Rapport d'activité annuel 2015

PERM Merléac

Variscan Mines SASU

France

Rapport VM-00046

Rapport d'activité annuel 2015
PERM Merléac

Audion-Serrand A.-S., Bonnemaison M., Gouin J., Lebret P., Pareux C., Picault M., Raoult G., Richard C., Testard J.

31 mars 2016

Rapport VM-00046

Mots-clés : PERM, Merléac, Côtes-d'Armor, géophysique aéroporté, état environnemental 0, prospection minière, VMS, cuivre, plomb, zinc, or, argent, géochimie sol, sondages publiés.

Référence bibliographique :
Audion-Serrand A.-S., Bonnemaison M., Gouin J., Lebret P., Pareux C., Picault M., Raoult G., Richard C., Testard J. (2016) – Merléac : Rapport d'activité 2015. PERM de Merléac, Rapport Variscan Mines n° VM-00046, 144 pages, 67 figures, 12 tableaux.

Statut du document : sans restriction d'accès

© Variscan Mines, 2016

Sommaire

Synthèse 9

1. Introduction 11

1.1. RAPPELS GÉNÉRAUX 11

1.2. DÉLIMITATION DU POLYGONE DU PERM MERLEAC 17
1.2.1. Géologie régionale 17
1.2.2. Cadre métallogénique 19
1.2.3. Délimitation du polygone 25

1.3. NOTICE D'IMPACT ET NOTICE D'INCIDENCE NATURA 2000 29
1.3.1. Notice d'impact : rappel des conclusions (Minelis ©) 29
1.3.2. Notice d'incidence : rappel des conclusions (Minelis ©) 30

2. Travaux réalisés 33

2.1. ANNÉES ANTÉRIEURES 33
2.1.1. Synthèse des travaux historiques 33
2.1.2. Grille méthodologique de géochimie sol 34
2.1.3. Cartographie des gossans 46
2.1.4. Synthèse des résultats des travaux de 2014 51

2.2. ACTIVITÉ 2015 51
2.2.1. Programme proposé pour 2015 51
2.2.2. Travaux bibliographiques et données d'archives 52
2.2.3. Valorisation des données des travaux précédents 54
- Système d'Information Géographique 54
- Modélisation 3D du gisement de Porte-aux-Moines 56

2.2.4. Accès aux carottes de sondages du BRGM 61
2.2.5. Géophysique aéroportée 65
- Déroulement de la campagne de géophysique aéroportée 65
- Résultats de la géophysique aéroportée 68

2.2.6. Cartographie et échantillonnage des principaux prospects 74
- Cartographie des gossans et anciennes ferrières 74
- Contrôle sur le terrain des zones d'intérêt de la géophysique aéroportée 86
- Identification des principales cibles d'exploration 87

2.2.7. Observations microscopiques 95
2.2.8. État environnemental initial 98
2.2.9. Synthèse des résultats des travaux de 2015 101

2.3. RÉUNIONS ET VISITES 103
2.3.1. Réunions tenues en 2015 103
2.3.2. Autres contacts 103

3. Bilan financier : état de dépenses 105

4. Relations avec les acteurs du territoire 109

5. Programme 2016 111

5.1. VALORISATION DES DONNÉES HISTORIQUES 111

5.2. TRAVAUX DE TERRAIN 111

5.3. RÉUNIONS D'INFORMATION 112

6. Conclusion 113

7. Bibliographie 115

Annexe 1 : Documents généraux et courriers 119

Annexe 2 : Document unique d'évaluation des risques professionnels 121

Annexe 3 : Arrêté de fin de concession 122

Annexe 4 : Demande d'accès/mise à disposition de documents 123

Annexe 5 : Grille méthodologique de géochimie sol : résultats complémentaires (Pareux, 2014) 125

Annexe 6 : Communication des résultats de la géophysique aéroportée 137

Annexe 7 : Compte-rendu de la première CIS 139

Annexe 8 : Articles de presse locale 143

Liste des illustrations

Figure 1 : Limites du permis Merléac. 11

Figure 2 : Publication de l'arrêté du PERM Merléac au JO. 12

Figure 3 : Arrêté ministériel signé du PERM Merléac 16

Figure 4 : Délimitation du PERM sur fond géologique au 1/50 000 harmonisé (© BRGM). 17

Figure 5 : Coupe interprétative de l'amas sulfuré de la Porte-aux-Moines (Aye, 1983). 20

Figure 6 : Légende de la coupe interprétative précédente (Aye, 1983). 21

Figure 7 : Succession lithostratigraphique au niveau de Porte-aux-Moines (d'après Aye, 1983). 21

Figure 8 : Nature des points de la carte géologique présentée en Figure 9. 23

Figure 9 : Carte géologique de la zone concernée et ses alentours (© BRGM). 24

Figure 10 : Délimitation de l'emprise du PERM et des anciennes concessions sur le secteur. 28

Figure 11: Localisation de la grille par rapport à la maille environnementale (Pareux, 2014). 34

Figure 12 : Localisation des ouvrages miniers sur fond cadastral (BRGM, 2004). 35

Figure 13 : Prélèvement de sol et matériel utilisé. 36

Figure 14: Échantillonnage effectué sur la grille méthodologique (Pareux, 2014). 36

Figure 15 : Echantillons de gossan prélevés au Sud de la Butte Saint-Michel. 38
Figure 16: Cartographie géologique au 1/5 000 et localisation des échantillons (Pareux, 2014). 38
Figure 17: Interpolation par krigeage des teneurs en plomb, Mission Quintin (Pareux, 2014). 40
Figure 18: Interpolation par krigeage des teneurs en zinc, Mission Quintin (Pareux, 2014). 40
Figure 19:Distribution des teneurs en cuivre dans les sols 0 (A) et profonds (B) (Pareux, 2014). 42
Figure 20: Distribution des métaux le long du transect S-N (Pareux, 2014). 44
Figure 21 : Interpolation des anomalies cumulées en plomb, zinc et cuivre (Pareux, 2014). 44
Figure 22 : Teneur en plomb des ferrières analysées (d'après Guillou, 1990). 47
Figure 23 : Teneur en cuivre par XRF des 281 roches prélevées en 2014. 48
Figure 24 : Teneur en plomb par XRF des 281 roches prélevées en 2014. 49
Figure 25 : Teneur en zinc par XRF des 281 roches prélevées en 2014. 50
Figure 26 : Synthèse des travaux sur Les Essarts. 55
Figure 27 : Levé gravimétrique de Rostrenen : anomalie de Bouguer (d'après Debeglia, 1993). 56
Figure 28 : Vue en plan des travaux souterrains et des sondages carottés sur Porte-aux-Moines. 58
Figure 29 : Vue vers le NE des travaux souterrains et des sondages sous la surface topographique. 58
Figure 30 : Vue vers l'Ouest de l'enveloppe minéralisée basée sur les coupes du BRGM. 60
Figure 31 : Vue vers l'Ouest de l'enveloppe minéralisée restreinte, basée sur les teneurs. 61
Figure 32 : Carottes du sondage PAM08 dans le minerai massif. 62
Figure 33 : Figures sédimentaires dans le sondage PAM08. 62
Figure 34 : Granulométrie fine du minerai dans PAM05. 63
Figure 35: Hélicoptère et dispositif au sol à l'aéroport de St Brieuc. 65
Figure 36: Description du dispositif en situation de vol de mesure. 66
Figure 37 : Emprise de la zone concernée par le survol VTEM™ et lignes de vol théoriques. 66
Figure 38: Suivi de la production lors de la campagne de géophysique héliportée. 67
Figure 39: Lignes de vol réalisées (rouge) par rapport au plan de vol prévu (bleu, Geotech). 68
Figure 40 : Profil de résistivité S-N le long de la ligne de vol de Porte-aux-Moines (Geotech, 2015). 69
Figure 41 : Constante de temps τ de dB/dt et contours de la dérivée verticale (Geotech, 2015). 70
Figure 42 : Représentation de l'intensité du champ magnétique total (nT) (Geotech, 2015). 71
Figure 43 : Localisation des 4 plaques conductrices modélisées sur PAM, vue en plan. 72
Figure 44 : Données magnétiques dans le secteur de Porte-aux-Moines (d'après Sinnott, 2015). 73
Figure 45 : Eléments cartographiques guidant la recherche de gossans dans la forêt de Lorge 75
Figure 46 : Vue de rares affleurements dans des anciennes ferrières. 76
Figure 47 : Deux ferrières sur le prospect des Martyrs (commune de L'Hermitage-Lorge). 77
Figure 48 : Cartographie des ferrières sur le prospect des Martyrs (Richard, 2015). 77
Figure 49 : Exemples de faciès ferrugineux (1/2) (Richard, 2015). 80
Figure 50 : Exemples de faciès ferrugineux (2/2) (Richard, 2015). 80
Figure 51 : Localisation des 25 prospects identifiés (Richard, 2015). 81
Figure 52 : Corrélation entre les analyses Pb par XRF et ICP-AES sur 98 échantillons. 82
Figure 53 : Teneurs en métaux de base sur ND-des-Champs et les Martyrs (Richard, 2015). 83
Figure 54 : Echantillons de chapeau de fer des Martyrs anomaux en métaux de base. 84

Figure 55 : Synthèse des travaux sur le prospect du Roz. 86
Figure 56 : Volantes anomales en métaux de base échantillonnées au Roz. 87
Figure 57 : Ébauche de cartographie géologique au 1/5 000 sur le secteur du Roz. 87
Figure 58 : Teneur en fer par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015. 89
Figure 59 : Teneur en cuivre par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015. 90
Figure 60 : Teneur en plomb par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015. 91
Figure 61 : Teneur en zinc par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015. 92
Figure 62 : Teneur en argent par ICP-AES (ALS) de 157 roches. 93
Figure 63 : Teneur en or par pyroanalyse (ALS) de 157 roches. 94
Figure 64: Observation au microscope optique à réflexion de la section SZ MLC O 036. 96
Figure 65 : Observation au microscope optique à réflexion d'échantillons de chapeau de fer. 98
Figure 66 : Prélèvements de sol dans le cadre de la grille environnementale sur Saint-Pierre. 99
Figure 67 : Avancement de la grille environnemntale à la fin 2015. 100

Liste des tableaux

Tableau 1: Bilan des effets potentiels du PERM Merléac sur l'environnement. 30
Tableau 2: Principaux paramètres statistiques des échantillons de 2014 (Pareux, 2014). 41
Tableau 3: Maille d'échantillonnage pour chaque élément en sols 0 et profonds (Pareux, 2014). 45
Tableau 4 : Quelques résultats d'analyse sur roches (d'après ALS, 2015). 46
Tableau 5 : Définition des codes lithologiques utilisés dans la base de données des sondages. 57
Tableau 6 : Classification des prospects en bon, mauvais ou faux gossan (Richard, 2015). 85
Tableau 7 : Lames minces, lames polies et sections polies réalisées sur les échantillons du PERM. 95
Tableau 8 : Statistiques mensuelles d'avancement en 2015. 102
Tableau 9 : Tableau estimatif inital (2011) - années 1 à 3 105
Tableau 10 : Tableau estimatif inital (2011) – années 4 et 5 106
Tableau 11 : État des dépenses par poste par an sur le PERM Merléac. 107
Tableau 12 : Liste des contacts pris entre 2012 et 2015 pour le PERM Merléac. 109

Synthèse

Le permis exclusif de recherche de mines de Merléac a été attribué à Variscan Mines le 3 novembre 2014 par arrêté inistériel (publié au JORF le 5-11-2014). Le dossier de demande avait été déposé le 1er décembre 2011 (Variscan, 2011). Le permis a été octroyé pour une durée de cinq années renouvelables à compter du 3 novembre 2014 pour cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes. Il couvre une superficie de 411 km².

Le présent rapport synthétise les travaux réalisés et les résultats obtenus en 2015. Le PERM ayant été délivré en fin d'année 2014, les travaux réalisés antérieurement seront également présentés. Ce rapport est publié sous format numérique ou papier sans restriction de publication. Il est accompagné d'un CD-Rom comprenant plusieurs documents annexés.

L'activité en 2015 a consisté en quatre ensembles de travaux :

- Le recueil de données bibliographiques auprès de Géodéris, de la DREAL Bretagne, des archives départementales d'Ille-et-Vilaine (fond de l'ex-DRIRE) et du BRGM ; début de leur valorisation dans un SIG et dans un modèle 3D
- La description et la réanalyse avec une procédure de contrôle qualité (QA/QC) des carottes des sondages PAM05, PAM08 et PAM16 réalisés sur Porte-aux-Moines et conservés au BRGM
- Un lever géophysique héliporté (VTEM^{PLUS}) magnétique et électromagnétique sur une surface d'environ 180 km²
- Le recueil de données de terrain sur les gossans et les sites d'intérêt de la géophysique (prospection marteau), associé à une cartographie géologique détaillée (1/5 000). 2 sols et 384 échantillons de roches ont été prélevés en 2015 et analysés par XRF. Les sites d'intérêt prioritaire suivants ont été identifiés le long de la ride de la Porte-aux-Moines : La Prise Malard, Les Essarts/La Ferrière, Les Martyrs et Gausson.

Environ 932 000 € ont été dépensés depuis le début des travaux de Variscan Mines sur ce permis, dont approximativement 628 000 € depuis la signature du PERM.

Le programme envisagé pour l'année 2016 est le suivant :

- Poursuite de la valorisation des travaux historiques
- Réalisation de grilles de géochimie sol resserrées, à une maille 100 x 40 m, sur les sites de La Prise Malard, Les Essarts-Les Martyrs, Gausson et Le Roz. En parallèle, la cartographie géologique de chaque site sera affinée
- Continuation de la prospection marteau sur le permis, dans la poursuite des travaux de 2015. De la géophysique au sol pourra, si besoin, être proposée sur certains secteurs
- Poursuite de la grille environnementale au 200 x 200 m
- Réalisation de premiers sondages de reconnaissance géologique permettant de tester des hypothèses géologiques. L'emplacement, le nombre et leur longueur ne sont pas encore définis, des travaux complémentaires étant encore nécessaires
- Étude pétrographique d'échantillons caractéristiques du minerai de Porte-aux-Moines et d'échantillons de divers chapeaux de fer
- Participation à toutes les réunions souhaitées par la préfecture, les mairies ou les autres acteurs du territoire.

1. Introduction

1.1. RAPPELS GÉNÉRAUX

La société Variscan Mines a obtenu un permis exclusif d'exploration minière (Figure 1) par arrêté du Ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, Emmanuel Macron, du 3 novembre 2014 (publié au JORF le 5-11-2014, Figure 2). Le dossier de demande avait été déposé le 1er décembre 2011. Le permis a été octroyé pour une durée de cinq années renouvelables. Les substances faisant l'objet de la demande sont : cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes. Le préfet des Côtes-d'Armor en a avisé Variscan Mines le 26 novembre 2014. La présente introduction reprend les termes de la demande initiale de permis (Variscan Mines, 2011).

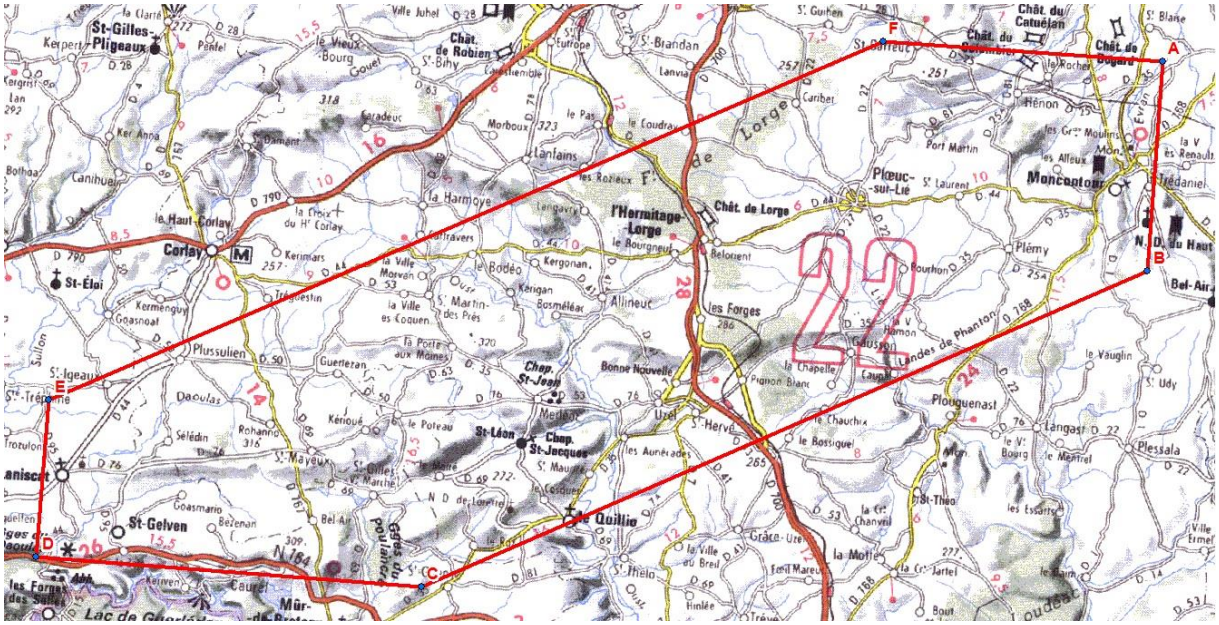


Figure 1 : Limites du permis Merléac.

La liste des communes des Côtes-d'Armor concernées par le périmètre du permis (411 km²) est la suivante :

- Allineuc
- Bréhand
- Caurel
- Corlay
- Gausson
- Hénon
- La-Harmoye
- Lanfains
- Langast
- Laniscat
- Le-Bodéo
- Le-Quillio
- Merléac
- Moncontour
- Mûr-de-Bretagne
- Plaintel
- Plémy
- Plœuc-L'Hermitage *
- Plouguenast
- Plussulien
- Quessoy
- Saint-Brandan
- Saint-Carreuc
- Saint-Gelven
- Saint-Gilles-Vieux-Marché
- Saint-Guen
- Saint-Hervé
- Saint-Igeaux
- Saint-Martin-des-Prés
- Saint-Mayeux
- Saint-Thélo
- Trédaniel
- Uzel

Les communes de Plœuc-sur-Lié et L'Hermitage-Lorge ont fusionné au 1er janvier 2016 pour donner naissance à la commune de Ploeuc-L'Hermitage.

Dans la poursuite de la démarche, un dossier a été déposé au titre de l'art. 4 du décret n°2006-649 concernant une déclaration d'ouverture de travaux dans la suite de la signature du PERM Merléac, complétée d'une présentation de programmation de l'année à venir (2015). La demande de travaux a été soumise dans le cadre du code minier et concerne le périmètre autorisé. La plupart des textes rappelés lors de cette demande de travaux et repris dans le présent rapport avaient déjà été formulés dans la demande de permis exclusif de recherche minière sous la dénomination de *PERM Merléac*.

5 novembre 2014 JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Texte 31 sur 117

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE ET DU NUMÉRIQUE

Arrêté du 3 novembre 2014 accordant un permis exclusif de recherches de mines de cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes dit « Permis de Merléac » à la société Variscan Mines dans le département des Côtes-d'Armor

NOR : *EINL1417211A*

Par arrêté du ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique en date du 3 novembre 2014, le permis exclusif de recherches de mines de cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes dit « Permis de Merléac », d'une superficie d'environ 411 km², est octroyé à la société Variscan Mines, pour une durée de cinq ans à compter de la publication du présent extrait au *Journal officiel* de la République française, compte tenu de l'engagement financier minimal de 11,5 millions d'euros.

Conformément à la carte au 1/100 000 annexée au présent arrêté, le périmètre du permis Merléac est constitué par un polygone à côtés rectilignes dont les sommets sont définis par les coordonnées suivantes, en systèmes Lambert II étendu et RGF 93 :

SOMMETS	X (LONGITUDES) Lambert II	Y (LATITUDES) Lambert II	X (LONGITUDES) RGF 93	Y (LATITUDES) RGF 93
A	233 375	2 389 460	284 692	6 825 864
B	232 908	2 382 059	284 166	6 818 472
C	207 368	2 370 722	258 553	6 807 350
D	193 773	2 371 654	244 977	6 808 391
E	194 160	2 377 202	245 408	6 813 932
F	223 519	2 390 090	274 849	6 826 574

Nota. – L'arrêté intégral peut être consulté à la direction de l'eau et de la biodiversité, sous-direction de la protection et de la gestion des ressources en eau et minérales, bureau la gestion et de la législation des ressources minérales non énergétiques, Arche de La Défense, paroi Sud, 92055 La Défense Cedex, ainsi que dans les bureaux de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne, L'Armorique, 10, rue Maurice-Fabre, CS 96515, 35065 Rennes Cedex 2.

Figure 2 : Publication de l'arrêté du PERM Merléac au JO.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'économie, de l'industrie
et du numérique

Arrêté du 03 NOV. 2014

Accordant un permis exclusif de recherches de mines de cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes dit « Permis de Merléac » à la société VARISCAN MINES, dans le département des Côtes d'Armor

NOR : EINL1417211A

Le ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique,

Vu le code minier;

Vu le décret n° 2006-648 du 2 juin 2006 modifié relatif aux titres miniers et aux titres de stockage souterrain ;

Vu le décret en date du 25 septembre 1920 accordant la concession de fer dite « L'Hermitage-Lorge » située sur le site de Le Bas Vallon à la société des mines de Douaria (Département des Côte d'Armor) ;

Vu l'arrêté du ministre du redressement productif acceptant la renonciation totale du Bureau de Recherches Géologiques et Minières à la concession de mines de plomb, de zinc, de cuivre, d'argent, et de substances connexes dite « Porte-aux-Moines » (Département des Côtes d'Armor) en date du 13 mars 2014 ;

Vu la demande, en date du 12 août 2011 par laquelle la société Variscan Mines, dont le siège social est situé 16 rue Léonard de Vinci, 45074 Orléans Cedex, sollicite un permis exclusif de recherches de mines de cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes dit « Permis de Merléac », portant sur partie du département des Côtes d'Armor ;

Vu l'avis des services intéressés;

Vus les rapport et avis du directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne en date du 11 février 2013;

Vu l'avis du préfet des Côtes d'Armor en date du 15 février 2013 ;

Vu la proposition du directeur de l'eau et de la biodiversité en date du 29 janvier 2014 ;

Vu l'avis du conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies en date du 13 février 2014 ;

Vus les avis émis durant la consultation du public du 2 juin 2014 au 24 juin 2014 ;

arrête :

Article 1er

Un permis exclusif de recherches de mines de cuivre, zinc, plomb, or, argent et substances connexes dit « Permis de Merléac » est accordé à la société Variscan Mines, sur une surface d'environ 411 km², portant sur les territoires des communes d'Allineuc, Bréhand, Caurel,

Corlay, Gausson, Hénon, La-Harmoye, Lanfains, Langast, Laniscat, Le-Bodeo, Le-Quillio, L'Hermitage-Lorge, Merléac, Moncontour, Mur-de-Bretagne, Plaintel, Plémy, Ploeuc-sur-Lié, Plouguenast, Plussulien, Quessoy, Saint-Brandan, Saint-Carreuc, Saint-Gelven, Saint-Gilles-Vieux-Marché, Saint-Guen, Saint-Hervé, Saint-Igeaux, Saint-Martin-des-Prés, Saint-Mayeux, Saint-Thélo, Trédaniel et Uzel (département des Côtes d'Armor).

Article 2

Conformément à la carte au 1/100 000 annexée au présent arrêté, le périmètre de la zone mentionnée à l'article 1er est constitué par un polygone à côtés rectilignes dont les sommets sont définis par les coordonnées suivantes (systèmes Lambert II étendu et RGF 93):

SOMMETS	X (longitudes) - Lambert II	Y (latitudes) – Lambert II	X (longitudes) – RGF 93	Y (latitudes) – RGF 93
A	233 375	2 389 460	284 692	6 825 864
B	232 908	2 382 059	284 166	6 818 472
C	207 368	2 370 722	258 553	6 807 350
D	193 773	2 371 654	244 977	6 808 391
E	194 160	2 377 202	245 408	6 813 932
F	223 519	2 390 090	274 849	6 826 574

Article 3

Le permis est accordé pour une durée de cinq ans à compter de la publication d'un extrait[1] du présent arrêté au *Journal Officiel* de la République française.

Article 4

En vue de comparer les dépenses faites à l'engagement financier minimal de 11,5 millions d'euros hors taxes souscrit en application de l'article L.142-1 du code minier, les dépenses réalisées seront actualisées par application de la formule d'indexation figurant au 2° de l'article 44 du décret n° 2006-648 du 2 juin 2006 modifié susvisé.

Il est précisé que So et Mo sont les valeurs de ces indices pour le troisième trimestre 2011 au cours duquel l'engagement financier a été souscrit.
Pour ce qui concerne l'indice St, il s'agit des valeurs moyennes des indices mensuels du trimestre considéré.

Article 5

Le présent arrêté accompagné de son annexe relative aux modalités de concertation et de suivi locaux des travaux sera notifié au titulaire du titre par le préfet du département des Côtes d'Armor, qui en fera également assurer sous forme d'extrait :

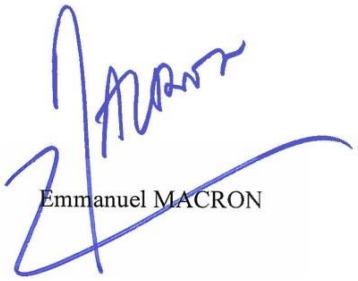
- l'affichage à la préfecture des Côtes d'Armor ;
- l'affichage dans les communes concernées ;
- la publication au recueil des actes administratifs du département des Côtes d'Armor ;
- la publication, aux frais du demandeur, dans un ou plusieurs journaux régionaux ou locaux dont la diffusion s'étend à la zone couverte par le titre de recherche.

1 **Nota**: L'arrêté intégral peut être consulté à la Direction de l'eau et de la biodiversité, Sous-direction de la protection et de la gestion des ressources en eau et minérales, Bureau la gestion et de la législation des ressources minérales non énergétiques, Arche de la Défense- Paroi Sud, 92055 La Défense Cedex ainsi que dans les bureaux de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne, L'Armorique,10 rue Maurice Fabre - CS 96515 - 35065 RENNES CEDEX 2

Article 6

Le directeur de l'eau et de la biodiversité est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié, par extrait, au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 03 NOV. 2014



Emmanuel MACRON

3

ANNEXE A L'ARRETE ACCORDANT LE PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHES DE MINES DIT « PERMIS DE MERLEAC » A LA SOCIETE VARISCAN MINES

En préalable au démarrage des travaux sur la zone du permis exclusif de recherches de mines dit « Permis de Merléac », une commission d'information et de suivi des travaux est constituée. Elle est présidée par le préfet du département des Côtes d'Armor.

Le titulaire du permis exclusif de recherches :

- présente à cette commission ses projets de travaux pour l'année à venir et leurs impacts attendus ou possibles pour l'environnement et les riverains ;
- fait parvenir à une fréquence au minimum annuelle un bilan des travaux réalisés et des impacts de ses activités sur l'environnement.

Le préfet des Côtes d'Armor réunit cette commission si de nouveaux projets de travaux à présenter au public le justifient et au minimum une fois par an.

4

Figure 3 : Arrêté ministériel signé du PERM Merléac

1.2. DÉLIMITATION DU POLYGONE DU PERM MERLEAC

Le PERM Merléac se situe dans la partie centrale de la Bretagne, sur la terminaison orientale du bassin carbonifère de Châteaulin, et une partie du granite hercynien intrusif de Moncontour (Figure 4). Le secteur est tangenté par l'accident nord-armoricain (accident Molène – Moncontour). Cette puissante zone de cisaillement, orientée est-ouest, scinde en deux les grands massifs granitiques de Moncontour et de Quintin plus au nord-ouest. La surface du PERM Merléac est couverte par les cartes géologiques à 1/50 000 de Quintin (Sagon, 1976 ; 1977), Moncontour (Carric *et al.*, 1979 ; Chantraine et *al.*, 1979) et Pontivy (Dadet *et al.*, 1986 ; 1988) dont proviennent l'essentiel du texte de présentation géologique.

1.2.1. Géologie régionale

Le secteur peut être schématiquement divisé en trois ensembles géologiques :

- le socle cadomien et calédonien, représenté au sud-est du secteur et au nord du granite de Moncontour ;
- les formations paléozoïques (Cambrien à Carbonifère) terminant le bassin de Châteaulin ;
- les granites hercyniens, notamment le massif de Moncontour.

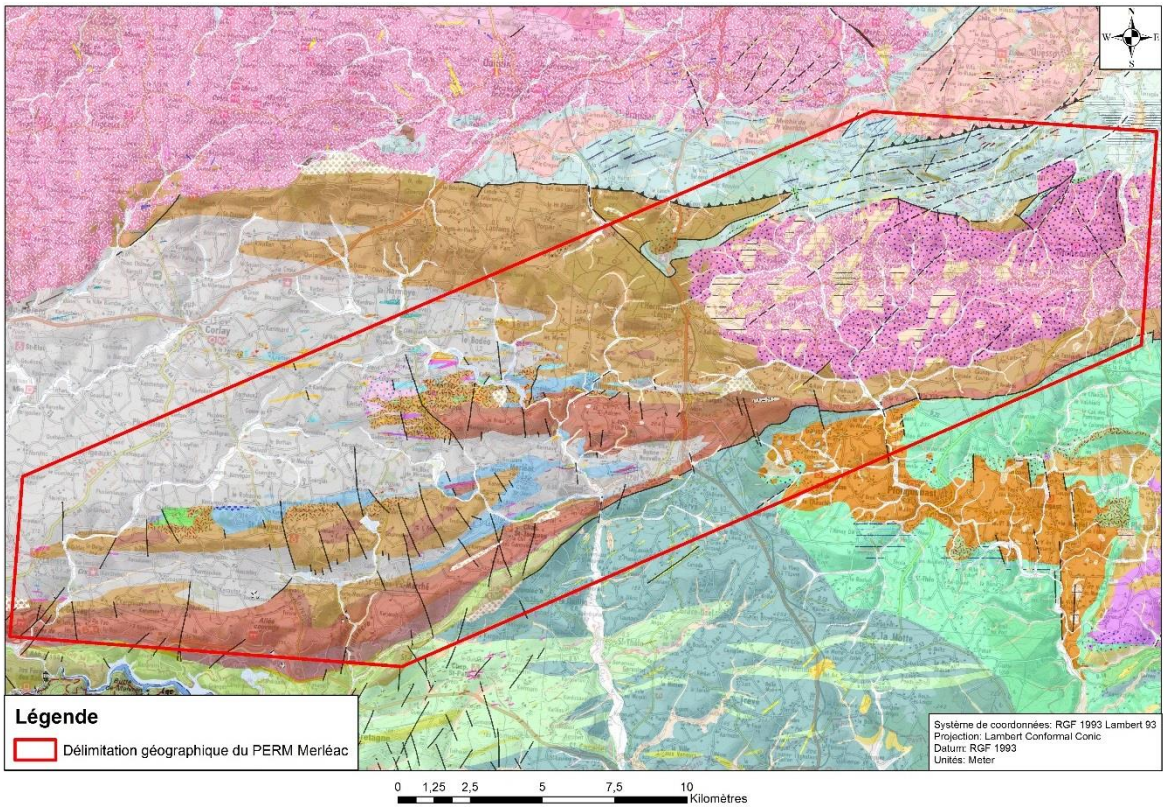


Figure 4 : Délimitation du PERM sur fond géologique au 1/50 000 harmonisé (© BRGM).

Le socle cadomien et calédonien est surtout représenté par des schistes du Briovérien (Protérozoïque supérieur, vers 600 Ma) qui couvrent de larges surfaces dans le centre-Bretagne, aux environs de Loudéac, au sud-est du PERM. Il s'agit de schistes gris-vert et de grauwackes avec des niveaux conglomératiques à galets de phtanites, passant vers le sud-est (région de Plouguenast) à des micaschistes et des amphibolites. Au nord du granite de Moncontour, ces schistes sont modifiés par métamorphisme de contact, et montrent de nombreux sills d'allure subconcordante de métadolérites et de métabasaltes, moins fréquemment de métarhyodacites, considérés comme d'âge briovérien.

Dans la partie sud-est du secteur, le complexe orthogneissique de Plouguenast est intrusif dans les formations briovériennes métamorphiques à micaschistes et amphibolites. Il s'agit pour l'essentiel d'une diorite quartzique à affinité trondhjémitique, fortement affectée par une schistosité cataclastique. Sa mise en place est datée de l'Ordovicien (485 ± 10 Ma, méthode Rb-Sr). Sur la bordure nord du PERM, l'orthogneiss à biotite du Quessoy, fortement folié, est un massif allongé, bordé sur son flanc sud par l'accident nord-armoricain qui lui confère une texture blastomylonitique très nette. Bien que non daté, il est très vraisemblablement sub-contemporain de l'orthogneiss de Plouguenast.

Les formations paléozoïques de la fosse centrale armoricaine sont très importantes d'un point de vue superficie et intérêt métallogénique, et couvrent à elles seules plus des 2/3 de la surface du PERM. Elles constituent la terminaison orientale du bassin de Châteaulin, où se rejoignent les bordures nord et sud. La structure générale de ces formations est un synclinal à cœur dinantien montrant à son extrémité les deux anticlinaux secondaires de Saint-Mayeux et de la butte Saint-Michel (près de Saint-Martin-des-Près, qui héberge le gisement de la Porte-aux-Moines). La colonne lithostratigraphique est presque complète du Cambro-Trémadocien au Dinantien avec essentiellement des séries sédimentaires détritiques dévono-carbonifères, interrompues par des épisodes volcaniques, parfois majeurs, associés à des minéralisations de sulfures massifs.

Du **Cambrien** jusqu'au **Silurien**, les terrains sont peu représentés, limités à une bande assez étroite au sud-sud-est du PERM (région d'Uzel). Le Cambro-Trémadocien est ainsi réduit à des schistes gris verts à petits lits de quartzites, et l'Ordovicien inférieur (Arénigien) à des quartzites peu puissants. Les schistes de l'Ordovicien moyen et supérieur, le Silurien inférieur (Llandovérien) et ses quartzites beiges, tout comme les schistes graphiteux du Silurien moyen et supérieur, restent également très discrets. Au-delà de la bordure méridionale du PERM, ces formations cambro-siluriennes vont prendre une ampleur bien supérieure pour édifier l'anticlinal de Quénécan.

Le **Dévonien** est à l'inverse un puissant ensemble de schistes et quartzites pouvant dépasser 1 000 m d'épaisseur. Les termes inférieurs, datés du Gédinnien, reposent sur les couches du Silurien supérieur, tandis que les termes supérieurs presque au contact avec la série dinantienne sont datés par paléontologie de l'Emsien voire de l'Eifélien. Il est donc justifié de soupçonner une lacune stratigraphique importante correspondant au Dévonien supérieur et *pro parte* au Dévonien moyen. Ce sont *a priori* les terrains dévoniens, notamment ceux du Dévonien inférieur, qui portent les minéralisations sulfurées polymétalliques de type la Porte-aux-Moines.

Le Gédinnien couvre une surface importante au sud et au centre du PERM. Il montre des schistes grossiers, souvent à chloritoïdes, alternant avec des bancs de quartzites. Le sommet du Gédinnien et le passage au Siégenien inférieur montrent une activité volcanique intense (butte Saint-Michel, nord-ouest d'Uzel) avec des rhyolites et des dacites liées aux couches de sulfures massifs (amas sulfuré de la Porte-aux-Moines).

Le Siégenien inférieur est également bien représenté. Il montre jusqu'à 200 m de quartzites et de grès ferrugineux, localement exploités de manière surtout artisanale pour le fer.

Le Siégenien moyen et supérieur ainsi que l'Emsien affleurent largement sur les bordures du bassin de Châteaulin et dans les anticlinaux du centre du PERM. Ce sont des formations schisto-quartzitiques qui peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres de puissance. Le faciès dominant est un schiste, parfois à chloritoïdes, alternant avec des lits de quartzite gris. Dans la partie nord du bassin de Châteaulin, les transformations provoquées par le métamorphisme de contact des granites de Quintin et Moncontour masquent l'allure initiale des strates.

Le **Dinantien** occupe le cœur du bassin de Châteaulin et l'essentiel de la partie nord-ouest du PERM. C'est un ensemble pétrographiquement très disparate, avec des formations d'origines sédimentaires, volcanosédimentaires et volcaniques, habituellement subdivisé en trois termes (Sagon, 1976) :

- un complexe volcanique de base, à roches basiques (diabases) et acides (rhyolites, tufs ponceux, quartz-kératophyres…). Ces formations volcaniques sont particulièrement bien représentées sur la bordure sud du bassin de Châteaulin, et dans les anticlinaux de Saint-Mayeux et de la butte Saint-Michel ;
- une série sédimentaire inférieure à conglomérats puis à schistes, rouges ou ardoisiers, comprenant un second épisode volcanique à spilites et kératophyres, plus discrets que le premier, associés à des jaspes. La microfaune associée aux rares calcaires sommitaux datent cette formation du Viséen inférieur ;
- une série sédimentaire supérieure composée d'alternances de schistes et de grauwackes de faciès culm. Cette série, très puissante, est à rattacher au Viséen moyen et supérieur et recoupée par des granites namuriens.

Ces formations sont également affectées par le métamorphisme de contact développé par les granites de Quintin et de Moncontour.

Les **granites hercyniens** sont représentés par le massif de Moncontour, décalé en dextre par l'accident nord-armoricain. C'est un granite monzonitique à biotite qui montre un faciès porphyroïde, en position centrale dans le lobe occidental du massif, et un faciès grossier dominant sur l'ensemble du massif. Il a été daté à 290 ± 9 Ma (Peucat *et al.*, 1979). Il faut noter que l'imposant massif de Quintin, avec son cortège de microgranites à biotite, affleure largement au-delà de la limite nord-ouest du PERM.

D'un point de vue structural, dans la partie orientale du bassin de Châteaulin, postérieurement à l'orogenèse cadomienne, les sédiments paléozoïques sont affectés par plusieurs phases de déformation dépendantes de l'orogenèse hercynienne. La première phase (phase bretonne) se situe entre le Dévonien et le Dinantien et entraîne la formation de rides peu accentuées associées à un volcanisme majeur. Après le Dinantien, la phase sudète est responsable de plis droits synschisteux d'axe est-ouest et d'échelle métrique à kilométrique. Il s'agit de la phase plicative hercynienne majeure, synchrone d'un important métamorphisme.

Cette phase majeure est suivie par trois autres phases tectono-métamorphiques jusqu'à la mise en place des granites hercyniens de Quintin et de Moncontour notamment. Elles se traduisent par l'apparition d'autant de générations de plis de direction et d'amplitude variées.

À la fin du Paléozoïque (fini-Carbonifère), un nouveau régime de contraintes provoque une nouvelle direction de raccourcissement maximal orienté nord-sud, dont les effets sont visibles dans les granites de Huelgoat, Quintin et Pontivy. Ceci crée un vaste champ de fractures N150° - 170 °E traversant toute la Bretagne, dans lesquels les fluides hydrothermaux vont circuler et déposer des minéralisations. Ces fractures affectent également l'accident nord-armoricain et pourraient avoir eu des rejeux récents.

1.2.2. Cadre métallogénique

Le secteur de la Porte-aux-Moines possède un certain nombre d'indices minéralisés de natures et d'importances variées (carte des gîtes minéraux de la France, Méloux *et al.*, 1978 ; Méloux, 1979 ; Pierrot *et al.*, 1975) :

- amas sulfurés polymétalliques dévoniens à Zn-Cu-Pb-Ag (Porte-aux-moines) en liaison possible avec le volcanisme felsique Gédinnien ;

- minéralisations ferrifères d'origines variées, exploités par les anciens (Bas-Vallon et Le Pas en L'Hermitage-Lorge, Saint-Gilles-du-Vieux-Marché…) ;
- filons à Pb-Zn-Cu et/ou U (Port Martin, Plessis d'en Haut …).

- **Amas sulfurés polymétalliques paléozoïques**

Le site minéralisé majeur du secteur, qui justifie en grande partie la demande du PERM Merléac, est l'amas sulfuré de la Porte-aux-Moines en Saint-Martin-des-Prés. Cet amas sulfuré résulte du volcanisme sous-marin et, tout comme les gisements proches de Bodennec et de Menez Albot, également situés en bordure du Bassin de Châteaulin, il appartient au type VMS (« volcanogenic massive sulfides deposit », amas sulfuré volcanogénique).

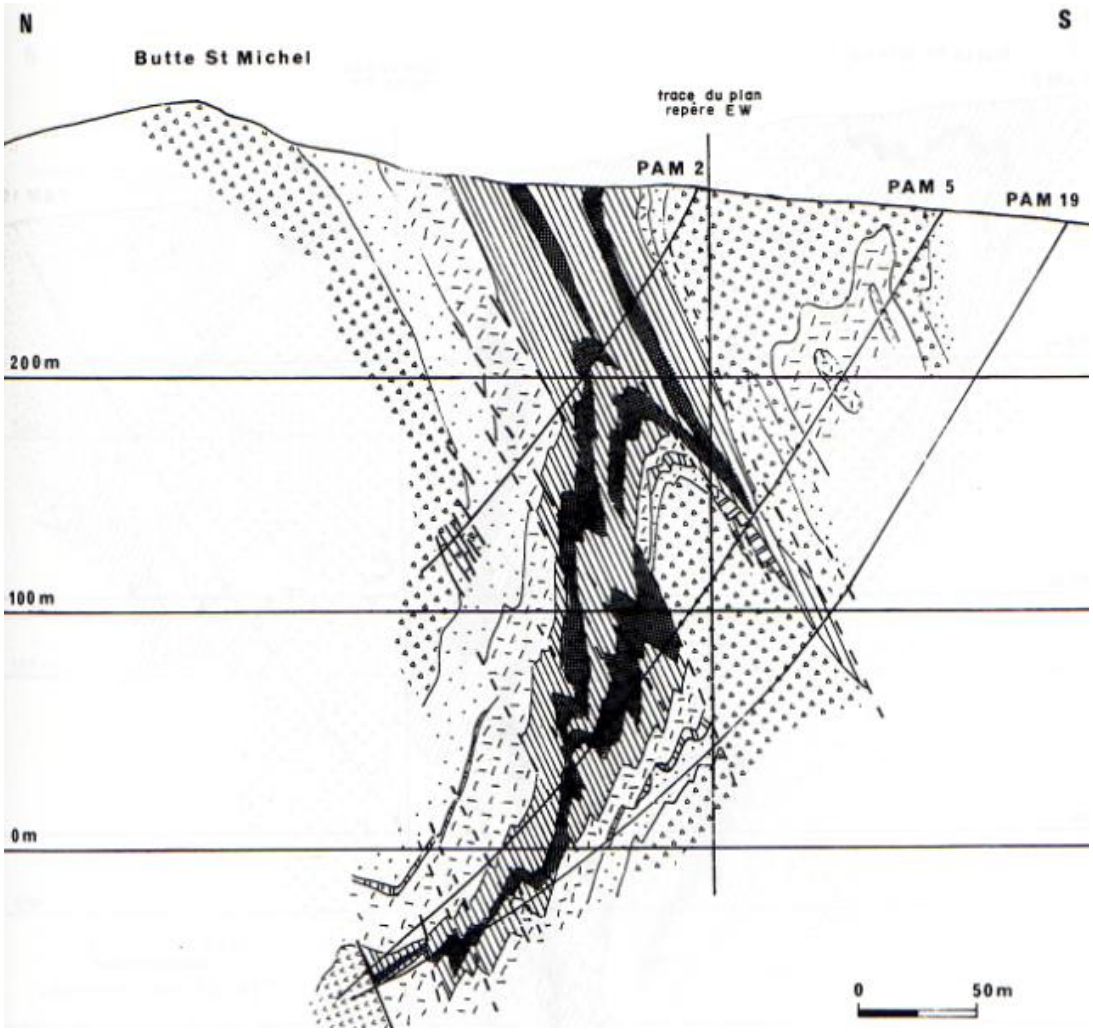


Figure 5 : Coupe interprétative de l'amas sulfuré de la Porte-aux-Moines (Aye, 1983).

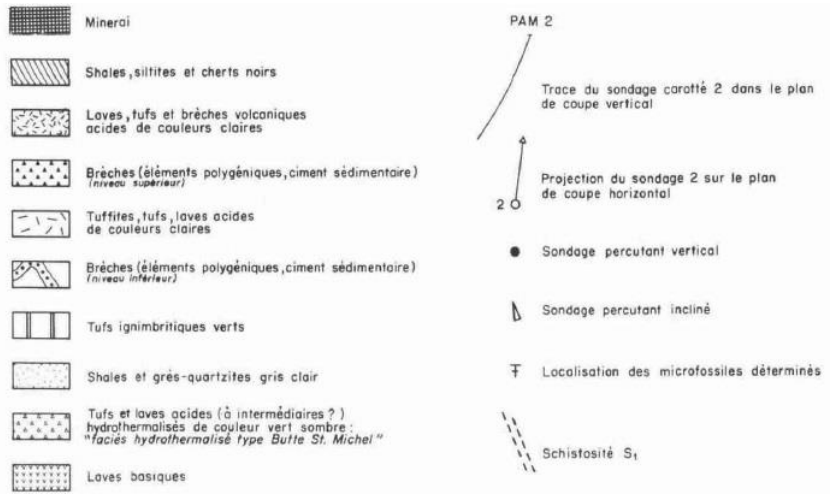


Figure 6 : Légende de la coupe interprétative précédente (Aye, 1983).

Plus précisément, l'amas sulfuré de la Porte-aux-Moines résulte vraisemblablement de l'activité volcanique ignimbritique, rhyolitique à rhyodacitique, qui se manifeste au Dévonien sur les marges du bassin de Châteaulin. L'anticlinal de la butte-Saint-Michel était au Dévonien inférieur un haut-fond instable, siège d'un volcanisme inconnu sur le flanc sud du bassin de Châteaulin. L'horizon minéralisé est considéré comme étant le sommet des schistes et quartzites de Plougastel, datés du Gédinnien (ou Lochkovien, Dévonien basal ~ 411 Ma ; Aye, 1978, 1983). Cependant les corrélations stratigraphiques délicates laissent envisager la possibilité d'un âge plus récent, pouvant aller jusqu'au Dévono-Dinantien, soit la même position stratigraphique que les amas sulfurés de Sud-Ibérie. Ceci impliquerait une lacune stratigraphique importante s'étendant du Gédinnien au Famennien sur les marges du bassin de Châteaulin.

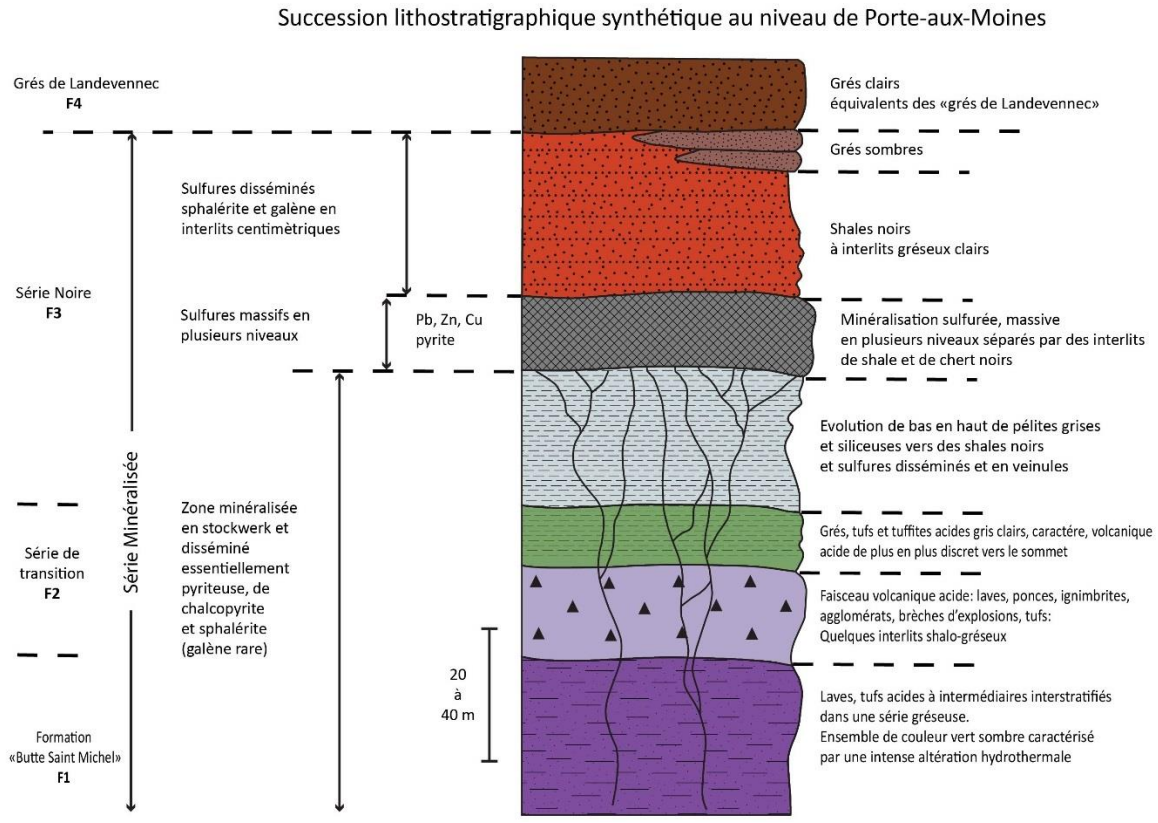


Figure 7 : Succession lithostratigraphique au niveau de Porte-aux-Moines (d'après Aye, 1983).

La minéralisation se compose de sulfures massifs stratiformes, à texture fréquemment rubanée par alternance de lits centimétriques à décimétriques de sulfures, interstratifiés dans des schistes noirs, ou encore de brèches à éléments volcaniques surmontant des niveaux de laves acides remaniés (Figure 4). Ces sulfures totalisent jusqu'à 20 m d'épaisseur. La pyrite est dominante, avec sphalérite, galène et chalcopyrite fréquentes, accompagnées de nombreux minéraux rares ou en trace (tétraédrite, arsénopyrite, mackinawite …). La reconstitution paléogéographique montre que l'amas de Porte-aux-Moines était à l'origine composé de deux lentilles hectométriques enracinées par un stockwerk.

Les sondages et travaux d'exploration par descenderie et galeries entrepris par le BRGM de 1974 à 1983 ont estimé des ressources de 1,86 Mt à 7,88 % Zn, 1,68 % Pb, 0,76 % Cu et 96,6 g/t Ag (BRGM, 1981).

D'autres minéralisations volcanosédimentaires du même type peuvent être soupçonnées dans plusieurs secteurs du PERM. C'est le cas des indices à pyrite disséminée connus dans le Dévonien proche de la Porte-aux-Moines (Porte d'Ohain dans les schistes et quartzites gédinniens, 1,5 km au Sud-est d'Allineuc) et dans l'anticlinal méridional de Saint-Mayeux (jaspes au Sud-ouest de Créfiniac), ou encore de la chalcopyrite disséminée signalée dans les quartzites du Grand-Bara en Allineuc. Au nord-est du Bodéo, un puissant chapeau de fer lié à des jaspes a été reconnu et pourrait surmonter des minéralisations sulfurées du même type que celles de la Porte-aux-Moines.

- **Minéralisations ferrifères**

Près de l'Hermitage-Lorge, sur la limite nord-ouest du PERM Merléac, des anciennes ferrières ont exploité aux XIX^{e} et XX^{e} siècles des couches d'oxydes de fer du Dévonien et plus accessoirement du Briovérien (le Pas, Bas-Vallon, et au nord du PER, Saint-Brandan).

Les niveaux ferrifères dévoniens sont datés du Siégenien et de l'Emsien. Les plus importants (secteur de l'Hermitage-Lorge) sont des grès oolithiques du Siégenien moyen – Emsien transformés en une association magnétite-sidérite-chamosite par métamorphisme de contact du granite de Moncontour (Pierrot *et al.*, 1975). La couche atteignait 11 m de puissance pour une teneur de 50 à 56 % Fe. Des minéralisations ferrifères similaires sont connues dans les grès siégenien inférieurs près de Saint-Gilles-Vieux-Marché et au nord-ouest du PERM, à Saint-Daman. La nature initiale des carapaces ferrifères superficielles sur le Briovérien n'est pas connue.

Notons que deux petits gîtes ferrifères attribués au Dévonien sur la carte des gîtes minéraux de la France (Collectif, 1979), sont d'après la carte géologique situés dans le Viséen (Kergoff) et le Briovérien (la Belle-Etoile).

- **Minéralisations filoniennes à Pb-Zn et U**

La région est relativement riche en indices uranifères et plombo-zincifères, majoritairement portés par le champ de fractures sub-méridiennes tardi-hercyniennes qui découpe la péninsule bretonne. La paragenèse à uranium et plomb-zinc-cuivre connue dans les autres filons subméridiens des granites de Plouaret, Pontivy et Bubry est ainsi retrouvée.

L'emprise du PERM Merléac possède plusieurs indices uranifères situés dans l'auréole de métamorphisme de contact du granite de Moncontour, au nord (Port-Martin) entre Caribet et Bréhand, et au sud (Plessis d'en Haut). Deux d'entre eux sont localisés au sein du granite de Moncontour. Ces indices sont des structures argilisées N150 °E à N 20°E à U-Pb-Zn (Plessis d'en haut, Launay-Ravilly), des failles est-ouest (Nomehard), des gîtes uranifères d'imprégnation (Port Martin), ou des cassures minéralisées dans les schistes. Ces gîtes n'ont

aucun intérêt économique et ne feront pas l'objet de recherches minières de la part de Variscan Mines.

Au-delà de la limite nord-ouest du PERM, le granite de Quintin est riche d'indices uranifères et plombo-zincifères portés également par des filons habituellement subméridiens : Kergornec, Cottier, Kernault, Pelven, Botnazen, Bodquelen et Coat ar Bellégués près de Saint-Gilles-Pligeaux, l'Espérance, Fosse Malard et La Ville-Berthelot près de Quintin. Le gîte le plus important est Kergornec encaissé dans le granite de Quintin, et qui semble se poursuivre dans les schistes et cornéennes du Dinantien par le filon du Pouillou. Ce filon a été suivi en galerie sur 50 m dans les années 1958-59. Sa paragenèse est à pyrite, chalcopyrite, galène, gummite et pechblende abondantes, sphalérite plus rare (Pierrot *et al.*, 1975).

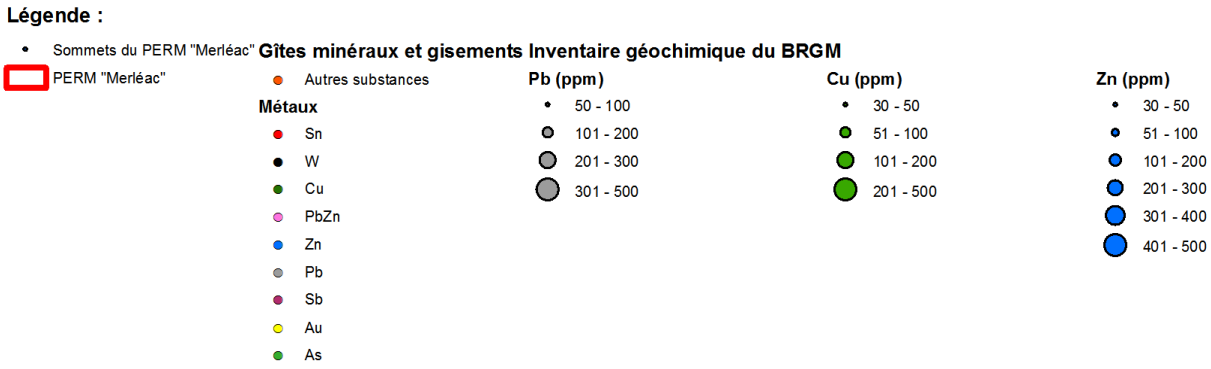


Figure 8 : Nature des points de la carte géologique présentée en Figure 9.

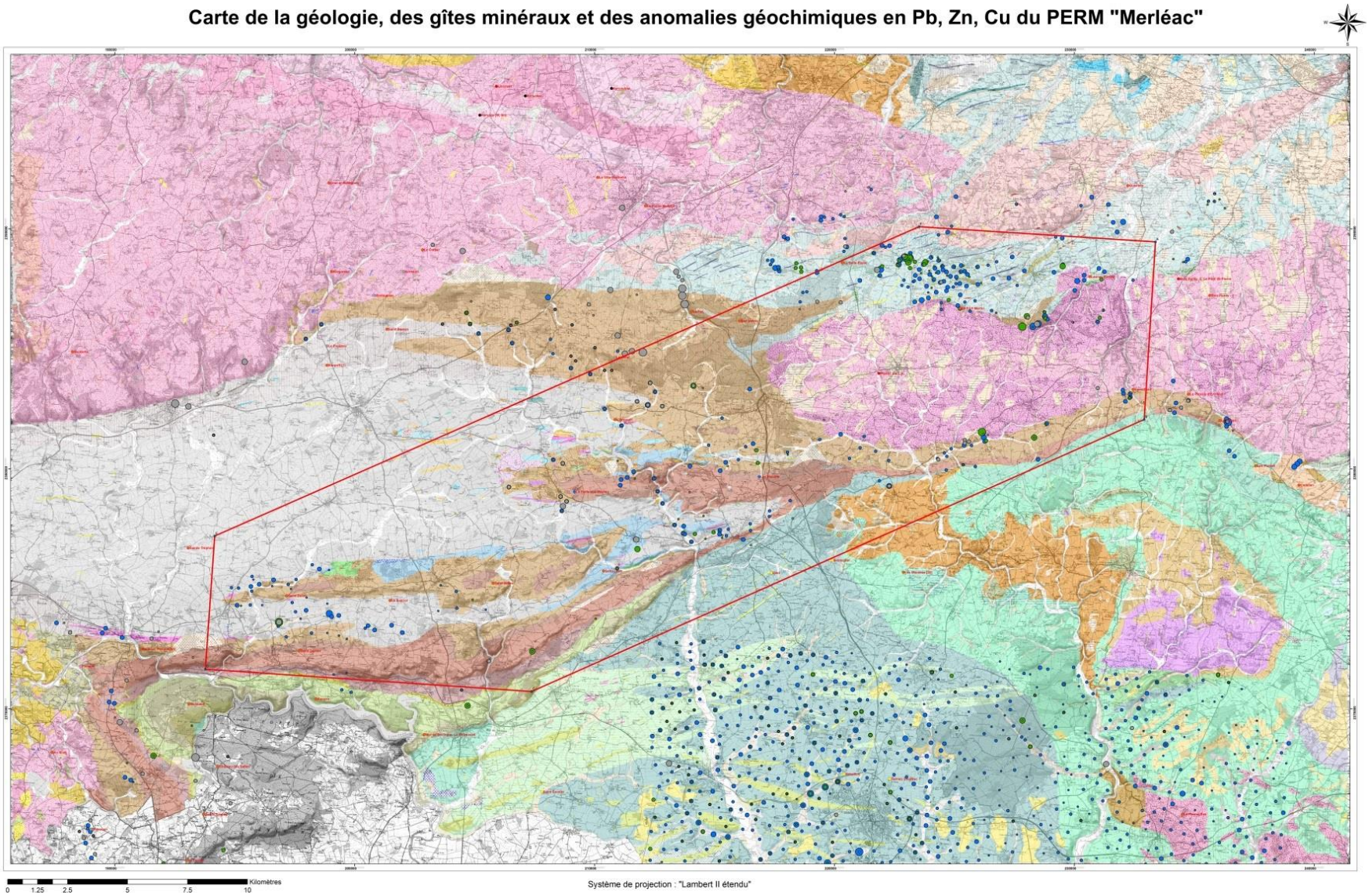


Figure 9 : Carte géologique de la zone concernée et ses alentours (© BRGM).

1.2.3. Délimitation du polygone

La cible de ce PERM est représentée par les minéralisations stratiformes polymétalliques volcanosédimentaires du Dévonien. Le PERM est donc naturellement centré sur le gîte connu de la Porte-aux-Moines.

Il subsiste un doute sur l'attribution au Gédinnien des niveaux minéralisés (les amas volcanosédimentaires de Sud-Ibérie, dans une configuration géodynamique très proche, sont datés à 356 Ma, soit l'extrême base du Carbonifère, Tucker-Barrie *et al.*, 2002). L'ensemble des terrains volcanosédimentaires dévoniens porteurs de volcanites felsiques ou susceptibles d'en contenir sont donc supposés favorables, d'où l'intégration dans l'emprise du PERM de :

- l'anticlinal de la butte Saint-Michel avec son prolongement oriental au sud du granite de Moncontour et septentrional vers le Bodéo et Lanfains ;
- l'anticlinal de Saint-Mayeux et le flanc nord de celui de Quénécan ;
- une frange raisonnable de terrains dinantiens du bassin de Châteaulin, sous lesquels le Dévonien minéralisé pourrait être accessible par sondage.

D'autres minéralisations volcanosédimentaires du même type peuvent être soupçonnées dans ce périmètre à partir d'indices de surface : pyrite disséminée à la Porte d'Ohain et dans l'anticlinal méridional de Saint-Mayeux (jaspes au sud-ouest de Créfiniac), chalcopyrite disséminée (Grand-Bara en Allineuc). En outre, plusieurs occurrences ferrifères assez mal caractérisées ou mal localisées stratigraphiquement pourraient être des chapeaux de fer surmontant des minéralisations sulfurées de type Porte-aux-Moines : le Bodéo et l'Argouët, Saint-Delon, le Boscol…. À l'appui de cette hypothèse, la signature isotopique du plomb de trois de ces sites (Leffo, Allineuc, le Bodéo) est identique à celle de Porte-aux-Moines, suggérant très fortement qu'il s'agit de minéralisations de même type, possiblement importantes (Marcoux, 1987). La carte des anomalies géochimiques Cu et/ou Zn conforte ce périmètre (Figure 9).

Le polygone est également étendu au nord du granite de Moncontour (zone de Port-Martin) où la forte densité d'anomalies Zn et Cu semble peu compatible avec les quelques occurrences filonniennes plombo-uranifères actuellement connues. De plus, ce secteur englobe des terrains du Siégénien associés à de fortes anomalies géochimiques Cu (contact nord du granite de Moncontour). Les anomalies géochimiques Pb situées sur la bordure nord-ouest du PERM (nord de l'Argouët) et jusqu'au granite de Quintin n'ont pas été englobées dans le PERM « Merléac ». Elles sont très probablement liées à des structures subméridiennes plombo-uranifères tardi-hercyniennes sans intérêt économique. Certaines anomalies s'organisent d'ailleurs clairement selon une direction N 150- 160 °E.

Les limites du polygone ont donc été établies en fonction des critères suivants :

- Limite est (segment AB) : cette limite est établie sur la fin des anomalies Zn et Cu au nord du granite de Moncontour et sur l'arrêt progressif des séries dévoniennes au Sud de ce même granite. Les anomalies Pb et Zn attachées à ces formations dévoniennes méridionales sont liées à des structures filoniennes plombo-zincifères subméridiennes, sans intérêt économique. Le granite occupant l'Est de ce segment AB, les probabilités de découverte d'amas sulfuré à l'Est de ce segment sont négligeables.
- Limite sud-est (segment BC) : cette limite correspond à la bordure du Briovérien de centre-Bretagne. Ces terrains constituant le socle sur lequel se sont déposées les séries paléozoïques, et aucun chevauchement n'y a été reconnu. La probabilité de découverte d'amas sulfuré dévonien au-delà de cette limite est quasi-nulle.

- Limite sud (segment CD) : cette limite tangente les derniers affleurements méridionaux du Dévonien sur le flanc nord de l'anticlinal de Quénécan. La structure de l'anticlinal est régulière, bien connue, et exclut des copeaux tectoniques de Dévonien plus au sud. En outre, aucune formation volcanique dévonienne n'a été cartographiée aux environs de cette limite.
- Limite ouest (segment DE) : cette limite se situe au sein des formations dinantiennes du Bassin de Châteaulin. Le tracé de la limite a été guidé par la présence de l'anticlinal dévonien de Saint-Mayeux, porteur de formations volcaniques, ceinturé d'anomalies cuprifères et zincifères. Les données structurales établissent clairement l'ennoyage de cet anticlinal vers l'ouest. Le PERM englobe donc une frange de terrains dinantiens dans l'éventualité de minéralisations à une profondeur compatible avec les objectifs de Variscan Mines.
- Limite nord-ouest (segment EF) : cette limite vise à englober la totalité des anticlinaux de Saint-Mayeux et de la butte Saint-Michel et de leurs extensions jusqu'à une profondeur raisonnable sous le Dinantien. Les terrains dévoniens écartés sont a priori peu favorables à la présence de minéralisations à cause de l'absence 1) de tout volcanisme dévonien et 2) d'anomalies significatives en Pb, Cu ou Zn (les seules anomalies notables en Pb sont dues à des structures plombifères connues et sans intérêt).
- Limite nord (segment FA) : cette limite englobe des terrains briovériens mais portant une densité impressionnante d'anomalies Cu et Zn. Ces anomalies sont soit en liaison avec des terrains dévoniens connus et très tectonisés (est de Port-Martin), soit dans du Briovérien affecté d'accidents ENE-OSO interprétés comme des chevauchements et impliquant des terrains dévoniens plus à l'ouest (secteur de Bas-Vallon). Dans les deux cas, le dispositif structural peut camoufler des terrains dévoniens susceptibles d'abriter des minéralisations.

Dans le périmètre du PERM Merléac l'historique des titres miniers couvert par le permis est listé ci-après (Figure 10). Les titres très anciens représentés par un cercle correspondent à des activités artisanales du début du XX^{e} siècle (voire auparavant) et sont mal localisés. Les coordonnées sont présentées dans la demande du PERM Merléac.

- Le "titre" de Saint-Gelven situé sur le site de « Le Bourg » était une exploitation artisanale de fer.
- Le "titre" d'Allineuc situé sur le site de « Les Essarts » était une exploitation artisanale de plomb et métaux associés (cuivre et zinc).
- Le "titre" d'Allineuc situé sur le site de « La Ferrière » était une exploitation artisanale de plomb et métaux associés (cuivre et zinc).
- Le "titre" de Notre-Dame-des-Champs situé sur le site de « Saint Gelven » était une exploitation artisanale de fer.
- Le "titre" de Saint-Gilles-Vieux-Marché situé sur le site du même nom était une exploitation artisanale de fer.
- La concession de L'Hermitage-Lorge située sur le site de « Le Bas Vallon » a été octroyée le 25/09/1920 à la Société des mines de Douaria pour l'exploitation du fer. Elle a permis l'exploitation de 75 000 tonnes de minerai. Cette concession est aujourd'hui orpheline.
- La concession de L'Hermitage-Lorge située sur le site du même nom, a été octroyée le 25/09/1920 à la Société des mines de Douaria pour l'exploitation du fer. Cette concession est aujourd'hui orpheline.

- Le permis de recherches de Moncontour situé sur le site du même nom a été octroyé le 30/09/1958 à la Compagnie française des minerais d'uranium pour la prospection de l'uranium. Ce permis est aujourd'hui caduc (depuis le 09/02/1961).
- Le permis de recherches de Port-Martin situé sur le site du même nom a été octroyé le 28/03/1960 à la Société de prospection de minerais spéciaux (SPMS) pour la prospection de l'uranium. Dans ce cadre, 3 000 tonnes de minerai ont été extraites. Ce permis est aujourd'hui caduc (depuis le 03/04/1960).
- Le permis de recherches de Perret situé sur le site du même nom a été octroyé le 29/10/1962 à la Société des mines de Kali Sainte Thérèse pour la prospection du fer. Ce permis est aujourd'hui caduc (depuis le 03/11/1965).
- Le permis de recherches de Lanfains situé sur le site du même nom a été octroyé le 01/06/1978 au BRGM pour la prospection de l'argent et métaux associés (cuivre, plomb et zinc). Ce permis est aujourd'hui caduc.
- Le permis de recherches de Saint-Gelven situé sur le site du même nom a été octroyé le 05/02/1980 à SMM PENARROYA pour la prospection de l'argent et métaux associés (cuivre, plomb et zinc). Ce permis est aujourd'hui caduc (depuis le 19/05/1983).
- Le permis de recherche de Gouarec situé sur le site du même nom a été octroyé le 28/07/1980 à PENARROYA pour la prospection de l'argent et métaux associés (cuivre, plomb et zinc). Ce permis est aujourd'hui caduc (depuis le 30/07/1983).
- Le permis de recherche d'Uzel situé sur le site du même nom octroyé le 05/05/1981 au BRGM et SNEA(P) pour la prospection de l'argent et métaux associés (cuivre, plomb et zinc). Ce permis est aujourd'hui caduc.
- Le permis de recherches de Moncontour situé sur le site de Gouray a été octroyé le 15/10/1984 à la COGEMA pour la prospection de l'uranium. Ce permis est aujourd'hui caduc.
- Le permis de recherches de Moncontour situé sur le site de Henon a été octroyé le 15/10/1984 à la COGEMA pour la prospection de l'uranium. Ce permis est aujourd'hui caduc.
- La concession de La Porte-aux-Moines, située sur le site du même nom, a été octroyée le 22/12/1989 au BRGM pour la mine de plomb, zinc, cuivre, argent et substances connexes. Cette concession a été renoncée par le BRGM par arrêté du 13 mars 2014.

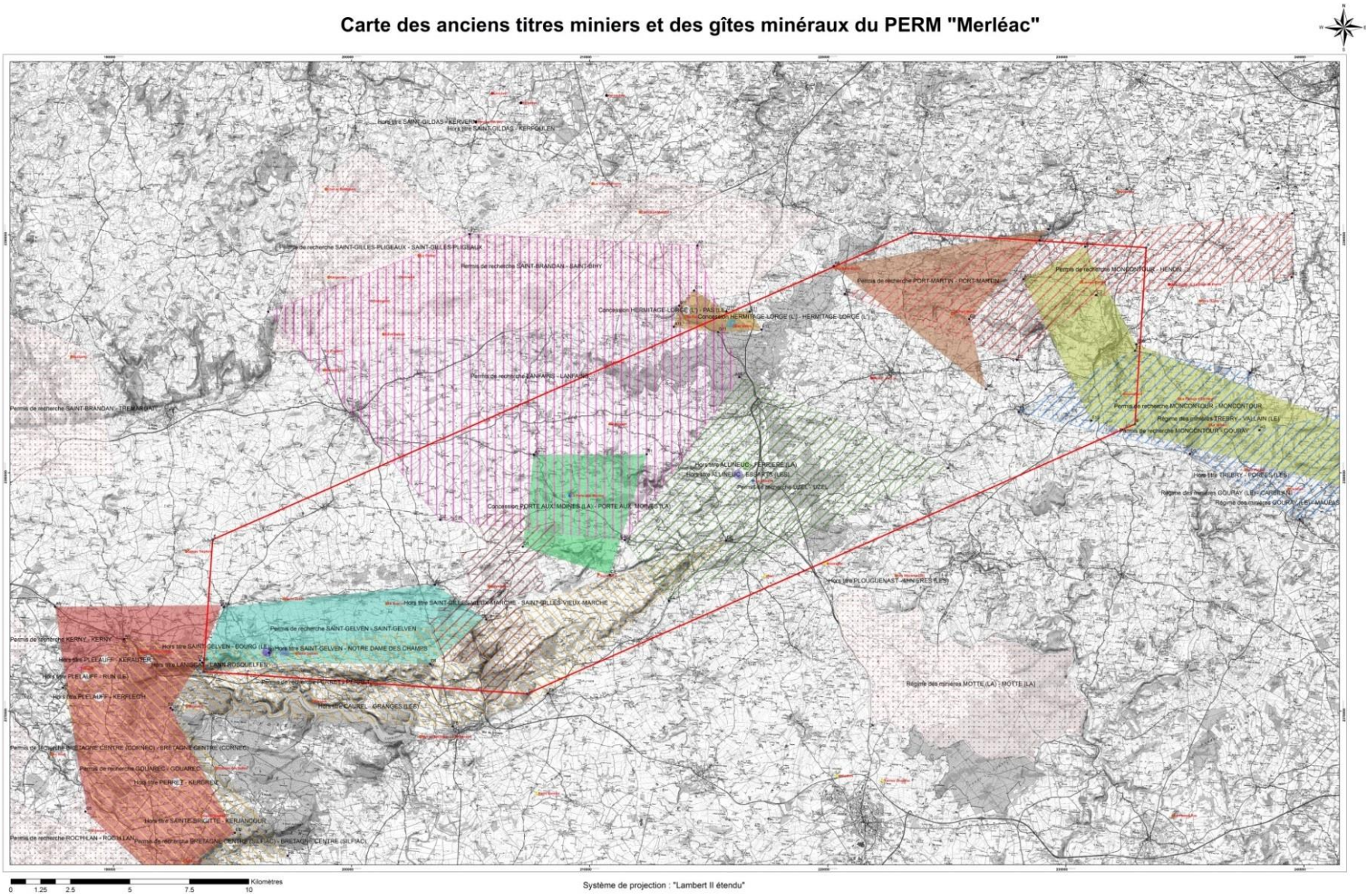


Figure 10 : Délimitation de l'emprise du PERM et des anciennes concessions sur le secteur.

1.3. NOTICE D'IMPACT ET NOTICE D'INCIDENCE NATURA 2000

La notice d'impact et la notice d'incidence *Natura 2000* (Carpentier, 2012 a et b) ont fait l'objet d'une diffusion lors de la demande de permis auprès de chacune des mairies concernées sous forme imprimée ou de fichiers au format PDF. Ces deux documents publics ont été aussi publiés lors de la consultation publique préalable à la signature du permis, sur le site du ministère en charge des mines métalliques. Leurs conclusions sont rappelées ci-après.

1.3.1. Notice d'impact : rappel des conclusions (Minelis ©)

Les effets induits par le projet sont pour la plupart des effets temporaires limités dans le temps ayant donc un impact faible sur l'environnement. Les principaux effets concernent la consommation d'espace et par suite, l'immobilisation d'un périmètre restreint de terrain à vocation agricole avec l'accord du propriétaire et/ou de l'exploitant, la perturbation ponctuelle de la faune et de la flore sur les temps d'intervention (prélèvement de motte de terre pour les travaux de géochimie, travaux d'aménagement de plateforme de forage et forage et éventuelle ouverture de tranchées d'exploration). La pollution de l'air, les odeurs, émissions de poussières, bruit et participation à l'effet de serre par émissions gazeuses dans l'atmosphère proviennent de l'usage des engins de chantier, petit avion, hélicoptère et foreuse. L'atteinte au paysage par les travaux est tout à fait temporaire le temps de l'étude, à l'exception des quelques cailloux cassés et/ou prélevés pour les travaux de géologie. À la fin de l'étude de recherche minière, toute trace de cette activité aura disparue, le terrain sera rendu dans son état d'origine (Tableau 1).

			effets temporaires	effets permanents	effets cumulatifs
effets directs	effets structurels	consommation d'espace	faible	néant	néant
		suppression de terrains à vocation agricole	faible	néant	néant
		isolation des parcelles du siège de l'exploitation agricole	néant	néant	néant
		disparition d'espèces animales	néant	néant	néant
		perturbation de la faune	faible	néant	néant
		disparition d'espèces végétales	néant	néant	néant
		perturbation de la flore	faible	néant	néant
		disparition d'éléments du patrimoine culturel	néant	néant	néant
		modification du régime hydraulique	néant	néant	néant
		atteinte au paysage	faible	néant	néant
		coupure de continuité écologique par morcellement	néant	néant	néant
		restructuration des voiries et réseaux divers	néant	néant	néant
	effets fonctionnels	pollution de l'eau	néant	néant	néant
		pollution de l'air	faible	néant	néant
		pollution des sols	néant	néant	néant
		production de déchets	néant	néant	néant
		risques technologiques	néant	néant	néant
		odeurs	faible	néant	néant
		émissions de poussières	faible	néant	néant
		bruit	faible	néant	néant
effets indirects	en chaîne	disparition d'espèce par destruction du milieu	néant	néant	néant
		modification des rendements culturaux en raison de la modification de l'hulidité des sols	néant	néant	néant
	induits	incidences sur le marché de l'immobilier	néant	néant	néant
		modification de la valeur agronomique des terres par suppression des réseaux de drainage agricole	néant	néant	néant
		fréquentation touristique	néant	néant	néant
		participation à l'effet de serre par émissions gazeuses dans l'atmosphère	faible	néant	néant

Tableau 1: Bilan des effets potentiels du PERM Merléac sur l'environnement.

1.3.2. Notice d'incidence : rappel des conclusions (Minelis ©)

Au vu de l'évaluation des incidences du projet après intégration des propositions de mesures d'atténuation, et confrontation aux mesures de conservation des documents d'objectif de chaque site, il apparaît que les incidences résiduelles du projet, à l'échelle de l'ensemble des sites Natura 2000 concernés, n'engendreront pas d'incidences significatives sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces d'intérêt communautaire concernés par le projet, à cours, moyen et long terme ; et sur le fonctionnement écologique, à partir du moment où les mesures proposées sont bien mises en œuvre.

Deux sites Natura 2000 sont situés sur ou à proximité du périmètre d'étude : la forêt de Quénécan, Vallée du Poulancre, Landes de Liscuis et Gorges du Daoulas (FR5300035) et la Forêt de Lorge, Landes de Lanfains, Cime de Kerchouan (FR5300037). Ils ont été proposés éligibles comme SIC respectivement en avril 2002 et mars 1999. La principale zone de protection

Natura 2000 présente sur le périmètre du PERM Merléac est le site FR5300037 avec la Vallée de Poulancre. Cependant, la faible emprise des sites Natura 2000 sur le PERM Merléac permettra de pouvoir éviter ces zones lors des travaux prévus.

- **Lutte contre les pollutions accidentelles et diffuses**

Pour lutter contre les risques de pollutions accidentelles lors de travaux effectués à faible distance des habitats d'espèces protégées que l'on soit ou non en zone Natura 2000, des mesures simples seront prises :

- Les véhicules et engins de chantier devront justifier d'un contrôle technique récent
- Le stationnement des engins se fera hors zone inondable
- Le stockage des huiles et carburant se fera uniquement sur des emplacements réservés, loin de toute zone écologiquement sensible, et notamment en dehors des zones inondables
- L'accès du chantier et des zones de stockages sera interdit au public
- Les eaux usées seront traitées avant leur remise dans le milieu naturel
- Les vidanges, ravitaillement et nettoyages des engins et du matériel se feront en dehors de la zone des travaux, dans une zone spécialement définie et aménagée (zone imperméabilisée…)
- Les émissions de poussières seront limitées au maximum
- Une collecte des déchets, avec poubelles, sera mise en place.

- **Réduction au maximum de l'emprise des aménagements et des travaux**

Lors des phases d'aménagement et de travaux, il est indispensable d'essayer de limiter l'emprise afin de réduire de manière générale les incidences sur les habitats naturels et les habitats d'espèces.

- L'emprise des aménagements précédant la phase de travaux se limitera à l'utilisation de voies d'accès existantes. Dans le cas présent, ces aménagements ne nécessiteront pas de travaux particuliers puisque l'ensemble de la zone est accessible par tracteur. L'accès aux plateformes de sondage ne posera pas de difficultés particulières et n'utilisera que des tracés existants.
- L'emprise des travaux se limitera à la réalisation d'une plateforme pour y installer le matériel de sondage et le bassin de réception des eaux de forage.

L'organisation du chantier se fera en tenant compte des périmètres d'intérêt majeur. Un balisage de la zone de chantier sera mis en place pour éviter toute destruction du milieu à préserver. Pour ce qui est du bruit, des vibrations et des poussières occasionnés par les phases d'aménagement et de sondage, le désagrément sera limité dans le temps. De plus, les plateformes de forage seront le plus éloigné possible des zones d'habitats des espèces protégées.

2. Travaux réalisés

2.1. ANNÉES ANTÉRIEURES

Il s'agit des travaux effectués dans le périmètre de la zone de Merléac avant que le permis ne soit attribué, soit entre septembre 2011 et fin octobre 2014 puis, après la signature de l'arrêté ministériel accordant le PERM jusqu'à la fin 2014.

En 2014, Variscan Mines a débuté de l'examen et la synthèse des données d'archives résultant des travaux antérieurs du BRGM. Quelques travaux de reconnaissance sur le terrain ont été initiés pour regarder et décrire la nature de certains indices (Maund *et al.*, 2014). Variscan Mines a aussi permis la réalisation du stage de fin d'études de deux étudiants en master 2 de l'université d'Orléans, Christophe Pareux et Samir Zegaoui entre mai et octobre 2014. Le premier stage avait pour vocation de tester une maille géochimique au sol destinée à servir de référence à des travaux ultérieurs sur le permis. Ses résultats sont décrits ci-après. Le second stage sur la recherche et la cartographie des gossans (chapeaux de fer sur amas sulfuré caché) a été initié en 2014. Il s'est poursuivi en 2015 (Richard, 2015) et sera à continuer en 2016, toutes les zones susceptibles de renfermer de telles anomalies n'ayant pas encore été totalement examinées. Les résultats de cette cartographie sont globalisés dans les travaux de 2015.

Variscan Mines a eu aussi l'occasion de rencontrer M. Maudez Kerjean qui était le géologue du BRGM au moment des travaux d'exploration sur les PER Lanfains et Uzel. Actuellement retraité sur Rostrenen, il reste une mémoire des travaux anciens sur le secteur.

2.1.1. Synthèse des travaux historiques

Le 10 novembre 2014, une lettre a été adressée au BRGM demandant la mise à disposition des données de leurs travaux historiques, comprenant les documents papier (rapports, plans, cartes, logs de sondages, …) ainsi que l'accès aux carottes des sondages stockés dans leurs locaux d'Orléans. L'EPIC a renvoyé une réponse positive de principe le 21 novembre 2014 (Annexe 4).

L'examen des données anciennes a été initié en 2014. Un intérêt particulier a été porté à la synthèse du bassin de Châteaulin (Guillou, 1990), dans laquelle un recensement des ferrières avait été réalisé. Cet ouvrage regroupe les anciennes exploitations de fer identifiées dans les cartes géologiques au 1/50 000 couvrant le bassin de Châteaulin ainsi que les échantillons de volantes de formations ferrugineuses prélevés par le BRGM à partir de 1976 (détection d'amas sulfurés primaires) et par la SNEA(P). À l'échelle du bassin, la majorité des ferrières recensées sont situées dans le Dévonien ou dans le Siluro-Dévonien, une part non négligeable se localise dans l'Ordovicien et, dans une moindre mesure, dans le Briovérien. Afin de donner des indications quant à leur nature et notamment, d'aider à mettre en évidence de possibles chapeaux de fer sur amas sulfurés cachés (gossans), des analyses multiélémentaires ont été réalisées. Cette étude a servi de base à la cartographie des gossans dont les résultats seront présentés dans le paragraphe idoine (2.1.3).

La majorité des documents d'archives des travaux précédents, réalisés par le BRGM et Peñarroya, ont été mis à disposition en 2015. Aussi leur synthèse sera présentée dans l'activité de 2015 (2.2.2).

2.1.2. Grille méthodologique de géochimie sol

- **Définition de la zone de prélèvement**

La première cible du PERM Merléac est le gisement de Porte-aux-Moines. Afin de définir la signature géochimique associée à ce type de gisement, une grille méthodologique d'échantillons de sols, centrée sur ce gisement, a été réalisée. Elle permettra notamment de définir la maille optimale qui pourra ensuite être appliquée à d'autres prospects mis en évidence sur le permis.

D'après la littérature, la minéralisation de La Porte-aux-Moines se localise sur le versant sud de la Butte Saint-Michel et à certains endroits, elle se trouve sous 1 à 2 m de sols seulement (Guigues, 1978). Ce sera le point central de la grille méthodologique. Cette dernière doit couvrir une surface suffisante pour observer l'ensemble des anomalies géochimiques, ce qui justifie le choix d'une maille carrée de 1 km^2 centrée sur la minéralisation. Elle s'intègre à la maille géochimique au 200 x 200 m planifiée sur l'ensemble du permis et qui permettra de réaliser un état environnemental initial. Les terrains présents sur la grille sont principalement des terres cultivées (céréales notamment), des pâturages occupés par du bétail, des prairies et quelques terrains en jachère.

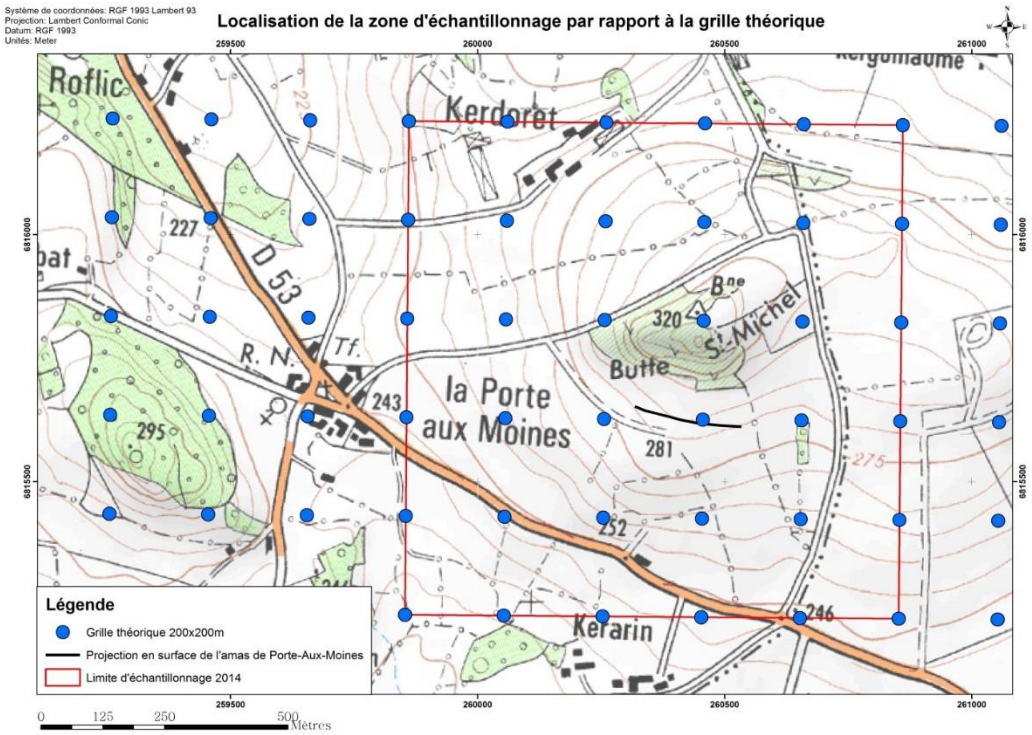


Figure 11: Localisation de la grille par rapport à la maille environnementale (Pareux, 2014).

Le site sur lequel ont été stockés les déblais des anciens travaux souterrains du BRGM, verse à stérile et minerai confiné, est volontairement exclu de la zone méthodologique. Il se situe à l'est de la zone d'étude (Figure 12). De plus, les carottes des sondages de Porte-aux-Moines et de Bodennec étaient stockées dans un hangar au lieu-dit Kerdoret, au nord du secteur étudié. Celles-ci (environ 15 t) ont, à l'exception des sondages PAM05, PAM08 et PAM16, été utilisées comme remblai à la construction d'un nouveau poulailler. Des fragments de carottes sont encore visibles dans les parcelles, ce qui peut partiellement fausser le signal localement.

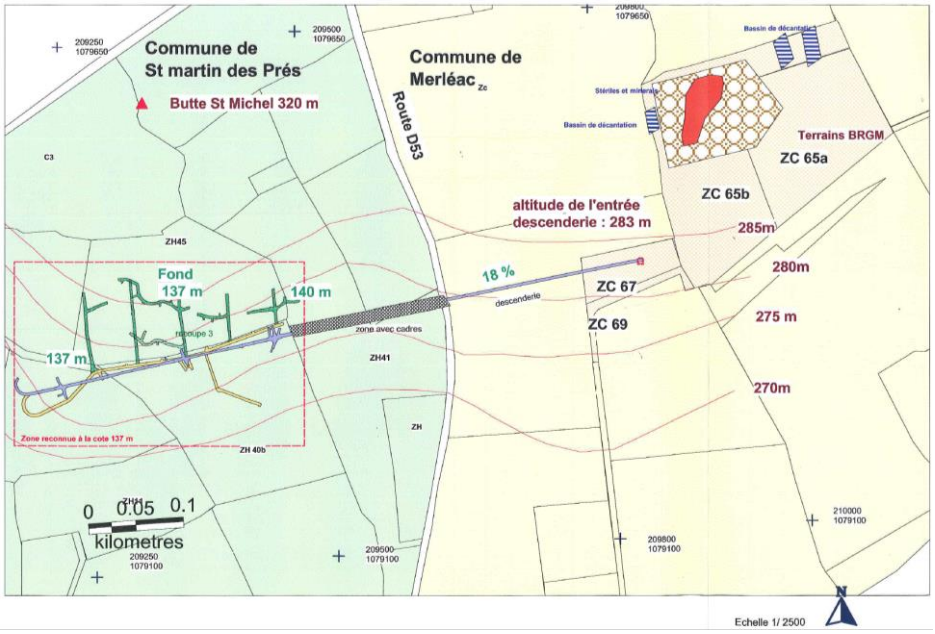


Figure 12 : Localisation des ouvrages miniers sur fond cadastral (BRGM, 2004).

- **Choix de la maille de prélèvements**

D'après la littérature, les anciennes campagnes géochimiques réalisées sur le secteur ont été réalisées soit avec un pas d'échantillonnage de 50 x 50 m (Birais, 1970), soit avec un pas d'échantillonnage de 100 x 100 m (Laville-Timsit et Wilhelm, 1979). Dans les deux cas, les anomalies étaient relativement bien détectées, les contours sont bien sûr plus précis avec une maille plus resserrée.

Pour disposer d'une maille régulière et facile à mettre en place sur le terrain, la maille carrée 50 x 50 m a été choisie. Elle représente le meilleur compromis permettant la détection des anomalies avec un nombre raisonnable de points d'échantillonnage prélevés. Elle se compose de 441 points d'échantillonnage théoriques.

- **Méthodologie d'acquisition**

Préalablement aux prélèvements, la position des points théoriques est entrée dans un GPS. Les propriétaires et/ou exploitants des parcelles concernées par l'étude sont contactés, afin d'expliquer la nature des travaux de prospection et d'obtenir leur accord pour réaliser les échantillonnages sur leur(s) parcelle(s).

L'échantillonnage a consisté en un double prélèvement à la tarière manuelle ; le premier est prélevé à la surface, sur les premiers 20 cm environ, le deuxième est prélevé en profondeur à 1,10 m maximum. En fonction de la nature des terrains, l'échantillonnage est plus ou moins difficile et cette profondeur maximale n'a été que rarement atteinte. Dans la plupart des cas, le prélèvement a pu être effectué vers 50 cm de profondeur.

Les échantillons ont été étiquetés et décrits selon la couleur, l'humidité relative, la granulométrie approximative et tous éléments environnementaux pouvant intervenir dans la réponse géochimique (proximité de haies, de chemin, de poteaux électrique ou d'entrée de champs par exemple).

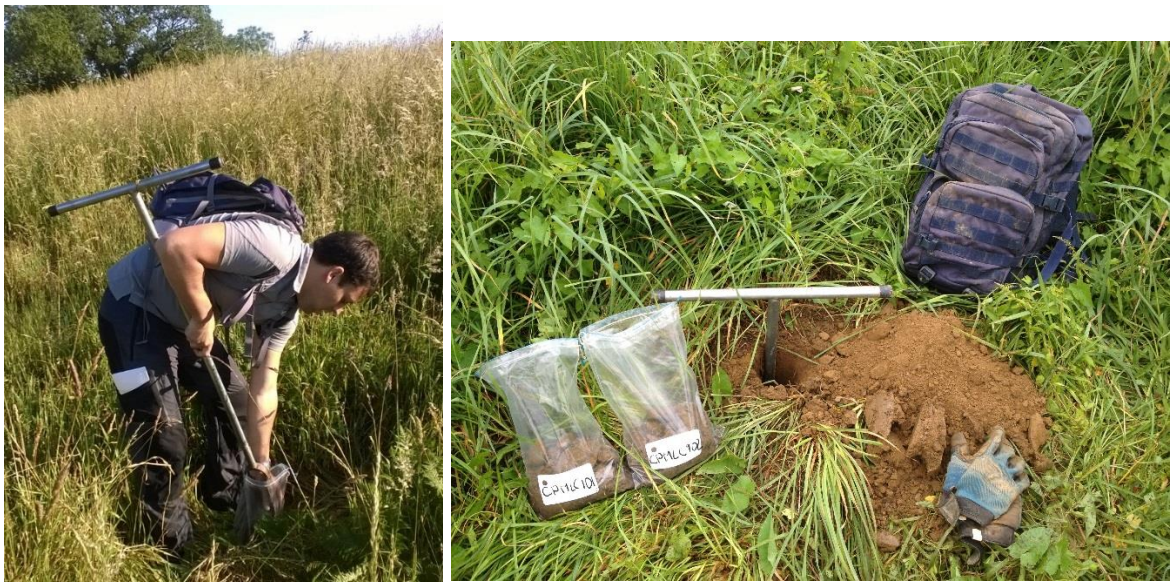


Figure 13 : Prélèvement de sol et matériel utilisé.

- **Échantillonnage réalisé**

Les prélèvements ont eu lieu en deux fois, correspondant à 7 semaines de travail. Sur les 441 points de prélèvements que compte la grille théorique, 412 échantillons de surface et 315 échantillons profonds ont été collectés. Il y a eu 22 points qui n'ont pas été prélevés car l'accès était trop difficile ou sur zone construite (ferme de Kerdoret) ; 7 n'ont pu l'être du fait de la présence de bétail. Ces points restent marginaux et correspondent à la limite sud de la grille.

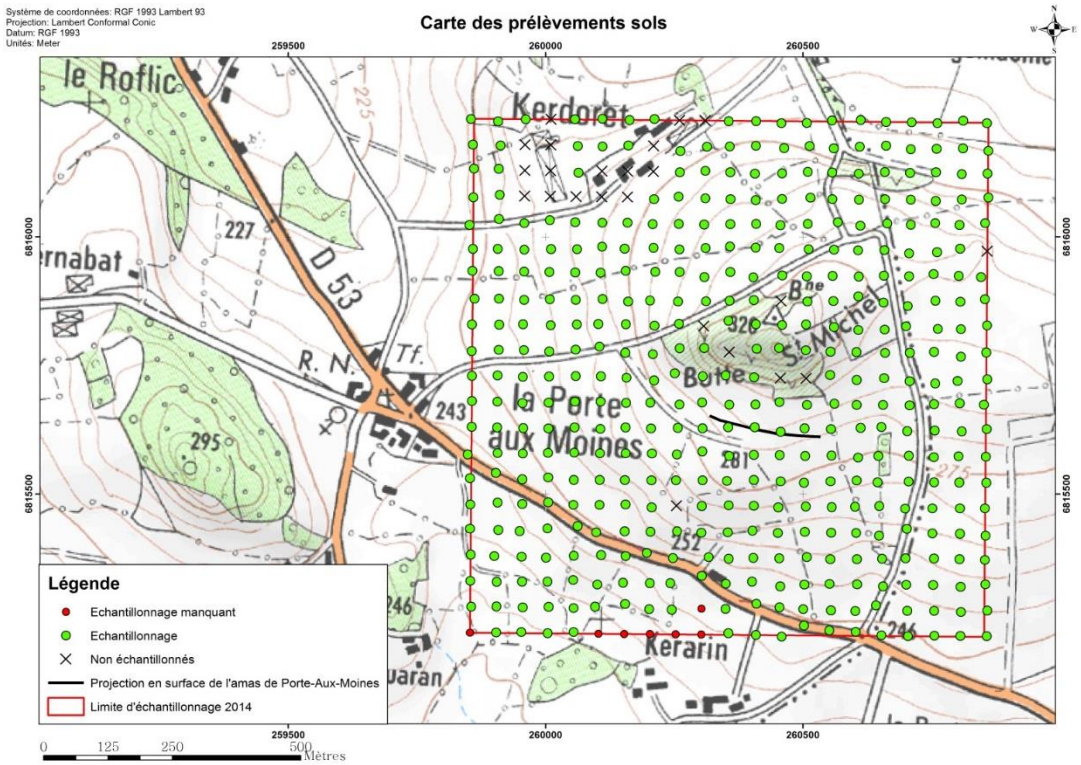


Figure 14: Échantillonnage effectué sur la grille méthodologique (Pareux, 2014).

Les sols au nord sont plus riches en fragments de roche qu'au sud du secteur d'étude. L'échantillonnage profond y a été plus difficile (vers 40 cm de profondeur moyenne). Certains secteurs, au sud notamment, présentent en surface des volantes de chapeaux de fer.

Les sols de surface sont généralement de couleur brune plus ou moins foncée, à matrice sablo-silteuse, et peu d'humidité. Ces caractéristiques sont différentes pour les échantillons de la Butte Saint-Michel où soit la roche est affleurante, soit le relief est trop escarpé pour pouvoir accéder au point de prélèvement. Dans ce cas, le sol, peu développé sur la roche, est réduit à de l'humus (horizon noirâtre, humide, léger).

Trois types de sols peuvent être différenciés :

- Quelques sols profonds ont les mêmes caractéristiques que les sols de surface avec une couleur légèrement plus claire
- Dans la plupart des cas, une couleur beige à jaunâtre. La granulométrie est de sable grossier d'apparence, avec une matrice très sèche et la présence de traces de rouilles
- Quelques sols profonds, surtout vers le sud, sont de couleur grisâtre à blanchâtre, avec une matrice silteuse, vraisemblablement d'origine lœssique. La matrice est très humide.

- **Cartographie géologique et échantillonnage des volantes**

Afin de compléter la géochimie sol, 2 semaines ont été consacrées à l'échantillonnage des roches présentes sur le secteur étudié pour initier une cartographie géologique détaillée de la zone (Figure 16). Les contours restent à valider, faute d'affleurements et de contact entre unités lithologiques directement visibles.

5 faciès de roches volantes ont été distingués (Pareux, 2014) :

- Des roches de couleur noire, finement schistosées et plus ou moins silicifiées. Il s'agit de shales noirs avec parfois des pyrites disséminées ou en veinules
- Des grès quartzites correspondant à des roches massives de couleur blanchâtre avec une patine beige. Elles se composent essentiellement de quartz et marquent à certains endroits (NE) une rupture de pente dans le paysage
- Des roches d'origine volcanosédimentaire, sombres et de couleur verdâtre. Les échantillons examinés sont riches en chlorite et quartz. Elles forment la Butte Saint-Michel, en relief dans le paysage. Ce faciès est fortement hydrothermalisé
- Des roches similaires au faciès précèdent mais de couleur grise, moins riches en quartz et marquées par la schistosité N50 65SE. Il s'agit d'un faciès apparemment non hydrothermalisé
- Des fragments de quartz blanc laiteux qui marquent peut-être une faille à l'est de la zone.

Des volantes de gossans (chapeau de fer surmontant l'amas sulfuré) ont été identifiées principalement sur le versant sud de la Butte Saint-Michel, en aval de la minéralisation, mais également au nord, dans les environs de la ferme du Kerdoret. Les caractéristiques de ces fragments de roches sont une couleur rouge/orange, une forte altération en hématite et goethite. Des boxwerks de pyrite sont fréquents avec parfois, de la sphalérite.

Figure 15 : Echantillons de gossan prélevés au Sud de la Butte Saint-Michel.

La carte à 1/5 000 (Figure 16) a été réalisée à partir de l'interprétation des volantes de roches. Le manque d'affleurement dans le secteur n'a pas permis d'observer des contacts précis entre les unités, qui ont été tracés à partir de la géomorphologie du terrain. Certains faciès étant plus compétents que d'autres (volcanites silicifiées ou grès par rapport aux shales noirs) se traduisent par un contour vraisemblablement plus précis. Dans le cas où cela n'a pas été possible, les contacts sont inspirés de la cartographie au 1/5 000 réalisée par Aye, 1983.

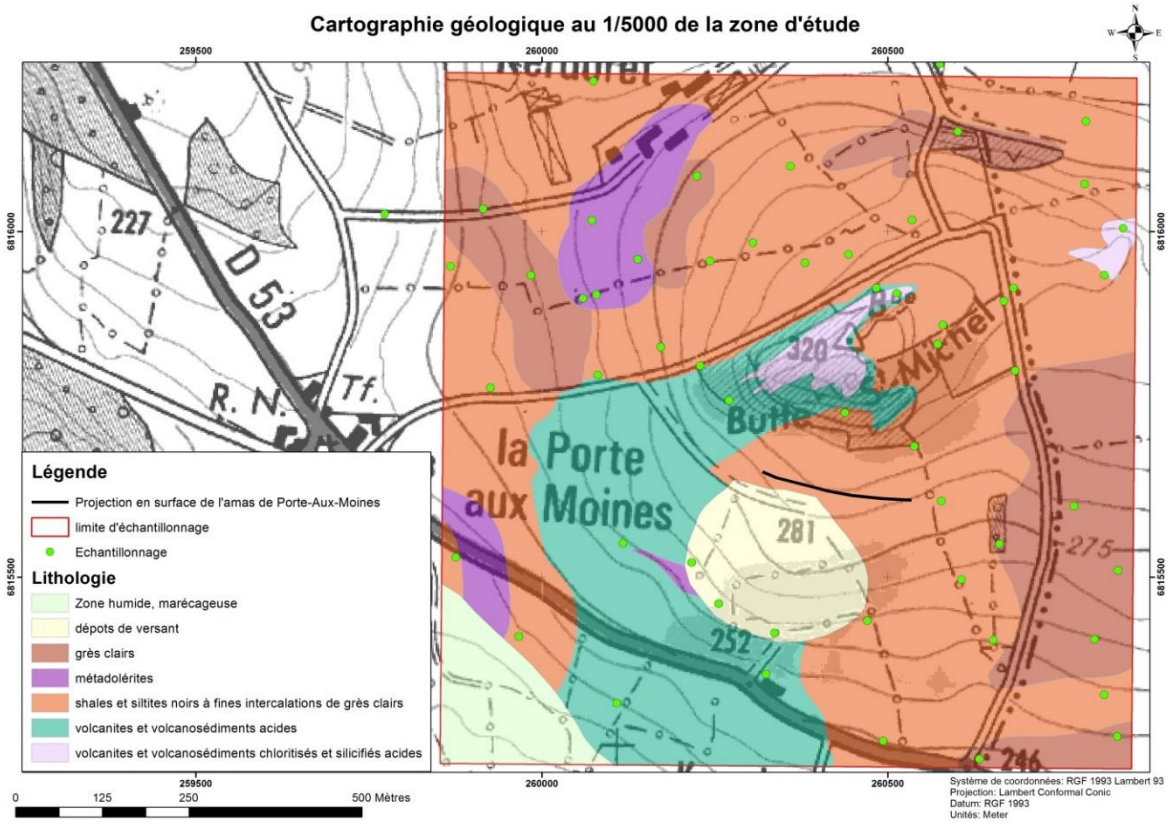


Figure 16: Cartographie géologique au 1/5 000 et localisation des échantillons (Pareux, 2014).

Cependant, suite à cette mission de terrain, la structure très déformée et plissée observée par F. Aye, 1983 (Figure 5), ne semble pas cohérente avec les observations faites en 2014. La structure la plus marquante sur les quelques affleurements est une schistosité N050-65SE mesurable sur la Butte Saint-Michel. Les nombreuses failles ou autres structures observées en 1983 n'ont pas pu être confirmées sur le terrain et justifieront d'un contrôle : un autre modèle du gîte de Porte-aux-Moines est peut-être à envisager.

- **Résultats analytiques**

Les échantillons prélevés (roche et sol) ont été envoyés au laboratoire e-Mines (Dun, 09) pour préparation, conditionnement, analyse XRF puis stockage. Les échantillons de sols, après séchage sous serre, sont tamisés pour séparer les fines des fractions granulométriques plus grossières (< 125 µm). Une pastille de ces fines est analysée au NITON™ (modèle xl3t GoldD 980) selon deux modes (« traces » et « majeurs »).

Les échantillons de roches, après nettoyage à l'eau et séchage, sont broyés, d'abord à 2 mm puis à environ 60 µm. La pastille réalisée avec ce broyat est analysée suivant la même mode opératoire que les sols.

- **Résultats des anciennes campagnes géochimiques**

Entre septembre 1961 et avril 1963, de nombreuses campagnes géochimiques ont eu lieu sur le site de la Porte-aux-Moines et ses alentours (Birais, 1970) : 373 hectares ont été échantillonnés en prospection tactique suivant une maille carrée de 50 x 50 m (échantillons de surface entre 10 et 15 cm de profondeur). Analysés par colorimétrie à la dithizone après attaque chloro-nitrique à chaud sur la fraction à 120 mesh (125 µm), seuls le plomb et le zinc ont été dosés. Le fond géochimique sur le secteur de Porte-aux-Moines a été défini pour ces deux métaux à respectivement 26-28 ppm et 130-140 ppm. Les teneurs étaient considérées comme anomales à partir de 40 ppm pour le plomb et 160 ppm pour le zinc.

Par la suite et lors d'autres campagnes, une autre méthode d'analyse a été utilisée (Guigues, 1978) : séchage à l'étuve, tamisage à 125 µm et analyse en spectrométrie optique d'absorption sur le plomb, zinc, cuivre et argent. Pour l'argent, la limite de sensibilité était alors de 0,5 ppm. Lors de cette campagne géochimique, les échantillons étaient prélevés à la profondeur de 25 cm sur une grille de 50 x 50 m.

Laville-Timsit et Wilhelm, 1979, ont également réalisé une campagne d'échantillonnage de sols pour l'étude de la géochimie supergène de gîtes sulfurés. L'échantillonnage a été fait sur une grille de 100 x 100 m couvrant une surface de 1,8 km^2. 123 échantillons ont été prélevés à une profondeur de 20 cm. La fraction inférieur à 125 µm a été analysée (analyse multiéléments au quantomètre).

Dans le cadre de la campagne de 1970, appelée Mission Quintin (Birais, 1970), 588 points ont été analysés pour plomb et zinc. Une étude statistique et géostatistique réalisée sur chaque lot de données conduit notamment à la réalisation de variogrammes. Une interpolation des teneurs en plomb et zinc par krigeage ordinaire isotrope permet alors de mettre en évidence des zones anomales :

- 2 zones anomales pour le plomb (Figure 17) :
  - Au niveau de la Butte Saint-Michel, une anomalie NE-SO de 200 m avec des teneurs entre 100 et 300 ppm Pb
  - Au Nord du lieu-dit de Kérarin, une anomalie E-O de 500 m avec des teneurs > 200 ppm.
- 3 zones différentes pour le zinc (Figure 18) :
  - Au niveau de Kerdoret, une anomalie N-S sur 400 m avec des teneurs > 200 g/t
  - Au Nord de Kérarin, une anomalie zinc confirme l'anomalie en plomb avec une extension NE-SW de 400 à 500 m
  - Une plus petite anomalie d'environ 200 m t au NE de la Butte Saint-Michel.

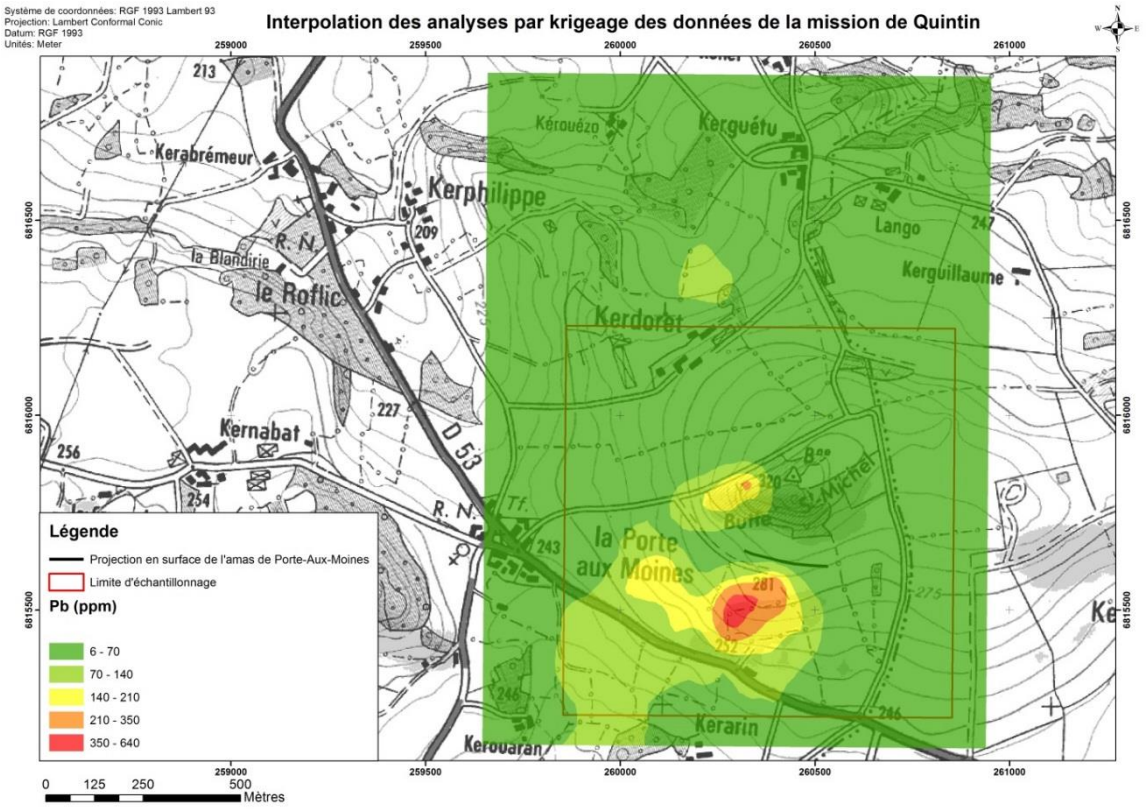


Figure 17: Interpolation par krigeage des teneurs en plomb, Mission Quintin (Pareux, 2014).

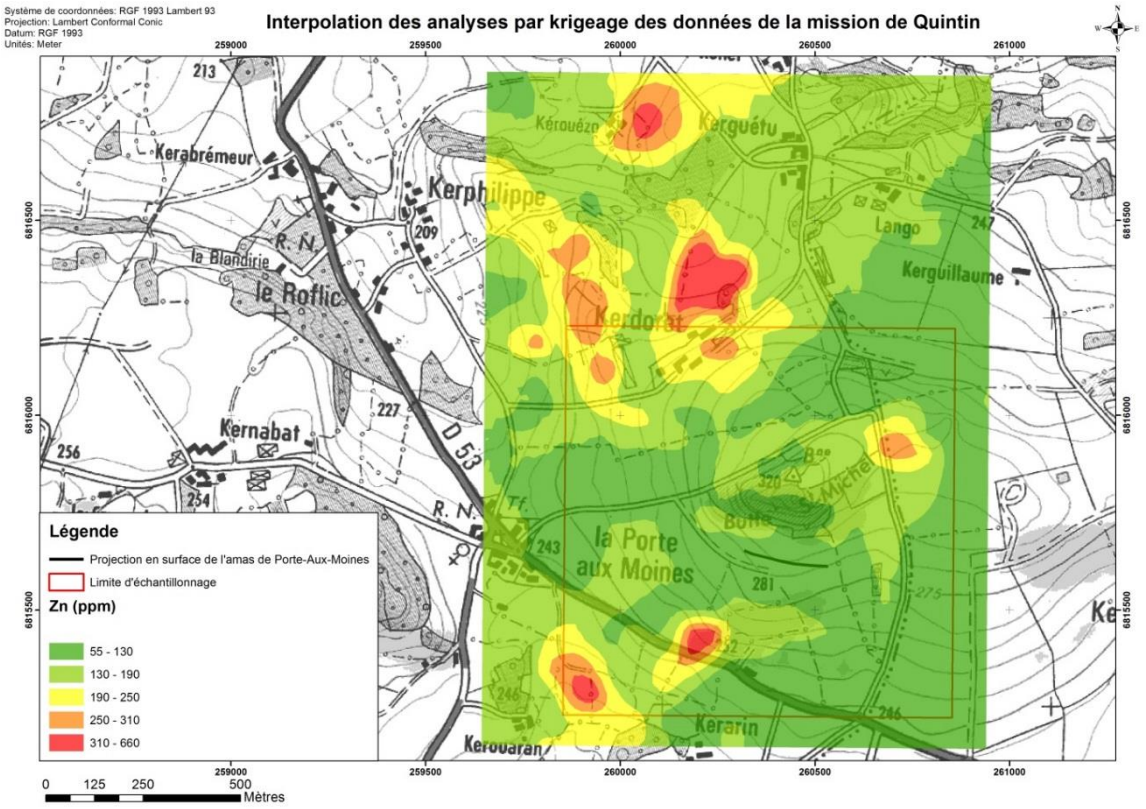


Figure 18: Interpolation par krigeage des teneurs en zinc, Mission Quintin (Pareux, 2014).

- **Données statistiques de la campagne de 2014**

À partir des points échantillonnés en 2014, une étude statistique des données a été réalisée en examinant d'une part, les données du «sol 0» (412 points) et d'autre part, les «sols profonds» (315 points). Les métaux choisis pour l'étude sont le cuivre, le plomb, le baryum et l'arsenic, considérés comme représentatifs de la minéralisation polymétallique de Porte-aux-Moines (Tableau 2). En effet, la minéralisation de Porte-aux-Moines est caractérisée par de la sphalérite, de la galène, de la pyrite, de la chalcopyrite, de rares traces d'autres sulfures tels que la tennantite ou l'arsénopyrite, et parfois dans la barytine.

Le fond géochimique pour chaque élément a été défini comme correspondant aux valeurs inférieures au troisième quartile (Q3, 75% de l'effectif cumulé). Les valeurs supérieures au Q3 correspondent aux 25 % les plus élevées et sont alors considérées comme anomaux. La valeur de Q3 varie peu entre le sol 0 et le sol profond, hormis pour le plomb et le baryum.

Sol 0	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ba (ppm)	As (ppm)
Minimum	15,0	20,4	10,0	30,4	2,6
Q1	28,1	64,8	10,0	113,4	8,5
Q2	39,2	85,4	32,2	197,8	11,0
Q3	***70,0***	***131,2***	***46,5***	***276,8***	***14,8***
Maximum	640,4	604,4	176,0	1101,0	56,0
Moyenne	61,0	107,1	36,3	218,6	12,8
Ecart-type	60,6	67,0	25,1	151,6	8,7

Sol profond	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ba (ppm)	As (ppm)
Minimum	5,8	26,4	9,7	33,7	2,3
Q1	24,0	55,4	9,7	151,3	8,9
Q2	34,7	79,1	29,1	240,0	11,1
Q3	***66,0***	***130,0***	***46,5***	***332,1***	***15,4***
Maximum	683,4	1116,0	300,0	1652,5	85,3
Moyenne	59,5	114,1	37,2	276,1	13,5
Ecart-type	68,6	114,8	34,0	200,2	10,4

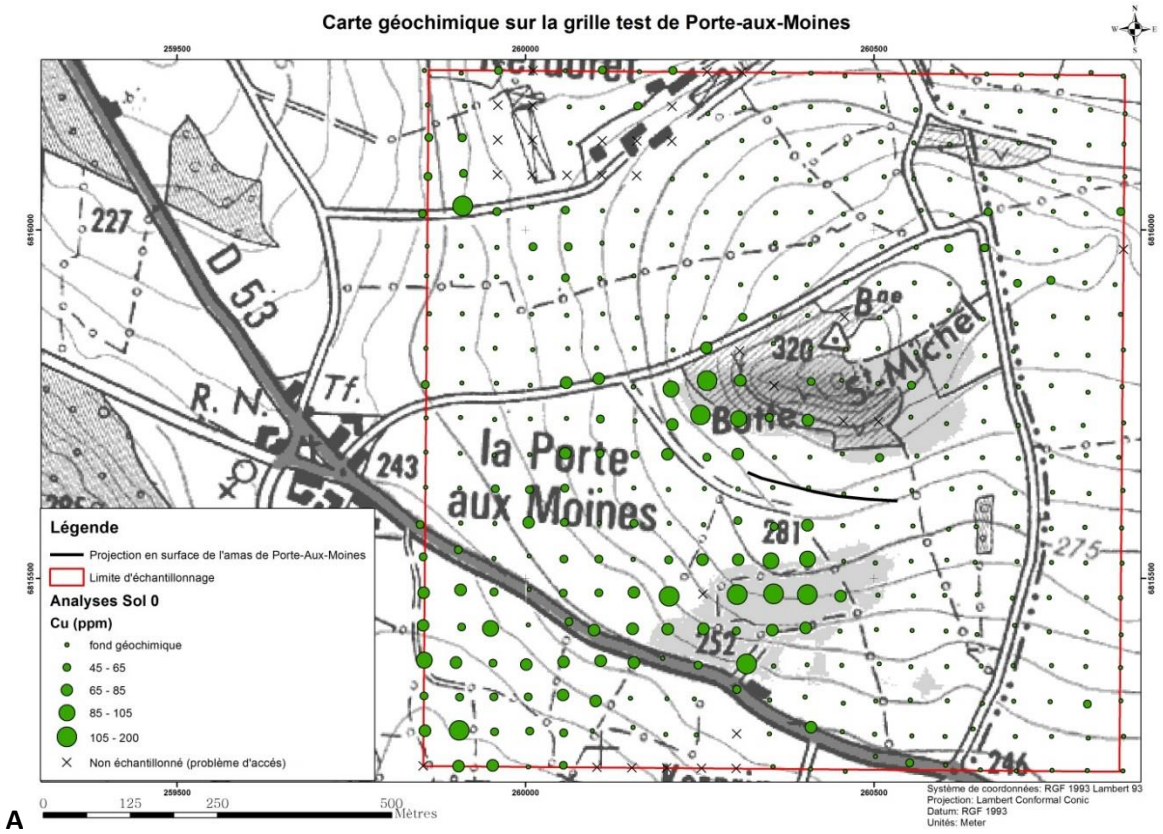
Tableau 2: Principaux paramètres statistiques des échantillons de 2014 (Pareux, 2014).

Il est néanmoins important de souligner que ces résultats ont été obtenus par analyse au Niton™, méthode d'analyse semi-quantitative. Les gammes de teneurs mesurées sont du même ordre de grandeur, pour le plomb et le zinc, que celles obtenues lors de la mission Quintin (Birais, 1970). Néanmoins, afin de valider ou d'invalider cette méthode XRF, des contre-analyses par une méthode analytique quantitative telle que l'ICP-MS seraient à prévoir.

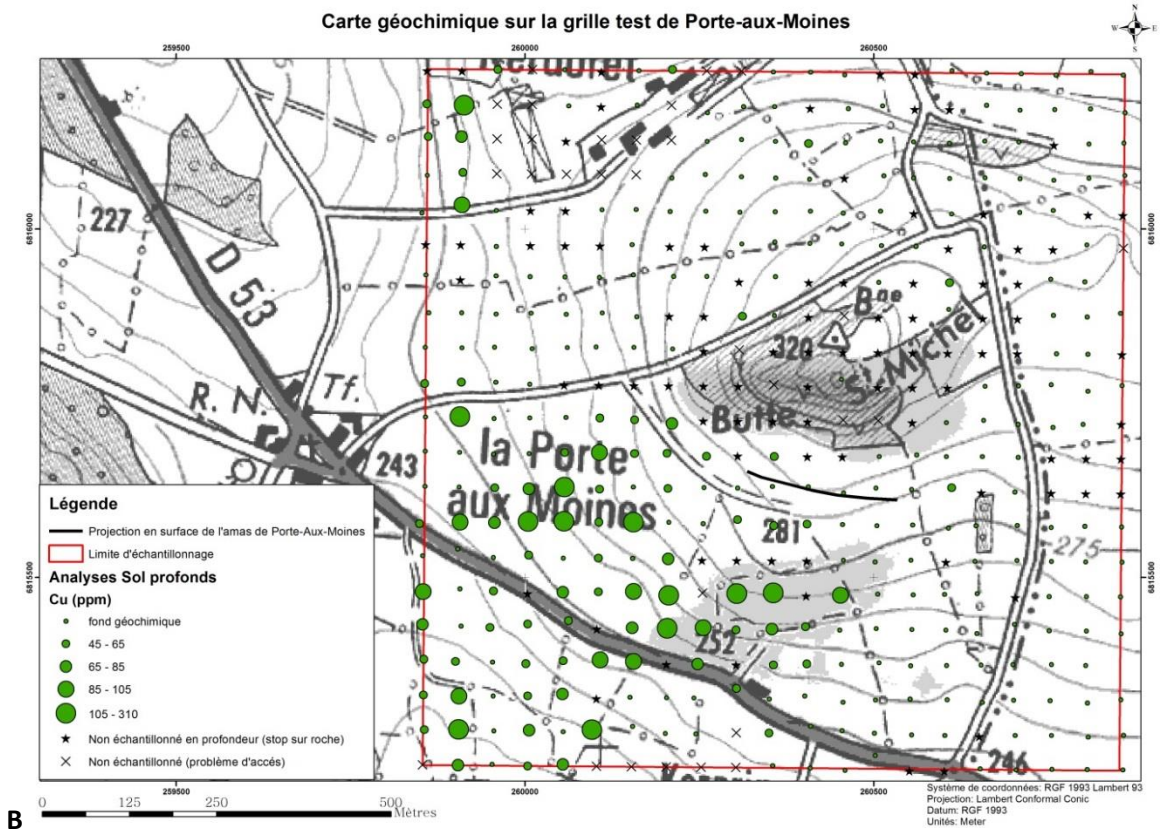
- **Cartes géochimiques de la campagne de 2014**

Pour chacun des cinq éléments étudiés, le plomb, le cuivre, le zinc, le baryum et l'arsenic, une cartographie des teneurs analysées dans les sols superficiels et les sols profonds est réalisée. Les valeurs du troisième quartile de chaque série statistique définissent le plafond du fond géochimique. Quatre autres classes de teneurs sont ensuite définies afin de présenter une répartition homogène.

La distribution des teneurs en cuivre dans les sols 0 (412 points) et les sols profonds (315 points) est présentée en Figure 19. Les résultats pour les autres éléments sont présentés en Annexe 5.



A



B

Figure 19:Distribution des teneurs en cuivre dans les sols 0 (A) et profonds (B) (Pareux, 2014).

Le plomb, le cuivre, le baryum et l'arsenic présentent un comportement comparable aussi bien dans les sols superficiels que les sols profonds, tandis que le zinc présente une réponse distincte dans chaque cas. Les anomalies obtenues pour un même élément sont similaires entre les sols 0 et les sols profonds, mais de plus grande intensité en profondeur. Les principales anomalies mises en évidence, aussi bien en surface qu'en profondeur, sont donc :

- Cuivre-plomb-baryum-arsenic :
  - Le sud de la Butte Saint-Michel
  - L'ouest de la Butte Saint-Michel
  - Le sud-ouest de la grille d'échantillonnage
  - Le nord-ouest dans le secteur du Kerdoret.
- Zinc :
  - Le sud-ouest de la Butte Saint-Michel
  - Le sud-ouest de la grille d'échantillonnage
  - Le secteur du Kerdoret
  - L'est de la Butte Saint-Michel.

L'échantillonnage de 2014 met ainsi en évidence les mêmes zones anomales que la mission Quintin (Birais, 1970).

- **Transect géochimique N-S et interprétation des anomalies**

Les analyses effectuées ont également été examinées sur un transect N-S perpendiculaire à la minéralisation sur un profil de 21 points d'analyses. Les valeurs montrent un décalage au sud des anomalies par rapport à la position de la minéralisation en sous-sol (Figure 20). Une zonation de la distribution des métaux de part et d'autre de la minéralisation s'observe avec le baryum, le plomb et le cuivre et l'arsenic avec un décalage analogue par rapport à la structure. Le zinc ne présente par le même comportement que les autres éléments étudiés. Il est décalé vers le sud, en bas de versant.

Les anomalies géochimiques sont la conséquence de la diffusion dans le sol des métaux, elle-même dépendant de la solubilité propre de chaque élément (Stumm et Morgan, 1996). Le plomb est le moins soluble des métaux étudiés sur Porte-aux-Moines. Au contraire, le zinc est le plus mobile de tous. Le cuivre et l'arsenic ont un comportement plus proche de celui du plomb. Les autres paramètres qui vont influencer la mobilité des métaux sont le pH, la présence de matière organique et la présence d'hydroxydes de fer, qui ont tendance à fixer les métaux. La pente et l'intensité du lessivage, à échelle du Quaternaire (voire plus anciennement) sont aussi des facteurs influents.

Cette distribution de solubilité se retrouve sur le transect géochimique examiné : la distribution des métaux en fonction de la distance par rapport à la minéralisation correspond à la distribution des métaux du moins soluble au plus soluble, complétés des autres facteurs précités (Barbier et Wilhelm, 1978) :

- Les associations géochimiques détectées calquent les associations observées dans les zones oxydées de la minéralisation (gossans)
- La topographie, avec une pente de quelques %, suffit à la génération de mouvements de sols. Ces mouvements, influencés par le paléoclimat (périglaciaire), soulignent le rôle de la migration mécanique qui se superpose aux processus de migration chimique. De plus, les alternances gel-dégel vont provoquer des phénomènes de gélifluxion pendant les diverses phases froides du Quaternaire qui ont été aussi génératrices d'intenses lessivages lors des périodes de dégels.

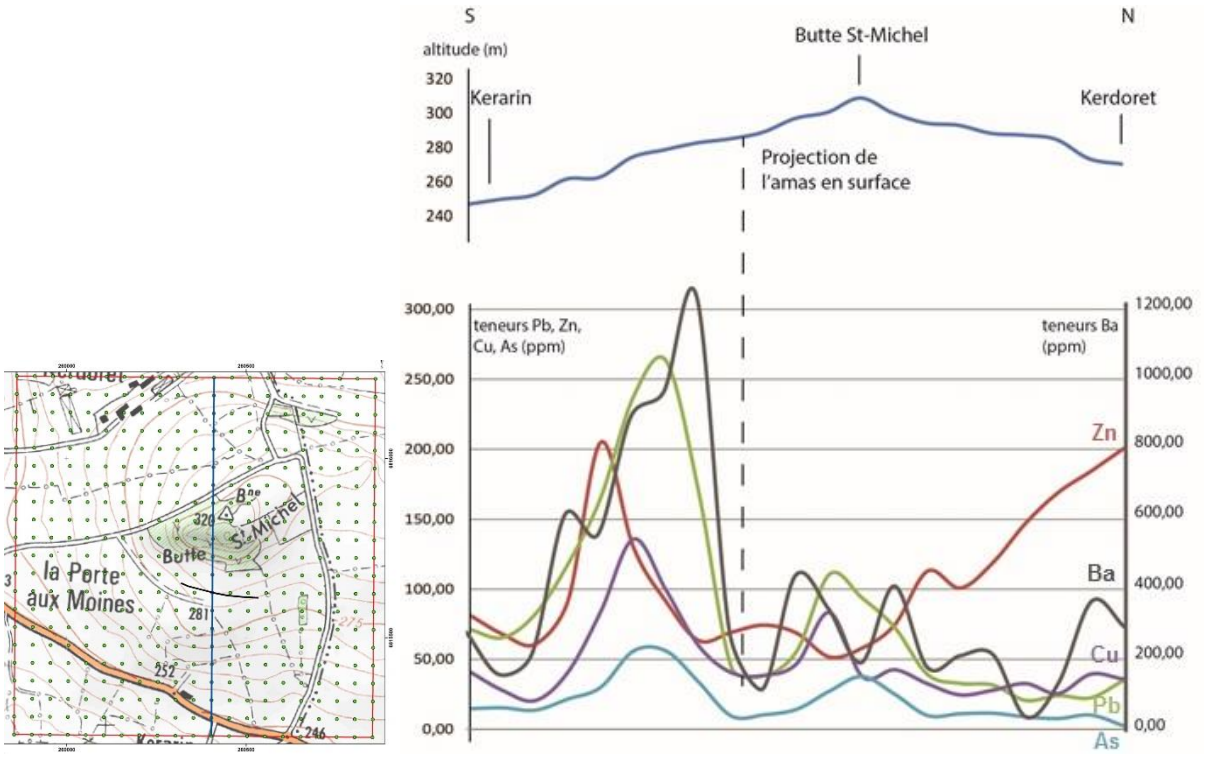


Figure 20: Distribution des métaux le long du transect S-N (Pareux, 2014).

Afin d'obtenir une distribution des anomalies polymétalliques caractéristiques de la minéralisation de Porte-aux-Moines, les teneurs cumulées en cuivre, plomb et zinc sont interpolées par krigeage ordinaire.

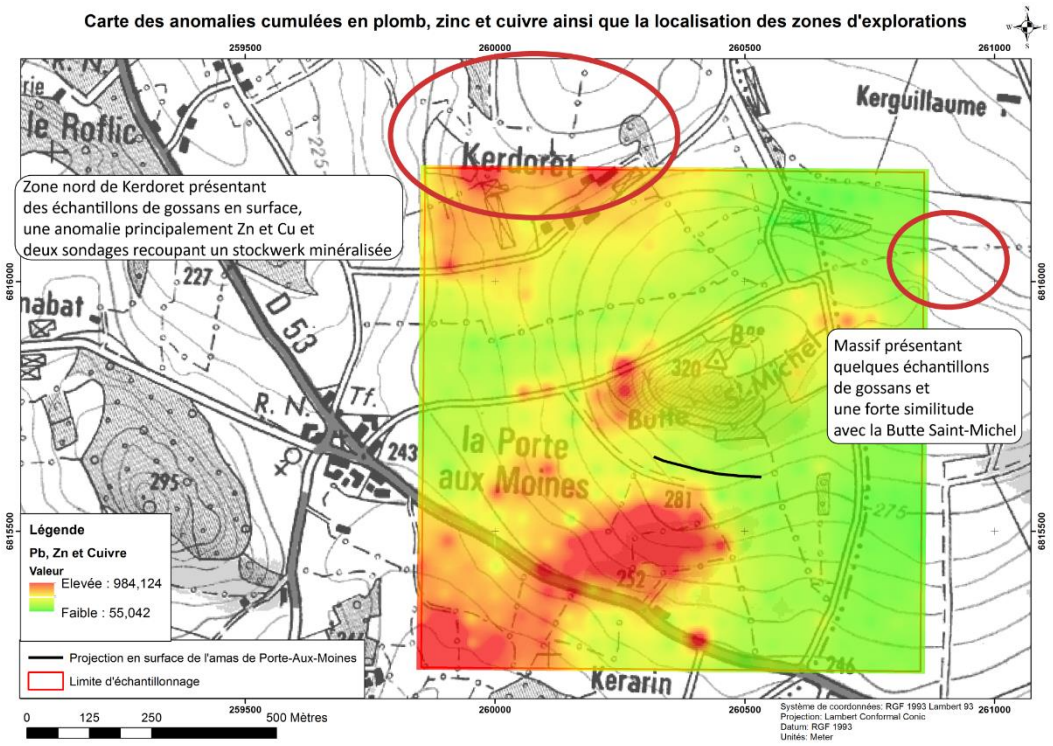


Figure 21 : Interpolation des anomalies cumulées en plomb, zinc et cuivre (Pareux, 2014).

Un décalage entre l'anomalie multi-éléments majeure située au sud de la Butte Saint-Michel et la projection en surface de l'amas de Porte-aux-Moines est observé (Figure 21). Cela peut aller de quelques dizaines de mètres pour le plomb, cuivre, baryum et arsenic jusqu'à 150 m pour le zinc. Cela correspond principalement à la distribution des éléments en fonction de leurs solubilités sur une pente vers le sud qui favorise la migration. Le plomb est le moins soluble et se retrouve le plus proche de la minéralisation. Au contraire du zinc, le plus mobile, qui se retrouve plus loin de la minéralisation. De plus, les alternances gel-dégel (climats périglaciaires) ont provoqué des mouvements de gélifluxion / solifluxion (« heads », Egal *et al.*, 1999 ; Lautridou, 1985).

En aval de la pente, vers le S-O de la zone, il existe aussi une zone plus humide, argilo-tourbeuse (Aye, 1983), riche en matière organique qui a fixé le zinc notamment sur cette zone, qui correspond aussi à un recouvrement allochtone de lœss. L'anomalie à l'est de Porte-aux-Moines, visible uniquement en profondeur correspond en surface à de nombreux fragments de gossan. L'anomalie au nord-ouest de la grille, dans le secteur de Kerdoret, est principalement zincifère, devant le plomb et le cuivre. Deux sondages carottés (KET 1 et KET 2) et des sondages percutants ont recoupé une minéralisation à pyrite, sphalérite et galène, sous forme de sulfures disséminés et de veinules dans des volcanites chloritisées avec un meilleur impact de 2 m à 3,2 % métal (Kerjean et Gorichon, 1983). L'ensemble a été alors interprété comme un stockwerk mais l'amas minéralisé, s'il existe, n'a pas été identifié. D'après les données de géophysique (gravimétrie, résistivité et VLF), le possible amas sulfuré serait plus à l'ouest.

- **Définition de la maille optimale de prélèvements**

L'étude géostatistique réalisée sur chacun des 5 éléments étudiés tant sur les sols superficiels que profonds permet notamment de définir la portée du variogramme, c'est-à-dire la distance maximale au-delà de laquelle les données ne sont plus corrélées. Un pas d'échantillonnage idéal est ainsi souvent considéré comme égal à la moitié de la portée.

D'après le Tableau 3, une maille de 150 x 150 m apparaît suffisante pour le baryum, le plomb et l'arsenic. Pour le cuivre et le zinc, la maille la plus adaptée est une maille de 100 x 100 m. Toutefois, concernant le zinc seul, dont la portée est plus petite que les autres, une maille de 50 x 50 m serait plus adaptée.

Sols 0	**Ba**	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**As**
Portée (m)	444	251,8	256,8	318,5	341
Portée/2 (m)	222	125,9	128,4	159,3	170,5
Portée/3 (m)	148	83,9	85,6	106,1	113,7
Sols profonds	**Ba**	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**As**
Portée (m)	386,2	643	142	367,6	393,2
Portée/2 (m)	193,1	321,5	71	183,8	196,6
Portée/3 (m)	128,7	241,3	47,3	122.5	131,1

Tableau 3: Maille d'échantillonnage pour chaque élément en sols 0 et profonds (Pareux, 2014).

Au regard des résultats de la grille de prélèvement réalisée sur Porte-aux-Moines, une maille d'échantillonnage plus large que 50 x 50 m apparait suffisante. Vis-à-vis des hypothèses testées, une maille de 50 x 100 m serait la plus favorable à détecter des anomalies multiéléments plomb, cuivre et dans une moindre mesure zinc (mobilité supérieure). Elle présente un bon compromis entre le nombre de prélèvements et les coûts d'analyses et la détection des anomalies.

2.1.3. Cartographie des gossans

Les stagiaires de l'université d'Orléans C. Pareux et S. Zegaoui ainsi que les géologues de Variscan Mines ont commencé en 2014 une cartographie et un échantillonnage des gossans visibles en surface. Ce travail s'est poursuivi en 2015, notamment dans le cadre du stage universitaire de C. Richard. Les fragments de roches prélevés sont décrits puis préparés et analysés au Niton™ au laboratoire e-Mines à Dun (09).

L'objectif de ce travail est la recherche d'amas sulfurés cachés, non affleurants, sur le permis. Un grand nombre de ferrières est recensé sur le secteur et certaines ont été analysées (Figure 22, Guillou, 1990). Il s'agira alors de distinguer les chapeaux de fer sur amas caché, ou gossans « vrai », des autres formations ferrugineuses grâce à une description pétrographique (minéralogie, textures) et une analyse multi-élémentaires par XRF.

Les principaux prospects visités sont, outre la Porte-aux-Moines, Saint-Gelven, La Vidance, les carrières de Bara, Les Essarts-Les Forges, Les Martyrs, Gausson, la forêt de Lorge, Bas Vallon, Le Foyer, Belle Etoile et Pellan (Figure 23). Ces différents prospects ont été étudiés, décrits et échantillonnés plus en détail en 2015.

281 roches ont ainsi été prélevées en 2014. Les 97 échantillons présentant les meilleures teneurs en métaux de base et précieux ont été envoyés pour analyse par ICP-AES (métaux de base) et pyroanalyse (or) chez ALS à Loughrea, Irlande. Ils sont cependant peu représentatifs de l'ensemble des prospects couverts, le secteur de Porte-aux-Moines étant très représenté. Le tableau ci-dessous présente les résultats, reçu en janvier 2015, de ces analyses pour quelques échantillons.

Echantillon	Cible	Fe_pct	S_pct	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Ag_ppm	As_ppm	Au_ppm
SZMLCR028	Descenderie PAM	19,5	11	1 010	18 900	58 400	34	1 010	0,718
SZMLCR025	Descenderie PAM	37,3	11	9 740	9 230	16 050	121	1 450	1,325
SZMLCR022	Descenderie PAM	36,2	11	3 530	4 670	2 280	79,7	862	1,35
CPMLC776	Sud PAM	21,8	0,24	251	15 100	170	6,3	250	0,271
CPMLC798	Sud PAM	24	0,22	664	5 550	284	2,2	2 920	0,054
CPMLC796	Sud PAM	21,8	0,2	497	6 370	335	0,25	462	0,013
AKMLCR042	Les Forges	51	0,02	349	82	1 900	0,25	64	0,011
SZMLCR042	Les Forges	13,25	0,03	144	113	35	1	2 690	3,67
AKMLCR043	Gausson	46,8	0,22	437	103	291	0,25	37	< LOD
CPMLC811	Kerdoret	32,1	0,12	410	288	526	3,4	708	0,069

Tableau 4 : Quelques résultats d'analyse sur roches (d'après ALS, 2015).

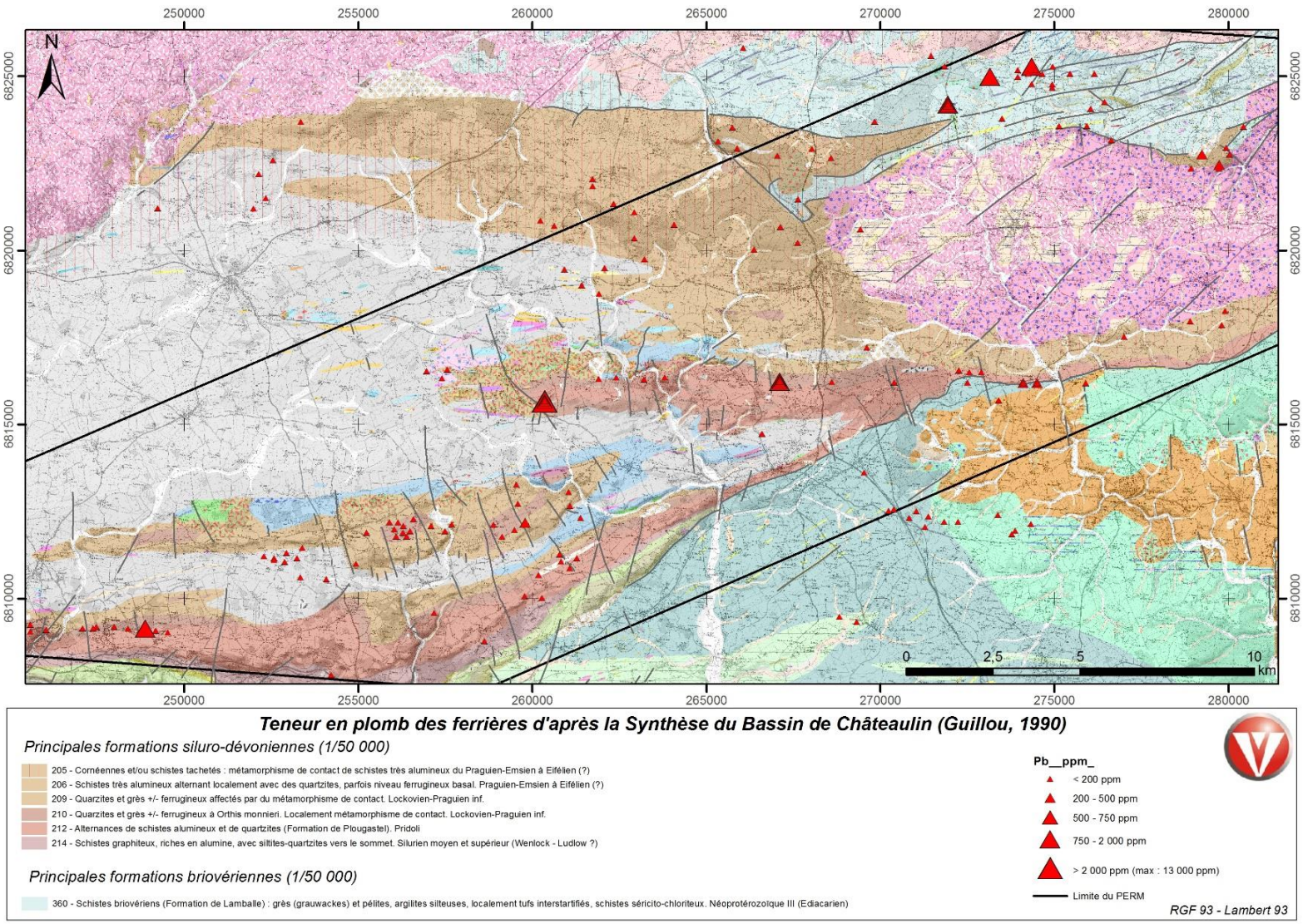


Figure 22 : Teneur en plomb des ferrières analysées (d'après Guillou, 1990).

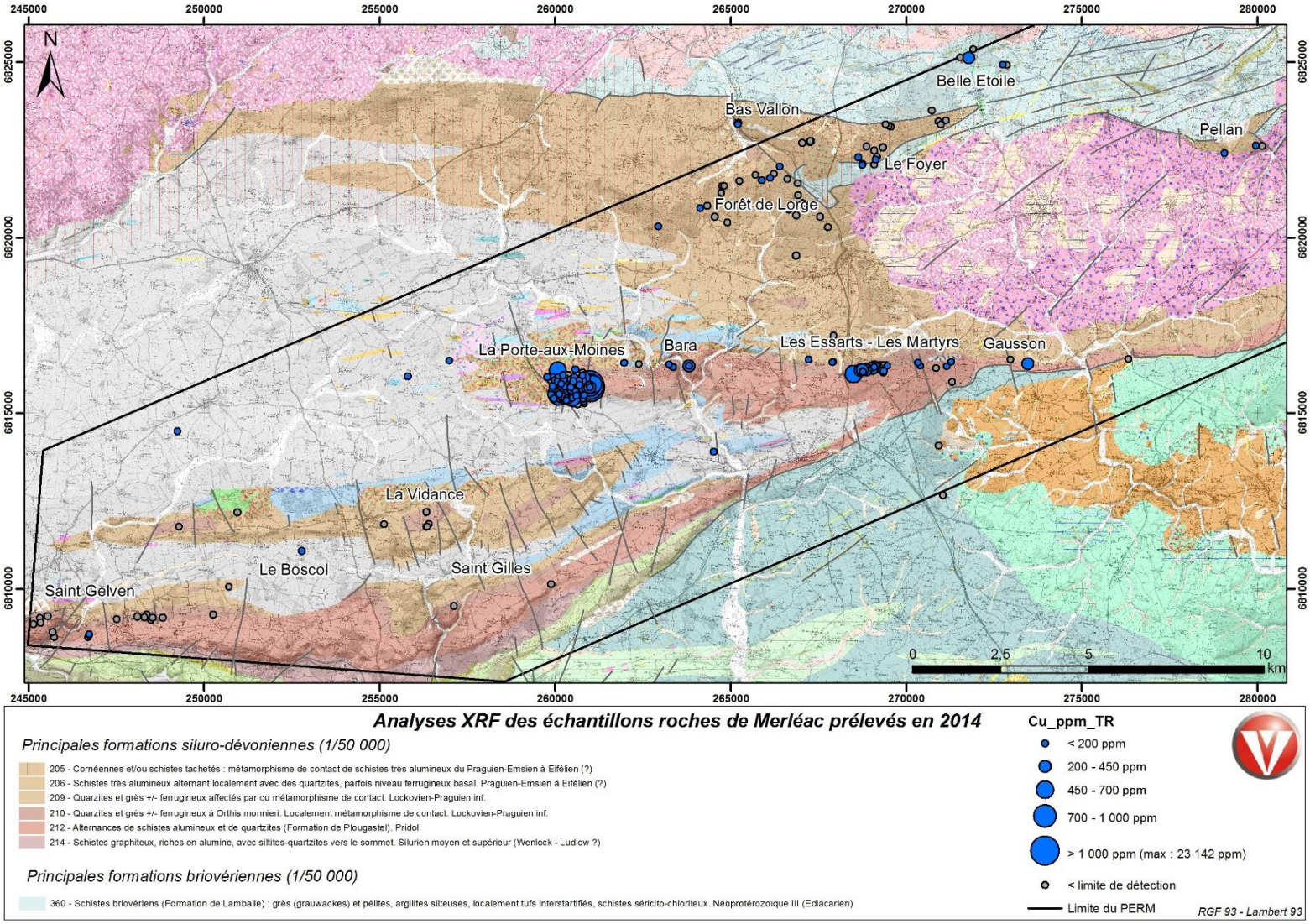


Figure 23 : Teneur en cuivre par XRF des 281 roches prélevées en 2014.

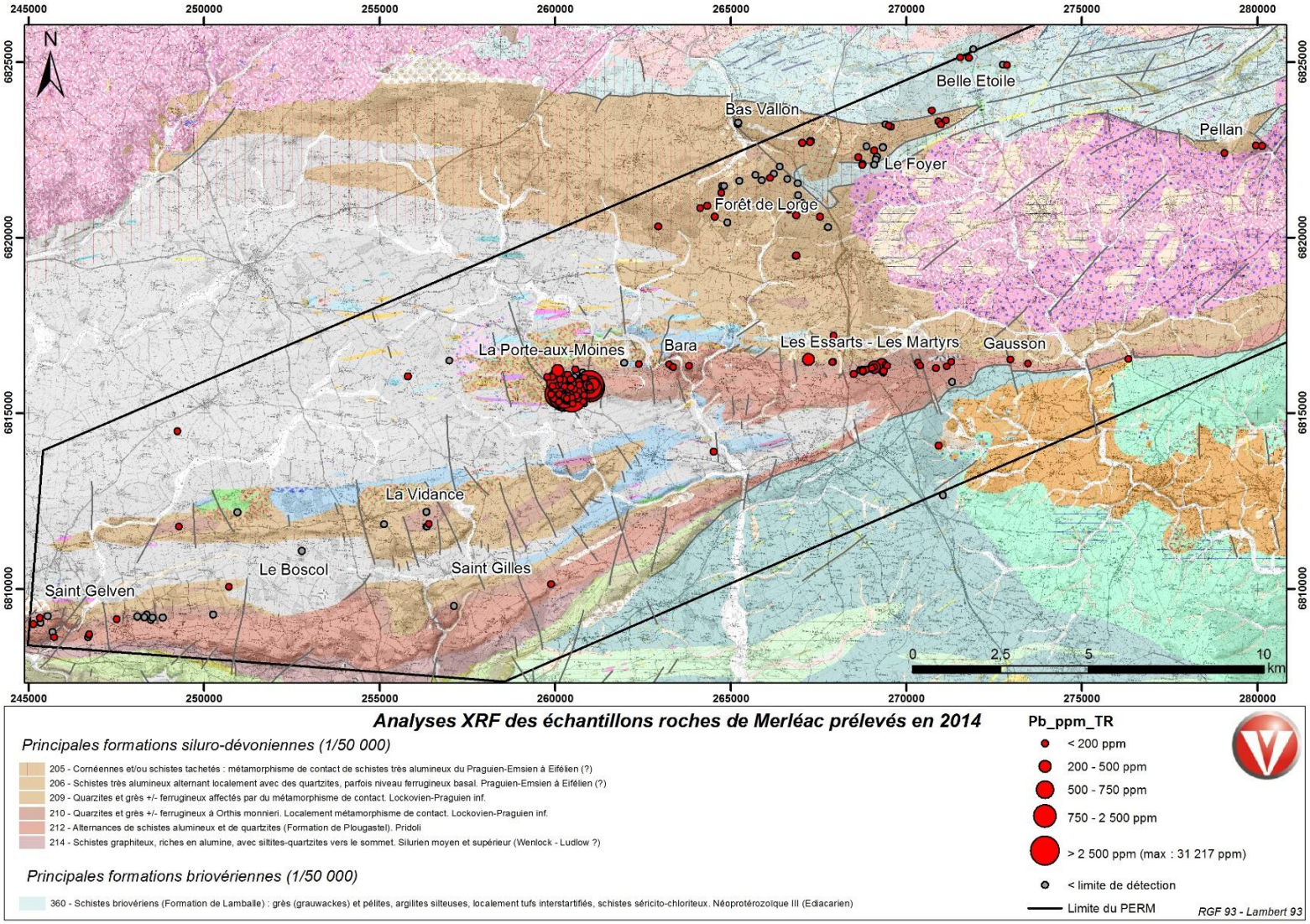


Figure 24 : Teneur en plomb par XRF des 281 roches prélevées en 2014.

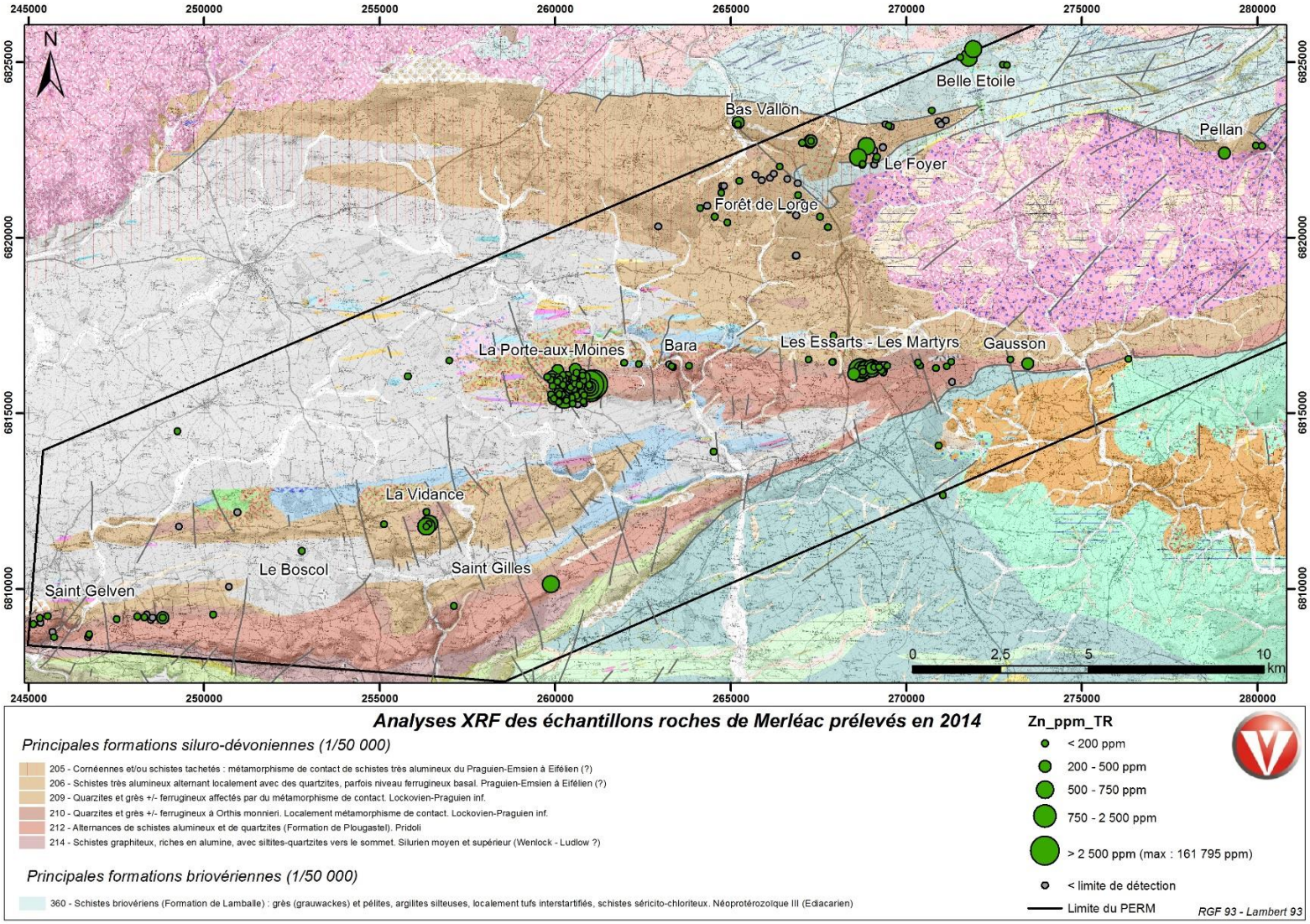


Figure 25 : Teneur en zinc par XRF des 281 roches prélevées en 2014.

2.1.4. Synthèse des résultats des travaux de 2014

Le permis de Merléac a été accordé par arrêté ministériel le 3 novembre 2014. Les travaux de cette année 2014 ont principalement consisté en :

- Ébauche de la synthèse des travaux historiques grâce à la documentation à disposition, incomplète
- Initiation d'un système d'information géographique (SIG) associé au projet
- Réalisation d'une grille méthodologique de géochimie sol sur un secteur d'1 km² centré sur La Porte-aux-Moines. La maille optimale de prélèvement a été définie à 100 x 50 m
- Démarrage de la cartographie, de la description et de l'échantillonnage des gossans à la recherche d'amas sulfurés cachés.

En 2014, 281 roches ont ainsi été échantillonnées et 727 sols ont été prélevés sur le permis. La totalité des échantillons a été analysée par XRF au laboratoire e-Mines. 97 échantillons de roche ont également été analysés chez ALS par ICP-AES et pyroanalyse.

2.2. ACTIVITÉ 2015

2.2.1. Programme proposé pour 2015

Le courrier du 27 novembre 2014, adressé au préfet des Côtes-d'Armor, signale le programme suivant sur le permis de Merléac :

- Poursuite des recherches de données bibliographiques
- Démarrage d'une campagne de géochimie sols sur les zones identifiées comme prioritaires ainsi que dans le cadre de l'état 0 environnemental du PERM ;
- Poursuite des études de terrains sur les zones potentiellement minéralisées (« gossans ») à la suite des travaux de 2014 ;
- Réalisation, dès que possible, de premiers sondages de reconnaissance géologique pour calibrer les premiers éléments de colonne stratigraphique et identifier s'il existe en profondeur des marqueurs géophysiques susceptibles d'être perçus en géophysique aéroportée.

Les travaux effectués au cours de cette année ont eu plusieurs finalités :

- Compilation des archives des travaux précédents (rapports, plans, cartes, logs de sondages, …). Leur synthèse et intégration dans des outils informatiques modernes permettra d'obtenir des informations précieuses sur la géologie du permis ;
- Commencer un bilan environnemental de la géochimie des sols de l'ensemble du PERM afin de disposer d'une référence factuelle de l'état des terrains avant toute forme de travaux qui pourraient être menés ultérieurement par Variscan Mines
- Acquérir des données de terrain pour définir des zones prioritaires dans l'optique de pouvoir réaliser, suite à déclaration ultérieure, des travaux de sondages de reconnaissance géologique sur des anomalies existantes afin d'en préciser la qualité et d'obtenir des échantillons « étalons », tant pour commencer des études de connaissance des éventuels minerais que pour disposer d'éléments de calibrage de travaux géophysiques

- Préparer les éléments techniques et administratifs pour un premier survol pour des mesures de géophysique aéroportée (VTEM™).

2.2.2. Travaux bibliographiques et données d'archives

- **Documents d'après mine**

Le 15 janvier 2015, une visite a été menée à l'antenne ouest de Géodéris à Caen. Les documents suivants concernant l'après-mine ont été inventoriés : BRGM-RC/54644 (dans le cadre de la DADT (Déclaration d'Arrêt Définitif des Travaux) de Porte-aux-Moines), note BRGM-EPI/ENV-2004-879-FB/HL, BRGM-RC/54806 (mars 2006) en complément de la DADT, et un document sur la descenderie (BRGM-RC/53643). La copie de ces documents sera à demander à la DREAL, seule habilitée à les transmettre.

Un travail d'inventaire initial est en cours sur la zone de L'Hermitage-Lorge. Les autres anciens titres miniers sur le territoire du PERM Merléac n'ont pas fait l'objet d'actions de Géodéris à ce jour.

Le secteur de L'Hermitage-Lorge avait déjà fait l'objet d'une étude en 1995 (BRGM-R38208). Des propositions de travaux de mise en sécurité sur des anciennes ardoisières souterraines et des anciens travaux de recherches minières dans les Côtes-d'Armor ont également été publiées en 1997 (BRGM-R39542). Les anciennes exploitations de fer du Bourg et de la chapelle Notre-Dame-des-Champs sur la commune de Saint-Gelven sont référencées.

- **Documents de la DREAL Bretagne**

Le 14 avril 2015, la DREAL Bretagne (Rennes) a été consultée afin d'échanger sur la déclaration de travaux n°2 concernant une demande pour géophysique aéroportée (2.2.5) et de demander l'accès à de la documentation.

La DREAL ne dispose que de très peu d'archives concernant les activités minières (exploration ou exploitation). La majorité du fond anciennement détenu par la DRIRE a été déversée aux archives départementales d'Ille-et-Vilaine à Rennes. Le catalogue récapitulatif de ce fond nous a été fourni. Il dresse la liste des dossiers disponibles qui concernent la région Bretagne et sera donc également utile pour les autres dossiers dans la région.

Les quelques dossiers miniers relatifs à la zone de Merléac présents à la DREAL ont pu être empruntés et numérisés sur Orléans. Ils concernent :

- PER Lanfains : documentation administrative sur la gestion du PER, CR annuels et trimestriels d'activité, demandes de financement « Plan cuivre » et programme de travaux envisagés, questionnaires annuels de recherches minières (Ministère de l'Industrie) ;
- Concession de Porte-aux-Moines : dossier de demande de concession, décret d'octroi, questionnaires annuels de recherches minières (Ministère de l'Industrie), DADT, dossier de renonciation à la concession.

- **Documents des archives départementales d'Ille-et-Vilaine**

Après autorisation de la DREAL Bretagne, les dossiers miniers de l'ancienne DRIRE déversés aux archives d'Ille-et-Vilaine concernant le périmètre de Merléac ont pu être consultés. 20 dossiers ont ainsi été consultés.

Les dossiers n'ayant pas pu être empruntés, les documents les plus intéressants ont été photographiés. Si les documents texte (rapports, tableaux d'analyses, …) sont totalement lisibles, les plans et cartes ne seront que rarement valorisables du fait de distorsions lors de la photo. L'information cartographiée est donc purement informative mais ne pourra qu'être exceptionnellement intégrée au SIG du permis.

Les principales documentations consultées et photographiées sont les suivantes :

- Comptes-rendus annuels de l'Inventaire Minier National (1975 à 1981) ;
- Plan métaux ou plan cuivre : demandes d'aide financière, programmes et comptes rendus d'activités du BRGM, de la SNEA(P), de Peñarroya et de Cominco ;
- Déclarations de travaux de recherches minières du BRGM (1981 à 1995), notamment sur les secteurs de Kéribet, Allineuc, La Ferrière, Le Val et Saint-Hervé ;
- Cominco : programmes de travaux, échantillonnage de « gossans » sur les feuilles de Pontivy, Quintin et Moncontour, rapports annuels (1976 à 1979) ;
- SNEA(P) : déclarations de travaux ;
- Prospections géochimiques sur Corlay et Quintin (1961) et Rostrenen (1964) ;
- PER Uzel : suivi des travaux, comptes-rendus d'activité (trimestriels et annuels), documents administratifs (décrets d'octroi et de renouvellement), mémoire des travaux effectués. AG avec la SNEA(P) clarifiant le contexte administratif du syndicat de recherches BRGM – SNEA(P) ;
- PER Saint-Gelven : dossier de demande de Peñarroya, rapport d'octroi, CR d'activité, raisons de l'abandon du PER (19/05/1983) et mémoire très complet sur tous les travaux réalisés dans l'emprise du PER.

- **Documents BRGM**

Le BRGM ayant réalisé des recherches sur le secteur dans les cadres successifs de l'Inventaire Minier National (1959-1978), du PER Lanfains (1978 -1987), du PER Uzel (1981-1987) puis du projet Rostrenen (1992-1993), il est détenteur d'un important volume d'informations. Il a également été détenteur d'une concession dite « Porte-aux-Moines » à partir du 22 décembre 1989, renoncée le 13 mars 2014, mais aucun travail significatif n'y a été mené.

Les documents publics accessibles via Minéralinfo ou la BSS (Banque du Sous-Sol) ont été compilés. Toutefois, la mise à disposition sous format numérique du fond d'archives encore sous format papier a pris plusieurs mois. Outre le temps nécessaire à la numérisation des documents, il a fallu s'assurer de l'accord de Total pour accéder à ces données. Le groupe avait acquis la propriété conjointe des travaux dans le cadre d'un syndicat de recherches BRGM-SNEA(P).

Le 22 octobre 2015, environ 2 Go de données ont ainsi été fournies par le BRGM concernant leurs anciens travaux réalisés sur le secteur. Il s'agit de :

- Logs de sondages carottés, incluant les 29 sondages de surface (PAM01 à PAM29, 9 646,75 m cumulés) et les 29 sondages fond (SF01 à SF29, 2 835,1 m cumulés) réalisés sur Porte-aux-Moines. Les logs des sondages carottés sur Kernabat (BAT01), Bois Joli (BJ01), Kerdoret (KET01 et KET02), Kerguillaume (KG01 à KG03) et Les Essarts (LSS01 à LSS06) sont également disponibles ;
- Coupes des profils de wagon drill réalisés sur Porte-aux-Moines (14 lignes), Les Essarts (11 lignes), Kerfros (1 ligne), Leffo (6 lignes) et Le Mérel (4 lignes) ;
- Coupes interprétatives sur Porte-aux-Moines ;

- Levés géologiques et rainurages des recoupes et traçages des travaux souterrains sur Porte-aux-Moines, creusés entre 1979 et 1981 ;
- Plans avec la localisation des sondages et les résultats des campagnes de géochimie et de géophysique au sol (VLF, PS, gravimétrie et magnétisme) ;
- Quelques rapports et notes techniques, notamment des études pétrographiques sur des échantillons de Porte-aux-Moines.

Les archives départementales des Côtes-d'Armor n'ont, à ce jour, pas encore été visitées. Il est possible qu'elles disposent de documents intéressants.

2.2.3. Valorisation des données des travaux précédents

- **Système d'Information Géographique**

Un Système d'Information Géographique (SIG) permet de stocker, d'afficher et de traiter des données spatiales. Les plans des anciens travaux peuvent ainsi être géoréférencés et l'information qu'ils présentent peut en être extraite. Il peut ainsi s'agir de la localisation de travaux de surface (têtes de sondages, lignes de sondages percutants), de travaux souterrains (projection en surface des travaux miniers de Porte-aux-Moines) ou encore de résultats des campagnes de géochimie ou de géophysique.

Les données nouvellement acquises, telles que la localisation des échantillons prélevés ou les résultats de la campagne de géophysique aéroportée, sont également stockées dans ce SIG. Le système de projection est le Lambert 93 (RGF 93).

Synthétiser les résultats des travaux réalisés sur un secteur permet d'obtenir une idée du potentiel de ce prospect, des éventuels manques dans les prospections précédentes et ainsi, d'aiguiller les travaux actuels de recherche vers les secteurs les plus propices. Par exemple le prospect des Essarts, également appelé Les Forges ou La Ferrière, est situé environ 7 km à l'est de Porte-aux-Moines sur la même structure anticlinale. Durant les années 1980, le BRGM y a mené une campagne de géochimie sol (200 x 200 m, localement resserrée en 100 x 100 m et 100 x 50 m), de la géophysique au sol (VLF, gravimétrie et PS), 11 lignes de sondages percutants et 8 sondages carottés (LSS1 à LSS6, FRI1 et FRI2) (Kerjean et Gorichon, 1983 ; Billa, 1994).

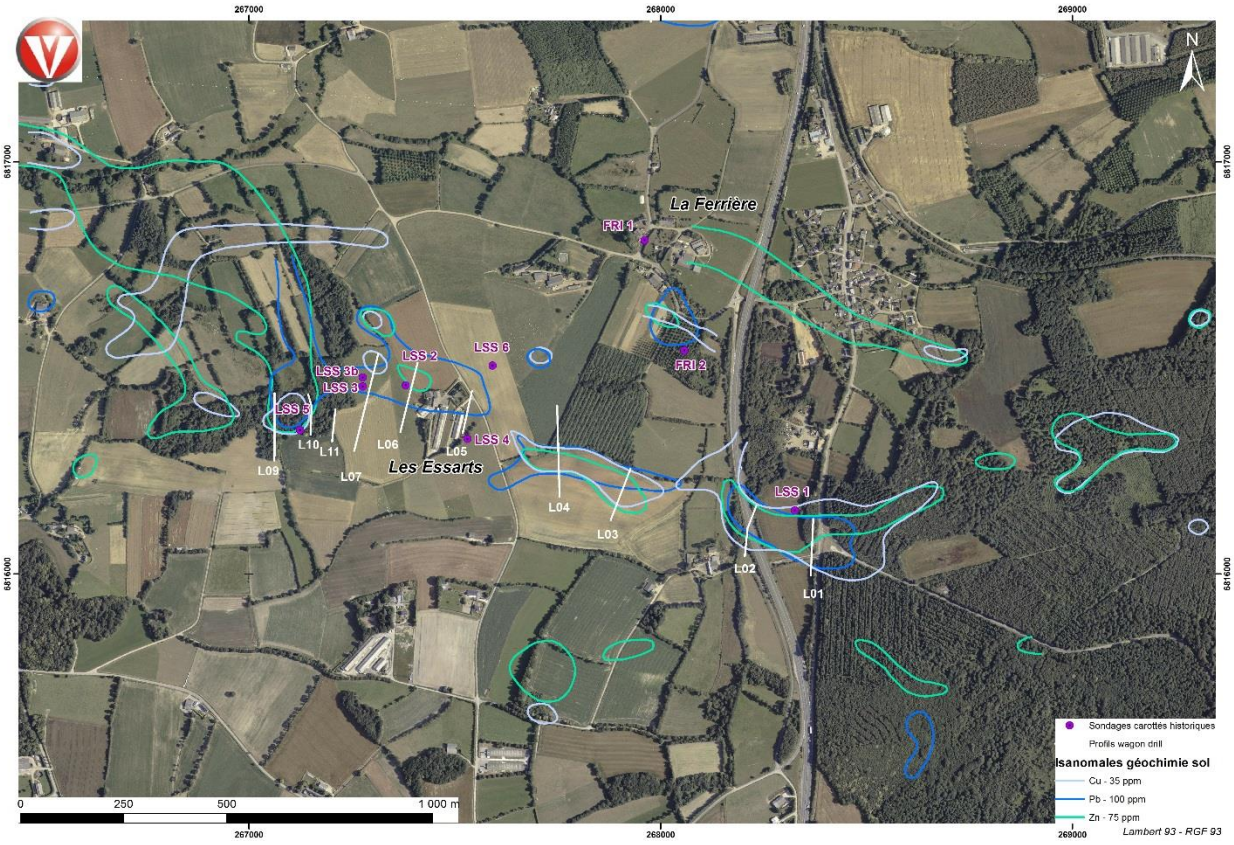


Figure 26 : Synthèse des travaux sur Les Essarts.
Localisation des sondages carottés, des lignes de percutants et des anomalies géochimiques (d'après Kerjean et Gorichon, 1983 ; Billa, 1994).

De même, des opérations géostatiques sont réalisables sous SIG, ce qui permet de mettre en évidence des zones anomales. Par exemple, en 1993, le levé gravimétrique régional de Rostrenen a été réalisé sur un secteur de 270 km² avec une densité de 3 points par km². L'interpolation par krigeage des isanomales de Bouguer calculées à une densité de 2,7 permet de mettre clairement en évidence (Debeglia, 1993) :

- Plusieurs anomalies positives le long de l'anticlinal Merléac-Laniscat (également appelé anticlinal de Saint-Mayeux par Sagon, 1976). Ces fortes valeurs observées sont interprétées comme étant la superposition des effets de volcanites basiques, de schistes à chloritoïde dévoniens et de « ceux de niveaux enrichies en matériaux ferrugineux »
- Plusieurs anomalies positives sur la ride dévonienne de Porte-aux-Moines (ou anticlinal de la Butte Saint-Michel, Sagon, 1976)
- Les anomalies négatives associées aux granites de Moncontour, à l'est, et de Quintin au nord.

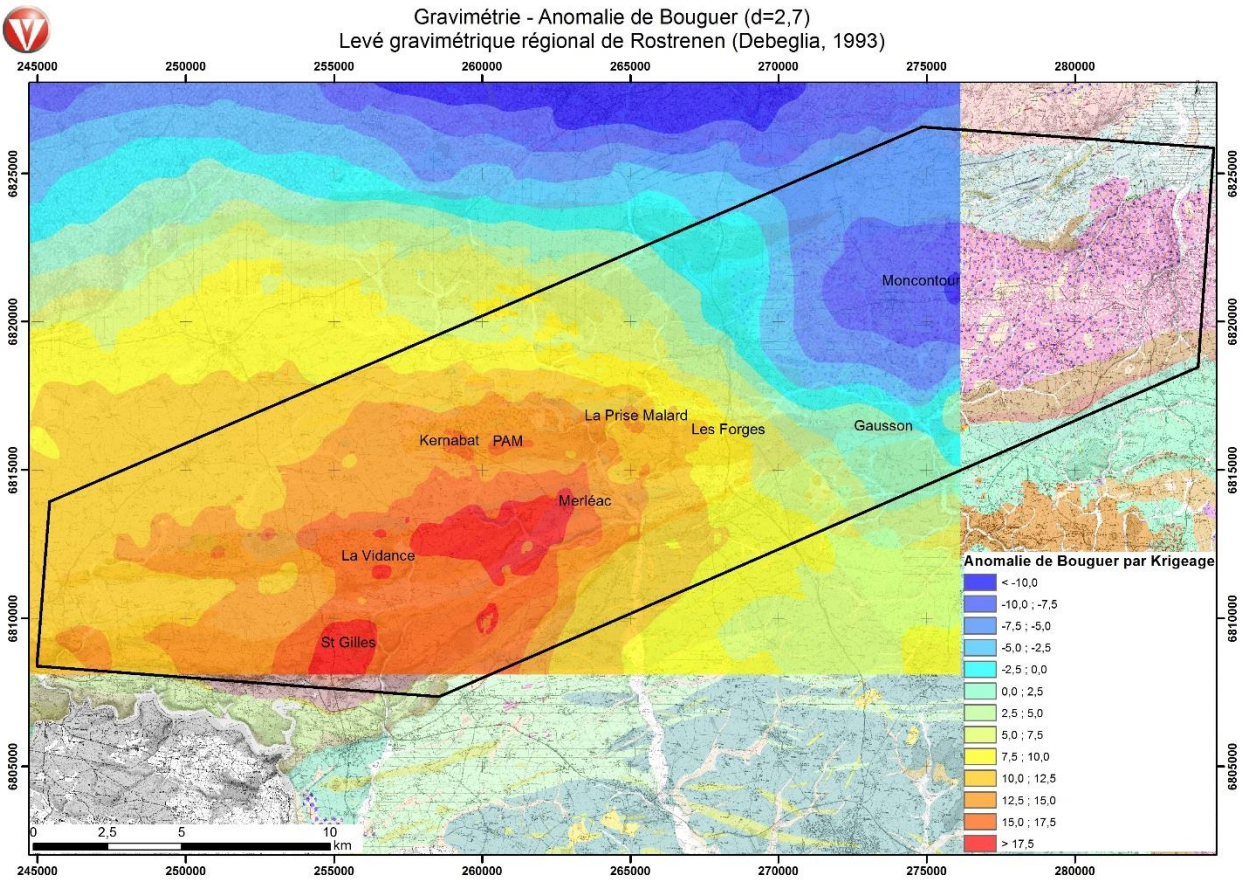


Figure 27 : Levé gravimétrique de Rostrenen : anomalie de Bouguer (d'après Debeglia, 1993).

Les données des sondages, de géochimie, de géophysique, des cartes géologiques à différentes échelles et des analyses des échantillons de surface peuvent ainsi être mises en relation et aider à l'identification de secteurs favorables qui seront ensuite ciblés pour des travaux complémentaires (géochimie, sondages de reconnaissance géologique ou géophysique au sol).

- **Modélisation 3D du gisement de Porte-aux-Moines**

Les logiciels récents de modélisation 3D offrent de puissants outils qui permettent de visualiser les travaux souterrains, c'est-à-dire les sondages, les galeries, recoupes et traçages. Ils donnent une nouvelle vision des travaux anciens et permettent ainsi d'interpréter en 3D la géométrie des corps minéralisés. Leur volume est alors calculable ce qui, associé à une interpolation des teneurs, permettra de calculer des ressources.

Dans un premier temps, la priorité est donnée au site de Porte-aux-Moines. Outre la modélisation des travaux miniers souterrains (915 m de descenderie, 900 m de recoupes et traçages), les informations des sondages carottés sont intégrées. Cela nécessite la saisie dans une base de données (Access™) liée au modèle 3D des informations des sondages. Cela permettra de proposer une enveloppe de minéralisation et d'aider à l'implantation de premiers sondages de reconnaissance géologique qui viseront à confirmer l'amas et à tester ses extensions immédiates.

Afin de permettre des corrélations de faciès entre sondages, les descriptions lithologiques sont résumées à l'aide de codes. Ils ont été définis d'après Aye, 1976 et Frignet et Lebert, 1982, et complétés afin de rendre compte d'autres faciès, tels que les cherts ou veines de quartz.

Série	Code litho	Description	Modèle 3D
-	REC	Recouvrement	REC
-	ND	Non défini	ND
-	CAL	Calcite	CAL
-	COR	Cornéennes	COR
-	FAI	Faille, brèche de faille	FAI
-	ARG	Argile molle de fracture	ARG
-	CHE	Chert, jaspes	CHE
-	KAO	Kaolin	KAO
-	CGL	Conglomérat (ou pseudo-conglomérat) à éléments en galets (ou fusiformes) pluri-cm de roche claire et sulfures disséminés cimentés par une phase silico-chloriteuse	CGL
-	SCH	Schiste s.l. (séricitoschiste, schiste ardoisier, ...)	SCH
-	SCT	Schiste tuffacé	SCT
-	QZT	Quartzite, parfois à fine pyrite disséminée (St Gelven)	QZT
-	VQ	Veine de quartz (± pyrite)	VQ
-	STK	Stockwerk	STK
Dinantien (Carbo inf)	POU	Poudingues du Dinantien (St Gelven)	POU
F5 - shales noirs	SND	Shales noirs dévoniens	SND
F4 - grès de Landévennec	GRM	Grès à magnétite (St Gelven) (Grès de Landevennec?)	GRM
	GRC	Grès clairs, quartzites (NB: n'existe a priori pas dans le périmètre du gisement, mais en périphérie, vers l'Est)	GRC
F3 - série noire	GRS	Grès sombres, éventuellement sphalérite et galène disséminées	GRS
	SHG	Alternance grès/shale, shales noirs à interlits gréseux clairs, éventuellement sphalérite et galène disséminées; parfois appelé "faciès turbidite"	SHG
	SULM	Sulfures massifs (composition non détaillée)	SULM
	SUPY	Minerai à pyrite massive	SUPY
	SUPM	Minerai massif polysulfuré (pyrite, sphalérite, galène et chalcopyrite)	SUPM
	SHN	Shales noirs, pélites grises siliceuses, éventuellement à sulfures disséminés, schistes graphiteux (St Gelven)	SHN
	SHNS	Shales noirs à sulfures disséminés, lenticules, lambeaux ou interlits de sulfures	SHNS
F2 - série de transition	SIL	Siltite et chertituffite claire	SIL
	CIN	Tuffite et cinérite sériciteuse, pélite sériciteuse (St Gelven) ou pélite chloriteuse et tuffite à grain fin (St Gelven)	CIN
	TUF	Tuf porphyrique vitroclastique acide, tuf albitophyrique (St Gelven)	TUF
	BRVS	Brêche volcanosédimentaire	BRVS
	PON	Ponce olivâtre (andésitique)?	PON
	IGN	Ignimbrite	IGN
	VOLA	Roche acide massive ou à débit pseudo-agglomératique, volcanisme acide (albitophyre, St Gelven)	VOLA
F1 - Formation de la Butte St Michel	BSM	"Tuffites intermédiaires" = grès tuffacés et tuffites basiques hydrothermalisés	BSM
FD	HYA	Hyaloclastites ± bréchiques basiques (FD ou F1?)	HYA
	VOLB	Roche volcanique basique beige-olivâtre, grain fin, texture microlithique - parfois basalte à vacuoles	VOLB

Tableau 5 : Définition des codes lithologiques utilisés dans la base de données des sondages.

58 sondages carottés ont été réalisés sur le site de Porte-aux-Moines entre 1976 et 1984 :

- 29 sondages jour (PAM01 à PAM29), cumulant 9 646,75 m
- 29 sondages fond (SF01 à SF29), cumulant 2 835,10 m.

Pour chaque sondage carotté, les informations suivantes sont saisies dans la base de données : localisation de sa tête, longueur, orientation (avec si possible, des mesures régulières de déviation), descriptions lithologiques, résultats d'analyse en Cu, Pb, Zn, et parfois Ag, Fe, Sb, Cd, Bi et très rarement, Au.

Les teneurs en Zn équivalent sont également calculées. Le zinc est alors considéré comme le métal d'intérêt principal, auxquels les co-produits possibles (Cu, Pb, Ag, Au) sont valorisés à hauteur de leur teneur et de leur prix. Ces valeurs étant basées sur le cours des métaux, elles sont susceptibles d'évoluer fortement. Calculer une teneur en zinc équivalent permet néanmoins de n'avoir qu'un unique paramètre de teneur pour qualifier un gisement polymétallique.

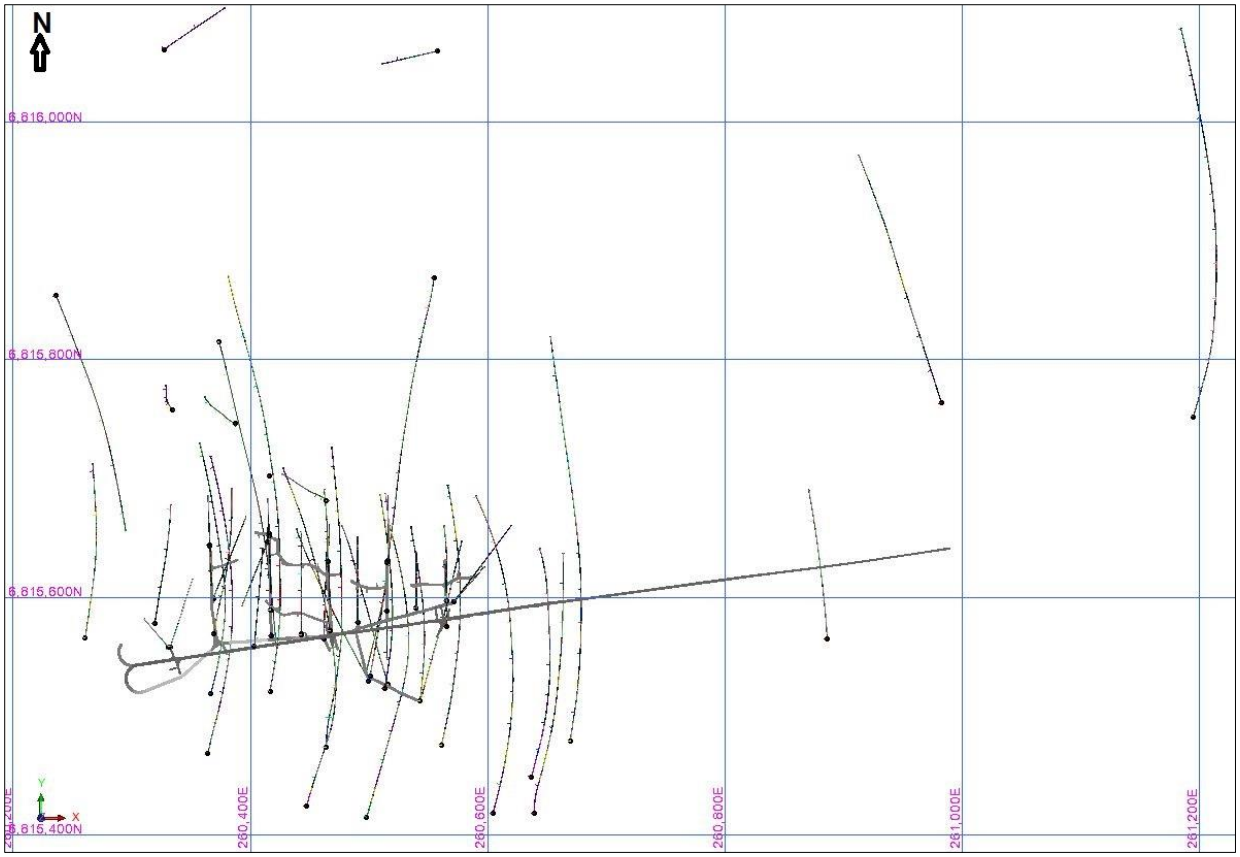


Figure 28 : Vue en plan des travaux souterrains et des sondages carottés sur Porte-aux-Moines.

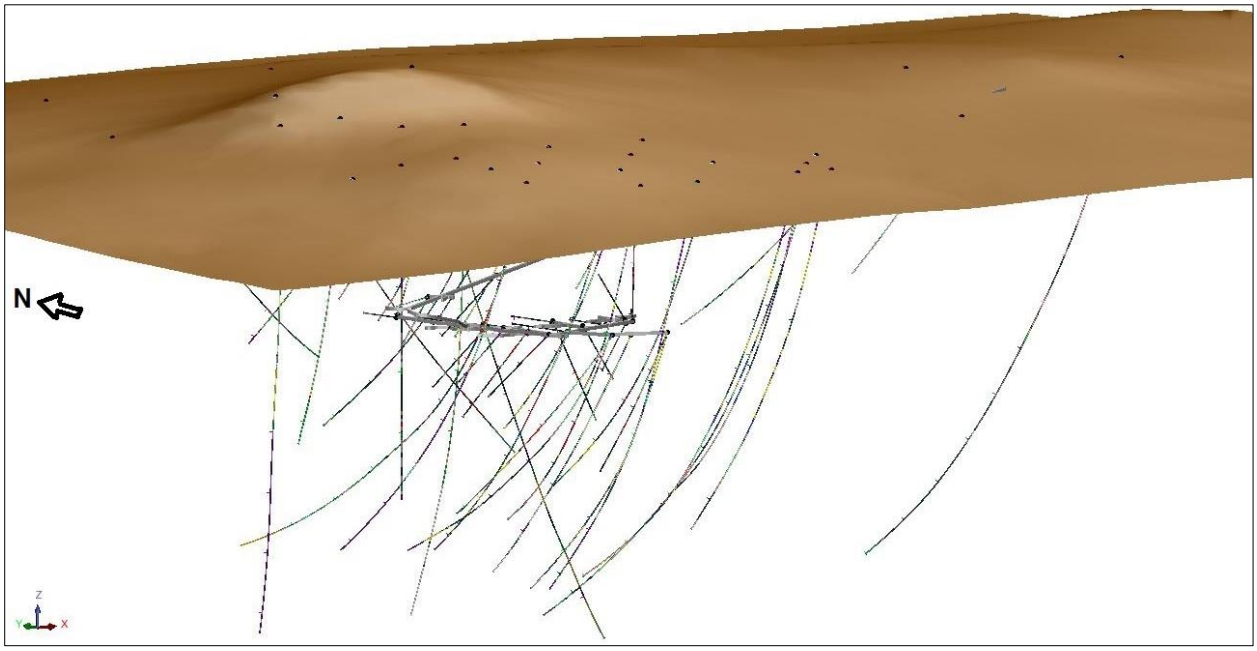


Figure 29 : Vue vers le NE des travaux souterrains et des sondages sous la surface topographique.

Une première modélisation de l'enveloppe minéralisée sur Porte-aux-Moines a été proposée en se basant sur les coupes interprétatives principalement réalisées par F. Aye et M. Kerjean. En suivant exactement le tracé de l'enveloppe minéralisée des coupes du BRGM, la géométrie obtenue est très complexe, donc difficile à manipuler (interpolation délicate de coupe en coupe pour ne former qu'un seul corps). Ne s'agissant que de coupes interprétatives, le contour de l'enveloppe minéralisée sera simplifié.

Les coupes suivantes, orientées N-S, ont ainsi été utilisées :

- PAM 01-17-07, recoupe 1, SF 04-05 (Aye, 1983)
- PAM 02-05-19, recoupe 3, SF 01-09-11 (Aye, 1983) (Figure 5)
- PAM 03-08, recoupe 5, SF 21-22-26-28 (Aye, 1983)
- PAM 04-15 (coupe prévisionnelle, Aye, 1983)
- PAM 06-13-10, recoupe 4, SF19-20-27-29 (Aye, 1983 et Kerjean, non daté)
- PAM 14-16, recoupe 2, SF 06-07-08-10 (Aye, 1983 et Kerjean, non daté)
- Extension ouest : projection du tracé de la coupe PAM 04-15 30 m 25 m à l'ouest
- Extension est : poursuite du tracé de la coupe PAM 03-08 30 m à l'est en l'adaptant afin de rendre compte d'un niveau minéralisé dans le SF23.

La distance de chaque extension latérale a été définie à partir de paramètres géostatistiques. Des variogrammes expérimentaux réalisés sur les teneurs en Cu, Pb, Zn et Ag présentent une portée d'environ 50 m, aussi les coupes situées aux extrémités seront extrapolées de 25 m, ce qui représente la moitié de la portée. À l'est, la coupe est extrapolée de 30 m afin de rendre compte des recoupes positives du sondage SF23. Cette même distance de 25 m avait été mise en œuvre par le BRGM dans leur estimation des ressources (BRGM, 1981).

Les plans prévisionnels aux niveaux 100, 150, 200 et 300 (surface topographique) ont également été digitalisés (Aye, 1983). Ces « long sections » permettent de contraindre l'extension des contours minéralisés qui sont souvent sous-estimés sur les coupes interprétatives.

La triangulation entre chaque coupe permet d'obtenir un volume qui sera ensuite redécoupé par la surface topographique. Des réajustements locaux sont ensuite réalisés afin de bien englober les passes minéralisées. Le corps modélisé s'étend sur 360 m en E-O, 80 m (au grand maximum, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres) en N-S et 375 m en vertical (Figure 30).

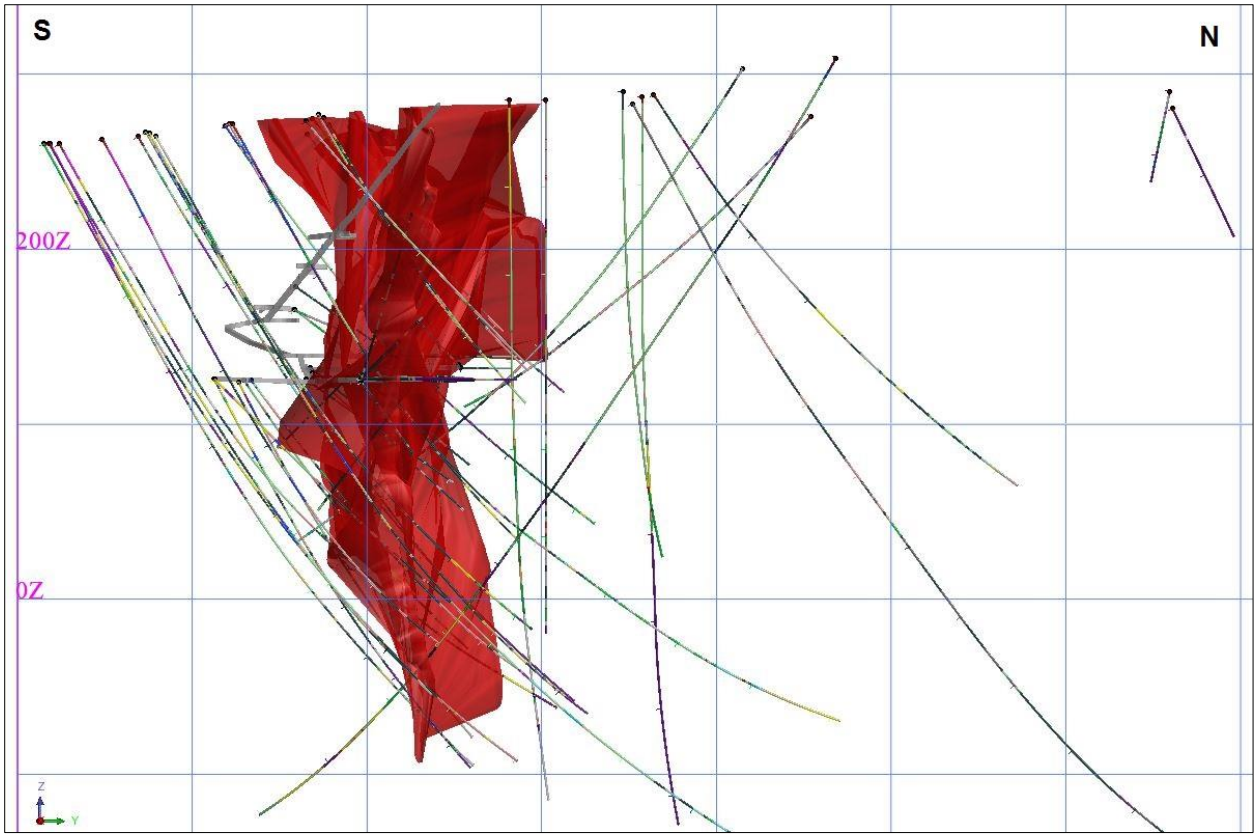


Figure 30 : Vue vers l'Ouest de l'enveloppe minéralisée basée sur les coupes du BRGM.

Le précédent modèle tenait compte des interprétations géologiques du BRGM. Celui-ci honorait la quasi-totalité des recoupes minéralisées grâce aux réajustements apportés, mais exagérait de manière trop spéculative en l'état actuel des connaissances les extensions en profondeur du gisement.

Afin de publier des ressources conformes au standard international CRIRSCO (et sa déclinaison australienne, le JORC), un nouveau modèle est proposé. Il est beaucoup plus conservatif, ne prenant en compte que les recoupes minéralisées sans extrapoler de manière exagérée leur extension. Ce modèle sera donc plus basé sur les teneurs recoupées en sondage que sur une interprétation géologique de la géométrie du gisement. En effet, comme cela sera précisé détaillé plus loin (2.2.4), des doutes sont émis quant à l'interprétation de la géométrie de Porte-aux-Moines.

L'enveloppe minéralisée est donc réalisée à partir d'une succession de coupes sériées tous les 25 m (moitié de la portée du variogramme) sur lesquelles les niveaux minéralisés sont contourés entre eux au plus proche, sans interprétation géologique poussée. Chaque niveau minéralisé est extrapolé de 25 m de part et d'autre. Les niveaux recoupés même sur un unique sondage ont été intégrés dans cette enveloppe. Le volume obtenu comporte un ensemble de 26 sous-objets discontinus.

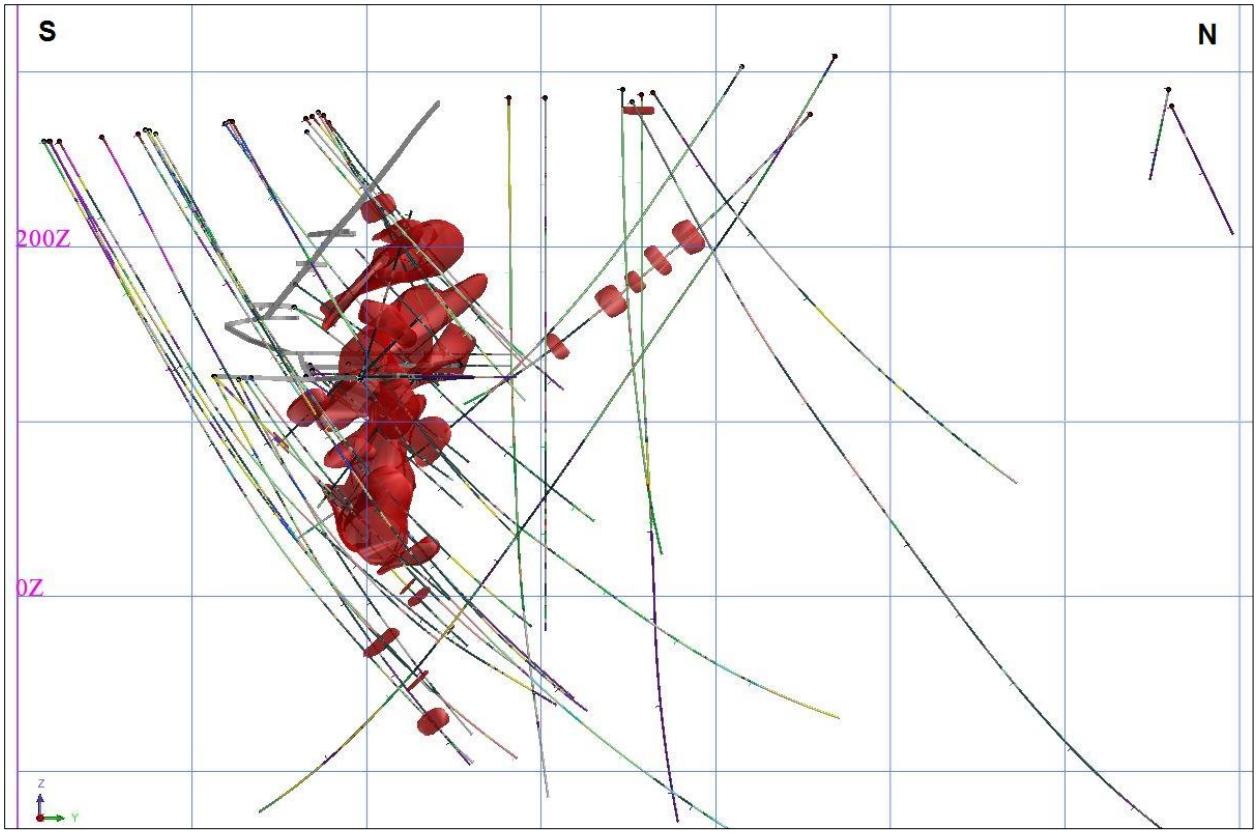


Figure 31 : Vue vers l'Ouest de l'enveloppe minéralisée restreinte, basée sur les teneurs.

Le second modèle proposé servira de base à une estimation des ressources suivant les standards internationaux, une nécessité pour une société cotée à la bourse de Sydney (ASX) comme Variscan Mines Ltd. Cette estimation sera réalisée en dehors de Variscan Mines par un expert indépendant en 2016.

2.2.4. Accès aux carottes de sondages du BRGM

Sur la petite centaine de sondages carottés réalisés par le BRGM sur l'emprise du PERM Merléac, seules les carottes de 3 sondages sont encore stockées et visibles dans les locaux du BRGM à Orléans. Il s'agit des sondages PAM05, PAM08 et PAM16, tous trois réalisés au niveau de la Butte Saint-Michel sur la Porte-aux-Moines. À la fin des travaux de recherches du BRGM, les carottes de tous les sondages (y compris des sondages de Bodennec et de Menez Albot) jusqu'alors entreposées dans un hangar au lieu-dit Kerdoret à Saint-Martin-des-Prés, ont été déversées. Elles y ont servi de remblai à la construction d'un nouveau bâtiment agricole.

Les géologues de Variscan Mines ont pu accéder à ces sondages au cours du mois de février 2015. Le sondage PAM05 a été redécrit en détail, PAM08 a été décrit rapidement et PAM16 n'a été que rapidement observé.

Les carottes des trois sondages restant ont été reconditionnées dans de nouvelles caisses en bois ou en PVC en fonction de leur diamètre (PQ, HQ ou NQ). Elles sont en très bon état général, un léger polissage de surface étant généralement suffisant à une bonne observation des faciès.

Figure 32 : Carottes du sondage PAM08 dans le minerai massif.
PAM08 entre 247,50 et 251,50 m : 2,80 % Pb, 9,59 % Zn, 0,13 % Cu et 113 g/t Ag).

Les principaux faciès du toit et du mur de la minéralisation ont été observés. De nombreuses lames minces réalisées dans l'encaissant ont été demandées et décrites par Françoise Aye ou Yves Le Fur (BRGM). Il serait intéressant de pouvoir y accéder afin de clairement identifier les lithologies pour lesquelles la description de Variscan Mines diffère de celle du BRGM.

De plus, aucune indication claire de plissement n'a été observée. L'angle entre le litage/schistosité et l'axe de la carotte reste stable le long des sondages PAM05 et PAM08. Les micro-plissements décrits par F. Aye ont été interprétés comme des figures syn-dépôt (slump, loud-casting).

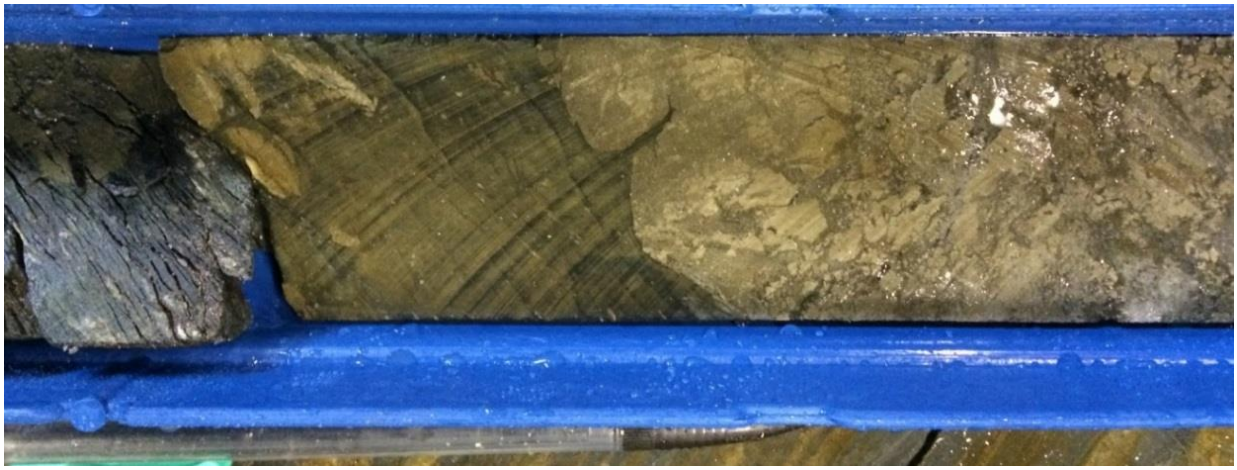


Figure 33 : Figures sédimentaires dans le sondage PAM08.
Slump d'un niveau de pyrite massive, grossière et angulaire entourée de fins de sphalérite, sur un niveau de shale noir à pyrite finement disséminée (PAM08, 237,6 m).

Des zones très fracturées ou broyées ont été observées et interprétées comme des zones de faille qui découperaient et décaleraient ainsi le principal horizon minéralisé en plusieurs caissons. Le jeu et le rejeu de ces failles reste à définir. Celles-ci n'ont été qu'exceptionnellement décrites dans les logs.

Les discussions avec d'anciens géologues BRGM du projet font état d'une géométrie complexe de la minéralisation avec des nombreux replis observés en galerie. Aucune zone majeure de fracturation n'a *a priori* été identifiée en profondeur. Les corrélations entre les sondages et entre les levés géologiques des galeries et les sondages étaient extrêmement difficiles. La morphologie du gisement semble donc extrêmement complexe et n'est pas comprise. Le modèle interprétatif en pli n'est donc pas admis à l'heure actuelle.

D'autre part, la granulométrie très fine du minerai a été clairement confirmée, tout particulièrement de la sphalérite et de la galène. Cette dernière reste difficilement observable à la loupe x10. La sphalérite apparaît fréquemment sous forme de fins lits ou de bandes.

Figure 34 : Granulométrie fine du minerai dans PAM05.
Sondage PAM05 de 213,80 à 214,00 m:minerai très finement lité, alternant des lits des pyrite à de fins lits de sphalérite rose-miel.

En se basant sur les logs du BRGM (versions de 1976 par Lamoureux et *al.* et de 1978 par Aye) et les observations de l'équipe, il est apparu nécessaire d'échantillonner à nouveau pour analyse les sections minéralisées et leur encaissant direct (toit et mur de la minéralisation dans une frange de 3 m de part et d'autre). Une demande de devis couvrant la préparation (sciage, broyage, quartage), l'expédition au laboratoire ALS en Irlande et l'analyse des sections sélectionnées a été envoyée au BRGM le 25 février. Il s'agira d'une analyse multi élémentaire couvrant les métaux de base et les métaux précieux (or et argent). Sur des passes d'1 m (ou, rarement, de 50 cm), un quart de carotte sera échantillonné.

La préparation des échantillons a été réalisée au BRGM et a fait l'objet d'un rapport d'essai. Elle a consisté en :

- Sciage, si nécessaire, des carottes afin de ne garder que l'équivalent d'1/4 de carotte
- Séchage
- Concassage (concasseur à mâchoires, d < 5 mm)
- Quartage pour récupérer deux échantillons d'environ 65 à 80 g
- Broyage (vibro-broyeur à bol d'agate, d < 80 µm)
- Conditionnement des échantillons dans des tubes Caubère 337 d'une contenance de 60 mL (deux tubes par échantillon)
- Étiquetage des tubes suivant la nomenclature fournie par Variscan Mines
- Conditionnement des tubes pour expédition chez ALS (Loughrea, Irlande).

Au total, 103 m du sondage PAM05 (longueur 421,1 m), 56,5 m du sondage PAM08 (longueur 362,2 m) et 112 m du sondage PAM16 (longueur 380,0 m) ont été échantillonnés et analysés.

Des échantillons de « blanc » (sable de Fontainebleau fourni par Sibelco) et des duplicats (MLCDDH00057 pour PAM05, MLCDDH00135 pour PAM08 et MLCDDH00236 pour PAM16) ont été insérés dans les lots d'échantillons. Ils représentent 5 à 6 % des échantillons expédiés, ce qui représente un taux de contrôle correct (procédure QA-QC). Le laboratoire ALS procède également à ses propres tests (blancs et échantillons standard), montant le taux global d'échantillons de contrôle entre 34 et 36 %.

Deux jeux distincts d'analyses ont été réalisés par ALS :

- ME-ICPORE (méthode conseillée pour le dosage de métaux de base dans des sulfures massifs). Cette méthode consiste en une analyse par ICP-AES après attaque acide (solution HNO_3, $KClO_4$ et HBr, puis eau régale diluée). 19 éléments sont ainsi analysés, dont notamment Fe, S, Cu, Pb et Zn.
- Au-AA25 (méthode recommandée par ALS pour analyser l'or dans la gamme de teneurs attendue) consiste en une pyroanalyse avec finition par absorption atomique.

Les résultats ont été reçus entre les mois de mai et de juillet 2015. Ils ont été publiés à l'ASX, ils sont publics et sont présentés en annexe sur le CD-Rom. Quelques recoupes minéralisées du sondage PAM05 présentent les teneurs extrêmement riches suivantes :

- 211,0 à 220,0 m : 9 m @ 0,95 % Cu, 1,82 % Pb, 10,50 % Zn, 147,4 ppm Ag, 1,21 ppm Au
- 236,0 à 244,0 m : 8 m @ 1,61 % Cu, 5,42 % Pb, 24,95 % Zn, 208,5 ppm Ag, 1,39 ppm Au
- 247,0 à 258,0 m : 11 m @ 0,80 % Cu, 1,95 % Pb, 9,92 % Zn, 118,9 ppm Ag, 1,50 ppm Au (dont 6 m @ 0,77 % Cu, 3,33 % Pb, 14,90 % Zn, 186,0 ppm Ag et 1,85 ppm Au entre 250,0 et 256,0 m).

Ces résultats permettent dans un premier temps de valider les données d'analyse effectuées par le BRGM en 1978 (puis en 1994 pour l'or, Billa, 1994). Les résultats sont très proches entre les deux jeux de données, avec des écarts absolus moyens de l'ordre de 0,10 % pour le cuivre et le plomb. Cet écart est supérieur pour le zinc avec 0,66 % en moyenne. Cela peut s'expliquer par la richesse en zinc de certaines passes analysées (jusqu'à 32,2 % Zn entre 240,0 et 241,0 m sur PAM05). En effet, les plus fortes teneurs analysées par ALS pour les métaux de base sont systématiquement supérieures à celles données par le BRGM, ce qui peut aisément s'expliquer par une amélioration des méthodes analytiques. De même, les teneurs en argent sont très fréquemment légèrement sous-estimées dans les anciennes analyses. Ces résultats permettent donc de confirmer les analyses du BRGM qui pourront, de ce fait, être utilisées dans une nouvelle estimation de ressources conforme aux standards internationaux.

Le second objectif de cette réanalyse était de doser l'or. Cet élément est fréquemment associé au contexte métallogénique de Porte-aux-Moines et n'avait fait l'objet que de quelques analyses sporadiques en 1994 (Billa, 1994).

Outre les teneurs remarquables en zinc, les teneurs en métaux précieux associées aux niveaux de sulfures massifs présentent également un intérêt majeur. Le potentiel en argent de Porte-aux-Moines était déjà connu par le BRGM qui a cependant été confronté à des difficultés à le valoriser, les tests minéralurgiques ne donnant des taux de récupération que de l'ordre des 30 % (BRGM, 19814 ; Polgaire *et al.*, 1981). La généralisation des analyses or dans les sulfures massifs permet de montrer l'homogénéité de leur répartition dans ces niveaux, généralement supérieure à 1 g/t. La présence d'horizons de reconcentration n'est pas à exclure.

2.2.5. Géophysique aéroportée

- **Déroulement de la campagne de géophysique aéroportée**

Une campagne de géophysique héliportée magnétique et électromagnétique (système VTEM^{PLUS}) s'est déroulée du 29 juin au 25 juillet 2015. Afin d'avertir la population de nos travaux, un communiqué de presse a été envoyé le 29 juin. Il a été relayé dès le lendemain dans la presse locale (Ouest France et Le Télégramme). Des bulletins d'information ont également été imprimés. Malheureusement, en raison d'un contretemps avec La Poste qui ne pouvait pas assurer la distribution des 7 500 tracts dans les boîtes aux lettres des habitants des 22 communes concernées dans un délai compatible avec notre planning, il a été décidé de laisser des bulletins à disposition des visiteurs dans les mairies et les principaux commerces (boulangeries, épiceries, bars …). Régulièrement, un point de situation a été envoyé par mail à la DGALN, à la préfecture des Côtes-d'Armor, à la DREAL Bretagne et aux responsables de Variscan Mines.

Le dispositif mis en œuvre est le système VTEM^{PLUS} (Versatile Time domain ElectroMagnetic geophysical system) développé par la société canadienne Geotech Airborne. En mesurant le champ B et ses variations par rapport au temps, cela permet de mettre en évidence les anomalies conductrices et les zones plus résistives. La boucle émettrice, d'un diamètre de 26 m, émet un courant alternatif sur une large gamme de fréquences. Les basses fréquences (25 à 30 Hz) permettent de pénétrer la couverture parfois conductrice. La profondeur d'investigation varie en fonction de la nature des terrains rencontrés (entre 400 à 900 m). La résolution spatiale au sol est de 2 à 3 m.

10 m au-dessus du précédent système, une boucle comprenant deux magnétomètres au césium ainsi qu'un inclinomètre et un GPS embarqué est installée. Ils mesurent le champ magnétique horizontal avec une précision de 0,02 nT toutes les 0,1 s. Ce système permet de cartographier les grandes unités géologiques et lithologiques. Afin de mesurer les variations du champ magnétique au cours la journée, une station de base fixe, comprenant un magnétomètre, est installée à l'écart de toute perturbation sur l'aéroport de Saint-Brieuc, base opérationnelle. Cette correction sera ensuite appliquée aux magnétomètres embarqués.

L'hélicoptère, un Lama SA315B, est équipé d'un altimètre laser d'une précision d'1 m ainsi que d'un GPS additionnel fixé sur la queue de l'appareil. Il est opéré par la compagnie italienne Airwalser.

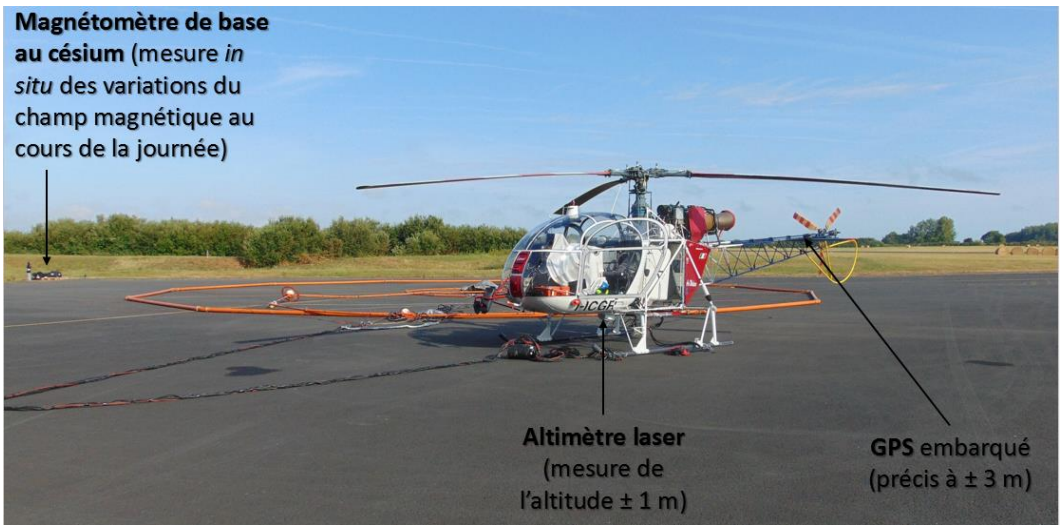


Figure 35: Hélicoptère et dispositif au sol à l'aéroport de St Brieuc.

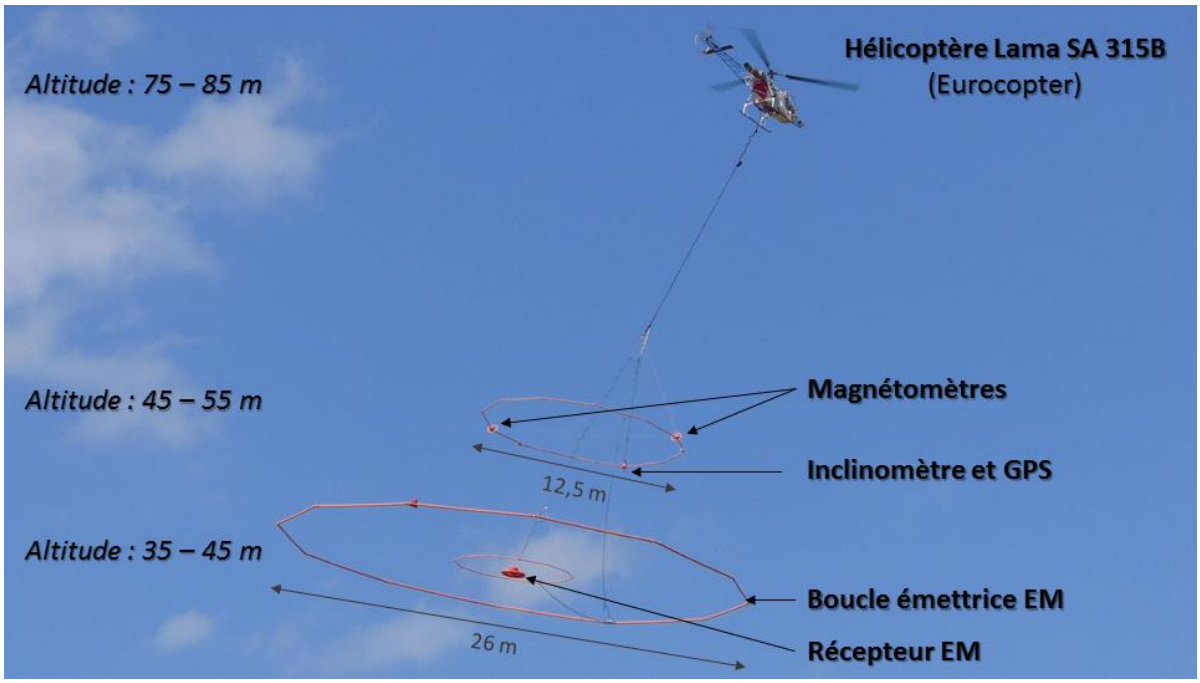


Figure 36: Description du dispositif en situation de vol de mesure.

Le plan de vol est constitué de lignes nord-sud espacées de 200 m qui s'étendent sur un polygone de 180 km² recouvrant les principales formations dévoniennes comparables à celles de la butte Saint-Michel. 8 lignes de jonction (« tie lines ») orientées est-ouest et distantes de 2 km viennent compléter le programme de vol. Celles-ci permettent de vérifier la cohérence des données aux points d'intersection avec les lignes nord-sud ainsi que de pallier au manque de données dans certains secteurs. Le survol de ces lignes de jonction nécessite de modifier le réglage des magnétomètres en changeant leur orientation.

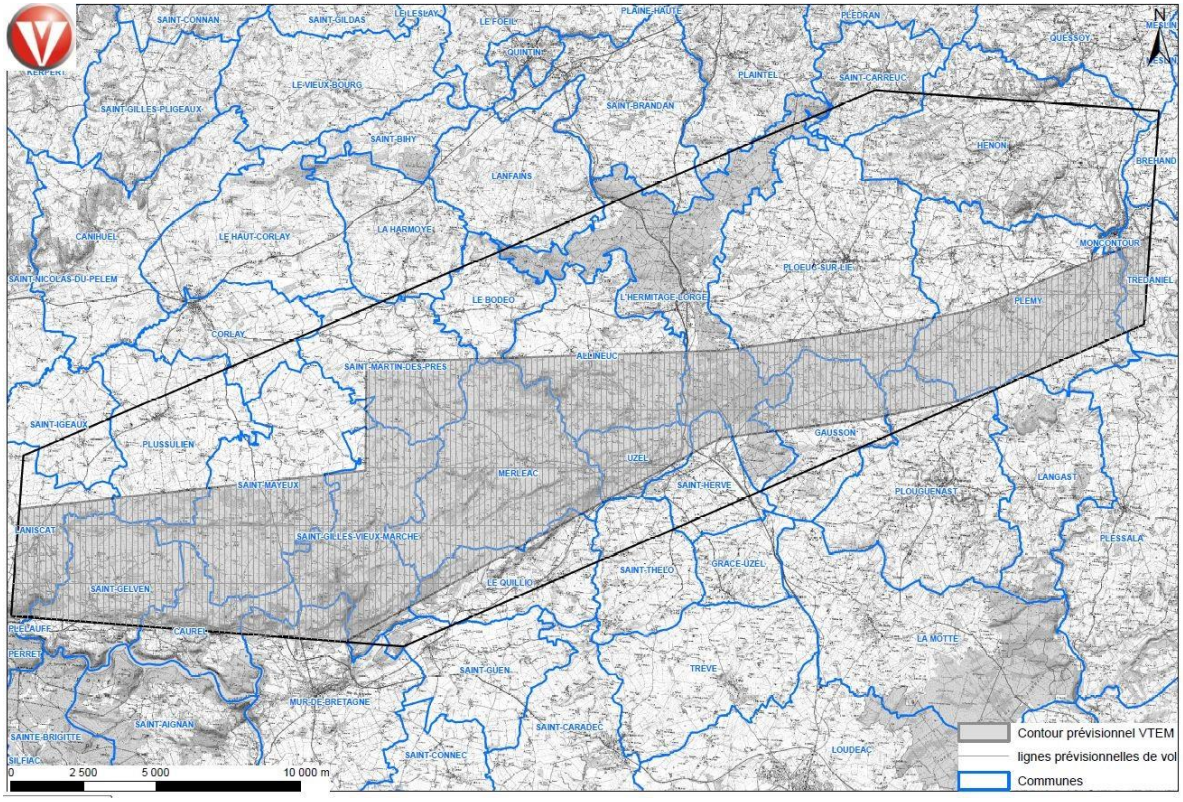


Figure 37 : Emprise de la zone concernée par le survol VTEM™ et lignes de vol théoriques.

La première difficulté à laquelle l'équipe a été confrontée est la forte densité d'habitations dans le secteur : bourgs (22 communes concernées), hameaux et fermes isolées. En effet, l'autorisation de vol rasant délivrée par la DGAC de Brest comporte des limitations concernant le survol d'habitations lorsqu'un dispositif est suspendu à l'hélicoptère (héliportage ou élingage). Ainsi, la trajectoire des lignes de vol est rarement rectiligne et quelques lignes qui comportent beaucoup d'habitations en début, milieu et/ou fin de ligne de vol n'ont pas pu être réalisées pour cette raison (Figure 39). En effet, lorsque l'hélicoptère dévie de sa trajectoire pour se retourner en bout de ligne ou éviter une maison, le système se met à tanguer et osciller horizontalement. Il faut alors quelques secondes pour que l'acquisition de données par les magnétomètres puisse reprendre.

La seconde difficulté a été la persistance de mauvaises conditions météo. Les critères nécessaires à la réalisation du survol sont les suivants :

- Absence d'orage, même à quelques centaines de km (perturbation électrique du système de mesures)
- Absence de pluie (l'eau, conductrice, perturbe le système)
- Vent < 10 à 12 nœuds, soit 18,5 à 22 km/h (le dispositif se met alors à tanguer et à tourner et empêche l'acquisition de données)
- Plafond nuageux > 2 500 pieds, soit environ 760 m (cette altitude minimale est nécessaire à la réalisation du vol de mesure de bruit de fond (« background »), réalisé 3 fois au cours de chaque survol de mesure : lors du trajet vers la zone d'étude, après une vingtaine de minutes de mesures, puis lors du trajet de retour vers l'aéroport).

Le temps, extrêmement instable au cours du mois de juillet, a ainsi considérablement allongé la durée de réalisation du levé. Au final, 901,1 km linéaires ont été volés au cours des quatre semaines de réalisation du projet (ainsi que 78 km additionnels qui n'ont pas été acceptés par Geotech Airborne en raison de fortes chutes des mesures du champ magnétiques dues à l'oscillation du système par temps venteux ; ces lignes ont été revolées ultérieurement). Cela représente environ 91 % des 989,8 km initialement prévus.

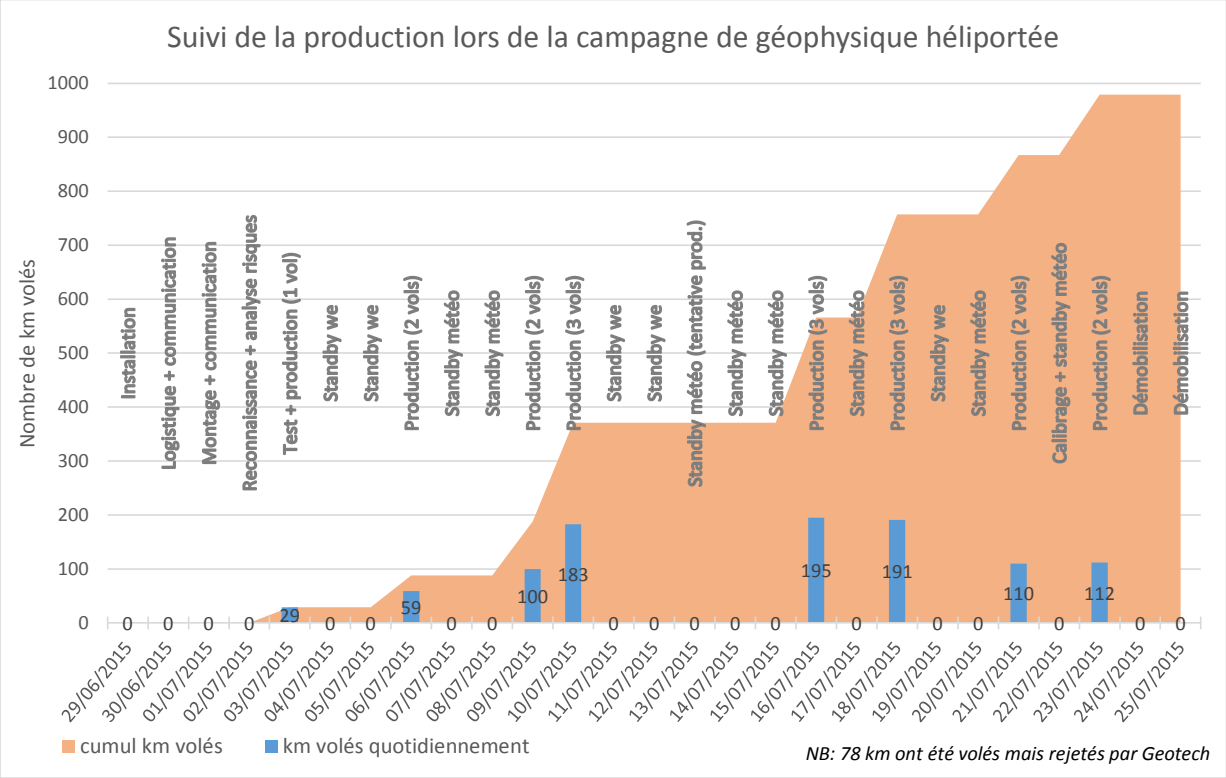


Figure 38: Suivi de la production lors de la campagne de géophysique héliportée.

Les principales zones dans lesquelles le survol n'a pas pu être réalisé sont (Figure 39) :

- L'extrémité ouest du secteur, marquée par une zone de restriction aérienne de nature militaire valide jusqu'au 1er novembre 2015, le village de Laniscat en milieu de lignes et des hameaux étendus en bordure nord et sud (rendant difficile le retournement) ;
- 5 lignes à l'ouest n'ont pu être volées. Le village de Caurel s'étire en est-ouest en bordure sud de lignes et quelques hameaux importants jalonnent le centre des lignes ;
- 3 lignes entre La Ferrière et Les Forges, ces villages s'étalant en nord-sud et couvrant une grande superficie des lignes ;
- Les principaux bourgs de villages, comme Saint-Mayeux, Plémy, Uzel ou Trédaniel.

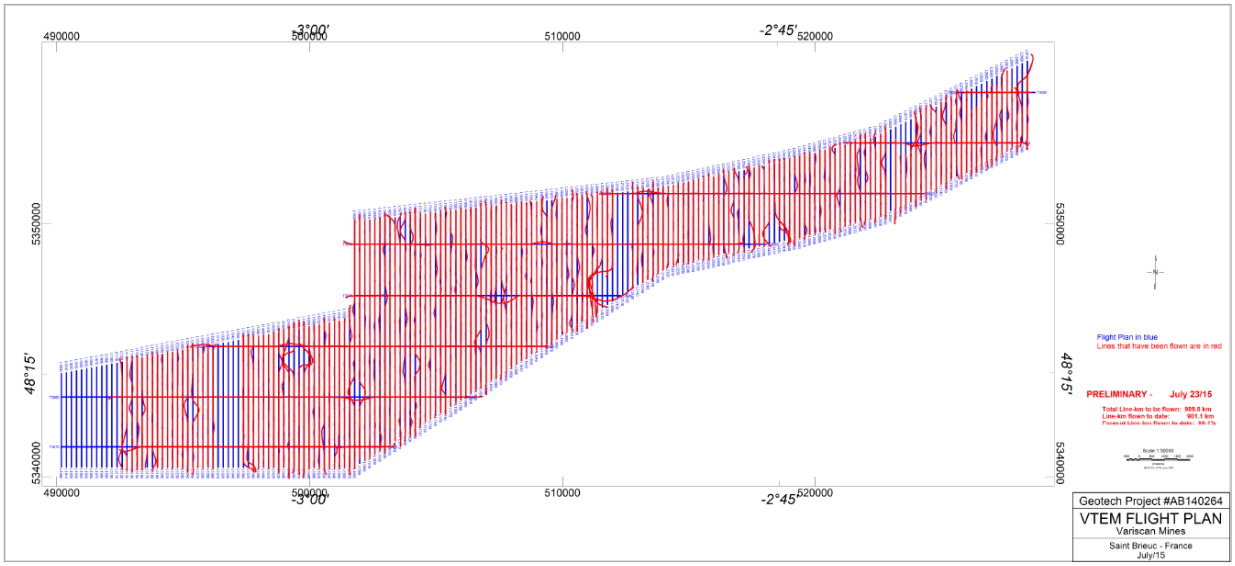


Figure 39: Lignes de vol réalisées (rouge) par rapport au plan de vol prévu (bleu, Geotech).

Des résultats préliminaires ont été envoyés par Resource Potentials, compagnie australienne chargée du contrôle qualité et de l'interprétation des données. Sur ces premiers résultats, Porte-aux-Moines apparaît clairement répondre en EM, notamment sur les canaux les plus élevés (à partir du canal 20 environ). Le système mesure en effet la variation du champ EM par rapport au temps à travers 50 canaux de temps (environ 20 ms chacun) et en extrait la composante z. Des traitements plus poussés vont néanmoins être appliqués pour permettre de discriminer les signaux superficiels d'origine anthropique de signaux de nature géologique.

- **Résultats de la géophysique aéroportée**

Au mois de septembre 2015, les résultats bruts de la géophysique aéroportée ont été fournis par Geotech Airborne. Suite au courrier de la DREAL Bretagne daté du 8 octobre 2015 et conformément à l'article 2 du décret n°1186 du 22 mai 1944 modifié, la totalité des résultats a été adressée à la DREAL afin qu'ils soient fournis au BRGM avec une clause de confidentialité de 10 ans avant mise à disposition gratuite des données via l'un des sites du BRGM, ce délai pouvant être raccourci sur demande de Variscan Mines (Annexe 6). Ceux-ci se présentent sous la forme de :

- Fichiers de grille au format .GRD, affichables dans le logiciel Oasis Montaj de Geosoft dont un visualisateur gratuit est téléchargeable sur le site de l'éditeur
- 15 fichiers image géoréférencés (GEOTIFF) comportant notamment la constante de temps τ, le modèle numérique d'élévation, la dérivée verticale calculée, la composante z du champ B ou de dB/dt à différents canaux, le moniteur de lignes électriques, l'intensité magnétique totale et le gradient horizontal du champ magnétique total

- 8 cartes aux formats PDF à l'échelle 1/20 000
- Les profils de résistivité en profondeur (RDI pour Resistivity Depth Image) le long des lignes de vol au format Geosoft Oasis Montaj (.GDB) et .pdf ainsi que des tranches de résistivité tous les 25 m de profondeur (de 25 à 700 m de profondeur)
- Rapport (en anglais) de la compagnie Geotech Airborne en charge de l'acquisition des données synthétisant le déroulement de la campagne ainsi que ses premiers résultats.

Les géophysiciens soulignent le nombre important d'anomalies conductrices mises en évidence notamment grâce à la constante de temps τ (Geotech Airborne, 2015). Celle-ci dépend uniquement de la conductance, c'est-à-dire du produit de la conductivité par l'épaisseur de la couche et ce, indépendamment de la profondeur de celle-ci (Figure 41). Ces cibles seraient peu à moyennement conductrices, ce qui est cohérent avec la forte proportion de sphalérite caractéristique de Porte-aux-Moines (Dentith et Mudge, 2014).

Le profil de résistivité réalisé le long de la ligne de vol 1740 survolant PAM présente la faible intensité de l'anomalie qui caractérise ce gisement (Figure 40).

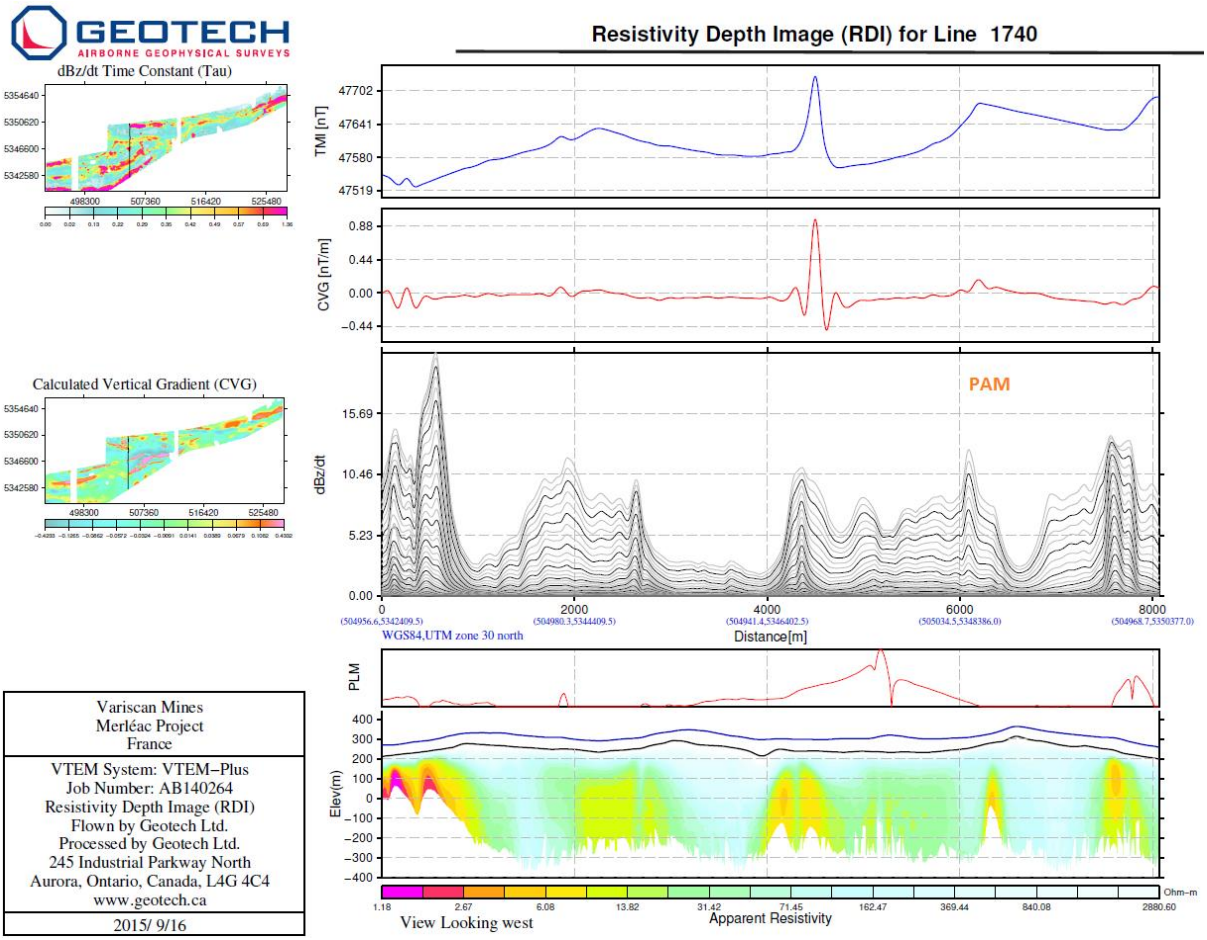


Figure 40 : Profil de résistivité S-N le long de la ligne de vol de Porte-aux-Moines (Geotech, 2015). TMI : Total Magnetic Intensity (nT) ; CVG : Calculated Vertical Derivative (nT/m) ; PLM : Power Line Monitor.

Des interprétations complémentaires sont recommandées comme des inversions magnétiques 3D afin de préciser ces anomalies en filtrant toute perturbation anthropique due aux lignes électriques ou aux hameaux par exemple.

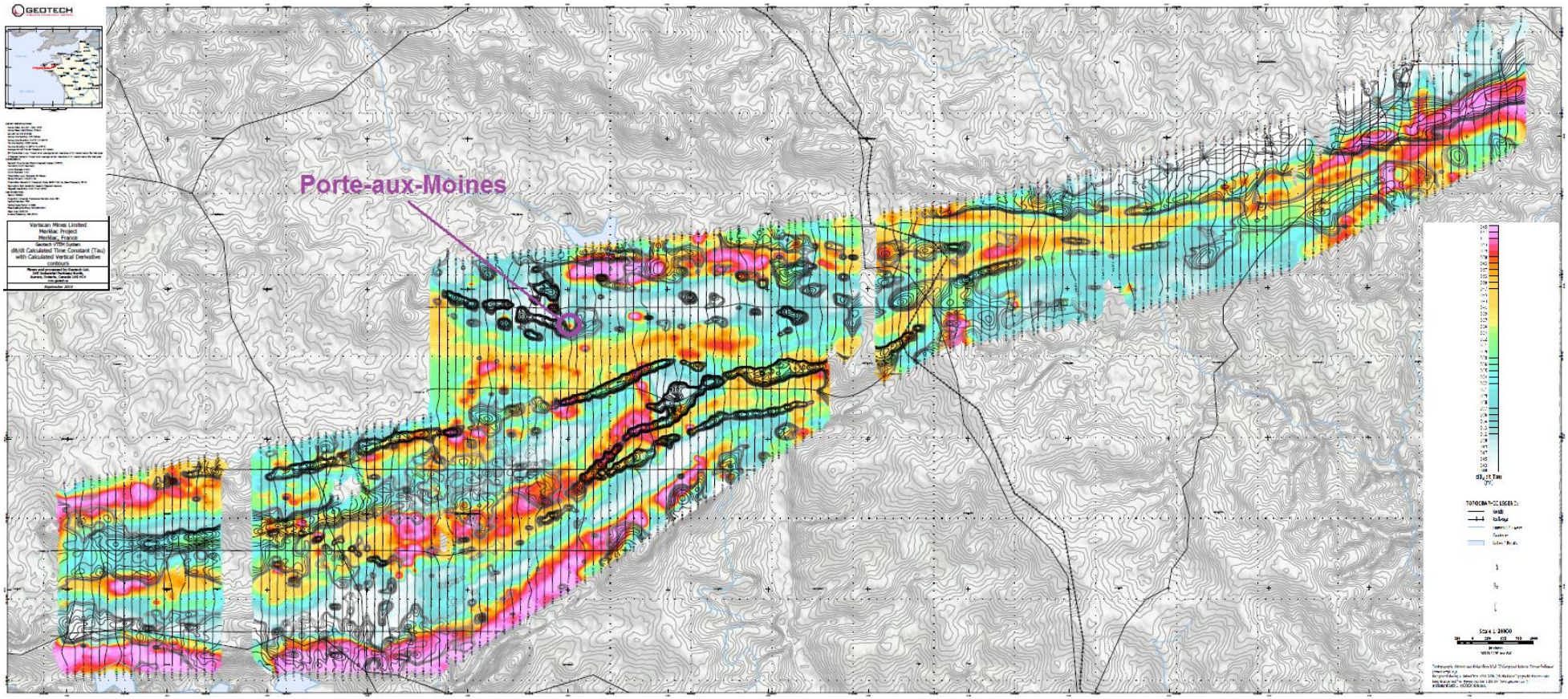


Figure 41 : Constante de temps τ de dB/dt et contours de la dérivée verticale (Geotech, 2015).

Les zones aux couleurs chaudes sont marquées par une forte conductance, contrairement aux zones aux couleurs froides. Noter les larges bandes interprétées comme des anomalies formationnelles. La bande de schistes graphiteux du Silurien en bordure SO de la zone survolée apparait ainsi clairement

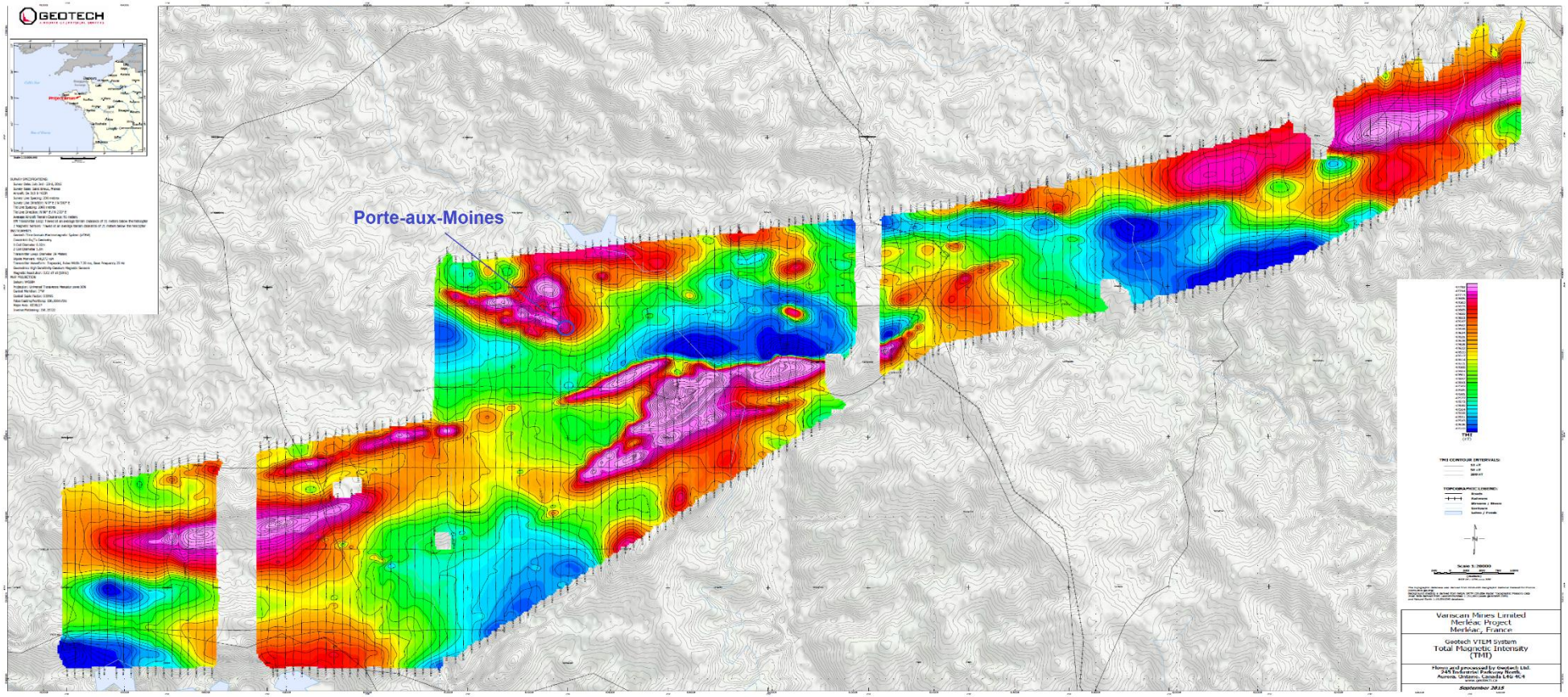


Figure 42 : Représentation de l'intensité du champ magnétique total (nT) (Geotech, 2015).

Les zones aux couleurs chaudes sont marquées par une forte intensité magnétique, contrairement aux zones aux couleurs froides.

Le travail complémentaire a été réalisé par un bureau d'étude indépendant spécialisé en géophysique, Resource Potentials (Australie). Trois mois et demi de traitement des données ont été nécessaires, l'interprétation finale des résultats n'ayant été finalisée qu'en novembre 2015.

Une modélisation des conducteurs associés au signal de Porte-aux-Moines a été réalisée. Une valeur de conductivité est alors attribuée à des plaques de profondeur et orientation connue et qui permettent de reproduire un signal comparable à celui effectivement mesuré à l'aplomb du gisement. L'une des solutions mathématiques à ces calculs complexes est un ensemble de 4 conducteurs tels que présentés en Figure 43 (Sinnott, 2015).

Les deux plus grands conducteurs, l'un peu profond orienté N115, 54°SO et l'autre plus profond orienté N267, 47° NNE sont cohérents avec les recoupes minéralisées des sondages du BRGM. Aucune information de sondage ne permet actuellement de donner du sens aux deux petits conducteurs plus à l'ouest. Ils sont néanmoins de pendage inverse (N121, 62°SO pour le plus occidental et N211, 86° NE pour le second) et pourraient ainsi exprimer une structure synforme ou au moins un redressement de la série. Une extension possible de la minéralisation vers le nord-ouest pourrait donc être suggérée.

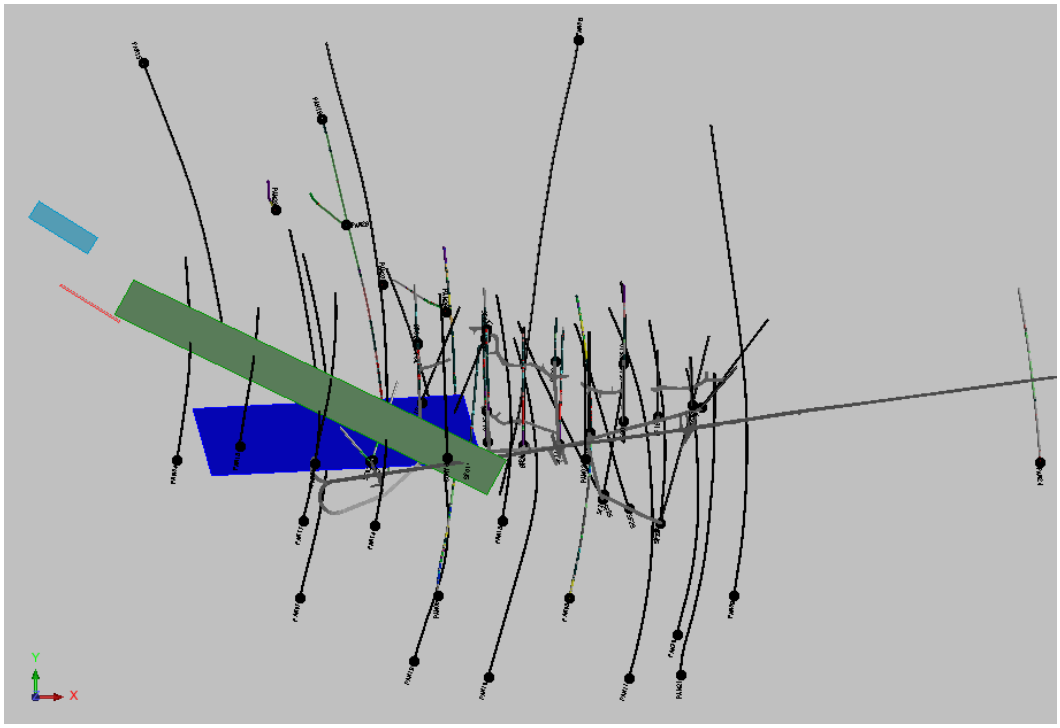


Figure 43 : Localisation des 4 plaques conductrices modélisées sur PAM, vue en plan.

Les plaques conductrices modélisées pour représenter le gisement de Porte-aux-Moines sont à la terminaison SE d'un couloir fortement magnétique (Figure 44). Cela pourrait souligner un contact géologique entre une unité volcanique mafique au NO et une unité non-magnétique au SE, ou bien encore une complication structurale tel qu'un pli ou une faille (Sinnott, 2015).

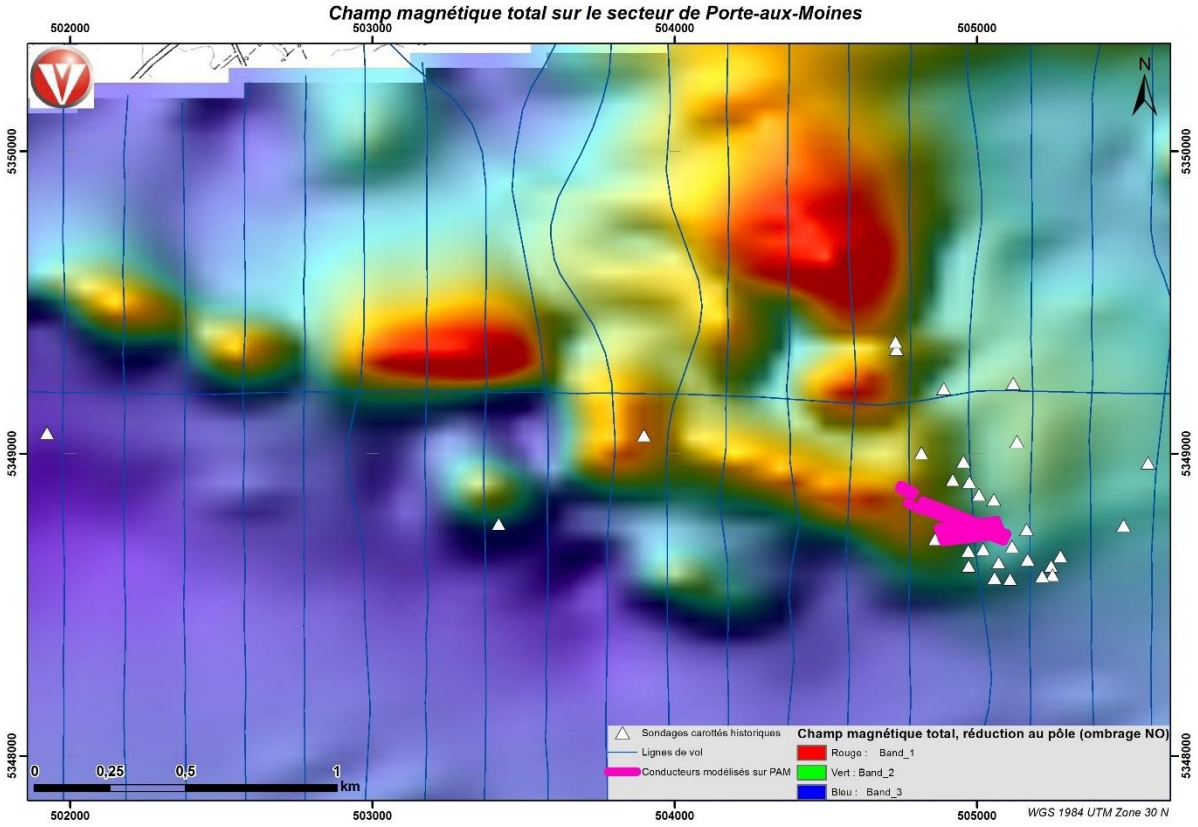


Figure 44 : Données magnétiques dans le secteur de Porte-aux-Moines (d'après Sinnott, 2015).

Le second travail d'intérêt majeur de Resource Potentials a été de sélectionner les secteurs présentant une signature géophysique similaire à celle d'un amas sulfuré. Cependant, toutes les minéralisations associées à des VMS ne sont pas électriquement conductrices. Si les minéralisations à pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite et galène se comportent comme un conducteur puissant, la sphalérite l'est beaucoup moins. C'est la raison pour laquelle toutes les anomalies ont été étudiées, qu'elles répondent dans les premiers canaux de temps (indiquant généralement des conducteurs de faible intensité ou superficiels) ou dans les canaux de temps long (caractéristiques de conducteurs de forte intensité ou profonds), (Sinnott, 2015).

104 cibles présentant un signal assimilable à celui d'un VMS ont ainsi été identifiées dont 21 cibles classées en priorité 1 (comprenant Porte-aux-Moines), 42 cibles de priorité 2 et 41 cibles de priorité 3. Cette classification a été réalisée en croisant les données de l'EM et du magnétisme, les profils de résistivité ainsi qu'un contrôle sur Google Earth™ afin de retirer les anomalies pour lesquelles une contribution anthropique est évidente (lignes électriques, bâtiments agricoles, …). Ces résultats n'ayant pas fait l'objet d'une annonce officielle à la bourse de Sydney (ASX), ils ne peuvent pas être rendus publics pour le moment.

Étant donnée la sensibilité du dispositif, il est primordial dans un premier temps de s'affranchir de toute contribution anthropique aux cibles définies qui ne serait pas visible directement sur Google Earth™. Un retour sur le terrain est donc indispensable afin d'observer d'éventuelles sources de perturbation du signal (clôture, hangar, bâtiment agricole, décharge, …) et d'observer et échantillonner si possible les faciès qui pourraient expliquer l'anomalie géophysique observée (schistes graphiteux, schistes noirs à pyrite, gossan…). Ce travail, initié fin 2015 et à poursuivre en 2016, sera présenté dans la section suivante.

2.2.6. Cartographie et échantillonnage des principaux prospects

- **Cartographie des gossans et anciennes ferrières**

L'identification et la caractérisation des formations ferrugineuses présentes sur le permis constituent un point fondamental des travaux d'exploration à mener sur le terrain. Il est notamment primordial de distinguer les gossans ou chapeaux de fer au sens strict, surmontant des amas sulfurés cachés, d'autres encroûtements ferrugineux de surface.

Ce travail a été initié en 2014 (2.1.3), notamment à travers les stages universitaires de S. Zegaoui et C. Pareux. En 2015, ce travail s'est poursuivi. Il a impliqué C. Richard, stagiaire en Master 2 de l'université d'Orléans, ainsi que les géologues de Variscan Mines.

- *Choix des zones d'étude*

Le ciblage des lieux à prospecter pour l'échantillonnage et la cartographie a été réalisé grâce aux observations géologiques des premières missions de 2014 et à l'aide de plusieurs documents :

- les cartes géologiques à 1/50 000 de Quintin (Sagon, 1976), Moncontour (Chantraine *et al.*, 1979) et Pontivy (Dadet *et al.*, 1986) ;
- les cartes géologiques à 1/80 000 de Pontivy (Pruvost *et al.*, 1959) et Saint-Brieuc (Cogné et Sagon, 1976) ;
- les archives de la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya (Campi, 1983) ;
- la synthèse du bassin de Châteaulin (Guillou, 1990).

L'ensemble des anciennes ferrières ou minéralisations ferrifères sur l'emprise du PERM se trouve dans des formations dévoniennes ou briovériennes. Dans le cadre de la recherche d'amas caché par Variscan Mines, les formations dévoniennes font figures de cibles prioritaires car elles correspondent à l'âge supposé de l'amas sulfuré de la Porte-aux-Moines, néanmoins, il est également possible de trouver ces gisements dans les formations briovériennes.

Outre les ferrières, les lieux présentant des minéralisations ferrifères, des affleurements ainsi que d'anciennes exploitations de nature indéterminée ont été visités afin de décrire les roches à l'affleurement (Figure 45). Ces différentes informations ont été tirées des cartes géologiques. Les sites ayant fait l'objet d'anciens travaux d'exploration (géochimie sol, wagon drill, géophysique au sol, sondages carottés…) ont également été ciblés, comme à Kerfros (commune du Bodéo), aux Essarts ou à la Prise Malard (commune d'Allineuc). La prospection s'est poursuivie dans la forêt de Lorge. Elle couvre une importante surface du PERM et contient de nombreuses traces d'anciennes exploitations de fer ou de granulats.

L'échantillonnage s'est donc principalement porté sur les formations dévoniennes. Les seuls échantillons n'appartenant pas au Dévonien ont été prélevés dans la partie nord du permis, dans des formations briovériennes. Il s'agit des sites de la Belle Etoile et de la Taille des Lineries.

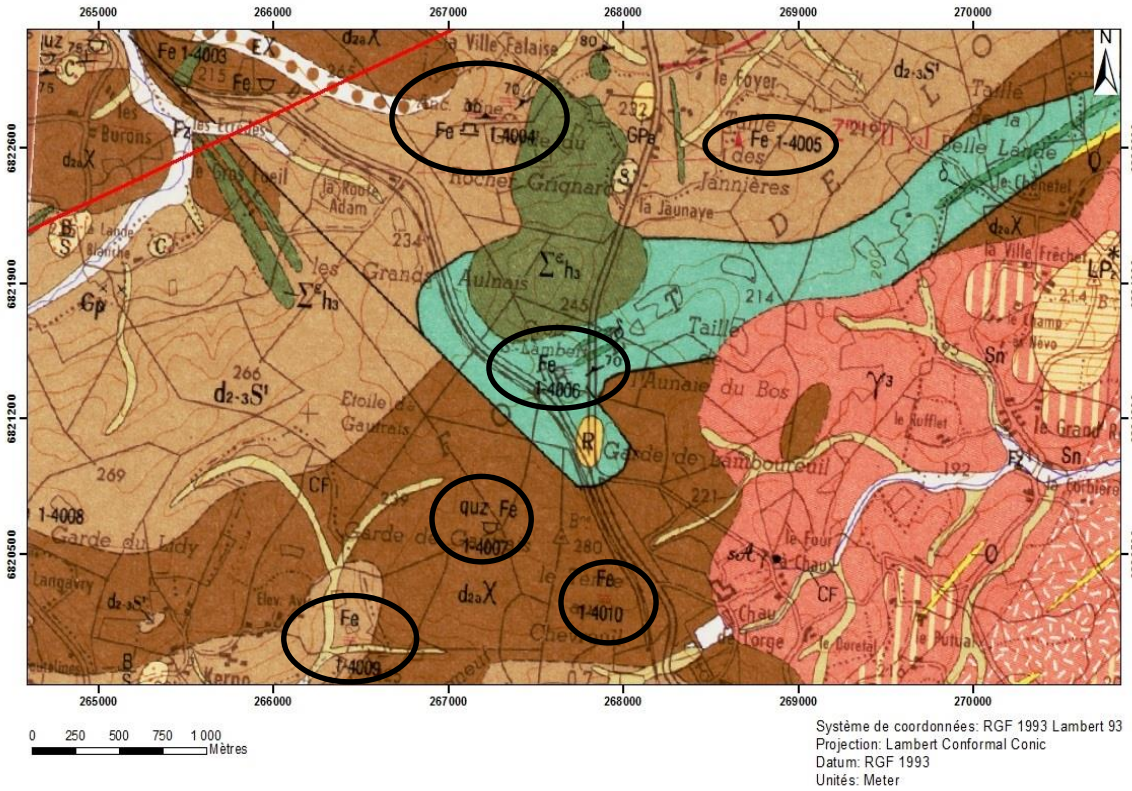


Figure 45 : Eléments cartographiques guidant la recherche de gossans dans la forêt de Lorge Nord de la commune de L'Hermitage-Lorge,d'après Chantraine et al., 1979.

Un certain nombre de sites d'intérêt référencés dans la littérature n'ont pas pu être retrouvés. Les zones de Kergrenel, Goacho, Bodenhours, Le Drény, Launay Costio, Carfort (Chantraine *et al.*, 1979) ont été visitées car des sondages présentaient des anomalies en Pb, Zn et/ou Cu, mais rien n'a été retrouvé en surface. Sur les sites de Kerfros, Kermapihan et Kermoël les ferrières indiquées dans les archives de la S.M.M. Peñarroya ne sont plus visibles aujourd'hui (Campi, 1983). Quant aux sites de Kermorin, Poulfaut et Lemoire, des indices de fer localisés sur les cartes géologiques de Quintin et Moncontour n'ont pas été retrouvés.

- *Procédure d'échantillonnage et classification des chapeaux de fer*

L'un des principaux objectifs des missions de terrain consistait en l'échantillonnage de roches sur l'ensemble du PERM de Merléac. Les échantillons prélevés sont pour la grande majorité des roches présentant des minéralisations ferrugineuses (oxydes et/ou sulfures) ou bien des roches présentes au fond des ferrières. L'échantillonnage a également porté sur des sols présentant un profil ferrugineux.

Chaque échantillon est décrit par un identifiant unique (XX MLC 001 où XX sont les initiales du géologue), une coordonnée GPS, sa nature (roche s'il s'agit d'un échantillon prélevé en place, à l'affleurement, ou volante s'il s'agit d'un bloc non en place, ou sol), le nom du site ou prospect du prélèvement ainsi qu'une description macroscopique (texture, minéraux caractéristiques, densité, magnétique ou non, couleur, …).

Chaque prélèvement est constitué d'un échantillon témoin suffisamment gros pour être scié et produire une tranche représentative de deux centimètres d'épaisseur. Une moitié sera utilisée pour faire des lames polies et la tranche permettra, si besoin, de faire des analyses ponctuelles au NITON™. L'ensemble (tranche + talon) est conservé dans une boîte identifiée au nom de l'échantillon. Un second échantillon de 500 g minimum de roche du même faciès est prélevé. Il

sera envoyé au laboratoire e-Mines à Dun (09) pour être broyé puis analysé au NITON™. Lors du prélèvement, le but est d'obtenir un échantillon respectant une homogénéité de constitution, cela signifie que les fragments prélevés doivent présenter le même faciès (texture, minéralogie, proportion minéralogique).

Les affleurements sont extrêmement rares sur les sites prospectés. L'échantillonnage a ainsi consisté pour l'essentiel en des volantes prélevées dans les prairies ou parcelles cultivées. Une exception notable réside dans une fosse assimilée à une ancienne ferrière à proximité de Helnault sur la commune de Gausson. Il permet d'observer en place une roche totalement ferruginisée à limonite et hématite recoupée d'un important réseau anarchique de filonnets de goethite correspondant vraisemblablement au minerai anciennement exploité.

Haut : Affleurement AA Aff 029/CR Aff 051 dans une fosse à Helnault (Gausson) et en bas: l'un des échantillons prélevés sur ce site (AA MLC 013).

Figure 46 : Vue de rares affleurements dans des anciennes ferrières.

Le but de l'échantillonnage est, après analyse, de connaitre les concentrations en métaux et autres éléments discrimants pour à terme, différencier les bons, les mauvais et les faux chapeaux de fer (Wilhelm et Kosakevitch, 1979). Les **bons chapeaux de fer** correspondent à ceux formés sur des amas sulfurés polymétalliques, les **mauvais chapeaux de fer** se sont développés sur des formations riches en fer (dolérites, oolithes ferrugineuses) ou sur des minéralisations polymétalliques à faibles teneurs. Enfin, les **faux chapeaux de fer** sont des concentrations de fer du type latéritique.

- *Cartographie des ferrières*

La cartographie des ferrières permet de répertorier les anciennes exploitations de fer localisées sur le PERM et permet également de connaitre leur morphologie (direction des fosses, profondeur, taille…). Du fait du manque d'affleurement dans l'emprise du permis, l'étude des ferrières permet de renseigner sur l'orientation des structures exploitées et également de mettre à jour des affleurements. À cela s'ajoute l'échantillonnage et la description des formations porteuses de la minéralisation afin de différencier gossan, grès ferrugineux et fer oolithique.

Les ferrières visibles se situent principalement dans des bois tandis que certaines ont été remblayées pour les activités agricoles et ne sont plus accessibles. Cependant, les ferrières sont fréquemment comblées par l'humus et la végétation locale. Les affleurements y sont assez rares, la majorité des observations des roches sont donc réalisées sur des volantes à même le site. De manière générale, de nombreuses traces d'exploitations ont été effacées par l'exploitation forestière, par l'invasion de la végétation ou par des terrassements.

Figure 47 : Deux ferrières sur le prospect des Martyrs (commune de L'Hermitage-Lorge).

La cartographie est réalisée sur des cartes IGN à 1/2 000. Cette échelle est un bon compromis entre la localisation des ferrières, qui n'est pas connue avec précision, et leurs dimensions. Leur emplacement est enregistré par marquage GPS afin de situer et de délimiter l'extension des fosses. Les coordonnées GPS sont très utiles pour l'importation des données sous SIG mais génèrent des erreurs de l'ordre du mètre à la dizaine de mètre suivant la réception satellitaire due au couvert végétal. C'est pourquoi, il est important de cartographier les ferrières sur un fond IGN. Les cartes sont ensuite numérisées, géoréférencées, puis les ferrières sont vectorisées dans le SIG.

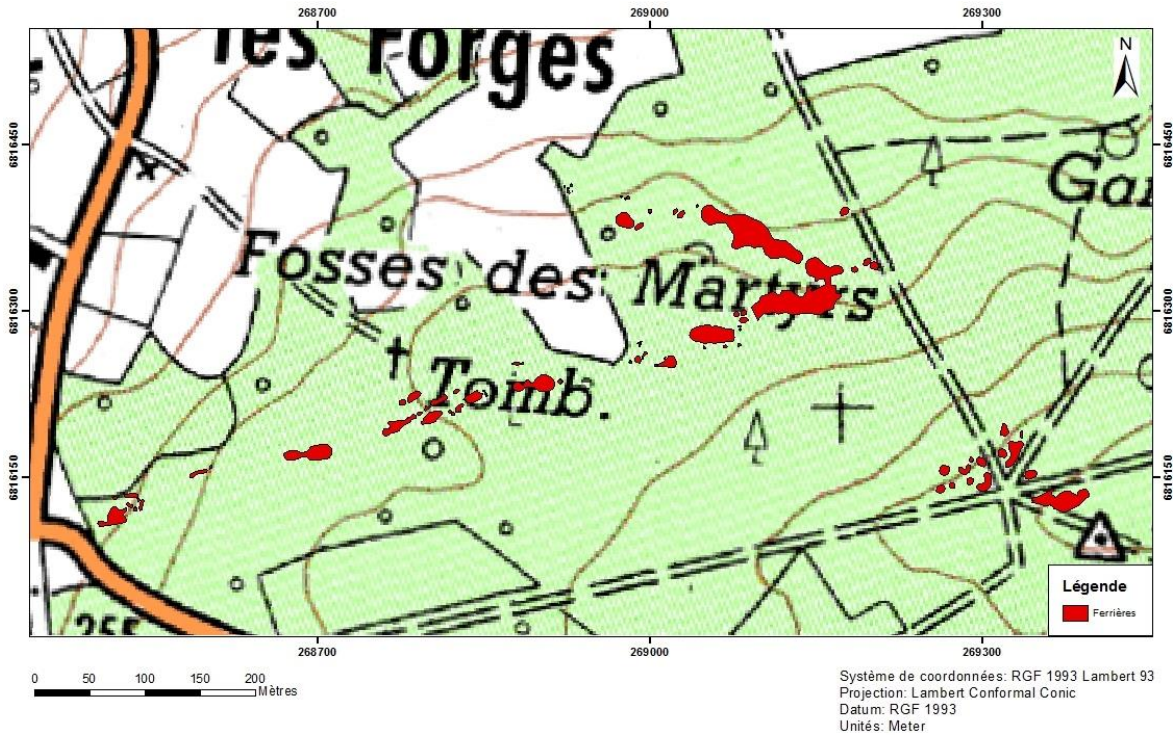


Figure 48 : Cartographie des ferrières sur le prospect des Martyrs (Richard, 2015).

Le prospect des Martyrs se situe dans la prolongation est de la formation volcano-sédimentaire (d_1S^1) abritant le gîte de la Porte-aux-Moines. Le prospect se localise au sud-est du hameau Les Forges et appartient à la forêt de la Perche. De nombreuses ferrières existent dans cette partie du bois (Figure 48). Certaines d'entre elles sont protégées car elles appartiennent au mémorial dit « Les fosses des Martyrs ». Les ferrières sont de toutes tailles mais leur dimension croit vers l'est. Elles mesurent de 1 à 5 m à l'ouest et atteignent 70 m de long vers l'est, leur profondeur varie de 1 à 10 m. Toutes ces ferrières sont alignées selon un axe N075° qui s'étend sur 700 m de long et environ 70 m de large. Il est probable que ce couloir se poursuive vers l'est mais cette partie de la forêt a été reboisée et par conséquent, remblayée et nivelée. L'orientation des ferrières correspond à celle de la formation dévonienne porteuse. À l'extrémité est du prospect, le couloir principal de ferrières est recoupé par une seconde bande de direction N120°, s'étendant sur 120 m de long, large de 20 m au maximum et atteignant une profondeur de 10 m. Aucun trait structural n'a été observé pour expliquer l'orientation de cette bande de ferrières.

La lithologie change localement, il existe une alternance entre des grès ferrugineux microgrenus et des tufs ferrugineux acides ou basiques. Les grès et les tufs prélevés sont affectés par différents degré de ferruginisation mais la plupart ont subi une forte altération qui se traduit par des teintes de couleurs variant du rouge vif (hématite) au jaune (limonite). La lamination est localement préservée dans les grès. De la goethite massive, potentiellement le minerai exploité par le passé, et des brèches de quartz et goethite ont été observés.

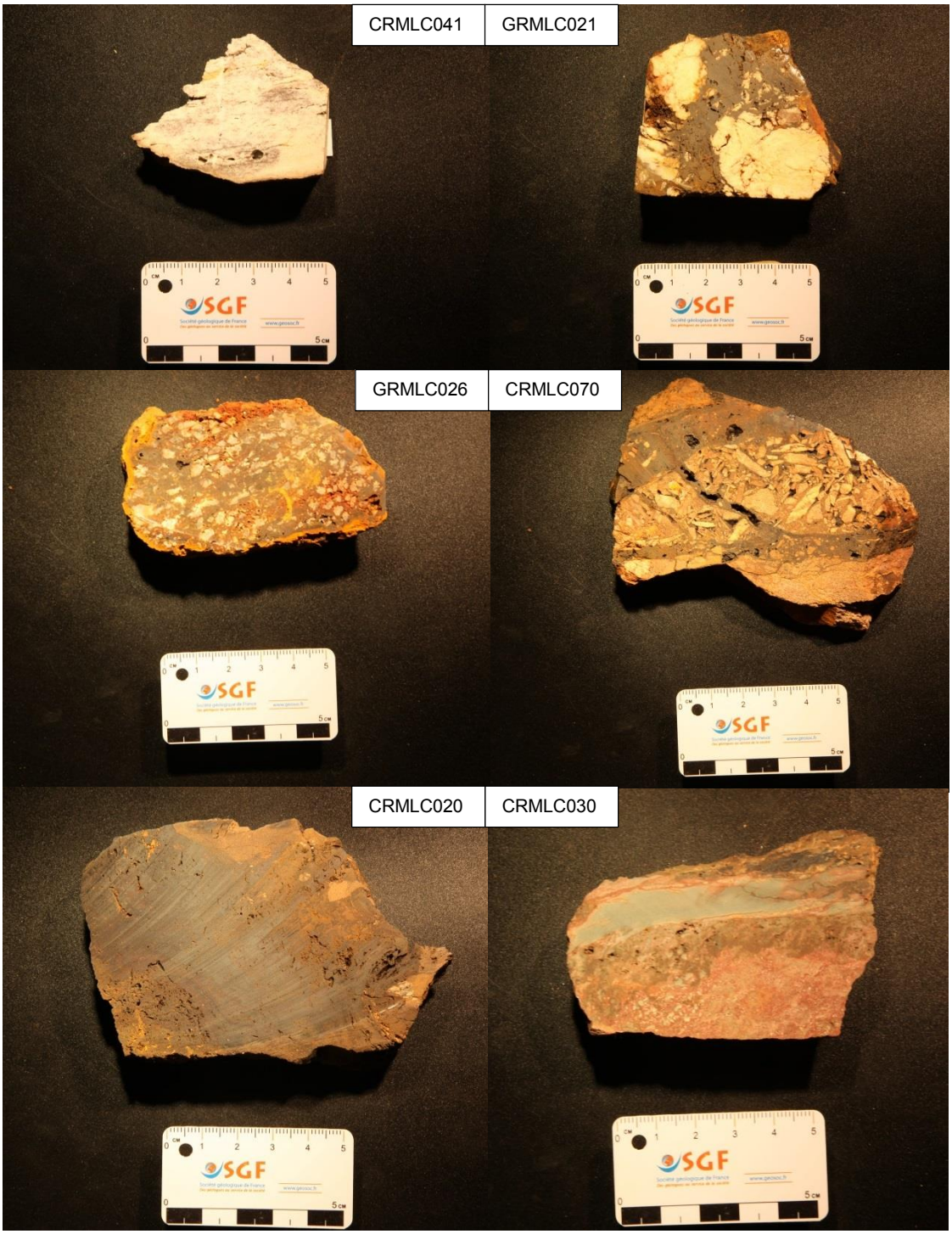
Vers le sud-Est du couloir principal, au niveau du croisement entre plusieurs chemins, il existe des petites ferrières arrondies mesurant 3 à 5 m de diamètre pour 1,5 m de profondeur. Seul du chert a été décrit dans ces ferrières. Quatorze échantillons y ont été prélevés. Du fait des faciès décrits et de son extension, une démarche d'échantillonnage systématique a été entreprise sur ce prospect car il semble important. La zone peut être élargie jusqu'au prospect de la Ferrière où il existe une bande de 50 m de large, orientée N80°, riche en oxydes de fer et présentant les mêmes faciès que sur le prospect des Martyrs (Richard, 2015).

- *Description des faciès ferrugineux*

Le lithofaciès est un critère important dans la recherche de gossans. Les principaux faciès rencontrés sur le terrain sont présentés sur les planches photographiques des figures Figure 49Figure 50. Les roches ferrugineuses associent fréquemment de la goethite comme constituant principal, de l'hématite et de la limonite en imprégnation dans la roche primaire, et du quartz. Différentes textures ont été décrites :

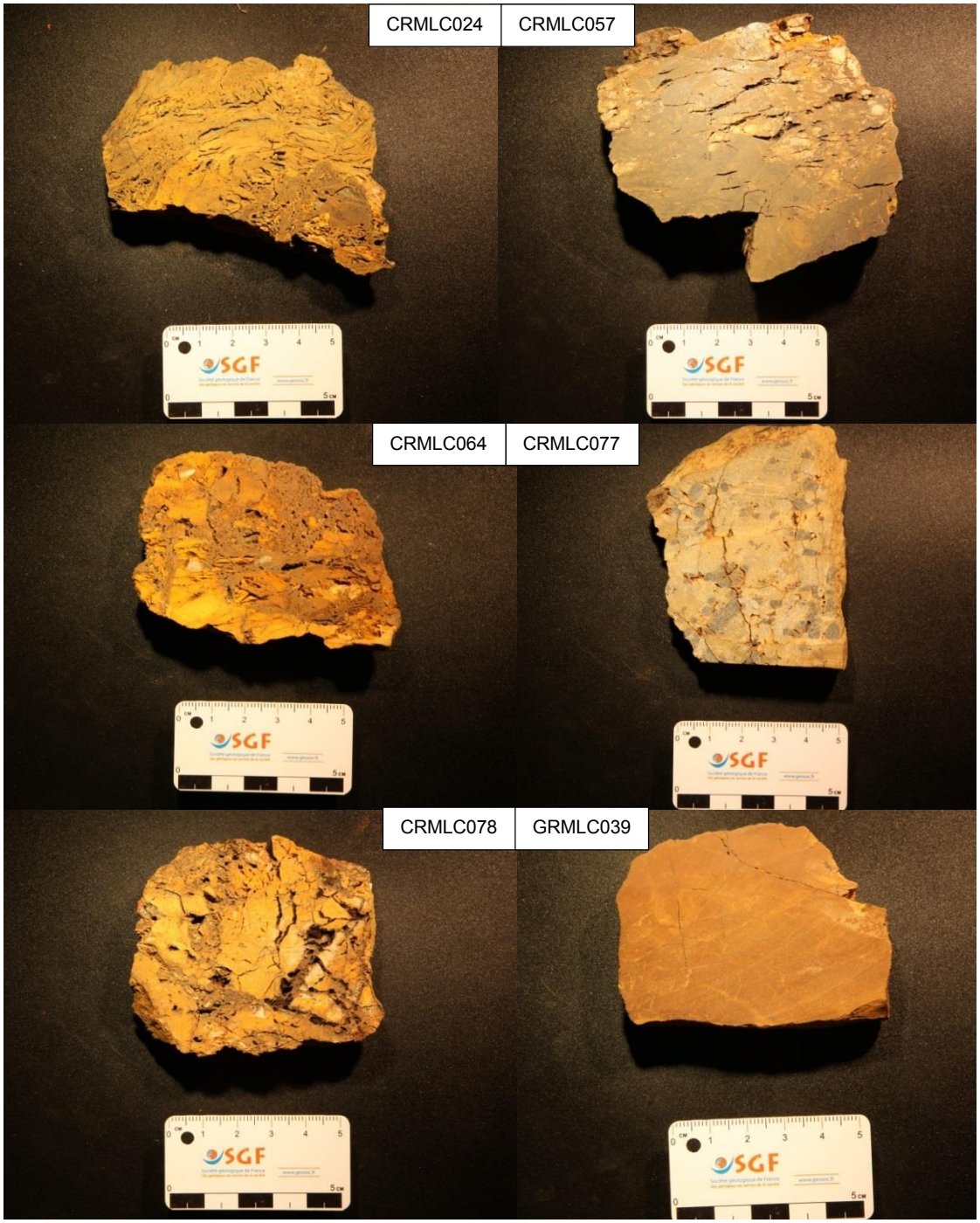
- les roches bréchiques à éléments de quartz anguleux de différentes tailles (millimétriques à centimétriques) cimenté par de la goethite parfois à texture botryoïdale (GRMLC026) ;
- la goethite massive pure ou en remplacement de la roche primaire (parfois ancienne brèche reprise par la goethite), présentant un aspect vacuolaire et incorporant de rares petits fragments de quartz (millimétriques). La goethite massive présente souvent des fentes de dessiccation à l'intérieur desquelles des stalactiques millimétriques se sont formées (CRMLC024). Selon Velasco *et al.*, 2013, ce faciès se serait formé dans un environnement relativement profond, subissant plusieurs étapes de dissolution de minéraux et de compactage de la roche ;
- les roches à texture poreuse pour lesquelles il est très difficile d'identifier la roche primaire. Ces roches sont très légères, contiennent de nombreux boxworks et présentent un assemblage minéralogique à hématite, limonite et goethite ;
- des grès et tufs ayant conservés leurs laminations, à l'intérieur desquelles ont été préservés des boxworks des sulfures d'origine remplacés lors des processus d'altérations. Ces boxworks ont souvent été identifiés comme des fantômes de pyrite cubique.

Chaque échantillon prélevé est ainsi décrit. En fonction des différentes textures observées ainsi que des résultats des analyses géochimiques, des sections polies et des lames minces polies seront réalisées. Elles permettront de décrire à l'échelle microscopique les textures observées ainsi que les paragenèses (2.2.7).



- CRMLC041 : Tuf acide silicifié, recoupé par des veinules de goethite (puissance inférieure au millimètre) ; Les Martyrs.
- GRMLC021 : Brèche à éléments de quartz et ciment de goethite ; Les Martyrs.
- GRMLC026 : Microbrèche de quartz dans de la goethite massive, auréole de limonite (jaune) en surface ; Les Martyrs.
- CRMLC070 : Brèche à éléments de quartz et matrice gréseuse, recoupée par des veines de goethite ; La Ferrière.
- CRMLC020 : Goethite massive ; Le Boterff.
- CRMLC030 : Tuf ferrugineux et chloritisé à hématite (rouge) et clastes de quartz de taille millimétrique ; Le Boscol.

Figure 49 : Exemples de faciès ferrugineux (1/2) (Richard, 2015).



- CRMLC024 : Schiste très altéré (forte ferruginisation), imprégné d'oxydes de fer (teinte orange/brune) ; La Vidance.
- CRMLC057 : Goethite massive incorporant des fragments de quartz (mm à cm) ; Le Foyer.
- CRMLC064 : Tuf ferrugineux, riche en limonite et hématite, incorporant des fragments de quartz et recoupé par des veinules de goethite (mm) ; Helnault/Gausson.
- CRMLC077 : Tuf acide présentant plusieurs degrés de ferruginisation, fines veinules de goethite, portions à hématite et limonite pervasive ; Le Petit Clos.
- CRMLC078 : Tuf ferrugineux à limonite et hématite pervasive, recoupé par des veinules de goethite (mm), incorporant quelques fragments de quartz (de l'ordre du mm), présentant une texture vacuolaire ; Le Petit Clos.
- GRMLC039 : Roche totalement ferruginisée (possible siltite), imprégnée de goethite, rares filonnets de goethite et hématite ; La Belle Etoile.

Figure 50 : Exemples de faciès ferrugineux (2/2) (Richard, 2015).

- *Identification des prospects*

42 sites classés comme prospects ou indices ont ainsi été visités dans le cadre du stage universitaire. Un **prospect** a été défini comme une zone où plusieurs objets intéressants ont été observés dans le cadre de la mission. Ces objets peuvent être une ferrière ou un fragment de gossan. Un prospect est composé de plusieurs indices. Un site est classé comme **indice** si une minéralisation a été observée mais que celle-ci présente un faible intérêt dans la recherche de gossan. Spatialement, le prospect peut s'étendre sur plusieurs centaines de mètres tandis que le site se limite à quelques dizaines de mètres d'extension.

Sur les 42 sites répertoriés, 25 sont classés comme prospects et 17 comme indices. Chaque site a fait l'objet d'une description minutieuse. Les 25 prospects identifiés sont (Figure 51) :

1- La Prise-Malard
2- Gausson/Helnault
3- Pellan
4- Gargalideuc
5- Kerfros
6- Bas-Vallon
7- Belle Etoile
8- Bouillon Rouge
9- Garde de Gautrais
10- La Ferrière
11- Langavry
12- Le Gravelet
13- Petit Clos
14- Les Martyrs
15- Tertre au Chevreuil
16- Le Breuil
17- Bara
18- Le Lavoir
19- Le Longeau
20- ND des Champs
21- Kerineuff
22- La Vidance
23- Porte-aux-Moines
24- Le Boscol
25- Le Boterff

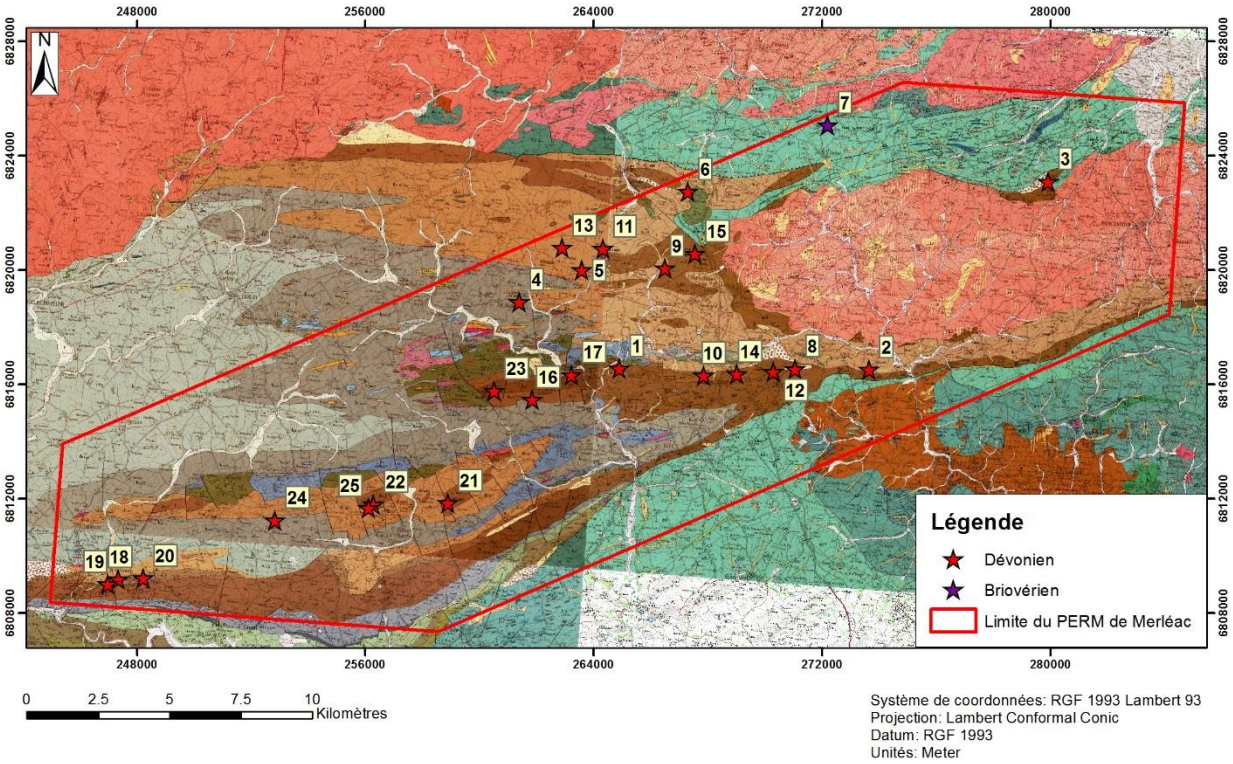


Figure 51 : Localisation des 25 prospects identifiés (Richard, 2015).

Les résultats des analyses géochimiques sur les échantillons prélevés sur chaque site permettront d'apporter des informations complémentaires pour discriminer les bons gossans, présentant un intérêt immédiat pour l'exploration car susceptibles de recouvrir un amas sulfuré non-affleurant, des autres formations ferrugineuses.

- *Résultats des analyses géochimiques et interprétations*

Les échantillons de sol et de roche sont expédiés, préparés, analysés, puis stockés au laboratoire e-Mines à Dun (09) suivant les mêmes procédures qu'en 2014. Les valeurs données par le

Niton™ ne sont, cependant, que semi-quantitatives. Une étude comparative réalisée sur un lot de 97 roches prélevées en 2014 et analysées chez ALS par ICP-AES (métaux de base) et pyroanalyse (Au) et met en évidence des coefficient de corrélation bons à très bons entre les teneurs ICP et les teneurs XRF pour Cu, Pb, Zn, As et Fe tandis que les teneurs en Au et Ag données par XRF ne sont absolument pas fiables.

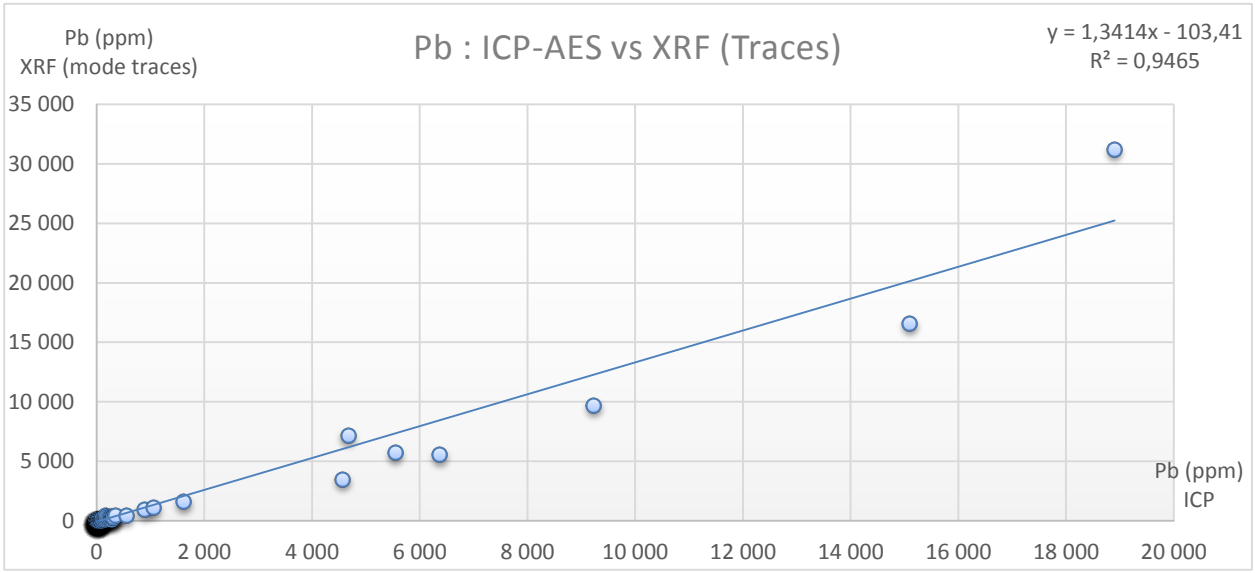


Figure 52 : Corrélation entre les analyses Pb par XRF et ICP-AES sur 98 échantillons.

L'étude du fer, du zinc, du plomb, du cuivre et de l'arsenic est importante car ce sont les éléments discriminants permettant de repérer les chapeaux de fer (Velasco, 2013). De plus, les teneurs en métaux des gossans peuvent être représentatives et indiquer, très approximativement, celles du minerai en profondeur. Comme vu précédemment, les analyses XRF permettent de doser les métaux de base à un niveau acceptable, ainsi une première approche géochimique est applicable.

Les teneurs en fer dépendent de la nature de la roche ou de leur degré de ferruginisation, les résultats géochimiques montrent que les échantillons présentant les teneurs les plus élevées en métaux sont ceux titrant à 15 % Fe minimum. D'un point de vue général, les teneurs en plomb sont faibles. Le plomb, comme l'arsenic, sont des éléments peu mobiles et sont donc peu affectés par les processus d'altération. Dans le cas de la ceinture pyriteuse sud-ibérique, la teneur moyenne en plomb du minerai est de 1,5 %, et la teneur moyenne des gossans est de 0,3 % (Velasco, 2013). Les teneurs en zinc sont, quant-à-elles, plus élevées et dépassent très fréquemment les 200 ppm.

Divers traitements statistiques ont été réalisés sur les résultats d'analyse géochimique. Afin de discriminer les formations essentiellement ferrugineuses, soit les « faux » chapeaux de fer, des formations portant des métaux de base et susceptibles d'être de « vrais » chapeaux de fer sur amas caché, des diagrammes binaires Zn + Cu + Pb (exprimés en ppm) en fonction de Si + Al + Fe + Mn (en %) sont utilisés. La silice, le fer, l'aluminium et le manganèse sont les principaux constituants des latérites. Lorsqu'elle est enrichie en Al, elle est par exemple appelée bauxite. Les latérites peuvent également être caractérisées par un enrichissement en Cr, V, P, Ti et Mn (Wilhelm et Kosakevitch, 1979), mais ces éléments sont très mal dosés par XRF. La somme des teneurs en métaux de base donnera des indications sur la nature de la formation originelle avant oxydation, c'est-à-dire s'il s'agit d'un amas sulfuré.

Le test a par exemple été réalisé en comparant le prospect de Notre-Dame-des-Champs (Saint-Gelven, 10 échantillons ferrugineux en 2015) et des Martyrs (14 échantillons ferrugineux en 2015). La somme des teneurs en métaux de base à Saint-Gelven est très faible, l'ensemble

étant inférieur à 60 ppm hormis une exception (170 ppm). En revanche, les roches des Martyrs atteignent une moyenne de 665 ppm. Du fait de ses teneurs élevées en métaux de base, ce prospect possède les caractéristiques géochimiques d'un vrai chapeau de fer contrairement à celui de Notre-Dame-des-Champs qui correspondrait à une cuirasse latéritique.

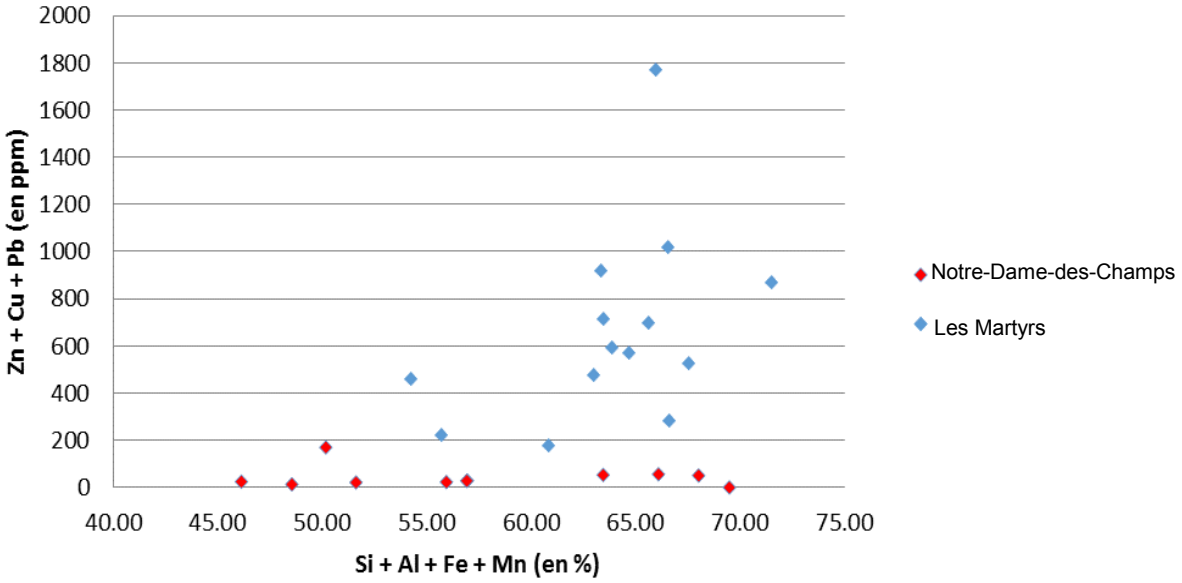


Figure 53 : Teneurs en métaux de base sur ND-des-Champs et les Martyrs (Richard, 2015).

Les analyses permettent ainsi de caractériser géochimiquement les prospects identifiés sur le terrain. Les échantillons de chapeau de fer des Martyrs présentent des teneurs fortement anomales en Fe, Zn, Cu, Pb et As (sur 19 échantillons ferrugineux, Figure 54) :

- Fe : 34,4 % en moyenne (54,5 % maximum, SZ MLC R 057) ;
- Zn : 453 ppm en moyenne (1 393 ppm maximum, GR MLC 026);
- Cu : 276 ppm en moyenne (638 ppm maximum, SZ MLC R 054);
- Pb : 105 ppm en moyenne (273 ppm maximum, SZ MLC R 063);
- As : 297 ppm en moyenne (1 307 ppm maximum, GR MLC 026).

D'autres études statistiques ont été réalisées sur les échantillons ferrugineux afin d'apporter des indices sur la roche originelle. Des dolérites sont, en effet, présentes sur le PERM. Ces formations basiques, qui se retrouvent plus généralement sur l'ensemble du Massif Armoricain sous forme de dykes, sont principalement composées de feldspath plagioclases $NaAlSi_3O_8$ – $CaAl_2Si_2O_8$, de pyroxènes de type augite $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)((Si,Al)_2O_6)$, d'olivine $(Mg, Fe)_2(SiO_4)$ et de magnétite Fe_3O_4. Ainsi les croûtes ferrugineuses ayant une origine doléritique vont présenter des anomalies en Al, Ca, Mg et potentiellement, en Ti. Le prospect de Bas-Vallon présente ainsi une composition géochimique de nature doléritique.

GR MLC 026 : 240 ppm Cu, 140 ppm Pb, 1 393 ppm Zn, 1 306 ppm As ; CR MLC 038 : 277 ppm Cu, < LOD Pb, 643 ppm Zn, 354 ppm As.

Figure 54 : Echantillons de chapeau de fer des Martyrs anomaux en métaux de base.

L'ensemble des observations lithologiques, texturales, géochimiques et microscopiques a permis de regrouper les prospects en trois grandes familles (Wilhelm et Kosakevitch, 1979) :

- Les « bons » chapeaux de fer liés à des minéralisations supposées d'intérêt économique
- Les « mauvais » chapeaux de fer développés sur des gîtes essentiellement ferrifères ou polymétalliques à faibles teneurs
- Les « faux » chapeaux correspondant à des concentrations de fer du type latéritique.

Les résultats de cette classification sont présentés en Tableau 6 (Richard, 2015). 6 prospects semblent ainsi présenter les caractéristiques de « bons » gossans et se présenter comme des cibles immédiates de prospection :

- Les Martyrs
- La Ferrière
- Les Essarts
- Helnault/Gausson
- La Prise-Malard
- Le Petit Clos.

4 autres prospects présentent une signature non claire. Si les textures décrites et la minéralogie semblent caractéristiques, la signature géochimique montre une forte dominance du zinc par rapport au plomb et au cuivre, moins mobiles. Il s'agit de :

- Le Foyer
- Gargalideuc
- La Tantouille
- Belle-Etoile.

Prospects	Lithologie	Texture	Minéralisations	Analyses géochimiques	Interprétation
Les Martyrs	Grès ferrugineux, tufs ferrugineux acides ou basiques, chert	Brèche et goethite massive	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (97 à 1 393 ppm) Cu (101 à 491 ppm) Pb (145 ppm max.) As (26 à 1 307 ppm)	"Bon" chapeau de fer, VMS proximal
La Ferrière	Grès ferrugineux et tuf ferrugineux	Brèche, veinules de goethite et goethite massive	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (770 ppm moy.) Cu (415 ppm moy.) Pb (821 ppm moy.) As (212 ppm moy.)	"Bon" chapeau de fer, VMS proximal
Helnault	Schiste ferrugineux	Stockwerk de goethite, goethite massive parfois botryoïdale et boxworks de pyrite	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (412 ppm moy.) Cu (451 ppm moy.) Pb (0 à 1 991 ppm)	"Bon" chapeau de fer, VMS proximal
La Prise Malard	Schiste ferrugineux et rares cherts	Veinules de goethite, stockwerk de quartz et boxworks de pyrite	Goethite, hématite, limonite et pyrite (+ quartz)	Zn (299 ppm moy.) Cu (27 à 1 684ppm) Pb (24 à 77 517 ppm) As (947 ppm max.)	"Bon" chapeau de fer, VMS proximal
Le Petit Clos	Schiste ferrugineux	Brèche, stockwerk de quartz	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (464 ppm moy.) Pb (0 à 2335 ppm)	"Bon" chapeau de fer, VMS distal
Les Essarts	Schiste	Goethite massive	Hématite, goethite	Zn (264 ppm max.) Cu (294 ppm max.) Pb(236 ppm max.)	"Bon" chapeau de fer, VMS distal (La Ferrière)
Le Foyer	Tuf ferrugineux, dolérite	Goethite massive	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (561 ppm max.) Pb (521 ppm max.) As (255 ppm max.)	"Bon" ou "Mauvais"chapeau de fer, forte teneur mais extension limitée, VMS à grande profondeur?
Gargalideuc	Schiste ferrugineux et tuf ferrugineux	Concrétions de goethite, goethite massive parfois botryoïdale et boxworks de pyrite	Goethite, hématite, limonite et pyrite	Zn (492 ppm moy.) As (1 162 ppm max.)	"Bon" ou "Mauvais"chapeau de fer, VMS à dominance en Zn
La Tantouille	Schiste	Veinules de goethite	Goethite, hématite et limonite	Zn (610 ppm moy.)	"Bon" ou "Mauvais"chapeau de fer, VMS à dominance en Zn
La Belle Etoile / Taille des Lineries	Siltite (Briovérien)	Brèche	Goethite et hématite (+ quartz)	Zn (258 ppm moy.) Cu (232 ppm max.) Sn (73 ppm moy.) Ba (805 ppm moy.)	"Bon" ou "mauvais" chapeau de fer, VMS Briovérien, proximal ou distal?
Le Gravelet	Tuf ferrugineux	Veinules de goethite, boxworks de pyrite	Goethite, hématite et limonite	Zn (208 ppm max.)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS distal (Les Martyrs)
Bouillon Rouge	Schiste ardoisier, tuf basique, chert	Stockwerk de quartz, boxworks de pyrite	Hématite et pyrite (+ quartz)	Pas d'anomalie en métaux de base	"Mauvais" chapeau de fer, VMS distal (Les Martyrs)
Le Breuil	Schistes noirs, tuf basique et chert	Stockwerk de quartz, boxworks et pyrite disséminée	Pyrite (+ quartz)	Zn (275 ppm max.)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS à faible teneurs ou forte profondeur
Le Boscol	Tufs acides et basiques, schiste et quartzite	Magnétite disséminée ou massive, stockwerk de goethite	Hématite, magnétite, goethite, sulfures (+ quartz)	Zn (154 ppm moy.) Cu (158 ppm max.) Mo (0 à 64 ppm) Hg (14 à 48 ppm)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS à dominance acide à faible teneurs ou forte profondeur
La Vidance/ Le Boterff	Grès ferrugineux et schiste	Veinules de goethite, goethite massive, boxworks de pyrite et veines de quartz	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (44 à 595 ppm) Au (28 ppm; échantillon d'archive Variscan)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS à faible teneurs ou forte profondeur
Kerfros	Schiste ferrugineux	Brèche et stockwerk de goethite	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Zn (20 à 666 ppm) As (254 ppm moy.)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS à faible teneurs ou forte profondeur
Bara	Quartzite, schiste, tuf et chert	Pyrite disséminée	Pyrite, (en microscopie: chalcopyrite en fines inclusions dans pyrite)	Cu (300ppm max.)	"Mauvais" chapeau de fer, soit VMS à faible teneurs soit pyrite d'origine sédimentaire
Bas Vallon	Schiste, tuf, dolérite, oolithes ferrugineuses, pegmatite à muscovite (rare)	Magnétite massive et goethite botryoïdale	Magnétite, hématite et goethite	Zn (376 ppm max.) Al+Ca+Mg+Ti (7 à 24%)	"Mauvais" chapeau de fer, gossan sur dolérites et oolithes ferrugineuses affectées par un métamorphisme de contact
Langavry	Tuf ferrugineux	Goethite massive	Goethite et hématite (+ quartz)	As (312 ppm moy.) Zn (198 ppm max.) Pb (163 ppm max.)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS à faible teneurs ou forte profondeur
Garde de Gautrais	Grès ferrugineux, schiste	Stockwerk de goethite	Goethite et andalousite (+ quartz)	Zn (216 ppm moy.) Sn (84 ppm moy.)	"Mauvais" chapeau de fer, VMS à faible teneurs en Cu et Pb
Taille des Jannières	Tuf, schiste, quartzite	Veines de goethite, pyrite disséminée	Goethite et pyrite (+ quartz)	Zn (131 ppm max.)	"Faux" chapeau de fer
Notre-Dame-des-Champs	Grès ferrugineux	Brèche, stockwerk de goethite, goethite massive et boxworks de pyrite	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Pas d'anomalie en métaux de base	"Faux" chapeau de fer, croûte ferrugineuse sur les grès de Landevennec
Le Lavoir	Grès ferrugineux	Veinules de goethite	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Pas d'anomalie en métaux de base	"Faux" chapeau de fer, croûte ferrugineuse sur les grès de Landevennec
Le Longeau	Grès ferrugineux	Veinules et nodules de goethite	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Pas d'anomalie en métaux de base	"Faux" chapeau de fer, croûte ferrugineuse sur les grès de Landevennec
Pellan	Grès, quartzite, schiste et dolérite	Boxworks et pyrite disséminée, veinules de goethite	Hématite, limonite, goethite et pyrite	Pas d'anomalie en métaux de base	"Faux" chapeau de fer, croûte ferrugineuse sur les grès de Landevennec
Kerineuff	Grès ferrugineux et schiste	Stockwerk de goethite, goethite massive parfois botryoïdale	Goethite, hématite et limonite	Pas d'anomalie en métaux de base	"Faux" chapeau de fer, croûte ferrugineuse sur grès
Tertre au Chevreuil	Grès ferrugineux	Brèche	Goethite, hématite et limonite (+ quartz)	Pas d'anomalie en métaux de base	"Faux" chapeau de fer, croûte ferrugineuse sur grès

Tableau 6 : Classification des prospects en bon, mauvais ou faux gossan (Richard, 2015).

- **Contrôle sur le terrain des zones d'intérêt de la géophysique aéroportée**

Au cours du mois de juillet 2015, une campagne de géophysique héliportée a porté sur 179 km² sur le PERM Merléac. Le dispositif, équipé d'une boucle EM et d'un gradiomètre magnétique, a été mis en œuvre par Geotech Airborne. Après traitement des données, Resource Potentials a mis en évidence 104 cibles présentant un signal assimilable à celui d'un VMS dont 21 cibles classées en priorité 1 (comprenant Porte-aux-Moines), 42 cibles de priorité 2 et 41 cibles de priorité 3 (Sinnott, 2015). Cette classification a été réalisée en croisant les données de l'EM et du magnétisme, les profils de résistivité ainsi qu'un contrôle sur Google Earth afin de retirer les anomalies pour lesquelles une contribution anthropique est évidente (lignes électriques, bâtiments agricoles, …).

Le premier travail a consisté en un retour sur le terrain sur ces sites présentant une signature géophysique encourageante afin d'exclure toute contribution anthropique (bâtiment agricole, clôture, éolienne, stockage de déchets métalliques…). Les 20 cibles de priorité 1, autres que Porte-aux-Moines, ont ainsi été visitées, cartographiées et échantillonnées en novembre et décembre 2015. Ce travail se poursuivra en 2016.

Les résultats de l'interprétation, classés par priorité, ne sont pas encore publiés à l'ASX et ne seront donc pas présentés ici. Le travail réalisé sur le secteur du Roz (commune de Merléac) sera néanmoins présenté à titre d'exemple (localisation générale en Figure 58).

Le site du Roz est situé environ 1 800 m au sud de la Porte-aux-Moines, sur le flanc nord de l'anticlinal de Laniscat-Merléac. Ce prospect a été mis en évidence par la campagne de géophysique héliportée qui y a révélé une anomalie de priorité 1 ainsi que, dans sa continuité immédiate, une anomalie de priorité 2 (Sinnott, 2015). Le secteur n'avait pas fait l'objet de travaux dans le cadre du PER Lanfains-Uzel (BRGM).

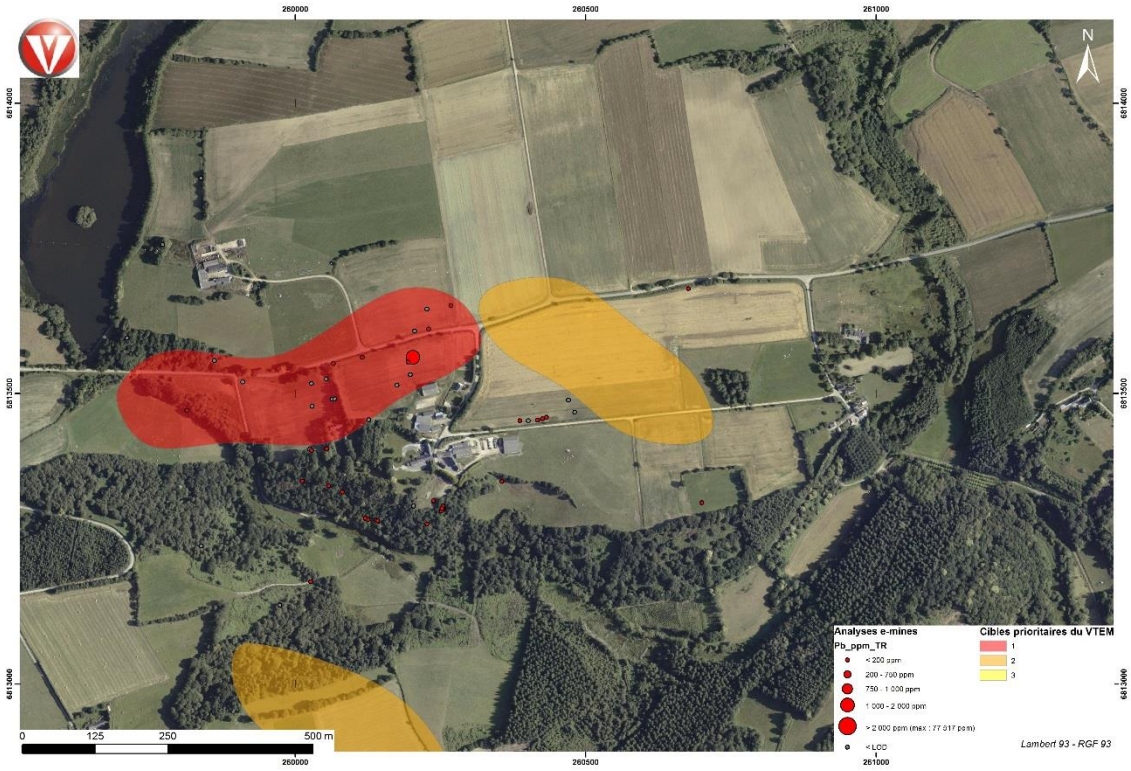


Figure 55 : Synthèse des travaux sur le prospect du Roz.

Aucune contribution anthropique n'explique les anomalies géophysiques qui traduisent donc la réponse d'un corps conducteur en profondeur. La campagne d'échantillonnage sur ce secteur a

mis en évidence quelques volantes ferrugineuses présentant des teneurs fortement anomales en métaux de base, atteignant 1 471 ppm Pb, 1 106 ppm Cu, 924 ppm Zn et 2 189 ppm As.

GR MLC 133 : 1 471 ppm Pb, 1 106 ppm Cu, 421 ppm Zn, 2 189 ppm As; GR MLC 078 : < LOD Pb, < LOD Cu, 925 ppm Zn, 142 ppm As (XRF).

Figure 56 : Volantes anomales en métaux de base échantillonnées au Roz.

Une cartographie géologique au 1 / 5 000 a également été initiée sur le prospect. Il fera l'objet de travaux complémentaires en 2016 avec notamment, la réalisation d'une grille géochimique au 100 x 40 m.

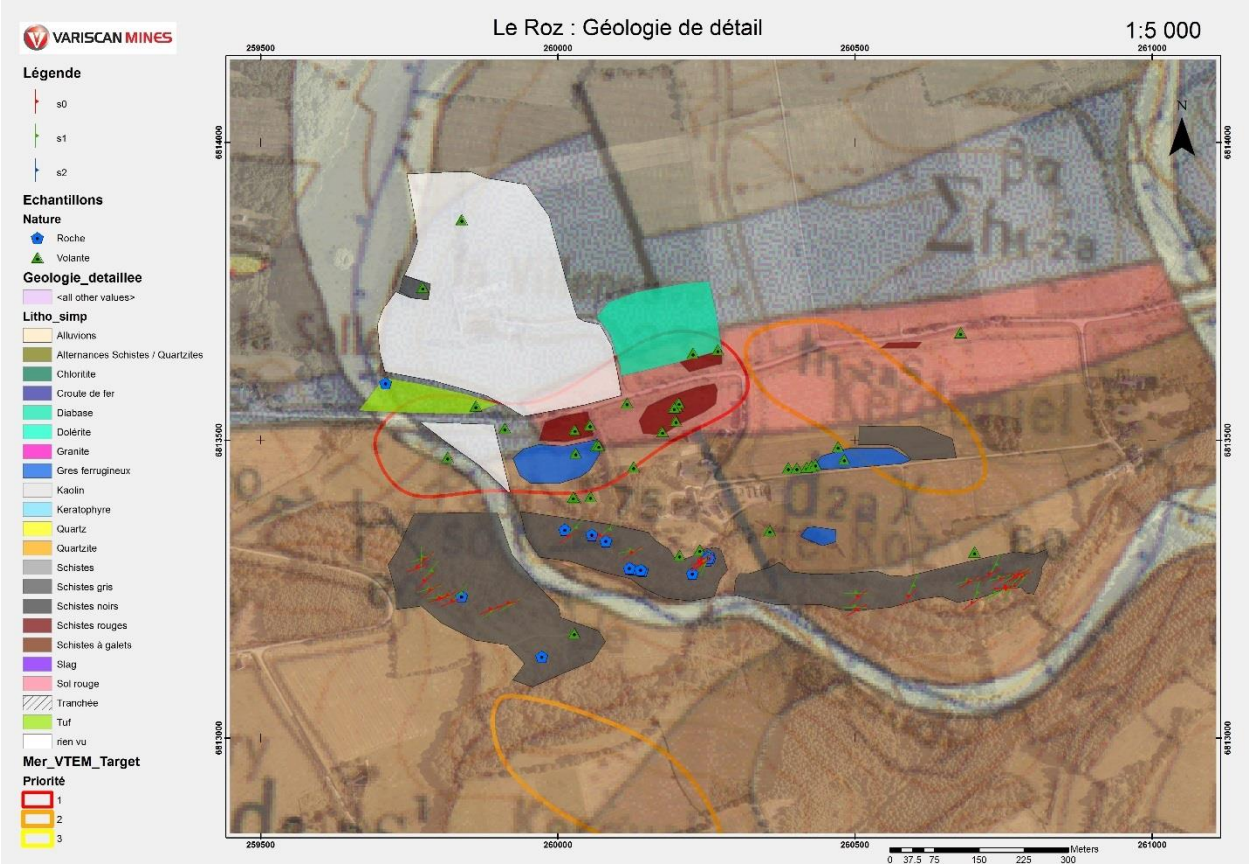


Figure 57 : Ébauche de cartographie géologique au 1/5 000 sur le secteur du Roz.

- **Identification des principales cibles d'exploration**

La synthèse des travaux historiques réalisés dans le cadre de l'Inventaire ou des PER Lanfains-Uzel et Saint-Gelven, la cartographie et l'échantillonnage des chapeaux de fer et enfin,

les données nouvellement acquises de géophysique aéroportée permettent d'identifier les prospects d'intérêt prioritaire sur le PERM Merléac.

Au total, 384 roches et 2 sols ont été prélevés en 2015. En ajoutant ces échantillons à ceux prélevés en 2014, un total de 665 roches ont été échantillonnées sur le PERM Merléac à la fin 2015 ainsi que 729 sols. Les cartes suivantes (Figures Figure 58 à Figure 61) présentent les teneurs en Cu, Pb, Zn et As des roches prélevées sur les différents sites (les derniers résultats d'analyse ont été reçus en février 2016). En fin d'année, 60 échantillons de roche ont été sélectionnés et expédiés chez ALS (Irlande) pour analyse des teneurs en métaux de base et précieux. Ils rendent compte de tous les prospects mis en évidence jusqu'à présent.

Les analyse d'e-Mines et d'ALS présentent des teneurs fortement anomales en cuivre, plomb et zinc sur les secteurs de Gausson, La Ferrière/Les Essarts, La Prise Malard, Le Petit-Clos et Les Martyrs. Ils peuvent également être marqués par une anomalie à arsenic et parfois, à or.

Ces résultats confirment le potentiel des prospects situés le long de la ride de Porte-aux-Moines, qui sont, d'ouest en est, La Prise Malard, Les Essarts/La Ferrière, Les Martyrs et Gausson. Le secteur du Roz, situé 2 km au Sud de PAM sur la ride dévonienne parallèle (anticlinal de Laniscat-Merléac) et mis en évidence par le VTEM semble également prioritaire à la vue des teneurs intéressantes et métaux de base et en arsenic (jusqu'à 1 471 ppm Pb, 1 106 ppm Cu, 924 ppm Zn et 2 189 ppm As).

Les prospects de Belle-Étoile, Gargalideuc, Kerfros, La Tantouille, La Vidance, Langavry, Le Boscol, Le Boterff, Le Breuil, Le Foyer, Le Vieil-Argouët et Pellan sont caractérisés par des teneurs intéressantes en zinc, parfois associé à de l'arsenic, mais sans enrichissement en plomb ou cuivre. Dans un premier temps, ces secteurs ne seront donc pas considérés comme prioritaires.

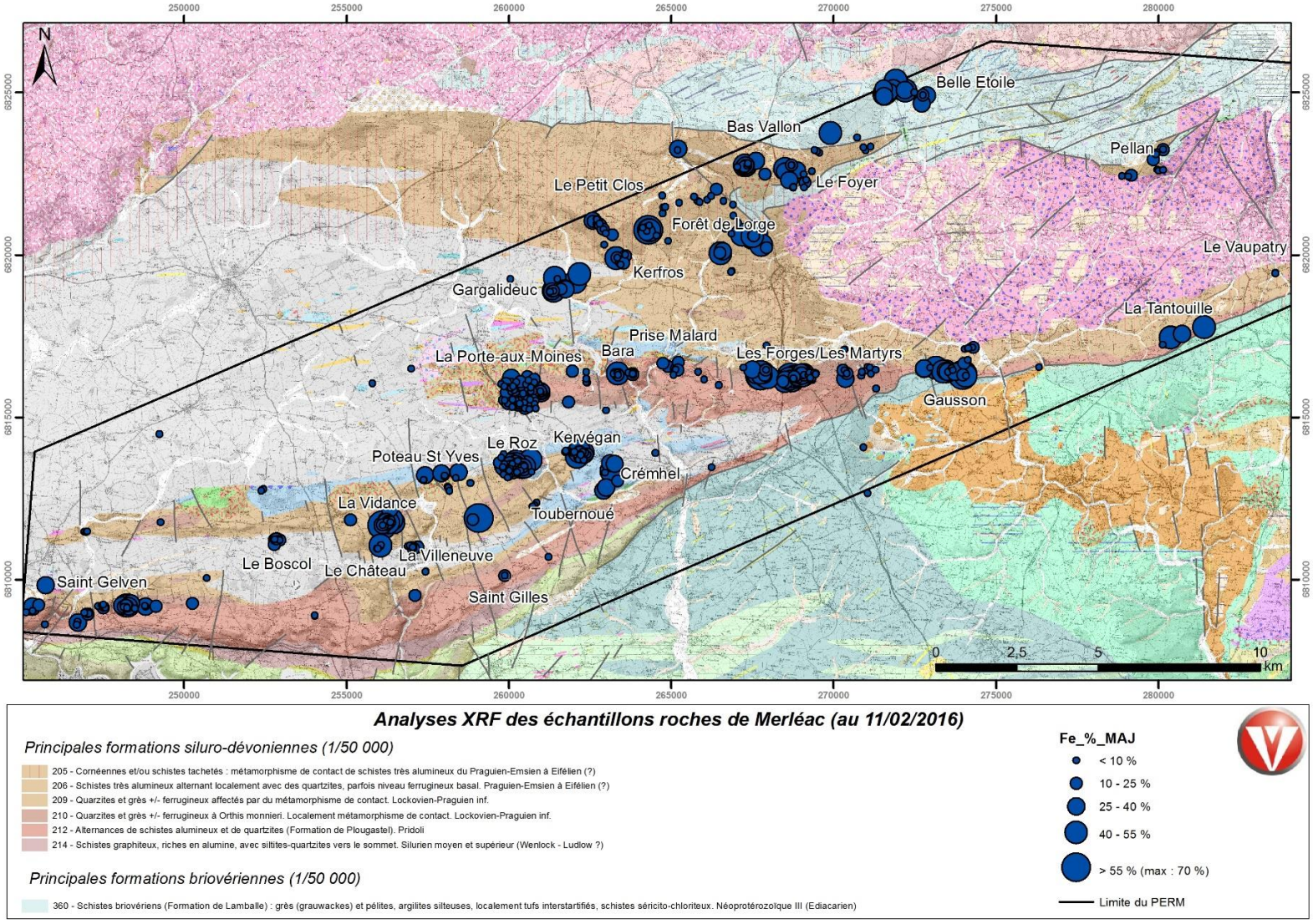


Figure 58 : Teneur en fer par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015.

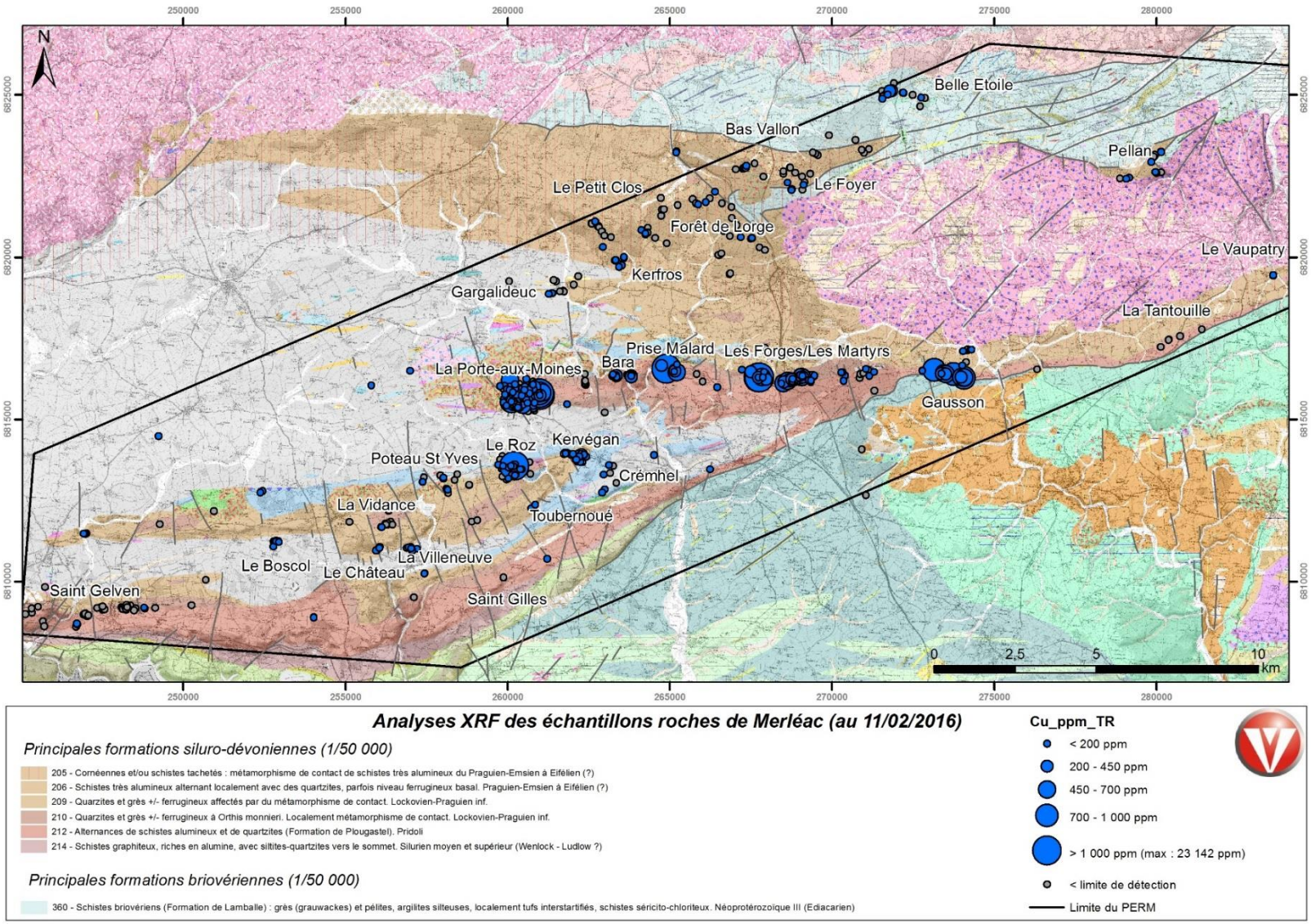


Figure 59 : Teneur en cuivre par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015.

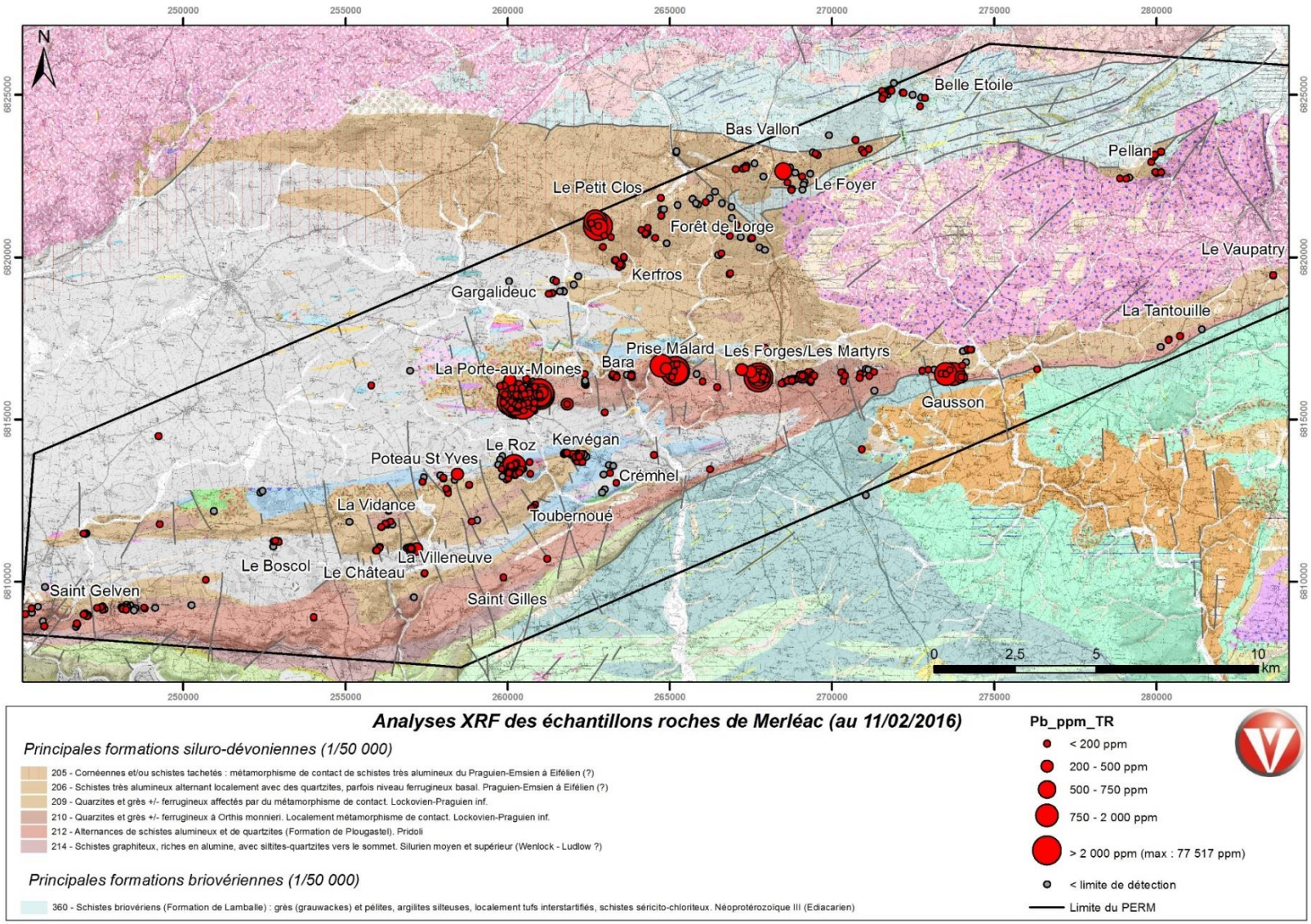


Figure 60 : Teneur en plomb par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015.

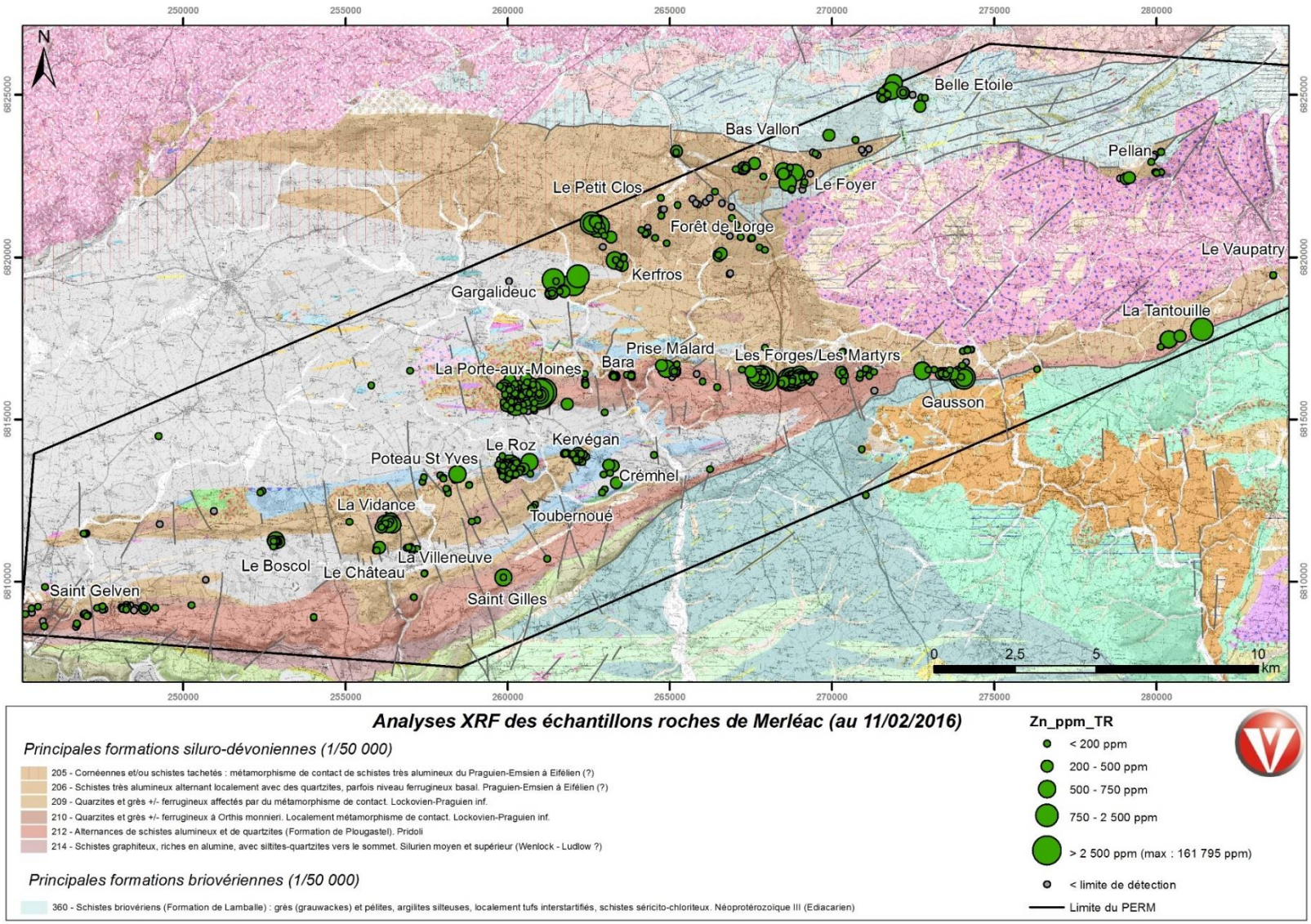


Figure 61 : Teneur en zinc par XRF (e-Mines) des 665 roches échantillonées à la fin 2015.

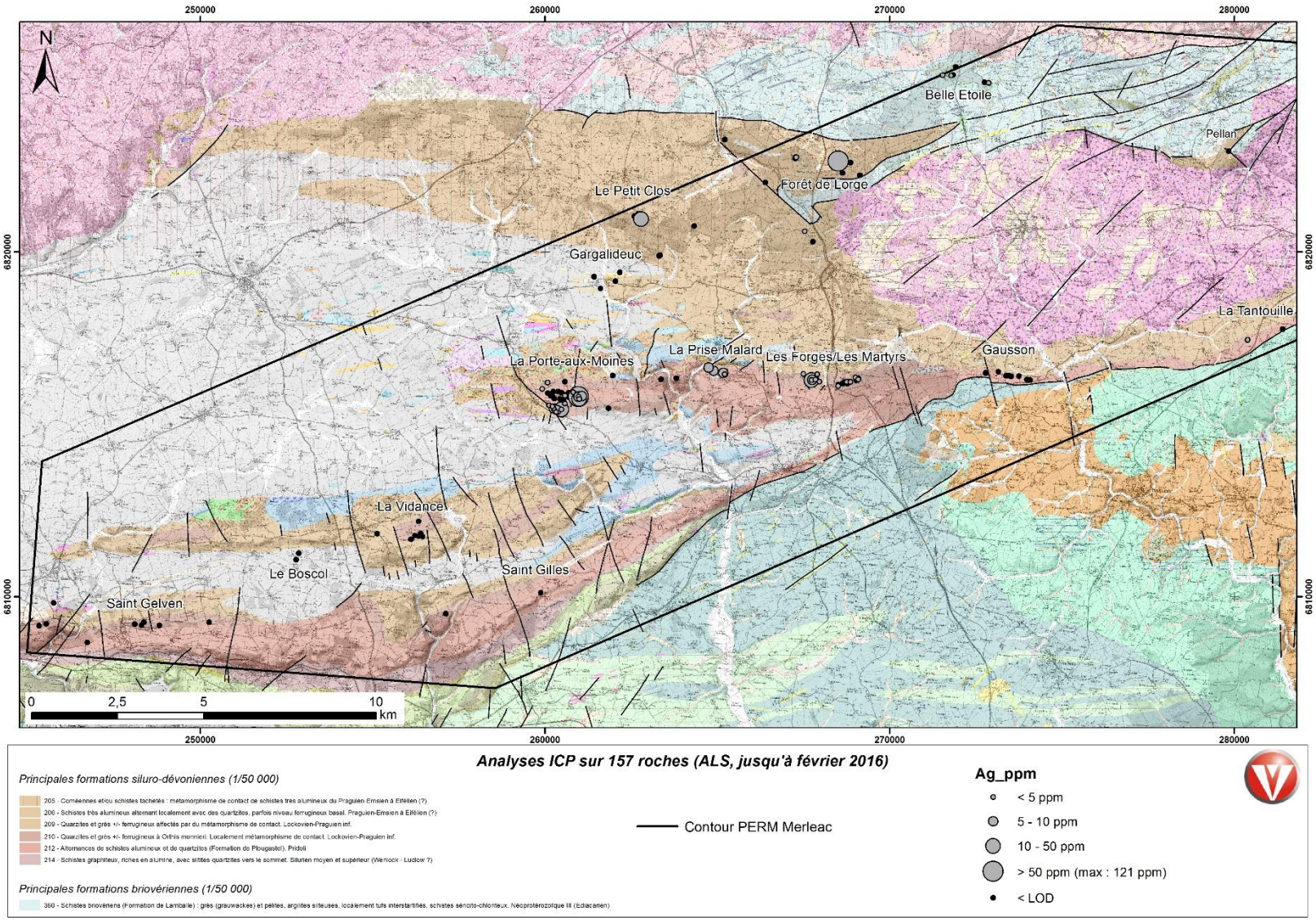


Figure 62 : Teneur en argent par ICP-AES (ALS) de 157 roches.

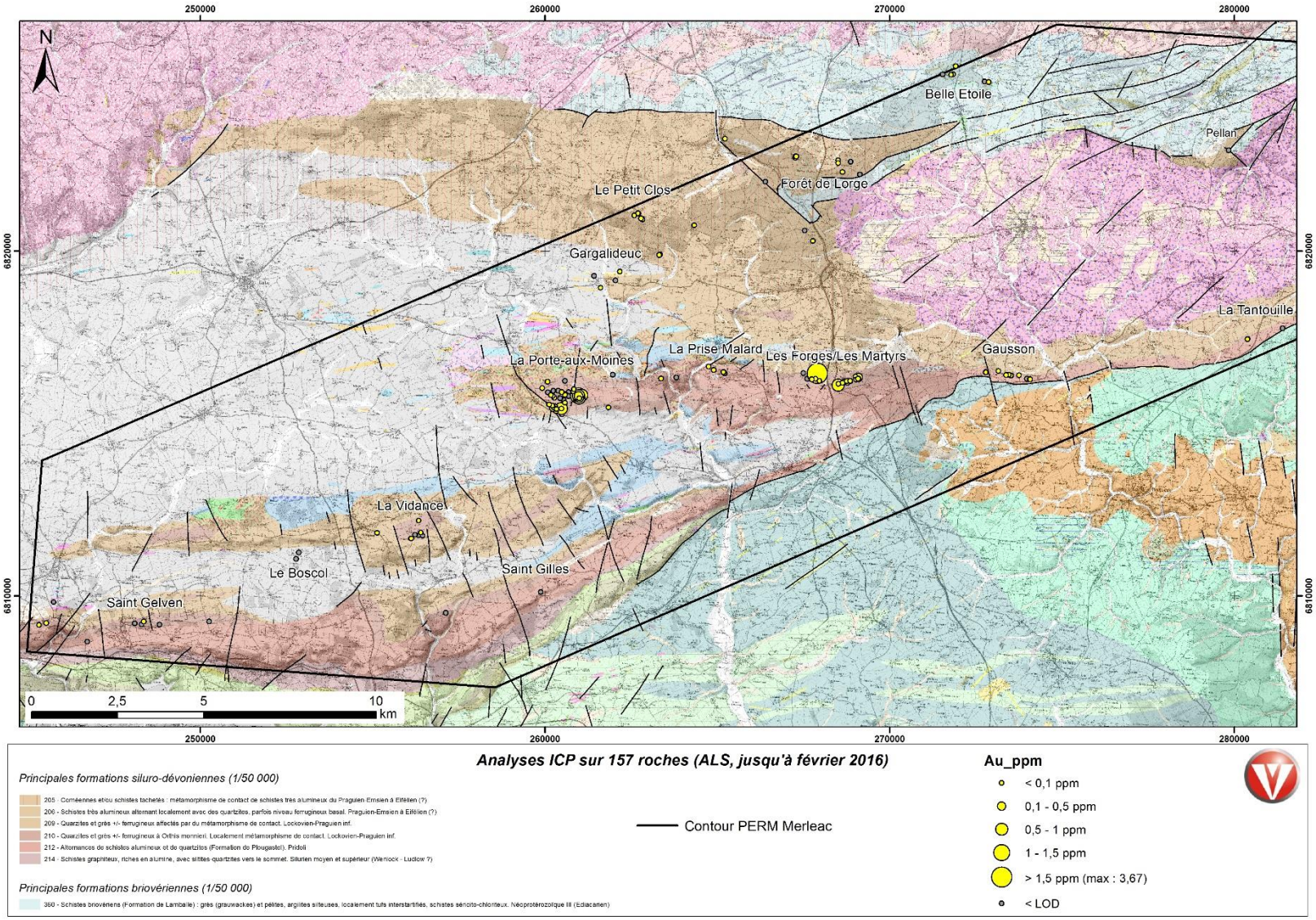


Figure 63 : Teneur en or par pyroanalyse (ALS) de 157 roches.

2.2.7. Observations microscopiques

Des lames minces, des lames polies et des sections polies ont été réalisées à l'université d'Orléans (OSUC) dans le cadre des stages de Master 2 de S. Zegaoui (2014) et de C. Richard (2015). Elles permettent l'observation microscopique de faciès présentant un intérêt particulier en termes de texture, de composition minéralogique ou de minéralisation sulfurée.

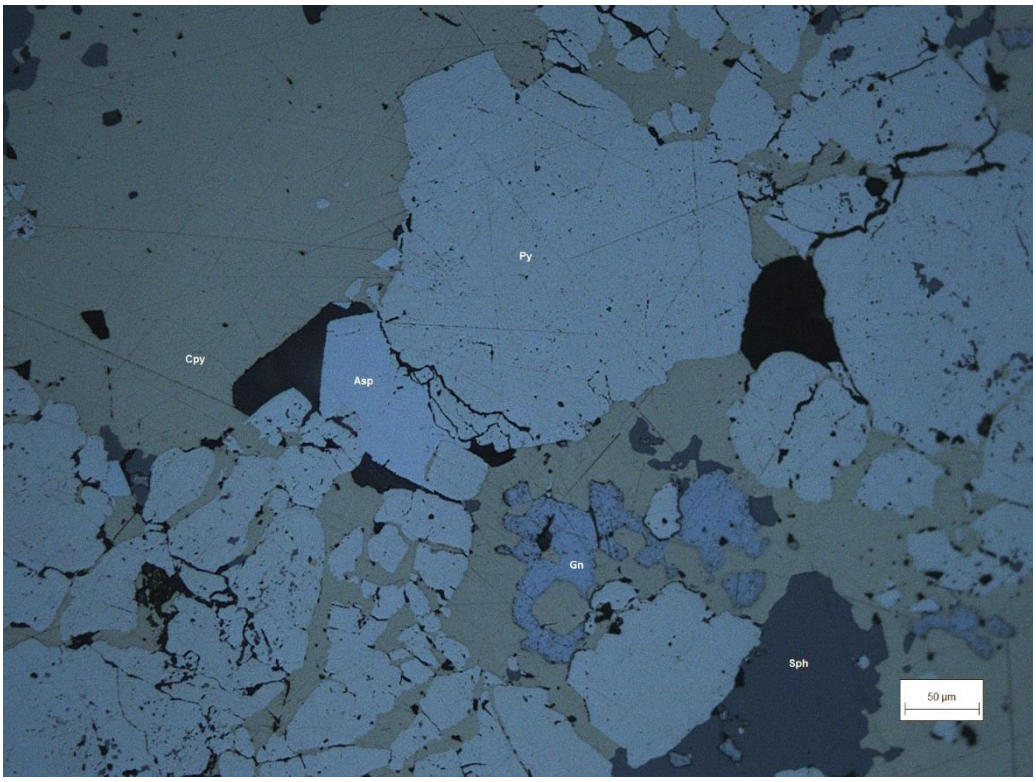
Nom échantillon	Correspondance avec la roche analysée	Cible	Lame mince	Lame polie	Section polie
SZ MLC O 004	-	Ville St Jean	1		
SZ MLC O 028	-	Bas Vallon		1	
SZ MLC O 029	-	Bas Vallon		1	
SZ MLC O 030	SZ MLC R 016	Bas Vallon		1	
SZ MLC O 032	SZ MLC R 019	Descenderie PAM		1	
SZ MLC O 033	SZ MLC R 019	Descenderie PAM		1	1
SZ MLC O 034	SZ MLC R 020	Descenderie PAM		1	
SZ MLC O 035	SZ MLC R 022	Descenderie PAM			1
SZ MLC O 036	SZ MLC R 024	Descenderie PAM			1
SZ MLC O 037	SZ MLC R 025	Descenderie PAM		1	
SZ MLC O 038	SZ MLC R 028	Descenderie PAM			2
SZ MLC O 039	SZ MLC R 030	Descenderie PAM		1	
SZ MLC O 040	SZ MLC R 031	Descenderie PAM			2
SZ MLC O 041	SZ MLC R 032	Descenderie PAM		1	
SZ MLC O 042	SZ MLC R 033	Descenderie PAM	1		
SZ MLC O 047	-	Belle Etoile	1	1	
SZ MLC O 052	SZ MLC R 044	Garde de Gautrais		1	
SZ MLC O 066	-	Saint Gelven		1	
SZ MLC O 070	SZ MLC R 104	Bara		1	
SZ MLC O 071	SZ MLC R 105	Bara		1	1
SZ MLC O 072	SZ MLC R 110	Bara		1	1
SZ MLC O 073	SZ MLC R 115	Forêt de Lorge	1		
SZ MLC O 075	SZ MLC R 129	Saint Gelven		1	
CR MLC020	CRMLC020	La Vidance		1	
CR MLC036	CRMLC036	Les Martyrs		1	
CR MLC041	CRMLC041	Les Martyrs		1	
CR MLC057	CRMLC057	Forêt de Lorge E		1	
CR MLC064	CRMLC064	Gausson		1	
CR MLC070	CRMLC070	La Ferrière		1	
CR MLC077	CRMLC077	Forêt de Lorge O		1	
TOTAL réalisées			***4***	***23***	***9***

Tableau 7 : Lames minces, lames polies et sections polies réalisées sur les échantillons du PERM.

- *Minerai de Porte-aux-Moines*

Les déblais des anciens travaux souterrains réalisés par le BRGM et entreposés à proximité de l'entrée de l'ancienne descenderie fournissent des échantillons représentatifs du minerai de Porte-aux-Moines. Différents faciès ont été échantillonnés, décrits macroscopiquement, analysés pour leur teneur en métaux de base (et parfois, en métaux précieux) et à partir de certains faciès particulièrement riches, des lames ou des sections polies ont été réalisées.

Ces lames et sections ont été très brièvement observées et décrites grâce au matériel de l'OSUC dans le cadre du stage de C. Richard. Elles présentent une forte proportion de chalcopyrite et de sphalérite, en association avec de la pyrite et des cuivres gris. Les séquences paragénétiques semblent multiphasées et nécessiteront de plus profondes observations.



Py : pyrite ; Cpy : chalcopyrite ; Asp : arsénopyrite ; Gn : galène ; Sph : sphalérite
Figure 64: Observation au microscope optique à réflexion de la section SZ MLC O 036.

Durant ces 2,5 jours d'observations, des zones d'intérêt ont été ciblées afin de préparer une séance de microsonde électronique. Cette séance, qui n'a pas pu se tenir en 2015, serait donc ciblée sur les zones à sphalérite, chalcopyrite, arsénopyrite et cuivres gris/galène. Le but serait d'identifier avec précision les phases minérales présentes et de doser les métaux mineurs éventuellement associés (Ge, Ga, In, Cd, …).

D'autre part, au moment de l'évaluation économique du gisement au début des années 1980 par le BRGM, les mauvais rendements minéralurgiques de l'argent (environ 30 %) étaient l'un des principaux pénalisants à la viabilité du projet (BRGM, 1981 ; Polgaire *et al.*, 1981). À cette époque, ce métal représentait en effet environ la moitié de la valeur du gisement. Une étude minéralogique poussée, incluant microscopie optique, MEB et microsonde permettrait d'apporter des éléments sur la répartition de l'argent dans les phases sulfurées. Contrairement à nombre de cas, il ne se trouve pas concentré dans la galène. Une meilleure connaissance de sa répartition minéralogique permettrait par la suite d'apporter des éléments aux tests minéralurgiques qui seront entrepris dans le futur.

D'autre part, la présence d'or dans le minerai de Porte-aux-Moines n'a été découverte qu'au début des années 1990 (Billa, 1994). Comprendre sous quelle forme minéralogique ce métal

précieux se trouve apportera des éléments à la connaissance du minerai et aura des implications dans l'évaluation économique du projet.

- *Échantillons de chapeaux de fer sur divers prospects*

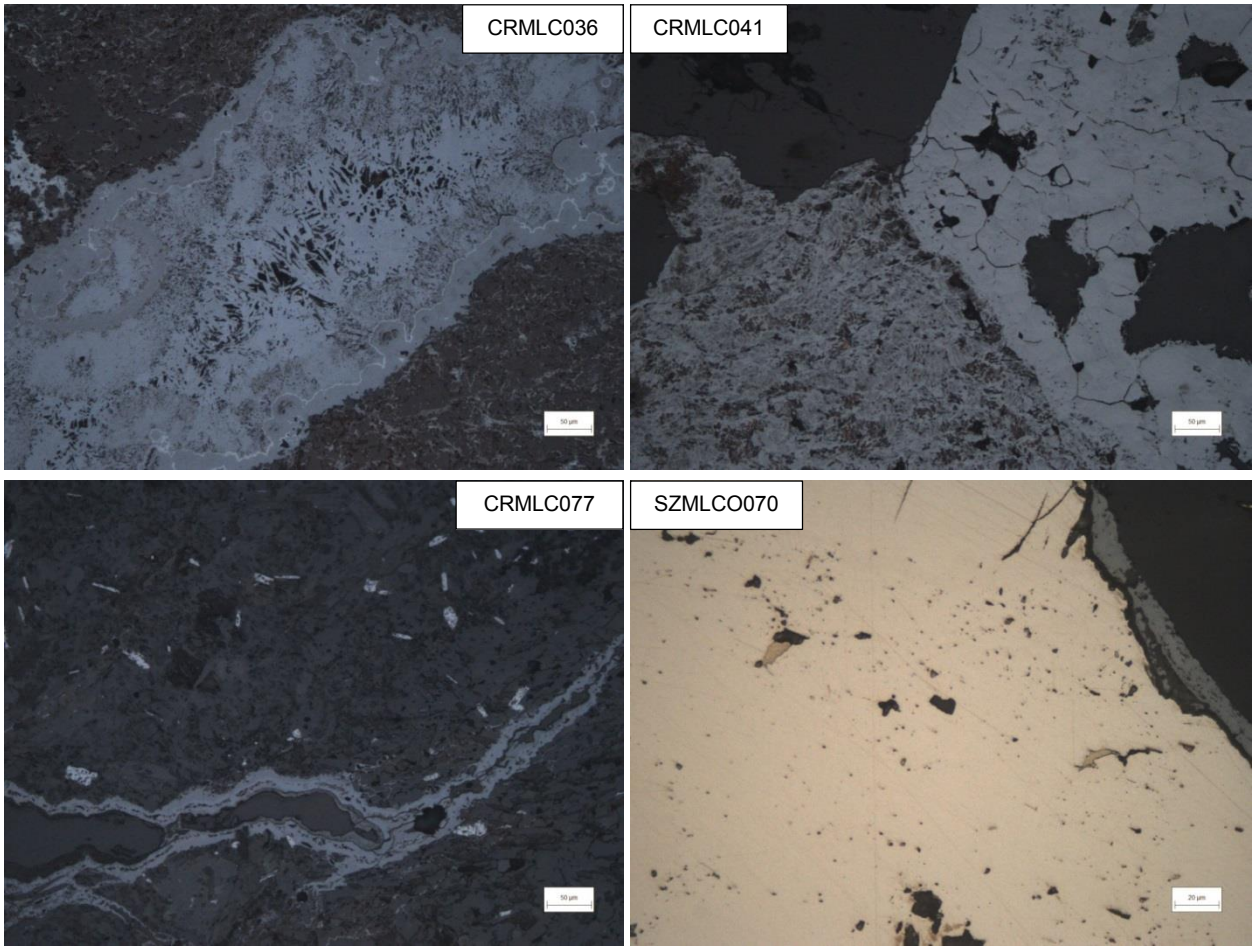
Sept lames minces polies provenant d'échantillons de chapeaux de fer présentant les plus fortes anomalies en Zn, Cu, Pb et As ont été réalisées à l'OSUC en 2015 puis observées dans le cadre du stage de Master 2 de C. Richard. Il s'agit des échantillons :

- CRMLC020 (Le Boterff)
- CRMLC036 (Les Martyrs)
- CRMLC041 (Les Martyrs)
- CRMLC057 (Le Foyer)
- CRMLC064 (Helnault)
- CRMLC070 (La Ferrière)
- CRMLC077 (Le Petit Clos).

À l'exception de rares grains de pyrite (CRMLC057), les seuls minéraux métalliques observés sont la goethite et l'hématite. La goethite, à texture botryoïdale, forme des veinules micro- à millimétrique dans une gangue constituée de quartz et de barytine. L'hématite se présente sous forme de lamelles isolées (CRMLC077), d'agrégats lamellaires ou encore sous forme massive (CRMLC041) (Figure 65).

L'absence de sulfures appuie l'hypothèse que les métaux comme Zn, Cu et As sont portés par la goethite. Des analyses ponctuelles à la microsonde électronique permettraient cependant de connaitre la chimie de la goethite.

Une section polie d'archive du prospect de Bara a été observée pour comprendre les anomalies en cuivre dans plusieurs échantillons. Ces anomalies s'expliquent par la présence de fines inclusions de chalcopyrite $CuFeS_2$ dans la pyrite (Figure 65, SZ MLC O 070).



- CRMLC036 : Veines de goethite (gris moyen) à remplissage d'hématite lamellaire (gris clair) dans une gangue de quartz et barytine; Les Martyrs.
- CRMLC041 : Hématite lamellaire (à gauche) et hématite massive (à droite) dans une gangue de quartz ; Les Martyrs.
- CRMLC077 : Fines veinules de goethite botryoïdale et hématite lamellaire isolée dans une gangue à quartz; Petit Clos.
- SZMLCO070 : Inclusions micrométriques de chalcopyrite dans une plage de pyrite; Bara.

Figure 65 : Observation au microscope optique à réflexion d'échantillons de chapeau de fer.

2.2.8. État environnemental initial

Sur la totalité de la surface du PERM, soit 411 km², la réalisation d'un état environnemental initial est programmée. Il s'agit de prélever à une maille de 200 x 200 m deux échantillons de sol, l'un en surface (sous la couverture herbeuse) et l'autre en profondeur (entre 60 et 110 cm en fonction de la nature du sol).

La même méthodologie que celle mise-en-œuvre en 2014 dans le cadre de la grille méthodologique au 50 x 50 m réalisée autour de la Porte-aux-Moines sera utilisée. Ces échantillons seront également prélevés à l'aide d'une tarière manuelle, décrits, référencés, puis expédiés au laboratoire e-Mines pour préparation et analyse par XRF.

Figure 66 : Prélèvements de sol dans le cadre de la grille environnementale sur Saint-Pierre.

Outre fournir un état initial de la composition des sols en métaux et métalloïdes préalablement à toute méthode invasive d'exploration (sondages), cette grille permettra d'identifier des zones anomales. Les concentrations en métaux des sols superficiels, attribuables à des sources humaines (concentration en cuivre dans les vignobles résultant du traitement à la bouillie bordelaise ou concentration en zinc en bordure de voie express du fait des glissières de sécurité composées d'acier galvanisé par exemple) seront distinguées des concentrations dans les sols profonds qui reflètent la composition de la roche sous-jacente. Ces anomalies dans les sols profonds pourront mettre en évidence de nouveaux secteurs prospectifs qui justifieront alors de travaux d'exploration complémentaires.

Variscan Mines a fait part de sa volonté de réaliser cet état environnemental initial dans sa première déclaration de travaux, envoyée à la préfecture des Côtes-d'Armor le 27 novembre 2014. Ce travail a été initié en 2014 dans le cadre des travaux académiques de C. Pareux. À la fin 2015, 32 points ont ainsi été prélevés sur les 10 255 points que comporte la grille. Cela représente un taux d'avancement de 0,3 %. Rappelons que cette grille est théorique, un grand nombre de points ne pourront pas être prélevés car impossibles d'accès (routes, bâtiments, villages, jardins privés, …). L'état 0 environnemental n'a pas été poursuivi en 2015 en raison de contraintes logistiques, la réalisation d'autres travaux d'exploration ayant été jugée prioritaire. La géochimie sol figure néanmoins au programme des travaux envisagés pour 2016.

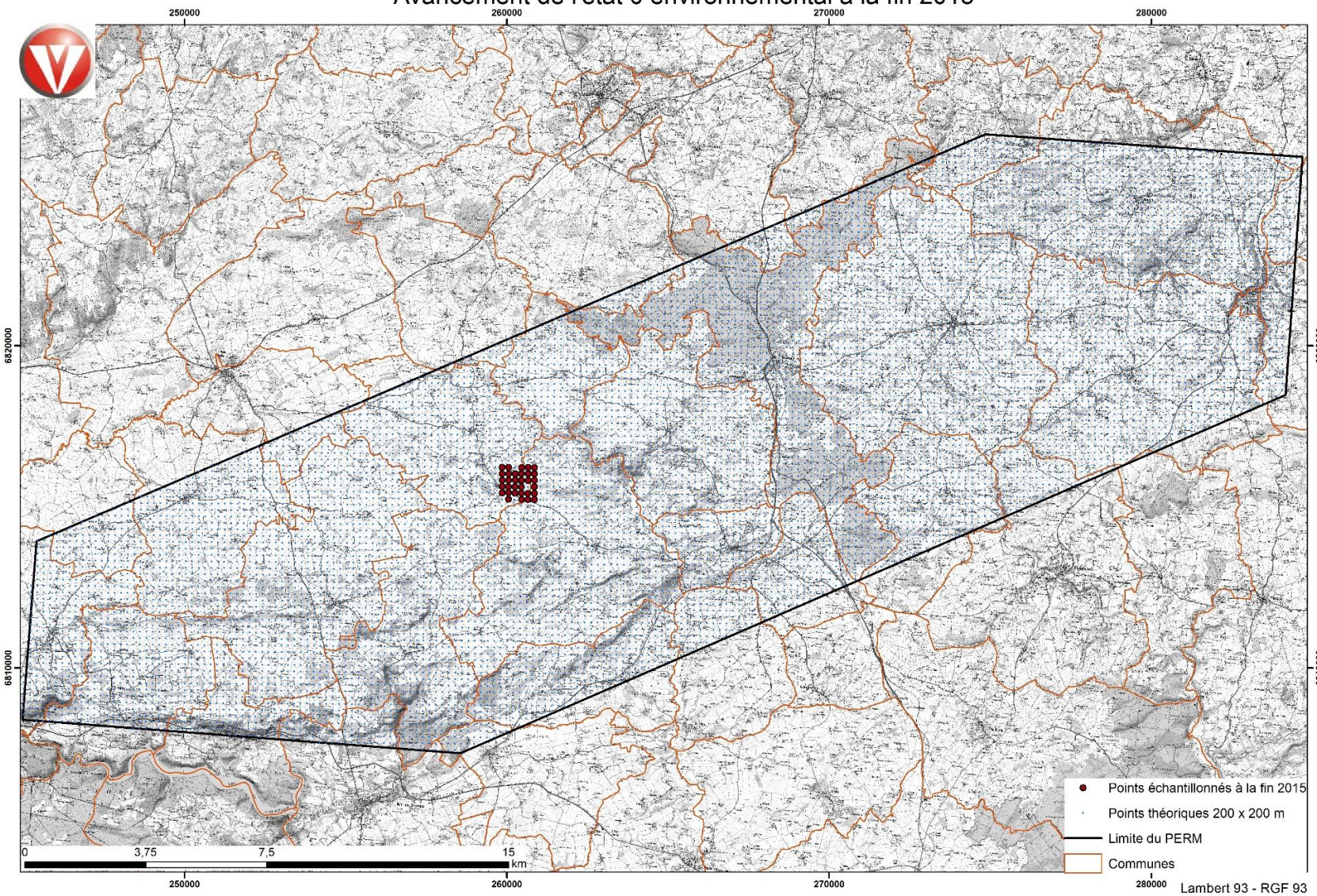


Figure 67 : Avancement de la grille environnemntale à la fin 2015.

2.2.9. Synthèse des résultats des travaux de 2015

Au cours de l'année 2015, les travaux d'exploration menés sur le PERM Merléac ont ainsi consisté en :

- Recueil du fond documentaire relatif aux travaux précédemment réalisés sur le secteur auprès de Géodéris, de la DREAL Bretagne, des archives départementales d'Ille-et-Vilaine (fond de l'ex-DRIRE) et du BRGM
- Valorisation des documents d'archive par intégration dans un système d'information géographique
- Création d'un modèle 3D sur Porte-aux-Moines à partir des sondages carottés et des travaux miniers exploratoires. Deux modèles ont été créés, l'un se base sur les coupes interprétatives du BRGM et l'autre, plus conservatif, sur les recoupes minéralisées uniquement
- Accès aux carottes des sondages PAM05, PAM08 et PAM16, stockées au BRGM. Elles ont été relogguées et réanalysées avec une procédure de contrôle qualité (QA/QC). Ces analyses permettent de valider les résultats des analyses historiques qui pourront, ainsi, être utilisées pour l'évaluation de ressources conforme aux standards internationaux (JORC)
- Réalisation en juillet d'une campagne de géophysique héliportée sur une surface d'environ 180 km² avec un dispositif équipé d'une boucle électromagnétique et d'un gradiomètre magnétique (VTEM^{PLUS}). Les résultats bruts ont été reçus en septembre et les interprétations, en novembre
- Cartographie et échantillonnage des chapeaux de fer et des anciennes ferrières. Les principaux prospects définis en fonction des observations géologiques et des teneurs en métaux de base et, parfois, en métaux précieux, sont le long de la ride de Porte-aux-Moines. Ils sont, d'ouest en est, La Prise Malard, Les Essarts/La Ferrière, Les Martyrs et Gausson ;
- Contrôle sur le terrain des secteurs identifiés comme prioritaires par la géophysique aéroportée (Sinnott, 2015). Le secteur du Roz a ainsi été mis en évidence
- Observation microscopique de quelques échantillons du minerai de la Porte-aux-Moines et de chapeaux de fer provenant de différents sites.

Au total, 384 roches et 2 sols ont été prélevés en 2015. La totalité de ces échantillons a été analysée chez e-Mines (09) et 60 roches ont été analysées chez ALS (Irlande). Les derniers résultats ont été reçus début 2016.

Les statistiques mensuelles d'avancement au cours de l'année 2015 sont présentées dans le Tableau 8.

MONTHLY STATISTICS 2015 MERLÉAC			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	SEM 1	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	SEM 2	TOTAL 2015
GEOLOGICAL MAPPING																	
	surface	km²															
PANNING																	
	collected	nb															
GRAB SAMPLING																	
samples	collected	nb						155	**155**			77		75	79	**231**	386
	assayed	nb	96						**96**		146		77			**223**	319
thin section	studied	nb															
polish section	studied	nb									9					**9**	9
GEOCHIMISTRY																	
soils	collected	nb						2	**2**								2
	assayed	nb									2					**2**	2
auger	collected	nb															
	assayed	nb															
TRENCHES																	
		nb															
	lenght	m															
	samples collected	nb															
GEOPHYSICS																	
ground lines A		m															
B		m															
C		m															
airborne survey lines VTEM		m								901000						**901000**	901000
B		m															
C		m															
DRILL HOLES																	
core drill hole	logged	nb		2					**2**								2
	logged	m		736					**736**								736
	samples collected	nb				109		123	**232**								232
	samples assayed	nb					109		**109**	184						**184**	293
	drilled	nb															
	drilled	m															
destructive drill hole	logged	nb															
	logged	m															
	samples collected	nb															
	samples assayed	nb															
	drilled	nb															
	drilled	m															
diagraphy A		m															
B		m															
C		m															

Tableau 8 : Statistiques mensuelles d'avancement en 2015.

2.3. RÉUNIONS ET VISITES

Seules les visites de 2015 ont détaillées ici, les autres faisant l'objet d'un tableau (Tableau 12) au chapitre 4 du présent document.

2.3.1. Réunions tenues en 2015

28 janvier 2015: Réunion publique à Merléac (salle polyvalente, 20h30) pour les habitants des communes de Merléac et Saint-Martin-des-Prés organisée par les maires des deux communes. Variscan Mines a pu exposer le projet d'exploration et répondre aux questions posées.

20, 26, 27 février 2015 : 3 réunions organisées par la Chambre d'Agriculture des Côtes-d'Armor pour permettre à Variscan Mines de présenter les travaux de 2015 (prélèvements de sol, prospection marteau et géophysique aéroportée) aux exploitants agricoles des 5 communes au centre du permis (Merléac, Saint-Martin-des-Prés, Allineuc, Le Bodéo et Saint-Gilles-Vieux-Marché).

11 mars 2015 : Première Commission d'Information et de Suivi des Travaux à la Préfecture des Côtes-d'Armor. Le compte-rendu de cette CIS est présent en annexe.

9 avril 2015 : Réunion d'information sur les demandes de PERM en Bretagne à la préfecture de Saint-Brieuc. Le ministère (MEDDE/DEB/DGALN), la préfecture et la DREAL ont expliqué aux maires présents les demandes de permis ainsi que l'avancement de la réforme du Code Minier. Variscan Mines n'a fait qu'acte de présence.

Décembre 2015 : Organisation et planification de 5 réunions d'explication sur les résultats de la géophysique aéroportée à faire devant les élus des 22 communes concernées par le survol géophysique en janvier 2016.

2.3.2. Autres contacts

M. Maudez Kerjean, géologue retraité du BRGM, nous a très obligeamment fourni des informations variées issues de ses souvenirs toujours aussi précis et vivants. Il était l'expert du BRGM ayant réalisé la quasi-totalité des travaux d'exploration et d'inventaire sur le site de Porte-aux-Moines dans les années 1960 et les années 1980.

3. Bilan financier : état de dépenses

À titre de rappel, la signature de l'arrêté concernant le PERM Merléac a eu lieu le 3 novembre 2014 et a été publié au JO du 5 novembre 2014. Un budget estimatif a été proposé en 2011 lors de la demande de permis d'exploration de la première phase de travaux, prévue sur 3 années (Tableau 9). Cette estimation théorique ne peut prendre en compte ni les difficultés de terrains, les retards ou les orientations sur site au vu des résultats. Cette première phase se compose de 3 étapes annuelles dont l'engagement est subordonné au succès de l'étape précédente. Au total, un budget prévisionnel a été estimé à 6.22 M€ pour cette phase.

Travaux envisagés	**Année 1**	**Année 2**	**Année 3**
Base opérationnelle "Merléac"			
Achat	150 000 €		
Aménagements	50 000 €	10 000 €	10 000 €
Equipements	75 000 €	5 000 €	5 000 €
Fonctionnement	25 000 €	25 000 €	25 000 €
Géologie - Etudes			
Synthèse géologique	10 000 €		
Synthèse environnementale	50 000 €		
Modélisation 3D / géostatistiques	20 000 €	15 000 €	15 000 €
Synthèse GKR	10 000 €	10 000 €	10 000 €
Cartographie / contrôles / suivi des travaux	75 000 €	90 000 €	75 000 €
Expertises	20 000 €	25 000 €	25 000 €
Géophysique			
Aéromagnétisme + Scintillométrie	130 000 €		
HELITEM	140 000 €	500 000 €	
Expertise BRGM	40 000 €	40 000 €	
Géochimie			
Analyses sols et roches	45 000 €	20 000 €	10 000 €
Contrôle des anomalies			
Géochimie sol / tarrières	40 000 €	40 000 €	
Géophysique sol (gravimétrie, magnétisme)	30 000 €	50 000 €	
Tranchées	20 000 €	25 000 €	
Indemnisations	10 000 €	10 000 €	
Sondages			
Sondages destructifs RC	260 000 €	510 000 €	850 000 €
Sondages carottés HQ	220 000 €	330 000 €	660 000 €
Aménagements et indemnisations	60 000 €	80 000 €	100 000 €
Expertises			
Tests minéralurgiques	10 000 €	20 000 €	20 000 €
Expertise internationale		50 000 €	50 000 €
Frais généraux (20%)	298 000 €	361 000 €	361 000 €
Budget estimé	**1 788 000 €**	**2 216 000 €**	**2 216 000 €**

Tableau 9 : Tableau estimatif inital (2011) - années 1 à 3

Le budget ci-après (Tableau 10) correspond à la deuxième phase de travaux, théoriquement prévue sur 2 années et se concluant par une étude de faisabilité bancaire accompagnée d'une étude d'impact. Cette deuxième phase est subordonnée au succès de la préfaisabilité précédente. Au total, le budget prévisionnel pour cette deuxième phase est estimé à 6.4 M€, arrondis à 6.0 M€ en cas de retards prévisibles sur l'exécution de certaines tâches.

Travaux envisagés	**Année 4**	**Année 5**
Base opérationnelle "Merléac"		
Aménagements	30 000 €	20 000 €
Equipements	5 000 €	5 000 €
Fonctionnement	25 000 €	25 000 €
Géologie - Etudes		
Etude d'impact		250 000 €
Modélisation 3D / géostatistiques	20 000 €	20 000 €
Synthèse GKR	10 000 €	10 000 €
Cartographie / contrôles / suivi des travaux	90 000 €	90 000 €
Expertises	50 000 €	50 000 €
Tests minéralurgiques		
Essais laboratoire	25 000 €	25 000 €
Pilote semi-industriel	- €	250 000 €
Sondages		
Sondages destructifs RC	850 000 €	850 000 €
Sondages carottés HQ	1 100 000 €	1 100 000 €
Aménagements et indemnisations	200 000 €	200 000 €
Expertise Internationale		
Design de l'exploitation	50 000 €	
Ingénierie (unités de productions)		150 000 €
Etude de faisabilité (rapport)		75 000 €
Frais généraux (15%)	368 250 €	434 250 €
Budget estimé	**2 823 250 €**	**3 554 250 €**

Tableau 10 : Tableau estimatif inital (2011) – années 4 et 5

Le tableau ci-après (Tableau 10) présente les dépenses réalisées sur ce projet.

POSTES DE DÉPENSES	2011 - 2014	2015
TERRAIN		
Matériel		201,39
Mission	18 848,57	19 729,34
Personnel	152 720,69	128 635,95
Interim	-	-
GexplOre	-	-
Véhicules location	2 363,02	2 340,59
Véhicule achat	-	-
Total Terrain	**173 932,28**	**150 907,27**
ANALYSES		
Matériel	609,30	-
e-Mines	15 986,35	15 563,59
ALS	-	7 155,81
Total Analyses	**16 595,65**	**22 719,40**
GÉOPHYSIQUE		
Geotech Airborn	-	161 055,24
Total Géophysique	**-**	**161 055,24**
EXPERTISE - R&D		
Expert	46,46	17 225,16
BRGM	-	54 296,23
Personnel	6 084,07	960,96
Reprographie	1 590,77	1 021,43
Total Expertise - R&D	**7 721,30**	**73 503,78**
FRAIS ANNEXES		
Annonces - communication	-	2 698,50
BET Minelis	10 076,30	-
Chambre d'agriculture 22	-	5 536,00
Juriste	919,48	-
Total Frais annexes	**11 277,47**	**8 234,50**
	-	-
Sous-total général	**209 544,78**	**416 420,19**
	-	-
FRAIS GÉNÉRAUX	-	-
Total Frais généraux	**94 345,52**	**212 034,50**
	-	-
TOTAL GÉNÉRAL	**303 890,30**	**628 454,69**
		-
DÉPENSES CUMULÉES	**303 890,30**	**932 344,99**

Tableau 11 : État des dépenses par poste par an sur le PERM Merléac.

Environ 932 000 € ont été dépensés depuis le début des travaux de Variscan Mines sur ce sujet, dont approximativement 628 000 € depuis la signature du PERM.

4. Relations avec les acteurs du territoire

La liste ci-après fait état des rencontres et contacts effectués depuis le début des démarches de Variscan Mines concernant le PERM Merléac.

CONTACTS - REUNIONS	PERM Merléac	CONTACTS - REUNIONS	PERM Merléac
Premiers contacts avec Assoc. écologistes	19/09/2012	Maire Bréhand	05/11/2014
DRAC - SRA	01/08/2012	BRGM (suite archives à examiner)	25/11/2014
Préfecture 22	01/08/2012	PARIS VI (UPMC) Doc disponibles	25/11/2014
UNICEM (Région)	19/09/2012	Maire Saint-Martin-des-Prés	09/12/2014
CNRS Archéosciences Rennes	20/09/2012	CC Puissance 4 à Plœuc-sur-Lié	09/12/2014
AESN Bretagne ouest	26/09/2012	Maire de Merléac	16/12/2014
1ere réunion avec élus (via CAD22)	27/09/2012	DREAL BRE	08/01/2015
CA 22	15/10/2012	BRGM BRE	08/01/2015
MNHN (Prof. SIBLET)	12/11/2012	Géodéris Ouest (Caen)	15/01/2015
Réunion maire Haut-Corlay	21/11/2012	C. Dezayes (Brgm géothermie)	23/01/2015
Réunion maire Langast	22/11/2012	Réunion publique à Merléac	28/01/2015
Réunion CC Kreiz Breizh	10/12/2012	M. Pouliquen (expert)	09/02/2015
Réunion CC Uzel	19/12/2012	PN Douay (Déminage Bretagne)	10/02/2015
Hydro dpt 22 (M. Herbreteau)	08/01/2013	Mme Vaugrenard (DGAC Brest)	10/02/2015
MNHN Chiroptères	12/03/2013	Parc régional de Bretagne	12/02/2015
Réunion CC Cidéral	28/03/2013	Mairie de Sainte-Christine	20/02/2015
MINELIS	28/05/2013	Réunion CA22 à Merléac	20/02/2015
B. Hallegouet (dir sc. parc armorique)	28/08/2013	Réunion CA22 à St Gilles V.M.	26/02/2015
MNHN (Prof. SIBLET)	21/10/2013	Réunion CA22 à Allineuc	27/02/2015
Maire Saint Martin des Prés	15/04/2104	1ère CIS à la Préfecture	11/03/2015
CAD22 M. Lethorey	16/04/2014	Réunion PERM armorique PREF 22	09/04/2105
Maire Merléac	16/04/2014	DREAL BRE	15/04/2015
FNE Bretagne Eaux et rivières (Rennes)	08/07/2014	Maire de Plussulien	20/04/2015
CA 22 Mme Baudet	26/06/2014	DREAL BRE	24/04/2015
CC Cidéral Réunion élus	11/07/2014	Député ouest 22 A Le Houerrou	28/04/2015
CPIE Trégor	17/07/2014	M. Herbreteau - Log Hydro	30/04/2015
P. Jezequel (Assoc patrimoine Bretagne)	24/07/2014	Unicem Bretagne	09/06/2015
M. Kerjean (expert retraité du Brgm)	29/08/2014	A Le Gal (Hydro à EAU du 56)	19/06/2015
Colas Ouest (Nantes)	04/09/2014	G. Lucas (Hydro agréé coord 22)	20/07/2015
Maires Lanfains-LaHarmoye-Saint-Brandan	19/09/2014	L. Lethorey CAD22	20/07/2015
CA 22 Mme Baudet	03/10/2014	Géoderis Alès	13/11/2015
CC Moncontour	04/11/2014	Bibliothèque ENSMP (77)	19/11/2015

Tableau 12 : Liste des contacts pris entre 2012 et 2015 pour le PERM Merléac.

Il était prévu, dès octobre 2015 d'organiser en janvier 2016 des réunions à l'attention des élus des communes concernées par le survol aéroporté afin de leur communiquer l'avancement des travaux et les résultats du survol. À l'issue de ces réunions d'information, les élus de ces communes signaleront à Variscan Mines s'ils souhaitent organiser une réunion spécifique dans leur commune.

5. Programme 2016

Le courrier du 21 décembre 2015 adressé au préfet des Côtes-d'Armor signale le programme suivant pour l'année 2016 :

- Poursuite des recherches de données bibliographiques
- Démarrage d'une campagne de géochimie sols sur les zones identifiées comme prioritaires ainsi que dans le cadre de l'état 0 environnemental du PERM
- Poursuite des études de terrains sur les zones potentiellement minéralisées (« gossans ») à la suite des travaux de 2015
- Réalisation, dès que possible, de premiers sondages de reconnaissance géologique pour calibrer les premiers éléments de colonne stratigraphique et identifier, s'il existe en profondeur, des marqueurs géophysiques susceptibles d'être perçus en géophysique aéroportée.

5.1. VALORISATION DES DONNÉES HISTORIQUES

Étant donné l'important volume de données bibliographiques recueillies en 2015, la synthèse et l'intégration de ces données dans des outils informatiques modernes (SIG et modèle 3D) va se poursuivre en 2016. Cela permettra notamment de poursuivre les synthèses initiées sur chaque prospect, compilant les informations des campagnes de géochimie, géophysique, sondages percutants (wagon drill) et sondages carottés.

Le modèle 3D de Porte-aux-Moines sera également complété avec les données des levés géologiques des travaux souterrains, des rainurages en profondeur ainsi que des sondages percutants réalisés en surface et au fond. Cela permettra de contraindre plus précisément le modèle et ainsi, de proposer une estimation de ressources qui s'appuie sur un plus gros volume d'informations. Cela aidera également à l'implantation des premiers sondages carottés qui viseront à confirmer l'amas et à chercher ses extensions immédiates.

Un travail similaire sera ensuite réalisé à partir des données des sondages sur les autres prospects étudiés par le BRGM (La Prise-Malard, Les Essarts, Gausson, Leffo, Le Mérel, Kerdoret, Kernabat, Kerfros, Kerguillaume, Bois Joli). Celui-ci permettra alors d'expliquer éventuellement des anomalies VTEM mais également d'évaluer le degré de connaissances et le potentiel de ces cibles. En fonction de cela, ces anciens prospects pourront, ou non, constituer des cibles à notre implantation de sondages.

Un retour aux carottes des sondages PAM05, PAM08 et PAM16 stockées dans les locaux du BRGM à Orléans est également envisagé afin d'améliorer la compréhension de la géologie du gisement de Porte-aux-Moines.

5.2. TRAVAUX DE TERRAIN

Les travaux de terrains réalisés en 2014 et 2015 ont permis d'identifier plusieurs prospects présentant des caractéristiques propices à la présence d'amas sulfurés cachés. Dans un premier temps, des grilles de géochimie sol resserrées, à une maille 100 x 40 m sont proposées sur les sites de La Prise Malard (environ 480 points théoriques), Les Essarts-Les Martyrs (environ 2 300 points théoriques), Gausson (environ 790 points théoriques) et Le Roz (environ 320 points).

Ce travail sera couplé à un échantillonnage exhaustif des volantes de roche présentes permettant de compléter les cartographies géologiques au 1/5 000 initiées en 2015.

La cartographie et la classification des formations ferrugineuses du permis en « bon », « mauvais » ou « faux » gossan va se poursuivre dans la lignée des travaux de 2015 (Richard, 2015).

La vérification sur le terrain des secteurs identifiés comme prioritaires par la campagne de géophysique aéroportée, initiée fin 2015, se poursuivra en 2016. Il s'agira dans un premier temps de s'affranchir de toute contribution anthropique au signal mesuré, puis de cartographier et d'échantillonner le secteur (prospection marteau). Il pourra éventuellement être envisagé un contrôle des secteurs les plus prometteurs par des méthodes de géophysique au sol qui offrent une meilleure résolution que les techniques aéroportées. Cela permettrait de mieux préciser la nature, la géométrie et la profondeur du conducteur.

La maille géochimique environnementale au 200 x 200 m sera poursuivie.

Des premiers sondages de reconnaissance géologique, carottés, pourront être réalisés sur les secteurs qui s'avèrent les plus prometteurs. Ils pourront permettre, par exemple, de tester une anomalie géophysique en profondeur. Il est cependant trop tôt, en l'état actuel des connaissances, pour donner des informations détaillées sur le nombre, la localisation ou la profondeur de ces premiers sondages.

Des études pétrographiques plus poussées pourront également se mettre en place en partenariat avec une université. Les sections et lames polies réalisées sur des échantillons représentatifs du minerai de Porte-aux-Moines et de chapeaux de fer de différents prospects pourront être étudiées plus en précision au microscope à réflexion, au microscope électronique à balayage (MEB) ou encore à la microsonde électronique. Ces études apporteront des informations précieuses sur les paragenèses minérales, sur le comportement de l'or et de l'argent ainsi que sur l'histoire de la mise en place des minéralisations sulfurées.

Les travaux abordés dans ce paragraphe feront l'objet, si nécessaire, d'une déclaration de travaux spécifique effectuée auprès de la préfecture.

5.3. RÉUNIONS D'INFORMATION

La société Variscan Mines répondra aux convocations qui lui seront adressées par la préfecture des Côtes-d'Armor à Saint-Brieuc ou en d'autres lieux pour faire le point sur le programme réalisé et à venir. La deuxième Commission d'Information et de Suivi des Travaux est attendue pour le début de l'année 2016.

5 réunions d'information à destination des élus des 22 communes concernées par la géophysique héliportée de juillet 2015 sont planifiées pour janvier 2016. Elles permettront de présenter un point d'avancement des travaux ainsi que les premiers résultats acquis. Elles seront également l'occasion pour les élus de faire remonter le ressenti de leurs administrés.

Variscan Mines reste ouvert pour participer à des réunions publiques d'information organisées à la demande des élus ou d'autres acteurs du territoire.

6. Conclusion

Le présent document rappelle les travaux antérieurs à 2015, avant l'octroi du permis exclusif de recherche de mines sur le territoire du permis de Merléac signé le 3 novembre 2014 et l'activité de l'année 2015.

L'activité en 2015 a consisté en quatre ensembles de travaux :

- Le recueil de données bibliographiques auprès de Géodéris, de la DREAL Bretagne, des archives départementales d'Ille-et-Vilaine (fond de l'ex-DRIRE) et du BRGM et début de leur valorisation dans un SIG et dans un modèle 3D
- La description et la réanalyse avec une procédure de contrôle qualité (QA/QC) des carottes des sondages PAM05, PAM08 et PAM16 réalisés sur Porte-aux-Moines et conservés au BRGM
- Un lever géophysique héliporté (VTEM^{PLUS}) magnétique et électromagnétique sur une surface d'environ 180 km² et l'interprétation de ses résultats, notamment par des contrôles sur le terrain
- La poursuite du recueil de données de terrain sur les gossans, les anciennes ferrières, les prospects connus et les sites d'intérêt de la géophysique (prospection marteau) associés à une carte géologique détaillée à 1/5 000 ; plusieurs sites d'intérêt prioritaire ont ainsi été définis.

Les principaux résultats de ce travail de terrain à fin 2015 ont été les suivants :

- Échantillons de sol prélevés : 729 au total, dont :
  - 727 sols en 2014 (412 sols superficiels et 315 sols profonds)
  - 2 sols en 2015 (rainurages)
- Échantillons de roche prélevés : 665 au total, dont :
  - 281 roches en 2014
  - 384 roches en 2015
- État 0 environnemental : 32 points ont été échantillonnés sur les 10 255 points théoriques (avancement de 0,3 %)
- La totalité des 729 sols et des 665 roches a été expédiée, préparée et analysée par XRF chez e-Mines. Les résultats sont joints sur le CR-Rom qui accompagne le présent rapport
- 157 échantillons de roches ont été analysés par ICP-AES (métaux de base) et pyroanalyse (or) chez ALS. Les résultats sont joints sur le CR-Rom qui accompagne le présent rapport
- Ébauche de cartographie géologique au 1/5 000 sur les principaux prospects
- Identification des sites d'intérêt prioritaire suivants, le long de la Porte-aux-Moines : La Prise Malard, Les Essarts/La Ferrière, Les Martyrs et Gausson
- Environ 932 000 € ont été dépensés depuis le début des travaux de Variscan Mines sur ce sujet, dont approximativement 628 000 € depuis la signature du PERM.

Le programme envisagé pour l'année 2016 est le suivant :

- Poursuite de la valorisation des travaux historiques en intégrant les données d'archives dans un SIG visant à réaliser des synthèses par prospect. Le modèle 3D réalisé sur Porte-aux-Moines sera complété et affiné. Un travail similaire sera réalisé sur les autres secteurs étudiés par le passé
- Réalisation de grilles de géochimie sol resserrées, à une maille 100 x 40 m, sur les sites de La Prise Malard (environ 480 points théoriques), Les Essarts-Les Martyrs (environ 2 300 points théoriques), Gausson (environ 790 points théoriques) et Le Roz (environ 320 points). En parallèle, la cartographie géologique de chaque site sera affinée
- Continuation de la prospection marteau sur le permis, dans la poursuite des travaux académiques de C. Richard sur les gossans et anciennes ferrières ainsi que sur les secteurs mis en lumière par la campagne de géophysique héliportée. De la géophysique au sol pourra, si besoin, être proposée sur certains secteurs afin de mieux discriminer la nature, la géométrie et la profondeur du conducteur responsable de la réponse au VTEM™
- Poursuite de la grille environnementale au 200 x 200 m
- Réalisation de premiers sondages de reconnaissance géologique permettant de tester des hypothèses géologiques. L'emplacement, le nombre et leur longueur ne sont pas encore définis, des travaux complémentaires étant encore nécessaires
- Étude pétrographique plus poussée d'échantillons caractéristiques du minerai de Porte-aux-Moines et d'échantillons de divers chapeaux de fer au microscope à réflexion, au microscope électronique à balayage et à la microsonde électronique, en partenariat avec une université
- Participation à toutes les réunions souhaitées par la préfecture, les mairies ou les autres acteurs du territoire.

7. Bibliographie

Aye F. (1978) – Les gisements à zinc-plomb-cuivre-argent de Bodennec et Porte-aux-Moines Première ébauche des modèles de minéralisations du sillon volcano-sédimentaire paléozoïque centre armoricain. *Chronique de la recherche Minière*, BRGM, Orléans, 445, p. 47-69.

Aye F. (1983) – Contrôles géologiques des gîtes stratiformes de Pb, Zn, Cu, Ag de la bordure du bassin de Châteaulin (Massif Armoricain, France) – Trois exemples types : La Porte aux Moines, Bodennec-Yeun Dong, Menez Albot, *Mémoire du BRGM*, Orleans, n°120, 263 p., 11 planches hors texte.

Aye F. (1984) - L'hétérogénéité de la distribution des gites sulfurés de Pb, Zn, Cu, Ag du Massif armoricain (France). Ses origines, ses conséquences au plan de la recherche minière. *Chronique de la recherche minière,* BRGM, Orléans, n° 475, 8 p.

Aye F., Kerjean M., Laville L. (1983) – Permis de Lanfains, Uzel et Scrignac (Côtes du Nord et Finistère) : Cartographie de détail et études de sondages de plusieurs prospects. Synthèse et propositions pour la poursuite des recherches, rapport BRGM 83 SGN 580 GMX, Orléans, 28 p.

Aye F., Lagleize D., Boyer C., Kerjean M., Laforêt C., Picot P. - (1982) - Minéralisations polymétalliques Cu-Pb-Zn volcano-sédimentaires du paléozoïque français. Synthèse des travaux effectués sur les minéralisations de Bretagne et résumé des résultats. BRGM, Orléans, Rapport 82 SGN 625 GMX, 15 p.

Baize D. (1997) - Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA Editions, Paris, 408 p.

Baize D. et Jabiol B. (1995) - Guide pour la description des sols. INRA Editions, Paris, 375 p.

Barbier J. (1976) – Les minéralisation potentielles du Dévonien dans le Bassin de Châteaulin (Bretagne). Interprétation d'analyses géochimiques mutli-éléments. Rapport BRGM 76-SGN-156-GMX, 20 p., 3 ann.

Barbier J. et Wilhem E. (1978) - Superficial geochemical dispersion around sulphide deposits: Some examples in France. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 10, 39 p.

Berthier L. (2013) - Tour d'horizon des sols et paysages de Bretagne. Séminaire national du « Programme Inventaire, Gestion et Conservatoire des Sols (IGCS) ».

Billa M. (1994) – Projet métaux de base dans la région de Rostrenen (Côtes-d'Armor, Finistère). Etat des travaux au 31 décembre 1993. Note BRGM DEX-DEP-94-017, Orléans, 70 p.

Birais A. (1970) - Les prospections géochimiques tactiques pour le plomb et le zinc de la mission Quintin (Côtes-du-Nord), Rapport BRGM 70 SGN 247 GPH, Orléans, 76 p.

BRGM (1981) – Gisement de Porte-aux-Moines (France), Bilan au 30/06/1981 des études techniques et économiques, rapport BRGM/81-RDM-035-DEM, 336 p., 7 vol., 23 planches hors texte, 3 cartes

BRGM (1995) – Etat des lieux et projet de mise en sécurité des anciennes mines de Trémuson, L'Hermitage-Lorge (22), Ty Gardien, Kervéady, Kerdevot (29). Rapport BRGM-R38208, 172 p.

BRGM (1997) – Propositions de travaux sécuritaires pour les ardoisières souterraines et les anciens travaux de recherches minières des Côtes d'Armor. Rapport BRGM-R39542, 159 p.

BRGM (2004) – Concession de Porte-aux-Moines (Côtes d'Armor), Déclaration d'Arrêt Définitif de Travaux du 18 juillet 2000, complétée conformément à la demande de la DRIRE de Bretagne (Courrier GP/Abi/EI2S/2003/888 du 2 octobre 2003), 22 p., 3 ann.

BRGM (2012) – Dossier de demande de renonciation à la concession de mines de cuivre, plomb ; zinc, argent et substances connexes de Porte-aux-Moines (Côtes-d'Armor), 29 p., 5 fig., 12 ann.

Campi R., (1983), Mémoire relatif aux travaux de prospection sur le périmètre du permis exclusif de recherches de Saint-Gelven (Côtes du Nord), S.M.M. PENARROYA – Service Géologie Recherches, Février 1983.

Carpentier F. (2012a) – Permis exclusif de recherches de mines de Beaulieu – Notice d'impact, Rapport Minelis VAR-MER-b-1208\3, 138 p., 13 annexes

Carpentier F. (2012b) – Permis exclusif de recherches de mines de Beaulieu – Notice d'incidence *Natura 2000*, Rapport Minelis VAR-MER-b-1205\2, 28 p., 2 annexes.

Carric G., Chantraine J., Dadet P., Flageollet J.-C., Sagon J.-P., Talbo H. et B. Mulot (1979) - Notice explicative, carte géologique France (1/50 000), feuille Moncontour (279). Orléans: BRGM, 43 p. Carte géologique par Guéranger B., Chantraine J., Dadet P., Sagon J.-P., Tegyey A., Carric G, Flageollet J.-C. (1979).

Chantraine J. (1983) – Inventaire lithologique et structural du Briovérien (protérozoïque) de la Bretagne centrale et du Bocage normand pour la recherche de guides métallogéniques. Editions du Bureau de recherches géologiques et minières, Service géologique national, Volume 67, 185 p.

Chantraine J., Guéranger B., Dadet P., Sagon J.-P., Tegyey A., Carric G, Flageollet J.-C., (1979) - Carte géologique France (1/50 000) feuille Moncontour (279). Orléans: BRGM. Notice explicative par Carric G., Chatraine J., Dadet P., Flageollet J.-C., Sagon J.-P., Talbo H. et B. Mulot (1979), 43p.

Corpel J., Debeglia N. (1982) – Valorisation de l'aéromagnétisme Bretagne, Caractérisation des prospects miniers connus, Mise en évidence de critères favorables à la présence de minéralisation, raport BRGM 82-SGN-437-GPH, 74 p., 28 ann.

Dadet P., Bos P., Chatraine J., Laville P., Sagon J.- P. (1988) - Notice explicative Carte geol. France à 1/50 000, feuille Pontivy (313). Orléans, BRGM, 77 p. Carte géologique par Dadet P., Sagon J.-P., Bos P., Chatraine J., Laville P. (1986).

Dadet P., Sagon J.-P., Bos P., Chatraine J., Laville P. (1986) - Carte geol. France à 1/50 000, feuille Pontivy (313). Orléans, BRGM. Notice explicative par Dadet P., Bos P., Chatraine J., Laville P., Sagon J.- P. (1988), 77 p.

Debeglia N. (1993) – Rostrenen, Levé gravimétrique régional, rapport BRGM 93-RR-97107-FR, 20 p., 12 ann.

Dentith M., Mudge S.T. (2014) – Geophysics for the mineral exploration geoscientist. Cambridge University Press, April 2014, 454 p.

Didoski M. et Ogier M. (1982) – Etude gravimétrique stratégique du PER de Lanfains (Côtes du Nord). Rapport BRGM 82-GPH-041, 20 p., 5 fig., 1 planche

Dommanget A. (1997) – Echantillonage or des amas sulfurés du Bassin de Châteaulin. Note technique du BRGM du 21/05/1997, 3 P., 2 ann.

Fernandez-Cornudet C. - (2006) - Devenir du Zn, Pb et Cd issus de retombées atmosphériques dans les sols, à différentes échelles d'étude. Influence de l'usage des sols sur la distribution et la mobilité des métaux. Thèse Environnement et Agronomie, Institut National d'Agronomie Paris-Grignon, 232 p.

Franklin J.M., (2005), Volcanogenic Massive Sulfide Deposits, Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume pp. 523-560.

Frignet B. et Lebert F. (1982) – Diagraphies à Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord) et Bodennec (Finistère). Synthèse à la fin 1981. Rapport BRGM 82-SGN-788-GPH, 19 p., 5 fig., 20 pl

Geotech Airborne Geophysical Surveys (2015) – VTEM^{PLUS} Report on a helicopter-borne versatile time domain electromagnetic (VTEM^{TM} Plus) and horizontal magnetic gradiometer geophysical survey. Project Merléac AB140264, September 2015, 20 p., 6 appendixes

Guigues J. - (1978) - Histoire de la découverte des gisements Pb-Zn-Cu-Ag armoricains : Méthodologie de la prospection. *Chronique de la recherche minière*, BRGM, Orléans, n° 445, 22 p.

Guillou Y. (1990) – Synthèse du bassin de Châteaulin, Rapport BRGM R 30 818, 99p, 22 fig, 1 tabl., 14 pl., 8 ann.

Kerjean M. (1981) – La Porte-aux-Moines, Quelques observations sur le gisement de sulfures. Note BRGM Division Vendée-Bretagne, Mission Rostrenen, V.B. 81-002, 20 p.

Kerjean M. et Gorichon A. (1983) – Syndicat Lanfains (Côtes-du-Nord), Point des travaux au 31 mars 1983, rapport BRGM 83-RDM-018-FE, 29 p., 12 ann.

Laville-Timsit L. et Wilhelm E. - (1979) - Comportement supergène des métaux autour du gîte sulfuré de Porte-aux-Moines (Côtes-du-nord). Application à la prospection géochimique. BRGM, Bulletin du BRGM (deuxième série), Section II, n°2-3, 33 p.

Marcoux É., 1987 - Isotopes du plomb et paragenèses métalliques, traceurs de l'histoire des gîtes minéraux. Illustration des concepts de source, d'héritage et de régionalisme dans les gîtes français. Applications en recherche minière. Thèse de Doctorat d'État, Université de Clermont Ferrand II, *Mémoire BRGM*, Orléans, n° 117, 289 p. + annexes.

Maund NH., Audion A-S. (2015) – Memorandum – Re-logging of drill core of drill hole PAM5, Porte-aux-Moines VHMS project, Brittany, 18 p.

Maund NH., Raoult G., Kunzelmann A-F., Cuquel H., Zegaoui S. (2014) – A report on the gossan sampling program, May 2014, Permis de recherches minières Merléac, 15 p.

Meloux J. (1978) – Notice explicative de la Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000, feuille Nantes – Massif Armoricain, Brgm édit., Orléans, 74 p., Carte par Meloux J., Rouveyrol P., Guigues J., Dumas J., Durand G., Gorichin A., Le Fur Y., Lemarchand R., Mulot B. (1979).

Meloux J., Rouveyrol P., Guigues J., Dumas J., Durand G., Gorichin A., Le Fur Y., Lemarchand R., Mulot B. (1979) – Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000, feuille Nantes – Massif Armoricain, Brgm édit., Orléans. Notice explicative par Meloux J. (1978), 74 p.

Pareux C. (2014) - Signature géochimique de surface du VMS de Porte-aux-Moines (22), Diffusion des métaux dans les sols et conséquences pour l'exploration. Rapport de master 2 OSUC, Rapport Variscan Mines VM-00019, 96 p., 51 fig., 12 tab., 6 annexes.

Perrin J. et Vaillant F.X. (1984) – Permis de Lanfains-Uzel (Côtes du Nord). Synthèse des travaux géophysiques au 31 avril 1984. Rapport BRGM 84-SGN-185-GPH, 28 p., 2 ann., 21 planches

Peucat J.J., Charlot R., Mifdal A., Chantraine J., Autran A. (1979) – Définition géochronologique de la phase bretonne en Bretagne centrale. Etude Rb/Sr de granites du domaine centre-armoricain. *Bull. BRGM*, Orléans, 4, p. 349-356.

Pierrot, R., Chauris L., Laforêt C. (1975) – Inventaire minéralogique de la France n° 5 : Côtes-du-Nord. Éditions BRGM, Orléans, 220 p.

Polgaire J.L., Gougis S., Verdier P. (1981) – Traitement par flottation du minerai Cu, Pb, Zn, Ag de Porte-aux-Moines (France). Optimisation de la flottation semi-globale Pb-Cu (Essais de laboratoire). Rapport BRGM 81-SGN-436-MIN, 95 p.

Pouit G., avec la collaboration de Aye F., Donnot M., Guerange B., Picot P., Oudin E. (1979) – Les minéralisations polymétalliques du Paléozoïque volcano-sédimentaire des Pyrénées centrales et de Bretagne. Rapport BRGM 79-SGN-678-GMX, 147 p.

Rabu D., Chauvel J.-J., Chantraine J. (1982) : Le domaine interne de la chaine cadomienne dans le Massif Armoricain ; Etude lithostratigraphique, géochimique et structurale le long d'une transversale en Baie de Saint-Brieuc et dans le pays de Lamballe (Côtes du Nord), rapport BRGM 82SGN351PAL, Nantes, 25 p., 7 fig., Annexe 1 : Section Binic, Annexe 2 : section Lamballe, Annexe 3 : diagrammes géochimiques.

Richard C. (2015) - Identification et cartographie des gossans sur le PERM Merléac, Rapport de master 2 OSUC, Rapport Variscan Mines VM-00037, 76 p., 34 fig., 5 tab., 7 ann.

Sagon J.-P. (1976) – Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Quintin (278), Orléans : BRGM. Notice explicative par Sagon J.-P. (1977), 43 p.

Sagon J.-P. (1977) – Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Quintin (278), Orléans : BRGM, 43 p., carte géologique par Sagon J.-P. (1976).

Sauter M. - (1982) - Suivi des impacts réels de la recherche minière : le cas de la Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord). BRGM, Rapport 81 SGN 551 ENV, 115 p.

Stumm W. et Morgan J.J. - (1996) - Aquatic chemistry, 3rd edition, Wiley, New York,1022 pp.

Thomas E., Sevin B., Lesimple S., Le Berre P. (2010a) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Loudéac (314). Orléans, BRGM. Notice explicative par Thomas E., Sevin B., Lesimple S., Le Berre P., Fullgraf T., Beuchet L., Carn A. (2010), 112 p.

Thomas E., Sevin B., Lesimple S., Le Berre P., Fullgraf T., Beuchet L., Carn A. (2010b) - Notice explicative Carte geol. France à 1/50 000, feuille Loudéac (314). Orléans, BRGM. Carte géologique par Thomas E., Sevin B., Lesimple S., Le Berre P. (2010), 112 p.

Tucker-Barrie C., Amelin Y., Pascual E. (2002) - U-Pb geochronology of VMS mineralization *in* the Iberian Pyrite Belt,. *Mineralium Deposita*, Spinger-Verlag ed., Heidelberg, Germany, 37, p. 684-703.

Variscan Mines (2011) – Demande de permis de recherches de mines dit « Permis Merléac », non paginé, 9 annexes, 10 cartes à 1/50 000.

Velasco F., Herrero J.M., Suarez S., Yusta I., Alvaro A., Tornos F. (2013), Supergene features and evolution of gossans capping massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt, Ore Geology Reviews 53, 181-203.

Wilhelm E. et Kosakevitch A., (1979), Utilisation des chapeaux de fer comme guides de prospection. Bull. BRGM, (2), II, 2-3, pp.109 à 140, 22 fig., 2 tabl., 3pl.

Wilhelm E. et Laville-Timsit L. - (1980) - Compte rendu de fin d'étude : « Optimisation des méthodes de prospection géochimiques régionales ». BRGM, Orléans, 577 p.

Annexe 1 : Documents généraux et courriers

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DES COTES D'ARMOR

Préfecture
Direction des relations
avec les collectivités territoriales
Bureau du développement durable

Affaire suivie par :
Mme Ginette Chalmé
Tél : 02.96.62.43.39
Fax : 02.96.62.44.78
ginette.chalme@cotes-darmor.gouv.fr

Saint-Brieuc, le 28 JAN. 2015

Monsieur le directeur général,

J'ai bien reçu, le 14 janvier 2015, le permis exclusif de recherches (PER) de mines, dit « Permis de Merléac » qui vous a été accordé par arrêté ministériel du 3 novembre 2014.

Conformément à l'article 44 du décret n° 2006-648 du 2 juin 2006 relatif aux titres miniers et aux titres de stockage souterrain, vous m'avez adressé le programme de travaux pour l'année 2015 et, conformément à l'article 4 du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains, un dossier de déclaration d'ouverture des travaux de recherches de mines.

Le dossier que vous avez déposé comporte l'ensemble des pièces exigées par l'article 8 du décret 2006-649 du 2 juin 2006.

Compte tenu du faible impact engendré par les travaux de recherches déclarés, il ne m'apparaît pas nécessaire d'encadrer ces travaux par des prescriptions particulières.

Conformément au dossier de déclaration, les travaux de recherches à la tarière :

1) devront être réalisés sans porter atteinte aux habitats naturels et aux espèces d'intérêts communautaires,

2) devront faire l'objet d'échanges préalables avec les maires des communes concernées, afin de s'assurer de l'accord des propriétaires des terrains sur lesquels seront réalisés les prélèvements,

3) seront effectués après une consultation préalable du guichet unique mis en place par le ministère chargé de l'environnement, afin de repérer les éventuels réseaux présents sur la zone.

Comme prévu à l'annexe de l'arrêté ministériel du 3 novembre 2014, vous trouverez, ci-joint, l'arrêté préfectoral en date du 26 janvier 2015, portant création de la commission d'information et de suivi des travaux relatifs au permis exclusif de recherche de mines, dit « Permis de Merléac ».

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur général, l'expression de ma considération distinguée.

Pour le préfet et par délégation,
Le secrétaire général,

Gérard DEROUIN

Monsieur Michel BONNEMAISON
Directeur général
de la société VARISCAN MINES
16, rue Léonard de Vinci
45074 ORLEANS Cedex 2

Copie transmise à :

- DREAL Bretagne - 35065 RENNES Cedex
(MM. Paul BOUILLET et Gilles BELTRAMINO)

Annexe 2 : Document unique d'évaluation des risques professionnels

Ce document est joint au rapport sous format PDF sur le CD-Rom joint.

Annexe 3 : Arrêté de fin de concession

21 mars 2014 JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Texte 21 sur 125

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DU REDRESSEMENT PRODUCTIF

Arrêté du 13 mars 2014 acceptant la renonciation totale du Bureau de recherches géologiques et minières à la concession de mines de plomb, zinc, cuivre, argent et substances connexes dite « Porte-aux-Moines » (département des Côtes-d'Armor)

NOR : *PROL1405271A*

Par arrêté du ministre du redressement productif en date du 13 mars 2014, la renonciation du Bureau des recherches géologiques et minières à la concession de mines de plomb, zinc, cuivre, argent et substances connexes dite « Concession Porte-aux-Moines » (Côtes-d'Armor) est acceptée.

En conséquence, il est mis fin à cette concession et les mines correspondantes sont replacées dans la situation de gisement ouvert aux recherches.

Annexe 4 : Demande d'accès/mise à disposition de documents

VARISCAN MINES

Orléans, le 10 novembre 2014

N/ref: 2014_11_10_645_MB
variscan@variscan.fr
recommandé avec AR

M. Vincent Laflèche
BRGM
Tour Mirabeau,
39-43 quai André Citroën
75739 Paris Cedex 15

Objet : Accès aux archives de la région de porte-aux-Moines et alentours (22)

Monsieur le Président,

Comme vous le savez, l'Etat a accordé à Variscan Mines le permis exclusif de recherche de mine de « Merléac » autour de la zone de Porte-aux-moines, dans les Côtes d'Armor.

A l'époque de la découverte de l'amas sulfuré de Rouez, le Brgm (et peut être d'autres sociétés ?) avait mené divers travaux de reconnaissance tant géophysique que de géologie sur le terrain sur la zone de l'amas sulfuré de portes-aux-Moines et ses alentours (feuilles à 1/50 000 de Quintin, Moncontour, Pontivy et Loudéac).

En qualité de titulaire du permis précité, nous souhaiterions pouvoir consulter et reproduire les résultats des investigations géologiques et géophysiques réalisés dans le cadre de ces programmes d'exploration que vous avez en archives dans les locaux du SGR/PAL à Nantes et celles du centre technique à Orleans.
Nous sommes intéressés par les diverses données acquises à cette époque de l'inventaire minier, y compris les valeurs ou mesures ponctuelles brutes d'analyses. L'objectif est pour nous de récupérer les données techniques acquises sur cette région, en prenant le soin, bien entendu, de n'apporter aucun trouble à la bonne marche de vos services ni aucun dérangement de ces archives.

Dans ce même esprit, nous vous saurions gré de nous laisser accéder aux carottes de sondages de ce site.

Restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'expression de nos sentiments distingués,

M. Bonnemaison
Directeur général

Copie : DREAL (Y Terliska)

variscan@variscan.fr
Cell +33 238 511056
Fax +33 238 510327
16 Rue Leonard de Vinci
45 074 Orléans Cedex 2, France

VARISCAN MINES
16, rue Léonard de Vinci
45074 ORLEANS CEDEX 2
SIRET 528 852 846 00016
Tél. 02 38 51 10 56 - Fax 02 38 51 03 27
Mail : variscan@variscan.fr

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Le Président

Monsieur Michel BONNEMAISON
VARISCAN MINES
16 rue Léonard de Vinci
45074 ORLEANS CEDEX 2

Orléans, le 21 novembre 2014

Objet : Accès aux archives de la région de La Porte-aux-Moines et alentours (22)

Affaire suivie par : B. Lamouille (DGR/DIR)

Monsieur le Directeur général,

Suite à votre courrier du 10 novembre 2014 concernant votre permis exclusif de recherche de mines de « Merléac », nous avons pris note de votre demande de consulter et reproduire les archives des programmes de l'inventaire minier disponibles au BRGM, ainsi que d'accéder aux éventuelles carottes de sondages du gisement de La Porte-aux-Moines.

Nous nous attachons à rassembler l'ensemble des archives publiques relevant du périmètre couvert par votre permis de recherche, qu'elles soient sous forme papier, numérique ou d'échantillons. Les éléments suivants ont été identifiés :

- rapports et notes techniques de l'inventaire minier ; intégrant les travaux de géophysique au sol,
- archives de l'ancienne division minière de la direction régionale/PAL (accessibles à Orléans),
- rapports de géophysique aéroportée,
- carottes de sondages de La Porte-aux-Moines.

J'ai demandé à Jean-Claude Guillaneau, directeur des Géoressources, de vous donner accès à toutes les données publiques concernant votre permis de « Merléac » qui pourront présenter un intérêt au développement de vos activités d'exploration minière dans la région.

Le BRGM, dans son rôle de service géologique national, entend contribuer à la relance du secteur minier sur le territoire métropolitain.

Nous vous proposons les mêmes modalités d'accès que pour vos consultations précédentes en vous rapprochant de la Direction des Géoressources.

En espérant avoir répondu à vos attentes, je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur général, l'expression de mes salutations les meilleures.

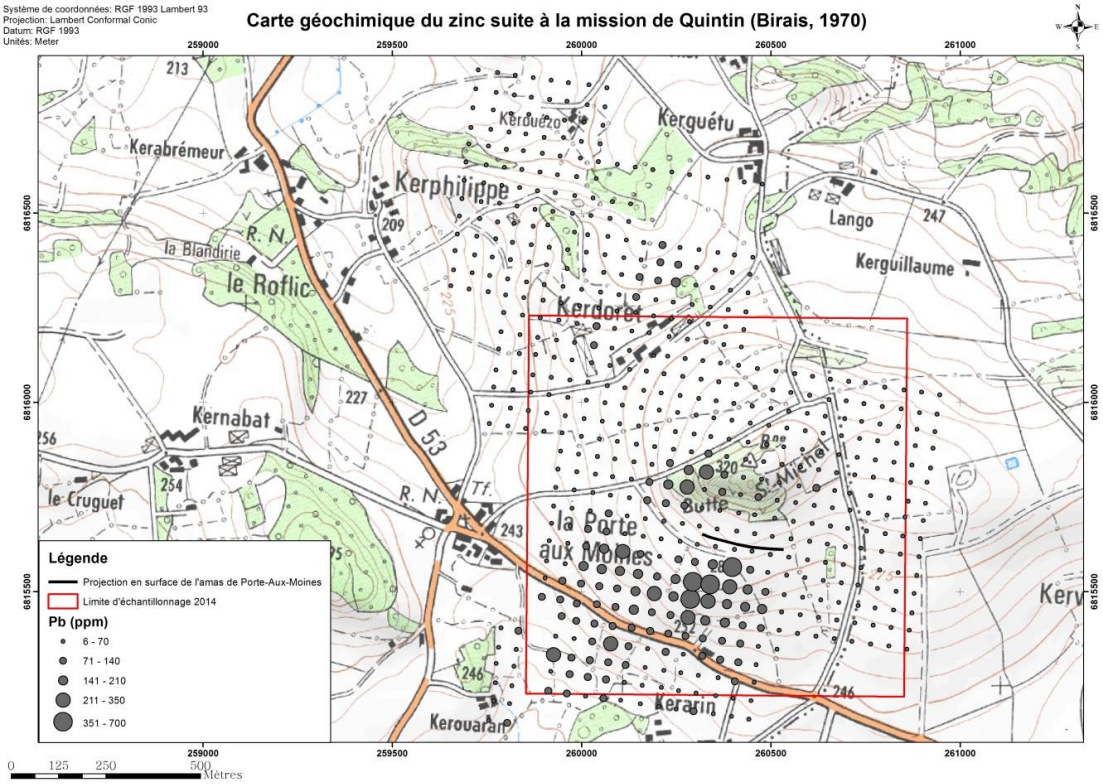
Vincent LAFLECHE

Siège
Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15 - France
Tél. +33 (0)1 40 58 89 00 - Fax +33 (0)1 40 58 89 33

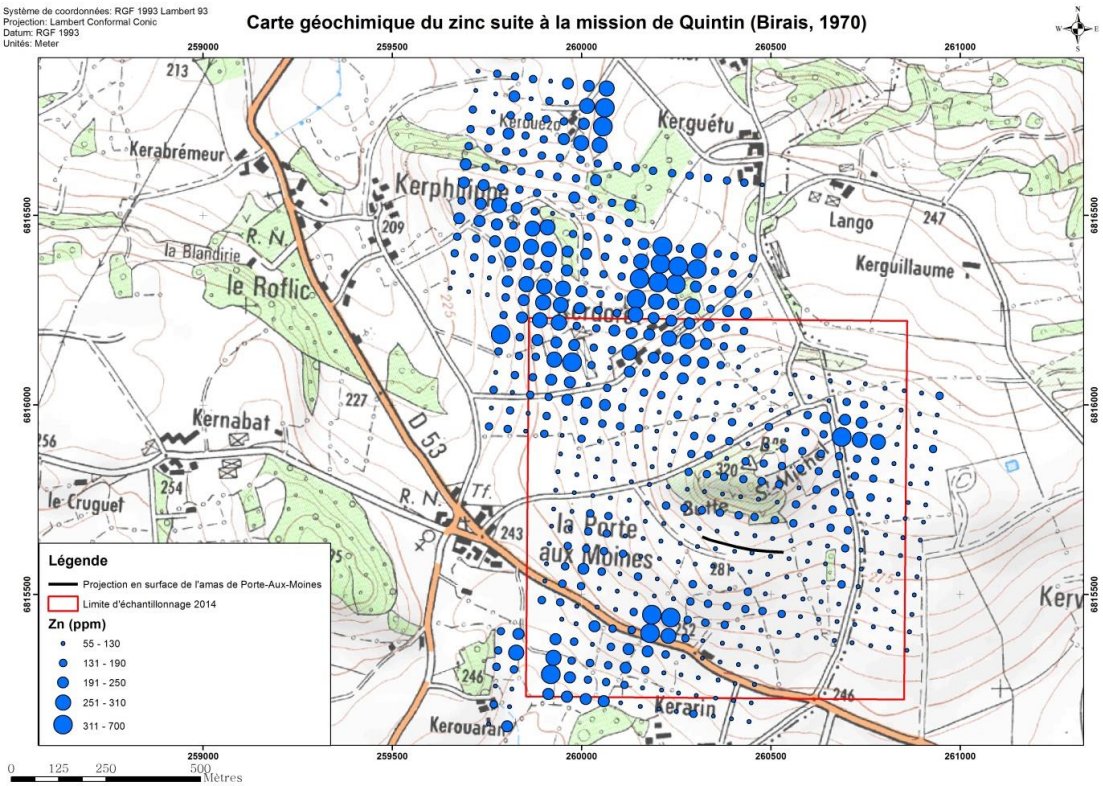
Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. +33 (0)2 38 64 34 34 - Fax +33(0)2 38 64 35 18

brgm bureau de recherches géologiques et minières - établissement public de recherche et d'expertise - RCS Paris - SIREN 582 056 149
www.brgm.fr

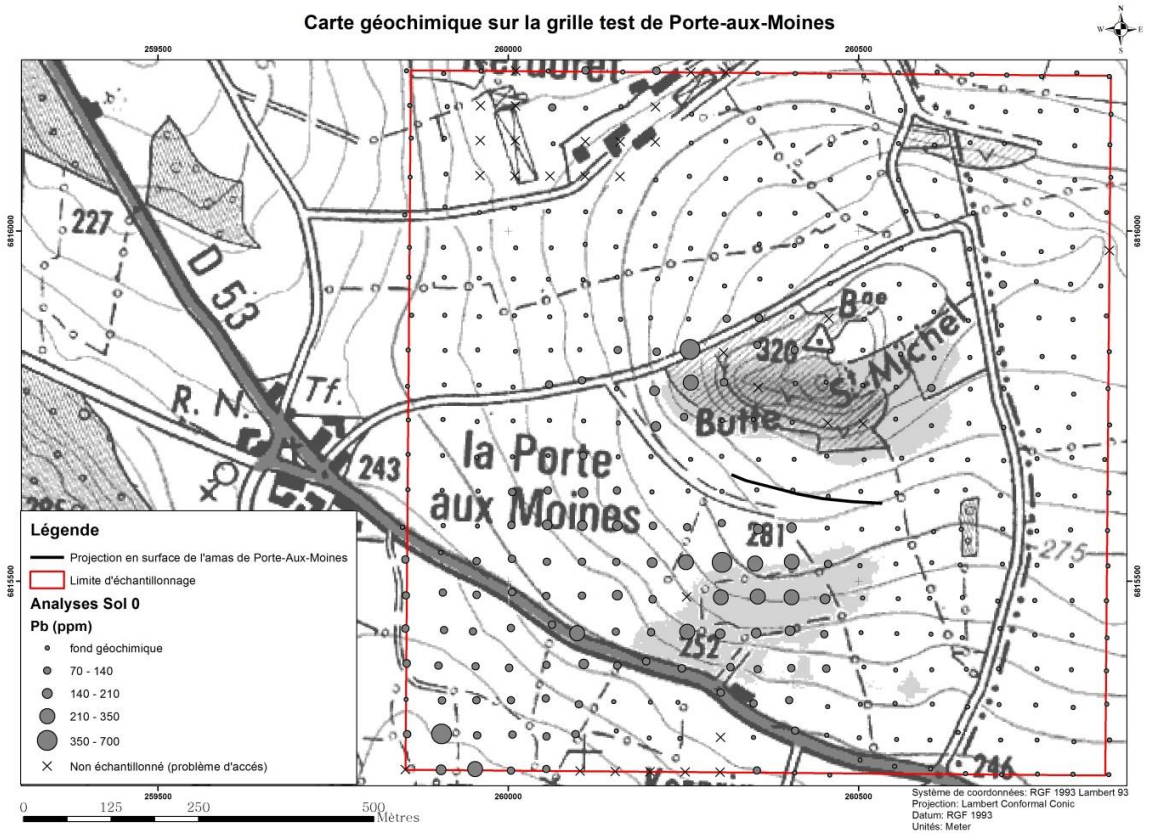
Annexe 5 : Grille méthodologique de géochimie sol : résultats complémentaires (Pareux, 2014)



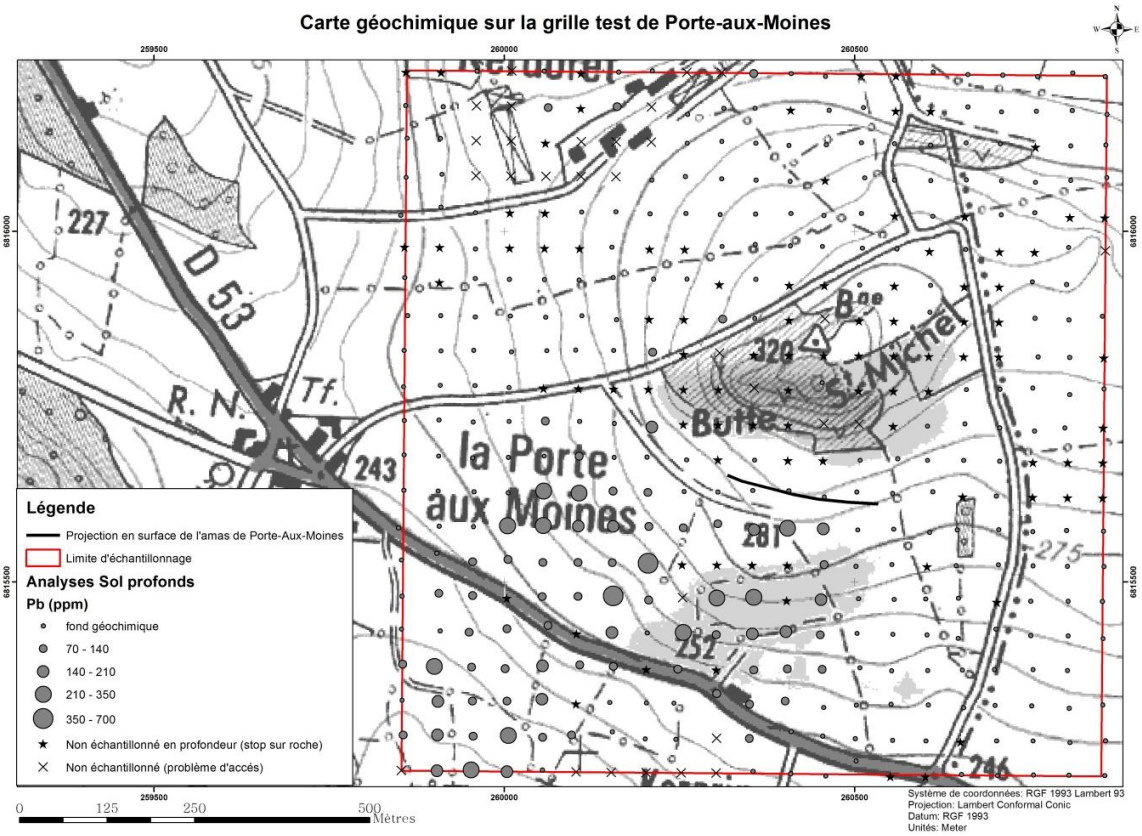
Teneurs en plomb de la mission Quintin (d'après Birais, 1970).



Teneurs en zinc de la mission Quintin (d'après Birais, 1970).

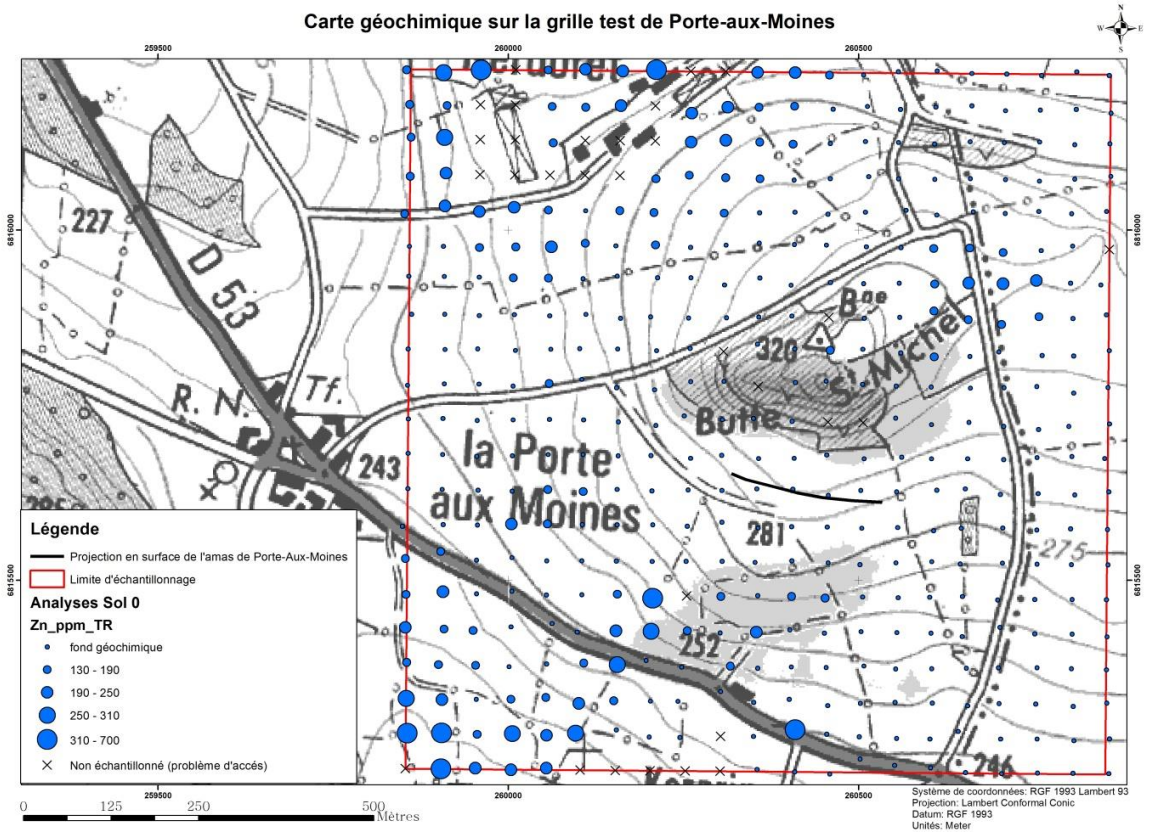


A

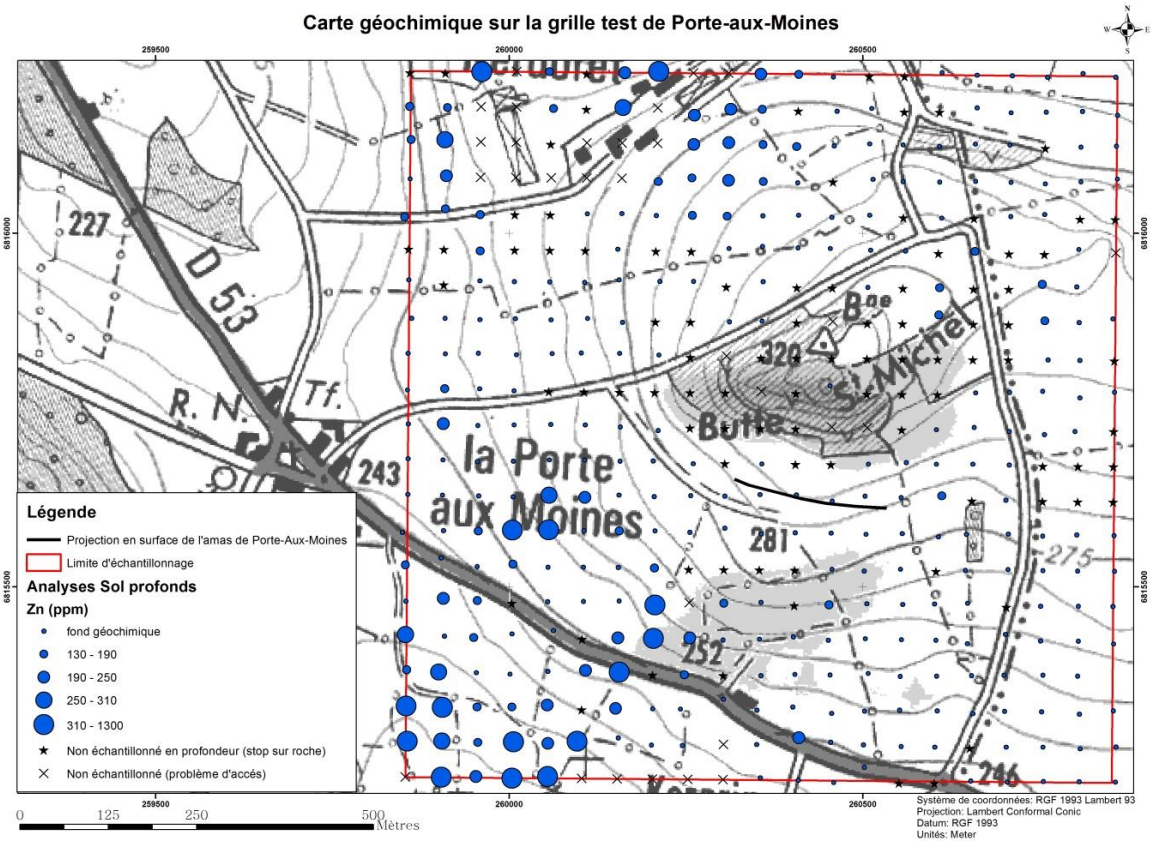


B

Carte géochimique du plomb en sols 0 (A) et en sols profonds (B)

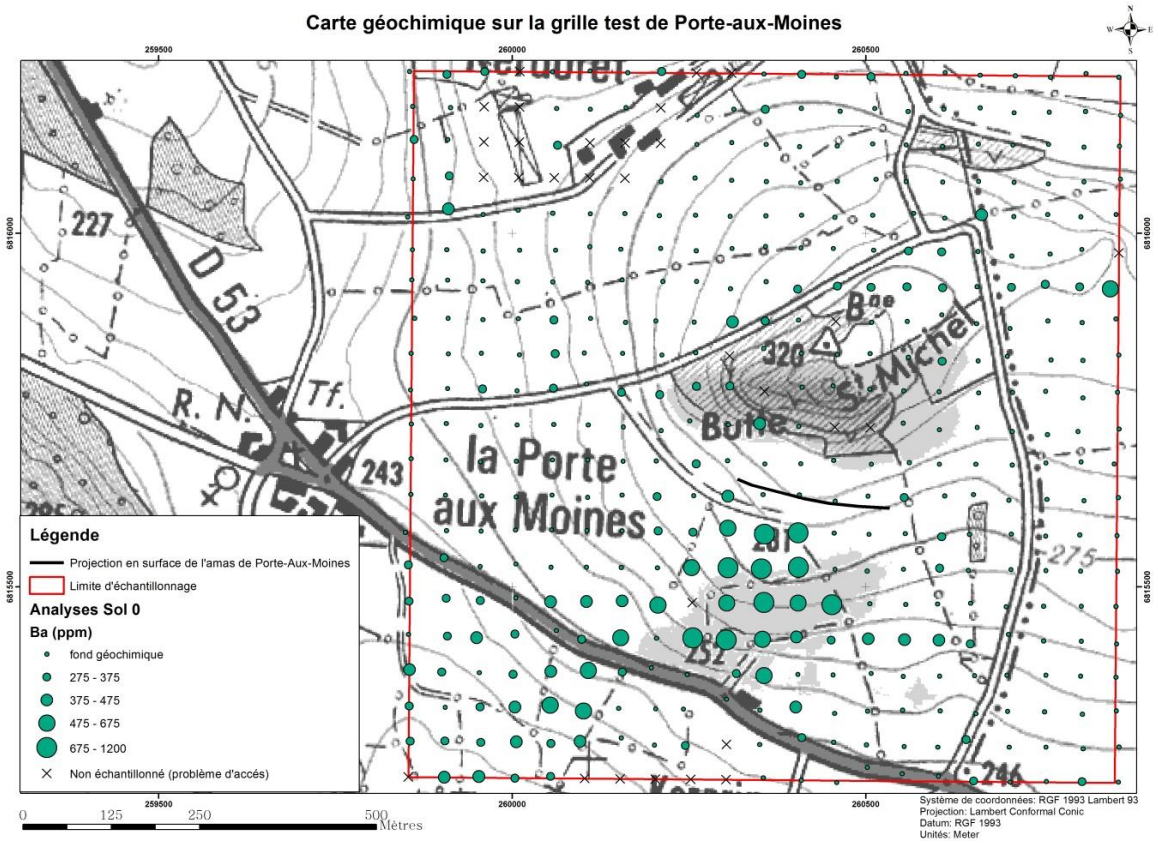


A

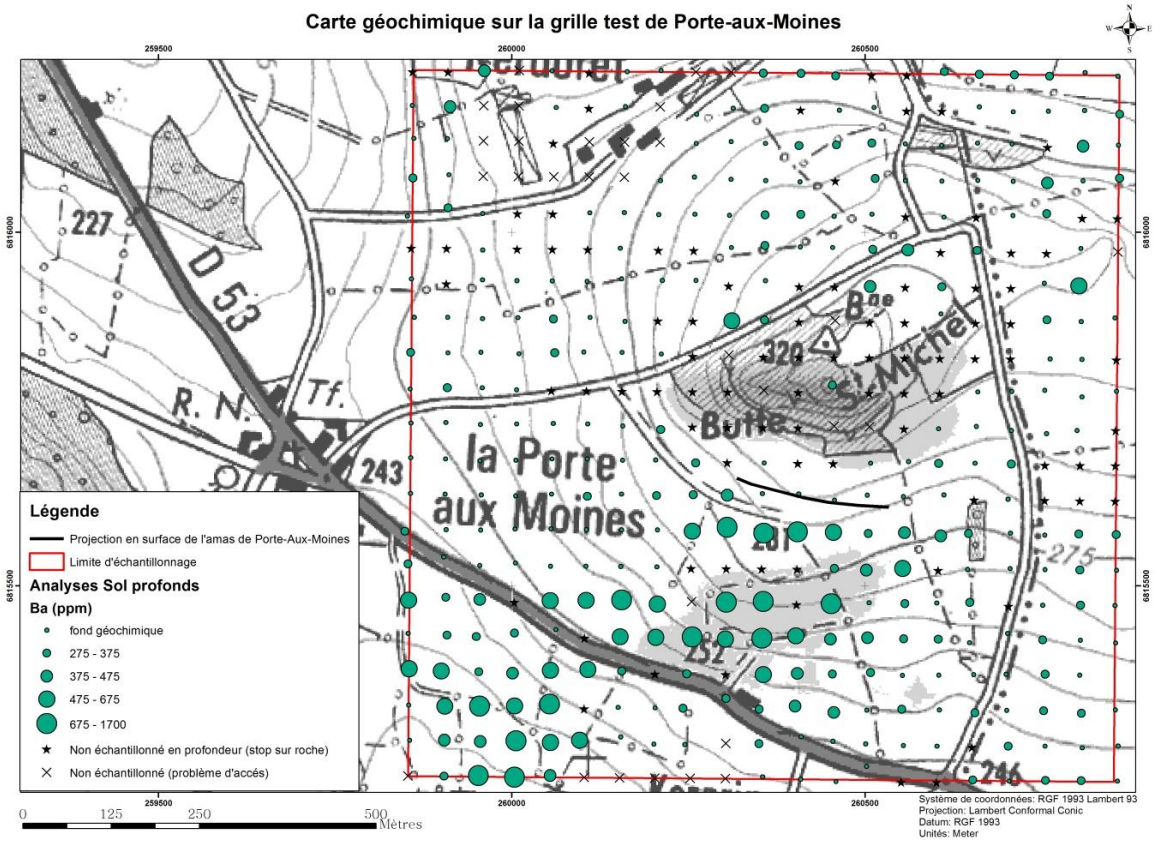


B

Carte géochimique du zinc en sols 0 (A) et en sols profonds (B).

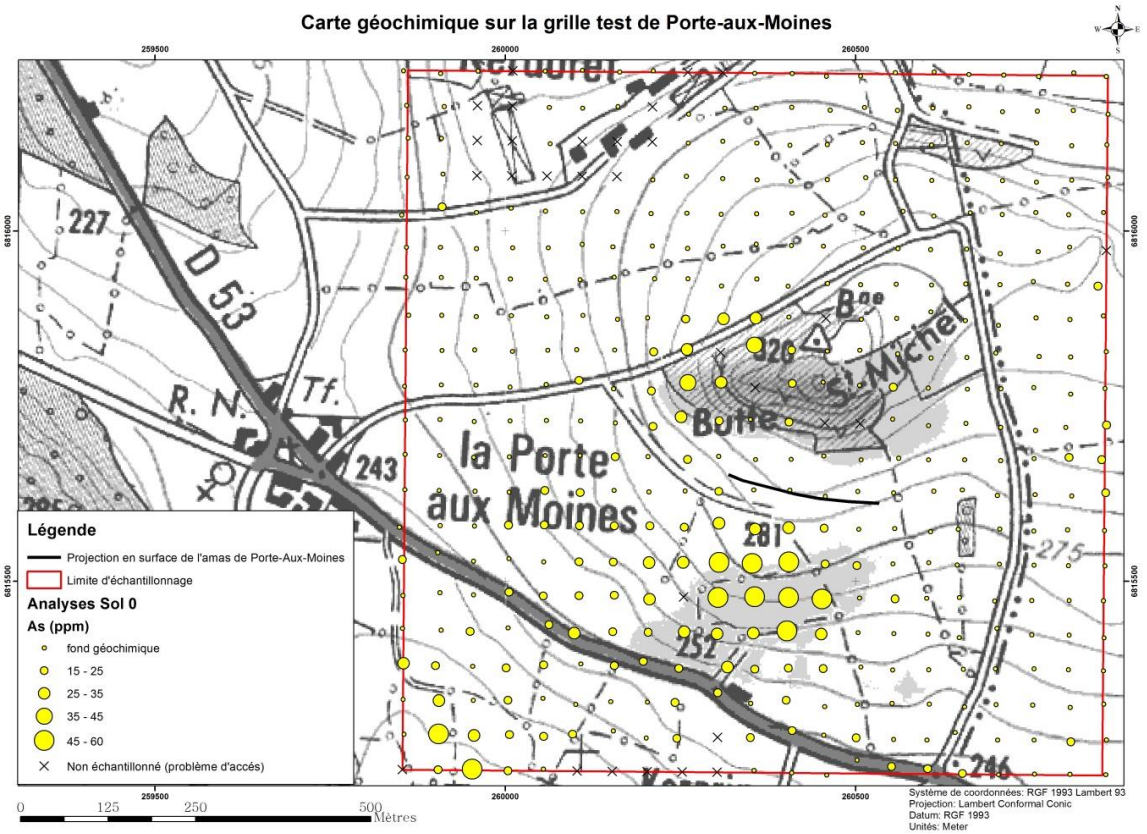


A

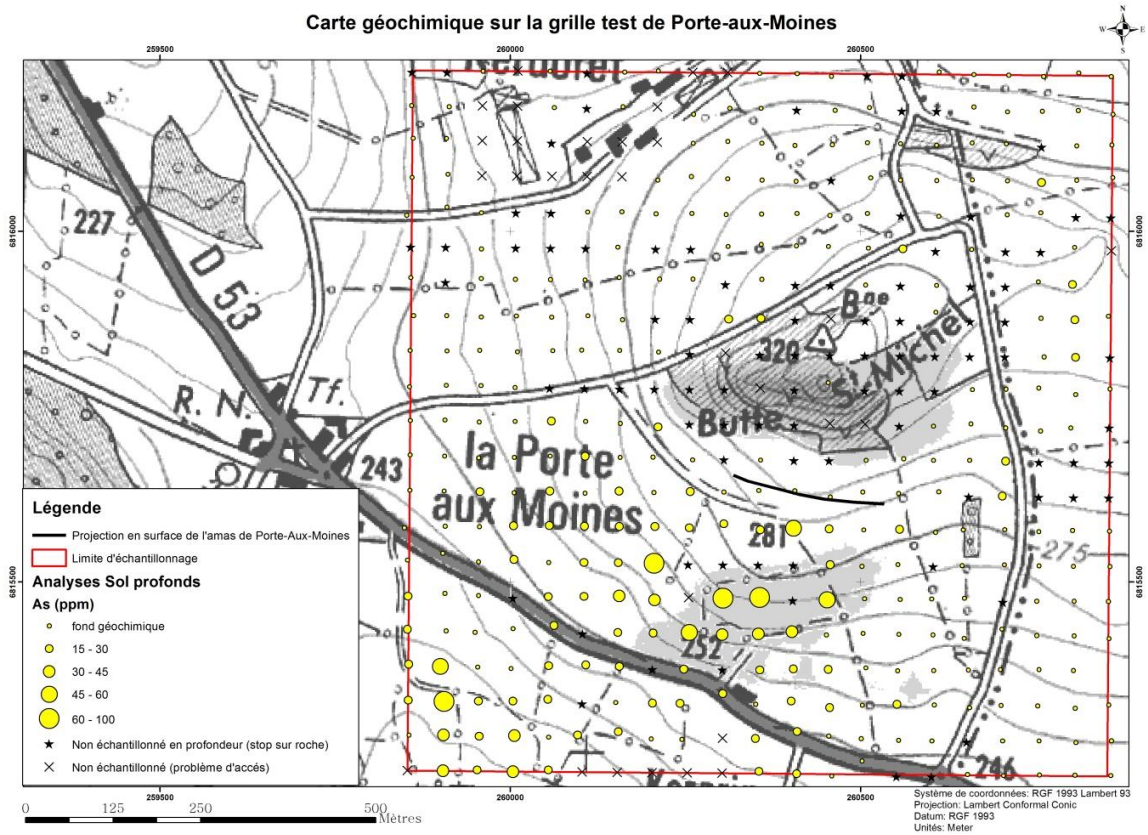


B

Carte géochimique du baryum en sols 0 (A) et en sols profonds (B).

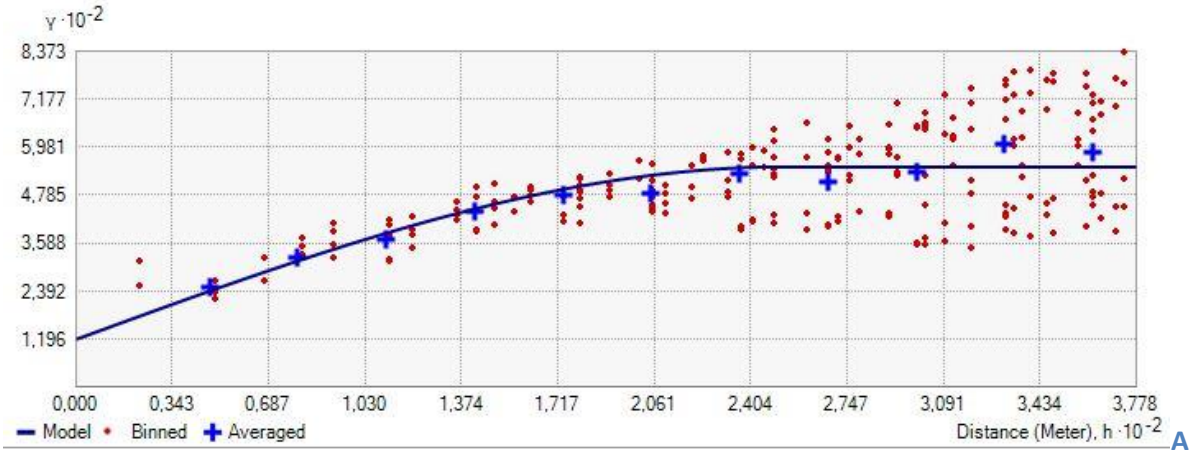


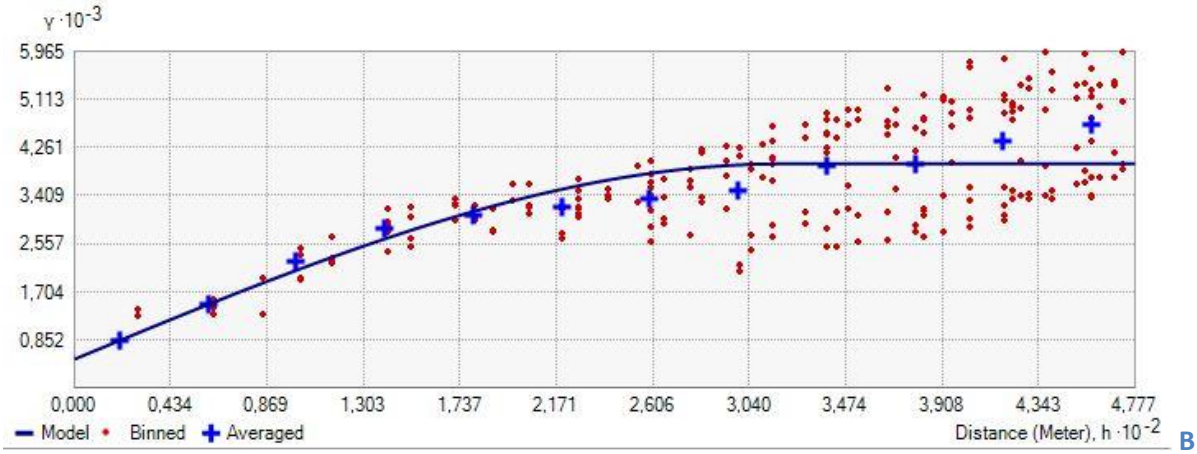
A

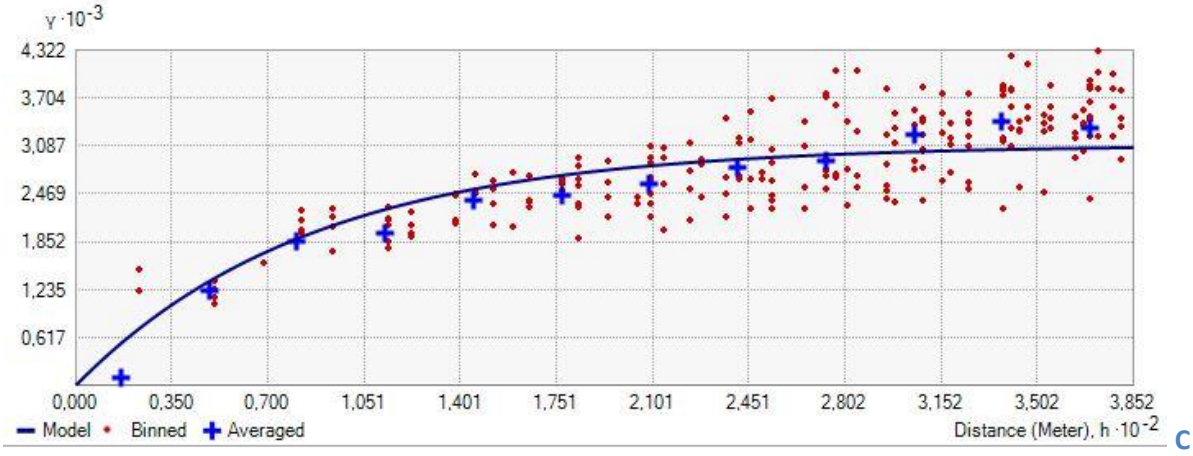


B

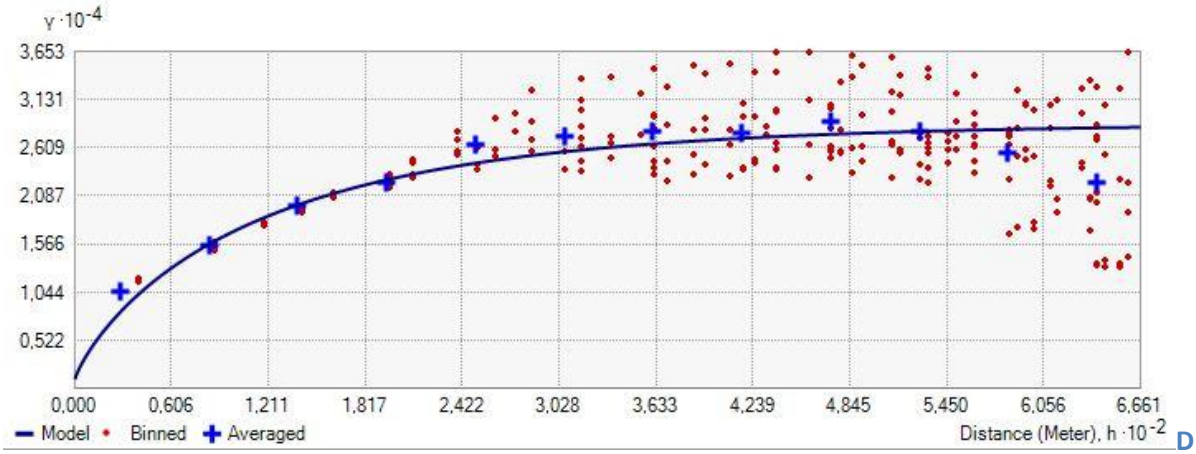
Carte géochimique de l'arsenic en sols 0 (A) et en sols profonds (B).

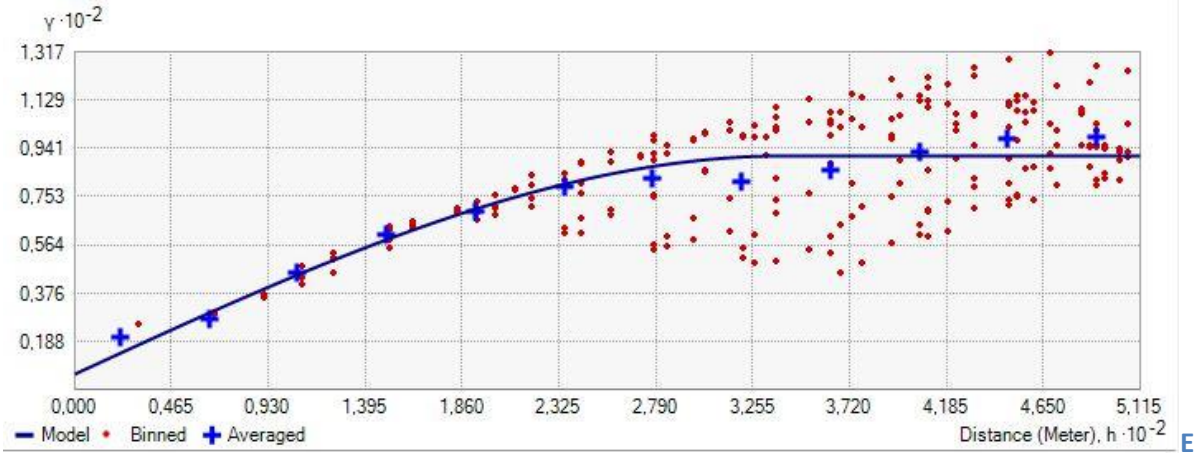




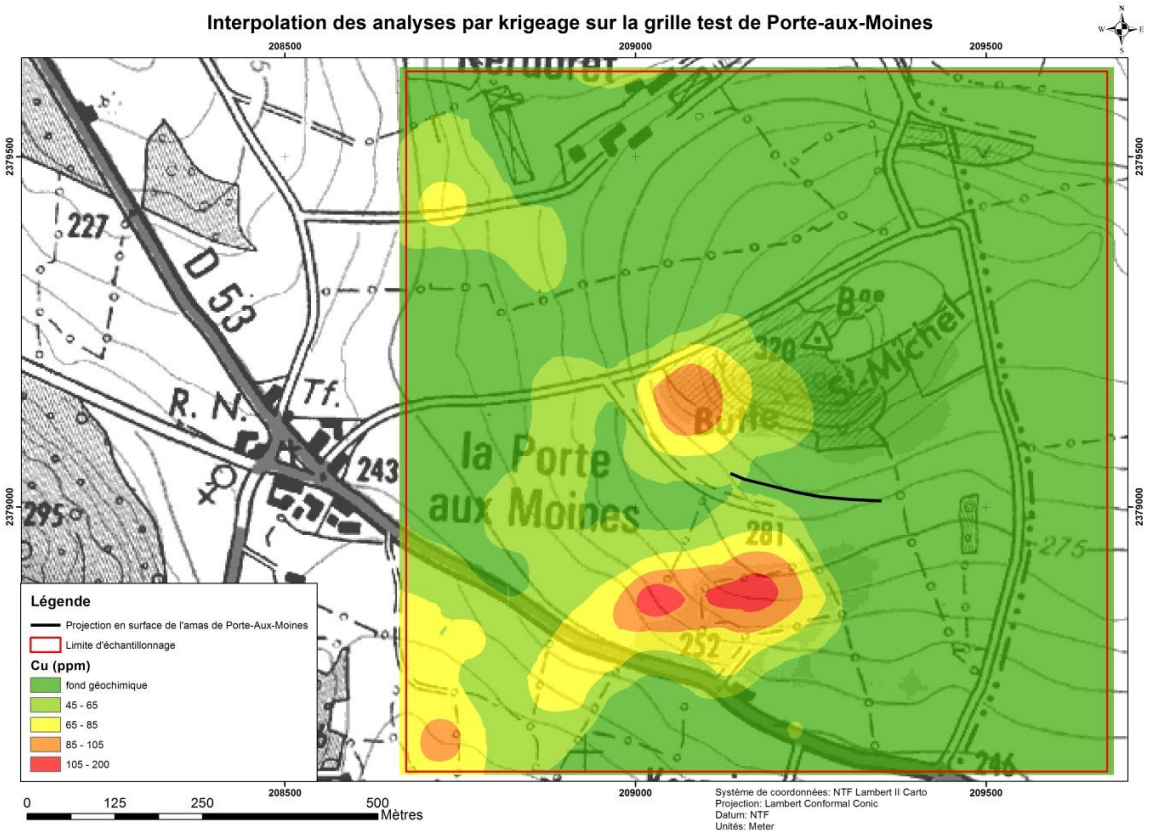


Variogrammes du cuivre (A), du plomb (B) et du zinc (C) suivant les données de surface.

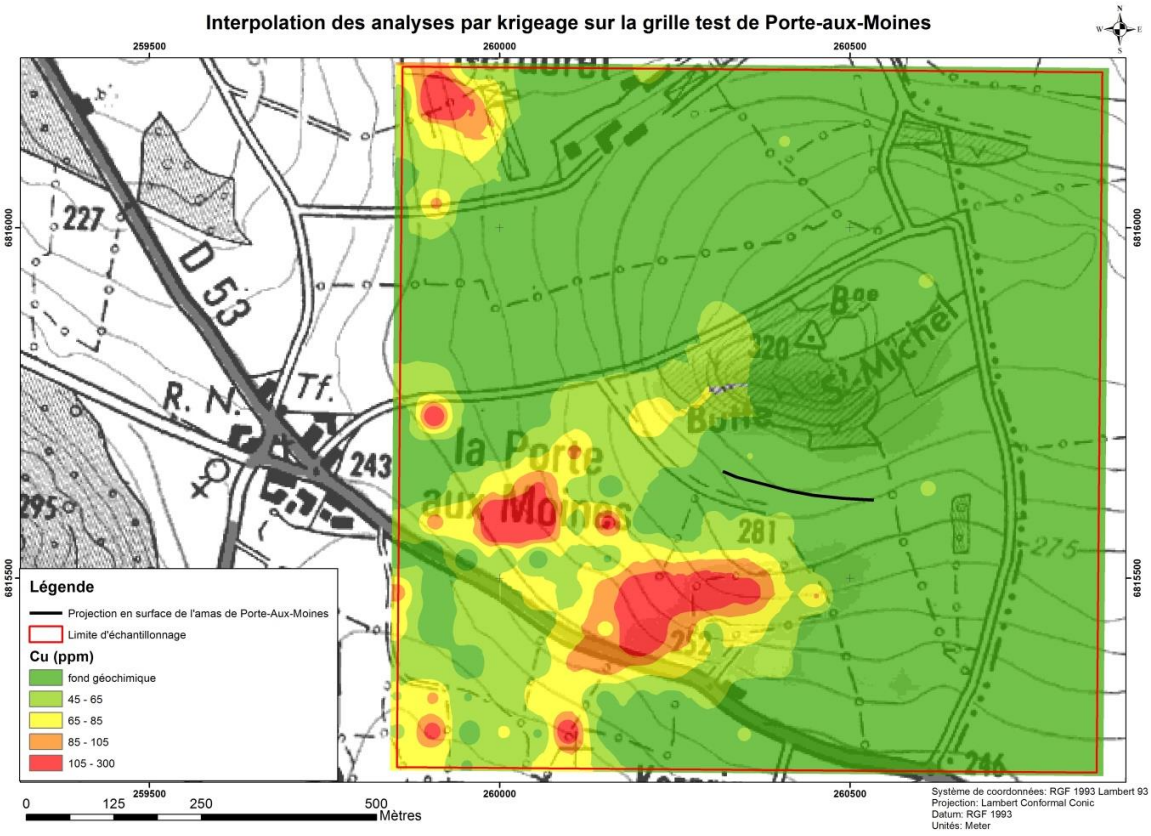




Variogrammes du baryum (D) et de l'arsenic (E) suivant les données de surface.

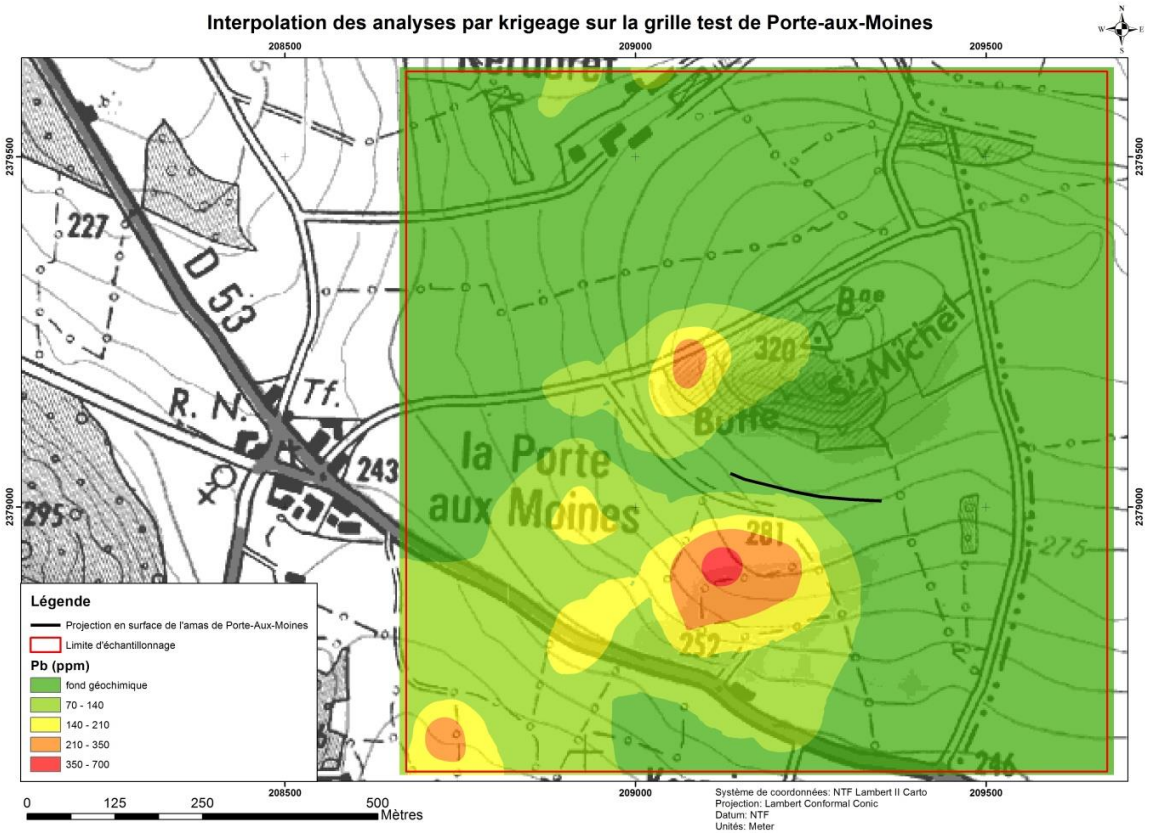


A

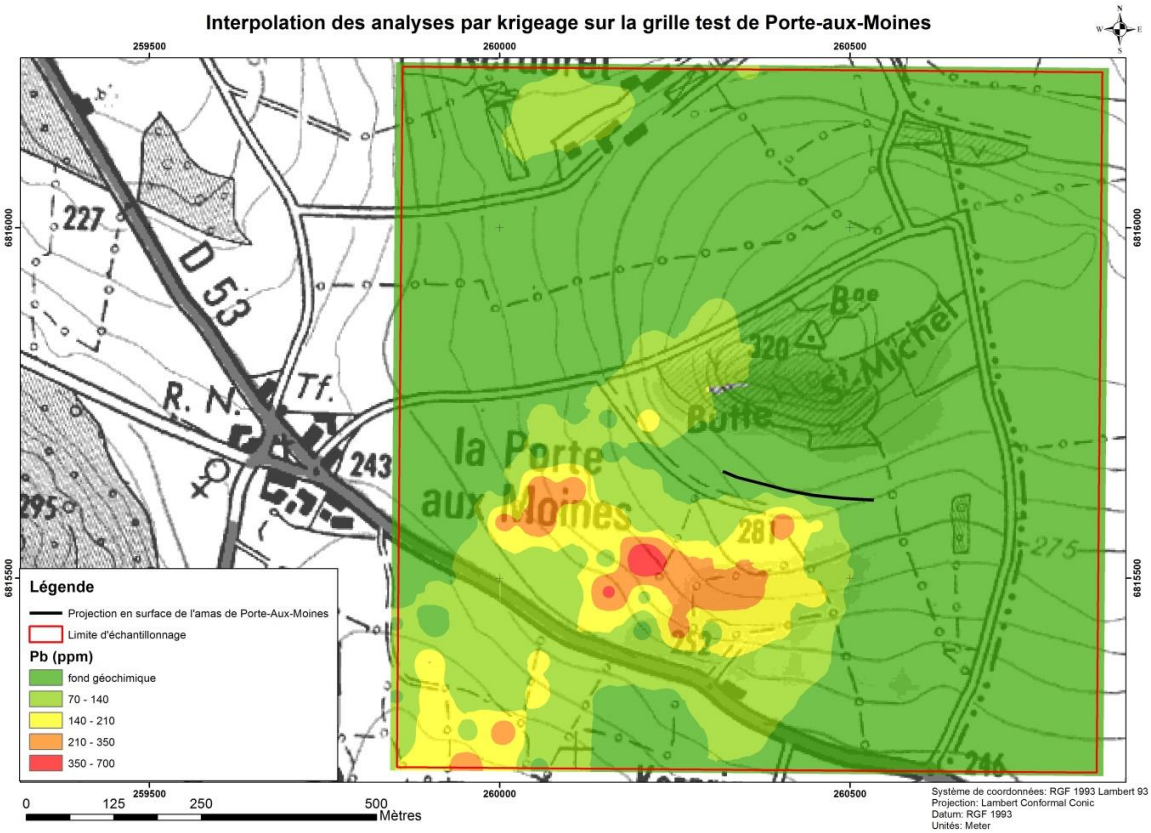


B

Interpolation par krigeage pour la surface (A) et par l'inverse distance en profondeurs (B) du cuivre

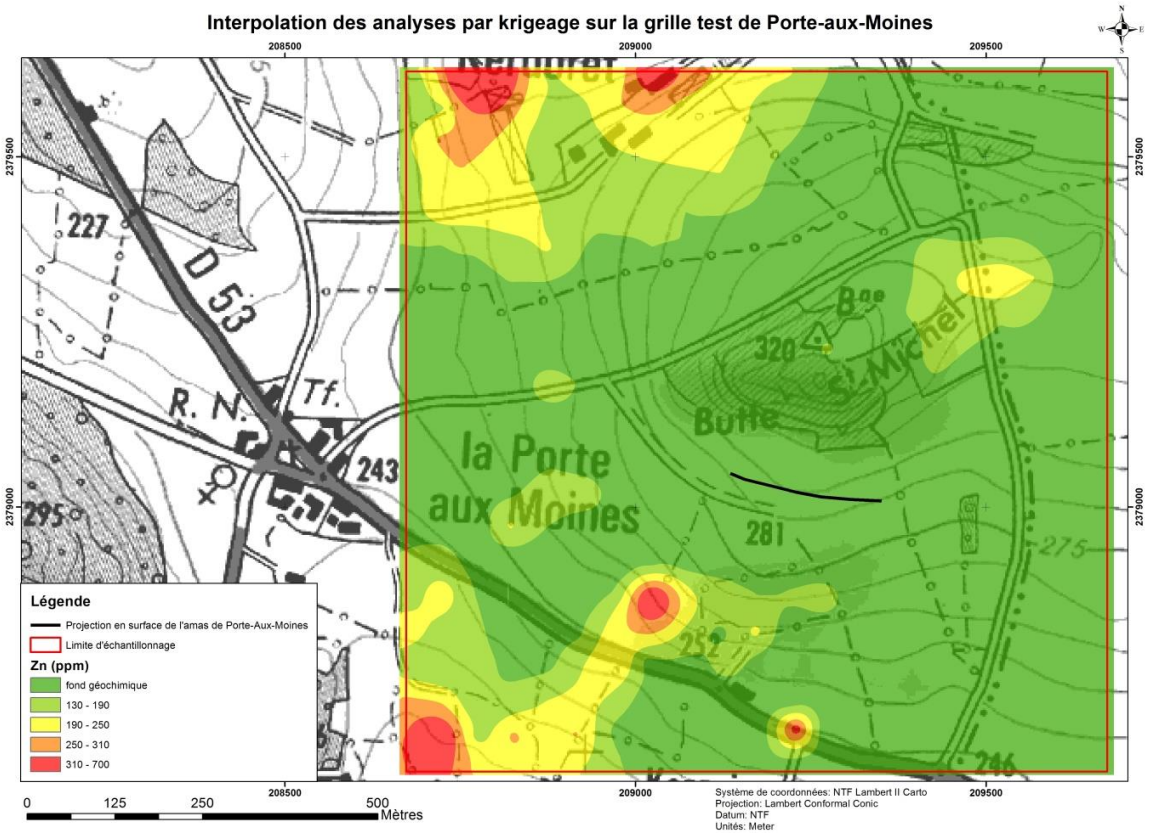


A

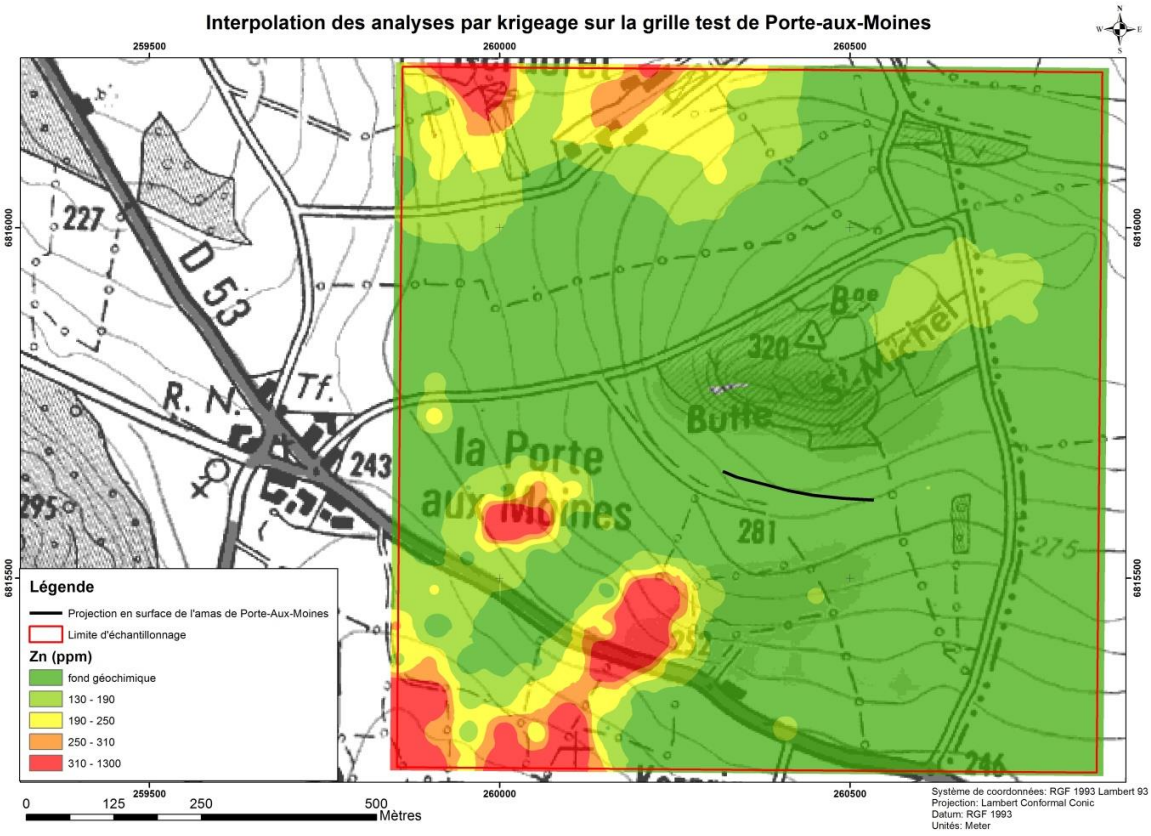


B

Interpolation par krigeage pour la surface (A) et par l'inverse distance en profondeurs (B) du plomb.

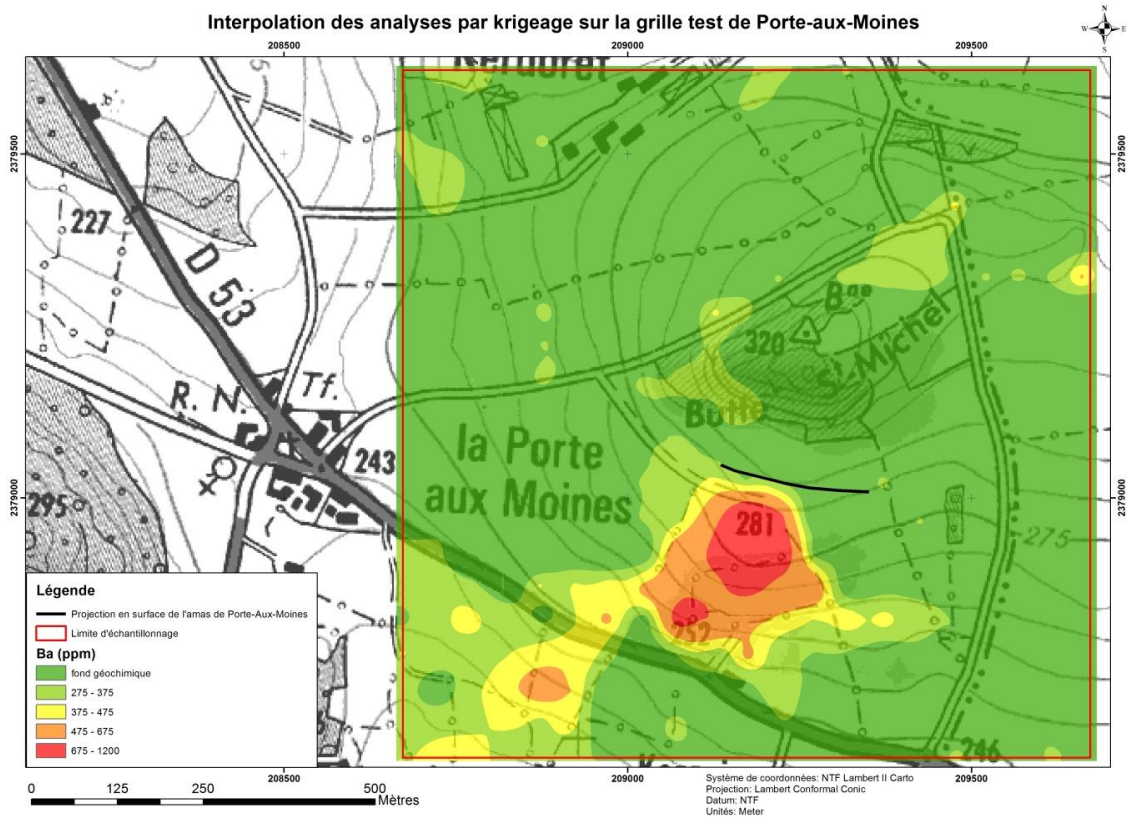


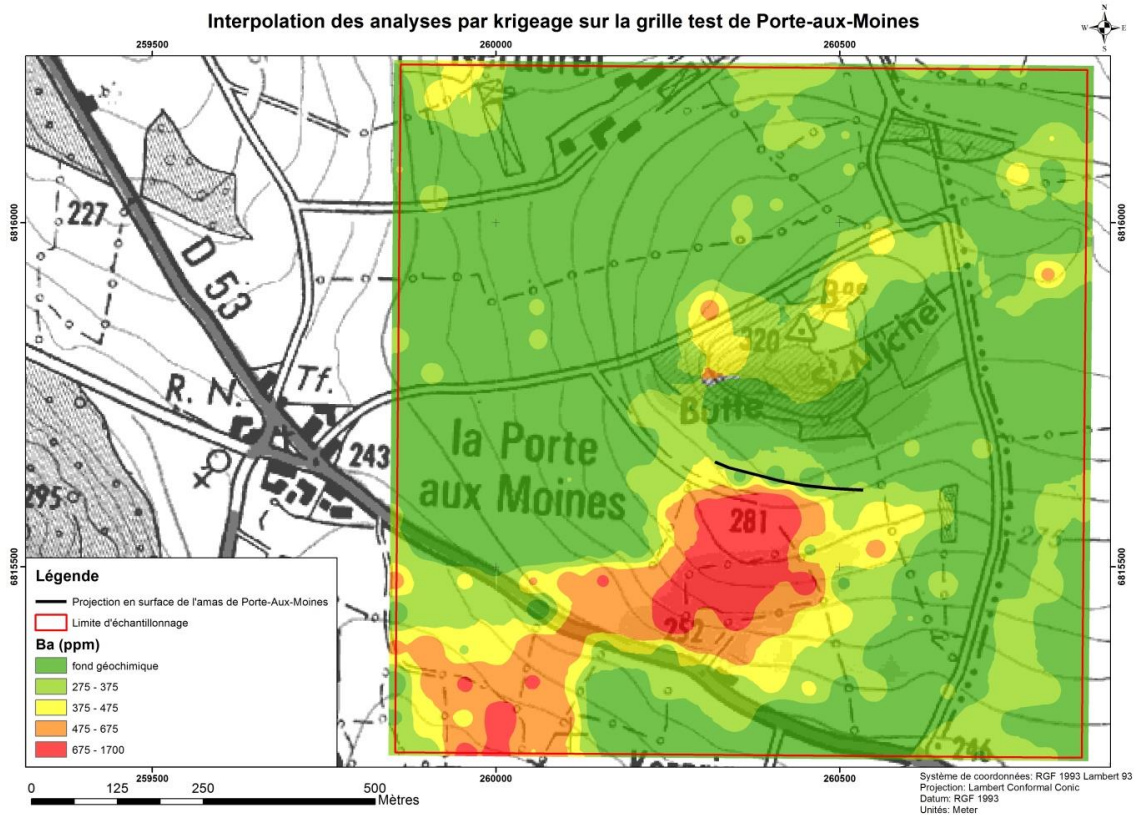
A



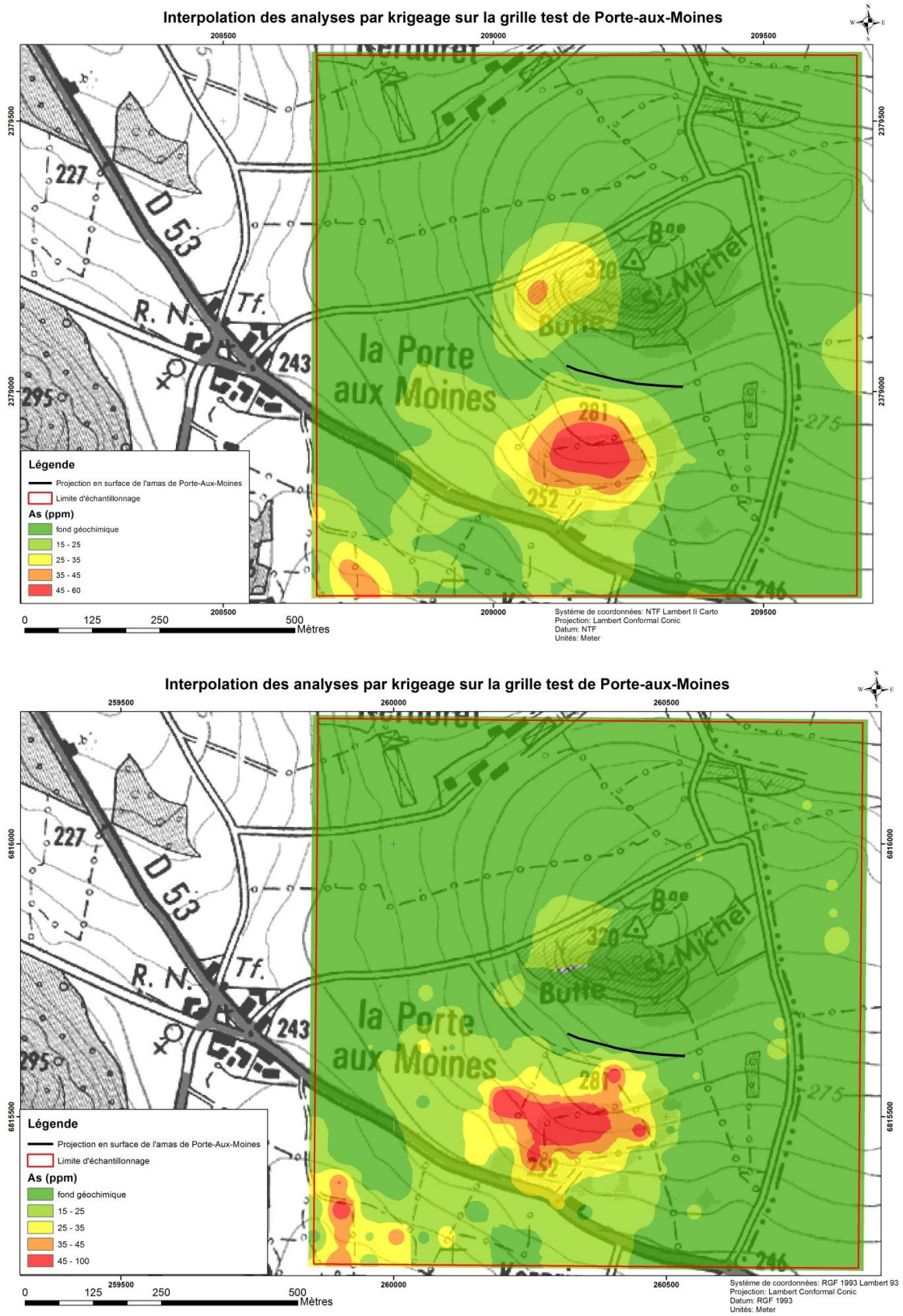
B

Interpolation par krigeage pour la surface (A) et par l'inverse distance en profondeurs (B) du zinc.





Interpolation par krigeage pour la surface (A) et par l'inverse distance en profondeurs (B) du baryum.



Interpolation par krigeage pour la surface (A) et par l'inverse distance en profondeurs (B) de l'arsenic.

Annexe 6 : Communication des résultats de la géophysique aéroportée

VARISCAN MINES

Le Directeur général
Michel Bonnemaison
✆ : +33 2 38 51 10 56
🖳 : m.bonnemaison@variscan.fr

Siret : 528 859 846 000 16

Mme Sylvie VINCENT
DREAL Bretagne
Service de Prévention des Pollutions et des Risques - Division Risques Chroniques
L'Armorique, 10 rue Maurice Fabre
CS 96515
35065 Rennes Cedex

Orléans, le 19 octobre 2015

Lettre recommandée avec AR
Nos réf : 2015_10_19_849_MB
Vos réf : 1190
Objet : PERM Merléac- Compte rendu des levés géophysiques
Affaire suivie par M. Beltramino (DREAL) et et Mme Audion-Serrand (Variscan Mines)

Madame le Chef de Division,

Dans le cadre du Permis Exclusif de Recherches de Mines de Merléac, un donné acte de la Préfecture des Côtes d'Armor en date du 15 juin 2015 a autorisé la société Variscan Mines à réaliser une campagne de géophysique héliportée sur une partie du PERM. Celle-ci s'est déroulée du 3 au 23 juillet 2015.

Conformément à l'article 2 du décret n°1186 du 22 mai 1944 modifié, nous vous adressons à ce jour les résultats bruts de cette campagne afin qu'ils soient fournis au Bureau de Recherches Géologiques et Minières avec une clause de confidentialité de 10 ans avant mise à disposition gratuite des données via l'un des sites du BRGM, ce délai pouvant être raccourci sur demande de Variscan Mines. Ceux-ci se présentent sous la forme de :

- Fichiers de grille au format .GRD, affichables dans le logiciel Oasis Montaj de Geosoft dont un visualisateur gratuit est téléchargeable sur le site de l'éditeur
- 15 fichiers image géoréférencés (GEOTIFF)
- 8 cartes au format .PDF à l'échelle 1/20 000
- Rapport (en anglais) de la compagnie Geotech Airborne en charge de l'acquisition des données synthétisant le déroulement de la campagne ainsi que ses premiers résultats.

Étant donnée la complexité des données acquises au cours de cette campagne, des travaux complémentaires d'interprétation sont en cours. Nous vous contacterons dès réception des résultats finaux afin d'étudier les modalités de présentation des résultats à vos services ainsi qu'aux mairies concernées par le survol.

variscan@variscan.fr Call +33 238 511056 FAX +33 238 510327 16 Rue Leonard de Vinci 45074 Orléans Cedex 2, France

VARISCAN MINES

L'équipe de Variscan Mines et moi-même nous tenons à votre disposition et à celle de la Préfecture des Côtes-d'Armor pour vous apporter tous les compléments d'information que vous jugeriez nécessaires.

Je vous prie de croire, Madame, à l'assurance de ma respectueuse considération.

VARISCAN MINES
16 rue Léonard de Vinci - CS 30019
45074 Orléans cedex 2 - France
Siret 528 859 846 000 16
tél +33 (0)2 38 51 10 56 - fax +33 (0)2 38 51 03 27
variscan@variscan.fr
Michel BONNEMAISON
Directeur général

Pièce jointe : CD-rom comportant les données brutes et le rapport de Geotech Airborne
Copies : Mme G. Chalmé, Préfecture des Côtes-d'Armor

Annexe 7 : Compte-rendu de la première CIS

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DES COTES D'ARMOR

Préfecture Direction des relations avec les collectivités territoriales Bureau du développement durable Affaire suivie par : M. Eric QUILLIOU Tél : 02.96.62.43.52 Fax : 02.96.62.44.78 eric.quilliou@cotes-darmor.gouv.fr	**COMMISSION D'INFORMATION ET DE SUIVI (CIS) DES TRAVAUX RELATIFS AU PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHE DE MINES PER - DIT « PERMIS DE MERLEAC »** **Réunion du mercredi 11 mars 2015**

Participants :

- M. Gérard DEROUIN, secrétaire général de la préfecture, président de séance,
- M. Eric QUILLIOU, directeur des relations avec les collectivités territoriales - préfecture,
- Mme Ginette CHALME, chef de bureau du développement durable - préfecture,
- MM. Paul BOUILLET et Gilles BELTRAMINO, direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne,
- M. Bernard DIDIER, direction départementale des territoires et de la mer,
- Mme Anne HENY, maire de LE BODEO,
- M. Yannick LE GUERN, adjoint au maire de BREHAND,
- M. Jean HERVE, maire de PLEMY,
- M. Thierry ANDRIEUX, maire de HENON,
- M. Didier COLDEFY, maire de MONCONTOUR,
- M. Joseph LE VEE, maire de PLAINTEL,
- M. Gérard MEROT, maire de LANFAINS,
- M. Michel LE DUAULT, maire de LA HARMOYE,
- M. André RAULT, maire de SAINT-CARREUC,
- M. Joseph ARTUR, maire de SAINT-BRANDAN,
- M. Joël CARREE, maire de MERLEAC,
- M. Gilles THOMAS, maire de PLUSSULIEN,
- M. Guy QUERE, maire de SAINT-MAYEUX,
- M. Daniel LE GOFF, maire de SAINT-THELO,
- M. Christophe ROBIN, maire de TREDANIEL,
- M. Joël CHEVALIER, maire de LANISCAT,
- M. Michel ANDRE, maire de SAINT-GELVEN,
- M. Guy BIENVENU, représentant « Côtes d'Armor Nature Environnement »,
- M. Claude SAUZAY, représentant la chambre syndicale des industries minières,
- M. Eric PALVADEAU, directeur du BRGM région Bretagne,
- M. Michel BONNEMAISON, directeur général de VARISCAN MINES,
- M. Patrick LEBRET, chef géologue, société VARISCAN MINES.

Excusés :

- M. Jean-Paul MOSNIER, sous-préfet de GUINGAMP,
- M. Yohann HERVO, maire d'ALLINEUC,
- Mme Nicole LE COUEDIC, maire de SAINT-HERVE,
- Mme Françoise LE FUR, maire de L'HERMITAGE-LORGE.

Document rédigé par : Eric QUILLIOU Tél : 02.06.62.43.52

PJ : 2 diaporamas présentés en séance

1/4

Installation de la commission d'information et de suivi des travaux

Le Secrétaire général, président de séance, installe la commission d'information et de suivi. Il indique que cette commission est composée de 6 collèges :

- les représentants de l'administration,
- les représentants des collectivités territoriales concernées,
- les associations agréées de protection de l'environnement,
- les représentants de l'industrie minière,
- les organismes scientifiques et experts,
- les représentants du titulaire du permis accordé.

Cette commission est créée sur la base de l'arrêté ministériel en date du 3 novembre 2014, lequel accorde le permis de recherche de mines à la société VARISCAN MINES.

Rappels généraux sur les PER par la DREAL

M. BELTRAMINO, de la DREAL, présente le diaporama mis en pièce jointe.

Il s'agit d'un rappel réglementaire, lequel comprend les principes généraux du code minier, le fondement d'un permis de recherche, la procédure de PER, les suites données au PER lorsque le ministre a pris un arrêté d'autorisation.
Par ailleurs, lorsque le PER est accordé, il existe une procédure d'instruction des demandes de déclaration de travaux. Il apporte des précisions sur la procédure complémentaire qui sera nécessaire avant l'ouverture d'une éventuelle exploitation de mines (demande de concession avec enquête publique. Il s'agit d'une procédure plus lourde complémentaire au PER).

Il établit un focus réglementaire sur le PER de MERLÉAC en présentant les principales étapes d'instruction, les caractéristiques du projet, les divers avis émis selon les diverses problématiques (captages d'eau, zones humides...).
Une consultation du public a été organisée. La DREAL et le Préfet des Côtes d'Armor ont émis un avis favorable.
Le ministère a estimé que les craintes exprimées lors de la consultation portaient sur l'exploitation et non sur le permis de recherche de mines.

Il rappelle qu'il n'y a d'ailleurs pas de caractère d'automaticité entre un PER accordé dans un premier temps et une autorisation d'exploiter, laquelle devra faire l'objet d'une instruction spécifique.
Il détaille également la demande concernant le programme de travaux présentés par VARISCAN MINES, celle-ci a été déclarée recevable par l'administration.

Interventions :

S'agissant de la butte Saint-Michel entre SAINT-MARTIN-des-PRÉS et MERLÉAC, elle a déjà fait l'objet de recherches par le passé (amas sulfurés).
M. LE VEE indique être interrogé régulièrement par ses concitoyens et signale les craintes exprimées par les populations. Il réaffirme le besoin permanent d'information. A cette fin, les porteurs de projet sont venus exposer leur projet dans la commune.
Le secrétaire général rappelle l'importance de la CIS comme vecteur d'information et de suivi et la nécessaire transparence sur le sujet.
Par ailleurs, il précise qu'une réunion régionale d'information est prévue le 9 avril prochain pour l'ensemble des sites en Bretagne.
M. ANDRIEUX signale aussi que la population se pose des questions, notamment lorsque la commune a fait l'objet, par le passé, de recherches minières, en l'occurrence d'uranium.

Présentation du projet par la société VARISCAN MINES

M. BONNEMAISON rappelle l'historique, la nécessité de bien cibler, dès le départ, les matières à rechercher, d'analyser les substances du gisement, d'où l'intérêt d'explorer des zones assez vastes. Il cite les diverses zones qui pourraient être prospectées en Bretagne.

Le PER de MERLÉAC concerne 411 km² sur 34 communes. Les terrains choisis constituent un vaste secteur aux caractéristiques géologiques étudiées par le passé et laissant augurer des possibilités de gisements (voir cartographie du diaporama). Le phénomène géologique (dépôts volcaniques) a émis des métaux sulfurés sur une trentaine de kilomètres d'extension. Le nom choisi, soit celui de « Merléac », correspond en règle générale au barycentre de la zone.

A ce stade de la procédure, VARISCAN MINES ignore ce qui sera trouvé. Si une mine existe, elle ne pourra être que souterraine et non en configuration de carrières ouvertes. Pour exploiter un gisement, il faudra 200 personnes. 1 emploi dans la mine se traduit par 3 emplois induits dans d'autres secteurs d'activité.
Le coût de recherche, par zone, est estimé à 10 M€. Pour obtenir un permis d'exploitation, on se situe dans une échéance de 10 à 15 ans à compter de ce jour.

Le programme de travail en 2015 comprend entre autres :

- des recherches bibliographiques,
- une connaissance des métaux par des prélèvements d'échantillon,
- un bilan environnemental qui permettra d'identifier les gisements des métaux répandus accidentellement (plomb de chasse, bord de route où l'on le retrouve du plomb lié à l'essence des véhicules). Ce bilan s'effectue par un quadrillage d'échantillonnage in situ, soit par un échantillonnage tous les 200 mètres (analyse des sols et sous-sols qui permettront une comparaison entre métaux présents en surface et en profondeur).
- 2 procédures administratives peuvent être utilisées : d'une part, l'autorisation comprenant des délais longs avec enquête publique et étude d'impact, et, d'autre part, la déclaration. Dans le cas présent et s'agissant d'un PER, le sondage est soumis à simple déclaration.
- Les travaux comprendront notamment :
    - ✔ la géophysique par hélicoptère avec envois d'émissions radios au sol permettant de mesurer l'intensité et la longueur des ondes. L'intensité du mécanisme de recherche par la voie géophysique correspond à celle émise par un fil électrique d'un appareil électroménager,
    - ✔ les prélèvements au sol par tarière.

Les communes sont prévenues avant les travaux Si les personnes s'opposent, VARISCAN MINES évitera de se rendre sur le terrain. L'acceptation sera évaluée par VARISCAN MINES car l'économie globale du projet pourrait être remise en cause pour insuffisance de sondages et recherches ne permettant pas une validation scientifique.

Le sondage : 1 m^3 est pompé par forage. Cette boue est mise en conteneurs et transportée en décharge de classe 1. En ce qui concerne le bruit, c'est environ 60 à 70 décibels correspondant au bruit d'un camion. Un sondage est fait en une semaine. Les terrains sont de type fissural, il n'y aura pas d'impact, a priori, sur les eaux de profondeur. Le trou est ensuite cimenté.

En ce qui concerne le cyanure et l'arsenic, substances évoquées dans certains journaux et qui, selon la presse, pourraient être utilisées lors des opérations de recherche, ou matières qui seraient prospectées, ceci n'est absolument pas fondé.

Des dédommagements auprès des propriétaires sont prévus, notamment en cas de réalisation de tranchées.
Les recherches diffèrent de celles réalisées il y a 30 ans par le BRGM, les techniques ont beaucoup évolué.

M. BONNEMAISON note que, comme signalé précédemment, le permis d'exploitation n'est pas automatique.

Interventions :

M. ANDRE évoque l'interdiction de recherche dans les zones de captage préconisée par l'ARS, ce qui semble accréditer les risques de pollution de la nappe lors des recherches
La DREAL explique qu'il s'agit d'une recommandation générale de l'ARS, en tout état de cause, l'exploitation de mines sur ces secteurs n'est pas envisageable.

Le BRGM indique aussi que les problèmes de pollution de l'eau se produisent lors du pompage d'eau, le PER n'est donc pas concerné dans le cas présent.

M. LEBRET signale qu'il y a eu des réunions d'information publiques en communes, avec la chambre d'agriculture.

M. BONNEMAISON note que les maires pourront aussi être associés au choix des sondages.

Le secrétaire général indique qu'au fur et à mesure des investigations sur le terrain, il faudra apprécier, au cas par cas, la nécessité de faire des réunions d'information locales, il rappelle que les maires sont des partenaires.

La DREAL précise que les maires sont destinataires du dossier de déclaration et qu'ils peuvent porter des réclamations et observations et les transmettre à la préfecture.

Conclusions

Le Secrétaire général conclut en signalant que la CIS se réunit au moins une fois par an, mais plus si nécessaire en cas de problème particulier.

Le Président,

Gérard DEROUIN

Annexe 8 : Articles de presse locale

La réduction à un format A4 de la plupart des articles collationnés les rendant illisibles, ils sont joints sous format PDF dans le CD-Rom associé au présent document. Il s'agit des articles de presse recueillis par Variscan Mines depuis 2012, sans prétention d'exhaustivité de ces publications.

Variscan Mines
16, rue Léonard de Vinci – CS30019
45074 Orléans la Source Cedex 2 – France – Tél. : +33 (2) 38 51 10 56