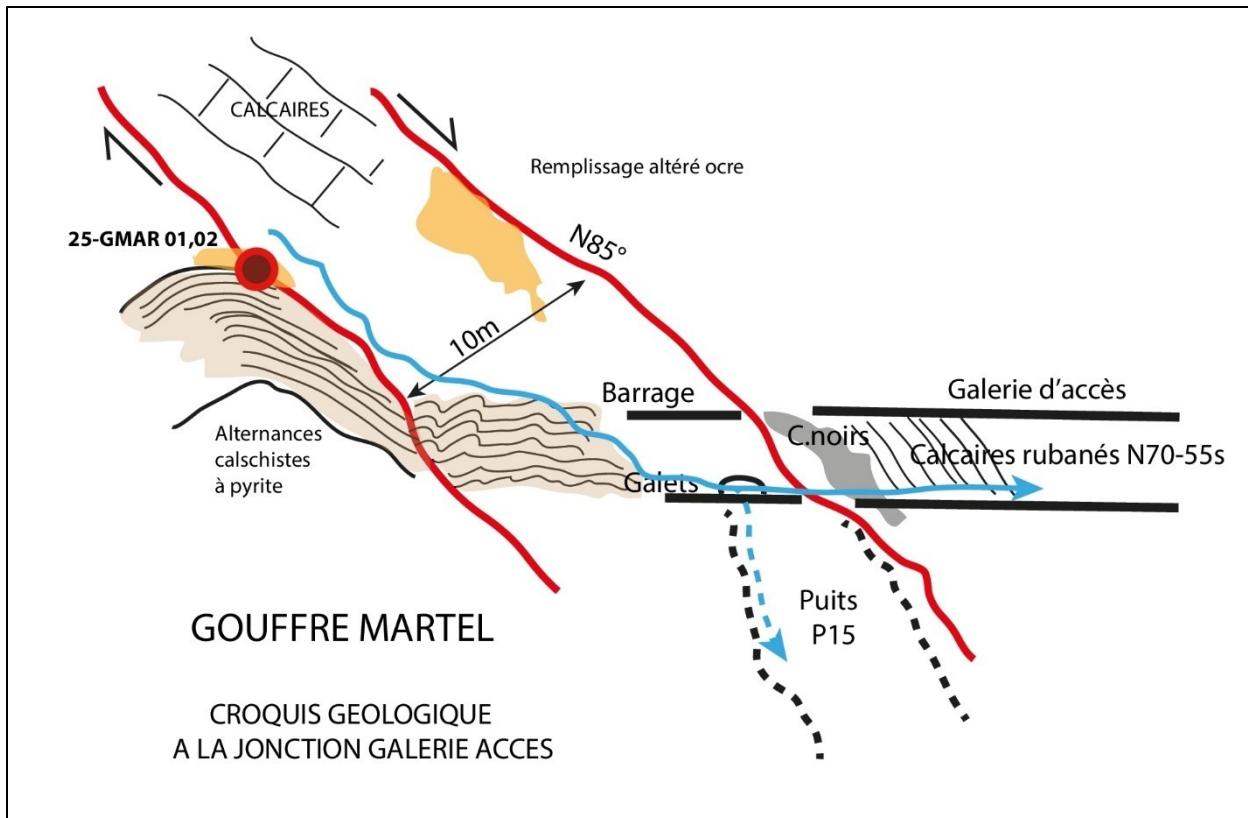
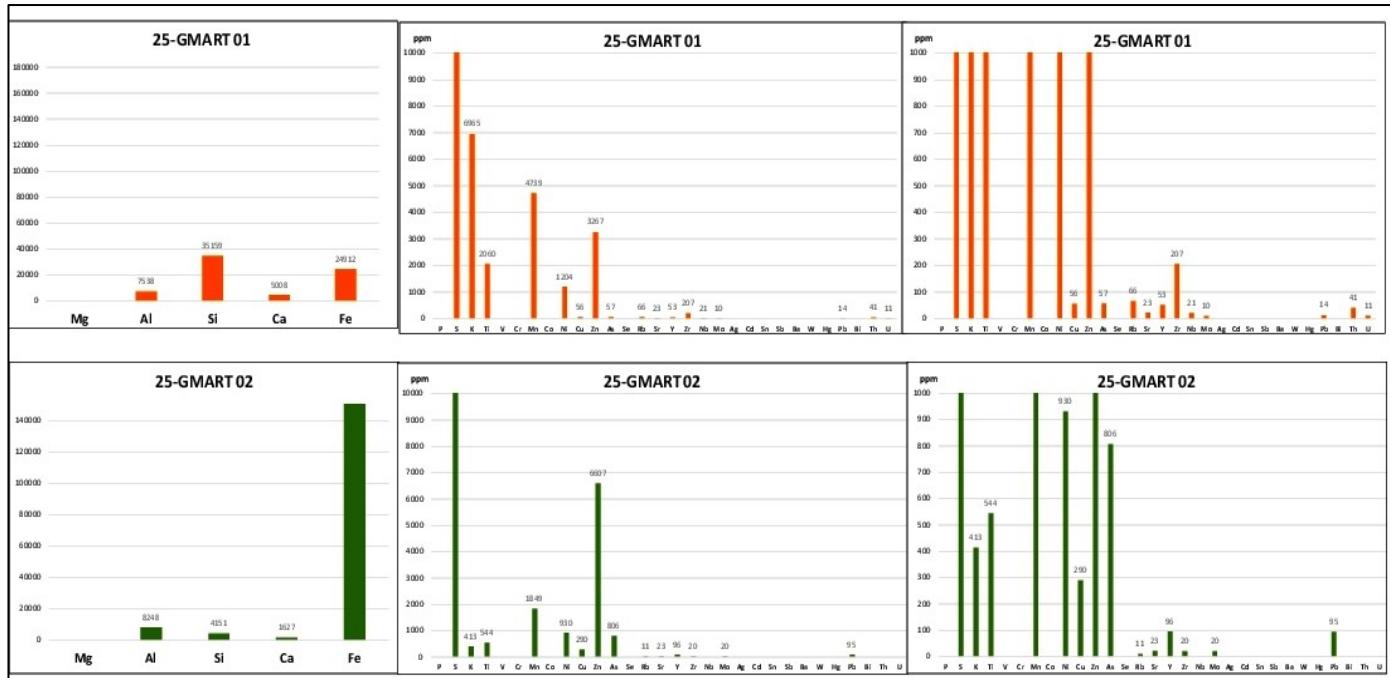


Figure 49 GOUFFRE MARTEL croquis géologique jonction galerie d'accès

Au toit des calschistes deux analyses ont été effectuées dans un niveau noir lité (25-GMART01) et ocre orangé au-dessus (25-GMAR02).



Figure 50 GOUFFRE MARTEL échantillons et analyses 25-GMAR01,02



L'analyse de ces deux faciès montre qu'ils sont riches en métaux avec des teneurs significatives en Zinc (0.6%), Ni, Cu et en Manganèse, Arsenic, Soufre. Le niveau noir, réducteur, est un piège à métaux au contact calschistes/calcaires.

On peut observer que le faciès ocre orangé est une altération du niveau noir minéralisé avec un enrichissement en fer oxydé et sulfates !

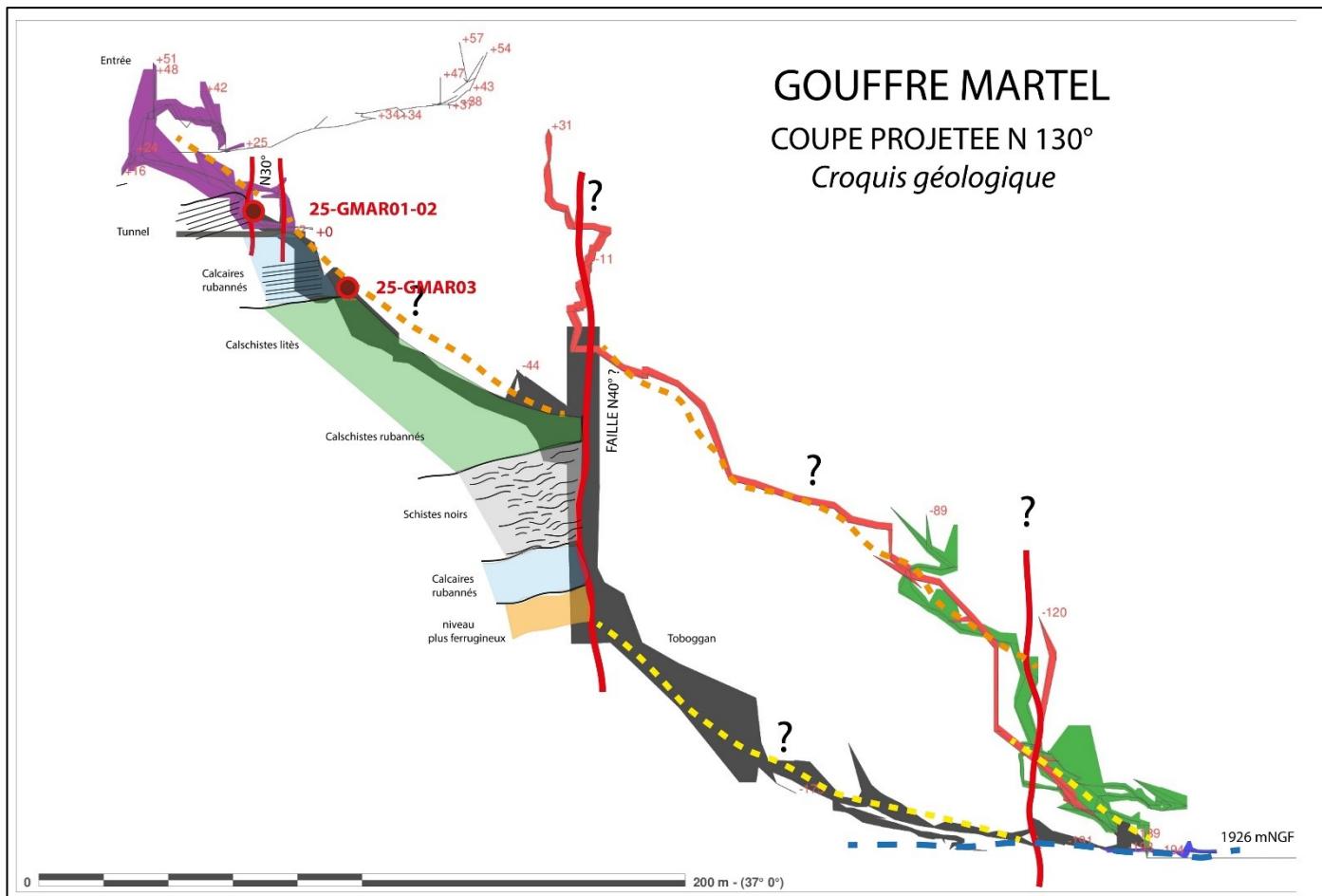


Figure 51 GOUFFRE MARTEL coupe N130° croquis géologique



Figure 52 GOUFFRE MARTEL Photo panoramique du Grand Puits depuis le bas

Grand puits, vue vers le haut, fractures en jaune, sommet du puits en bleu. On remarque les calcaires rubanés inférieurs (?) et des zones ocres altérées à reconnaître.

Il y aurait donc la présence dans ce secteur de deux niveaux de calcaires rubanés (hypothèse à vérifier).



Figure 53 GOUFFRE MARTEL photo plan de faille en haut du grand puits

3.4 RESURGENCE CHICHOUE

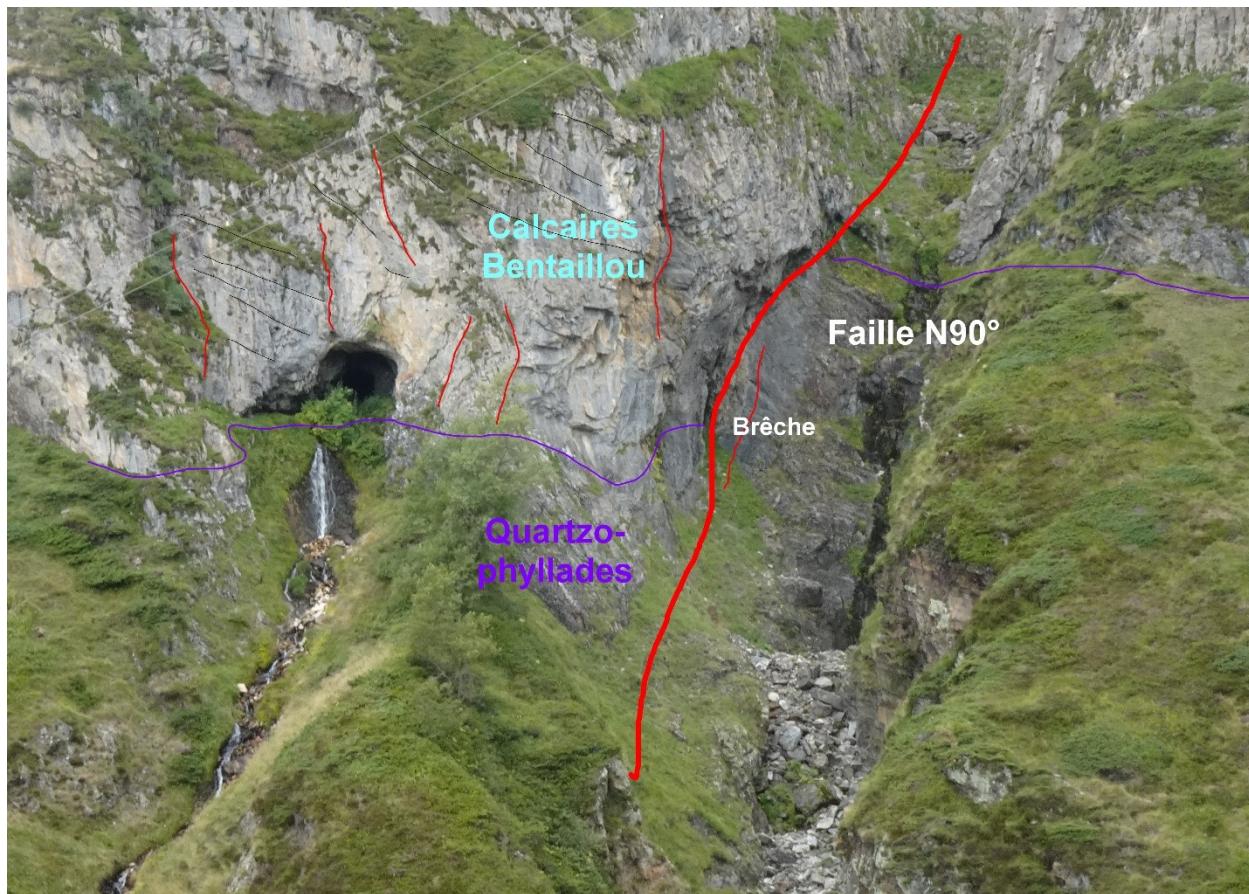


Figure 54 RESURGENCE CHICHOUE photos de l' entrée

L'eau résume au contact de base des calcaires, 25 m au sud d'un couloir de faille N90° souligné par une brèche. Ce couloir est creusé en canyon emprunté par le ruisseau du barrage de Chichoué.

La falaise est très fracturée selon une direction N10°



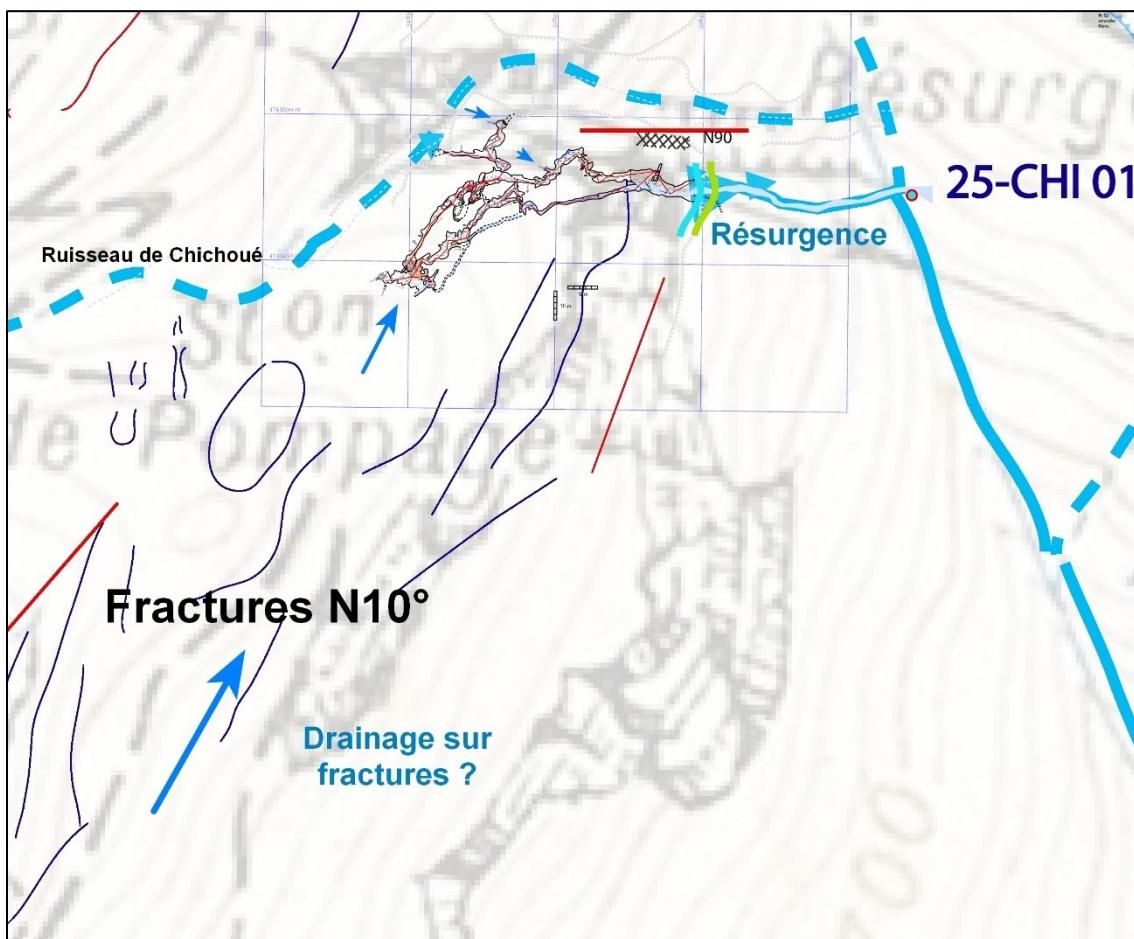


Figure 55 RESURGENCE CHICHOUE plan synthèse hydrogéologique

Un prélèvement a été effectué à l'aval de la résurgence (25-CHI01). Aucune trace d'impact d'eaux de mine (Zinc, Plomb, Nickel) n'a été décelée, contrairement aux eaux de la Cigalère.

On peut donc supposer que cette cavité recueille en partie des écoulements provenant de la Hourquette au sud, selon la direction de fracturation N10°.

4 AUTRES LEVÉS SURFACE COMPLEMENTAIRES

4.1 PISTE VERS ROUGE

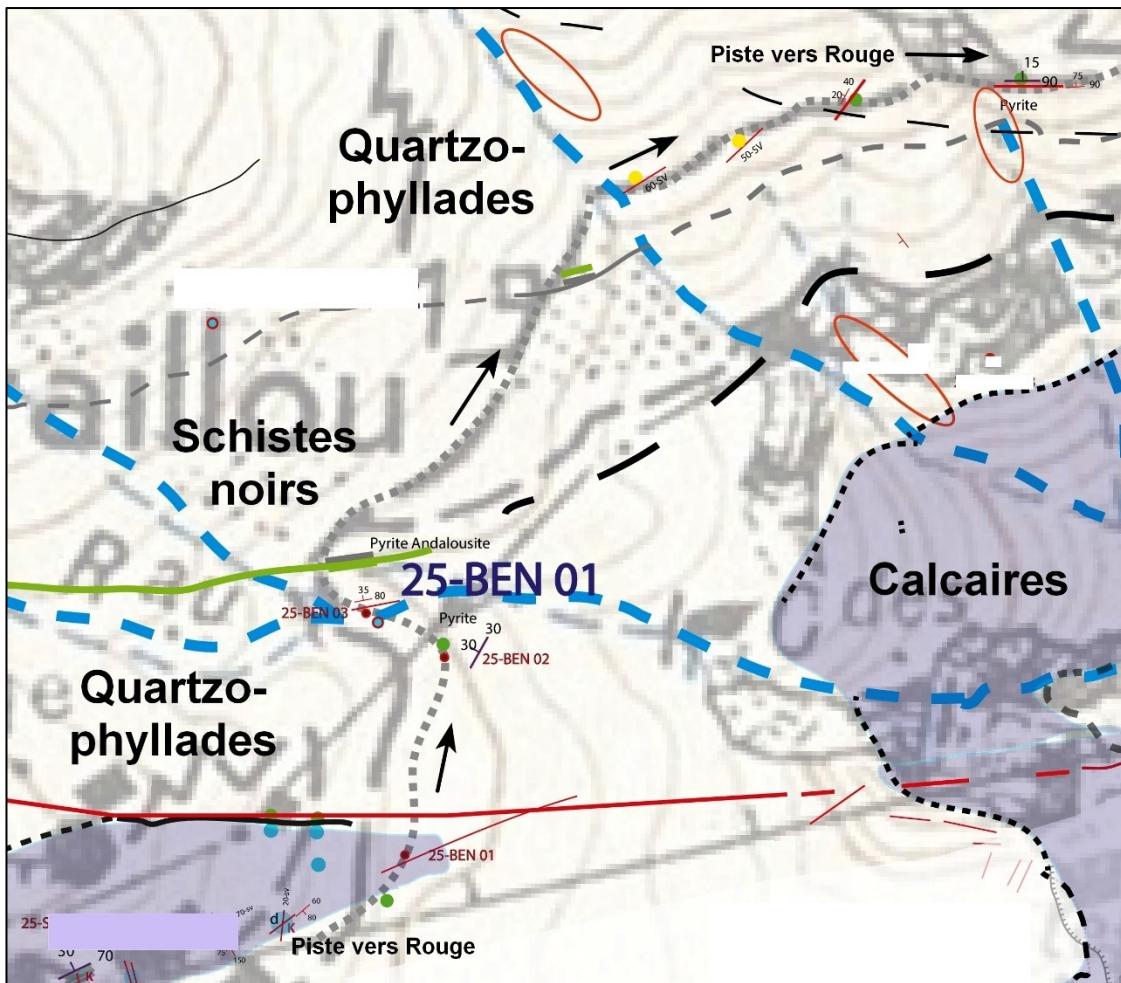


Figure 56 PISTE VERS ROUGE plan des levés et échantillonnage

En partant du Bentaillou, on recoupe le contact par faille entre calcaire et quartzophyllades. ; C'est la faille de la Cigalère. La piste traverse ensuite des haldes de la Mine Saint Jean minéralisées en Blende

Analyses du minéral de blende de la halde de la galerie St Jean :

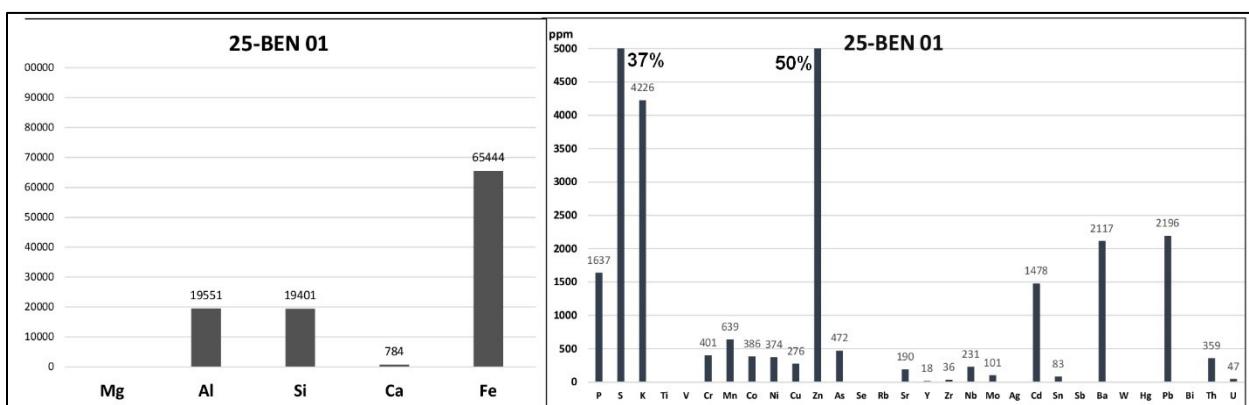




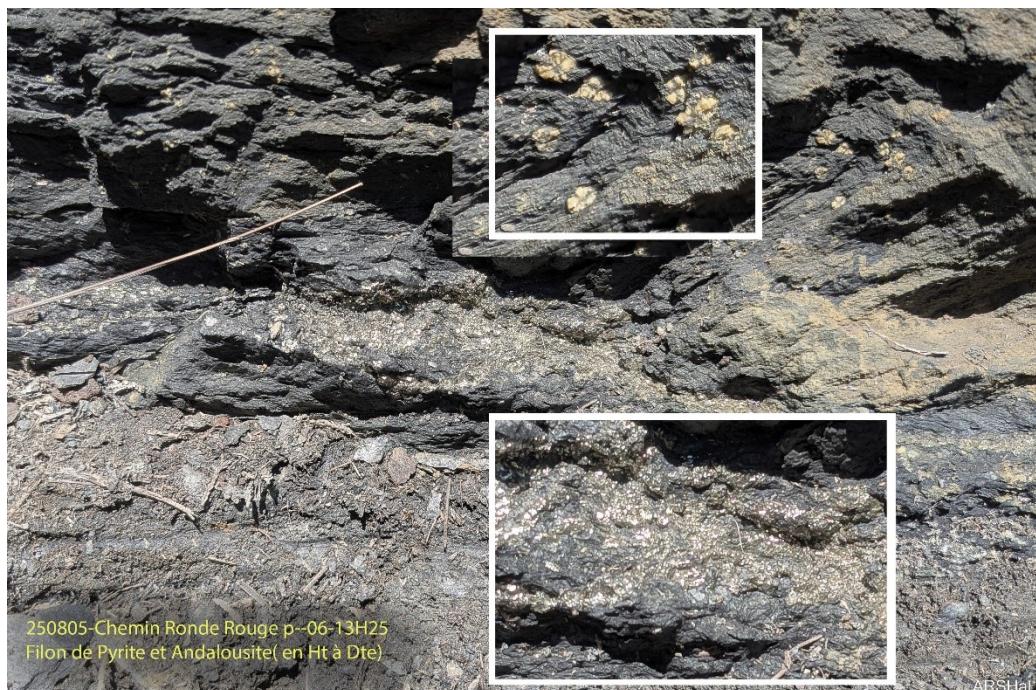
Figure 57 PISTE ROUGE mineraï Blende- analyses

Mineraï à 50% de Zinc avec de la pyrite. Les éléments accompagnateurs sont :

- (1.5 à 2 %) Plomb, Cadmium, Baryum
- (0.2 à 0.5 %) Chrome, Manganèse, Cobalt, Nickel, Cuivre, Arsenic, Niobium, Thorium.

Les Quartzophyllades sont riches en pyrite avec une oxydation rouille, générant des eaux acides de couleur rouille.

Cette formation est surmontée par des schistes noirs à andalousite. On y observe de la chiastolite, un silicate d'alumine cristallisé en baguettes à section carrée dont la cassure transversale montre des inclusions carbonées. Leur répartition régulière mime une croix sombre sur fond clair.



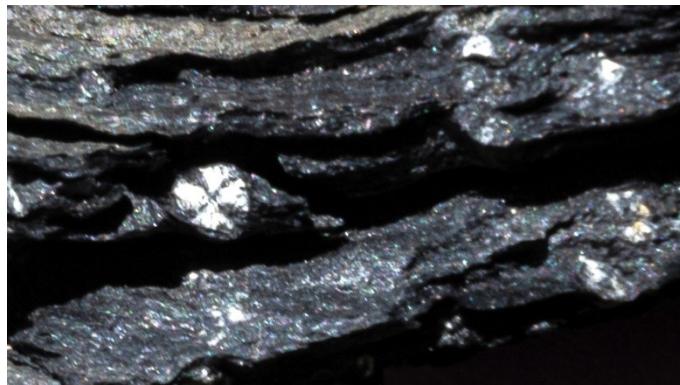


Figure 58 PISTE ROUGE schistes à chiastolite

4.2 ACCES AU GOUFFRE MARTEL

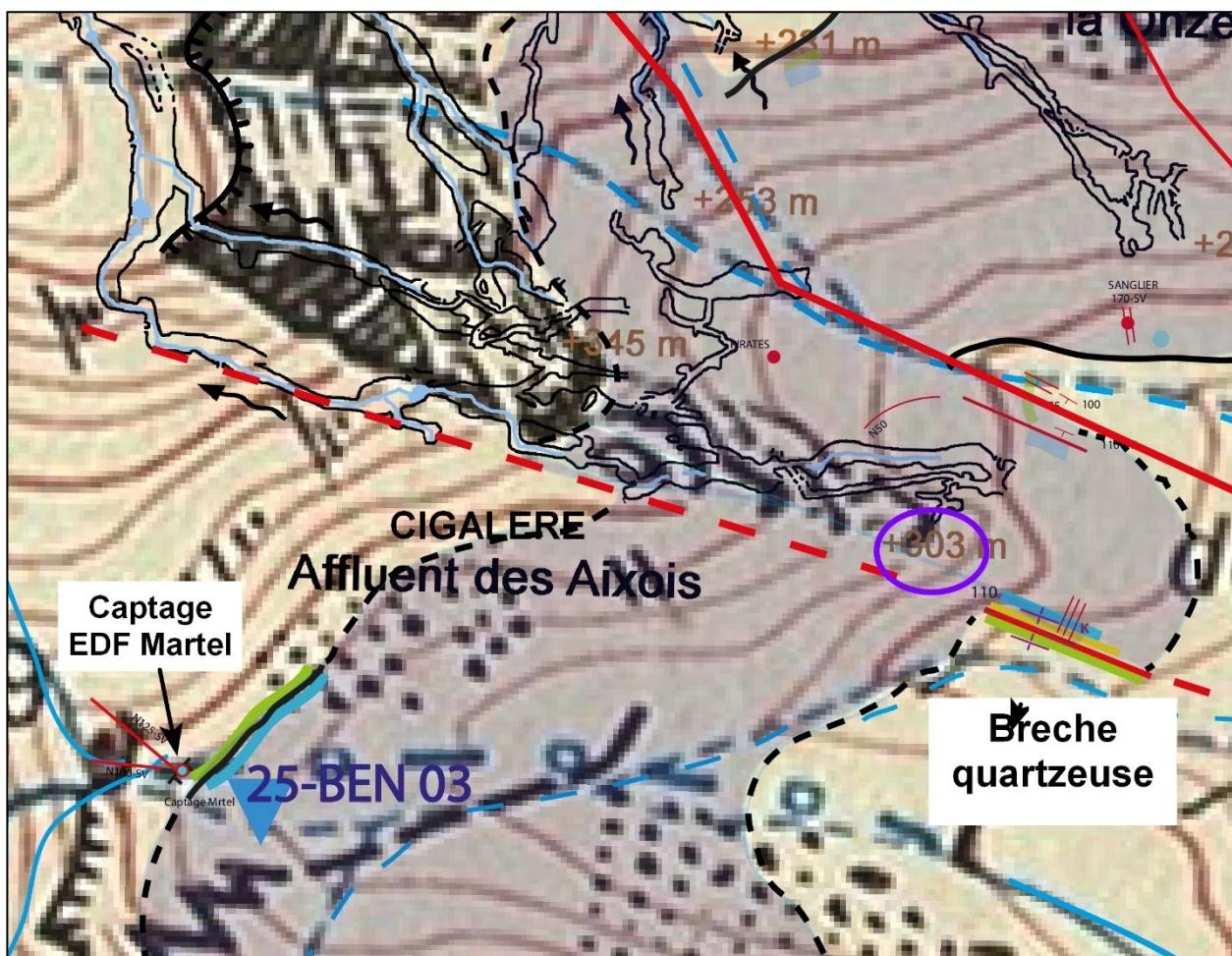


Figure 59 ACCES GOUFFRE MARTEL plan des levés

Une brèche quartzeuse importante est visible sur le sentier qui emprunte le canyon pour accéder au Gouffre Martel. Cette brèche est sur le contact entre les calcaires et les quartzophyllades marqué par une structure N110°.
L'affluent des Aixois de la Cigalère remonte selon la même direction, parallèlement à la structure N110°, Pour se terminer a quelques dizaines de mètres de la zone de brèche.

4.3 GROTTE DES CORNEILLES

Documents photographiques de B. LAFAGE

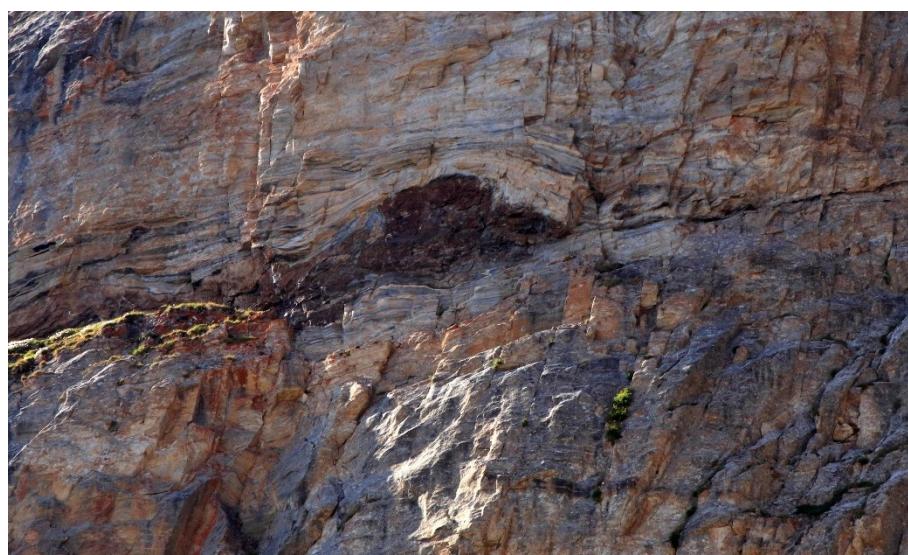
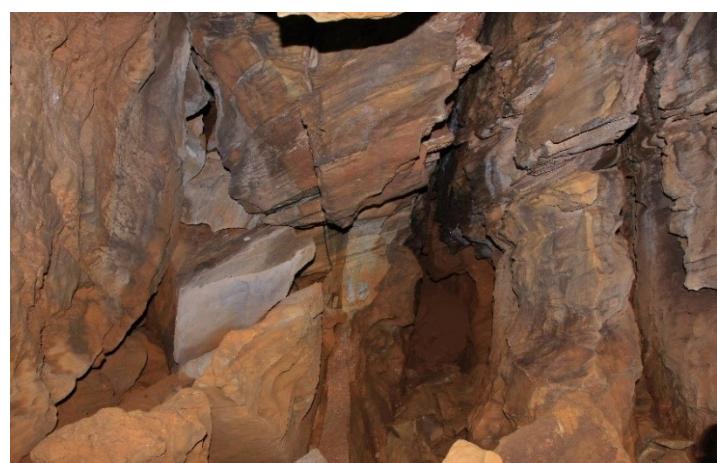


Figure 60 GROTTES DES CORNEILLES amande d'ankérite ? synsédimentaire



Remplissage ocre brun au fond de la galerie.

5 LEVES MINE BENTAILLOU PAR QUARTIERS

5.1 SAINT JEAN-LE-FROID

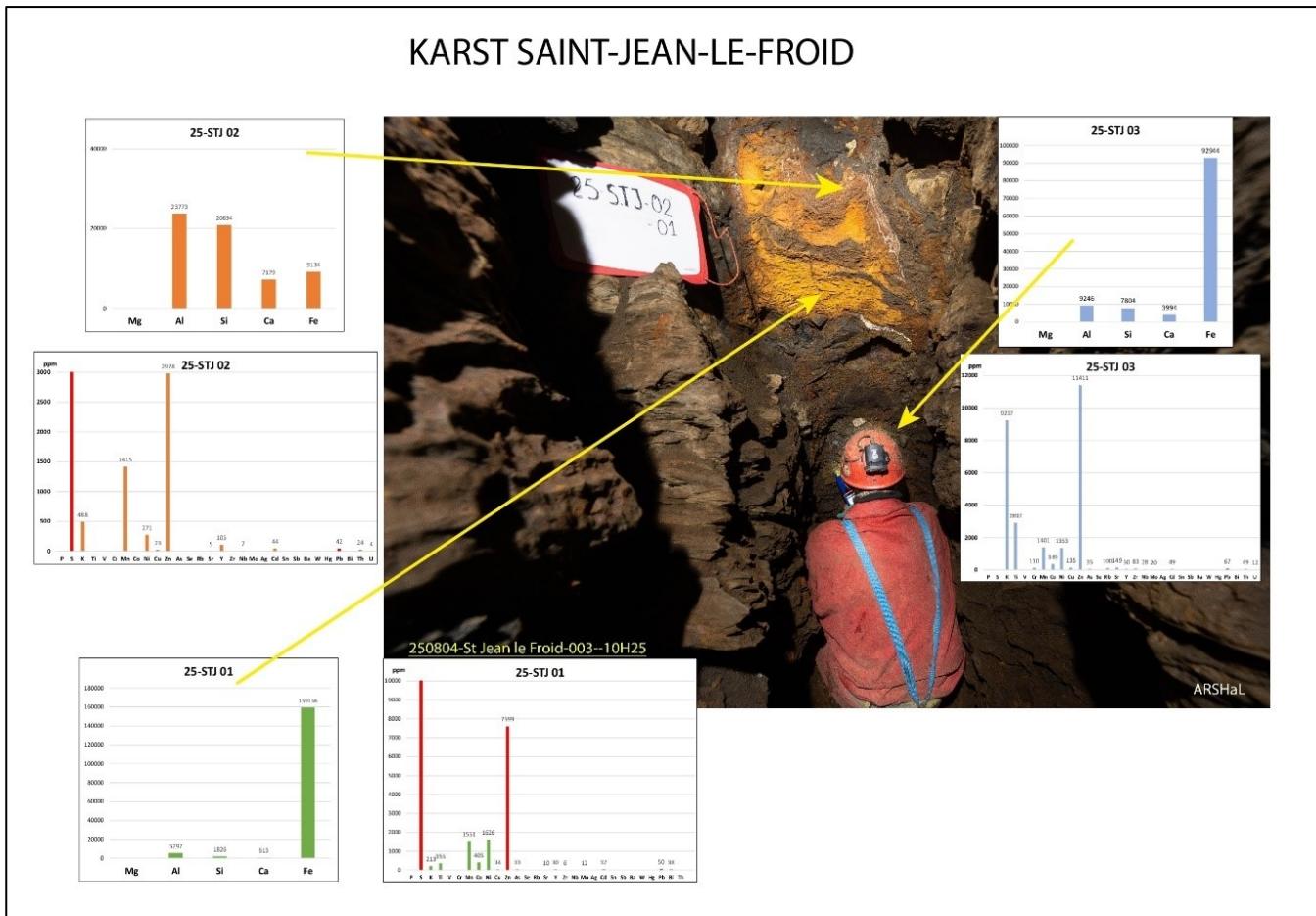


Figure 61 SAINT-JEAN-LE-FROID prélèvements et analyses dans le karst

Trois analyses du remplissage de limonite dans un karst important développé sur une structure N10° ont montré des teneurs significatives en **Zinc** et de façon plus faibles en **Nickel et Cobalt**. Ces résultats confirment l'origine d'une minéralisation primaire de ces remplissages !

Tentative de traçage :

Un test de traçage des eaux de la mine qui s'infiltrent dans ce karst a été fait avec une très faible quantité de fluorescéine (20g). L'injection a été faite au niveau du point de perte. Le colorant a rapidement disparu.

Injection (20g) : 11 aout 2025 à 19 h

Fluocapteurs : résurgence Chichoué, pose le 11/08 à 10 h, relevé le 14/08

Cigalère : affluent Gino, pose le 08/08, relevé le 14/08 à 13h30

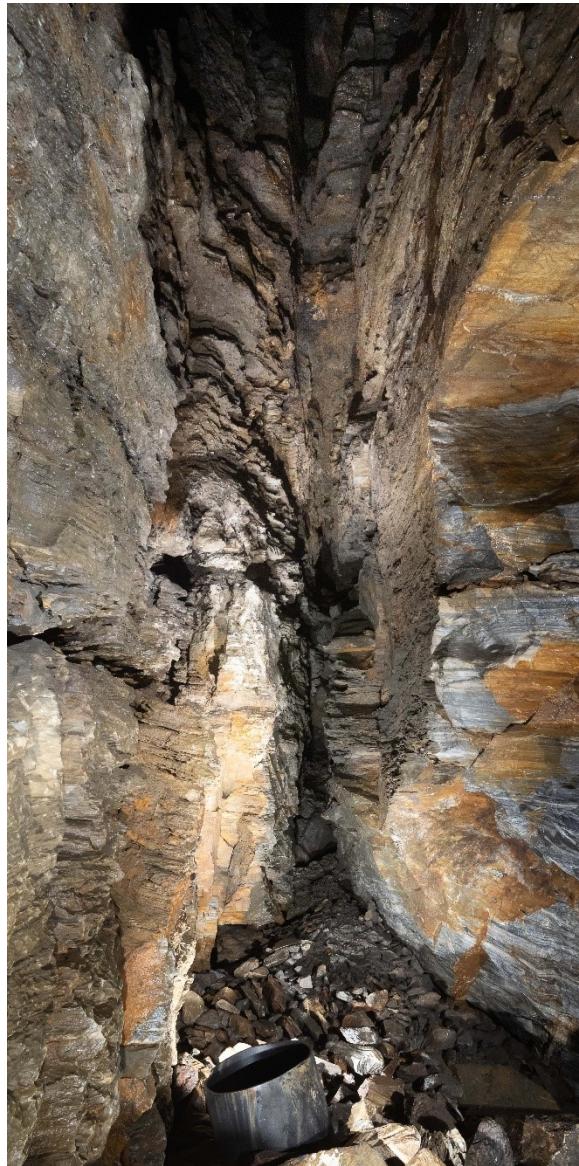
Perte aval Grande salle pose le 08/08, relevé le 14/08 à 13h50

Résurgence Cigalère pose le 08/08, relevé le 14/08 à 14h10

Tous les résultats ont été négatifs sous la lumière aux U.V.



Coupe du remplissage du karst de Saint-Jean-Le-Froid à relever et analyser en détails lors de la Prochaine mission.



Même karst vue vers le sud

5.2 ARC DE TRIOMPHE SUD

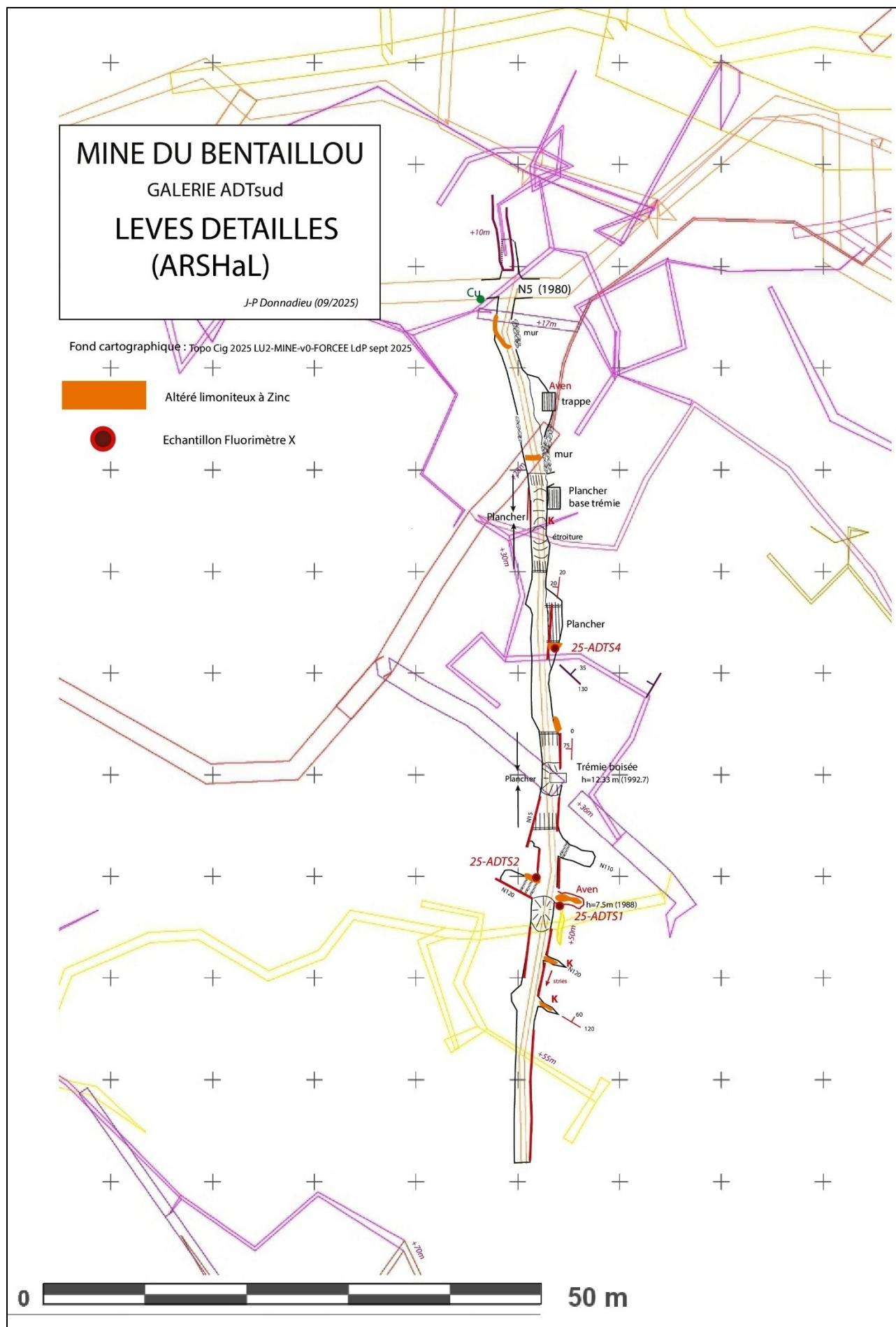


Figure 62 ADT sud plan des levés de l'exploitation au niveau 1980



Figure 63 ATD sud : photos des travaux vers l'amont et au niveau 1980

Dans le quartier Arc de Triomphe Sud débute une longue exploitation de style filonien avec des vestiges de planchers successifs. Ce type d'exploitation est exceptionnel pour la Mine du Bentaillou. Son orientation est Nord-sud, dans un couloir large de 2 m, avec des parois karstifiées. C'est une exploitation ancienne dans la zone la plus riche du gisement décrit comme des « amas terreux ferrugineux à galène, cérusite et calamine ». La superposition des topographies de la Grotte de la Cigalère et de la Mine du Bentaillou aux incertitudes près, a révélé que l'amont d'une cheminée de l'affluent Martel explorée en 2004 par les Lyonnais, est à quelques mètres en altitude et à 20 m en distance de l'extrémité cette galerie N-S.



Il s'agit d'une galerie d'exploitation de 60 m de longueur au niveau 1980. Elle a été exploitée sur au moins 12 m de hauteur, mais certainement remblayée au-dessus de planchers en bois. L'exploitation a été recoupée au nord à +10 m (voir photo). Des planchers suspendus et une trémie goulotte boisée remarquables y sont observables. Orientée N-S, elle suit une succession de fractures N 0 à 20° à fort pendage ouest ou subvertical. Cette galerie est remarquable par les indices de karstification qu'elle présente. Les parois sont parfois corrodées et elle recoupe de petits karsts ouverts selon des directions N120° en épi sur les structures principales. Des sédiments ocreux, très riches en Zinc (jusqu'à 16%) sont les témoins du minerai exploité (échantillons 25-ADTS 1,2,3). Des blocs sont entourés de carbonates de zinc.

Figure 64 ADT sud : échantillon 25-ADTS04

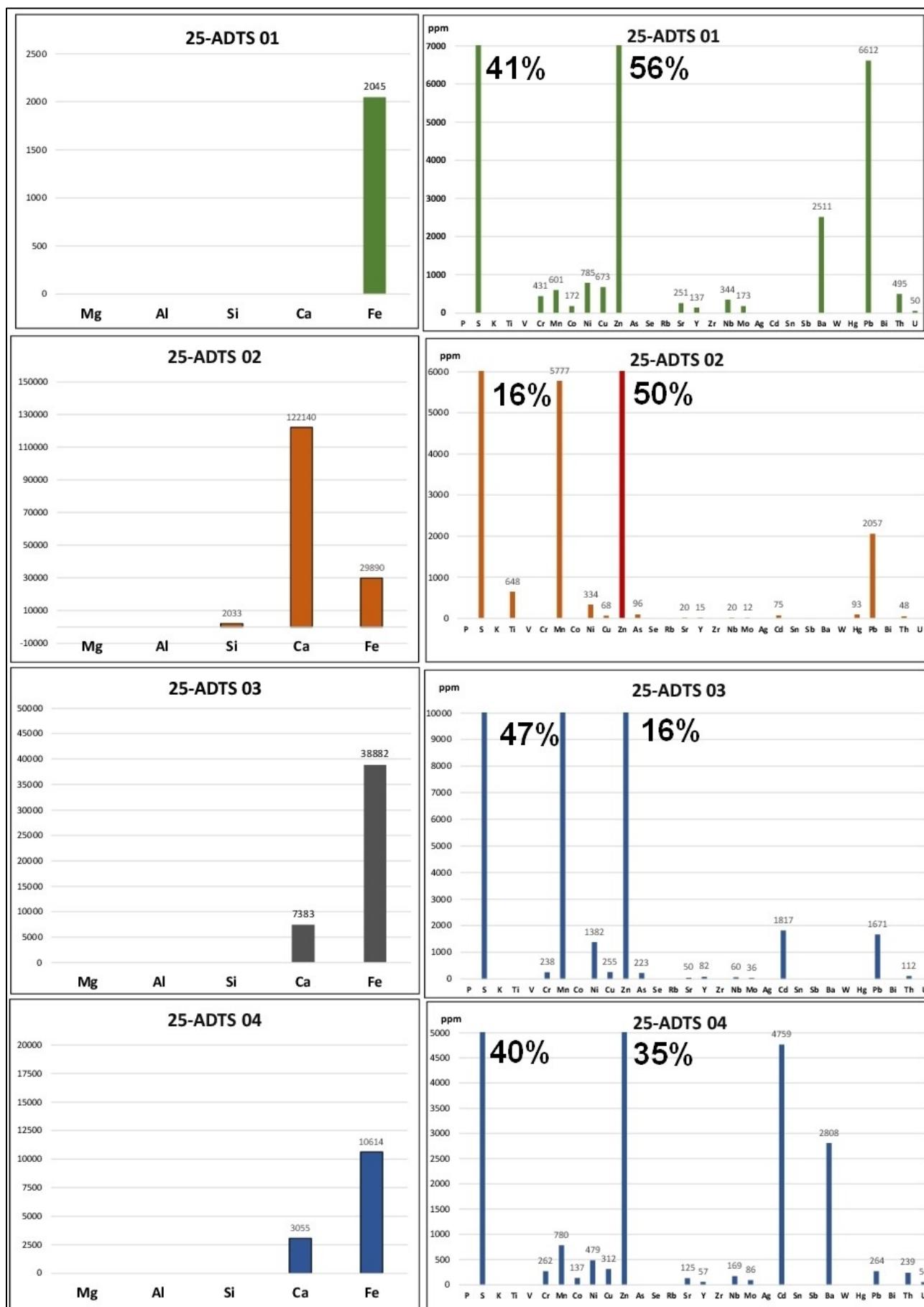


Figure 65 ADT sud : analyses 25-ADTS1,2,3,4

Ce karst minier, était rempli de sédiments riches en calamine et cérusite. Dans le quartier « Arc de Triomphe », à environ 15 m à l'Ouest du Puits n°1, des indices très nets de karst ont été observés de part et d'autre de la galerie (niveau 1980) et en remontant dans les vieux travaux.

C'est cette structure karstique N-S qui semble contrôler la partie sud de l'affluent Martel de la Cigalère, en se poursuivant vers le nord (Cascade Noire). Dans la mine, elle est le siège d'infiltration d'eau.

5.3 SAINTE AMELIE

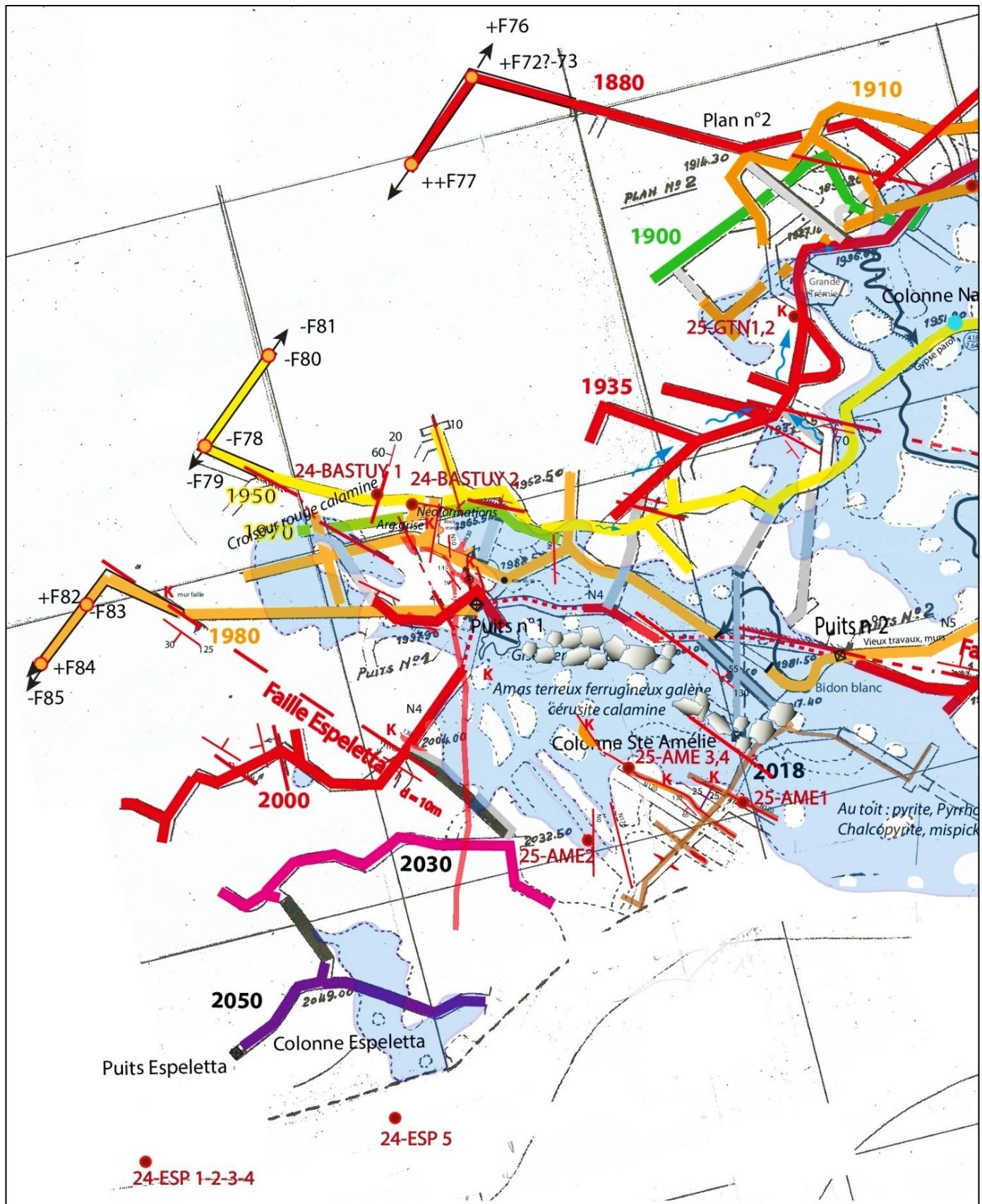


Figure 66 SAINTE AMELIE : plan de situation des travaux partie Ouest de la mine.

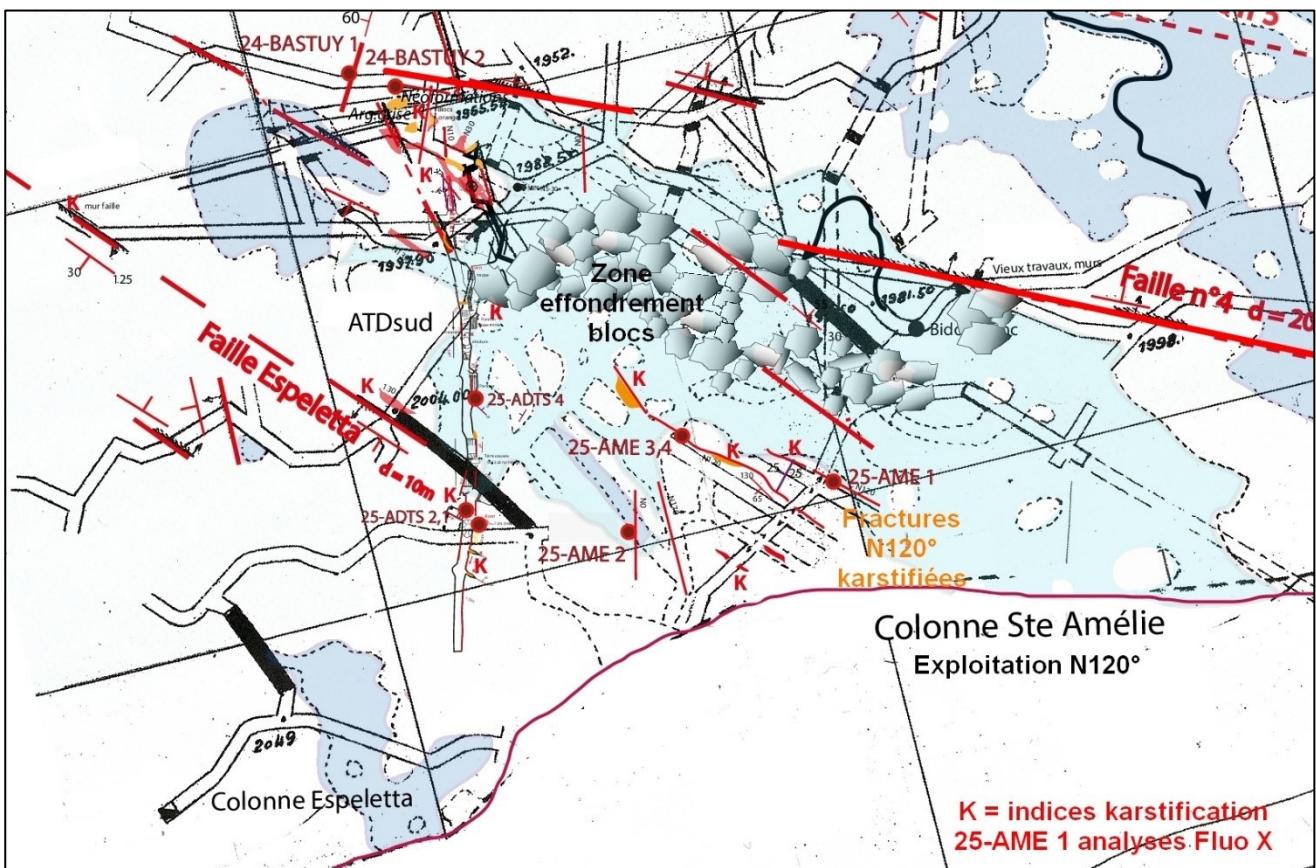


Figure 67 SAINTE AMELIE : fractures, karsts, analyses

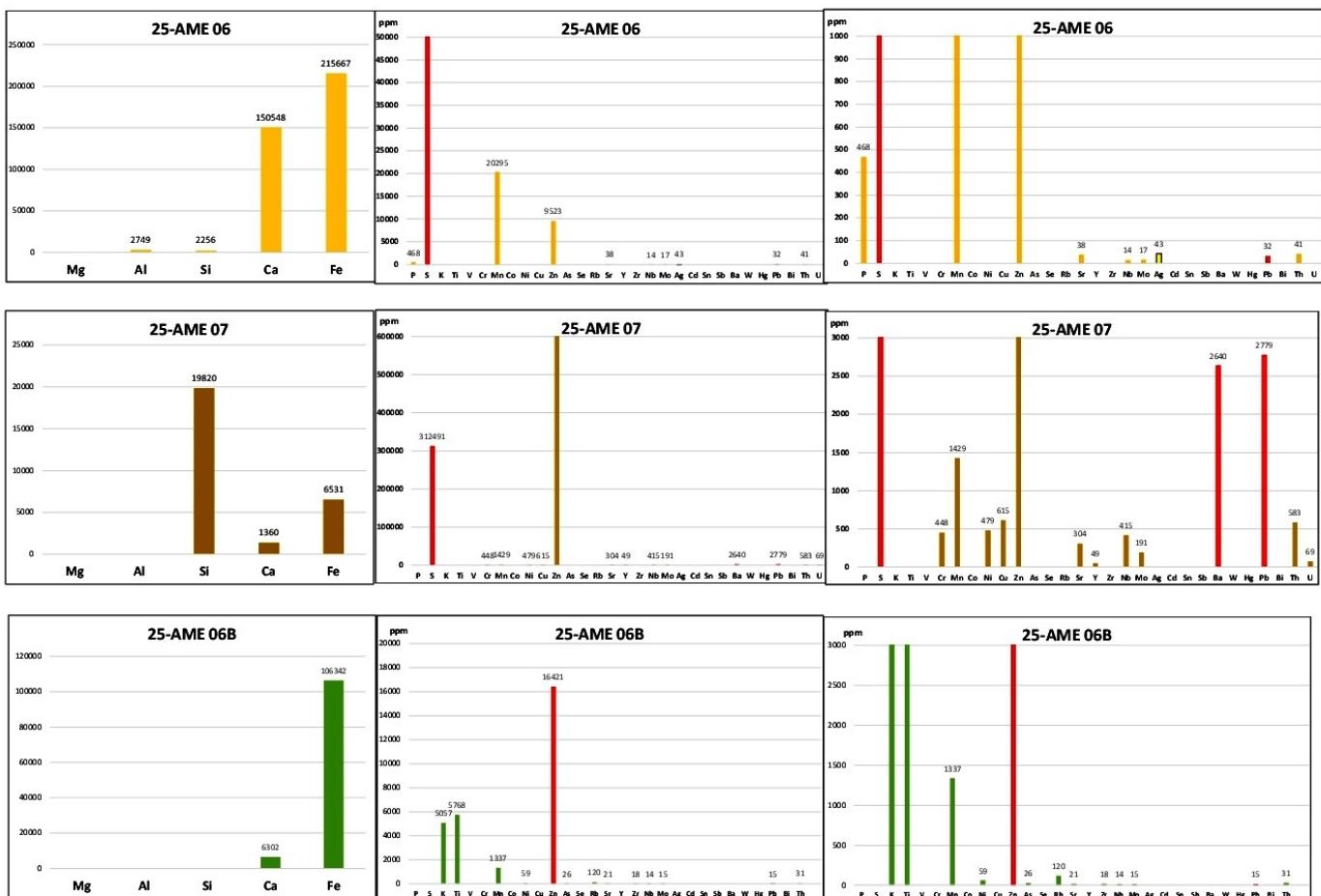


Figure 68 SAINTE AMELIE analyses 25-AME 06,07



Figure 69 SAINTE AMELIE : zone d'effondrement avec des blocs

C'est un quartier de la partie Ouest de la mine, dans sa partie supérieure entre les niveaux 1950 et 2020 (entrée N°1). Sa superficie est d'environ 2 ha. C'était une zone très riche : amas terreux à galène, calamine, cérusite dont il ne reste que de rares témoins dans les vieux travaux. Le contrôle structural majeur de cet amas est N120°. De nombreux indices de karstification y ont été observés. Ce sont les plus denses de la mine. L'ensemble est difficile à reconnaître aujourd'hui à cause de la présence d'une vaste zone d'effondrement (30 m de large), avec de gros blocs instables (voir photos). Cet éboulement empêche la continuité des galeries de part et d'autre. Il s'agit d'un foudroyage naturel. Les plans de décollement avec une altération ferrugineuse ont peut-être pour origine l'altération météorique des minéraux pyriteux.

La relation entre cet effondrement et la zone de blocs de l'affluent Martel de la grotte de la Cigalère a été évoqué au paragraphe 3.1.7..

5.4 SAINT-JEAN INFÉRIEUR

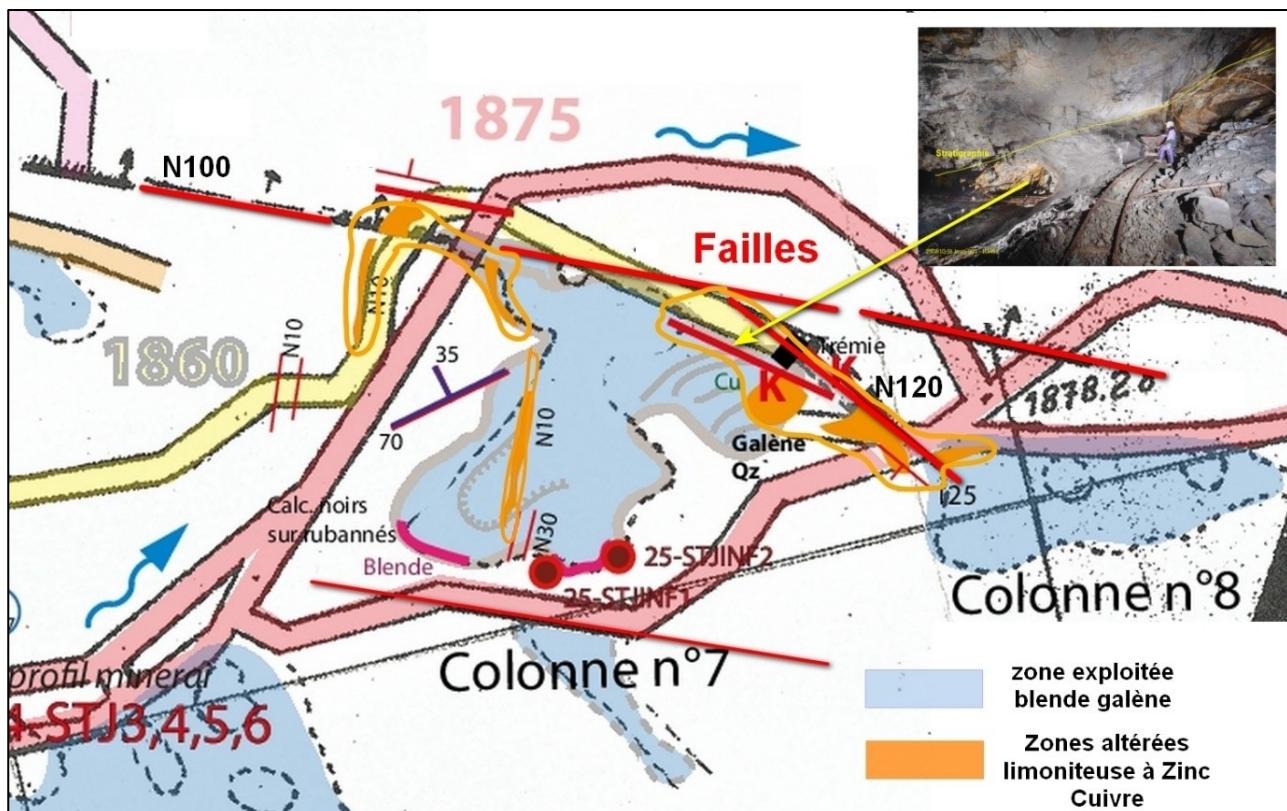


Figure 70 SAINT JEAN INF. : Colonne 7 plan de situation des levés et analyses

Il s'agit d'une petite colonne en aval du gisement (niveaux 1880-1860) callée entre deux grandes structures N 100°. Le minéral primaire à Blende, Galène, Quartz est visible au toit des calcaires noirs ou rubanés. La zone minéralisée passe latéralement à une zone très oxydée ferrugineuse avec minéralisation de cuivre, au contact d'une importante faille N120° se raccordant sur la faille majeure N100°, dite de la Cigalère, à pendage nord.

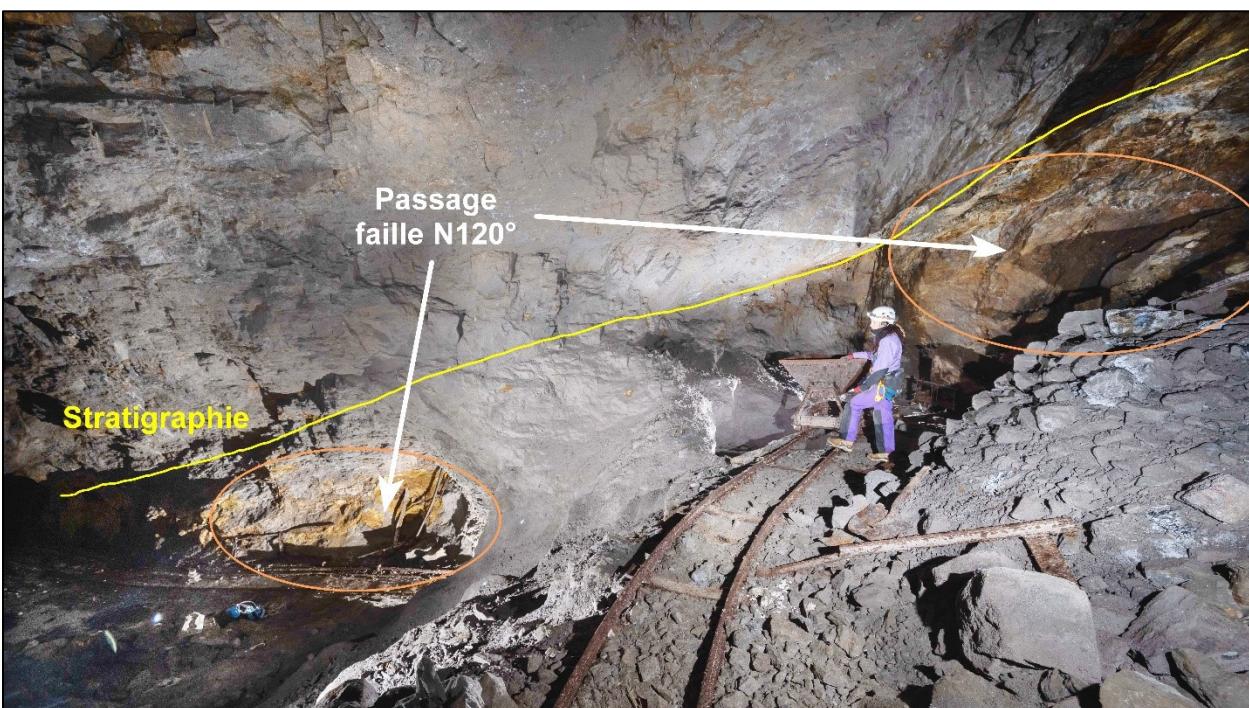


Figure 71 SAINT JEAN INF. : chambre avec passage faille N120°

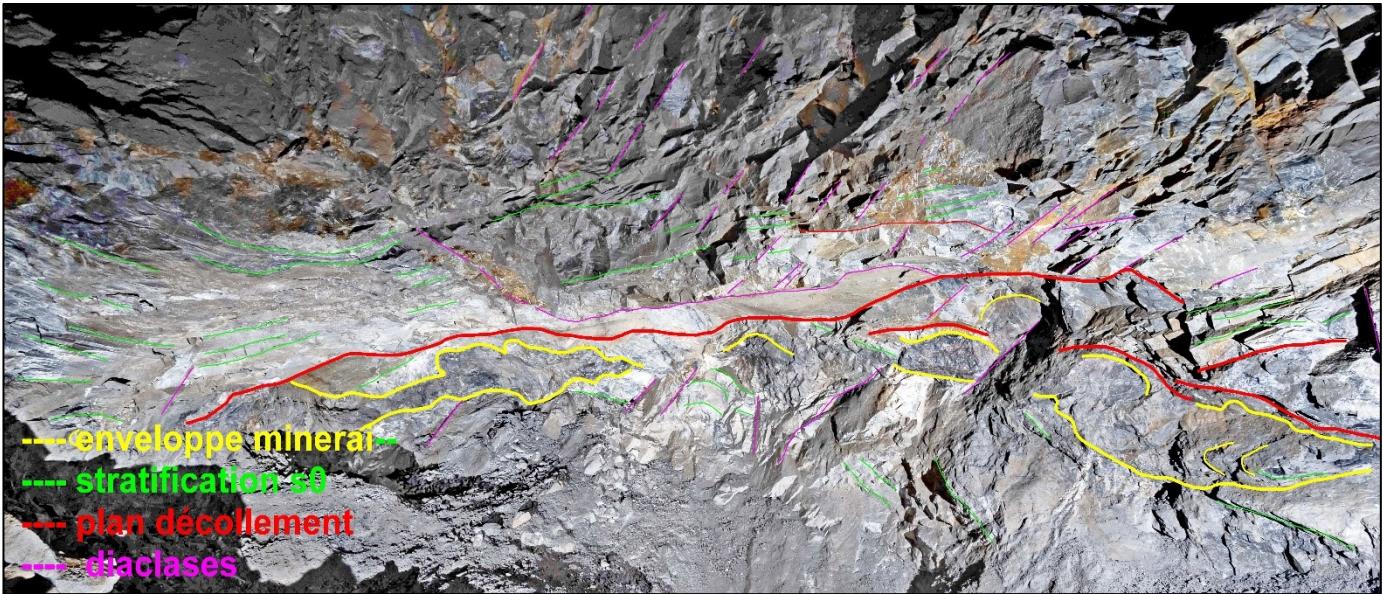


Figure 72 SAINT JEAN INF. : photo-interprétation structures du parement minéralisé

Le minerai « primaire » à Pb/Zn se situe au toit des calcaires sous des niveaux de décollement qui modifient le pendage des couches de part et d'autre. Le minerai occupe principalement des zones boudinées. L'ensemble est affecté par un diaclasage régulier postérieur. Ces observations sur photo-interprétation devraient être confirmées par un levé de détail du parement accompagné de profils d'analyses.

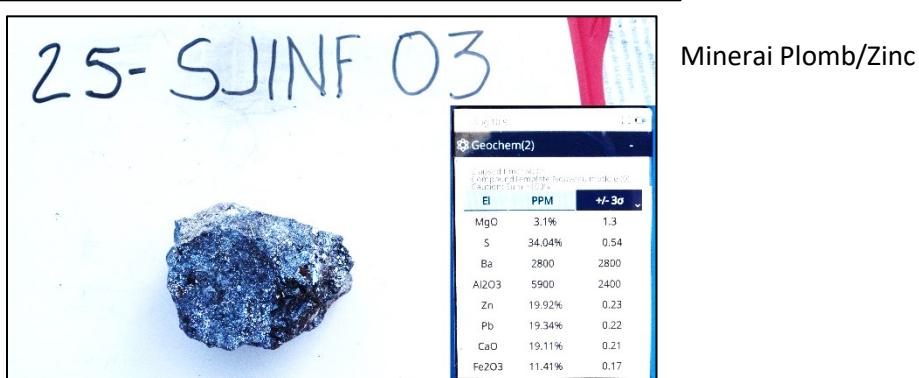
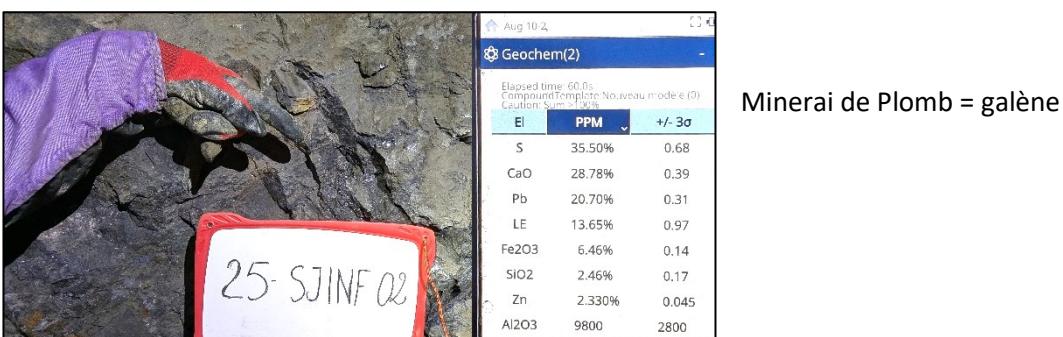
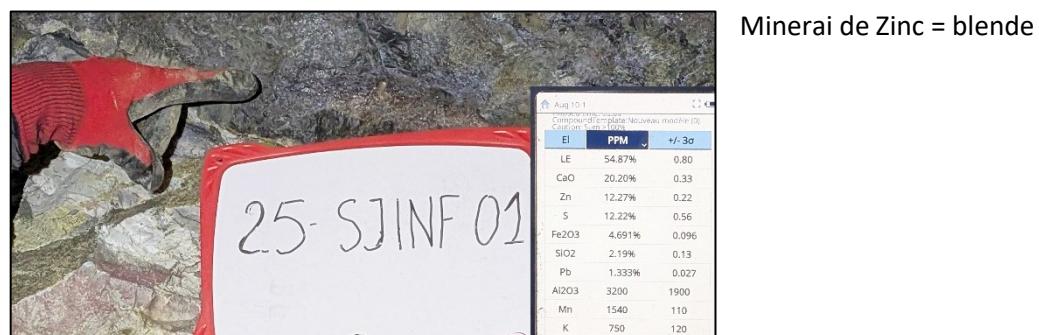


Figure 73 SAINT JEAN INF. : analyses du minerai

5.5 TB1740 et PLAN SAINT JEAN

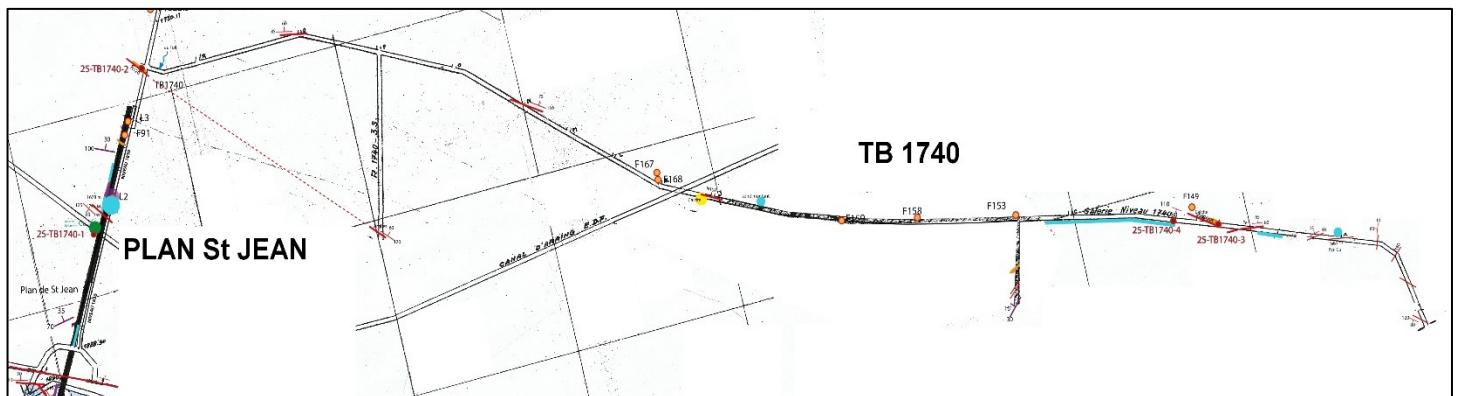


Figure 74 TB 1740 plan des levés et analyses



Figure 75 PLAN SAINT JEAN : chambre d'exploitation sur faille majeure, zones oxydées

Dans le TB1740, aucun indice karstique n'a été observé alors que l'on se situe très proche (moins de 15 m au-dessus des galeries nord (Van Den Abeele sup., Chauve-souris et Ours). Seuls quelques petites zones avec des brèches à sédiments ocres oxydés en bordure de fractures. Présence d'une géode à gros cristaux de calcite rhomboédrique.



Figure 76 PLAN SAINT JEAN : azurite malachite sur la voie du plan incliné

Figure 77 PLAN SAINT JEAN : filon de quartz et zone altérée

5.6 TB ROUGE (partie Ouest)

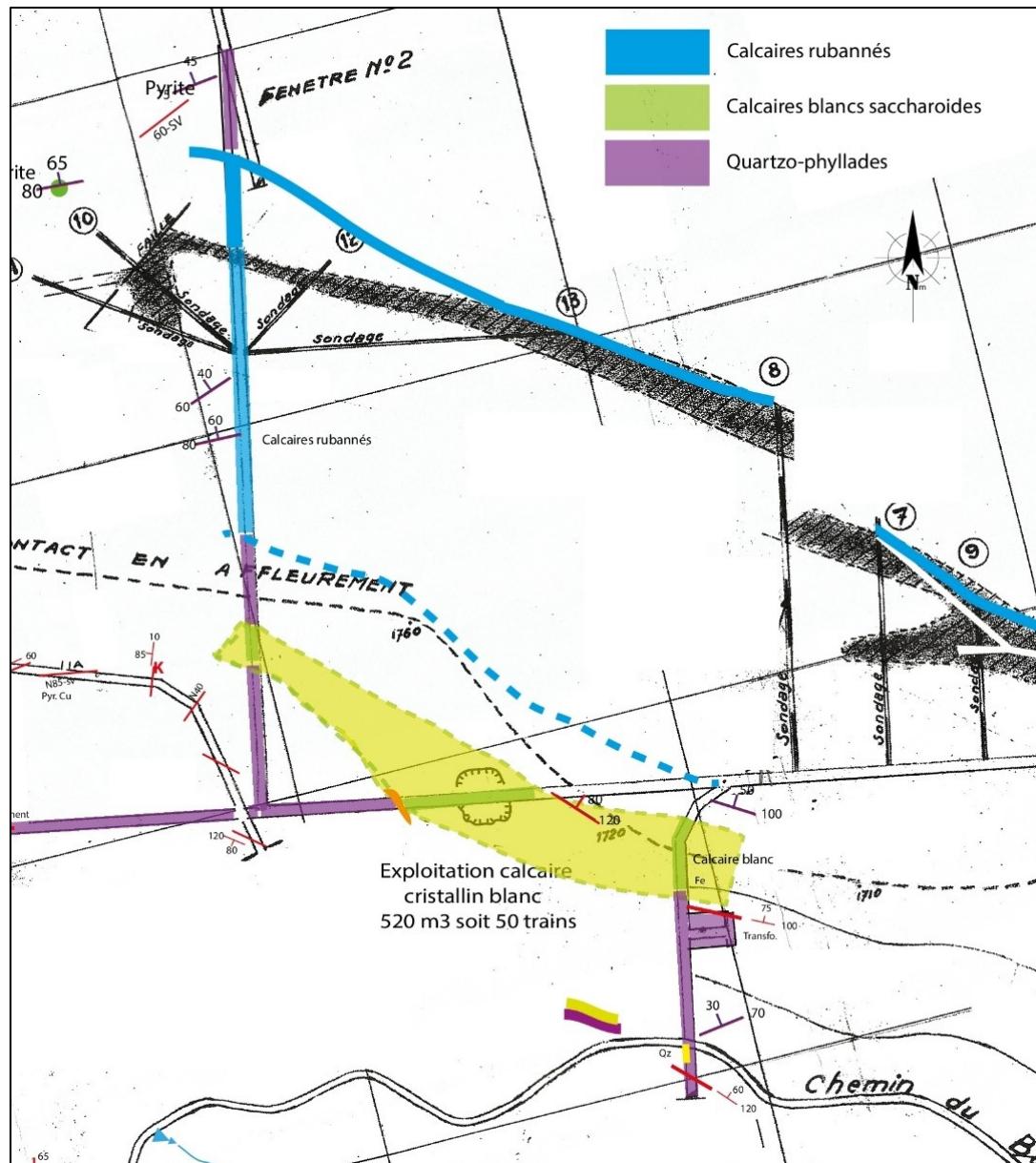


Figure 78 TB ROUGE : cartographie du calcaire blanc saccharoïde

Une exploitation de calcaire blanc saccharoïde a eu lieu dans la partie ouest du Travers-banc en 1972 par Daubian-Delisle. Une estimation du volume exploité a abouti à 500 m³ soit 50 trains de berlines dont il reste encore un exemplaire chargé dans la galerie.

Ce calcaire est intercalé entre des niveaux de schistes sous la formation des calcaires rubanés.

Il pourrait donc constituer un deuxième niveau calcaire (voir l'hypothèse dans le gouffre Martel).



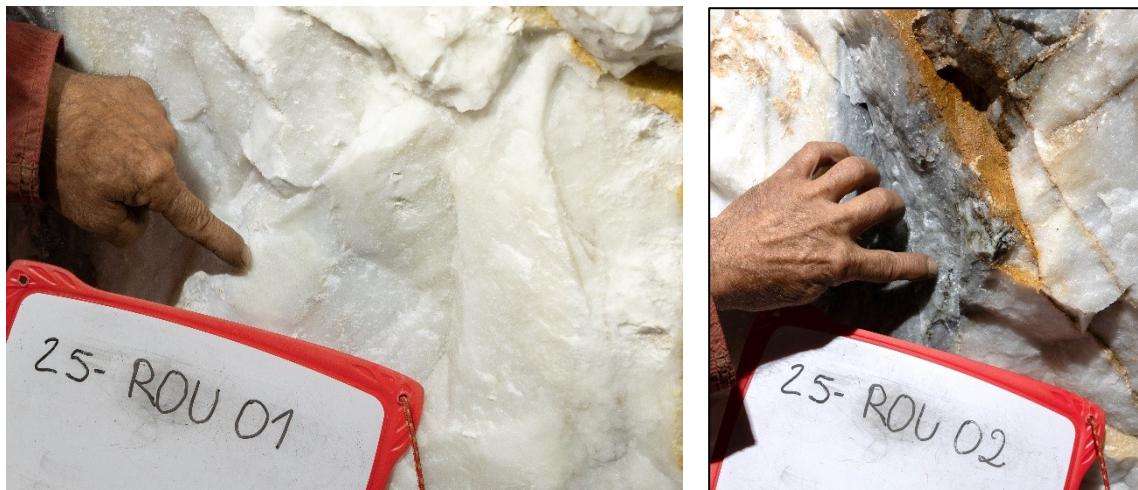
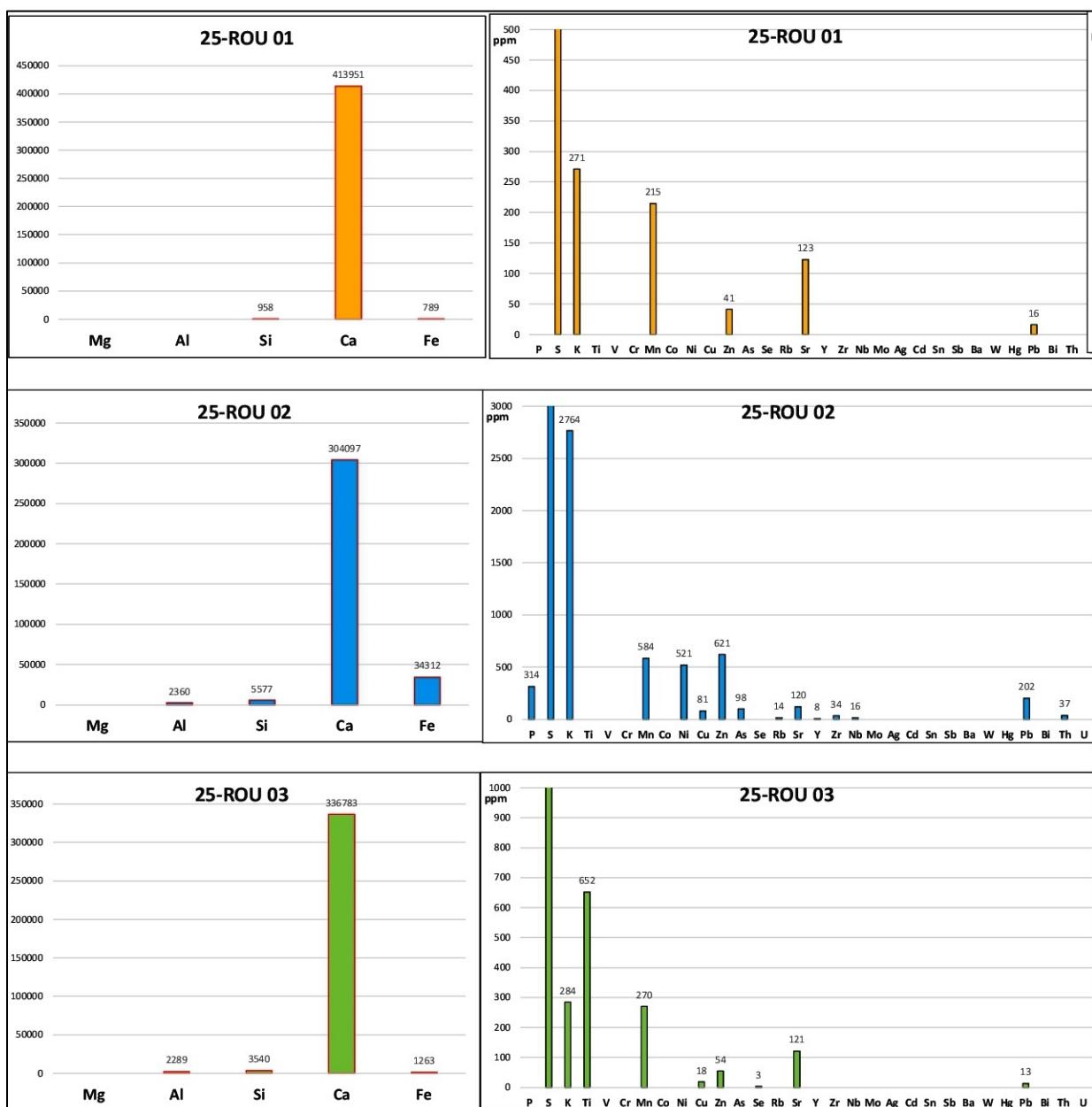


Figure 79 TB ROUGE : échantillons et analyses calcaire saccharoïde



En plus de la richesse en carbonates, peut-être il y aurait un peu de gypse avec traces en Zn, Ni, Mn.

5.7 TRAVAUX SAINT LOUIS 1910 m

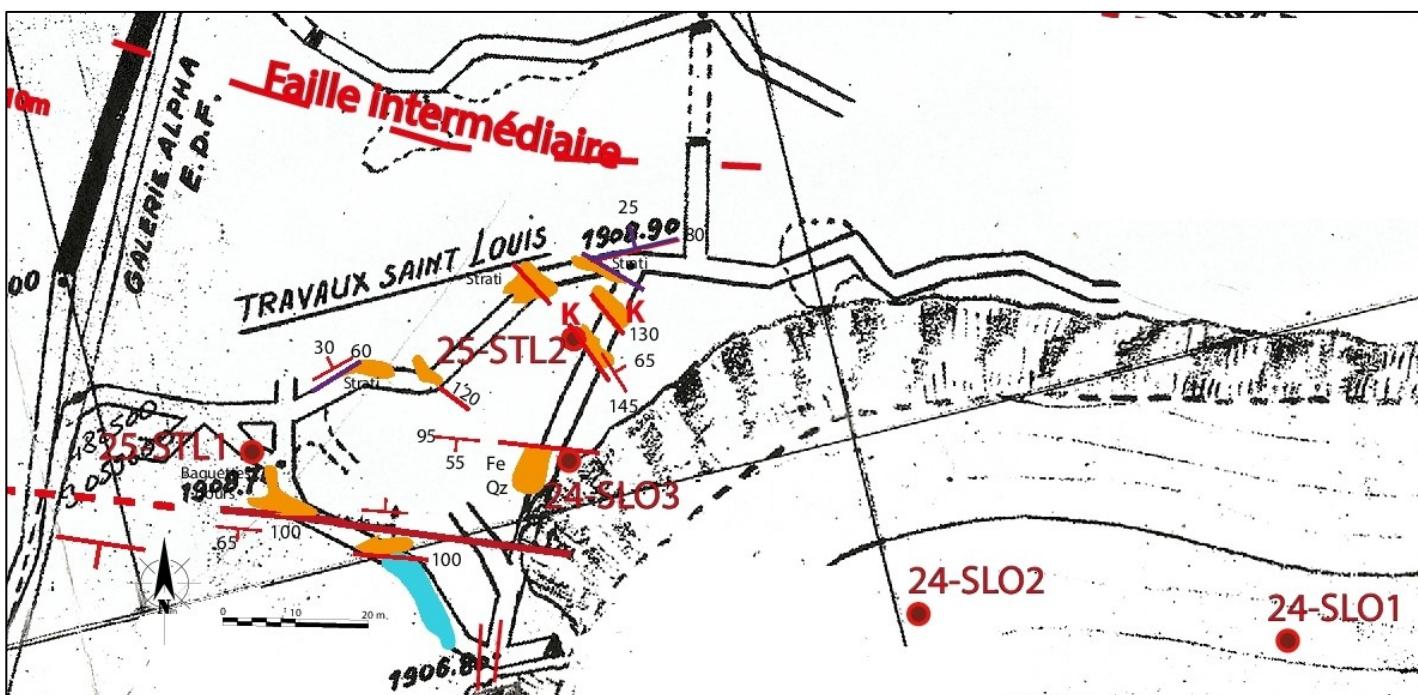


Figure 80 SAINT LOUIS : plans levés et analyses des zones ferrugineuses

La mine Saint Louis a été reconnue rapidement. Le site est exceptionnel par la présence de zones ferrugineuses concrétionnées (baguettes de gours ferrugineuses !) dans des zones ouvertes, fractures ou plans de stratification. Il s'agit de remplissages limonitiques et hématitiques précipités en plusieurs phases dans des zones karstiques. La section des concrétions rappelle celles de la Grande Salle de la Cigalère. La direction des fractures ouvertes est N100° et N130°.

Les galeries sont très proches de la surface.

Ces zones concrétionnées sont marquées par de fortes anomalies en Zinc et dans une moindre mesure en Plomb, Nickel.

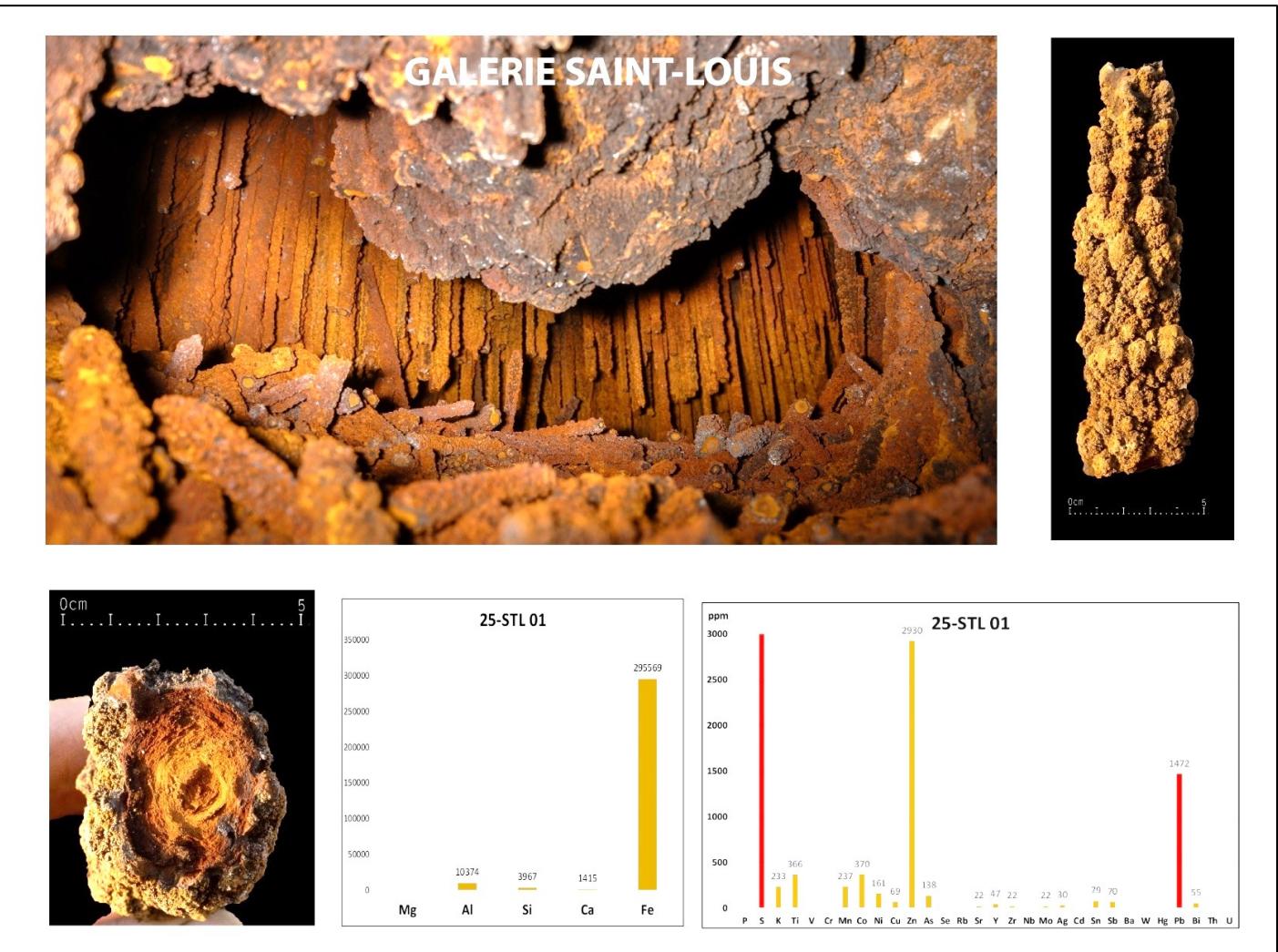
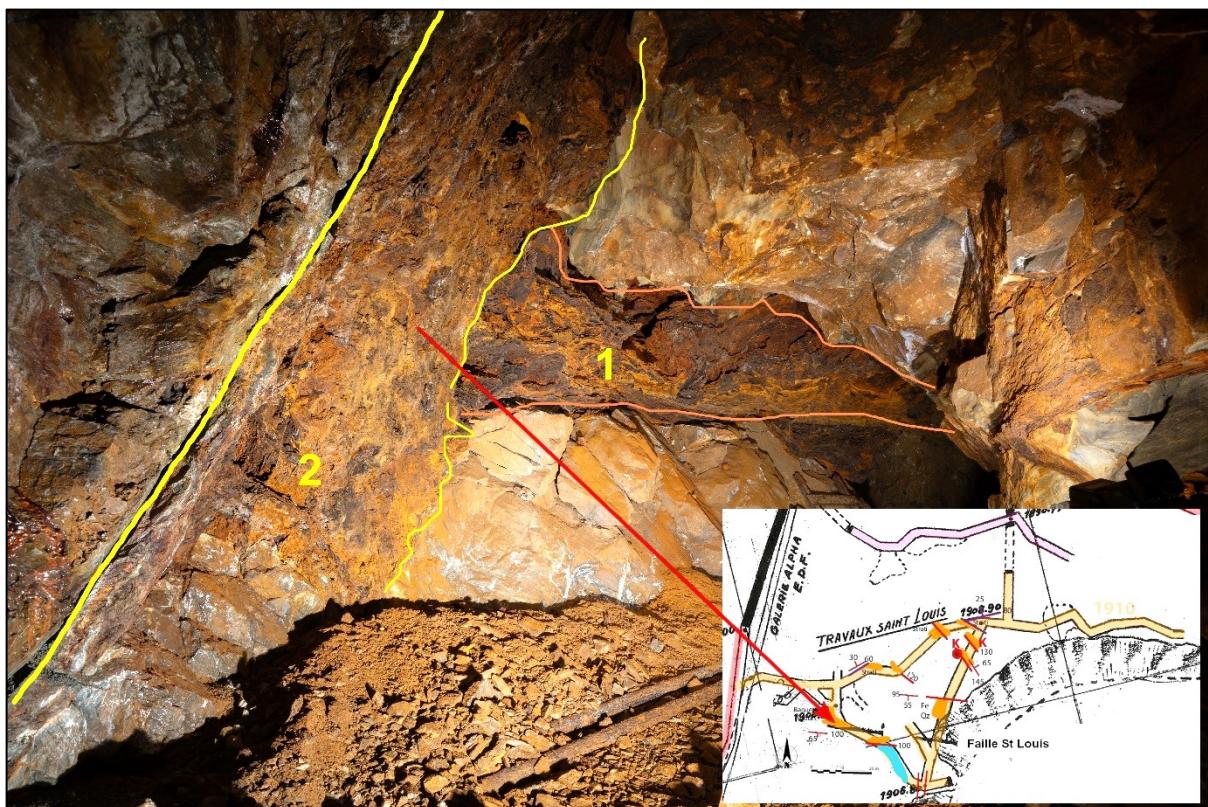


Figure 81 SAINT LOUIS : analyses des concrétions ferrugineuses

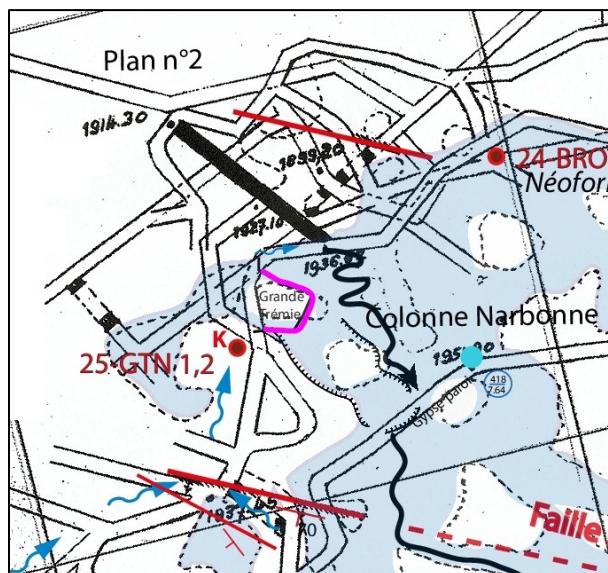




5.8 GRANDE TREMIE NARBONNE



Figure 82 GRANDE TREMIE NORD : localisation d'un petit karst



Il s'agit de deux petits karsts avec du gypse exprimé et minéralisé en Zinc et Plomb.

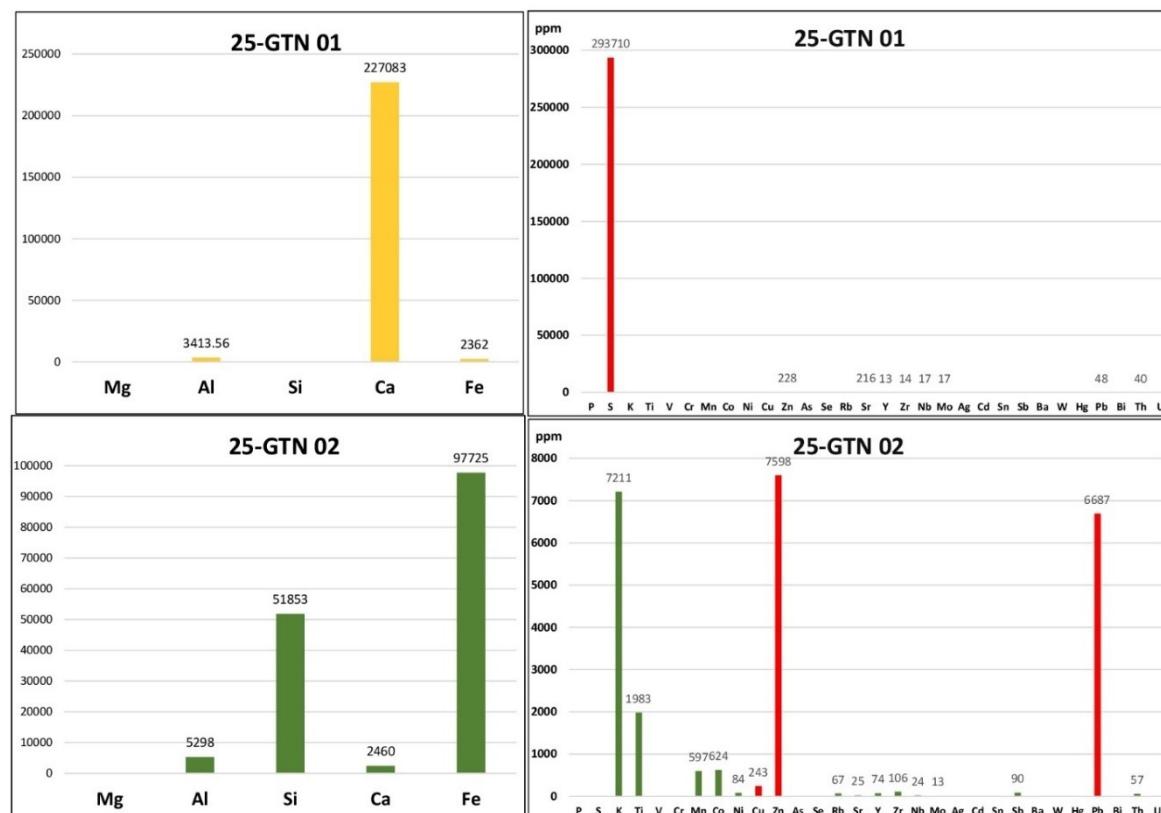
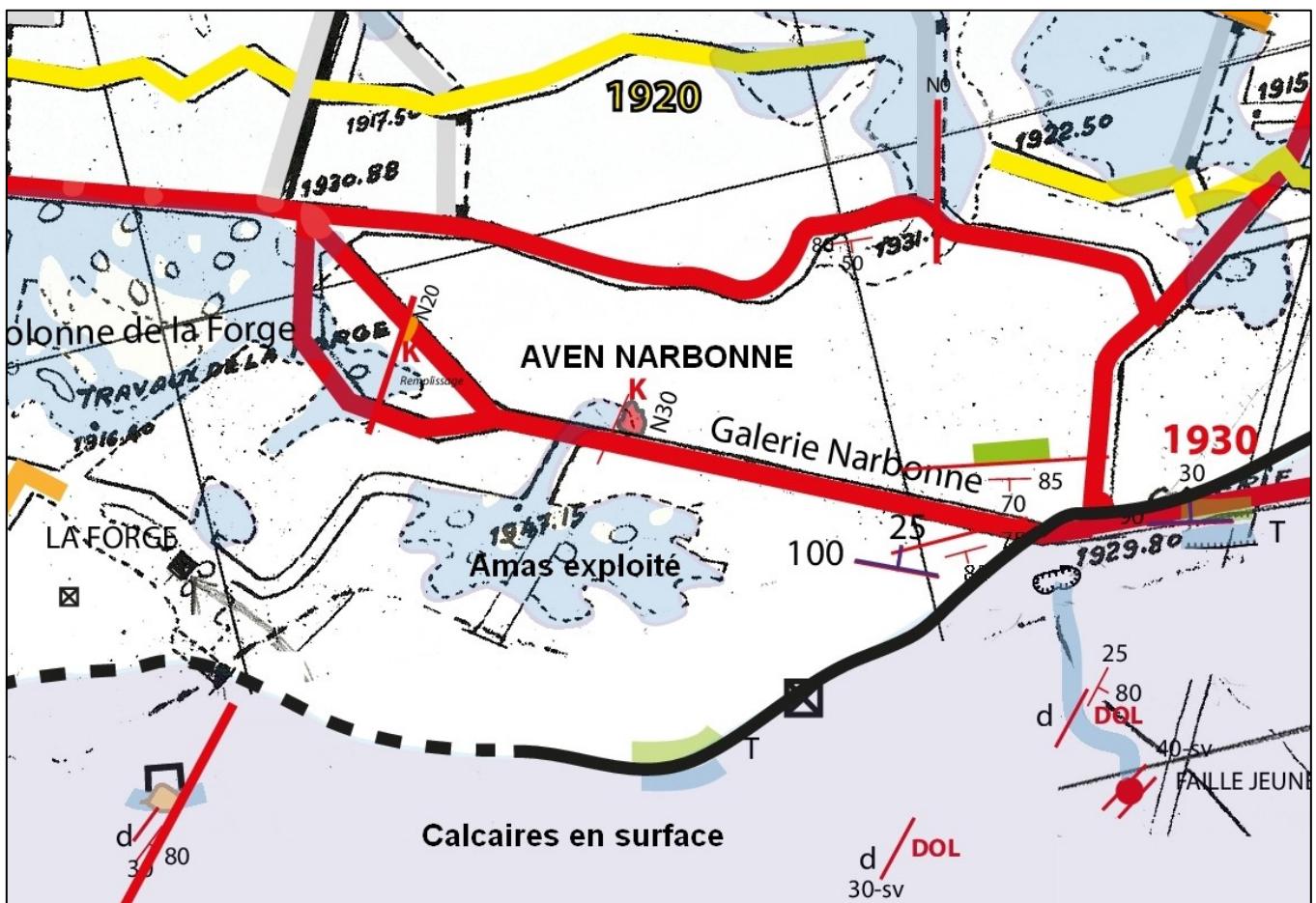


Figure 83 GRANDE TREMIE NARBONNE : analyses d'un petit karst

5.9 KARST GALERIE NARBONNE



6 SYNTHESE GENERALE

6.1 STRUCTURES

Plusieurs structures ont été reliées entre la mine et la Cigalère :

- Affluent Martel et quartier Sainte Amélie (présence de blocs)
 - Faille dite de la Cigalère (quartier Saint Jean et Grande Salle de la Cigalère)
 - Structure karstique N-S (Arc de Triomphe sud et amont affluent Martel, Cascade Noire)

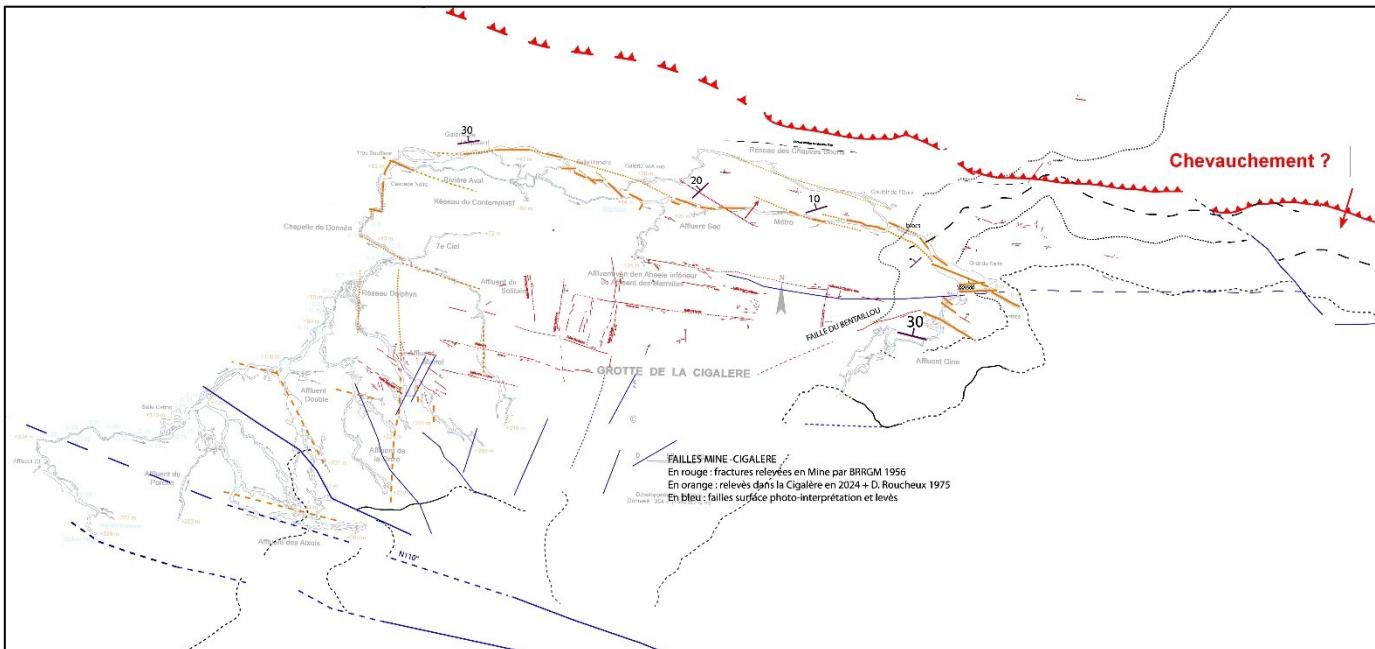


Figure 85 SYNTHESE STRUCTURES : surface, mine, Cigalère

Le trait structural majeur reliant la surface, la ligne et la Cigalère est la direction N100-110°. Ces structures encadrent le développement de la Cigalère au sud et au nord. La Faille de la Cigalère en est un exemple. C'est une faille à pendage nord et jeu normal.

Le deuxième réseau est celui orienté N-S à N30° (« les N10° ») qui a servi de guide à la karstification en mine.

L'existence d'un chevauchement en prolongement de celui représenté sur la carte géologique 1/50 000 BRGM MAUBERME est à rechercher dans le TB rouge et en surface. Il limite vers le sud la zone flexurée et verticalisée.

6.2 MINERALISATIONS EXPLORÉES

On peut différencier au moins deux types de minéralisations :

- Une minéralisation primaire : Blende et Galène

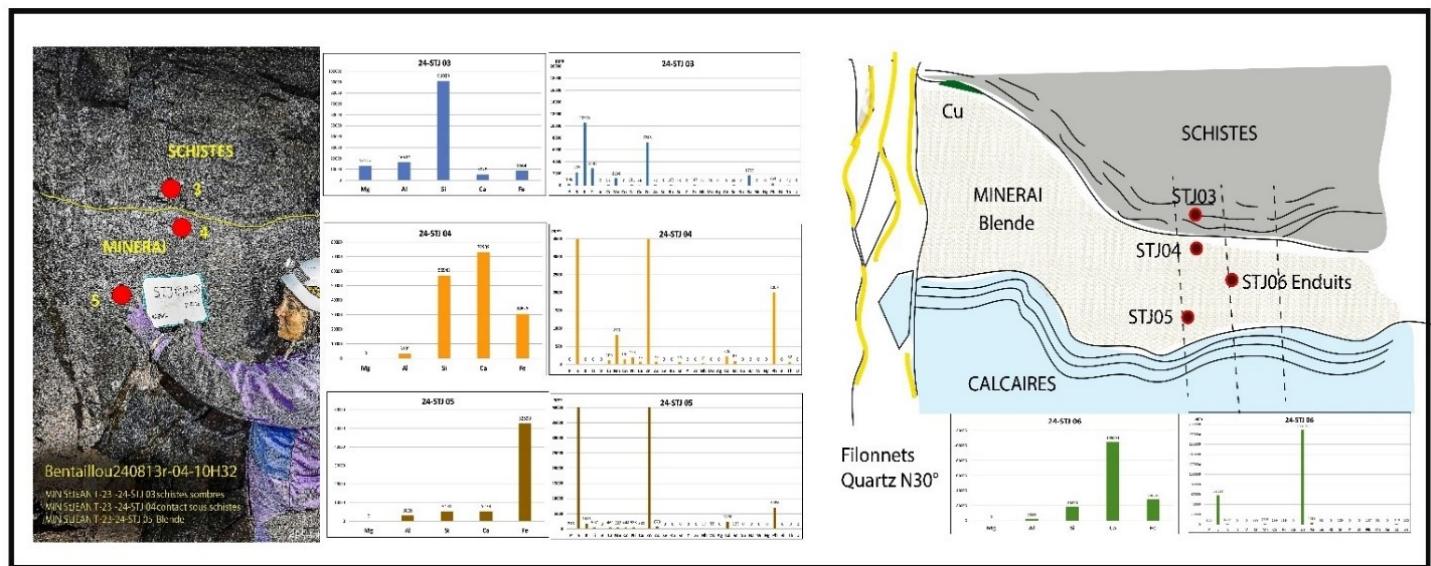
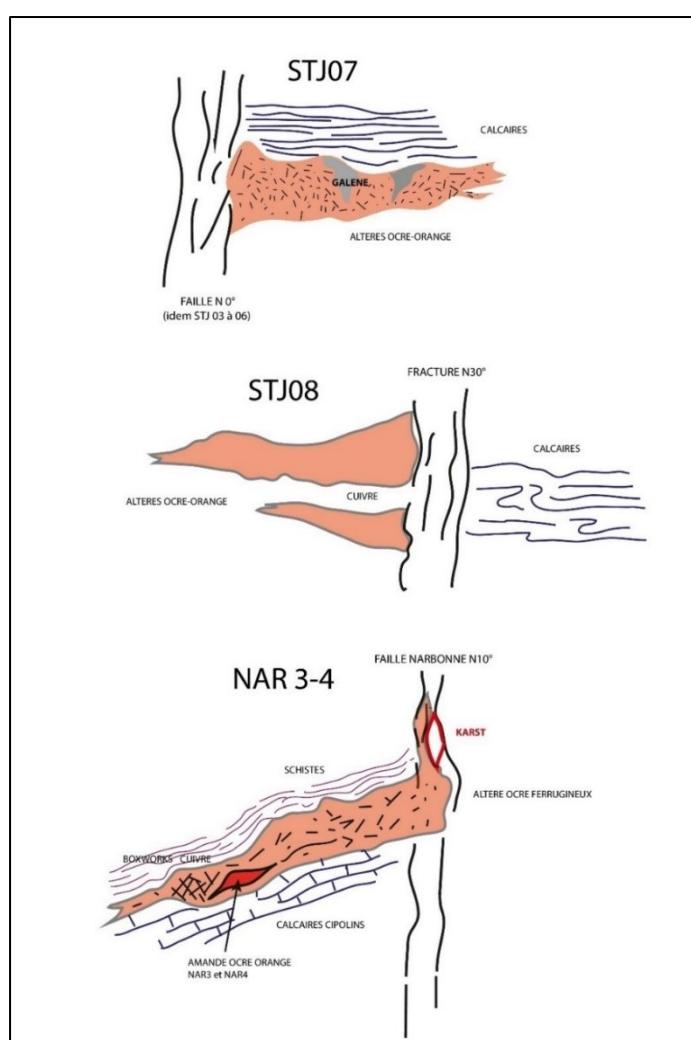


Figure 86 MINE du BENTAILLOU : analyses minéralisation primaires



- Une minéralisation secondaire provenant de l'altération météorique de la partie supérieure du gisement. Il s'agit d'amas de calamines et cérusite riches en zinc dont l'exploitation a été plus facile (sans explosifs) et économique que la blende primaire. Le traitement des calamines était aussi beaucoup plus économique.

Figure 87 MINE du BENTAILLOU : schémas des minéralisations oxydées

6.3 REMPLISSAGES KARSTIQUES et PALEO-CIGALERE

Les remplissages limonitiques ocres chargés en Zinc ont été exploités en amas (aujourd’hui disparus ou inaccessibles) et dans des remplissages karstiques (ADT sud, Saint Louis). D’autres ont été observés en mine (Saint Jean-le-Froid et nombreux petits karsts) et retrouvés dans la Cigalère soit dans des fractures, des voutes ou en dépôts dans des galeries. Des observations photographiques montrent la présence de ces remplissages dans des galeries fossiles perchées (Chauve-souris, Adjudant, Septième Ciel, amont Cascade Noire). En surface des amandes dites « ankéritiques » occupent des positions dans le litage sédimentaire ou des poches paléo-karstiques. Tous ces faciès présentent des anomalies en Zinc et métaux connexes (Plomb, Nickel, Cobalt, Manganèse).

DEPÔTS ALTERES LIMONITIQUES OCRES ANALYSES EN 2024-2025			Zn Concentration ppm	Zn Concentration %
MINE	BENTAILLOU	Arc de Triomphe Sud	25-ADTS 01 Placage blanc	En place
MINE	BENTAILLOU	Arc de Triomphe Sud	25-ADTS 03	571178
MINE	BENTAILLOU	TB 1740	Zone ocre au carrefour TB	En place
MINE	BENTAILLOU	Mine Saint-Louis	25-STL 04 Remplissage karst Couche jaune au contact	En place
MINE	BENTAILLOU	MIN StJEAN T-23c	24-STJ 07 altéré orange à Galène	En place
MINE	BENTAILLOU	Arc de Triomphe Sud	25-ADTS 02 Remplissage ocre	En place
MINE	BENTAILLOU	Sainte AMELIE sommet Vx travaux	25-AME 02 Ocre orange ferrugineux	Volant
MINE	BENTAILLOU	MIN-Narbinf-29W	24-NAR 04 altéré orange	En place
GROTTE	CIGALERE	APRES TROU SOUFFLEUR	24-CP11 au dessus du quartz	en place
MINE	BENTAILLOU	MIN-N5-30	24-ADT 01 Minerai altéré Faille N10	En place
GROTTE	CIGALERE	Galerie Principale Grande salle	25-CP 05A Stalactite cassée tranché ,fer calcite	Volant
GROTTE	CIGALERE	Galerie Principale Grande salle	25-CP 05D Stalactite, coeur fer	Volant
MINE	BENTAILLOU	Mine Saint-Louis	25-STL 03 Remplissage karst Couche rouge au contact	En place
GOUFFRE	GOUFFRE MARTEL	Base puit P13	25-MART 05 Ocre lité ferrugineux voir 25-MART 03	Volant
GROTTE	CIGALERE	Galerie Principale Grande salle	25-CP 05C Stalactite, intérieur ocre	Volant
GOUFFRE	GOUFFRE MARTEL	Base puit P13	25-MART 03 Ocre lité base P13	Volant
MINE	BENTAILLOU	Sainte AMELIE grande arête latérale N°	25-AME 06 Bloc ocre avec calcite	Volant
MINE	BENTAILLOU	Karst St Jean-le-Froid	25-STJ 01 Remplissage orangé	En place
GOUFFRE	GOUFFRE MARTEL	au dessus niveau tunnel accès	25-MART 02 Niveau ocre au dessus	En place
GROTTE	CIGALERE	Galerie Principale Grande salle	25-CP 05E blanc, concretion	Volant
GROTTE	CIGALERE	Affluent Martel	25-MAR 02 Argile ocre sombre	Volant
GOUFFRE	GOUFFRE MARTEL	au dessus niveau tunnel accès	25-MART 01 Niveau noir lité au dessus calchistes	En place
MINE	BENTAILLOU	Mine Saint-Louis	25-STL 01 Produits jaunes dans grande géode	En place
MINE	CIGALERE	Désobstruction Moutarde	25-BEN 10 Rosaces dans roche indurée ocre	En place
MINE	MINE GALLO-ROMAINE	FLORET	25-AMONT1 ocre altéré orange	En place
SURFACE	MINE GALLO-ROMAINE	Perte dans canyon	25-MGR 03 Sédiment ocre	Volant
MINE	MINE GALLO-ROMAINE	Affluent Double	25-FLO 02 Calcaire ocre avec fer	En place
MINE	BENTAILLOU	Grande trémie Narbonne (près)	25-MGR 01 Ferrugineux	Volant
			25-MGR 02 Filonnet hématite	Volant
			25-GTN 01 Dépôts ocres dans karst	En place

Figure 88 Tableau résultats d’analyse dépôts limonitiques 2024-2025

On observe des remplissages du même type en mine et dans la Cigalère. En toute hypothèse, cela permet d’imaginer un ancien réseau de la Cigalère, rempli par des dépôts limonitiques riches en fer, métaux et peut-être gypse ; dont on peut en tracer une esquisse. Ces dépôts proviendraient de l’altération du gisement situé au-dessus et transportés dans des paléokarsts développés dans des failles ouvertes.

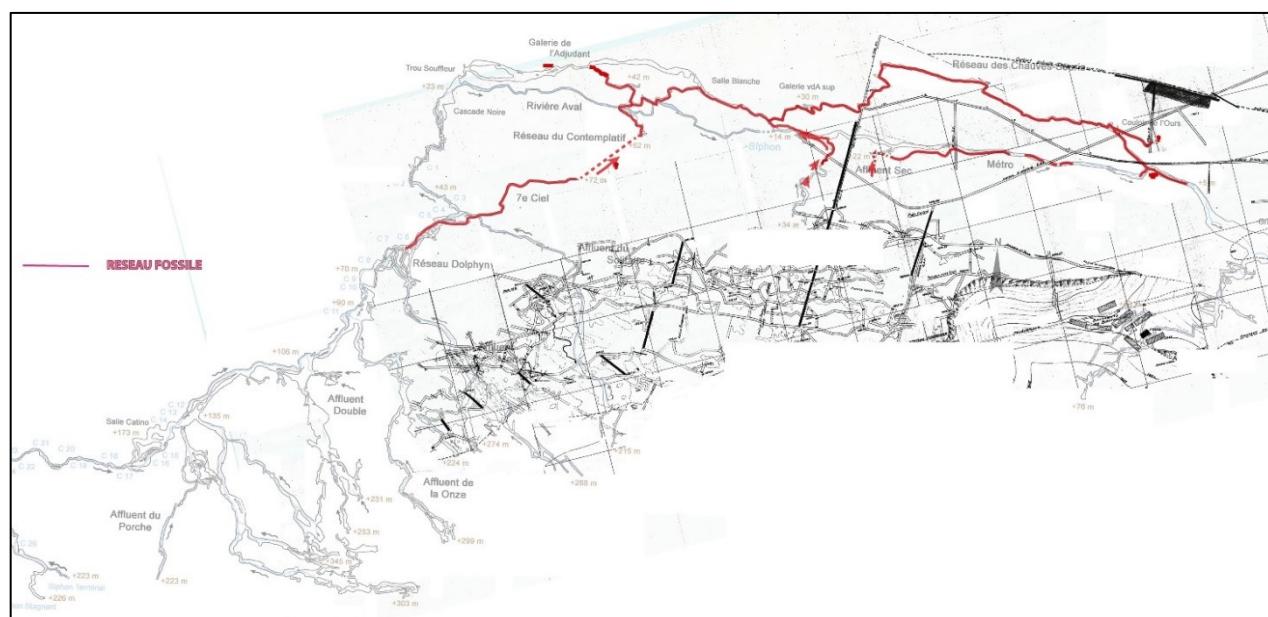


Figure 89 CIGALERE plan réseau fossile

6.4 HYDROGEOLOGIE

- Analyses eaux : impact des eaux de la mine dans la grotte de la Cigalère

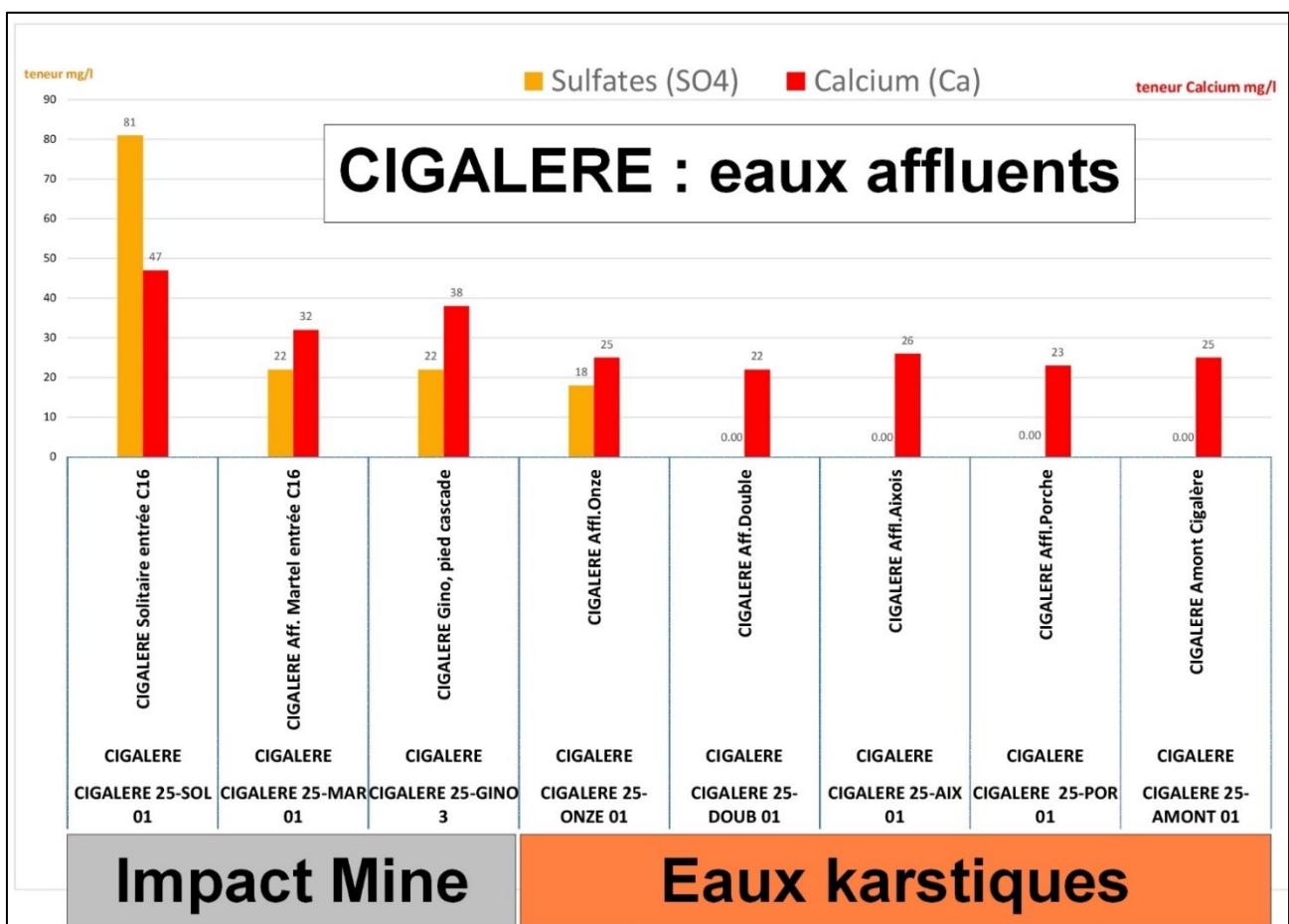
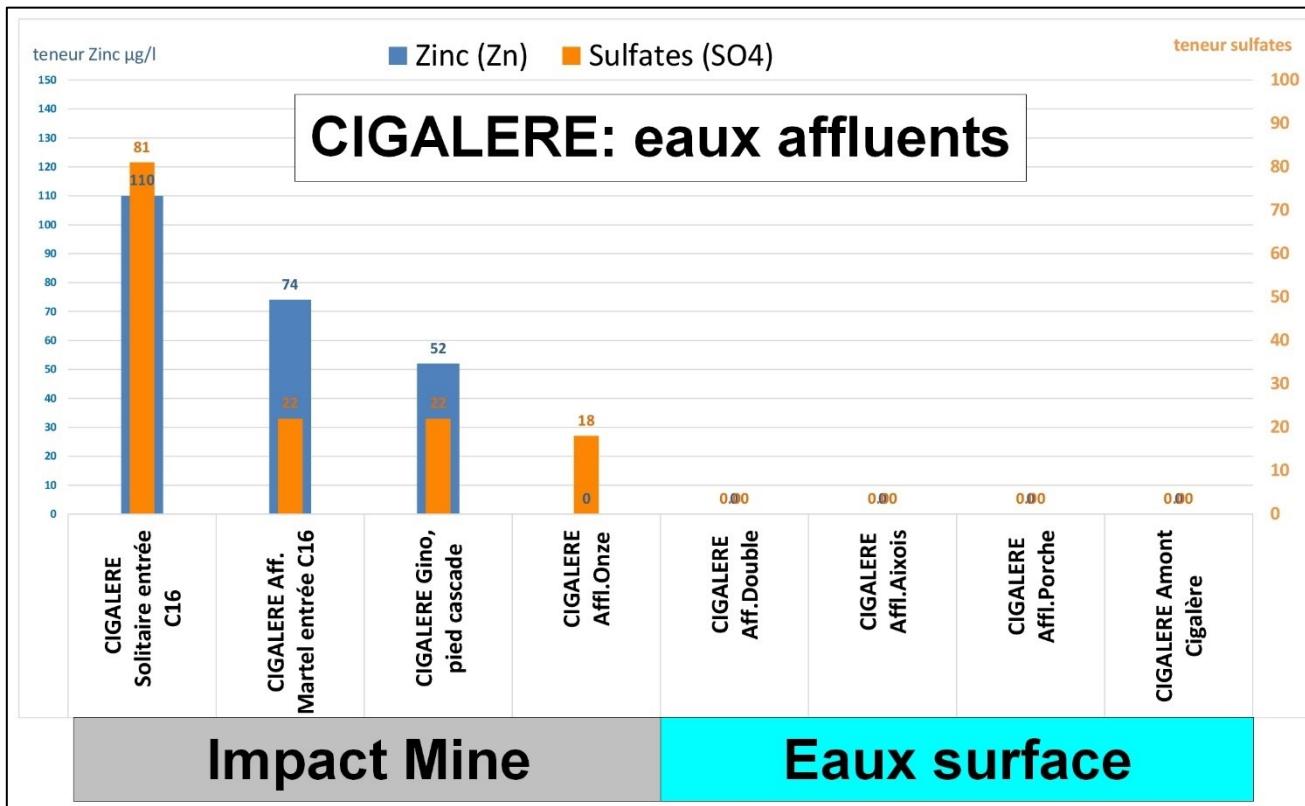


Figure 90 Impact des eaux de mine : tableau des résultats

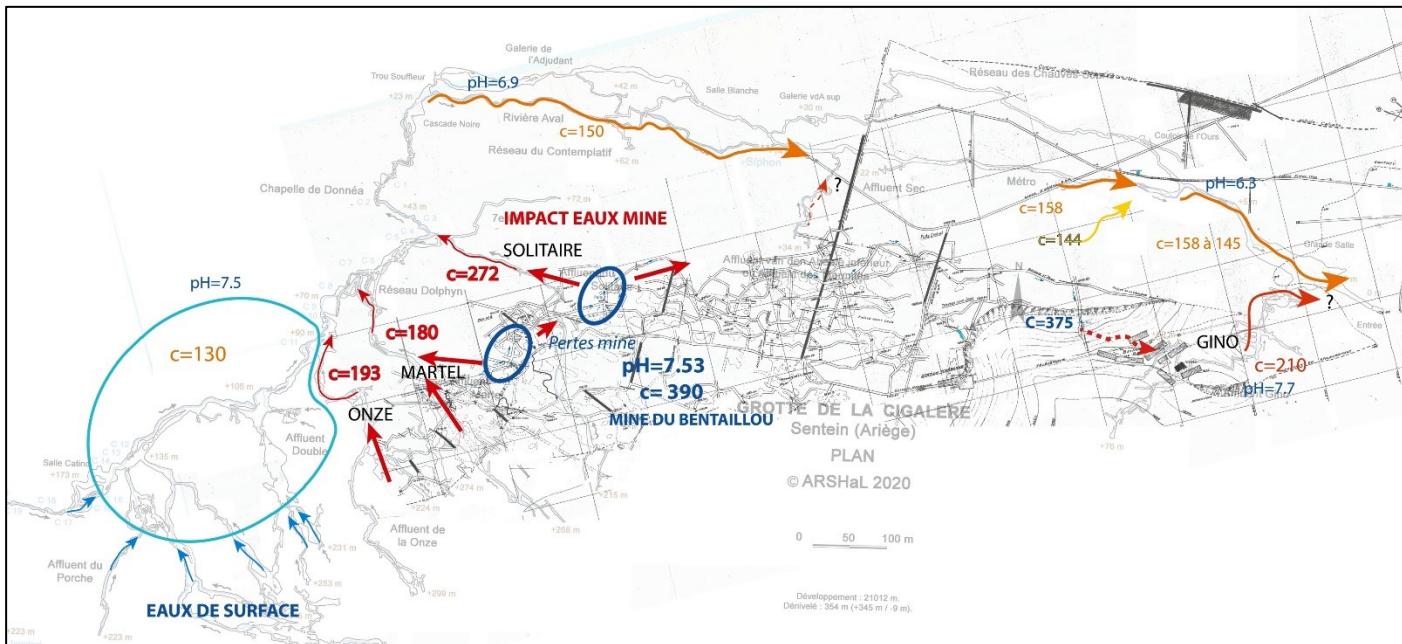


Figure 91 Plan de l'impact des eaux de mine sur la Cigalerie

6.5 GYPSE

Observations sur l'origine du gypse dans la Cigalère :

- Pas de traces de métaux du gisement dans les concrétions de gypse
 - A la base de la série des schistes siluriens, pas de teneur importante en sulfates dans les eaux de ruissellement dans le ruisseau nord.
 - Présence de gypse associé aux les remplissages karstiques en liaison avec les faciès limonitiques (concrétionnement gypso-limoniteux)

6.6 LE KARST: LA MINE ET LA CIGALERIE :

Les observations 2024-2025 conduisent à faire l'hypothèse d'une **relation étroite** entre la karstification recoupée dans la partie la plus haute de la mine et dans les galeries amont de la Cigalère.

Une phase de karstification précoce, développée à partir d'accidents ouverts N 0 à 20°, aurait recoupé le gisement primaire de zinc/plomb en bordure d'un poljé et en se développant sous la couverture de quartzophyllades. Ce karst aurait traversé toute la série calcaire jusqu'à son plancher. L'oxydo-altération des minéraux sulfurés aurait contribué par corrosion au développement de ce karst et l'acidification des eaux de percolation en profondeur. Le minerai altéré serait resté piégé dans les vides karstiques sous forme de carbonates ferrugineux riches en Zinc et de Plomb (Calamines, Cérusite).

7 ESSAI DE RECONSTITUTION CHRONOLOGIQUE DU PROCESSUS A L'ORIGINE DE LA CIGALERE

SCHEMAS A DIFFERENTS STADES DE L'EVOLUTION GEOLOGIQUE

7.1 PYRENEES HERCYNIENNES

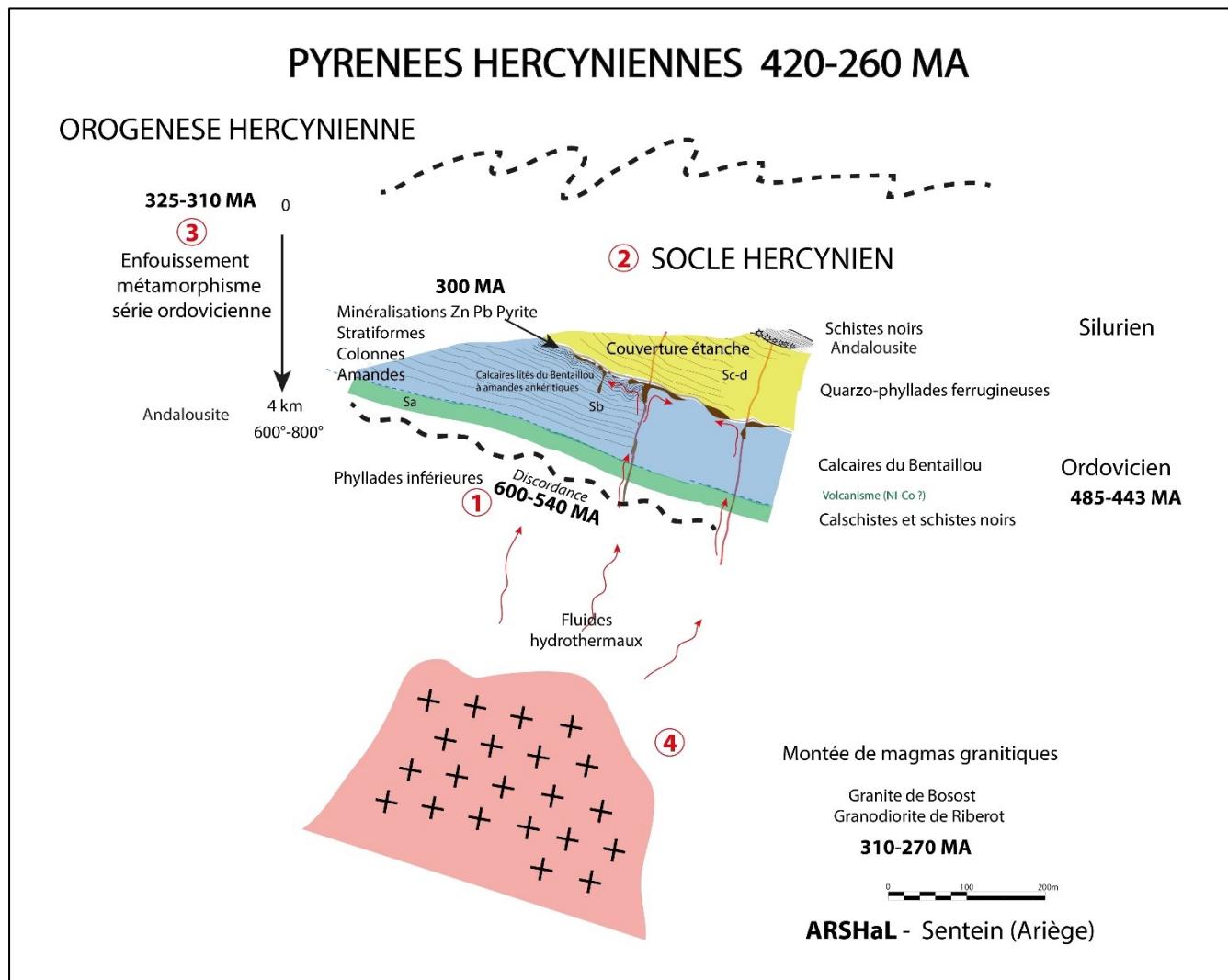


Figure 92 Schéma Pyrénées Hercyniennes

7.2 PYRENEES ALPINES

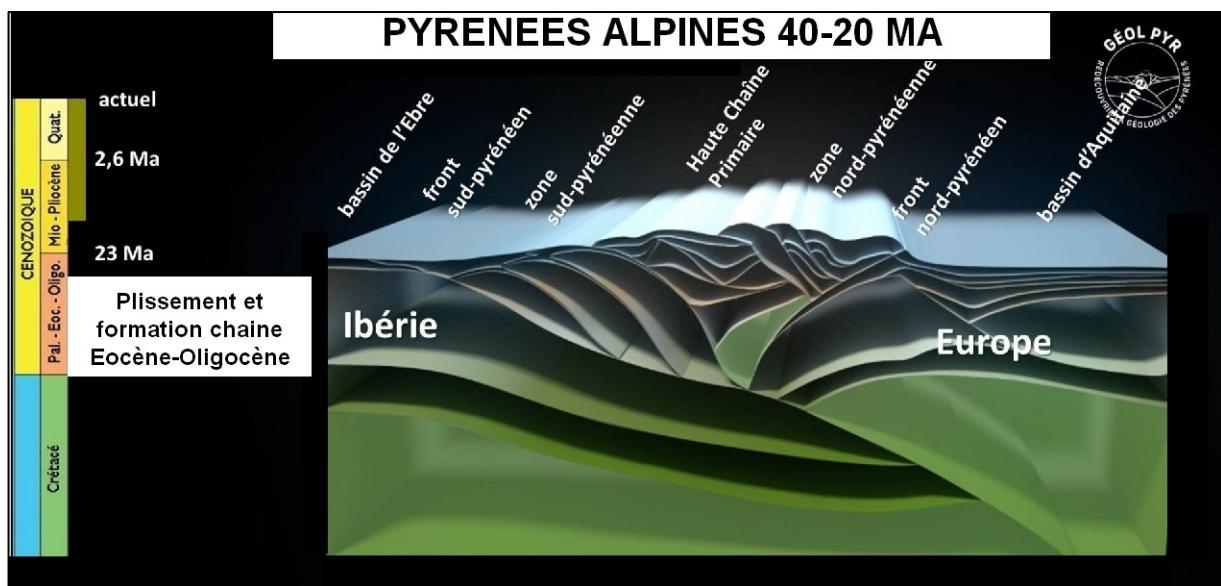


Figure 93 Schéma conceptuel de la chaîne Pyrénéenne (Géol. PYR)

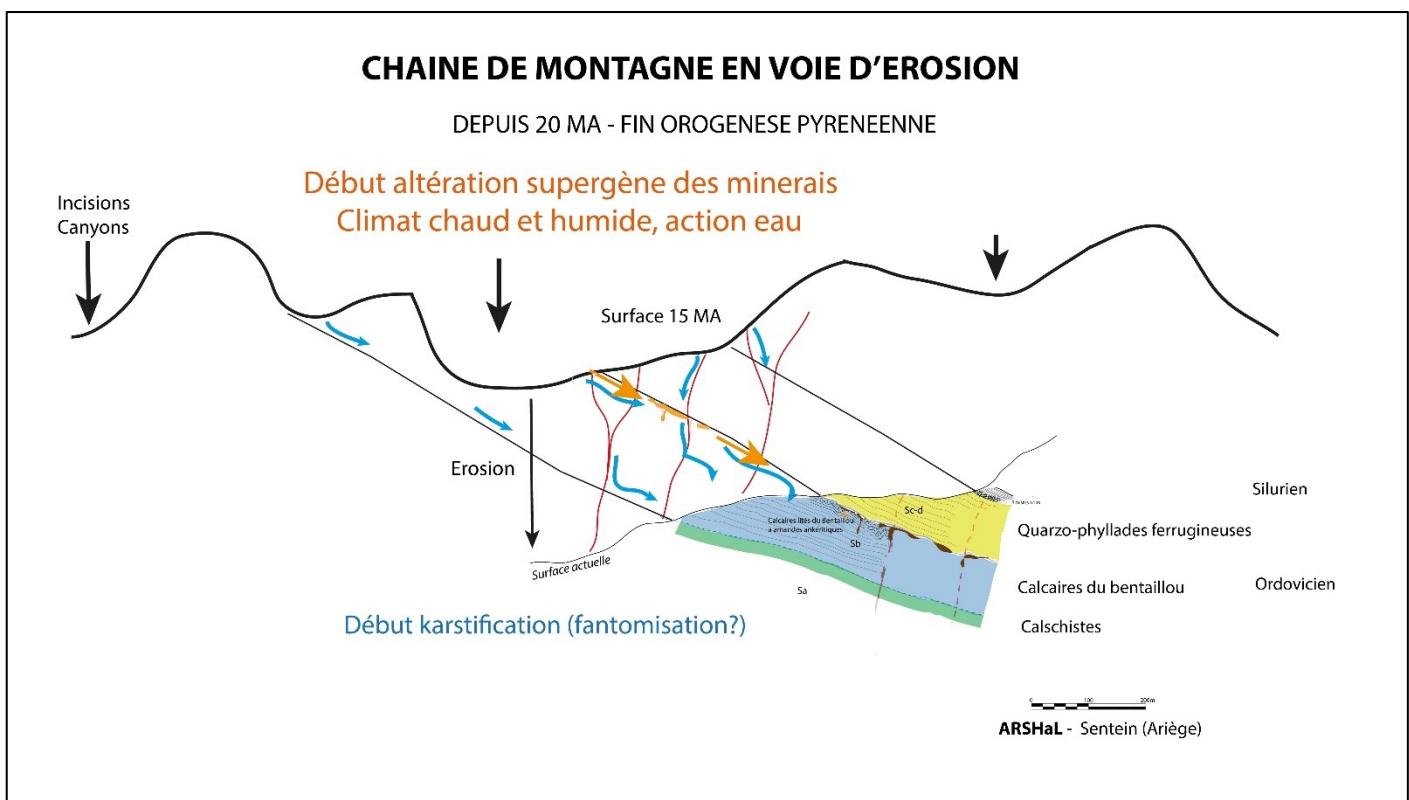


Figure 94 Schéma phase d'érosion de la chaîne depuis 20 MA

7.3 PYRENEES KARSTIQUES

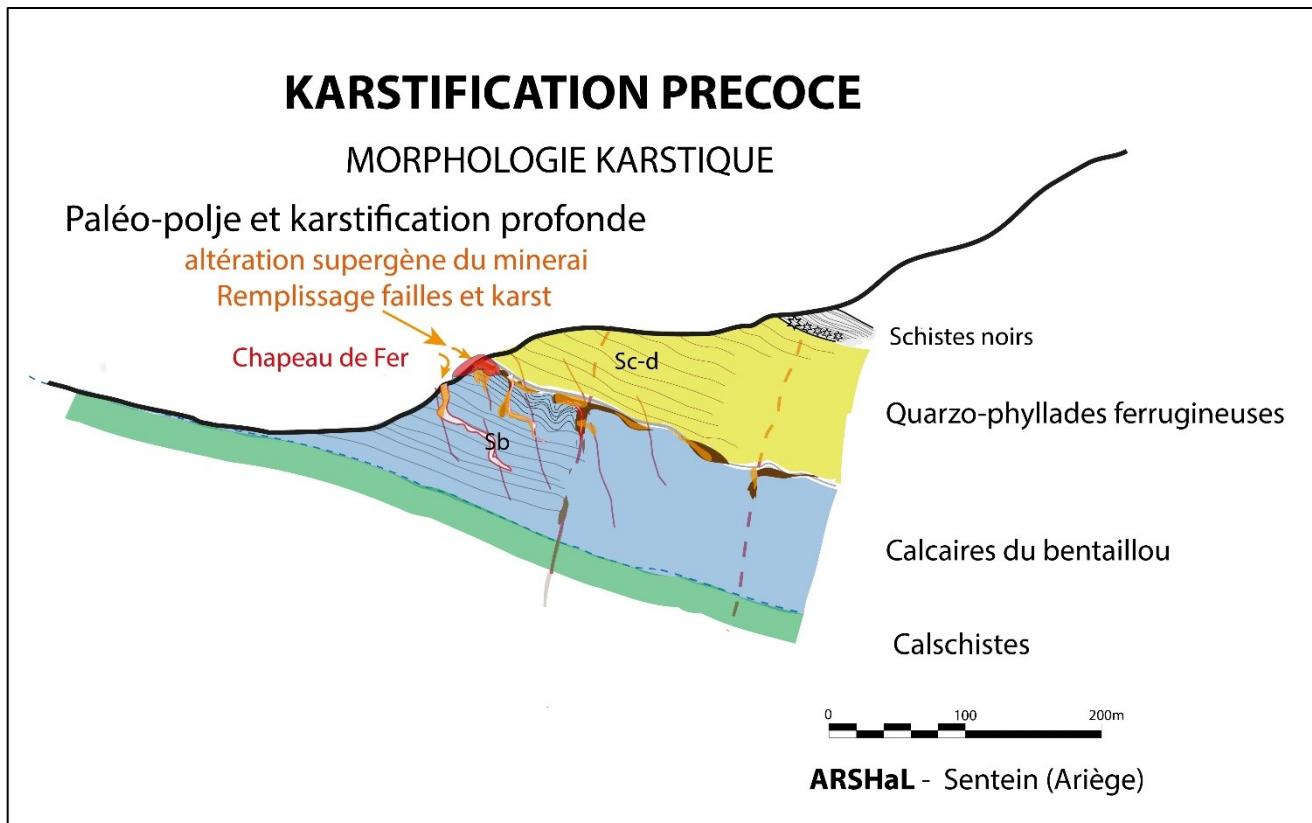


Figure 95 Schéma de la phase de karstification précoce

7.4 PYRENEES GLACIAIRES

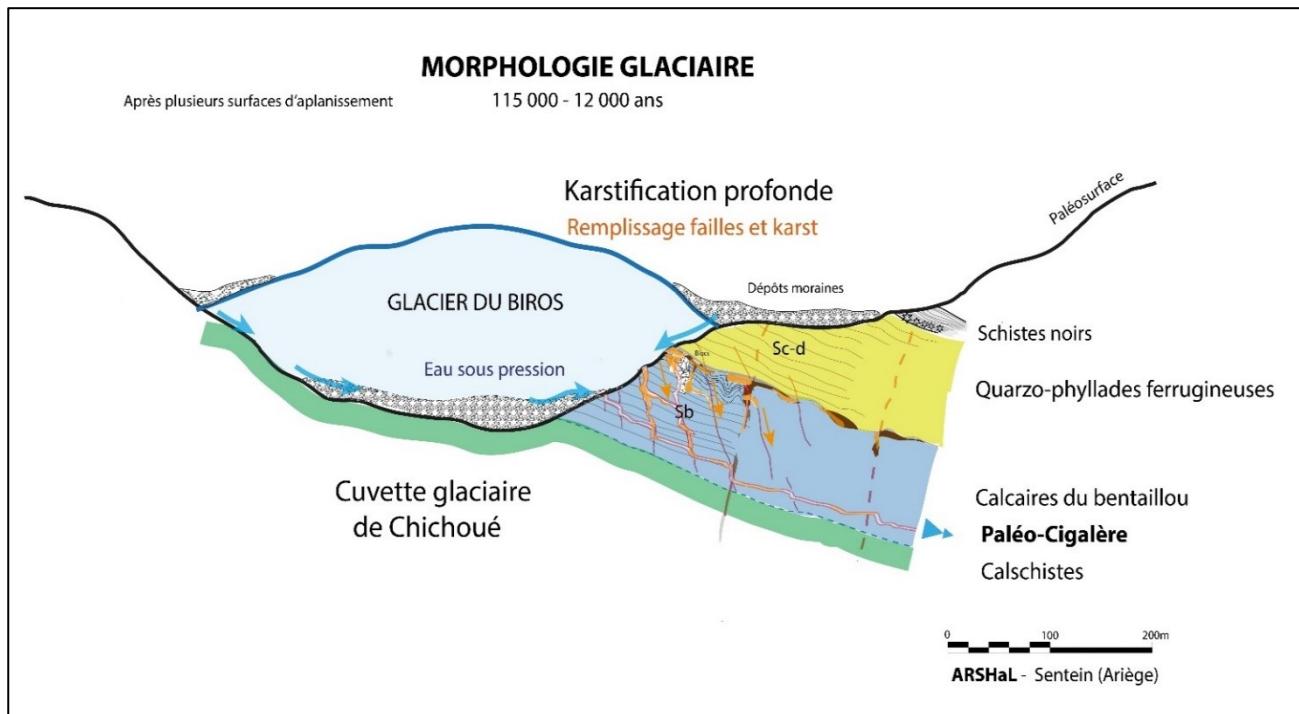


Figure 96 Schéma de la phase de glaciation

7.5 KARSTIFICATION ACTUELLE

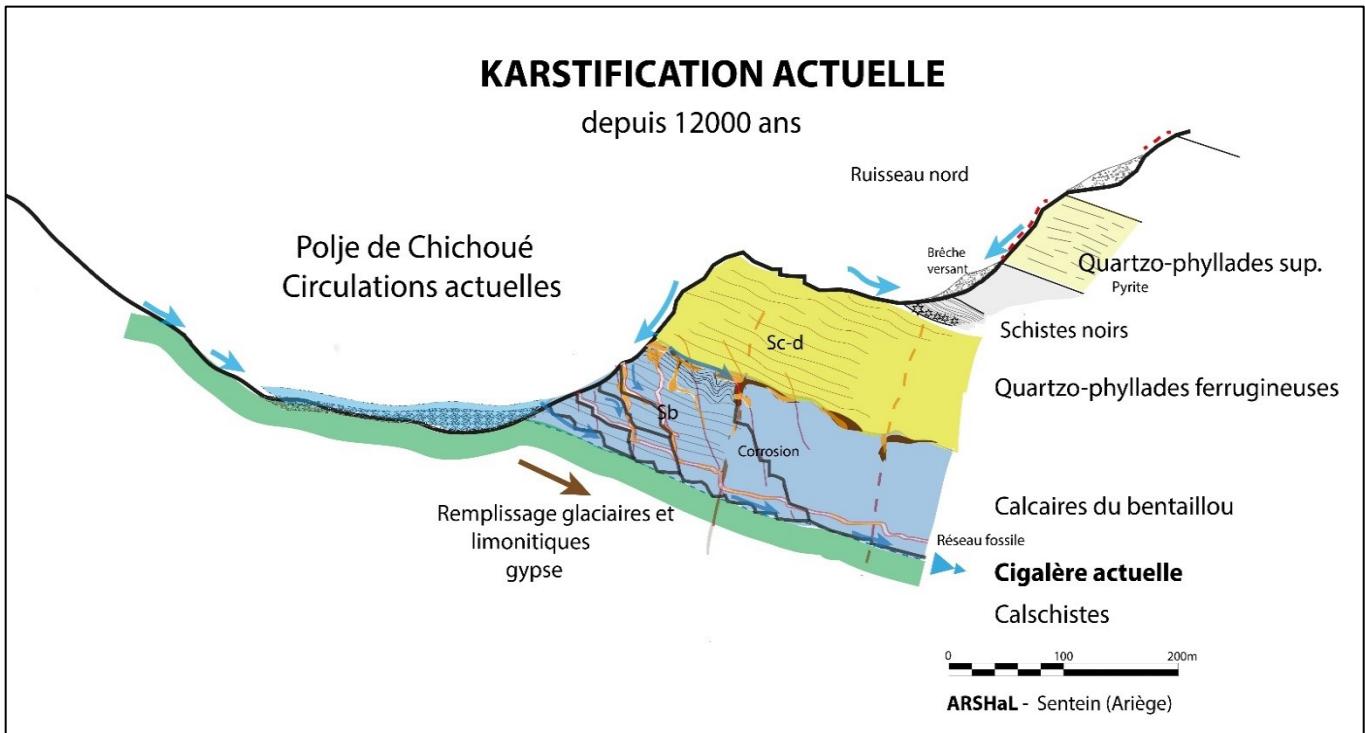


Figure 97 Schéma de la karstification actuelle





ARSHAL