

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

District minier de Chessy
-
Commune de Chessy (69)
-
Révision de la cartographie des aléas miniers

RAPPORT 2019/288DE – 19RHA36010

Date : 08/04/2020

District minier de Chessy
-
Commune de Chessy (69)
-
Révision de la cartographie des aléas miniers

RAPPORT 2019/288DE – 19RHA36010

Diffusion :

Pôle Après-mine Sud

DREAL Auvergne – Rhône-Alpes

GEODERIS

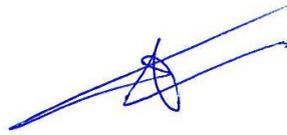
GEODERIS SUD

Philippe CHOQUET
Marie Hélène BOUISSAC

Carole CHRISTOPHE

Rafik HADADOU

Olivier LEFEBVRE

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

SOMMAIRE

1	Cadre et objectif	3
2	Définitions et méthodologie.....	4
2.1	Définitions de l'aléa et du risque	4
2.2	Incertitudes cartographiques.....	5
2.3	Méthodologie mise en œuvre.....	5
2.4	Travaux réalisés et démarche adoptée	6
3	Synthèse informative	6
4	Phase d'évaluation des aléas	8
4.1	Aléas écartés	8
4.1.1	L'effondrement généralisé.....	8
4.1.2	L'affaissement.....	9
4.1.3	L'échauffement sur travaux souterrains ou dépôts	9
4.1.4	L'inondation.....	9
4.1.5	Gaz de mine.....	9
4.2	Aléas retenus.....	10
4.2.1	Aléa effondrement localisé	10
4.3	Aléas non évalués.....	10
4.3.1	Pollution des eaux et des sols.....	10
4.3.2	Aléas mouvements de pente	10
4.3.3	Aléa tassement	11
4.3.4	Rayonnement ionisant	11
4.4	Evaluation des aléas	11
4.4.1	Description du phénomène	12
4.4.2	Zone d'altération superficielle.....	13
4.4.3	Effondrement localisé lié aux puits	14
4.4.4	Effondrement localisé lié aux galeries isolées	15
5	Cartographie des aléas.....	20
5.1	Effondrement localisé lié aux puits.....	20
5.2	Effondrement localisé lié aux galeries et aux zones de travaux souterrains	21
6	Conclusion.....	22

Mots clés : aléa ; Rhône ; Chessy ; La Ronze ; effondrement localisé ; cuivre ;

Préambule

L'historique administratif des titres miniers synthétisé dans ce rapport à partir des documents d'archives à disposition est donné à titre indicatif. Cet historique relève de la compétence de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

Au fil du texte, les lettres entre crochets [A] correspondent à des références bibliographiques détaillées en fin de rapport.

1 CADRE ET OBJECTIF

Exploitée déjà au temps des romains, la mine de Chessy a connu une période d'activité importante au XV^{ème} siècle, avec la « mine jaune » de Jacques Coeur. Elle fut de nouveau exploitée activement à partir du XVII^{ème} siècle, jusqu'en 1840, date à laquelle la « mine bleue » a été épuisée. Des travaux de recherche ont été poursuivis jusque vers 1910. Au total, on estime que près de 20 000 tonnes de cuivre ont été extraits des différents minerais.

En 2003, dans le cadre de la prévention des risques miniers, conformément à la loi du 30 mars 1999 et au Décret du 16 juin 2000, la DRIRE (aujourd'hui DREAL) de Rhône-Alpes, par l'intermédiaire du Pôle de Compétence Après-Mine Sud, a sollicité GEODERIS pour l'évaluation des aléas miniers résiduels des concessions de Chessy (n° BDSTM¹ 69SM0004), de la Ronze (n°BDSTM 69SM0016) (cf. Figure 1). Une synthèse informative puis une étude des aléas ont été respectivement produites en 2004 et 2005 (cf. [A]² et [B]). En 2013, une révision des cartes informatives et d'aléas a été produite suite à l'ajout du puits dit « Isolé Secteur Nord » et de portions de galeries situées entre 25 et 50 m de profondeur.

Plusieurs types d'aléas mouvements de terrain et environnementaux ont été retenus dans le cadre de cette étude. L'aléa lié aux phénomènes d'effondrements localisés sur travaux souterrains et sur puits a été évalué à des niveaux faible et moyen. Des aléas environnementaux (contamination des eaux de surface et souterraines et des sols) ont également été retenus à des niveaux variant de faible à fort.

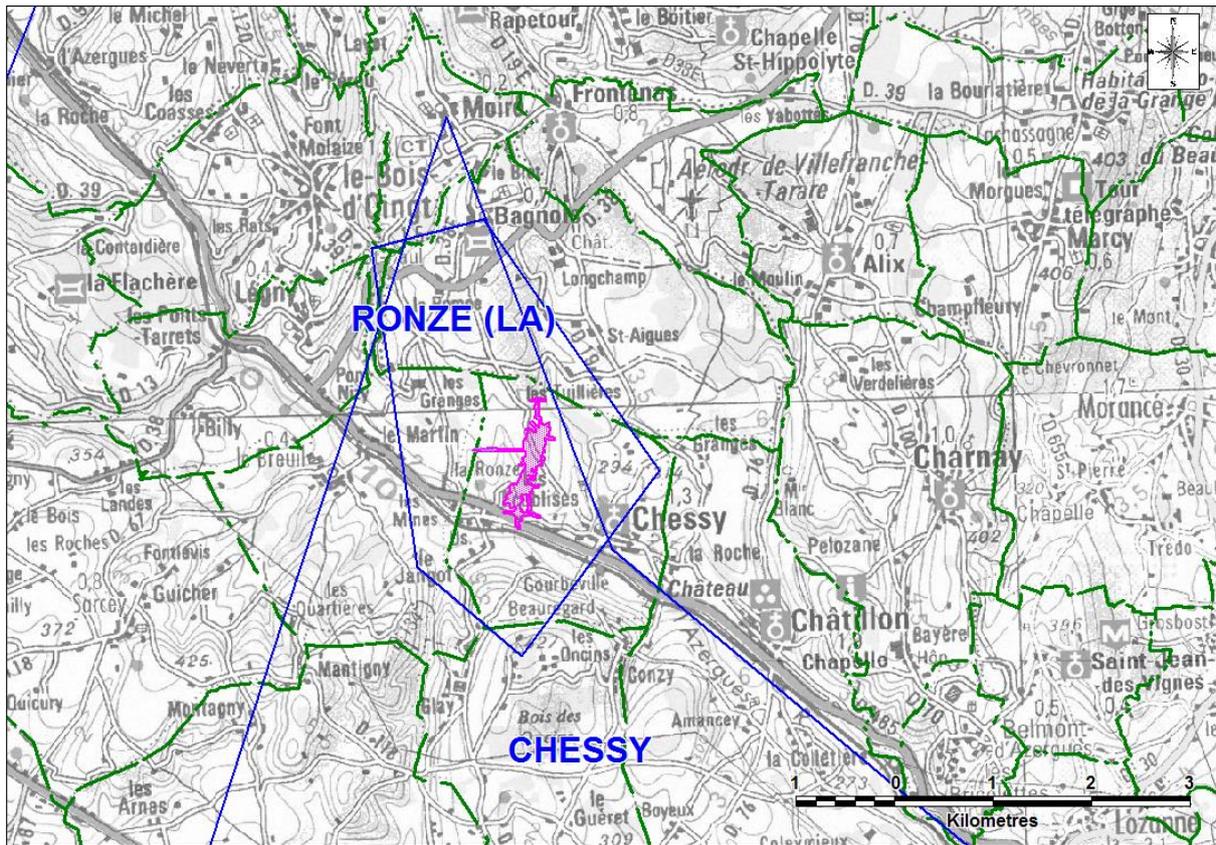
Entre temps, des études environnementales ont été prescrites à l'exploitant BRGM sur la concession de La Ronze compte tenu que les installations concernées (dépôts, bassins et eaux) faisaient l'objet de procédures au titre d'installations classées. Par ailleurs, depuis l'étude des aléas, plusieurs guides méthodologiques, validés par l'administration et conformes aux textes réglementaires, ont été produits (cf. [B] à [G]). Ces éléments ont donc incité la DREAL Auvergne – Rhône-Alpes à demander à GEODERIS d'inscrire dans son programme de travail la révision de l'étude des aléas conformément aux guides en vigueur et en y excluant les aléas environnementaux. L'impact environnemental lié aux anciennes exploitations minières est en effet pris en compte dans le cadre de la mise en œuvre de l'inventaire des déchets issus de l'industrie extractive réalisé sur l'ensemble du territoire métropolitain en application de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE (inventaire dit « DDIE »). Dans ce cadre, le site a été pris en compte (cf. [C]), et aucune étude environnementale complémentaire n'a été programmée compte tenu de la prise en charge du site par l'exploitant BRGM.

L'objectif de ce rapport est de formaliser ce travail ainsi que la révision de l'étude des aléas. Il conduit à une mise à jour de la carte d'aléas liés aux anciennes exploitations minières. Pour le rendu final de cette carte, nous utilisons des fonds topographiques ou photographiques géoréférencés (Scan 25[®] IGN et BD Ortho[®] IGN, PVA³ de 2008).

¹ Base de Données des Sites et Titres Miniers de Geoderis

² Références en fin de document, chapitre bibliographie.

³ Prise de Vue Aérienne



**Figure 1 : Localisation générale des travaux miniers sur la commune de Chassy (69) –
Fond SCAN100 IGN**
(en rose : emprise des travaux miniers souterrains ; bleue : limite de concession ; en vert : limite de commune)

2 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

2.1 Définitions de l'aléa et du risque

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

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

Tableau 1 : Grille de croisement intensité/prédisposition aboutissant aux niveaux d'aléa (cf. [G])

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

- que les zones concernées par l' « aléa fort » sont davantage prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones d'« aléa moyen » ou d'« aléa faible » ;
et/ou,
- que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d' « aléa fort » sont d'un niveau plus élevé que dans les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible ».

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

2.2 Incertitudes cartographiques

La première étape de l'étude d'aléa, appelée « phase informative » consiste entre autre, à positionner sur fond cartographique, les anciens travaux et autres éléments utiles (ouvrages débouchant au jour, indices de désordres, dépôts de surface) dans leur environnement.

Le positionnement des travaux miniers, des ouvrages et désordres qui n'ont pas été retrouvés sur le terrain est affecté d'une incertitude globale pouvant être décomposée de la manière suivante :

- Incertitude de localisation de l'ouvrage minier : elle dépend des éléments ayant mené à son positionnement. Si les ouvrages relevés sur le terrain au DGPS se voient attribuer une très faible incertitude (de quelques décimètres à quelques mètres), ceux dont la position est tirée d'anciens plans portant peu de points de repère se voient attribuer l'incertitude de ces plans.
- Incertitude liée à la reproduction du plan : par exemple, photographier un plan provoquera une incertitude plus grande que de le scanner.
- Incertitude liée à l'opération de géoréférencement du plan : elle dépend principalement de l'incertitude des points de repère utilisés pour son calage.
- Incertitude liée au choix du support cartographique : le support cartographique, la BD Ortho® de l'IGN dans le cas présent, de par sa précision est lui-même vecteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est estimée à 3 m pour la BD Ortho® de l'IGN.

Ces incertitudes sont incluses dans les **marges** prises en compte pour la cartographie des travaux miniers et des aléas. En effet, la cartographie de l'aléa lié à un élément minier intègre l'extension du phénomène ainsi que l'incertitude globale décomposée ci-dessus.

2.3 Méthodologie mise en œuvre

Les différentes investigations ont été réalisées dans le cadre méthodologique retenu pour les études des anciens sites miniers, conformément aux textes réglementaires. Le déroulement de l'étude des aléas s'appuie donc sur la démarche établie dans le guide méthodologique d'évaluation des aléas [F]. Il est rappelé que la réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- **Une phase informative**, présente la synthèse des données minières, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres...), l'ensemble s'appuyant sur une enquête de terrain. Le produit de cette phase est une carte informative, positionnant les différents éléments sur la BD Ortho® de l'IGN.
- **Une phase d'évaluation et de cartographie de l'aléa**. Sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes potentiellement envisageables, compte tenu de la nature des travaux, sont étudiés et évalués à la lumière des paramètres spécifiques au site. Enfin, l'enveloppe des zones affectées par les différents aléas est reportée sur fond cartographique.

2.4 Travaux réalisés et démarche adoptée

L'étude est basée sur une visite du site ainsi que sur des recherches d'archives (Archives Départementales, Archives de la DREAL, Mairie, archives du BRGM).

Les recherches sur le terrain ont eu pour objet :

- d'observer la nature et l'état des ouvrages débouchant en surface (galeries et puits), localisés après calage de plans ou indices visibles sur le terrain ;
- d'observer et de caractériser les désordres de surface récents ou anciens correspondant à des effondrements localisés déjà connus ou non ;
- d'observer la nature et l'état des dépôts miniers résiduels ainsi que les éventuels désordres sur ces derniers.

3 SYNTHÈSE INFORMATIVE

Cette synthèse s'appuie sur le rapport de phase informative (cf. [A]) figurant en annexe 1 du présent document.

La région de Chessy appartient à la partie méridionale du Beaujolais située à environ 25 km au nord-ouest de Lyon. Le gisement sulfuré polymétallique de Chessy, globalement orienté NE-SW et au pendage moyen de 30° à 40° vers le SE, s'inscrit dans une séquence volcano-sédimentaire d'âge paléozoïque (cf. Figure 2). Les premiers horizons minéralisés (mines « jaune » et « noire »), constitués principalement d'amas de sulfures (pyrite) et de barytine, se situent au sein d'unités volcaniques acides (rhyolites). Le principal corps minéralisé se localise en partie inférieure et la formation dite « Saint-Antoine », se situe en partie supérieure. Au-dessous (mur géologique), un nouveau cycle éruptif, comportant des corps de lave de composition chimique basaltique, constitue l'unité volcanique basique. Des formations sédimentaires mésozoïques reposent en discordance sur les terrains paléozoïques. Elles débutent par les grès du Trias, surmontés par les calcaires, argiles et marnes du Jurassique inférieur et moyen. Les anciens ont exploité des minéralisations carbonatées cuprifères inscrites dans les formations gréseuses triasiques (mine « bleue »).

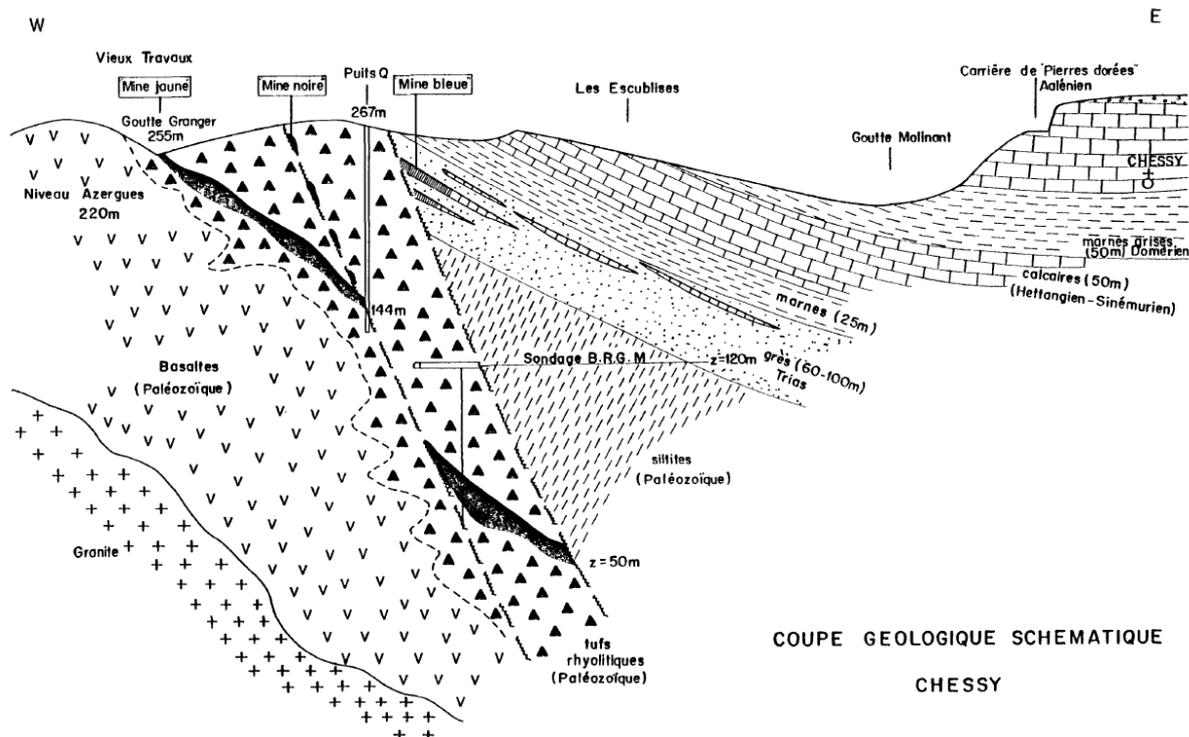


Figure 2 : coupe géologique schématique du gisement de Chessy (cf. [1])

Sur le secteur d'étude, la plus ancienne mention aux travaux miniers remonte à 1414, sous le roi Charles V. La concession de Chessy a été instituée en septembre 1798 et renoncée en avril 1938. Pendant cette période, différents minerais ont été exploités au sein de la mine jaune (pyrite, chalcopryrite..), de la mine noire et de la mine rouge (cuprite, cuivre natif...) et de la mine bleue (azurite). La mine a été exploitée pour le cuivre, mais également pour la production d'acide sulfurique. L'exploitation a cessé en 1877, Le Groupe Saint Gobain était alors copropriétaire de la mine.

Par décret du 3 janvier 1983, le Permis Exclusif de Recherches (PER) du Breuil est accordé au Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM). Sa validité a été prolongée jusqu'au 9 janvier 1989. Pendant cette période, seules des activités de recherche ont été menées (descenderies, traçages, sondages). La concession de la Ronze (plomb, zinc, cuivre, or, argent, pyrite et substances connexes) est alors attribuée au BRGM le 29 juillet 1988 pour une durée de 50 ans. Le 26 septembre 1991, celle-ci est amodiée au profit de la Société Minière de Chessy. La chute des cours ne permet pas l'exploitation du gisement mis en évidence. Les travaux miniers ne concernent que la commune de Chessy.

La production totale de cuivre de la mine de Chessy est estimée à 20 000 t environ. On ne connaît que peu de choses sur les méthodes d'exploitation anciennes. Les filons cuivreux, étant disséminés dans une masse pyriteuse ou se présentant sous forme de stockwerk⁴, conduisent à adopter une exploitation fluctuante par gradins tantôt montants tantôt descendants, jusqu'à 70 m de profondeur (ponctuellement au-delà). Pour les travaux de recherches du BRGM, les linéaires et tailles de galeries sont par contre connus. Ils sont constitués de 1 274 m de descenderies à 18 % et 1 265 m de traçages et recoupes qui atteignent 120 m de profondeur.

⁴ Type de minéralisation se présentant sous la forme d'un réseau très densifié de petits filons

Au total, 37 ouvrages débouchant au jour (1 descenderie, 6 galeries et 30 puits) ont été recensés sur le site. Parmi ces ouvrages, trois ont été matérialisés sur le terrain. Il s'agit :

- du Puits 14, matérialisé par une dépression en tête de 2 m de diamètre (seul désordre observé sur l'ensemble du site de Chessy) ;
- du puits de la Grande Machine foncé antérieurement à 1855 et équipé d'une machine à vapeur assurant l'« épuration » des eaux ;
- de la descenderie BRGM dont les 30 premiers mètres sont remblayés.

Les autres ont été localisés à partir des plans de mines.

En ce qui concerne les dépôts, la phase informative recense plusieurs secteurs de dépôts constitués des :

- Stériles et déblais ;
- Bassins de décantation ;
- Résidus de neutralisation ;
- Stocks de pyrite grillée.

L'inventaire national des dépôts, réalisé dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE), a été mené en 2012 (cf. [C]). A ce jour, aucune étude environnementale n'est programmée sur le site de Chessy dont cet aspect a été pris en charge par l'exploitant (BRGM). Les études produites ont en particulier porté sur la mise en sécurité des dépôts et sur la gestion des eaux acides issues des travaux miniers ou du ruissellement sur les matériaux résiduels laissés en surface. Les procédures administratives avec l'exploitant (BRGM) sont en cours de définition.

L'ensemble des éléments informatifs a été replacé sur la carte informative établie sur fond BD ORTHO® IGN (PVA⁵ de 2008) en 2013 et à nouveau jointe en annexe 2. Cette cartographie intègre l'incertitude de positionnement des travaux miniers souterrains et des ouvrages non visibles qui est liée aux précisions des plans et du calage sur le fond topographique utilisé. Sa valeur a été retenue à **15 m**. Pour les ouvrages matérialisées, elle réduite à **5 m**.

4 PHASE D'EVALUATION DES ALEAS

Les informations synthétisées dans la phase informative permettent d'identifier les différents aléas miniers qui sont retenus comme pertinents pour la deuxième phase de l'étude (analyse détaillée des aléas) et ceux qui peuvent être raisonnablement écartés. Les aléas retenus sont par la suite évalués selon les guides méthodologiques en vigueur (cf. [D], [E], [F] et [G]).

4.1 Aléas écartés

4.1.1 L'effondrement généralisé

Un effondrement généralisé correspond à un abaissement brutal de la surface qui se traduit par une rupture franche des terrains. On parle d'effondrement en masse ou généralisé lorsqu'il concerne une zone étendue en surface (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension).

⁵ Prise de Vue Aérienne

Ce type d'effondrement se produit dans des exploitations partielles (chambres et piliers abandonnés) ayant laissé des vides résiduels conséquents et dont l'extension latérale est suffisante (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension), dans des gisements en plateaux ou faiblement pentés.

Sur les sites étudiés, les exploitations ont été menées sur un gisement sub-vertical par des méthodes en gradins incompatible avec le phénomène d'effondrement généralisé. L'aléa effondrement généralisé est donc écarté pour les sites étudiés.

4.1.2 L'affaissement

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par la rupture de quartiers miniers souterrains. Ce type de manifestation concerne souvent les exploitations menées à grande profondeur et sur des extensions horizontales importantes. Les désordres en surface, généralement lents et progressifs, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, sans rupture cassante importante. Ce phénomène est limité dans le temps (quelques années) lorsqu'il est volontairement provoqué par la méthode d'exploitation. En revanche, les désordres peuvent se produire plusieurs années ou décennies après la fermeture des mines lorsque l'exploitation est « partielle » (présence de piliers ou de massifs de maintien de l'édifice souterrain qui peuvent se dégrader avec le temps).

A l'image de l'effondrement généralisé, l'aléa « affaissement » n'est pas retenu sur les travaux d'exploitation des sites étudiés dont la configuration géométrique est incompatible avec ce type de phénomène.

4.1.3 L'échauffement sur travaux souterrains ou dépôts

Dans le cas de figure de la mine de Chessy, il s'agit d'échauffements potentiels liés à la réaction exothermique d'oxydation de la pyrite. Les formations géologiques (volcaniques) exploitées et excavées sur le site minier étudié ne sont pas susceptibles d'entrer en combustion en l'absence de matière organique (pas de houille dans les formations géologiques concernées). Aucun cas d'échauffement n'a été relaté et cet aléa n'est pas jugé pertinent.

4.1.4 L'inondation

Les éléments décrits au paragraphe relatif à l'hydrogéologie dans le rapport de phase informative (cf. annexe 1) permettent de conclure à la stabilité des eaux suite à l'ennoyage partiel ou total des travaux. L'aléa inondation est donc écarté sur l'ensemble des sites étudiés.

4.1.5 Gaz de mine

Les archives consultées ne mentionnent pas de problème de gaz de mine lors des exploitations. Ce type de gisement ne génère pas, a priori, de problèmes particuliers liés au gaz de mine. Par ailleurs, l'ensemble des ouvrages débouchant au jour sont obturés. L'aléa « gaz de mine » n'est donc pas pertinent sur les exploitations du site étudié.

Néanmoins, comme toute cavité souterraine non ventilée, les travaux miniers sont susceptibles de contenir de l'air désoxygéné ou du dioxyde de carbone à des teneurs pouvant présenter un risque par exemple en cas de pénétration dans les travaux miniers.

4.2 Aléas retenus

4.2.1 Aléa effondrement localisé

Un « effondrement localisé » se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale (diamètre) varie généralement de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains.

Les effondrements localisés peuvent se produire à l'aplomb de deux types de travaux miniers :

Les puits

L'effondrement localisé est généré par le débouffrage des remblais au sein de la colonne du puits et/ou la rupture de la tête de puits. Cet aléa est à évaluer pour les puits.

Les galeries isolées et/ou les zones de travaux situées à faible profondeur

Sur le secteur étudié, des travaux ont été réalisés à faible profondeur.

D'une part, les galeries, creusées depuis la surface dans le but d'accéder au gisement, peuvent entraîner, lorsqu'elles se situent à faible profondeur, un phénomène d'effondrement localisé. Cet aléa est donc à évaluer pour cette configuration.

D'autre part, l'exploitation a été menée à très faible profondeur. Aucune archive disponible ne mentionne clairement le remblayage complet de ces exploitations. Cet aléa est donc à évaluer pour cette configuration.

4.3 Aléas non évalués

4.3.1 Pollution des eaux et des sols

Sur le site de Chessy, les études environnementales ont été réalisées par l'exploitant BRGM à la demande des services de l'Etat. L'impact environnemental lié aux anciennes exploitations minières est par ailleurs pris en compte dans le cadre de la mise en œuvre de l'inventaire des déchets issus de l'industrie extractive réalisé sur l'ensemble du territoire métropolitain en application de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE (inventaire dit « DDIE »). Dans ce cadre, le site a été pris en compte (cf. [C]), et aucune étude environnementale complémentaire n'a été programmée compte tenu de la prise en charge du site par le BRGM.

4.3.2 Aléas mouvements de pente

Les instabilités de pente constituent le type de désordres le plus couramment observé sur les ouvrages de dépôts ou versants, édifiés ou creusés avec ou dans des matériaux meubles (roche très altérée, sol, remblai anthropique, résidus) ou rocheux. Ces instabilités

regroupent deux types de phénomènes distincts selon la nature géotechnique des édifices concernés, à savoir, « l'éboulement » (ou « écroulement ») pour les matériaux rocheux en place et « le(s) glissement(s) » pour les matériaux « meubles ».

Dans le cas présent, aucune exploitation à ciel ouvert n'a été recensée. Ainsi, l'aléa éboulement lié à la présence de fronts rocheux laissés par ce type d'exploitation n'est pas retenu sur le site étudié.

La gestion des dépôts a été assurée par l'exploitant BRGM dans le cadre de ses études environnementales. Pour cette raison, l'aléa de type « glissement » n'est pas évalué sur les dépôts.

4.3.3 Aléa tassement

Le phénomène de tassement correspond à un mécanisme bien connu en géotechnique. Il se manifeste par la réduction de volume d'une couche de matériaux, du fait notamment d'une diminution de sa porosité.

Dans le cadre de l'après-mine, on parle de tassement lorsque les mouvements du sol ne résultent pas de l'extraction du minerai mais s'expliquent par la compaction d'un massif meuble (amas de matériaux granulaires), sous l'action de perturbations extérieures (applications de surcharge en surface, mouvements de nappes au sein des terrains concernés, sollicitations vibratoires...), ou sous l'effet de leur propre poids, les terrains qui présentent une forte porosité peuvent ainsi être amenés à se tasser.

Pour les mêmes raisons que pour l'aléa « glissement », l'aléa tassement lié aux dépôts n'est pas évalué.

4.3.4 Rayonnement ionisant

L'aléa lié aux émissions de rayonnements ionisants n'a pas été évalué. On notera que cet aléa n'est pas spécifiquement minier dans le cas présent compte tenu de la substance exploitée (pas d'exploitation de minerai d'uranium par exemple). L'évaluation de l'aléa émission de rayonnements ionisants n'entre pas par ailleurs dans le cadre des missions de GEODERIS.

4.4 Evaluation des aléas

Les éléments informatifs ont conduit à ne retenir que le phénomène **d'effondrement localisé** pour l'évaluation des aléas.

Pour rappel, l'aléa résulte du croisement de la prédisposition d'un site donné à l'apparition du phénomène redouté avec son intensité.

En 2005, l'étude des aléas avait retenu pour le phénomène d'effondrement localisé un niveau :

- moyen pour l'ensemble des puits ;
- moyen pour les travaux situés à moins de 25 m de profondeur ;
- faible pour les travaux situés entre 25 et 50 m de profondeur.

A ce jour, l'application des guides méthodologiques en vigueur conduit à réviser l'aléa effondrement localisé tant en termes de niveaux que de cartographie.

4.4.1 Description du phénomène

Un effondrement localisé correspond à une rupture des terrains qui ne concerne qu'une zone d'extension limitée à quelques mètres en surface. L'apparition des effondrements localisés en surface est brutale et n'est généralement pas accompagnée d'indices précurseurs visibles.

Le phénomène d'effondrement localisé est causé par l'instabilité locale d'une cavité souterraine. Cette instabilité peut se propager au travers des couches situées au-dessus et créer de cette manière un cratère en surface. Les matériaux impliqués sont donc déplacés et déstructurés de manière importante. La Figure 3 schématise les processus possibles à l'origine de ce type de phénomène. **A noter sur cette illustration que le mécanisme de rupture de pilier couronne ne concerne que les exploitations en dressant à savoir celle qui présentent un pendage supérieure à 50° - 55°, ce qui n'est pas le cas de la mine de Chessy.**

La vitesse de propagation de l'effondrement souterrain peut varier en fonction de plusieurs facteurs. Pour analyser la progression du phénomène et surtout son apparition en surface, deux conditions doivent être analysées :

- la stabilité des cavités qui se créent au cours de la progression du phénomène ;
- la possibilité d'un autocomblement de la cavité du fait de l'augmentation de volume des matériaux entre leur état « en place » et leur état « effondré ». Ce phénomène d'augmentation de volume est aussi appelé foisonnement.

En général, pour la majorité des massifs, l'altération et la fracturation augmentent lorsqu'on se rapproche de la surface. La stabilité d'une excavation de dimension équivalente est donc souvent moindre lorsqu'on se rapproche de la surface. Toutefois, la présence de couches compétentes ou ayant des propriétés spécifiques peut stopper la propagation de l'effondrement.

Le foisonnement des matériaux géologiques est un phénomène connu. Il n'est cependant pas mesuré de manière systématique et il n'existe aucun standard reconnu pour sa détermination. Le phénomène d'auto-comblement est donc difficile à évaluer de manière rigoureuse, mais on admet le plus souvent que la probabilité d'apparition d'un fontis en surface diminue (à cavité de dimension égale) avec la profondeur de la cavité. Pour les galeries isolées de dimensions habituelles (de 6 à 12 m² de section), les retours d'expérience permettent d'affiner la limite d'apparition du fontis en surface, qui se situe autour de 50 m de profondeur pour la cavité initiale. En revanche, des cavités de plus grandes dimensions comme des chantiers non remblayés par exemple, peuvent créer des fontis même si elles sont situées à plus grandes profondeurs.

S'il existe des approches basées sur l'évaluation naturaliste des coefficients de foisonnement, elles doivent également s'appuyer sur l'observation d'un nombre suffisant d'instabilités, survenues dans les mêmes conditions géomécaniques pour pouvoir être validées.

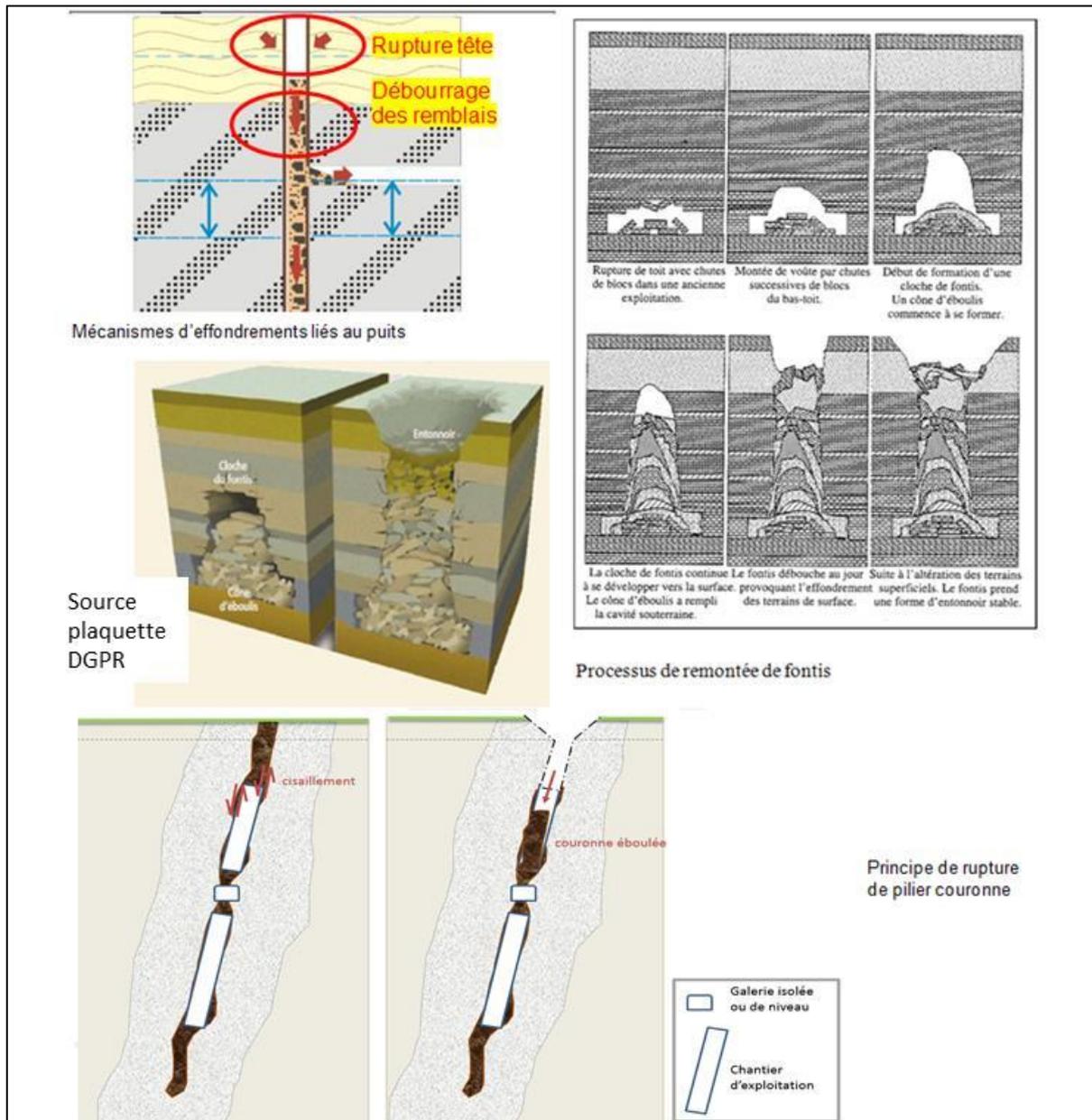


Figure 3 : Schématisations des trois processus à l'origine des effondrements localisés

4.4.2 Zone d'altération superficielle

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains de très faible cohésion et donc facilement mobilisables, susceptibles d'être immédiatement affectés par une instabilité.

L'épaisseur de la zone d'altération superficielle est un paramètre déterminant pour les dimensions des désordres potentiels, elle est donc importante pour l'estimation de l'intensité du phénomène d'effondrement localisé.

En l'absence de données locales sur l'altération superficielle et compte tenu du contexte géologique (formations volcaniques à faible capacité d'altération), une épaisseur forfaitaire de terrains altérés de surface de 5 m est retenue dont la partie non cohésive rapidement mobilisable en cas d'effondrement est estimée au maximum à **1,5 m**.

4.4.3 Effondrement localisé lié aux puits

Evaluation de la prédisposition :

La phase informative a permis de répertorié 30 puits. Les éléments informatifs disponibles recensent très peu d'informations sur les puits. Selon l'interprétation des plans de mines, tous ces ouvrages présentent une profondeur inférieure à 100 m, à l'exception du Nouveau puits (Puits Q) qui atteint 156 m de profondeur. Les puits ont été a priori traités par comblement. Néanmoins en l'absence de données sur les modalités précises de leur remblayage, les observations de terrain permettent de ne peut pas exclure l'apparition d'effondrements localisés suite à des débousses des remblais dans les vieux travaux par exemple. C'est en effet, le cas du puits 14 qui a déjà été rechargé dans le passé par le BRGM et qui est susceptible de continuer à montrer des signes d'évolution.

Compte tenu de ces éléments, la prédisposition à l'effondrement localisé lié au puits est évaluée à un niveau sensible (profondeur moyenne, modalités de comblement inconnues, plusieurs niveaux de connexions aux travaux souterrains augmentant la possibilité d'écoulement de remblais).

Evaluation de l'intensité :

L'intensité d'un effondrement localisé lié à un puits correspond au diamètre du cratère d'effondrement attendu. Il est tributaire de la géométrie de l'ouvrage et de la nature des terrains de surface. D'une manière générale, le phénomène redouté en surface aura une intensité plus importante si le puits a un grand diamètre.

Le diamètre maximal des ouvrages n'est pas connu mais est estimé à 2 m au maximum compte tenu de l'ancienneté des travaux. En considérant l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface de 2 m, une intensité limitée est retenue (diamètre de l'effondrement inférieur à 5 m, cf. Tableau 2).

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

Tableau 2 : Classes d'intensité relatives aux effondrements localisés (cf. [G])

Evaluation du niveau de l'aléa :

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, le niveau d'aléa effondrement localisé est qualifié de faible pour l'ensemble des puits du site de Chessy.

4.4.4 Effondrement localisé lié aux galeries isolées

Phénomènes redoutés :

L'effondrement localisé lié aux galeries isolées peu profondes est causé principalement par l'éboulement de la voûte.

Lorsque la montée de voûte, initiée par la rupture du toit, ne se stabilise pas mécaniquement du fait de la présence de bancs massifs au sein du recouvrement, elle se propage progressivement vers la surface. Si l'espace disponible au sein de la galerie est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés⁶ puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par « auto-comblement », la voûte peut atteindre la surface et y engendrer un effondrement localisé (ou fontis) dont l'extension varie de quelques mètres à une dizaine de mètres.

Evaluation de la prédisposition :

Pour évaluer la prédisposition d'apparition du phénomène d'effondrement localisé sur galerie isolée, il convient de prendre en compte les facteurs suivants :

- la présence de vides à faible profondeur au sein des travaux miniers ;
- les caractéristiques des galeries (pendages, dimensions...) ;
- la nature de l'encaissant et du recouvrement (nature, fracturation ...) ;
- les phénomènes déjà observés en surface.

Sur l'ensemble du site étudié, les galeries isolées creusées quasi horizontalement depuis la surface ou en descenderie à l'inclinaison faible (18 % soit 10° pour la descenderie BRGM).

Les dimensions des galeries ont été considérées dans le cadre de l'étude des aléas de 2005, selon :

- une hauteur de 1,8 m et une largeur de 1,5 m pour la galerie d'écoulement (valeurs estimées sur la base des données disponibles) ;
- une section de 2,5 m x 2,5 m. Ces dimensions sont retenues pour des galeries d'exploitation (voies de roulage) des principaux niveaux ou potentiellement laissées en tête d'exploitation (cf. remarque ci-après) ;
- une hauteur de 3 m et une hauteur de 4 m pour la descenderie BRGM dont seule la section est connue (11 m²).

Remarque : Sur le site étudié, il est supposé que les dépilages ont été remblayés au moins en partie à l'aide des produits de scheidage (tri manuel) du minerai. En revanche, le retour d'expérience sur les exploitations anciennes filoniennes, tel que celui des mines étudiées, montre que le remblayage, réalisé manuellement, n'était pas systématique pour la dernière tranche de minerai prise au sommet du chantier sous la couronne appelée « voie de tête ». Cette voie de tête était généralement laissée vide pour assurer la sortie du minerai abattu et des mineurs. Il est considéré que les dimensions de cette voie de tête sont identiques à celle des voies de roulage, à savoir une section de 2,5 m x 2,5 m.

⁶ Le foisonnement d'un terrain (roche ou sol) est sa capacité à augmenter de volume apparent lorsqu'il est morcelé. On calcule le coefficient de foisonnement qui est la proportion de volume supplémentaire sur le volume initial ramené à 100. Ainsi un décaissement de 100 m³ de matériau en place donnant suite à un volume éboulé de 120 m³ aura un foisonnement de 20 m³ et un coefficient de foisonnement de 1,20 (ou de 20 %).

La hauteur limite de remontée du phénomène d’effondrement localisé induit par la rupture du toit des galeries situées à faible profondeur a donc été évaluée par un calcul volumétrique probabiliste (cf. [H]) de montée de cloche.

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

- **caractéristiques géométriques des galeries isolées** : largeur et hauteur ;
- **angle de talus naturel** (pente à l’équilibre des matériaux éboulés) : 35° (valeur par défaut pour des éboulis plus ou moins rocheux) ;
- **coefficient de foisonnement des matériaux** (capacité/aptitude à augmenter le volume après remaniement) : 1,3 à 1,4, valeurs représentatives d’après le GTR⁷.

Enfin, par approche sécuritaire, du fait de l’absence de données précises sur l’ensemble de l’exploitation, il a été considéré que les têtes de chambres d’exploitation, les galeries d’accès à ces dernières (voies de base) ou d’écoulement ainsi que la descenderie BRGM n’étaient pas remblayées (sauf les 30 premiers mètres de la descenderie BRGM).

Les résultats des calculs sont repris de l’étude des aléas de 2005 et présentés dans le tableau suivant⁸.

Dimensions de galerie (H x L)	1,5 m x 1,8 m	2,5 m x 2,5 m	4 m x 3 m
Coefficient de foisonnement	1,3 à 1,4		
Angle de talus naturel	35°		
Hauteur de remontée (1)	17 à 22 m	26 à 35 m	30 à 39 m

(1) fonction du rayon du fontis pris égal à 90% ou 100 % du rayon maximal

Tableau 3 : Hauteurs maximales de remontée de fontis à l’aplomb de galeries isolées ou en tête de chambre d’exploitation (cf. [B])

Ces calculs, réalisés en faisant varier les paramètres dans les gammes définies dans le tableau ci-dessus, conduisent à la prédisposition la plus élevée pour l’apparition au jour d’un effondrement localisé pour les travaux situés entre 0 et 25 m de profondeur. Cette valeur augmente jusqu’à 40 m pour les galeries de plus grandes sections.

De nouveaux calculs sur un échantillon de 1000 simulations, réalisés pour chaque section de galerie et en faisant varier les paramètres dans les mêmes gammes, confirment globalement les résultats précédents (cf. Tableau 4). Néanmoins, ils montrent que les hauteurs maximales obtenues dans chaque catégorie ne seraient atteintes que dans des configurations exceptionnellement défavorables.

⁷ Guide des Terrassements Routier. LCPC – SETRA, 2000

⁸ Dans ce tableau issu de l’étude des aléas, il existe une inversion entre les hauteurs (H) et largeur (L) des galeries.

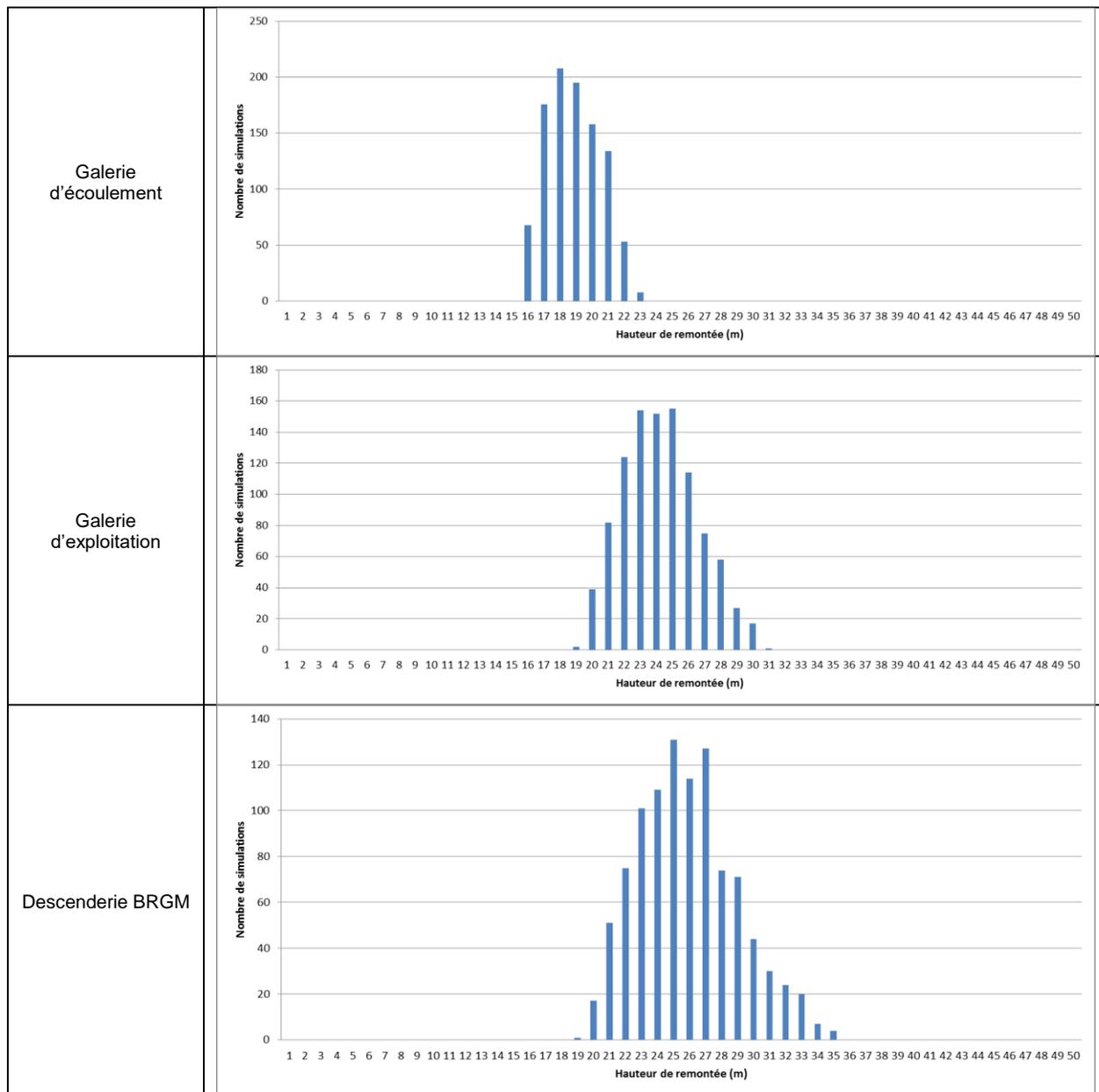


Tableau 4 : Hauteurs de remontée de fontis obtenues par simulations de 1000 cas pour chaque section de galerie.

L'étude des aléas de 2005 avait retenu un niveau de prédisposition à l'effondrement localisé :

- sensible pour l'ensemble des portions de galeries situées à moins de 25 m de profondeur, à l'exception des 30 premiers linéaires de la descenderie BRGM remblayés ;
- peu sensible pour l'ensemble des portions de galeries situées entre 25 et 50 m de profondeur et pour les 30 premiers linéaires de la descenderie BRGM remblayés.

Compte tenu des résultats des simulations nouvellement réalisées, il semble raisonnable tout en conservant une approche sécuritaire de réduire la prédisposition en optant pour un niveau :

- sensible pour :
 - la portion de la galerie d'écoulement située à moins de 20 m de profondeur ;
 - les portions des galeries d'exploitation situées à moins de 25 m de profondeur ;
- peu sensible pour :
 - la portion de la galerie d'écoulement située entre 20 et 25 m de profondeur ;
 - les portions des galeries d'exploitation situées entre 25 et 30 m de profondeur.

En ce qui concerne la descenderie BRGM, les 30 premiers mètres linéaires étant remblayés (correspondant à la portion de la galerie inférieure à 10 m de profondeur), il est retenu un niveau de prédisposition ;

- nul sur les 30 premiers mètres (soit 10 m de profondeur) ;
- sensible pour la portion située entre 10 et 25 m de profondeur ;
- peu sensible pour la portion située entre 25 et 35 m de profondeur.

La prédisposition à la survenue d'un effondrement localisé au droit de la partie remblayée de la descenderie est nouvellement retenue à un niveau nul car bien que n'ayant pas de données précises sur son comblement, l'éventuelle absence de clavage ne sera pas suffisant pour que le vide résiduel laissé au ciel de la descenderie soit suffisamment volumineux pour générer une remontée de fontis jusqu'en surface (auto comblement atteint rapidement). De plus, l'inclinaison de 10°, nettement inférieure à l'angle de frottement des remblais (même saturé en eau), exclut la possibilité de création de vides plus volumineux qui ferait suite à un coulissage des remblais au sein de l'ouvrage.

Evaluation de l'intensité :

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir des dimensions du cratère susceptible d'apparaître au jour. Ce cratère est issu du diamètre initial de la cheminée de fontis et de son évasement en surface, formé par éboulement des terrains superficiels. La dimension de la section de cette colonne est donc en partie liée à la qualité des matériaux de surface.

Les caractéristiques retenues conduisent à estimer le diamètre d'un cratère potentiel en surface d'après la formule suivante :

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

Avec :

R_{cloche} : rayon de la cloche de fontis sécuritairement retenu à une demi-largeur de galerie,

h_c : épaisseur de terrain non cohésifs en surface retenue à 2 m ;

α : angle de talus naturel des terrains non cohésifs de surface retenue forfaitairement à 45°.

Pour la galerie d'écoulement et celles d'exploitation, le diamètre est évalué inférieur à 5 m, conduisant à y retenir un niveau d'intensité limité. Ce diamètre augmentant pour la descenderie BRGM, l'intensité y est retenue à un niveau modéré.

Evaluation du niveau de l'aléa :

Par croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec la prédisposition d'une configuration donnée à ce qu'un effondrement localisé se produise. Les niveaux d'aléa effondrement localisé retenus sont les suivants :

- faible pour l'ensemble des portions de la galerie d'écoulement situées à moins de 25 m de profondeur ;
- faible pour l'ensemble des portions de galerie d'exploitation situées à moins de 30 m de profondeur ;
- moyen pour la portion de la descenderie BRGM située entre 10 m et 25 m de profondeur ;
- faible pour la portion de la descenderie BRGM située entre 25 m et 35 m de profondeur.

5 CARTOGRAPHIE DES ALEAS

L'aléa est un concept spatial, il est évalué en tout point du secteur étudié et a donc vocation à être cartographié de manière à faire ressortir les secteurs les plus sensibles au développement des phénomènes redoutés.

Cette cartographie doit nécessairement prendre en compte :

- l'extension latérale possible des désordres initiés au sein des travaux miniers et des ouvrages. L'expérience montre en effet que les phénomènes redoutés ne se limitent pas à l'aplomb strict des secteurs souterrains « sensibles » et des ODJ en surface mais peuvent déborder, parfois très largement, sur des terrains adjacents ;
- les incertitudes inhérentes au géoréférencement des plans miniers disponibles et à la géolocalisation des ouvrages débouchant en surface (calage des plans miniers sur un fond topographique, incertitude des dGPS).

Sur le secteur étudié, seul l'aléa effondrement localisé a été retenu. Les différents types d'effondrement localisés analysés ont été reportés sur la même carte en gardant un affichage distinct pour :

- les effondrements localisés sur puits ;
- les effondrements localisés de type fontis sur galeries et travaux d'exploitation souterraine.

5.1 Effondrement localisé lié aux puits

Pour les puits, la zone d'aléa est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits de la façon suivante (cf. Figure 4) :

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

Avec :

- R_{puits} pris à 1 m en l'absence de connaissance des diamètres des ouvrages ;
- $R_{\text{influence}}$, relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 1,5 m (épaisseur maximale des terrains superficiels non cohésifs en tenant compte d'un angle de 45°);
- $R_{\text{incertitude de localisation}}$ défini de la façon suivante : ouvrages matérialisés (5 m) ou identifiés sur plan (15 m) correspondant à l'addition de l'incertitude liée au positionnement de l'ouvrage (dGPS/calage plan source) et à celle du fond cartographique (BD Ortho® IGN).

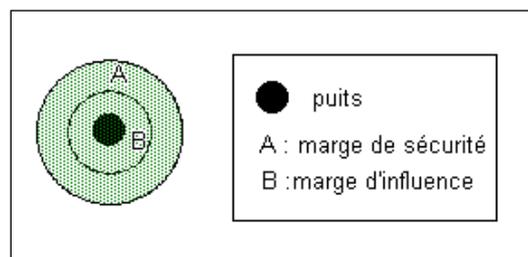


Figure 4 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits

5.2 Effondrement localisé lié aux galeries et aux zones de travaux souterrains

Pour les galeries et travaux souterrains, l'emprise de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension de ces ouvrages. La marge de sécurité retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit (cf. Figure 5) :

- une marge d'incertitude globale de localisation des galeries qui est issue de celle du plan sur laquelle se trouve cet ouvrage et de celle du fond BD Ortho® IGN. La valeur de cette marge est de 15 m pour les galeries. Pour les entrées de galeries matérialisées, elle est réduite de 5 m (dGPS + report sur BD Ortho® IGN) ;
- une marge d'influence correspondant à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface prise égale à 1,5 m selon le même principe que pour les puits.

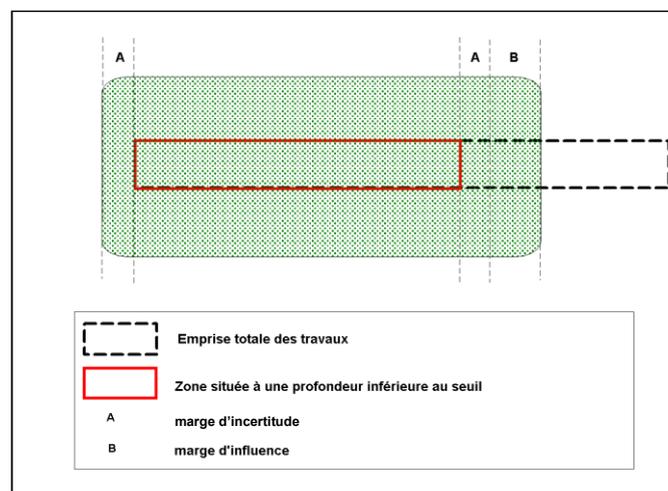


Figure 5 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie

6 CONCLUSION

A la demande de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, GEODERIS a réalisé l'étude des aléas miniers relative aux concessions pour cuivre du district minier de Chessy en 2005. Cette étude concerne uniquement la commune de Chessy.

Depuis ce travail, des études environnementales ont été prescrites et réalisées par l'exploitant. En parallèle, plusieurs guides méthodologiques validés par l'administration et conformes aux textes réglementaires, ont été produits. Ces éléments ont incité la DREAL à demander à GEODERIS d'inscrire dans son programme de travail la révision de l'étude des aléas conformément aux guides en vigueur et en y excluant les aléas environnementaux.

Le présent rapport constitue la mise à jour de l'étude de 2005. L'examen de la carte d'aléas (établie sur fond BD Ortho® de l'IGN – prises de vue 2008 – cf. annexe 3) permet de constater qu'à l'échelle de la commune de Chessy l'emprise des zones d'aléas mouvements de terrain retenues est de faible superficie. On retiendra que suite à cette étude, seul des aléas « effondrement localisé » de niveaux faible à moyen sont retenus en liaison avec les galeries isolées et travaux d'exploitation souterraine situés à moins de 35 m de profondeur, ainsi qu'au droit des 30 puits recensés.

Bibliographie

- [A]. *Concession de la Ronze à Chessy les mines - Synthèse de la phase informative en vue de la réalisation d'un PPRM - (Programme GEODERIS 2004)*. Rapport GEODERIS 4 RHA 2307/R03/BC, Mars 2004.
- [B]. *Concessions de cuivre de Chessy - Communes de Bois d'Oingt, Moiré, Bagnols, Breuil, Chessy et Saint Germain l'Arbresle (69) - Définition et cartographie des aléas*. Rapport GEODERIS – 05 - RHA - 2300-R03/OL-PB, Mai 2005.
- [C]. *Inventaire des dépôts issus des exploitations minières selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE – Synthèse des résultats*. Rapport GEODERIS N2012/009DE–12NAT2120, 2012
- [D]. *Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – Volet « effondrement localisé »*. Rapport GEODERIS N2012/010DE-12NAT2210, 2012.
- [E]. *Annexe technique au guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers - Evaluation de l'aléa « effondrement localisé »*. Rapport INERIS DRS-09-103953-12226A. 2009.
- [F]. *Nouvelles consignes de cartographie de l'aléa effondrement localisé sur travaux avérés et travaux supposés*. Note GEODERIS N2012/016DI-12NAT2210, 2012
- [G]. *Guide d'évaluation des aléas miniers*. Rapport INERIS DRS-17-164640-01944A, 2018.
- [H]. Didier C. et Salmon R. (2004). *Evaluation du risque d'apparition d'un fontis en surface*. JNGG
- [I]. Cabrol B. *Chessy (Rhône) - Cuivre Zinc - Rapport de synthèse*. Rapport BRGM 87 DAM 011 PM

Annexe 1

***Concession de la Ronze à Chessy les mines
Synthèse de la phase informative en vue de la réalisation
d'un PPRM
(Programme GEODERIS 2004)***

RAPPORT GEODERIS 4 RHA 2307/R03/BC

Mars 2004



☐ GEODERIS Est
15 Rue Claude Chappe – BP 95038
57071 METZ CEDEX 3
☎ : 03 87 37 78 09 – 📠 : 03 87 37 78 18

☐ GEODERIS Ouest
DRIRE B.Normandie. - Av. du Tsukuba
14209 HEROUVILLE ST CLAIR Cedex
☎ : 02 31 46 50 15 – 📠 : 02 31 46 50 56

☒ GEODERIS Sud
E.M.A – 6 Av. Clavières
30319 ALES Cedex
☎ : 04 66 78 52 05 – 📠 : 04 66 78 52 07

Concession de la Ronze à Chessy les mines

*Synthèse de la phase informative en vue de la
réalisation d'un PPRM*

(Programme GEODERIS 2004)

Date : mars 2004

Réf. : GEODERIS 4 RHA 2307/R03/BC

GEODERIS, un service pour gérer l'après-mine

15 Rue Claude Chappe – BP 95038 - 57071 METZ CEDEX 3

☎ : 03.87.37.78.09 - 📠 : 03.87.37.78.18

Mél : geoderis@industrie.gouv.fr

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00012 - APE : 743B

Concession de la Ronze à Chessy les mines

Synthèse de la phase informative en vue de la réalisation d'un PPRM

(Programme GEODERIS 2004)

DIFFUSION :

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM			
Visa			

Date : mars 2004

Réf. : GEODERIS 4 RHA 2307/R03/BC

GEODERIS, un service pour gérer l'après-mine

15 Rue Claude Chappe – BP 95038 - 57071 METZ CEDEX 3

☎ : 03.87.37.78.09 - 📠 : 03.87.37.78.18

Mél : geoderis@industrie.gouv.fr

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00012 - APE : 743B

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
2. CONTEXTE	5
2.1. CONTEXTE ADMINISTRATIF	5
2.2 MILIEU NATUREL	7
2.2.1. <i>Situation géographique</i>	7
2.2.3. <i>Géologie</i>	7
2.2.4. <i>Hydrogéologie</i>	8
2.2.5. <i>Hydrologie</i>	9
3.HISTORIQUE DES TRAVAUX	10
3.1 PERIODES ANCIENNES	10
3.2. PERIODE RECENTE : 1983 - 1990	13
4. METHODES D'EXPLOITATION	14
4.LES DEPOTS DE DECHETS MINIERS	16
5.DONNEES ENVIRONNEMENTALES.....	18
5.1. MILIEU NATUREL (INVENTAIRE GEOCHIMIQUE)	18
5.2. IMPACTS DES ACTIVITES MINIERES	22
6. CARTOGRAPHIE.....	34
6.1. MOUVEMENTS DE TERRAIN (CARTE 1).....	34
6.1.1. <i>Ouvrages au jour</i>	34
6.1.2. <i>Stabilité – Travaux souterrains</i>	35
6.2. POLLUTION DES SOLS ET DES EAUX (CARTE 2)	35
7. RISQUES RETENUS – PERIMETRE DU PPRM	36

1. INTRODUCTION

La DRIRE Rhône - Alpes souhaite qu'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM) soit établi sur le site de Chessy et a demandé à GEODERIS, la réalisation des études préalables.

Le gisement de cuivre de Chessy se situe sur la commune du même nom, dans le département du Rhône, à environ 25 km au nord-ouest de Lyon (figure 1). Exploitée déjà au temps des romains, la mine de Chessy a connu une période d'activité importante au 15^e siècle, avec la « mine jaune » de Jacques Cœur. Elle fut de nouveau exploitée activement à partir du 17^e siècle, jusqu'en 1840, date à laquelle la « mine bleue » a été épuisée. Des travaux de recherche ont été poursuivis jusque vers 1910. Au total, on estime que près de 20 000 tonnes de cuivre ont été extraits des différents minerais.

La phase informative du PPRM est réalisée à partir de la synthèse des données du DADT et des études et travaux complémentaires réalisés par le BRGM (cf Références). Les informations nécessaires à la définition et à la cartographie des aléas sont issues d'observations de surface et d'anciens plans et coupes de mine (Cartes et coupes en Annexe 1). Une carte informative est présentée pour les deux principales familles d'aléas que sont les mouvements de terrain d'une part et la pollution des sols et des eaux d'autre part.

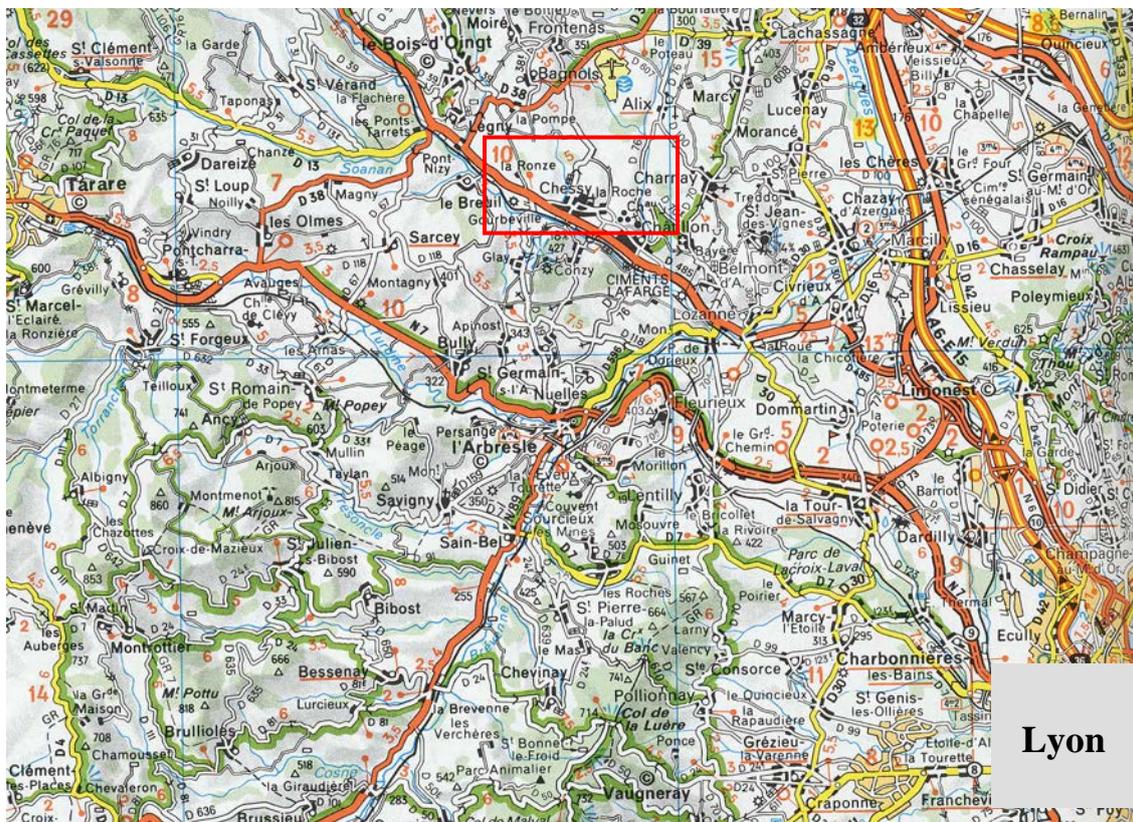


FIGURE 1 : PLAN DE SITUATION A L'ECHELLE REGIONALE

2. CONTEXTE

2.1. CONTEXTE ADMINISTRATIF

- **La concession de Chessy**

L'ancienne concession de Chessy, instituée par arrêté du 22 Fructidor an VI, a fait l'objet d'une renonciation par la Société Anonyme des Manufactures de Glaces et Produits Chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, acceptée par arrêté ministériel du 5 Avril 1938. Cette renonciation s'accompagne de la création d'une servitude attachée au foncier et consistant à continuer à neutraliser les eaux acides sortant de la mine (article 2). Les autres installations minières (puits, galeries, haldes,...) sont donc considérées par l'Administration responsable de la police des Mines comme étant mises en sécurité. Cette mise en sécurité n'a d'ailleurs pas à être remise en cause comme on le verra plus loin.

- **Le permis du Breuil**

Par décret du 3 Janvier 1983 (J. O. du 09/01/83), le permis exclusif de recherches de mines de cuivre, plomb, zinc, argent, et substances connexes, dit du Breuil, d'une superficie de **24,6 km²**, a été attribué au BRGM, pour une durée de 3 ans renouvelable deux fois. La validité de ce PER a été prolongée sur toute sa superficie, jusqu'au 9 Janvier 1989. En 1988, le BRGM acquiert la totalité du domaine foncier de la **CIM** (Compagnie Industrielle et Minière), d'une superficie de 15 ha, dont une partie couvre la zone de toutes les exploitations minières antiques ; Dans ce cadre, le BRGM prend à sa charge la servitude de traitement des eaux.

- **La concession de la Ronze**

Le 29 Juillet 1988, une nouvelle concession pour plomb, zinc, cuivre, or, argent, pyrite et substances connexes est attribuée au BRGM pour une durée de 50 ans, sous le nom de Concession de la Ronze, d'une superficie de **7,76 km²**. Le 26 Septembre 1991, la concession de la Ronze est amodiée au profit de la Société Minière de Chessy.

Les limites de la concession de La Ronze, figure 2, constitue le cadre géographique de notre étude.



FIGURE 2 : LIMITES DE LA CONCESSION DE LA RONZE (69) A L'ECHELLE 1/25 000

2.2 MILIEU NATUREL

2.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La région de Chessy appartient à la partie méridionale du Beaujolais. Chessy, localité de 1 300 habitants, est à environ 25 km au nord-ouest de Lyon, dans une région vallonnée à couvert végétal varié, dont l'altitude varie entre 220 et 320 m (figure 2). Le secteur est caractérisé par un climat à deux composantes : une composante continentale et une composante méditerranéenne, avec en outre l'influence du relief. La période août, septembre, octobre est généralement la plus arrosée, alors que février, mars, avril constituent la période la moins pluvieuse. Le mois de janvier est celui où le nombre de jours de gel est le plus important. Les vents dominants sont orientés parallèlement à la vallée de l'Azergues.



Fig. 3 - Vue du site de Chessy les mines.

2.2.3. GEOLOGIE

Le gisement sulfuré polymétallique de Chessy est situé dans une séquence volcano-sédimentaire d'âge paléozoïque.

À l'échelle du gisement on peut distinguer :

- l'unité volcanique acide inférieure,
- l'horizon minéralisé,
- l'unité volcanique acide supérieure,
- l'unité volcanique basique.

L'unité **volcanique acide inférieure** montre un empilement de coulées de laves acides. Le **corps minéralisé principal** est constitué de sulfures massifs à pyrite, blende, chalcopryrite et barytine, repose directement sur les laves acides inférieures. On distingue plusieurs types de minerais :

- minerais à alternances de rubans riches en blende ou en pyrite-chalcopryrite,
- minerais massifs, grossiers, peu ou pas rubanés et très pyriteux,
- minerais barytiques, bien rubanés, à lits et disséminations de blende.

L'unité **volcanique acide supérieure** surmonte le corps minéralisé. Elle se distingue de la formation inférieure par un aspect finement rubané, de couleur rouge à rose. Elle inclut des faciès minéralisés en sulfures (pyrite) et barytine dits **formation « Saint-Antoine »**, qui présente un faciès gris, schisteux, ayant un aspect rubané dû à la présence :

- de rubans de silice grisâtre, parfois associés à de la barytine,
- de rubans sériciteux localement riches en andalousite et feldspath potassique,
- de sulfures en rubans ou en disséminations.

Le maximum de puissance du « Saint-Antoine » se situe dans la partie centrale du gisement, où il surmonte les acides lités du toit. Un nouveau cycle éruptif, comportant des corps de lave de composition chimique basaltique, constitue l'unité **volcanique basique**. Des formations **sédimentaires mésozoïques** reposent en discordance sur les terrains paléozoïques. Elles débutent par les grès du Trias, surmontés par les calcaires, argiles et marnes du Jurassique inférieur et moyen. Les anciens ont exploité des **minéralisations carbonatées cuprifères** dans ces formations (mine bleue).

2.2.4. HYDROGEOLOGIE

La présence d'une faille à fort rejet (N20°E) mettant en contact le socle et la couverture sédimentaire oblige à considérer simultanément deux entités hydrogéologiques différentes dans cette zone. A l'ouest de la faille N20°E, où se trouvent les mines, on a affaire à un milieu globalement discontinu et fissuré, généralement considéré comme peu aquifère sauf dans sa partie la plus superficielle, alors qu'à l'Est de la faille N20°E des alternances de marnes, de calcaires et de grès tantôt perméables et tantôt imperméables créent les conditions favorables à la superposition de plusieurs niveaux aquifères dans la série stratigraphique. L'observation des **basaltes** à l'affleurement indique une relativement faible altération : les fractures et fissures nombreuses, mais d'extension faible, sont remplies de minéraux argileux (faciès schiste vert). Ces minéralisations secondaires confèrent aux formations basaltiques une relative imperméabilisation. Ces roches basiques sont d'ailleurs peu aquifères. Aucun puits ou puisard n'a été réalisé dans les zones où les basaltes affleurent. L'ouverture de la descenderie BRGM a permis d'observer les basaltes jusqu'à la cote - 100 m par rapport à la surface du sol ; aucune venue d'eau significative n'a été rencontrée au sein de ces basaltes, ni au contact des basaltes avec les autres formations de socle. Il apparaît donc que les formations basaltiques ne sont pas ou peu aquifères. Une venue d'eau importante (25 m³/h) est apparue lorsque la descenderie a atteint la minéralisation sulfurée (cote - 185 m environ), puis a pratiquement disparu avec l'approfondissement des travaux. Les travaux miniers du BRGM ont mis en évidence dans les **formations rhyolitiques**, où se trouve la plus grande partie du réseau de galeries des différentes exploitations, l'existence de circulations d'eau. En effet, les installations de pompage ont réellement commencé à fonctionner lorsque la descenderie a atteint les rhyolites.

2.2.5. HYDROLOGIE

Le réseau hydrographique dense est constitué par la vallée de l'Azergue qui coule de l'WNW à l'ESE, et par ses affluents à tracé N-S. Le drainage est assuré par de petits cours d'eau appelés « Gouttes » en rive gauche de l'Azergues, il s'agit de :

- la Goutte Granger,
- la Goutte de la Ronze.

Les deux gouttes se jettent dans l'Azergues, les superficies limitées des bassins versants ainsi que les caractéristiques hydrogéologiques des formations, font que leur pérennité n'est pas assurée durant la période sèche (fig. 4).

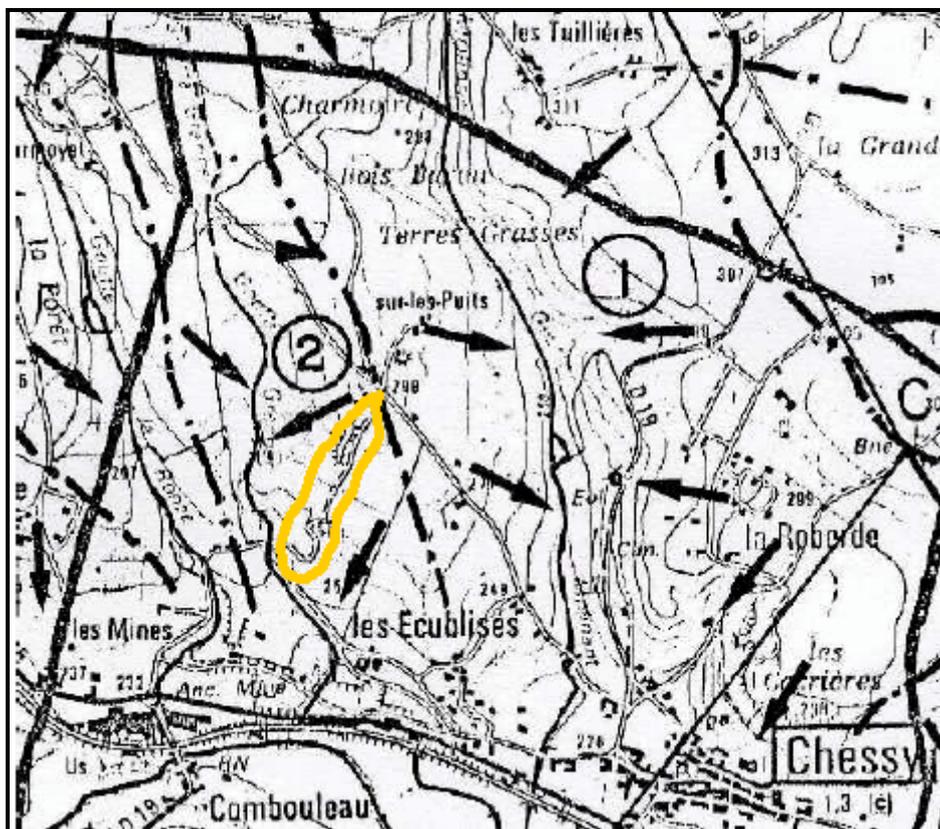


Fig. 4 - Hydrologie de la zone.

Les variations de niveau de l'Azergues se marquent par une période d'étiage centrée sur juillet, août, septembre et un débit maximum observé en décembre, janvier, février et en mai.

A signaler les événements climatiques récents où la plupart des affluents du Rhône ont été en crue à partir du lundi 1^{er} décembre 2003 en fin d'après-midi avec un paroxysme allant du nord du département de l'Ardèche au sud du département. Les affluents les plus au nord tels que l'Azergues ont également fortement réagi : durée de retour 50 ans environ.

3. HISTORIQUE DES TRAVAUX

3.1 PERIODES ANCIENNES

L'histoire de la **mine de Chessy** est complexe et se déroule plusieurs périodes au cours desquelles ont été exploités des minerais de natures et de teneurs différentes :

- « **Mine jaune** » formée de pyrite, chalcopryrite et blende accessoire, titrant 15 à 20 % de Cu pour les parties les plus riches et 6 % de Cu pour les parties les plus pauvres.
- « **Mine noire** » et « **mine rouge** » dans les zones broyées, montrant des rognons de minerai formé de cuprite, cuivre natif, pyrite et chalcopryrite ; les teneurs devaient varier de 6 à 15 % de Cu.
- « **Mine bleue** » constituée de veinules, boules et géodes de carbonates de cuivre, encaissés dans des grès et argiles triasiques ; la veine la plus importante mesurait 30 × 150 m, pour une puissance de 0,50 m.

- **Périodes d'activité**

La mention la plus ancienne connue remonte à 1414, sous le roi Charles V, indiquant qu'un certain nombre de personnages du Lyonnais avaient déjà des droits sur ces mines. En 1448, la mine fut cédée à l'association Jacques Cœur-Barronat frères, avec tous les bois, terres, martinets (usines) s'y rapportant. Après l'arrestation de Jacques Cœur causant l'arrêt de la mine pendant 4 ans, le roi récupéra ses biens et réussit à produire avec les Barronat en 13 mois 620 kg de cuivre (année 1455).

A la fin Il semble que, selon les registres paroissiaux de Chessy, la mine aurait fourni au Cardinal de Richelieu du cuivre pendant l'année 1631.

Période 1750-1850

L'activité fut reprise grâce à l'association des sieurs Blanchet, Jars et Pernon. Les Jars, étant sur place, apportèrent de nombreux perfectionnements dans la fonderie, située à l'emplacement actuel des entreprises Mathelin. Avant la révolution, la production était de l'ordre de 50 à 60 t par an, avec 200 personnes.

- **En 1755**, le dernier des Jars, Gabrielle dit Le Jeune, construisit un grand four à réverbères qui réduisait les déperditions de chaleur pour affiner le cuivre de la mine de Chessy et de Sain-Bel. Ce grand four permettait de traiter 50 quintaux de cuivre à la fois, au lieu de 2 ou 3 quintaux pour les anciens. Proche de la fonderie, on a construit un martinet (usine), composé d'un fourneau de fonte, de 2 foyers pour chauffer le cuivre à mesure qu'on le bat (façonnement), de 2 arbres mus chacun par une roue de 18 pieds de diamètre : chaque arbre fait agir deux marteaux. On fait dans ce martinet toutes sortes d'ouvrages en cuivre, tels que l'on en commande, comme des chaudrons, chaudières, marmites, planches, etc., mais surtout des plaques dans la forme et l'épaisseur que l'on les demande de Montpellier pour les réduire en verre de gris.
- **En 1761**, il a été édifié un martinet (usine) avec marteaux mus par une roue à eau de 18 pieds de diamètre pour confectionner des plaques et des ouvrages en cuivre.
- **En 1770**, on a utilisé pour la première fois du charbon de terre « desouffré » au lieu du charbon de bois, et de deux soufflets à bois doubles à chaque fourneau.
- **De 1776 à 1789**, pour économiser le combustible et le nombre de grillages, Jars met en œuvre une méthode vue à Goslar dans le Bas-Harz. Le principe de ce « grillage en tas » est de constituer de gros tas de minerai de 250 t à l'air libre. La forme fut une

pyramide de 10 · 10 m à la base tronquée de 2,70 à 3,50 m de hauteur. La production passait ainsi vite à 300 t puis 350 t. L'idée est d'utiliser comme combustible le minerai riche en soufre mais pauvre en cuivre, qu'on mélange au minerai présentant des caractéristiques inverses. On supprime ainsi les grillages intermédiaires. Les mattes (produit de fonte = métal fondu) vont aussitôt à la fonderie. La production de ce cuivre en rosette (la plus grande pureté du cuivre que l'on puisse obtenir pour une qualité marchande) fut pendant cette époque de 50 à 60 t par an et d'un maximum de 75 t en 1793. La production totale pour Chessy fut d'environ 150 t par an de cuivre dont « la qualité a été reconnue égale à celle des meilleurs cuivres de Suède ».

- **En 1783**, on sait que, pour un effectif de 180 personnes, l'extraction fut de 10 000 t, le minerai à fondre est de 750 à 850 t, ce qui, pour une teneur estimée d'après de nombreuses sources à 4,5 - 5,5 % de cuivre, donne une production pour cette année autour de 40 t.
- **En 1810**, le filon s'épuise (du à un enrichissement en zinc au détriment du cuivre) et la profondeur d'exploitation atteint 200 m de profondeur (certaines sources la donne à 215 m) et l'on commence à extraire les piliers de soutènement. La production de cuivre est alors de 16 à 18 t par an. Ajouté à cela, un incendie dans la même année d'un immense tas de pyrite faillit ruiner complètement la mine de Chessy. « On a voulu isoler le feu par une tranchée. Insuffisamment large et profonde, le feu a passé en dessous. On a démoli le grillage, mais le feu continuait... Alors, sous les ordres de Blanchet, 90 ouvriers firent alors de nouvelles tranchées, dont la plus importante avait 12 à 13 m de largeur, 10 m de profondeur et 50 m de longueur, afin d'isoler cette masse embrasée de 8 000 m³, ce qui fut couronné de succès ».8

Procédé utilisé jusqu'au début du XIX^e siècle 8

L'activité du secteur est limitée aux opérations métallurgiques. Bien que les textes ne soient pas très explicites, il semble que le minerai subissait tout d'abord le cycle habituel du cassage, broyage au moulin à myne (moulin à mine), criblage, lavage au roable (râble) et au plat (sébile, batée) en se rappelant que le criblage à la cuve n'apparaît qu'au siècle d'après. Ensuite, 5 grillages et demi (jusqu'à 39 feux) étaient suivis d'une seule fondaison, puis d'un affinage :

- D'abord, on procède à des grillages dits « ordinaires » en stalles qui éliminent une partie du soufre contenu. En effet, il existait 21 fourneaux de grillages, murés de 3 côtés et placés sous un toit. Chacun d'eux à 10 pieds de longueur et 3 pieds de largeur. On y traite 400 quintaux de mine triés, mélangés de mine jaune (riche en pyrite de cuivre et blende) et de mine blanche (riche en pyrite de fer et soufre), qu'on dispose sur un lit de 40 à 50 fagots. La combustion à feu modéré ne dure qu'une dizaine de jours, grâce à l'apport de soufre de la mine blanche. Quand le minerai grillé est refroidi, on le transporte à la case suivante, où l'on a préparé un nombre plus important de fagots, et l'on poursuit ainsi au 3^e et 4^e feu. Le minerai calciné est alors prêt à passer à la fonte ou fusion. On note que pour éviter les dégâts aux cultures, ces opérations n'ont lieu que pendant les mois d'hiver. Puis une fonte ou fusion dans un fourneau spécial (en fait 3 fours à manche) muni de soufflets, produit des mattes, qui contiennent des sulfures de fer et de cuivre miscible en toutes proportions. Ces mattes sont cassées, grillées « autant de fois que nécessaire » et repassées au four à fusion. La répétition de l'opération provoque un enrichissement en cuivre noir, qu'une fusion oxydante au fourneau d'affinage et un perchage final transforme en cuivre fin en rosette. On voit qu'il s'agit d'opérations répétées et complexes, absorbant énormément de bois et de charbon. On saisit alors pourquoi le traitement

métallurgique suivait mal l'extraction et pourquoi on traitait encore les recuits 4 ans après l'arrêt des travaux de fond.

Période 1818-1857

Au moment où le gisement tirait à sa fin, le maître mineur saxon Wölner découvrit vers 1812, un minerai nouveau, dans la future « mine bleue » appelé Azurite ou aussi Chessylite. C'est un carbonate de cuivre, particulièrement facile à traiter, et dont la teneur en cuivre est de 50 %. Dans ce gîte qui mesurait 400 m de longueur sur 40 m de largeur et 66 m de profondeurs, le minerai se présentait sous forme soit de petites boules, soit de filonnets de quelques centimètres d'épaisseur. Le carbonate se présentait sous forme de petites couches ayant jusqu'à 50 cm de puissance. M. Thibault, ingénieur des mines, apporta quelques précisions sur la production de la mine à cette époque. D'après cet ingénieur, entre 1822 et 1826, on traitait de 12 à 42 t de minerai brut par jour. 1 000 t de minerai brut par an étaient donc débourbées au tonneau, triées avec grand soin manuellement (étant donné la haute teneur en cuivre de la mine bleue), concassées, criblées à la cuve, bocardées, concentrées sur table, donnant ainsi de 131 à 301 t annuelles de minerai concentré, lesquelles contenaient de 73 à 32 t de cuivre rosette. En 1827, avec 180 personnes, la production de la mine bleue était de 914 t après triage et lavage, celle de la mine rouge de 3,4 t, donnant 166,3 t de cuivre noir. Le record annuel de production fut de 500 t de cuivre au total des mines.

La mine fût rachetée par Marius-Claude Perret, qui aidé de ses fils Michel et Jean-Baptiste, de son gendre Jules Olivier, eut l'idée d'utiliser la pyrite (au lieu du soufre de Sicile) pour la fabrication de l'acide sulfurique en la brûlant en vase clos (dans des fours à moufles) avec des proportions d'air soigneusement réglées, sans que les produits gazeux ne soient mêlés à la combustion du charbon et en envoyant le gaz sulfureux dans des chambres de plomb. Le soufre des pyrites devenait alors l'élément principal. Les « cendres » de fer restaient un sous-produit plus ou moins utilisé par les métallurgistes. La pyrite de fer, longtemps considérée comme de moindre valeur que la pyrite de cuivre, devient très importante car elle était beaucoup plus riche en soufre que la pyrite cuivrée. Le cuivre passa au second plan mais fut aussi traité de façon assez avantageuse (moins qu'avant) par voie humide. Les Perret avait au moins pour 10 ans d'exploitation, faisant fonctionner vingt chambres à plomb sans attaquer les filons. De l'ancienne usine d'acide sulfurique subsiste encore quelques pans de murs et le socle de la grande cheminée.

En 1842, les Perret ont obtenu les autorisations d'installation à Chessy d'une fabrique d'acide sulfurique, d'acide chlorhydrique et nitrique. Leur idée était de continuer la production de cuivre, qui représentait encore 50 t par an, non plus par voie sèche mais par voie humide à partir de filons pauvres ne contenant que 2 à 3 % de cuivre. En effet, l'intégralité du gisement sera dépilé, ce qui permet une exploitation rationnelle. Les pyrites brûlées fournissent de l'acide sulfurique très dilué. Le sulfate de cuivre ainsi formé sera déplacé par de la ferraille et on recueillera le cuivre de ciment, suivant les anciens procédés utilisés par M. Rochefort et Mme de la Condamine.

En 1848, l'usine fut construite avec du retard à cause de l'hostilité des populations. Elle grille les vieilles haldes à la cadence de 12 000 t par an, en même temps qu'un atelier de concentration qui permettait d'écouler l'acide sulfurique sur le marché.

En 1853, des travaux ont commencé par le fonçage d'un puits neuf (36 m de profondeur), dans le fond de la vallée, dans le double but de retrouver le filon de Sainte-Anne à une plus grande profondeur et, en même temps, de rechercher la présence de minerai de cuivre.

En 1854, les travaux de fond reprirent (à 32 m de l'orifice du nouveau puits, il a été créé une galerie vers l'ouest) avec un programme de recherches. De nouveau, la minceur et l'irrégularité des piliers suscitèrent les appréhensions du service des Mines. Ces craintes furent fondées car un effondrement gigantesque de tous les vieux ouvrages survint **en 1857**. À partir de cette date, on s'occupa semble-t-il, d'extraire de la pyrite pour prendre le relais des vieilles haldes. La production fut de 200 à 400 t par mois en 1858-1859 ; le service des Mines la considérait comme insignifiante en 1867. Un problème se posait pour le « minerai menu » qu'on était obligé de laisser de côté. La solution fut apportée par M. Perret sous la forme de fours à étages installés notamment à Chessy.

Période Saint-Gobain

Le groupe Saint-Gobain, nouveau copropriétaire, considérant dès 1860 que la mine de Chessy était épuisée ou sur le point de l'être, n'a effectué que des glanages en vue de récupérer le minerai laissé par les anciens dans les piliers. On glanait dans le gîte épuisé pour couvrir en partie les frais de recherches. Ils ont donné lieu d'ailleurs à de nombreux problèmes d'accès, de remise en état, de remblayage, d'aéragé, d'épuisement. En janvier 1872, tout l'ensemble du site fut cédé entièrement à Saint-Gobain, elle-même consommatrice de pyrites pour ses soudières. L'exploitation de Chessy cessa en 1877, à la suite de la disparition de filons exploitables et de la mise en valeur du gisement proche de Saint-Pierre-La-Palud (Sain Bel). Elle laissa au final 200 000 t de cendres de grillage, ainsi qu'un écoulement d'eau forte, qui fait l'objet d'une saturation à la chaux.

- **Production.**

La synthèse des données consignées dans les anciens registres des travaux aboutit pour les différentes périodes d'exploitation aux tonnages suivants :

- entre **1436 et 1455**, la mine de Chessy produit 600 kg de cuivre par an ;
- de **1750 à 1793**, la production est de 50 à 60 t de cuivre par an ;
- autour des années 1810, la production est tombée à moins de 20 t de cuivre par an ;
- de **1812 à 1830** « la mine » a produit 4 500 t de cuivre ;
- la minceur des piliers amène un effondrement gigantesque de tous les anciens travaux en 1857 ;
- de **1871 à 1877**, 8 700 t de minerai essentiellement pyriteux seront extraites.

Au bout du compte, l'exploitation de toutes les « mines » de Chessy aura fourni au cours des siècles entre 15 et 20 000 t de cuivre.

3.2. PERIODE RECENTE : 1983 - 1990

Les recherches de gisements nouveaux ont été effectuées par le BRGM avec réalisation de travaux souterrains. Ils ont permis de mettre en évidence un gisement de **deux millions de tonnes d'un minerai à 2,5 % de cuivre, 8 % de zinc, 25 % de barytine et 40 % de pyrite.**

4. METHODES D'EXPLOITATION

L'historique de la mine de Chessy présenté d'une manière relativement détaillée au chapitre précédent est très riche d'un point de vue généalogique. Il montre l'intérêt des rois de France et de leurs ministres pour la mine de Chessy et à ce titre on retrouve dans les archives des données sur la production de cuivre aux différentes périodes. Par contre les données sur les méthodes d'exploitation sont beaucoup moins abondantes.

Méthodes d'extraction : Au 18^e siècle et au début du 19^e, la recherche de filons cuivreux, disséminés dans une masse pyriteuse ou se présentant sous forme de stockwerk, conduit à adopter une exploitation fluctuante, sur laquelle on a **peu de détails**. On sait par un rapport de C. Gotlieb Mettig, le conducteur des mines saxon, qu'on « escabe (= excave) le minéral à quelques places par échelon », ce que l'on peut interpréter par « gradin », gradin en montant ou en descendant nommés aussi Kastes. Méting reprouva les méthodes d'extraction de l'époque qui considéraient le filon comme une masse : « on allait à droite, à gauche, on approfondissait et on montait sans ordre ».

Les plans et coupes historiques des différentes époques, annexe 1, disponibles dans les archives de la société Saint-Gobain ont cependant permis au BRGM de reconstituer un plan d'occupation du site, annexe 2 carte 1.

A partir de ces documents le BRGM a pu aussi reconstituer la disposition des travaux souterrains par rapport à la topographie par :

- localisation avec repérage sur le terrain des anciens ouvrages débouchant au jour (tableau et annexe 2, figure 1a et 1b)
 - report du tracé des différentes galeries en les regroupant en fonction de la profondeur des niveaux d'extraction par rapport à la surface topographique (annexe 2 figure 2a et 2b). Sur ces cartes, l'échelle des niveaux de profondeurs correspond classiquement :

- pour les travaux les plus superficielles aux galeries figurées en rouge dont la profondeur est inférieure à 25 m, et figurés en bleu le niveau de travaux dans la tranche 25-50 m,
- pour les travaux relativement plus profonds la tranche 50-100 m figurée en vert et enfin en jaune les galeries à plus de 100 m de profondeur par rapport à la surface topographique.

Dans son étude, le BRGM a également localisé les mouvements de terrain, annexe 2 figure 3a et 3b, identifiés en 2002.

Tous ces documents sont établis à partir d'un même fond topographique à 1/2 500^e sur lequel est reportée la trace de l'ensemble des ouvrages miniers.

Les travaux réalisés durant la période 1983-1989 par le BRGM comprennent : 1 274 m de descenderies à 18 %, 1 265 m de traçages et recoupes, 4 888 m de sondages carottés fond et 7 200 m de sondages carottés jour. La base de la descenderie principale se situe à la cote 164 m lorsqu'elle est à la verticale des anciens travaux. Elle est alors à 120 m de la surface et très en dessous des anciennes galeries qui ne dépassent pas 50 à 60 m de profondeur dans cette zone. Par contre certains sondages explorant la zone sud (c'est-à-dire sous la mine jaune) se trouvent à une distance réduite estimée à une trentaine de mètres sous les anciens travaux. La plus grande partie de ces galeries est maintenant effondrée et la descenderie a été

obstruée dans le cadre des travaux de fermeture (annexe2, figure 4).

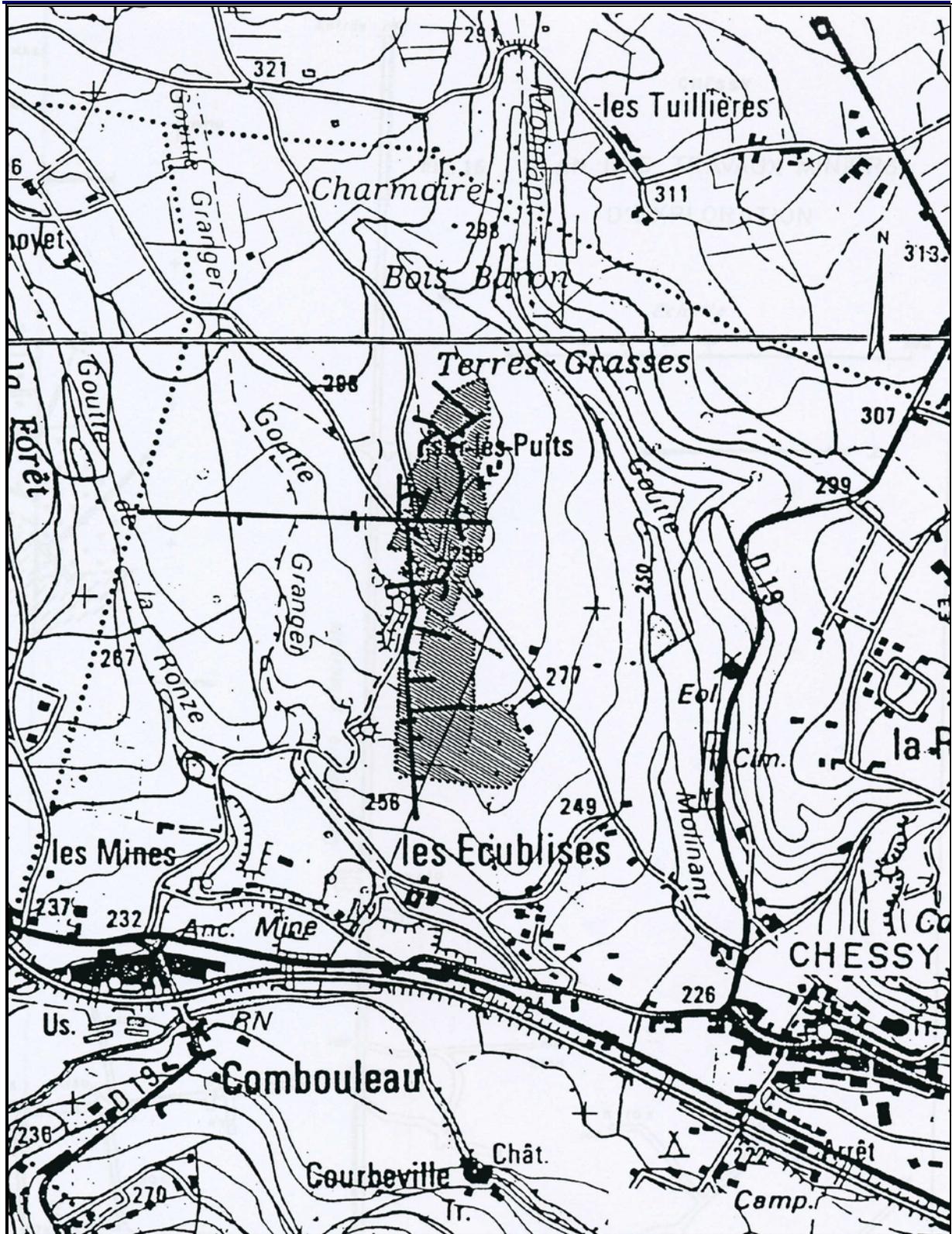


Fig. 5 Travaux miniers d'exploration du BRGM et emprise du gisement.

4. LES DEPOTS DE DECHETS MINIERES

4.1. STÉRILES ET DÉBLAIS

L'exploitation, au cours des siècles, des différents gisements alignés selon une direction nord-sud s'est faite sur environ 900 m d'allongement et majoritairement entre 50 et 70 m de profondeur pour fournir 10 000 à 15 000 t de cuivre. La topographie des lieux a donc été complètement modifiée par les déblais de creusement des galeries et des puits ainsi que par l'impact des différents traitements utilisés au cours du temps.

Une grande partie des stériles des anciens travaux a été déposée sur l'axe d'exploration minière (SW-NE) sur le flanc de la colline en bordure du chemin rural des Puits. Les dépôts sont généralement de granulométrie assez grossière et partiellement végétalisés, et ne posent donc pas de problèmes d'érosion. Cependant, certaines zones sont couvertes de dépôts de couleur jaunâtre qui ne sont pas végétalisés et qui ne peuvent l'être rapidement du fait de l'activité illégale de moto tout terrain. La dernière parcelle de terrain située avant le carrefour C.R. du puits et C.R. du bois d'Oingt, occupée par les dépôts issus des puits de la mine bleue, est propriété de la Société Minéralogique de l'Arbresles. Elle est le siège d'une activité liée à la présence de la Chessyite. Ces dépôts ont été déversés sur le sol en place ou sur les anciens puits présents dans la zone (figure 6).

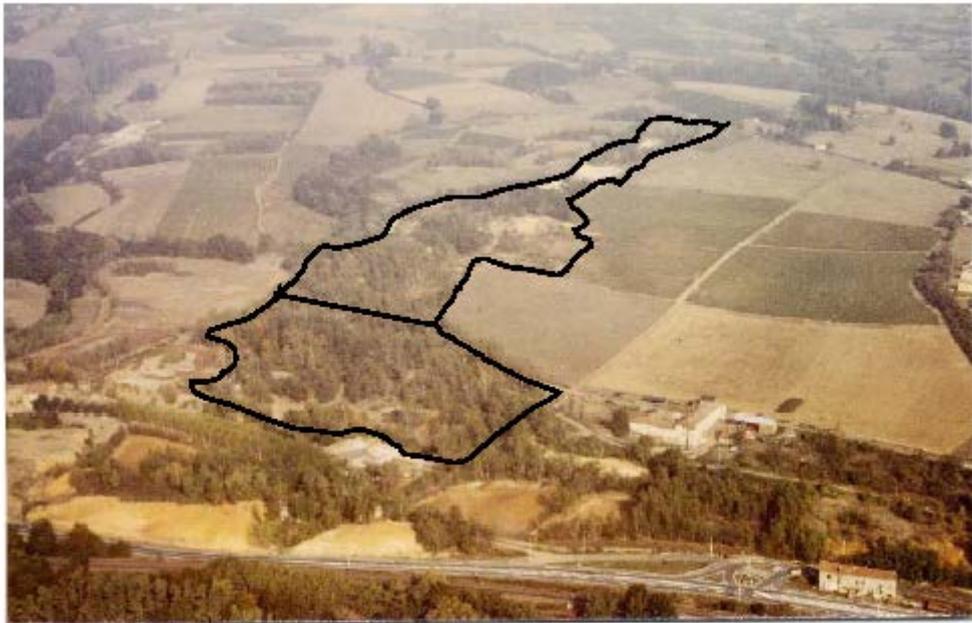


Fig. 6 - Zone des puits à l'amont et des remblais à l'aval.

4.2 LES BASSINS DE DÉCANTATION

Les débits d'exhaure des travaux BRGM ont peu varié avec l'extension et l'approfondissement des recherches vers le sud, et oscillaient entre 10 et 20 m³/h et à la sortie de la descendrie les eaux avaient un pH moyen de 6,6. Ces eaux d'exhaure étaient collectées dans un premier bassin, où elles subissaient une première décantation. Par la suite, les eaux s'écoulaient dans 3 bassins placés en série et occupant une superficie de 3 000 m². Ces 3 bassins avaient été creusés dans le talweg de la Ronze sur la rive gauche du ruisseau, 3 à 4 m au-dessus des celui-

ci. Les deux premiers avaient été imperméabilisés par une bâche plastique. Les eaux d'exhaure, étaient ensuite rejetées dans la Goutte de la Ronze, après mesure du pH. Plus en aval, la Goutte de la Ronze se jette dans un étang de retenue dont les eaux sont utilisées pour traiter les eaux d'exhaure des anciens travaux, puis elle rejoint l'Azergues 500 m plus en aval.

4.3. RÉSIDUS DE NEUTRALISATION

Le traitement des eaux acides à la chaux, vraisemblablement mis en place lors de la construction de l'usine d'acide sulfurique, au milieu du XIX^e siècle, a conduit au remplissage de plusieurs bassins de décantation dont deux sont encore en fonction et à la formation d'une série de tas en bordure de la route départementale. Il est à noter que les travaux d'élargissement de cette chaussée ont conduit à la mise à nu de pentes de certains tas dont la base repose maintenant directement sur le bord des caniveaux bordant la chaussée (les murs de confinement ayant disparu). Toute la partie basse du site est ainsi occupée par les tas de résidus de neutralisation ou les bassins de décantation (figure 7).



Fig. 7 - Vue aérienne des résidus de neutralisation en 1986.

4.4. STOCKS DE PYRITE GRILLÉE

Il subsiste sur le site des reliquats des stocks de « pyrite grillée » dont l'impact potentiel sur la qualité des eaux est lié à la génération de drainage acide par oxydation des sulfures résiduels et mise en solution des métaux (figure 8). Le stock principal de « pyrite grillée » est situé dans une enceinte murée (aujourd'hui partiellement détruite) comprenant un réseau de drainage périphérique en poterie (cassé en plusieurs endroits) et un réseau sous-jacent de gros blocs et galets qui repose sur une « dalle » constituée de galets chaux et pyrite. En effet une usine d'acide sulfurique fut construite en 1848, la totalité des cendres de grillage étant disposée sur une aire bétonnée et arrosée d'acide sulfurique très dilué. Le sulfate de cuivre ainsi formé était déplacé par de la ferraille disposée dans des canaux en bois et on recueillait le cuivre de ciment. Ces dépôts sont actuellement répartis de façon inégale (entre 0 et 2 m d'épaisseur) sur

une surface de plus de 2 hectares. La pyrite restante est principalement localisée au sud de la zone de stockage avec des épaisseurs atteignant 1 à 1,90 m, dans la partie nord les épaisseurs sont le plus souvent comprises entre 0,10 et 0,20 m. Les eaux acides produites étaient, après cémentation du cuivre sur des pièces de ferraille, puis neutralisation à la chaux dans des bassins de saturation avec les eaux d'exhaure, stockées dans les bassins de décantation puis rejetées dans la Goutte Granger ou l'Azergues. Le débit qui oscillait entre 0,3 et 1 m³/h a été considérablement réduit suite à la vente progressive de la majorité des résidus de grillage à diverses cimenteries : Entre 1978 et 1986, à raison d'environ 3 000 t par mois la pyrite fut utilisée par plusieurs cimenteries dans l'Ardèche, l'Allier et la Drôme. Le stock actuel est donc un stock résiduel d'environ 16 000 t.



Fig. 8 - Vue aérienne de l'aire de pyrite grillée en 1985.

5. DONNEES ENVIRONNEMENTALES

5.1. MILIEU NATUREL (INVENTAIRE GEOCHIMIQUE)

Le BRGM a réalisé, dans un objectif d'identifications d'éventuelles ressources minières, des reconnaissances géologiques spécifiques et des investigations géochimiques extensives dans certaines zones potentiellement intéressantes. C'est le cas de la majeure partie du département du Rhône, pour lequel ces investigations ont été conduites, pour l'essentiel, de 1980 à 1982. En 1997, le ministère de l'Industrie, des Postes et des Télécommunications et du commerce Extérieur, a demandé au BRGM de valoriser ces données pour répondre à des préoccupations d'ordre environnemental : références géochimiques et incidence possibles sur l'eau souterraine utilisée pour l'alimentation en eau potable des populations (rapport BRGM R 39628).

Les **gisements et indices de la carte des gîtes minéraux** de la France (feuille LYON à 1/500 000) ont été reportés sur les différentes cartes géochimiques : dans le Rhône, seuls les deux gisements à pyrite, cuivre et zinc de Chessy et Sain-Bel sont significatifs.

Les **résultats d'analyse des prélèvements géochimiques** montrent que la répartition des éléments plomb, zinc cuivre et arsenic est contrôlée par les gisements et indices métalliques de la région (cf tableau 1 et figures 9 et 10)

Elément	Unité	Nombre d'observations	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne arithmétique
Fe ₂ O ₃	%	3210	1,43	28,57	7,88
MnO	%	3210	0,006	1,299	0,111
Ba	ppm	3210	118	9999	536
V	ppm	3210	10	429	83
Sb	ppm	2964	1	273	27
As	ppm	2964	1	1510	86
Pb	ppm	3210	10	3383	86
Zn	ppm'	3210	14	> 10000	108
Cu	ppm	3210	3	> 10000	42
Ni	ppm	3210	5	509	37
Cr	ppm	3210	5	735	74
Ag	ppm	3210	0,1	22	0,9
Sn	ppm	2624	10	180	16
W	ppm	2624	3	40	7
Mo	ppm	3210	2	121	3
Co	ppm	3210	5	114	19
Cd	ppm	1166	1	10	1
Nb	ppm	1166	10	71	35
F	ppb	1166	185	2480	725

Tabl. 1 - Statistiques sur les éléments et échantillons pris en compte.

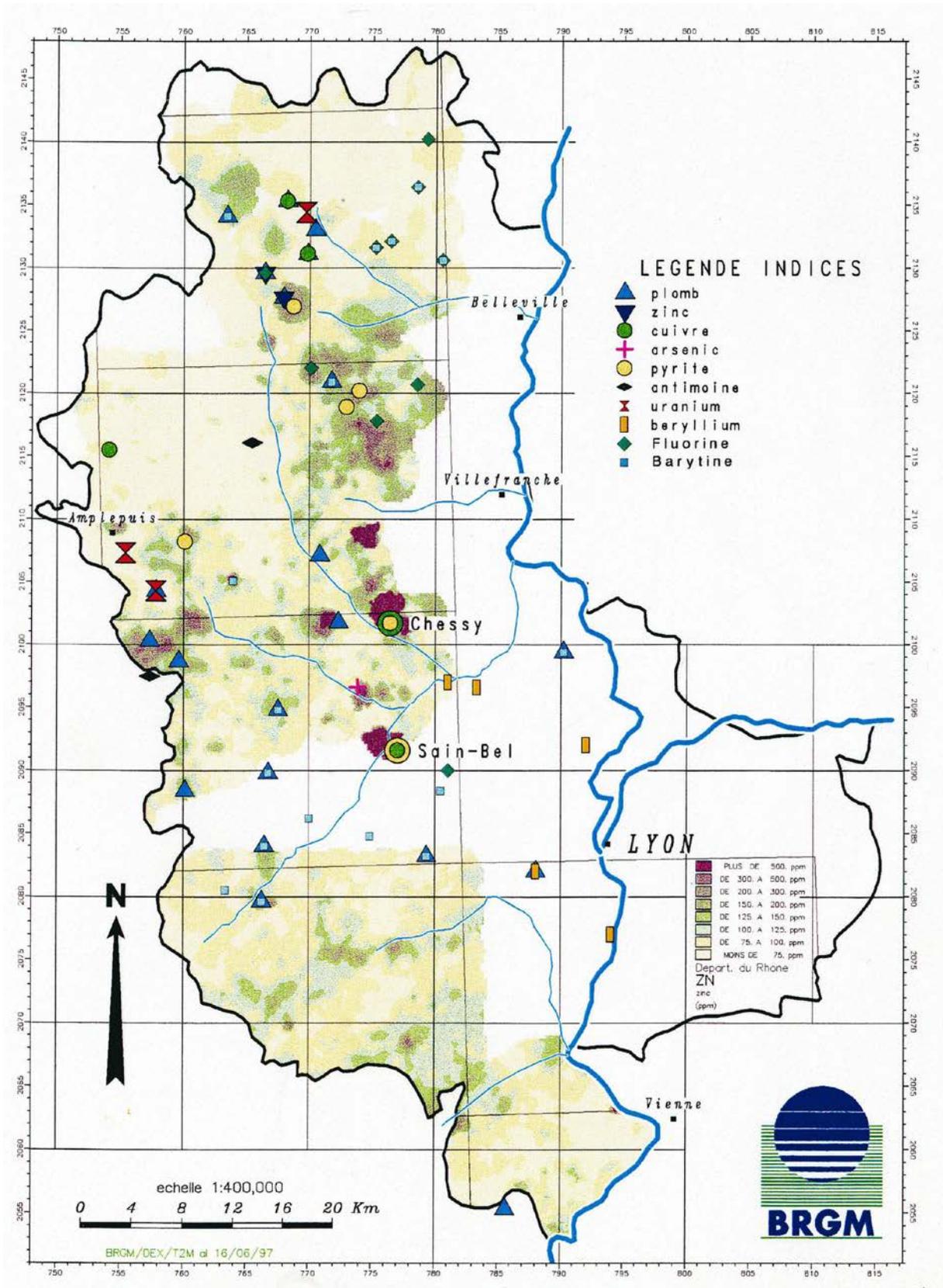


Fig. 9 Inventaire géochimique du département du Rhône : Résultats pour le zinc (ppm).

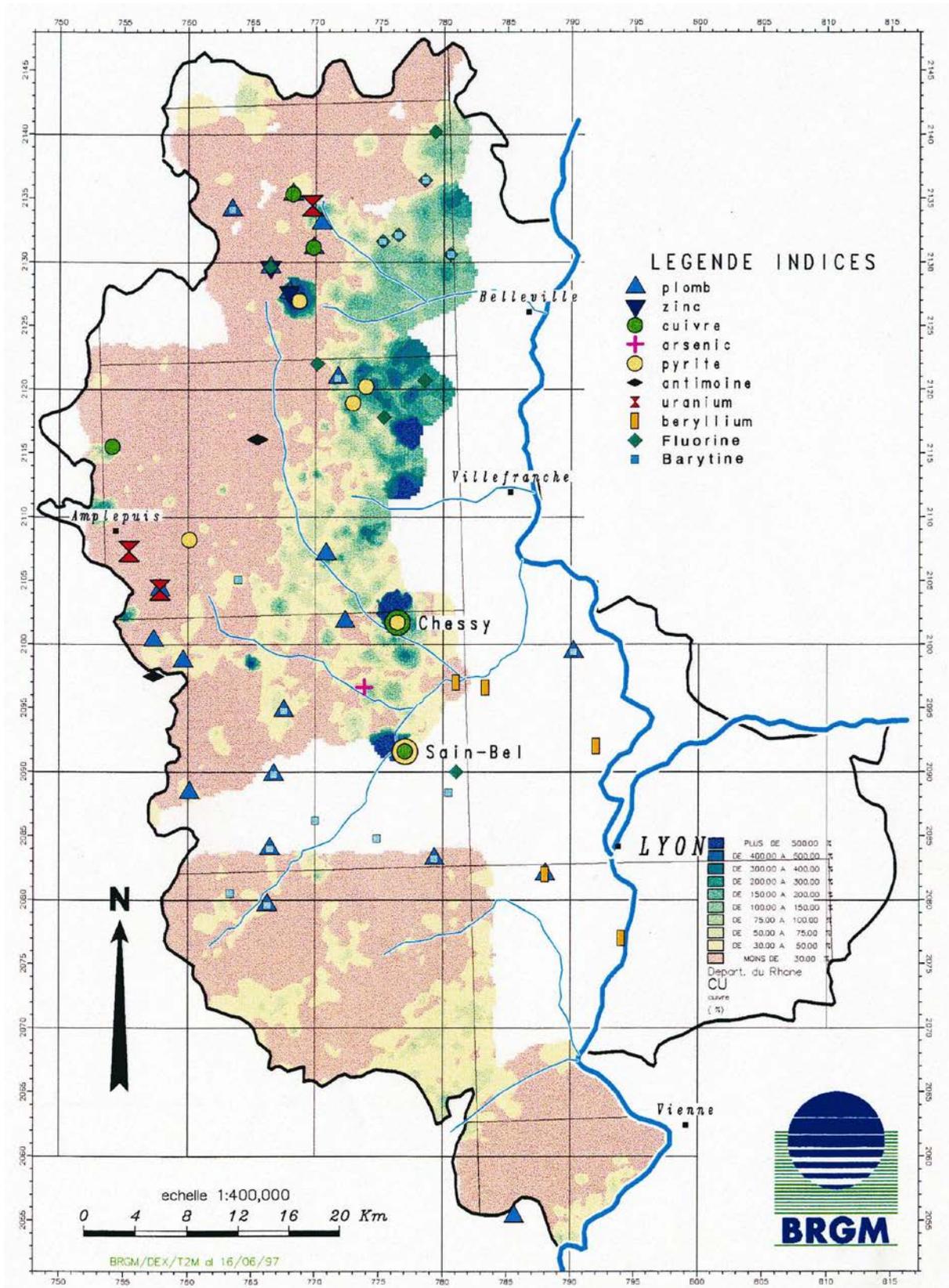


Fig. 10 Inventaire géochimique du département du Rhône : Résultats pour le cuivre (ppm).

5.2. IMPACTS DES ACTIVITES MINIERES

5.2.1 Eaux acides en provenance des anciens travaux

Toutes les galeries anciennes ayant permis l'exploitation des diverses mines (jaune, noire, rouge et bleue), communiquaient entre elles par des puits intérieurs et montages ; les produits issus du fond - minerai et terres stériles - étaient extraits par les divers puits forés depuis le jour. Lors des effondrements de l'ensemble des travaux miniers de 1857 qui sonnent le glas de l'exploitation, puis du fait d'effondrements ultérieurs plus limités, ces galeries se trouvent obturées en grande partie mais elles doivent continuer néanmoins à jouer le rôle de drains. La description des anciens travaux, faite en 1876, donne des informations sur le réseau de galeries et l'importance du rôle de l'eau dans la stratégie d'exploitation. On a donc sur l'ensemble du site un système plus ou moins perméable avec des zones de drainages préférentielles ce qui s'assimile, d'ailleurs, à un système hydrogéologique de socle où les drains sont les fractures.

- **Circulation des eaux acides**

a) Circulation drainée dans les galeries

On peut diviser le site en 2 zones : une **zone amont** (la colline avec les galeries et les puits creusés dans la roche en place) où les eaux des anciens travaux convergeraient vers la galerie appelée galerie d'écoulement (dont le tracé a été modifié au cours du temps) ; une **zone aval** dont les 10 premiers mètres (en moyenne) sont constitués de remblais ou de roches en place, traversés du nord au sud par la galerie d'écoulement et d'est en ouest par la galerie de la Plaine.

La connexion entre ces 2 galeries se fait par l'intermédiaire d'un réseau complexe de conduits bien tracés sur les anciens documents, mais la communication avec la galerie d'écoulement aval maçonnée, en activité actuellement, n'est pas indiquée sur les plans. En effet, les plans indiquent successivement 2 galeries d'écoulement et il n'existe pas d'informations sur les raisons et la manière dont ce sont effectués ces travaux de collecte des eaux acides. Cette galerie maçonnée, encore en partie accessible, draine en permanence les eaux en provenance des anciens travaux. La galerie d'écoulement s'ouvre au jour à la cote 233 et permet donc le drainage partiel de la partie supérieure des anciens travaux. Les parties de la mine comprises entre les cotes 124 et 233 m dans la partie sud sont immergées en permanence. Il convient de noter que le point le plus bas topographiquement de cette zone est à 222 m et correspond à la rivière (l'Azergues).

b) Circulation diffuse

Une autre circulation d'eau acide a été identifiée durant les études menées par le BRGM en 2002 ; il s'agit d'un écoulement diffus permanent qui s'écoule dans le fossé bordant l'allée des Platanes (dominé 10 m plus haut par la zone de pyrite grillée et la maison « Maréchal »), ce talus est constitué de roches en place et de remblais. Cette eau acide emprunte au bout de 50 m dans le fossé un conduit souterrain maçonné qui conflue avec la Goutte Granger dans sa partie aval souterraine puis se jette dans l'Azergues.

Cette eau acide pourrait avoir deux origines (figure 11) :

- en relation avec des infiltrations des eaux acides en provenance du tas de pyrite grillée ;
- en relation avec des écoulements d'eaux acides s'échappant des galeries (galerie de la plaine ou galerie d'écoulement).

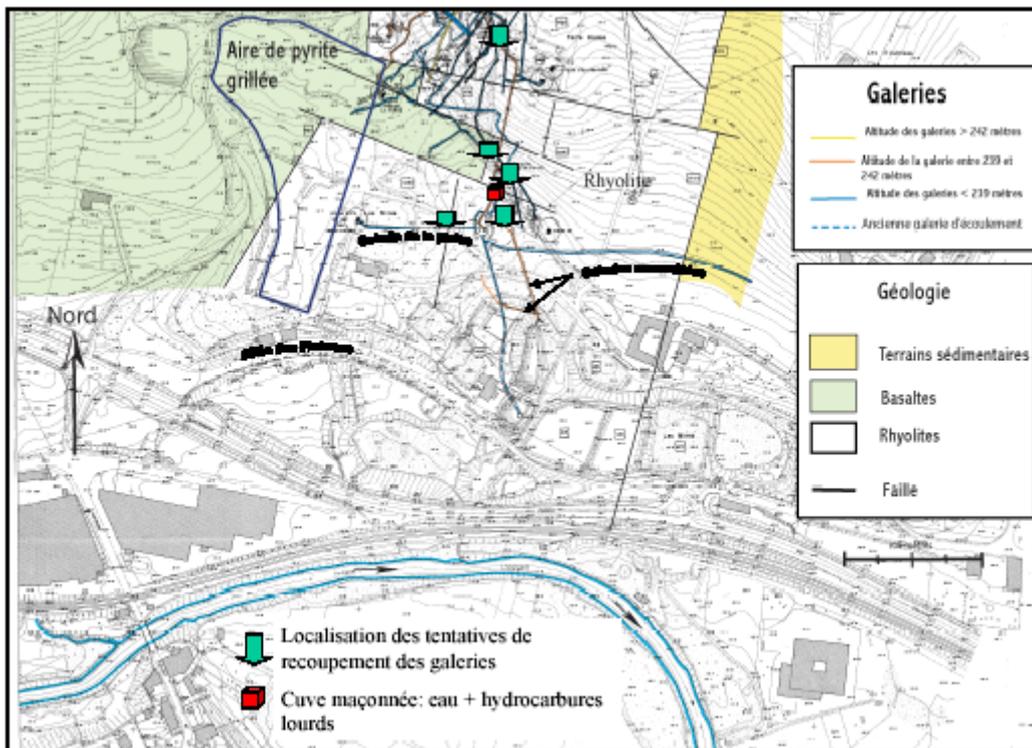


Figure 11 – Travaux BRGM de reconnaissance des galeries d’écoulement (aval du site).

- **Qualité des eaux**

La caractérisation physico-chimique de toutes les eaux acides avait pour objectif de préciser la circulation de ces eaux et leur charge polluante. La campagne de prélèvements a été réalisée en avril 2002 (tableau 2).

Les principales observations sont les suivantes :

- la concentration en métaux est la plus faible dans la galerie principale qui présente le plus fort débit (phénomène de dilution) et le pH le plus élevé des eaux des galeries ;
- les débits des autres galeries (quelques litres/heure) permettent aux eaux de s’acidifier et de s’enrichir lentement en métaux au contact des sulfures ;
- la composition chimique des eaux collectées dans le fossé de l’allée des Platanes est proche, pour certains éléments de celle de l’eau des galeries. Les diagrammes de corrélation entre éléments confirment l’existence de deux évolutions chimiques différentes : d’un côté l’ensemble des galeries et de l’autre les eaux issues de la lixiviation des pyrites. Certains éléments, comme le plomb, présentent de très fortes variations en relation avec leur capacité d’adsorption sur les phases solides ;
- les éléments comme les sulfates et les chlorures dont la concentration ne se modifie pas ou peu durant leur circulation dans le sous-sol confirment la parenté entre les eaux des galeries et les eaux s’écoulant dans le fossé de l’allée des Platanes ;
- l’eau échantillonnée sous les pyrites présente une chimie plus complexe : pH élevé mais une teneur en métaux intermédiaire entre celle mesurée dans les galeries et celle des pyrites, et correspond à un mélange de plusieurs eaux.

	SO ₄ ²⁻ (g/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (mg/l)	Cu (mg/l)	Ni (mg/l)	Co (µg/l)	Pb (µg/l)	Cd (µg/l)	As (µg/l)	pH
Galerie de la Plaine	3,62	400	3 084	53,6	30,8	257	63	1 600	1 530	-50	2,99
Galerie principale	2,16	250	130	24	7,6	209	53	570	1 070	-50	3,25
Résurgence galerie secondaire	4,84	340	395	55,2	17,2	250	69	1 220	1340	130	2,57
Tuyaux galerie secondaire	3,26	350	59,2	37,5	12,2	280	108	134	1 390	66	2,70
Fossé allée des Platanes	2,82	270	0,32	38,3	20,3	579	262	11	1 340	124	3,75
Aval fossé (partie souterraine)	2,39	200	9,86	25,9	17,2	335	112	27	870	62	3,54
Puits pyrite (eau stagnante)	13,55	1 410	1 200	129	467	102	15	-10	1 910	-50	2,27
Drainage tas pyrite (eau stagnante)	n.d.	6 100	5 542	255	2 100	807	318	-10	26 900	93	4,21
Sondage sous pyrite	5,13	1 050	0,24	6,46	195	1 830	164	-10	2 770	-50	5,80

Tabl. 2 - Analyses chimiques des eaux des galeries et du tas de pyrite.

- **Impacts sur les eaux**

- a. eaux superficielles**

Les deux gouttes n'ont pu être échantillonnées car elles étaient à sec ou contenaient des eaux stagnantes. La Goutte Granger était à sec uniquement à l'amont de la station de traitement car à l'aval se déverse des eaux acides et des eaux neutralisées :

- les circulations diffuses collectées dans le fossé de l'allée des Platanes rejoignent la Goutte puis la rivière en empruntant un circuit normalement conçu pour les eaux pluviales. Le débit est proche de 2,5 m³/h ;
- le système de collecte des eaux acides à la sortie de la galerie n'est pas étanche et des infiltrations localisées d'eaux acides sont à l'heure actuelle inévitables ; ces fuites d'eaux acides empruntent un ancien drain souterrain et rejoignent la Goutte Granger ;
- le bassin des eaux acides n'est pas étanche et des fuites minimales sont bien visibles dans le muret surplombant le cours canalisé de la Goutte Granger (la Goutte coule uniquement à la suite d'épisodes pluvieux). Ces fuites sont fonction du degré de remplissage du bassin acide et peuvent atteindre 0,5 à 1 m³/h.

En période pluvieuse les eaux acides se mélangent avec les eaux pluviales ruisselant sur le bassin versant en entraînant une dilution, mais durant les période sèche les eaux acides ne sont diluées que par le rejet du drain du bassin de décantation. Ces eaux neutralisées ont un débit proche de 0,5 m³/h.

On a donc procédé à des prélèvements d'eau dans la rivière en amont et en aval du point de rejet des eaux en provenance du site pour quantifier leur impact en période sèche (avril 2002) (tabl. 3).

	SO ₄ ²⁻ (g/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (mg/l)	Cu (mg/l)	Ni (µg/l)	Co (µg/l)	Pb (µg/l)	Cd (µg/l)	As (µg/l)	pH
Azergues amont rejet	23,3	0,021	0,04	-0,15	0,025	-25	-10	-10	-10	-50	7,30
Azergues 50 m aval rejet	40,2	1,70	0,04	-0,15	0,092	-25	-10	-10	-10	-50	7,40

Tabl. 3 - Analyses chimiques de l'Azergues.

Au moment des prélèvements le rejet de la mine (eaux acides plus une partie de l'eau de neutralisation surnageant) avait un pH de 3,4 et était dilué par les fuites d'un canal d'eau douce situé au-dessus du rejet, le pH remontant à 4,84 (fig. 8). Compte tenu de la différence de débit entre le rejet (de l'ordre de quelques m³/h) et celui de la rivière (moyenne mensuelle variant de 1 à 10 m³/s), et donc du rapport de dilution, l'impact n'est pas significatif. Les faibles augmentations en certains métaux (zinc et cuivre) montrent que 50 m après le rejet, la dilution n'est pas encore complète. Un rejet peut, en effet, rester individualisé sur une section de rivière dont la longueur est fonction de la différence des températures et des compositions chimiques. Afin de vérifier si les eaux acides pouvaient s'infiltrer par des drains naturels ou artificiels jusqu' à la rivière, un suivi pH a été réalisé sur 250 m le long de la berge de l'Azergues en aval du site ; aucune anomalie n'a été détectée.

b. Impact sur les eaux souterraines

Un dispositif de suivi piézométrique a été mis en place en 1990. L'examen des évolutions des niveaux piézométriques montre que les variations dans tous les piézomètres et l'Azergues sont similaires (au pas de temps des mesures) avec toutefois des amplitudes variant suivant les piézomètres. Cette évolution, indépendante de la géologie des forages (grès, basaltes, rhyolites), semble donc indiquer que les aquifères profonds sont semi-captifs. Les remontées de niveau se produisent en règle générale en janvier et février ainsi que de façon moins régulière en mai ; les minima sont observés de septembre à novembre suivant les années.

La qualité des eaux des aquifères semi-captifs de la zone démontrent la faible communication entre les aquifères superficiels et les aquifères profonds. Les pH sont proches de la neutralité. On note cependant des concentrations plus élevées, pour certains métaux et sulfates, dans les eaux du piézomètre peu profond proche de la Goutte de la Ronze ou dans le piézomètre de l'allée des Platanes à l'aval de la pyrite et de galerie de la Plaine. La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus en 1998 ne révèlent pas de variations significatives (tabl. 4).

	SO ₄ ²⁻ (g/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (mg/l)	Cu (mg/l)	Ni (mg/l)	Co (µg/l)	Pb (µg/l)	Cd (µg/l)	As (µg/l)	pH
Allée des Platanes (613)	0,85	9,09	0,85	- 0,15	0,044	0,079	15	88	24	69	6,34
Proche Azergues (619)	- 0,002	- 0,025	2,11	- 0,15	- 0,010	- 0,025	- 10	-10	- 10	- 50	7,17
Proche goutte de la Ronze (616)	1,04	0,26	0,09	- 0,15	- 0,010	- 0,025	- 10	162	- 10	- 50	7,25
Aval anciens travaux (615)	0,61	1,94	0,37	- 0,15	0,256	0,056	- 10	223	41	- 50	6,97
Est des tas de neutralisation (511) non purgé	0,016	-0,025	0,12	- 0,15	-0,010	-0,025	- 10	- 10	- 10	- 50	7,42
511 purgé	0,019	0,038	-0,02	- 0,15	- 0,010	- 0,025	- 10	- 10	- 10	- 50	7,42

Tabl. 4 - Analyses chimiques des eaux des piézomètres.

- **Traitement des eaux acides**

a) Flux

Un calcul préliminaire de la recharge du système par les eaux de pluie en liaison avec les débits observés à la sortie de la galerie montre que le volume des eaux d'exhaure est du même ordre de grandeur que celui des pluies s'infiltrant dans la zone. La comparaison des données pluviométriques avec celles des débits mesurés à la sortie de la galerie permet de préciser le fonctionnement du système (fig. 12).

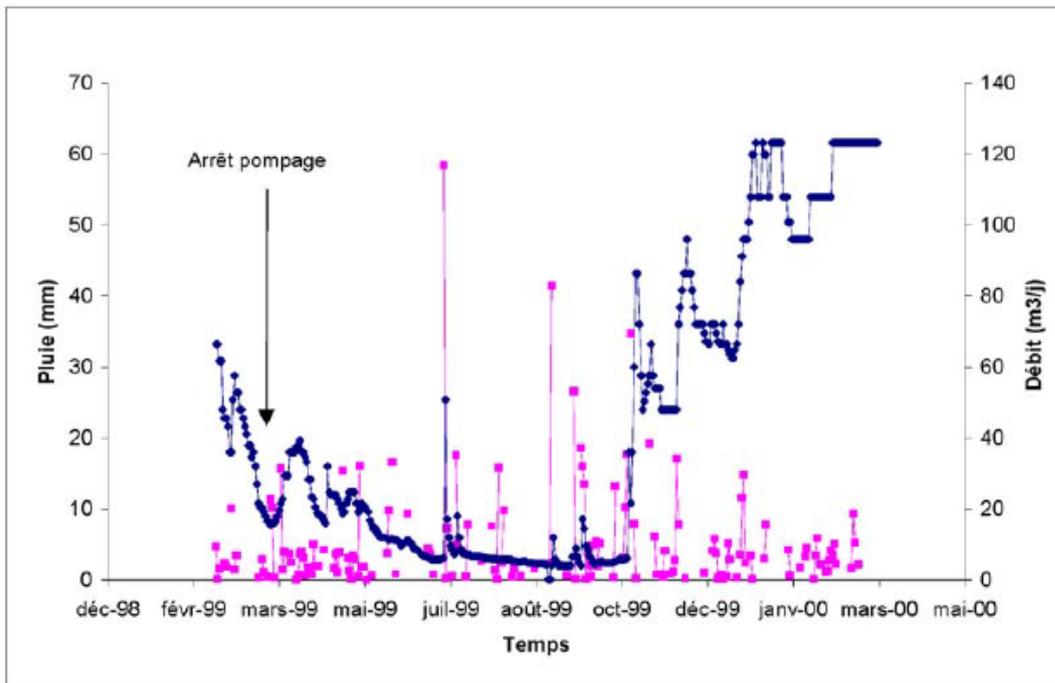


Fig. 12- Diagramme pluie/débit de l'eau d'exhaure.

b) Processus

Le processus de traitement des eaux acides est toujours le même que celui effectué autrefois : les eaux acides issues des anciens travaux et pour partie du stock de pyrite grillée sont recueillies dans un étang en forme de trapèze irrégulier d'un volume estimé à 1 100 m³. D'un autre côté, les eaux de l'étang alimenté par les eaux de la Goutte de la Ronze servent de réservoir d'eau claire, l'alimentation en eau se fait par une conduite, sous galerie maçonnée lors de la traversée de la zone de pyrite grillée. Un lait de chaux préalablement préparé dans un petit bassin avec les eaux claires est vidé par gravité dans le bassin de neutralisation. Après agitation manuelle et temps de réaction, le bassin de neutralisation est vidé dans un bassin de décantation (fig. 13). À ce stade, les précipités d'hydroxydes se déposent et l'eau s'infiltre dans le sol, et une partie du surnageant se déverse dans un drain qui rejoint la Goutte Granger. Les tableaux 5 et 6 montrent l'efficacité du traitement à la chaux sur les concentrations métalliques.

Date	pH		SO ₄ ²⁻ (g/l)		Zn (mg/l)		Fe (mg/l)	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
23/02/2001	2,45	11,94	2,98	1,43	380	0,03	300	0
30/03/2001	2,72	9,40	3,40	1,30	350	0,00	380	0
10/05/2001	2,65	10,82	2,80	2,46	360	2,4	300	0
11/06/2001	2,78	11,49	2,76	1,76	350	0,42	277	0
12/07/2001	2,70	11,70	2,70	1,20	390	1,44	149	0
07/08/2001	2,54	11,86	2,20	1,30	340	5,00	131	0
03/09/2001	3,30	10,70	2,08	1,90	366	1,00	129	0
04/10/2001	2,69	11,98	1,85	1,65	322	0,00	129	0
18/10/2001	3,03	11,63	2,30	1,90	295	2,95	97	0
05/11/2001	2,92	11,89	1,75	1,45	310	3,25	115	0
05/12/2001	2,89	11,82	2,25	2,15	396	2,50	81	0
19/12/2001	3,04	11,74	1,10	1,35	320	1,70	79	0

Tabl. 5 - Comparaison des valeurs mesurées dans l'eau à l'entrée et à la sortie du bassin de neutralisation : pH, sulfate, zinc et fer.

Date	Al (mg/l)		Cu (mg/l)		Ni (mg/l)		Co (mg/l)	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
23/02/2001	77,0	0,1	37,40	0,10	0,15	0,00	0,09	0,02
30/03/2001	93,5	0,4	81,00	0,00	0,28	0,07	0,07	0,01
10/05/2001	70,0	0,1	43,20	0,04	0,19	0,00	0,04	0,00
11/06/2001	68,0	0,0	36,20	0,00	0,21	0,03	0,06	0,00
12/07/2001	63,5	0,3	23,00	0,04	0,22	0,10	0,06	0,00
07/08/2001	57,0	0,1	22,60	0,03	0,17	0,00	0,02	0,00
03/09/2001	55,0	0,5	14,45	0,03	0,18	0,00	0,07	0,00
04/10/2001	45,9	0,5	11,00	0,02	0,17	0,00	0,07	0,00
18/10/2001	43,6	0,4	10,20	0,02	0,15	0,01	0,10	0,03
05/11/2001	44,5	0,4	10,90	0,03	0,19	0,10	0,08	0,05
05/12/2001	42,1	0,0	8,80	0,02	0,23	0,03	0,06	0,00
19/12/2001	38,6	0,0	10,95	0,03	0,20	0,01	0,07	0,01

Tabl. 6 - Comparaison des valeurs mesurées dans l'eau à l'entrée et à la sortie du bassin de neutralisation : aluminium, cuivre, nickel et cobalt.



Fig. 13- Traitement des eaux acides.

5.2.2. Exhaure des travaux du BRGM

- **La descenderie du BRGM a été creusée à partir d'un point haut** (cote 280 m) et s'est enfoncée vers l'Est puis le Sud. Une venue d'eau importante (25 m³/h) est apparue lorsque la descenderie a atteint la minéralisation sulfurée (cote 185 m environ), puis a pratiquement disparu avec l'approfondissement des travaux. Par la suite, des venues d'eau peu importantes et temporaires sont apparues, essentiellement lors de l'exécution des sondages carottés ou à la faveur d'accidents tectoniques. Lors des travaux, aucune venue d'eau importante n'a toutefois pu être identifiée comme venant des niveaux supérieurs; on a tout au plus pu soupçonner des infiltrations d'eau acide, car des pH de 3 ont été relevés.

Il semble en fait que les travaux BRGM aient joué un rôle de drain du massif sans pour autant qu'une communication directe avec les travaux miniers ait existé, et que ceux-ci ont simplement été moins alimentés.

Les débits d'exhaure ont peu varié avec l'extension et l'approfondissement des recherches vers le Sud, et oscillaient entre 10 et 20 m³/h. Ces venues d'eau, au contact avec l'air pouvaient donner naissance à quelques précipités d'hydroxydes de fer, mais n'étaient pas acides et à la sortie de la descenderie les eaux avaient un pH moyen de 6.6.

Il n'y a aucune relation entre ces venues d'eau et l'aquifère situé à l'Est de la faille N20; en effet, cette faille régionale est sèche, et constitue un véritable écran, car garnie d'argiles colmatantes et plastiques.

A l'origine, les eaux étaient pompées à la base des descenderies et expédiées vers la surface à l'aide de pompes déposées dans 4 albraques. A partir de 1988, une partie de la

descenderie sud a été noyée et les pompes ont alors été installées à la cote 162 m. Les eaux d'exhaure, déversées dans une série de bassins de décantation, étaient rejetées dans la goutte de la Ronze, après mesure du pH.

- **Impact de l'arrêt du pompage :**

1 - Le noyage des galeries devait permettre au système hydraulique de retrouver son équilibre (la descenderie est située sous les anciens travaux miniers). Dans la mesure où les eaux circulent uniquement dans des fractures, la zone d'influence du cône créé par le pompage ne pouvait pas avoir une grande extension.

2 - Les eaux d'exhaure de la descenderie BRGM étaient rejetées dans la Goutte de la Ronze et alimentaient un étang situé à proximité du site de la saturation. L'arrêt du pompage a donc amené **une petite diminution du débit de ce ruisseau, qui a retrouvé son état initial.**

3 – **La remontée des eaux dans la zone des travaux miniers du BRGM, devait influencer le débit des eaux acides issues des anciens travaux.** En effet, les travaux BRGM se situent entre les cotes 280 m (entrée de la descenderie principale) et 72 m (base de la descenderie sud), alors que la cote de sortie des eaux d'exhaure des anciens travaux est à 232 m. Il était donc prévisible les débits de l'ordre du m³/h observé depuis le début des travaux BRGM allaient remonter pour atteindre les valeurs antérieures de 6m³/h. Au bout de deux ans le débit est effectivement remonté jusqu'à des valeurs de l'ordre de 5 m³/h maximum sans que la qualité de ces eaux ne soit modifiée

5.2.3. Résidus de neutralisation

a) Caractérisation des dépôts historiques

Un inventaire et une caractérisation des dépôts, sur toute leur épaisseur, ont été réalisés en janvier 2002 en utilisant une sondeuse sur chenillette. Certaines zones non accessibles n'ont pu être échantillonnées. Les analyses chimiques complètes ont porté sur 41 échantillons avec également pour certains des analyses des fractions inférieures et supérieures à 125 µm, des analyses granulométriques ainsi que des tests de lixiviation (figure 14).

Les analyses chimiques réalisées dans les niveaux orangés montrent logiquement des teneurs élevées en calcium (25 %) et sulfates (31 %) (formation de gypse) et en certains métaux : zinc : 100 000 mg/kg ; cuivre : 15 000 mg/kg ; cadmium : 150 mg/kg ; plomb très variable de 20 à 800 mg/kg. Il existe des variations de composition suivant les sondages et les niveaux, mais compte tenu des concentrations mesurées, on peut constater une certaine homogénéité dans le traitement des eaux acides au cours du temps.

Les valeurs inférieures dans certains niveaux superficiels peuvent témoigner d'un lessivage par les eaux de pluie. Les niveaux inférieurs sont d'un aspect plus argileux comme en témoignent les teneurs en silice, potassium et aluminium. Les teneurs en métaux sont largement inférieures avec zinc = 4 000 mg/kg ; cuivre = 1 500 mg/kg ; cadmium = 10 mg/kg.

Les concentrations plus faibles en métaux dans les niveaux de base démontrent l'absence de phénomène de migration des éléments vers le sous-sol.

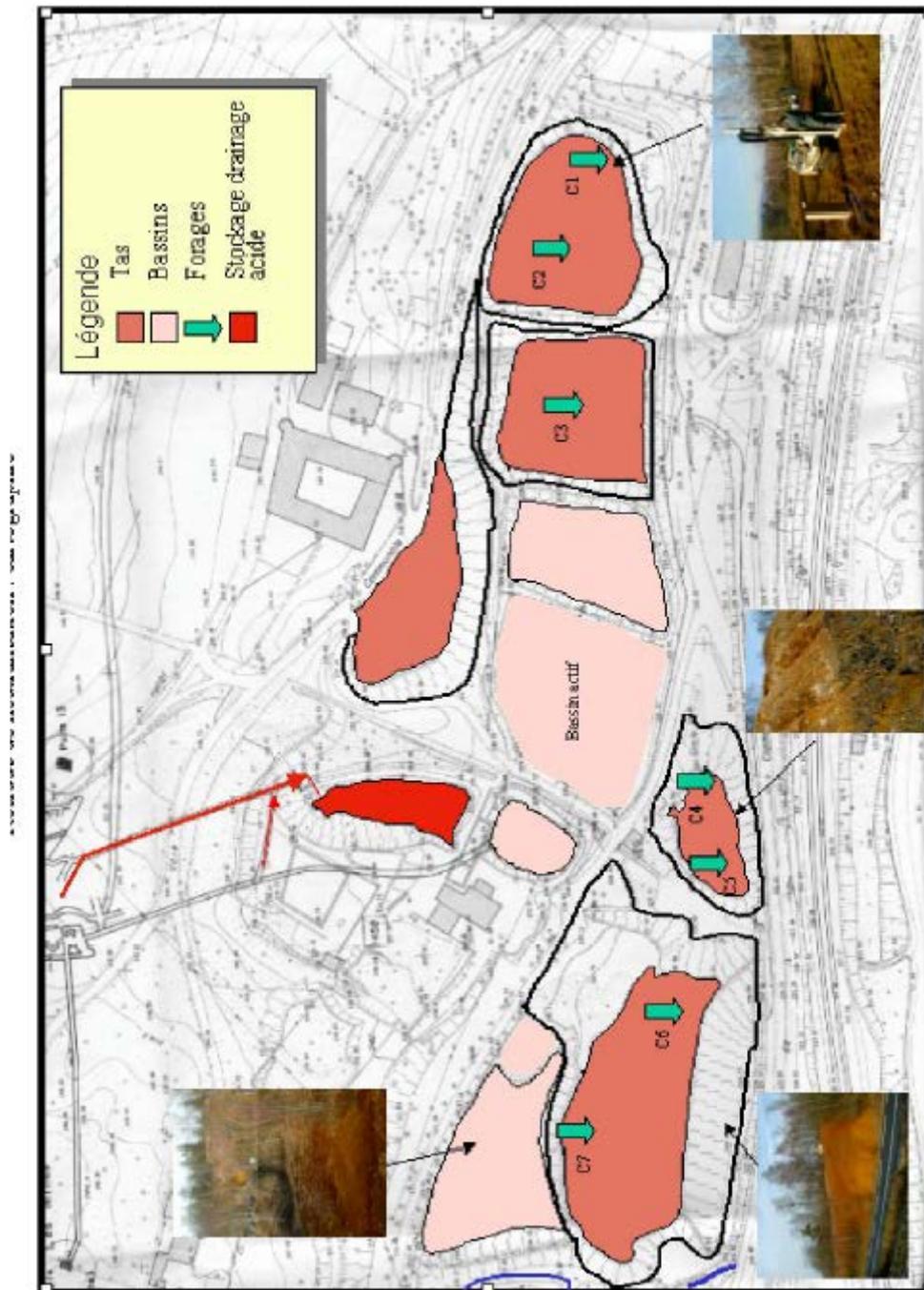


Fig. 14 – Cartographie des résidus de neutralisation

Les résidus du bassin en activité

Un carottage a été effectué dans le bassin, en activité, de décantation et infiltration des eaux neutralisées. Les teneurs sont comparables à celles mesurées dans les dépôts historiques avec toutefois des teneurs en cadmium supérieures et des teneurs en sulfates inférieures (tabl. 7).

	Ca (%)	SO ₄ (%)	Zn (%)	Cu (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Al (%)	Fe (%)
Niveau superficiel lité	34,7	18,9	7,30	5 791	311	153	2,7	8
Niveau intermédiaire lité	32,4	17,7	7,80	5 158	391	158	3,1	8,2
Niveau profond orangé	18	26,9	9,05	16 800	460	76	4,9	17,8

Tabl. 7 - Analyses des résidus de neutralisation récents.

5.2.4. Stocks de pyrite.

Le stock principal de « pyrite grillée » est situé dans une enceinte murée (aujourd'hui partiellement détruite) comprenant un réseau de drainage périphérique en poterie (cassé en plusieurs endroits) et un réseau sous-jacent de gros blocs et galets qui repose sur une « dalle » constituée de galets chaux et pyrite.

- **Caractérisation du stock de pyrite grillée**

Un échantillonnage systématique a été réalisé en 2002 afin de voir les compositions moyennes et les variations latérales de chimie de la pyrite. L'objectif était de fournir aux cimentiers susceptibles d'utiliser cette pyrite un ensemble de données fiables. Les teneurs de certains éléments tels que le cuivre (3 300 mg/kg en moyenne), zinc (5 700 mg/kg en moyenne), plomb (3 450 mg/kg en moyenne), strontium (2 100 mg/kg en moyenne), arsenic (131 mg/kg en moyenne), cadmium (30 mg/kg en moyenne) et l'argent (35 mg/kg en moyenne) sont logiquement élevées avec des variations pour certains métaux tels que le zinc traduisant l'hétérogénéité des dépôts. Le pourcentage en sulfure résiduel est en moyenne de 6 % atteignant 20 % dans une zone de prélèvement.

Un **stock secondaire** est situé plus à l'est (plan). Ce stock présente un front d'exploitation sur sa face sud avec exposition à l'air libre de la pyrite. Ce front est actuellement abandonné du fait de l'arrêt d'extraction par les cimentiers. L'examen de la zone de drainage de ce tas montre que les témoins de la formation de drainage acide sont peu visibles (tels que dépôts de sulfates, coloration par les oxydes de fer, etc.). Le volume serait proche de 1 000 m³. Les résultats des analyses chimiques sont comparables à celles du tas principal.

- **Impacts**

Le réseau originel de circulation des eaux acides est partiellement détruit car les drains périphériques du tas étaient en poterie. Le pourcentage de sulfure résiduel dans les « pyrites grillées » est à l'origine de la génération permanente de drainage acide jusqu'à aujourd'hui. Les mesures de pH effectuées sur le terrain sur des eaux de pluies datant de 24 h et des eaux de drainage issues du réseau de poteries indiquent des valeurs proches de 2. Les jus acides peuvent, lors de fortes pluies, déborder dans le réseau de fossés de drainage des eaux de pluie ou s'infiltrer dans le sol à l'extérieur de la dalle formant le soubassement des tas. Du fait des caractéristiques de cette dalle, qui est particulièrement résistante et a l'apparence d'un béton,

les fuites dans le milieu naturel sont limitées aux période pluvieuses, la dilution par les eaux de pluie étant évidemment maximale durant ces périodes.

5.2.5. Les bassins de décantation (Travaux récents du BRGM)

Les débits d'exhaure des travaux BRGM ont peu varié avec l'extension et l'approfondissement des recherches vers le sud, et oscillaient entre 10 et 20 m³/h et à la sortie de la descenderie les eaux avaient un pH moyen de 6,6. Ces eaux d'exhaure étaient collectées dans un premier bassin, où elles subissaient une première décantation. Par la suite, les eaux s'écoulaient dans 3 bassins placés en série (fig. 15) et occupant une superficie de 3 000 m². Ces 3 bassins avaient été creusés dans le talweg de la Ronze sur la rive gauche du ruisseau, 3 à 4 m au-dessus des celui-ci. Les deux premiers avaient été imperméabilisés par une bâche plastique. Les eaux d'exhaure, étaient ensuite rejetées dans la Goutte de la Ronze, après mesure du pH.

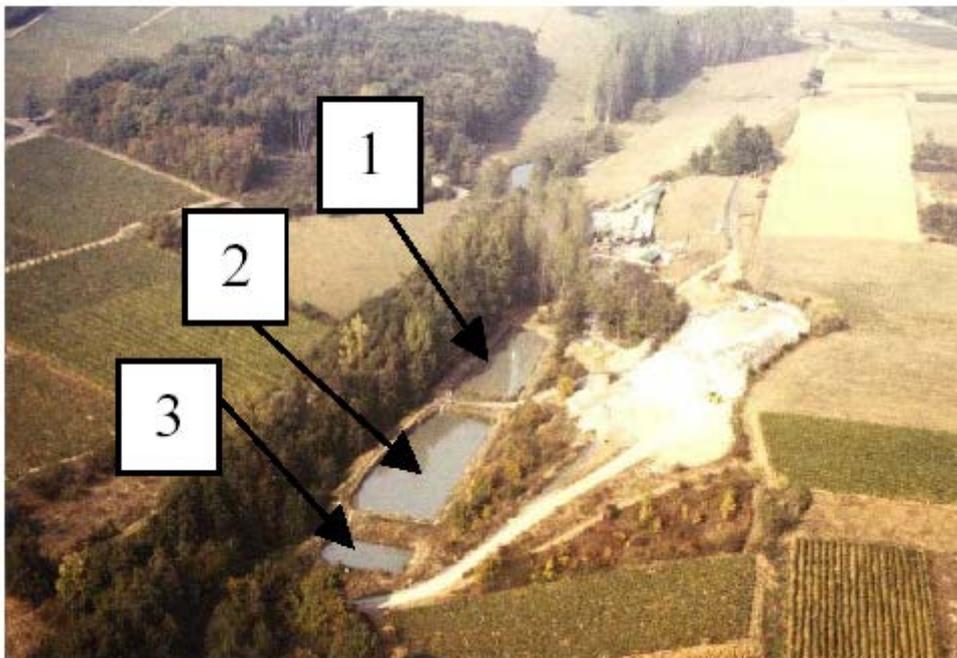


Fig. 15 - Vue aérienne des bassins en 1985.

- Caractérisation des dépôts dans les bassins de décantation

Les trois bassins ont fait l'objet de prélèvements par carottiers à main, une stratification à deux niveaux a été mise en évidence. Des analyses chimiques, granulométriques et des tests de lixiviation ont été réalisés sur ces différents niveaux.

Les analyses chimiques montrent des teneurs, pour certains métaux, comparables à celles mesurées dans le minerai avec logiquement de très fortes valeurs dans les sédiments orangés (roches mères acides abritant la minéralisation) telles que Cu : 22 000 mg/kg ; Cd : 500 mg/kg ; As : 420 mg/kg ; Fe : 50 % ; Zn : 88 000 mg/kg.

- **Impacts**

Les sédiments stockés au fond des bassins et surtout du bassin 1 ont des concentrations en métaux très élevées et une granulométrie très fine, les possibilités de remise en solution de ces métaux en cas d'agitation sont importantes. Les sédiments stockés dans les bassins et en

particulier le bassin 1 ne doivent pas pouvoir être entraînés mécaniquement à l’aval et il est préférable de limiter les circulations d’eau à travers la masse des sédiments.

Il est apparu nécessaire de mettre en sécurité la zone afin de prévenir une accumulation d’eau qui pourrait à terme déstabiliser les bassins situés à flanc du coteau et entraîner un flux de solides vers l’Azergues. Le secteur des 3 bassins a été récemment réaménagé (bassin N° 1 curé, bassins remblayés avec haldes de descenderie, mise en place d’un niveau d’argile compacté dans la couverture du bassin 1).

5.2.6. Stériles et déblais

- **Récents**

Des tests de caractérisation et stabilité ont été réalisés en 2001 sur le tas de stériles (issus des travaux BRGM) situé au dessus des bassins de décantation. Les tests de lixiviation et de potentialité de drainage acide (tests ABA et NAG) ont montré que les lixiviats présentent des pH compris entre 7,5 et 8 avec faible libération des métaux, et qu’il n est pas un générateur potentiel d’acidité (tabl. 8). Le tas a ainsi pu être utilisé pour réhabiliter les bassins de décantations (cf § 5.2.5)

Élément	Lixiviat : concentration en mg/kg
Sulfates	4 191
Aluminium	18
Cuivre	3
Plomb	0,8
Zinc	2,2
Fer	37

Tabl. 8 - Tests de lixiviation des stériles.

- **Anciens**

Certains stériles venant de la formation Saint-Antoine sont susceptibles de générer des eaux acides qui sont entraînée par les eaux de ruissellement de l’ensemble de la zone d’emprise des anciennes exploitations. Leur impact est difficile a quantifier mais on peut cependant affirmer que la contribution de cette source à la pollution des eaux superficielles et souterraines est faible par rapport à d’autres (exhaure et résidus de traitement).

6) CARTOGRAPHIE

Les cartes informatives utiles à l'élaboration de la phase d'aléas du PPRM concernent d'une part le domaine des mouvements de terrain et d'autre part celui de la pollution des sols et des eaux. Ces informations reportées sur ces cartes sont essentiellement issues de la synthèse des documents BRGM complétées d'une visite de site.

6.1. MOUVEMENTS DE TERRAIN (PLANCHE 1)

Sur la carte informative des éléments à prendre en compte pour la définition de l'aléas mouvement de terrain établie par Géoderis ont été reporté les ouvrages débouchant aux jours ainsi que le tracé des galeries en prenant en compte leur profondeur par rapport à la surface topographique.

6.1.1. OUVRAGES AU JOUR

Vingt ouvrages ont été répertoriés (tableau 9). Un certain nombre d'emplacements de puits sont visibles du fait de la présence de dépressions topographiques de quelques mètres de diamètre. Aucun des puits creusés au cours des temps, n'apparaît plus en surface, soit parce qu'ils ont été bouchés, soit parce qu'ils ont été recouverts par les anciens déblais.

Nom de l'ouvrage	X	Y	Commentaire
Puits de la Machine	776 798	102 308	Visible, bouché
Puits du Loup	776 645	102 278	Bouché
Puits 14	776 740	102 188	Visible, bouché
Puits de 1902	776 629	102 138	Bouché
Puits du jour	776647	102 065	Bouché sous les haldes
Puits de 1929	776 560	102 035	Bouché non repéré
Puits de recherche	776 637	102 002	Bouché sous les haldes
Puits St Martin	776 594	101 905	Bouché sous les haldes
Puits de Terre Grasse	776 553	101 817	Bouché sous les haldes
Affaissement de surface	776 530	101 795	Remblayé
Galerie de recherche	776 502	101 791	Remblayée
Puits des vieilles Machines	776 515	101722	Bouché sous les haldes
Puits du Ruisseau	776 437	101693	Bouché non repéré
Puits Q	776 574	101655	Bouché
Galerie d'entrée	776 471	101653	Eboulée sous les haldes
Puits de la Forge	776 429	101645	Bouché non repéré
Puits de la Porte	776 534	101580	Bouché sous les haldes
Galerie d'écoulement	776 522	101540	Eboulée sous les haldes
Puits de la Plaine	776 411	101542	Bouché non repéré
Puits 13	776 580	101529	Bouché non repéré
<i>Galerie pyrite grillée</i>			<i>En surface, à démonter</i>
<i>Galerie des eaux acides</i>			<i>A garder en l'état</i>

Tableau 9 - Liste des ouvrages répertoriés

Le tracé des ouvrages figurés sur la carte provient principalement d'un extrait des vieux plans de mine, mais les emplacements des puits ne sont, dans leur grande majorité, plus repérables sur le terrain. Les puits qui ont été retrouvés en surface sont ceux situés au nord du gisement, à savoir : puits de la Machine et puits 14 ; ce dernier a été rechargé en surface par les équipes du BRGM, au cours des années 1984-1986, car il montrait des signes de tassements en surface.

6.1.2. STABILITE – TRAVAUX SOUTERRAINS

Les anciennes galeries les moins profondes se situent à moins de 25 m sous la surface dans la mine bleue. Une partie d'entre elles a été remblayée lors des anciennes exploitations ou est en partie éboulée. La présence des deux premiers niveaux, <25 m et 25-50 m constitue un élément important à prendre en compte dans l'évaluation et la cartographie de l'aléas stabilité en seconde phase du PPRM..

6.2. POLLUTION DES SOLS ET DES EAUX

Les cartes informatives de la pollution regroupe les informations disponibles sur les sols ainsi que sur les eaux superficielles et souterraines. Ces documents cartographiques sont directement issus des synthèses BRGM.

EAUX (ANNEXE 3 FIGURE 1)

Le circuit de circulation des eaux rassemble pour la partie sud du site :

- La rivière Azergues et le trajet des eaux de ruissellement des gouttes Granger et de la Ronze,
- le circuit de drainage et les bassin de neutralisation des eaux acides en provenance des travaux miniers anciens et de l'aire de stockage de pyrite.
- les différents points de contrôle de la qualité des eaux superficielles et souterraines.

La position des différentes aires de stockages ainsi que les informations relatives à la circulation et à la qualité des eaux sont reportées sur la carte informative environnement en vue de l'élaboration dans la phase suivante de la carte d'aléas.

A signaler que dans le cadre d'une approche de type ICPE, une démarche BRGM, selon la méthodologie ESR-EDR du Ministère en charge de l'Environnement, est en cours pour évaluer les risques de pollution des sols du site de Chessy. Pour les aires de stockage des différentes catégories de résidus et en dehors des limites de celles-ci cette étude définira les restrictions d'usages en fonction des risques d'exposition aux différents éléments présents dans les différentes sources de pollution identifiées sur le site. Les résultats de cette étude seront affichés dans le PPRM lors qu'ils seront disponibles de manière définitive (étude en cours).

SOLS (ANNEXE 3 FIGURE1)

Les sols, essentiellement dans les zones de stockages de déchets miniers ou de résidus de traitement, constituent un milieu d'exposition directe ainsi que des sources de pollution des eaux superficielles et souterraines.

7. RISQUES RETENUS – PERIMETRE DU PPRM

La collecte de l'importante documentation disponible sur la mine de Chessy montre que les informations disponibles concernent principalement la période récente : travaux de recherche BRGM et études de l'impact des activités anciennes. On dispose par contre dans les archives de peu de données techniques concernant notamment les méthodes d'exploitation. Les plans et coupes disponibles pour différentes périodes d'exploitation parfois anciennes permettent cependant de cartographier l'emprise des travaux avec l'emplacement des orifices débouchant au jour, ainsi que les principales galeries des différents niveaux d'exploitation.

La spécificité du site de Chessy amène à retenir comme type de risque pour la phase d'aléas du PPRM :

- l'aléas stabilité des terrains au voisinage des travaux miniers souterrains en présence de niveaux d'exploitations peu profonds,
- l'aléas environnement avec les composantes a) pollution des sols par les dépôts de déchets miniers, b) pollution des eaux superficielles et souterraines par les eaux de mine et par les eaux de ruissellement.

Le périmètre du PPRM s'étend aux travaux des anciennes exploitations et aux travaux de recherches récents. Au point de vue pollution la limite hydrologique est celle des bassins versants des ruisseaux drainant le site jusqu'à leur confluence avec l'Azergues. Administrativement, la concession s'étend sur 6 communes dont trois sont plus particulièrement concernées dans le cadre d'un PPRM : Chessy, Le Breuil et Bagnols.

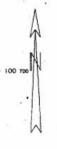
Références bibliographiques

1. « Déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers de la concession de la Ronze » BRGM (septembre 2001).
2. BRGM. Études et travaux complémentaires dans le cadre de la demande d'arrêt des travaux miniers de la concession de la Ronze à Chessy les mines.
BRGM/RC-51712-FR, 199 p., 31 fig., 20 tabl., 3 ann., 7 cartes.
3. « Mine de Chessy ». Audit environnemental : Société des mines de Chessy - Normandy La Source (1999).
4. BRGM. Note technique. Bilan annuel du suivi analytique des exhaures des concessions minières. EPI/BIO 105/2002/jfb. J.F. Brunet (février 2002).
5. BRGM. Caractérisation des solides présents sur le site de Chessy les mines (69).
J.F. Brunet (juin 2001).
6. BRGM. Diagnostic initial et évaluation simplifiée des risques sur la concession de La Ronze à Chessy les mines. BRGM/RC-52421 FR (juin 2003)
7. BRGM. Valorisation de l'inventaire minier national – cartographie des concentrations en métaux du département du Rhône. BRGM/R 39628 (juillet 1997)
8. BRGM. Demande de concession de la Ronze (69) Annexe N°6 Notice d'impact sur l'environnement. BRGM/R 85 SGN 524 GEG (novembre 1985)
9. BRGM. Demande de P.E.R. du BREUIL(69). Notice d'impact sur l'environnement. BRGM (1981)
10. BRGM. Société minière de Chessy – Concession de la Ronze (69) – Cartes informatives et notices explicatives (Décembre 2002)

ANNEXE 1
PLANS ET COUPES HISTORIQUES DE LA MINE



ECHELLE : 1/1000



BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

DEPARTEMENT DU RHONE

CHESSY

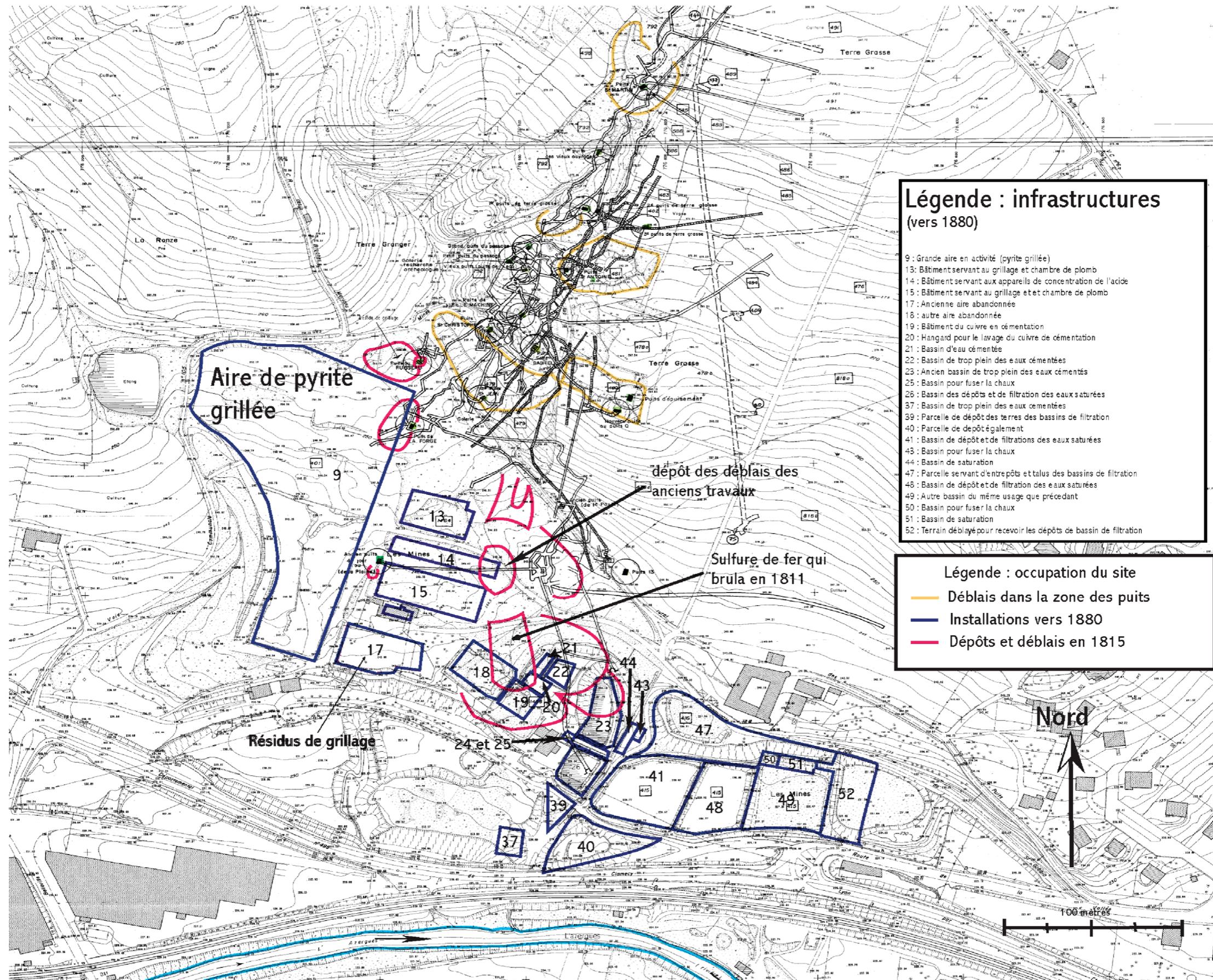
PLAN TOPOGRAPHIQUE AU 1/1000ème

DATE _____

PLANCHE 4

SC.P. R. ALBENQUE
G. REIDER - J.C. LEVILLÉ
GEMMES ET MINES
14, rue de Chessy
42000 BELLERS -
T. 04 77 51 17 15

ANNEXE 2
CARTES ET FIGURES BRGM

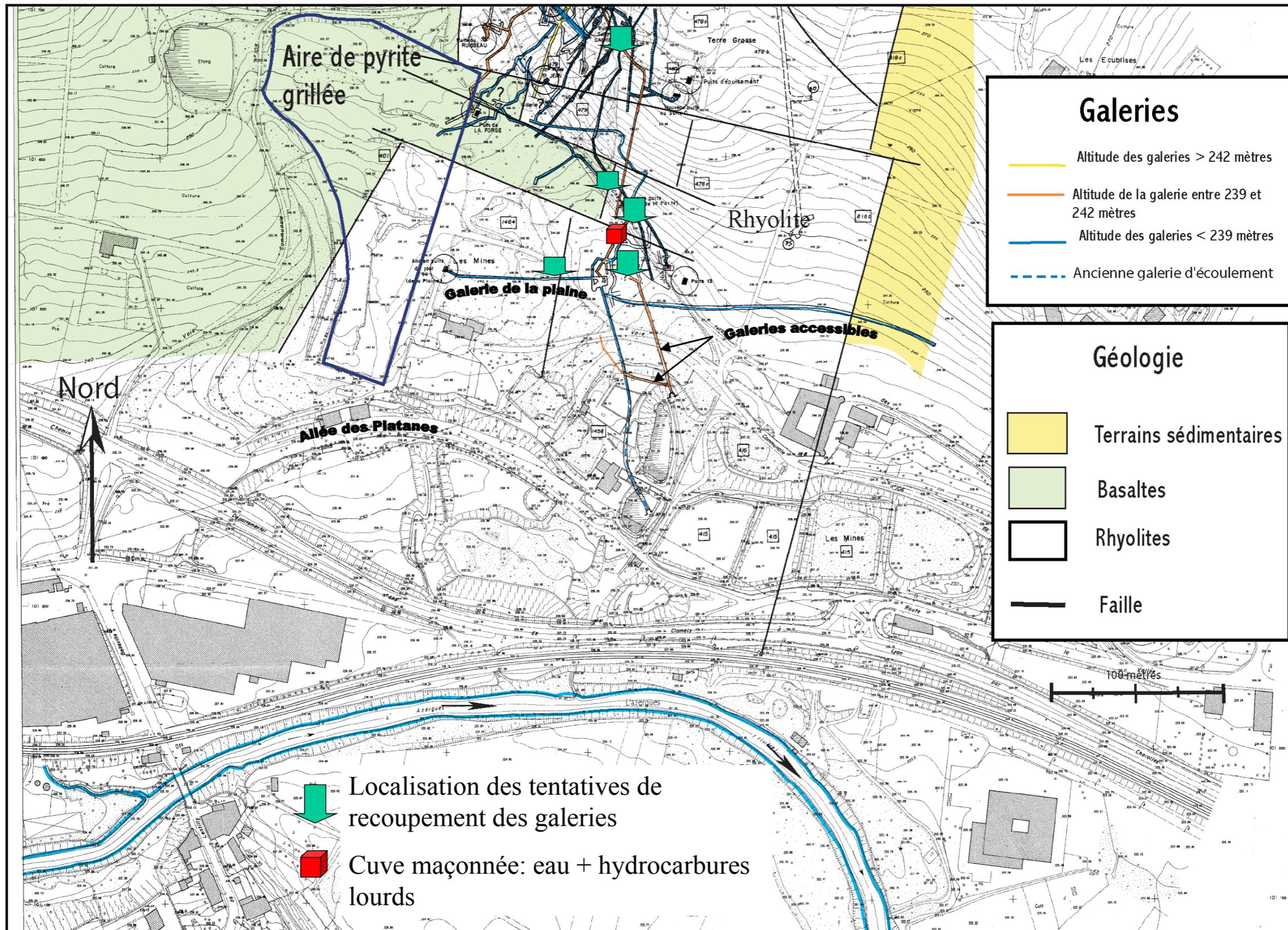


**Légende : infrastructures
(vers 1880)**

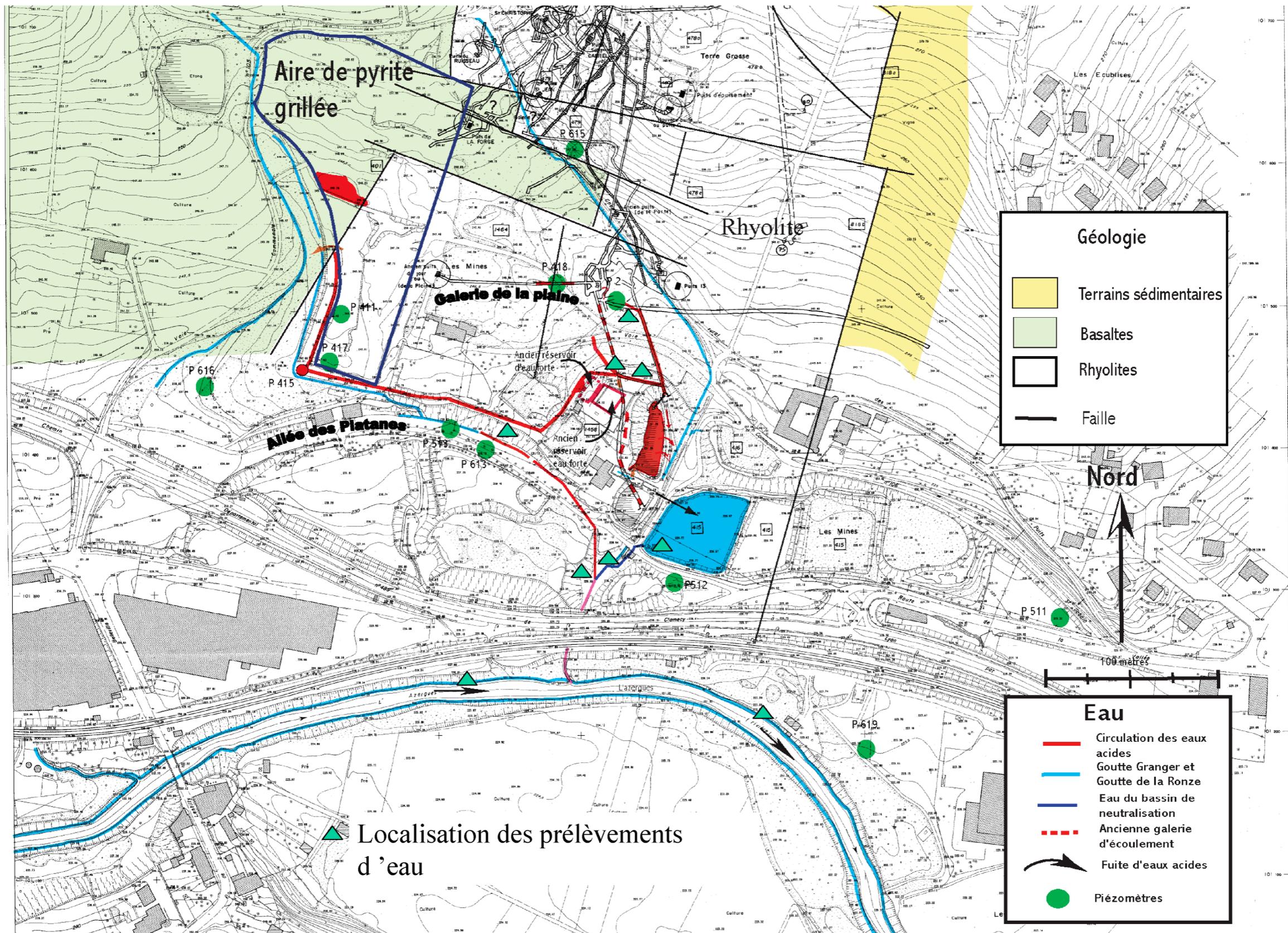
- 9 : Grande aire en activité (pyrite grillée)
- 13 : Bâtiment servant au grillage et chambre de plomb
- 14 : Bâtiment servant aux appareils de concentration de l'acide
- 15 : Bâtiment servant au grillage et chambre de plomb
- 17 : Ancienne aire abandonnée
- 18 : autre aire abandonnée
- 19 : Bâtiment du cuivre en cémentation
- 20 : Hangar pour le lavage du cuivre de cémentation
- 21 : Bassin d'eau cimentée
- 22 : Bassin de trop plein des eaux cimentées
- 23 : Ancien bassin de trop plein des eaux cimentés
- 25 : Bassin pour fuser la chaux
- 26 : Bassins des dépôts et de filtration des eaux saturées
- 37 : Bassin de trop plein des eaux cimentées
- 39 : Parcelle de dépôt des terres des bassins de filtration
- 40 : Parcelle de dépôt également
- 41 : Bassin de dépôt et de filtrations des eaux saturées
- 43 : Bassin pour fuser la chaux
- 44 : Bassin de saturation
- 47 : Parcelle servant d'entrepôts et talus des bassins de filtration
- 48 : Bassin de dépôt et de filtration des eaux saturées
- 49 : Autre bassin du même usage que précédant
- 50 : Bassin pour fuser la chaux
- 51 : Bassin de saturation
- 52 : Terrain déblayé pour recevoir les dépôts de bassin de filtration

- Légende : occupation du site**
- Déblais dans la zone des puits
 - Installations vers 1880
 - Dépôts et déblais en 1815

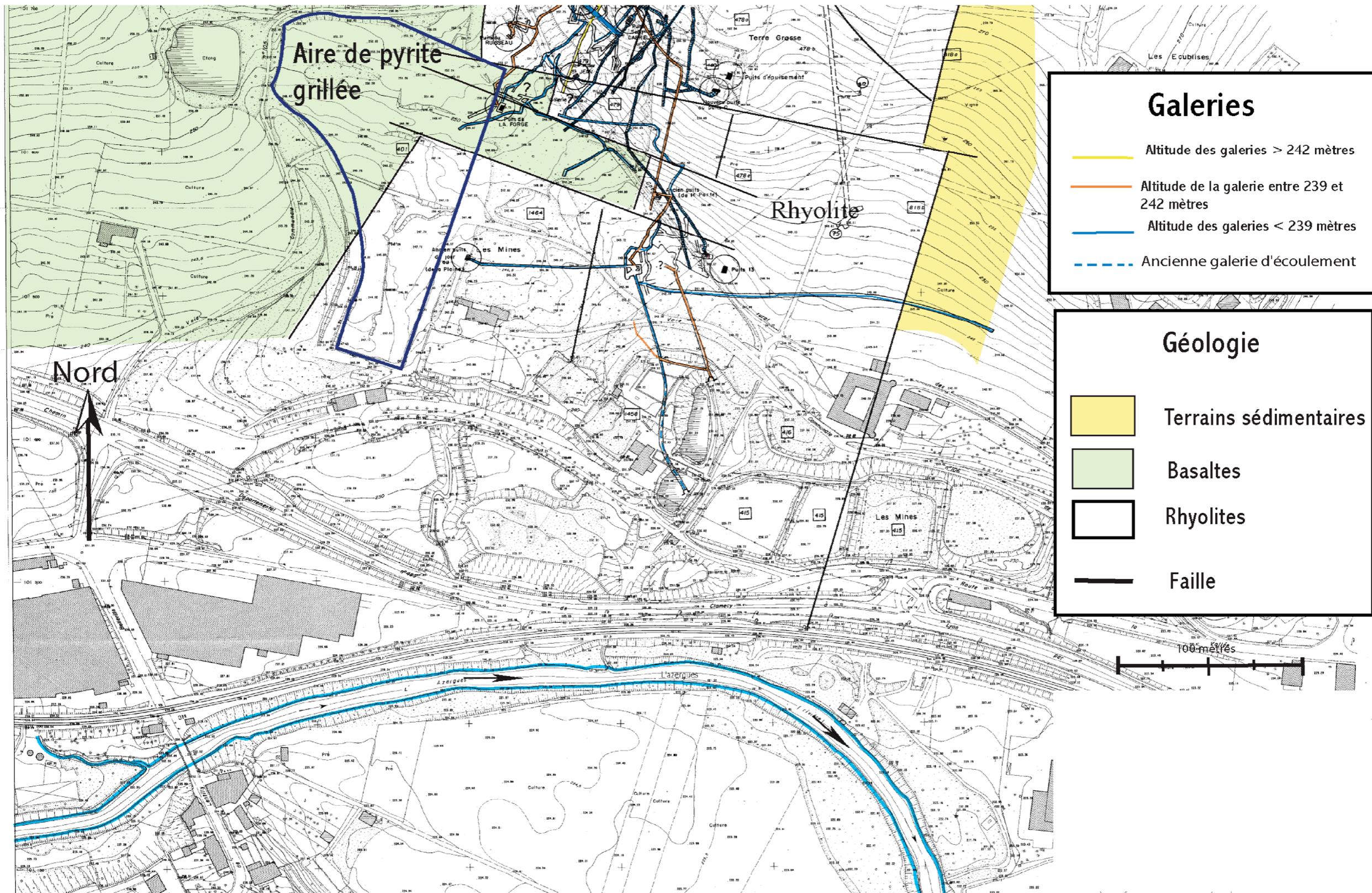
Carte 1 - Occupation historique du site.



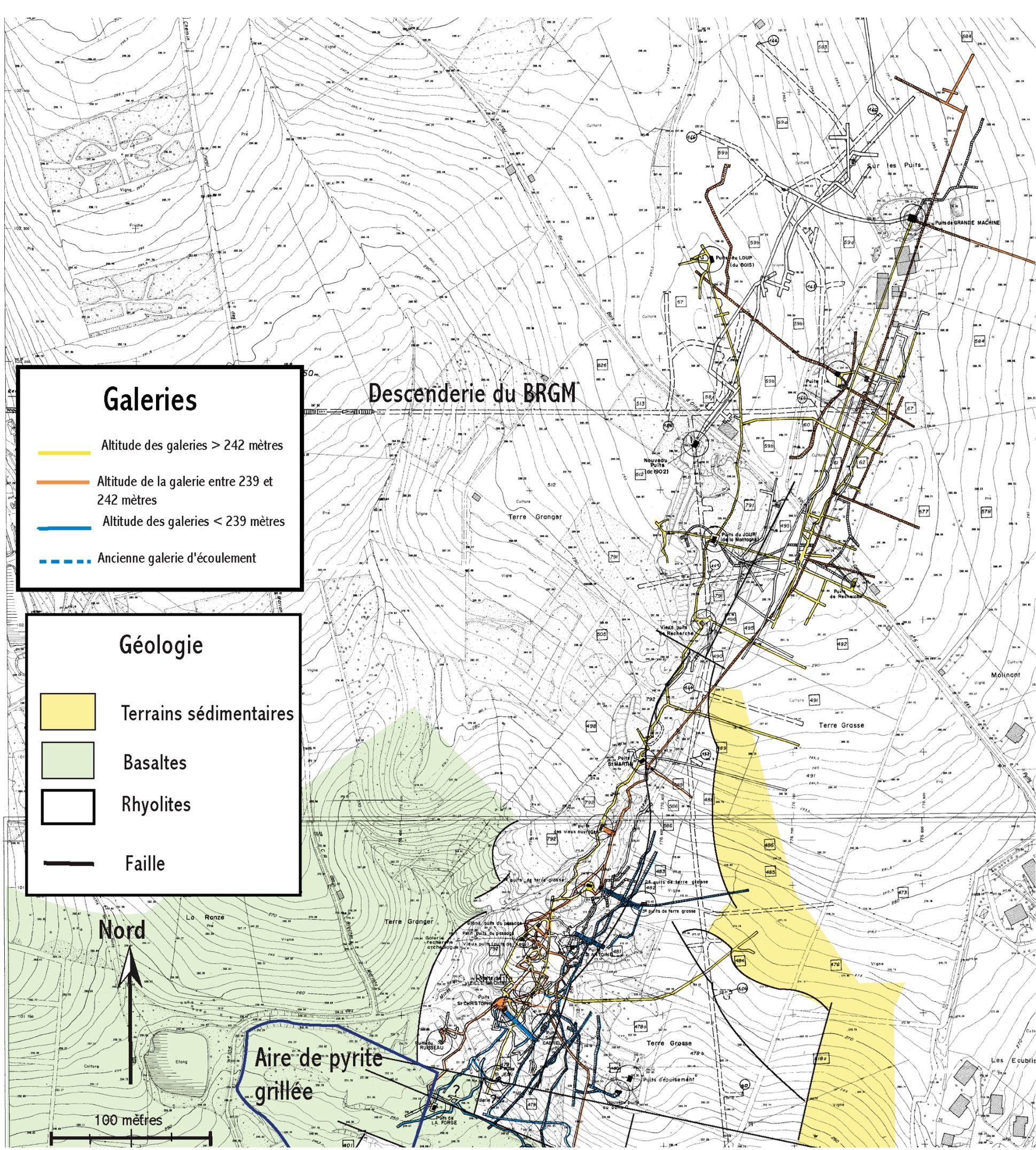
Carte 3 - Aval du site : reconnaissance des galeries.



Carte 4 - Circulation des eaux.



Carte 5 - Réseau de galeries à l'aval du site.



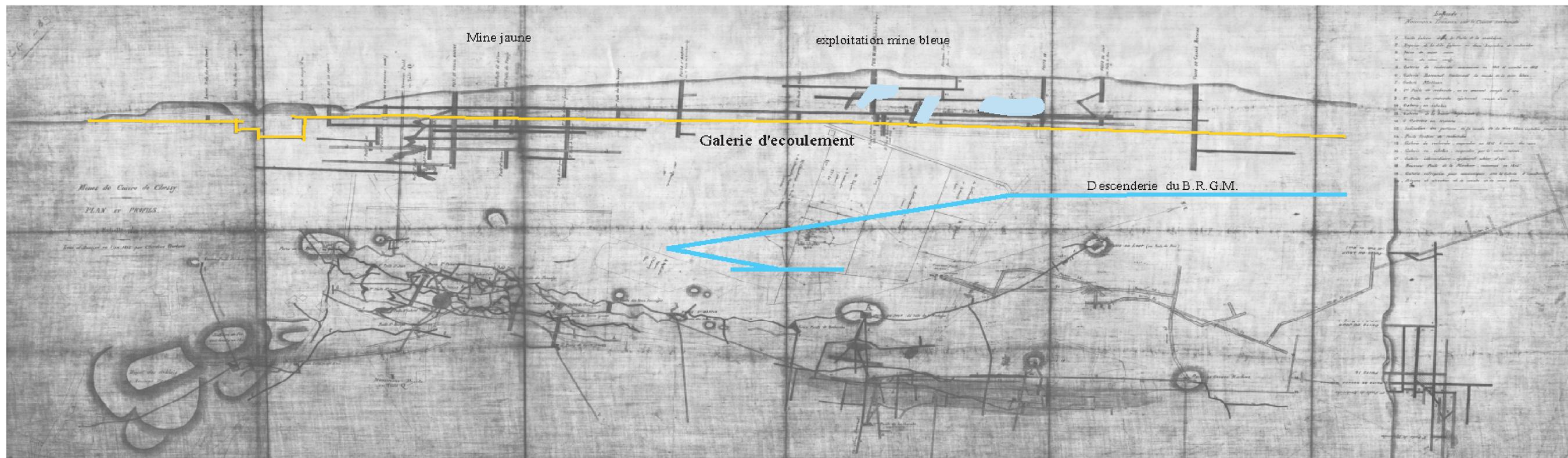
Galeries

- Altitude des galeries > 242 mètres
- Altitude de la galerie entre 239 et 242 mètres
- Altitude des galeries < 239 mètres
- - - Ancienne galerie d'écoulement

Géologie

- Terrains sédimentaires
- Basaltes
- Rhyolites
- Faille

Carte 6 - Réseau de galeries à l'amont du site.



Carte 7 - Réseau de galerie en coupe et en plan (1815) et galerie BRGM.



Fig. 1 - Vue du site de Chessy les mines.

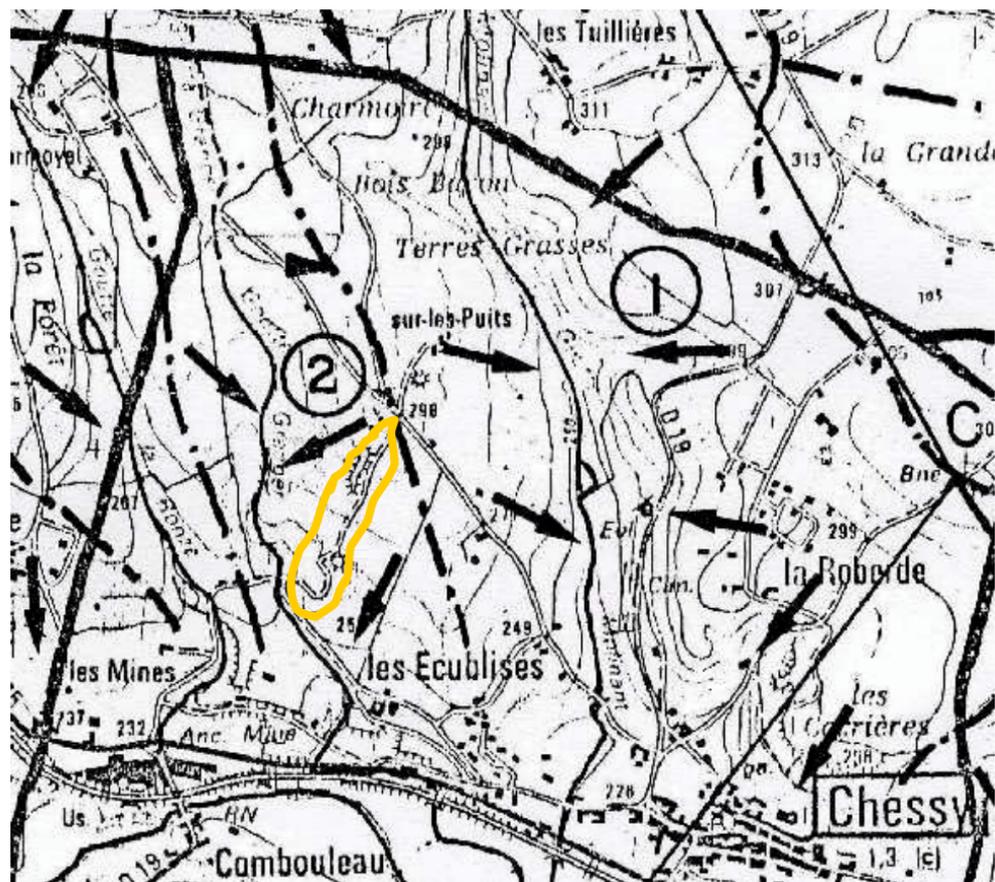


Fig. 2 - Hydrologie de la zone.



Fig. 3 - Reconnaissance de la galerie d'alimentation en eaux acides dans les remblais.

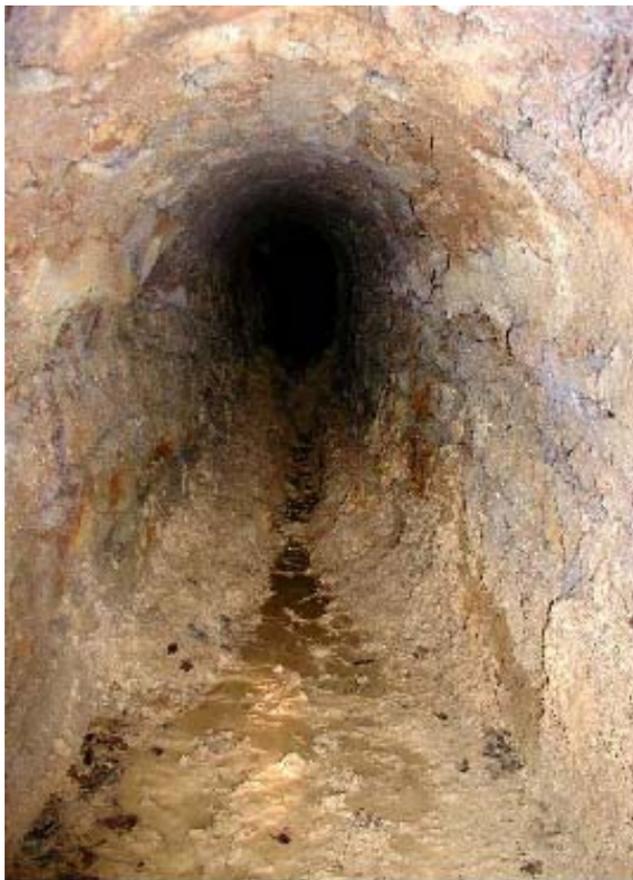


Fig. 4 - Vue vers l'amont de la galerie secondaire.



Fig. 5 - Arrivée d'eau acide principale, galerie en cours de comblement.



Fig. 6 - Vue de côté, comblement de la galerie d'écoulement.



Fig. 7 - Écoulement des eaux acides dans le fossé de l'allée des Platanes.



Fig. 8 - La Goutte Granger avant sa confluence avec l'Azergues.

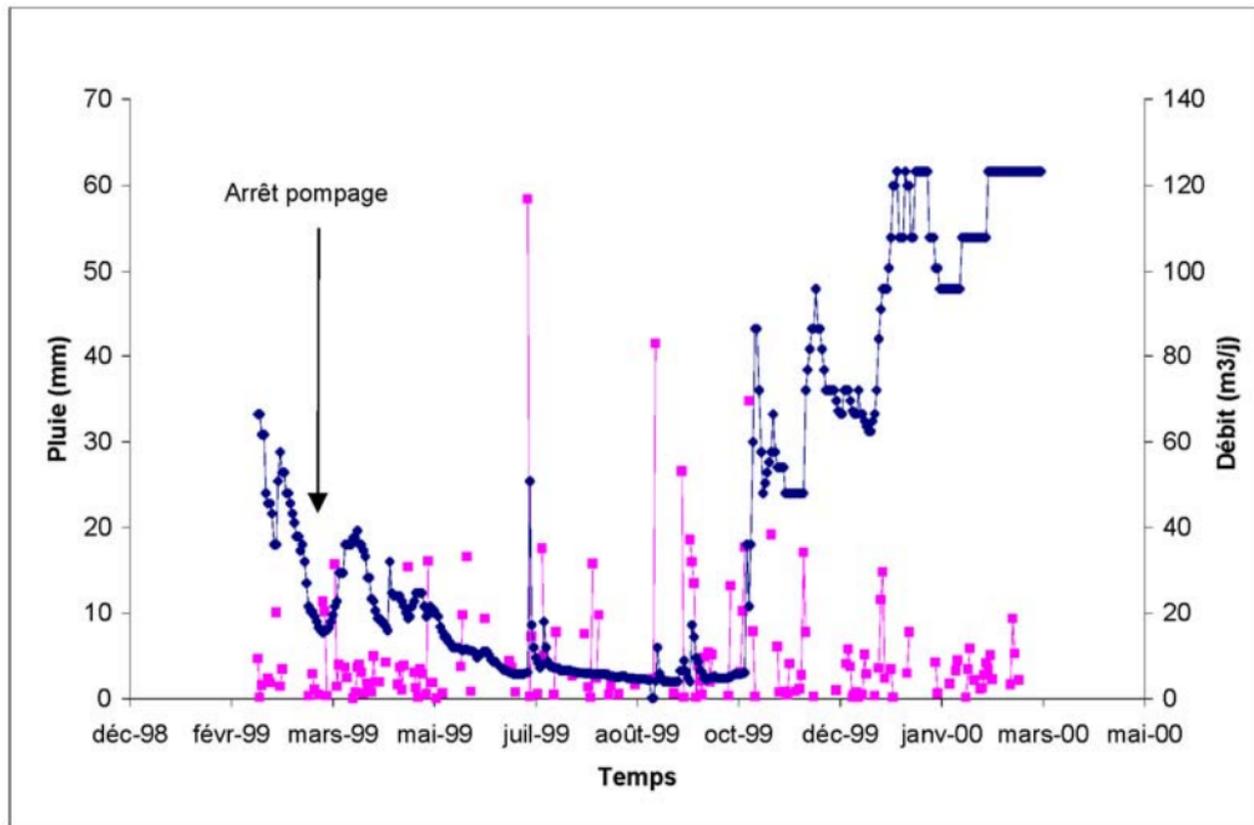


Fig. 9 - Diagramme pluie/débit de l'eau d'exhaure.

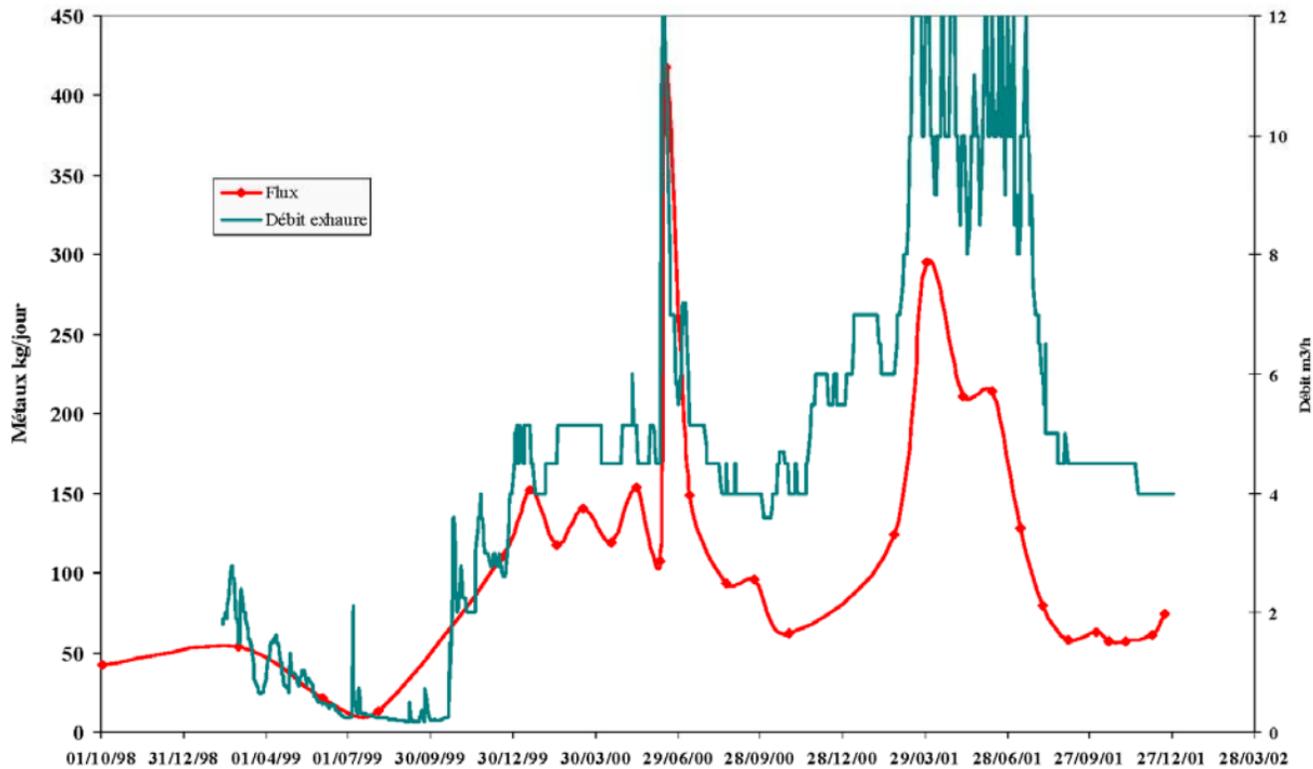


Fig. 10 - Diagramme flux de métaux-débit.

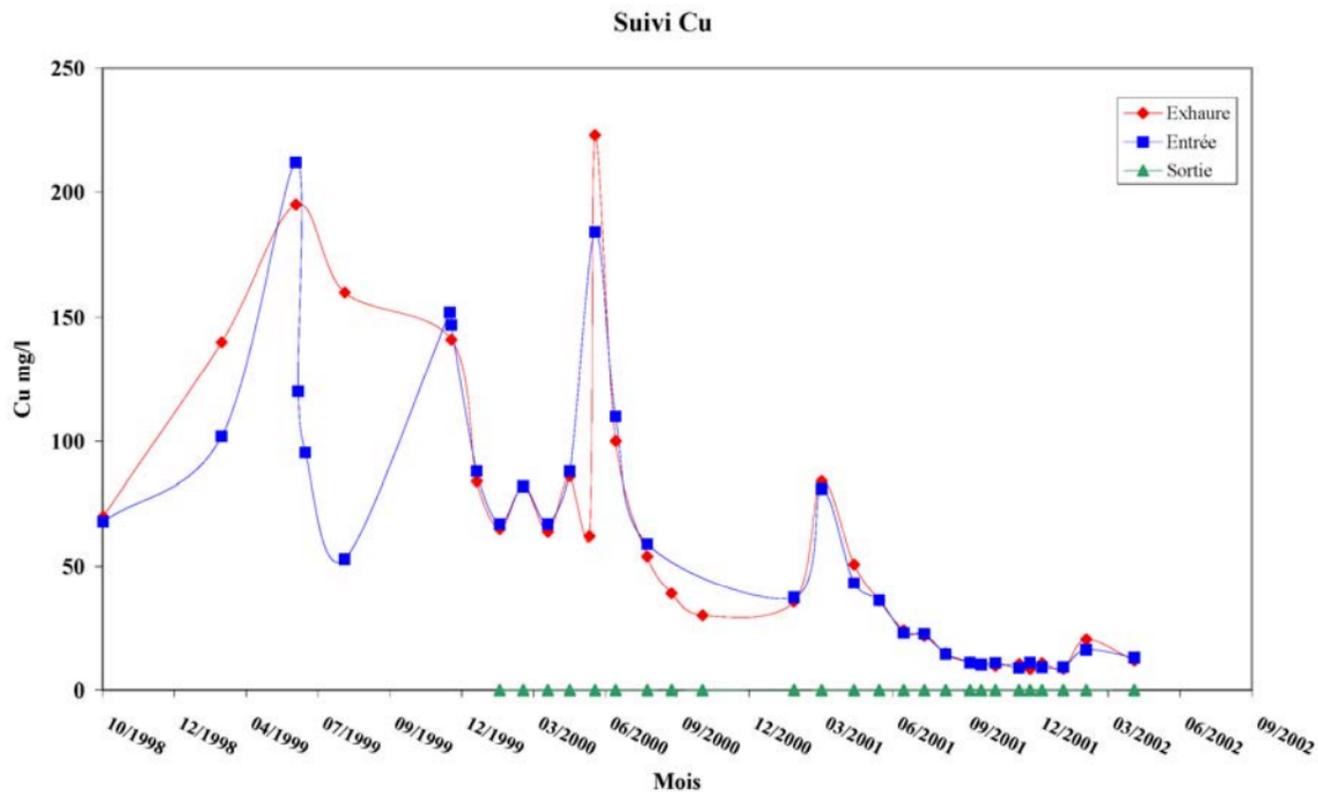


Fig. 11 - Concentration en cuivre-débit.



Fig. 12 - Traitement des eaux acides.



Fig. 13 - Vue aérienne des résidus de neutralisation en 1986.



Fig. 14 - Vue des tas de résidus de neutralisation en 2002.



Fig. 15 - Carotte montrant le passage résidus-argile formant la base des tas.

Résidus de neutralisation : cartographie



Fig. 16 - Cartographie des résidus de neutralisation.

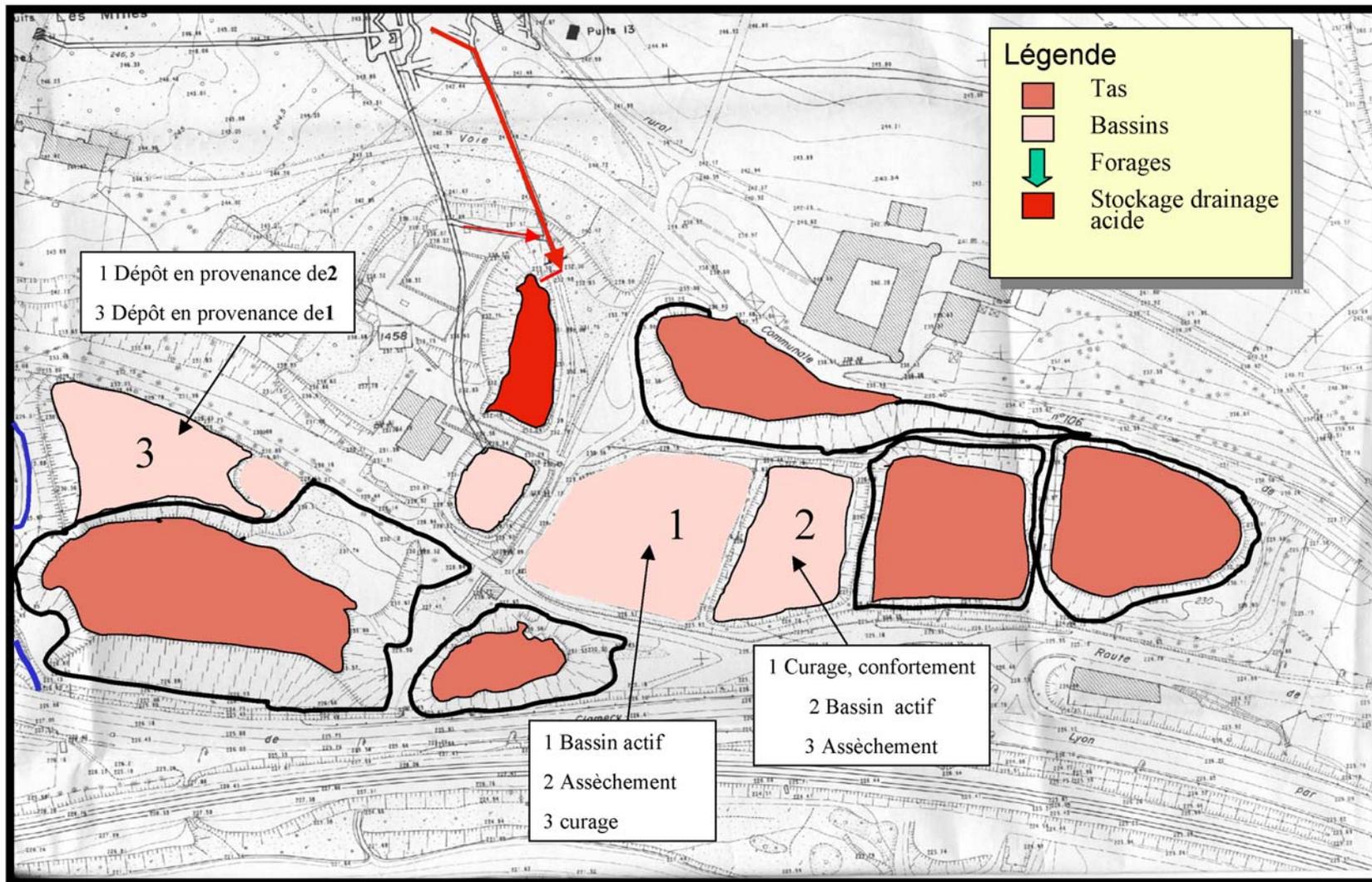


Fig. 17 - Résidus de neutralisation : gestion des futurs dépôts.

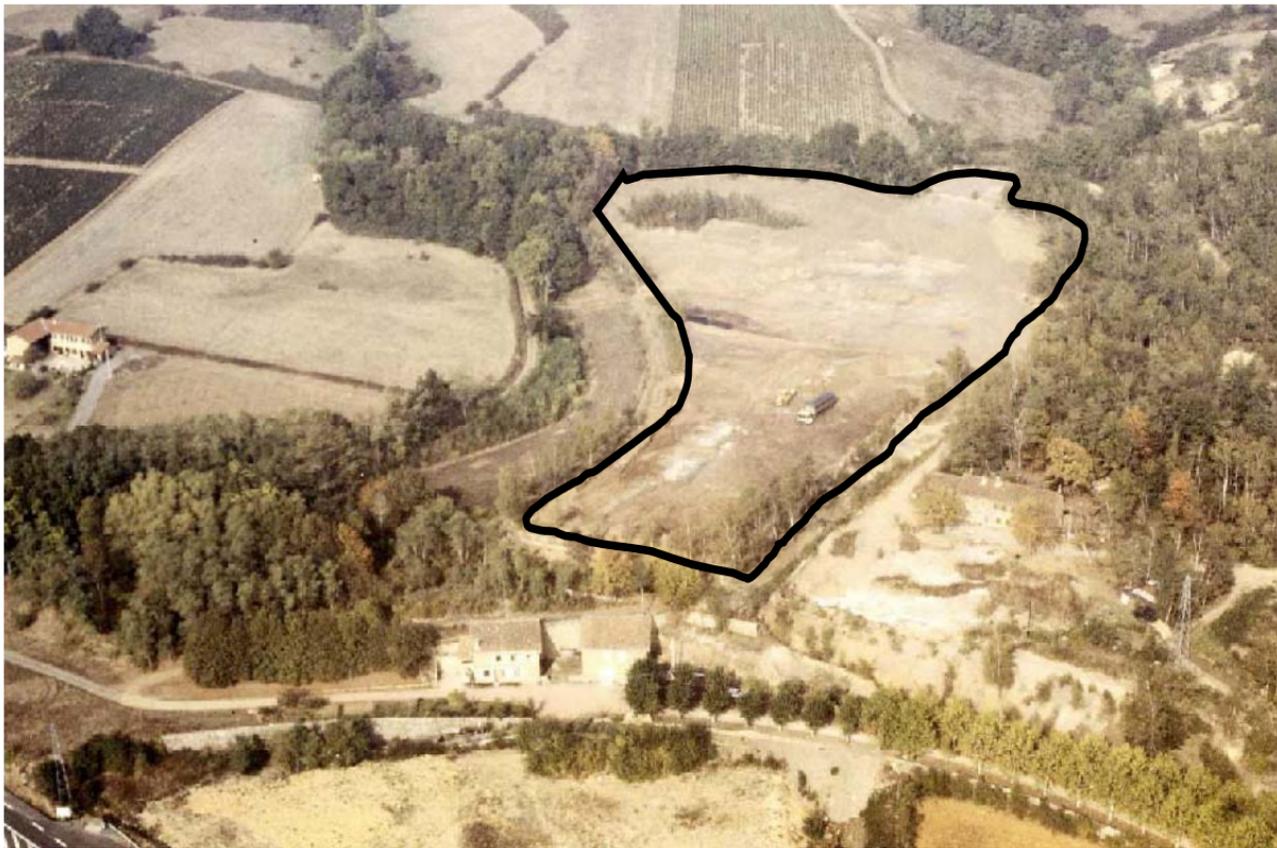


Fig. 18 - Vue aérienne de l'aire de pyrite grillée en 1985.

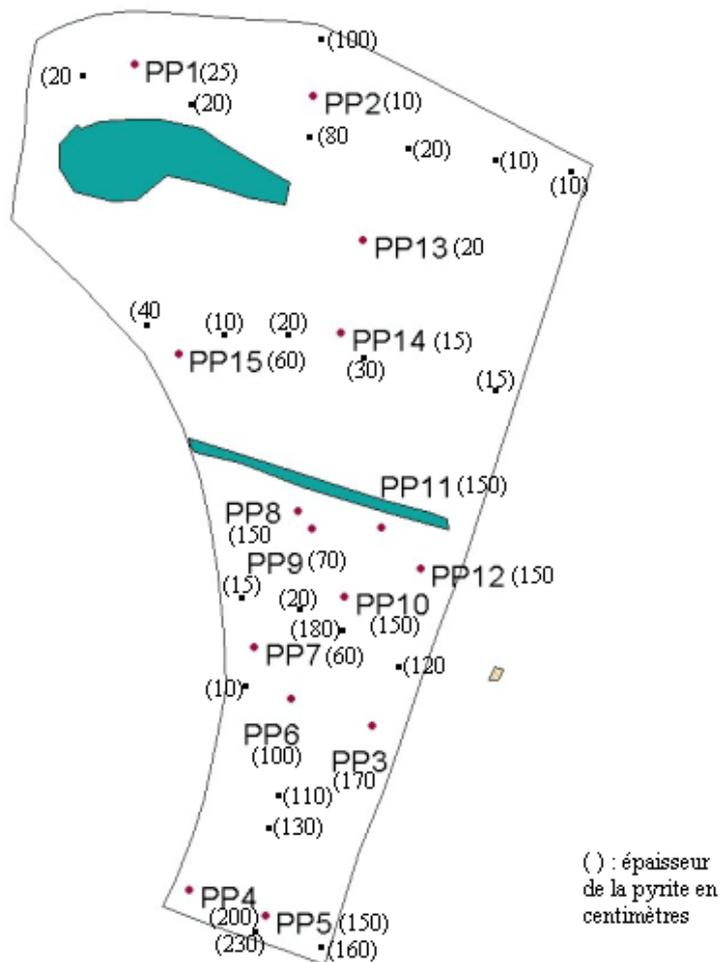


Fig. 19 - Localisation des sondages de reconnaissance, épaisseur des dépôts.



Fig. 20 - Au premier plan le fossé où se déversent les eaux acides par surverse.



Fig. 21 - Vue du drainage sous la pyrite.



Fig. 22 - Forage dans la zone basse de l'aire de pyrite grillée.

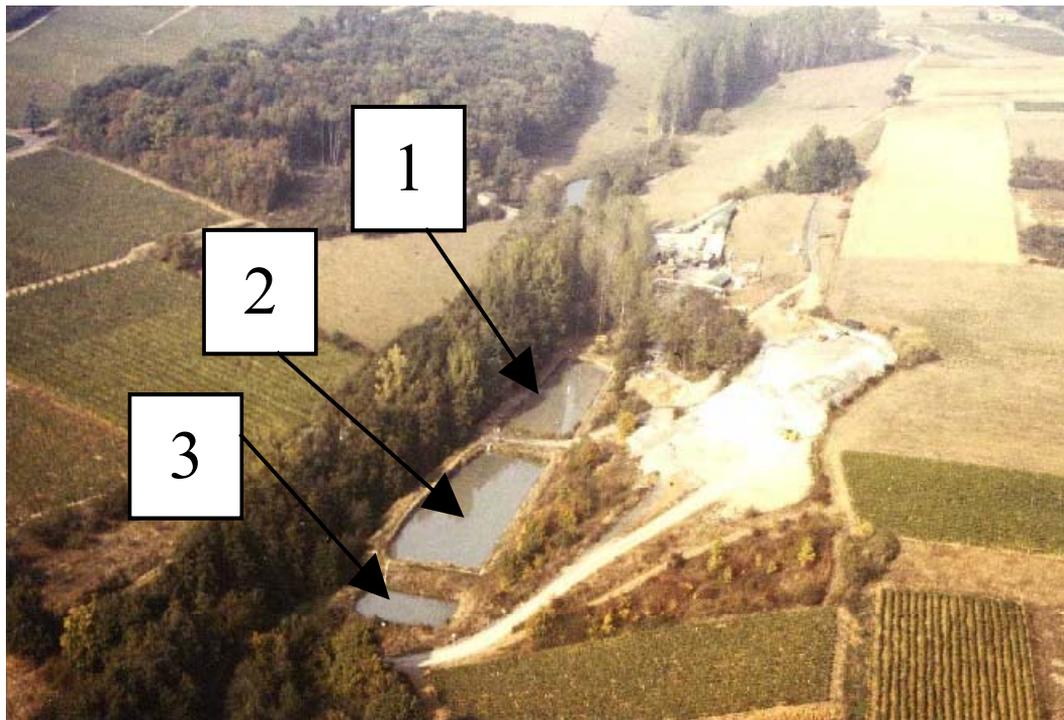


Fig. 23 - Vue aérienne des bassins en 1985.



Fig. 24 - Le bassin n° 1 en 2002.

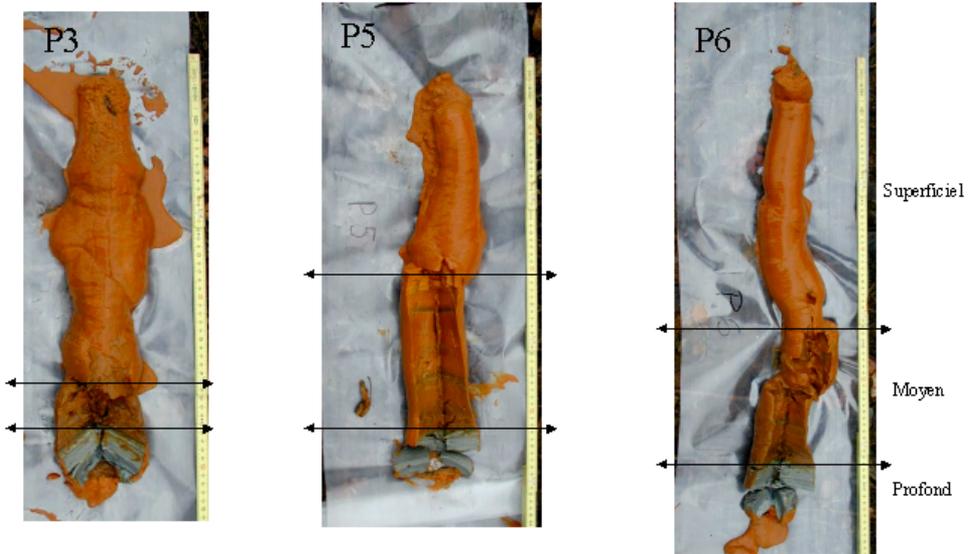


Fig. 27 - Stratigraphie des carottes de sédiments de décantation (bassin n° 1).



Fig. 28 - Le bassin n° 1 et le tas de stériles à l'arrière-plan.

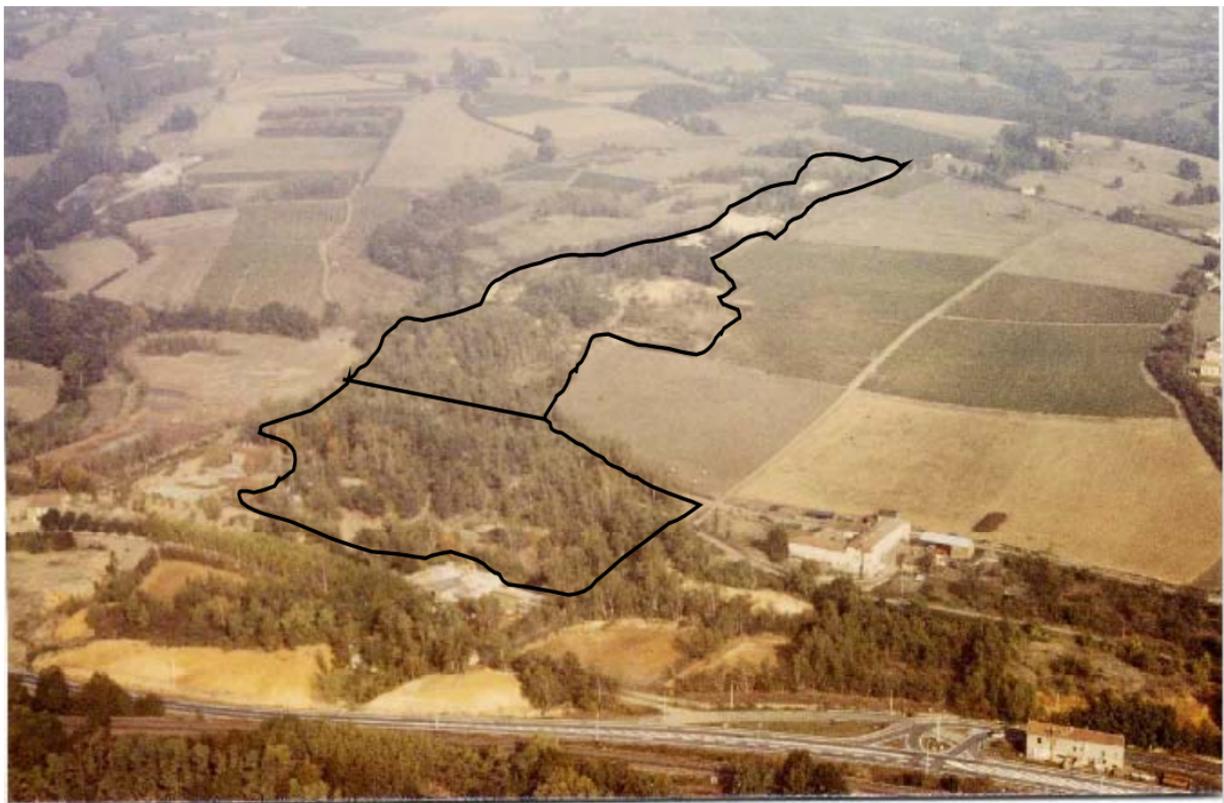


Fig. 29 - Zone des puits à l'amont et des remblais à l'aval.



Fig. 30 - Zone des puits : dépression à l'emplacement d'anciens puits.



Fig. 31 - Zone des puits : déblais non revégétalisés.

Annexe 2

Carte informative de la commune de Chessy

(hors texte)

Carte informative Commune de CHESSY

Légende :

Ouvrages

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

Dépôts

- Bassin de décantation
- Halde - Terril - Verse
- Désordres

Travaux souterrains

- à moins de 25 m
- de 25 m à 50 m
- de 50 m à 100 m
- à plus de 100 m

Emprises d'exploitation

- Travaux localisés suite à EDA
- Zone potentiellement exploitée d'après EDA

Administratif

- Limites de commune
- Limites de concession

Echelles :

Localisation : 1/25 000
ZOOM : 1/2 000

GEODERIS

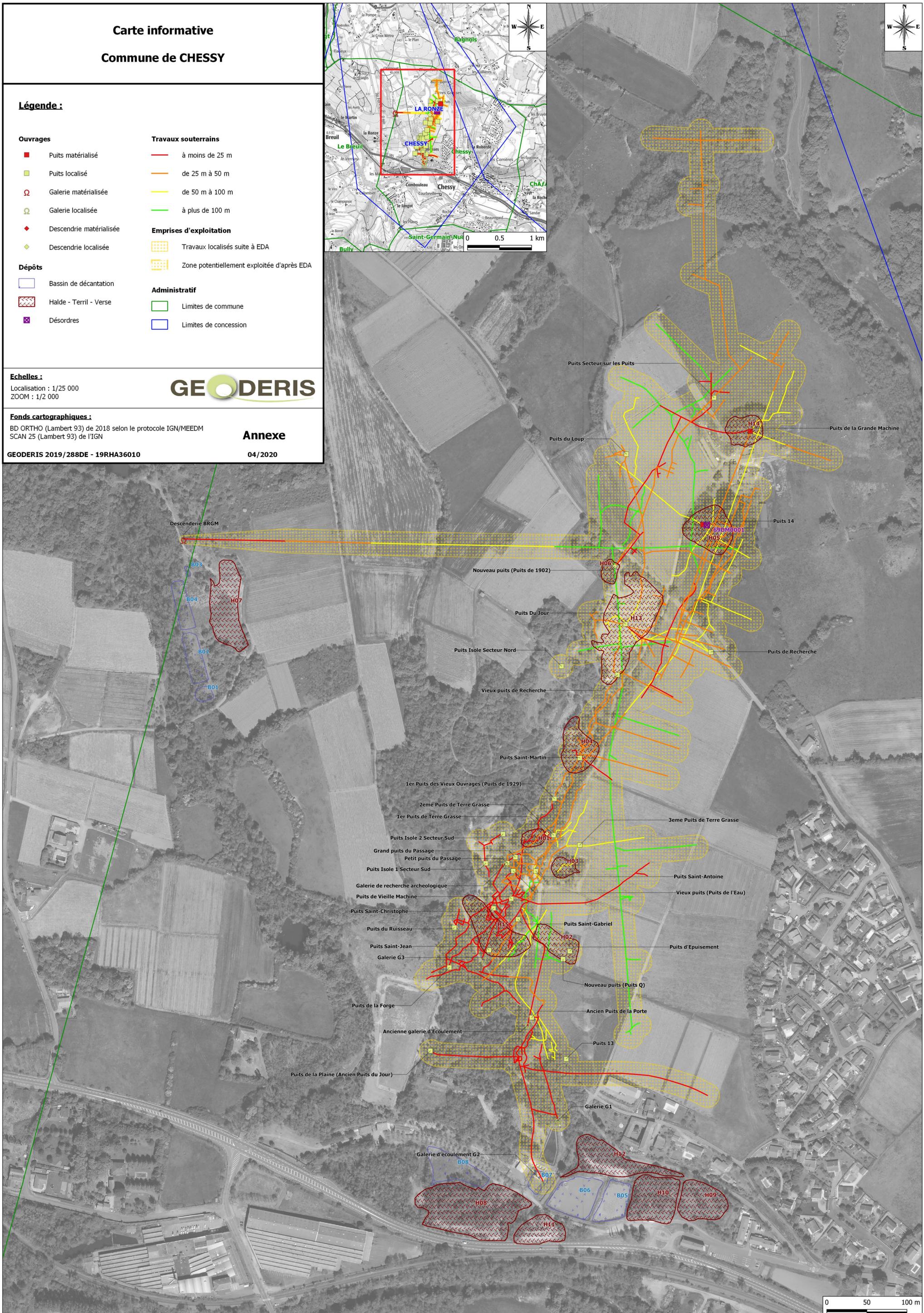
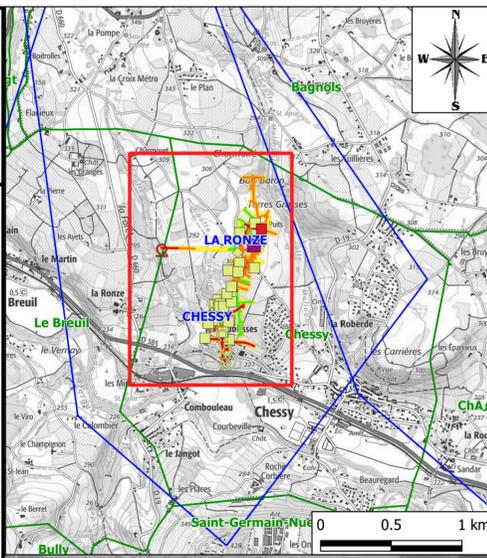
Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2018 selon le protocole IGN/MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de l'IGN

GEODERIS 2019/288DE - 19RHA36010

Annexe

04/2020



Descendrie BRGM

B03
B04
B02
B01

Nouveau puits (Puits de 1902)

Puits Du Jour

Puits Isole Secteur Nord

Vieux puits de Recherche

Puits Saint-Martin

1er Puits des Vieux Ouvrages (Puits de 1929)

2eme Puits de Terre Grasse

1er Puits de Terre Grasse

Puits Isole 2 Secteur Sud

Grand puits du Passage

Petit puits du Passage

Puits Isole 1 Secteur Sud

Galerie de recherche archeologique

Puits de Vieille Machine

Puits Saint-Christophe

Puits du Ruisseau

Puits Saint-Jean

Galerie G3

Puits de la Forge

Ancienne galerie d'écoulement

Puits de la Plaine (Ancien Puits du Jour)

Galerie d'écoulement G2

B08

B07

B06

B05

B09

B11

Puits Secteur sur les Puits

Puits du Loup

Puits de la Grande Machine

Puits 14

Puits de Recherche

3eme Puits de Terre Grasse

Puits Saint-Antoine

Vieux puits (Puits de l'Eau)

Puits d'Epuisement

Nouveau puits (Puits Q)

Ancien Puits de la Porte

Puits 13

Galerie G1

H12

H10

H09

H11

H08

H07

H06

H05

H04

H03

H02

H01

0 50 100 m

Annexe 3

Carte d'aléas mouvements de terrain de la commune de Chessy

(hors texte)

