

Document à accès réservé
Jusqu'au 16 décembre 2030

Étude sanitaire et environnementale sur le secteur minier d'Asprières (12, 46)

2. Caractérisation du Fond Pédogéochimique

Rapport final

BRGM/RP-68490 -FR

Novembre 2018



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès réservé
Jusqu'au 16 décembre 2030

Étude sanitaire et environnementale sur le secteur minier d'Asprières (12, 46)

2. Caractérisation du Fond Pédogéochimique

Rapport final

BRGM/RP-68490-FR
Novembre 2018

V. Laperche et J. Melleton
en collaboration avec
B. Lemiere, G. Bentivegna et M. Respault

Vérificateur :

Nom : Gaël BELLENFANT

Fonction : Responsable scientifique
de programme

Date : 03/04/2019

Signature :



Approbateur :

Nom : Christopher BRYAN

Fonction : Responsable d'unité

Date : 03/04/2019

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Avertissement

Le rapport est « à accès réservé » en lien avec le devoir d'alerte sur les risques sanitaires potentiels des sites investigués. Cette action est centralisée par le client **GEODERIS** auprès des autorités compétentes après la réunion finale (prise de décisions).

Date de fin de confidentialité : 16/12/2030.

*Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur : **GEODERIS**, en 2 exemplaires et un CD de données conformément au cahier des charges.*

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait, et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots-clés : FPG, Asprières, Métaux, Zinc, Plomb, Géologie.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Laperche V. et Melleton J. en collaboration avec **Lemiere B., Bentivegna G. et Respault M.** (2018) - Étude sanitaire et environnementale sur le secteur minier d'Asprières (12, 46), 2. Caractérisation du Fond PédoGéochimique. Rapport final. BRGM/RP-68490-FR, 98 p., 35 ill., 4 ann.

Lexique

Al : Aluminium ou Al_2O_3 : oxyde d'aluminium

As : Arsenic

ASPITET : programme INRA-ADEME intitulé Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces.

Bi : Bismuth

Ca : Calcium ou CaO : oxyde de calcium

Cd : Cadmium

Co : Cobalt

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

Fe : Fer ou Fe_2O_3 : oxyde de fer

Ge : Germanium

FPG : Fond Pédo Géochimique

HCl : Acide chlorhydrique

ICP-AES : Spectrométrie d'Émission Atomique à Plasma à Couplage Inductif

K : Potassium

LD ou LQ : Limite de Détection ou Limite de Quantification (utilisée pour l'ICP)

LOD ou LD : Limite Of Detection (limite de détection) utilisée pour le pXRF

Métamorphique : transformation à l'état solide des roches sédimentaires, magmatiques ou encore métamorphiques, en raison des modifications des paramètres physico-chimiques du milieu dans lequel elles évoluent (notamment la pression et la température). Cette transformation, désignée sous le terme de métamorphisme, se traduit par une modification de la texture, de l'assemblage minéralogique à l'équilibre ou de la composition chimique de la roche.

Mg : Magnésium ou MgO : oxyde de magnésium

Na : Sodium ou Na_2O : oxyde de sodium

Ni : Nickel

pXRF : Spectrométrie de Fluorescence X portable

RMQS : Réseau de Mesures de la Qualité des Sols.

Sb : Antimoine

Si : Silicium ou SiO_2 : Silice

V : Vanadium

Varisque : ou hercynienne (appelé aussi cycle varisque ou cycle hercynien) est un cycle orogénique paléozoïque qui a débuté au Dévonien et s'est terminé avec le Permien, formant la chaîne varisque.

W : Tungstène

Zn : Zinc

Synthèse

Le présent rapport constitue une caractérisation du fond pédogéochimique (FPG) des anciens sites miniers dans le secteur d'Asprières pour le compte de GEODERIS. Cette caractérisation a été effectuée suivant la méthodologie validée avec GEODERIS.

Afin de permettre une densité de mesures suffisante, la technique pXRF (fluorescence X portable) a été retenue pour les mesures sur site. En complément, des analyses de laboratoire ont été effectuées permettant l'élaboration de droites de calibration.

Le plan d'échantillonnage a été élaboré en concertation entre le BRGM et GEODERIS.

Les campagnes de terrain pour la caractérisation du FPG se sont déroulées en avril 2017 et 2018. Elles ont débuté par une reconnaissance des zones autour des secteurs impactés puis par des campagnes de mesures des différentes formations géologiques.

L'étude du contexte géologique local à partir des données existantes :

- géologie et répartition spatiale des minéralisations connues ;
- contenu minéralogique des minéralisations => identification des marqueurs géochimiques ;
- données géochimiques disponibles (Inventaire minier, études environnementales, thèses, etc...);

a permis de proposer un premier regroupement des formations géologiques. Puis le croisement avec les données pXRF a permis d'affiner et de proposer un regroupement définitif des formations.

Une gamme de valeurs, pour les éléments retenus et pour les autres éléments d'intérêt, a été proposée pour chaque regroupement lithologique.

Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	11
1.1. CONTEXTE	11
1.1.1. Origine de la démarche.....	11
1.1.2. Programmation globale de l'étude.....	12
1.2. OBJECTIF	12
2. Matériels et méthodes analytiques.....	13
2.1. SPECTROMÈTRE DE FLUORESCENCE X PORTABLE (pXRF).....	13
2.2. APPAREIL UTILISÉ.....	13
2.2.1. Conditions opératoires	14
2.2.2. Traitement des données inférieures aux limites de quantification.....	14
2.2.3. Analyses en laboratoire	15
3. Caractérisation du Fond PédoGéochimique.....	17
3.1. GÉOLOGIE DE LA ZONE ÉTUDIÉE.....	17
3.2. GÎTOLOGIE DES MINÉRALISATIONS RENCONTRÉES.....	21
3.3. DONNÉES GÉOCHIMIQUES DISPONIBLES.....	23
3.4. DÉROULEMENT DES CAMPAGNES DE TERRAIN	27
3.5. COMPARAISON DES ANALYSES pXRF ET ANALYSES DE LABORATOIRE	28
3.5.1. Impact de l'humidité	28
3.5.2. Analyse par spectrométrie ICP.....	28
3.5.3. Comparaison analyses pXRF et analyse par ICP	29
3.6. DÉTERMINATION DES FPG PAR FORMATIONS LITHOLOGIQUES	33
3.6.1. Analyses statistiques multivariées.....	33
3.6.2. Tri des données pour établir les FPG.....	38
3.6.3. Détermination des FPG par élément.....	40
4. Conclusion	51
5. Bibliographie.....	53

Liste des figures

Illustration 1 :	Spectromètres pXRF NITON® XL3t980.....	13
Illustration 2 :	Proposition de regroupement lithologique pour les formations plutoniques et magmatiques.	18
Illustration 3 :	Proposition de regroupement lithologique pour les formations métamorphiques.	19
Illustration 4 :	Proposition de regroupement lithologique pour les formations sédimentaires et superficielles.	20
Illustration 5 :	Composition minéralogique symptomatique pour les différents indices du secteur (d'après Pierrot <i>et al.</i> , 1977 ; 1982)	22
Illustration 6 :	Concentrations en mg/kg de quelques métaux et métalloïdes dans la galène et la sphalérite du filon de La Vidale (extrait de Bossi, 1972).	23
Illustration 7 :	Teneurs moyennes en mg/kg de certains éléments pour des formations géologiques rencontrées dans la zone d'étude (extrait de Bossi, 1972).	23
Illustration 8 :	Localisation des prélèvements réalisées par la SNEAP pour la géochimie sur sédiments de ruisseaux dans le cadre de l'Inventaire minier.	24
Illustration 9 :	Données géochimiques de l'Inventaire minier pour l'arsenic.	24
Illustration 10 :	Données géochimiques de l'Inventaire minier pour le baryum.....	25
Illustration 11 :	Données géochimiques de l'Inventaire minier pour le plomb.....	26
Illustration 12 :	Données géochimiques de l'Inventaire minier pour l'antimoine.	26
Illustration 13 :	Données géochimiques de l'Inventaire minier pour le zinc.	27
Illustration 14 :	Tableau des analyses des échantillons de la campagne de 2017 par spectrométrie ICP de 34 éléments et perte au feu à 450°C, LQ : Limite de quantification.	30
Illustration 15 :	Tableau des analyses des échantillons de la campagne de 2018 par spectrométrie ICP de 34 éléments et perte au feu à 450°C, LQ : Limite de quantification.	31
Illustration 16 :	Comparaison des pXRF de terrain et de spectrométrie ICP (le trait rouge délimite la limite de détection du pXRF quand elle est connue).	32
Illustration 17 :	Matrice de corrélation de Pearson.....	33
Illustration 18 :	Analyse en composante principale pour 15 éléments. Comparaison facteurs F1 vs. F2, F1 vs F3, F1 vs F4, F2 vs. F3.....	34
Illustration 19 :	Dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique appliquée sur les mesures de 15 éléments dans le fond pédogéochimique du secteur d'Asprières.	35
Illustration 20 :	Composition des centroïdes de chaque classe obtenue de la classification ascendante hiérarchique appliquée sur les mesures de 15 éléments dans le fond pédogéochimique du secteur d'Asprières. Les cases en bleu signalent plutôt une signature appauvrie alors que celles en jaune sont plutôt enrichies.	36
Illustration 21 :	Cartographie sur les fonds de carte géologique au 1/ 50 000 des différentes classes obtenues par classification ascendante hiérarchique.....	37
Illustration 22 :	Position des points de mesure (bleu) et des zones impactées par les activités minières (bleues et hachurés).	38
Illustration 23 :	Tableau des données pour l'ensemble des mesures de terrain et commentaires explicatifs pour l'exclusion de certaines données.....	39
Illustration 24 :	Carte des points échantillonnés pour le Pb.	41
Illustration 25 :	Tableau de statistiques simples de Pb : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du plomb pour chaque formation géologique.	42

Illustration 26 : Carte des points échantillonnés pour le Zn.	43
Illustration 27 : Tableau de statistiques simples de Zn : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du zinc pour chaque formation géologique.	43
Illustration 28 : Carte des points échantillonnés pour le As.	44
Illustration 29 : Tableau de statistiques simples de As : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum de l'arsenic pour chaque formation géologique.	45
Illustration 30 : Carte des points échantillonnés pour le Cu.	46
Illustration 31 : Tableau de statistiques simples de Cu : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du cuivre pour chaque formation géologique.	46
Illustration 32 : Carte des points échantillonnés pour le V.	48
Illustration 33 : Tableau de statistiques simples de V : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du vanadium pour chaque formation géologique.	48
Illustration 34 : Carte des points échantillonnés pour le Fe.	49
Illustration 35 : Tableau de statistiques simples de Fe : nombre de mesure (N), nombre de mesure > LOD (Nb), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du fer pour chaque formation géologique.	50

Liste des annexes

Annexe 1 : Rapport d'analyses	55
Annexe 2 : Description de l'ensemble des échantillons	87
Annexe 3 : Concentration moyenne des éléments dans les sols et la croûte terrestre (Sposito, 1989)	91
Annexe 4 : Tableaux des teneurs de l'ensemble des mesures pXRF faites sur site, position GPS (WGS84 et lambert)	95

1. Contexte et objectifs

1.1. CONTEXTE

1.1.1. Origine de la démarche

Le secteur minier d'Asprières se trouve à la frontière du Lot et de l'Aveyron, entre les villes de Capdenac-Gare et de Decazeville. Il comprend les titres miniers d'Asprières (plomb-zinc), de Bouillac (plomb-zinc), de la Diège (plomb argentifère) et des Escauffages (fluorine). Dans le cadre d'un inventaire des dépôts miniers requis par l'article 20 de la Directive européenne 2006/21/CE (Directive sur les déchets issus de l'industrie extractive ou « DDIE »), les quatre titres miniers ont été investigués par GEODERIS en 2010-2011. Vingt-six dépôts miniers ont alors été cartographiés et référencés sur le secteur. À l'issue de cet inventaire, le secteur d'Asprières a obtenu une classe égale à C+. Une étude d'orientation a donc été réalisée par GEODERIS en 2013-2014 et s'est concentrée sur les sites de Gasquié, de la laverie de Bouillac, de Bréziès/La Vidale et de la laverie de Gazeau. Cette étude a donné lieu aux rapports GEODERIS N2014/005DE-142420 et N2015/006DE-14NAT24202. Les nouveaux éléments alors acquis ont été présentés et discutés le 15 janvier 2014 en réunion « Avis d'experts » 2013.

En 2014, une étude détaillée des aléas mouvements de terrain a par ailleurs été programmée par GEODERIS.

En 2016, GEODERIS a mis en exergue des divergences importantes entre la cartographie des sources de pollution établies lors de l'étude d'orientation 2013-2014 et celle réalisée lors de l'étude détaillée des aléas mouvements de terrain.

Afin de comprendre ces différences, GEODERIS a étudié en 2016 les archives minières de la DREAL, de la DRAC et des Archives départementales. En collaboration avec le BRGM, GEODERIS a ensuite réalisé des investigations de terrain du 29 mars au 8 avril 2016, afin de mettre à jour la cartographie des sources de pollution. Lors de cette campagne de terrain, 169 mesures par fluorescence X portable et 72 prélèvements ont été réalisés. La situation du secteur minier a ainsi pu être précisée. Il ressort que le secteur est :

- très étendu, avec une emprise de 150 km² environ, à géologie et gîtologie variables ;
- concerné par un historique complexe (travaux romains, reprise intense au Moyen-Âge, travaux modernes aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles, exploitations contemporaines) ;
- caractérisé par des dépôts miniers d'étendue très importante (dont trois dépôts reconnus sur une dizaine d'hectares) et des dépôts miniers diffus difficiles à retrouver sous la végétation ou sous une faible épaisseur de sols, et pourtant très chargés en éléments potentiellement contaminants (plomb, arsenic, cadmium, antimoine).

D'après les estimations de GEODERIS, la campagne de terrain réalisée en 2016 n'aura permis de reconnaître que la moitié des dépôts miniers (au nombre de 25 actuellement) et des zones impactées présents sur le secteur, certaines zones exploitées n'ayant pu être investiguées dans le cadre de l'étude de 2016. Les dépôts anciens présentent des zones d'influence importantes (sur plusieurs centaines de mètres parfois). Les teneurs au droit des zones contaminées dépassent régulièrement le pourcent en plomb et peuvent même atteindre 10 pourcents. De nombreuses zones concernées par des usages (d'habitation, agricoles ou d'élevage) sont vraisemblablement impactées par l'activité minière. Dans ce cadre, une dizaine de « maisons sur dépôt » ont déjà été mises en évidence, impliquant la mise en œuvre d'une étude sanitaire et environnementale sur ce secteur, en ciblant le plus possible les zones à enjeux.

1.1.2. Programmation globale de l'étude

L'étude sanitaire et environnementale sur le secteur minier d'Asprières a démarré en 2017. Elle consiste en un diagnostic approfondi des risques pour la santé humaine et de l'impact environnemental. Elle se fait en plusieurs étapes :

- la description et la caractérisation des sources de pollution minières connues et de leur zone d'influence ;
- l'identification détaillée des zones à enjeux et usages, appuyée par des enquêtes auprès des collectivités locales et des riverains ;
- la réalisation de campagnes de terrain, comprenant la mise en œuvre de mesures sur site et de prélèvements, pour quantifier l'état des milieux et leur degré de contamination.
- l'interprétation des résultats acquis puis l'analyse des risques sanitaires et de l'impact.

C'est dans ce cadre que des investigations de terrain spécifiques ont été consacrées à l'étude du fond pédogéochimique (zones hors influence minière). La variabilité des contextes géologiques, géomorphologiques et pédologiques du secteur requiert en effet la mise en œuvre d'un volet dédié, dans le but de déterminer les gammes de valeurs en éléments traces et majeurs dans les sols à l'état naturel et en tenant compte des lithologies.

1.2. OBJECTIF

L'étude du fond pédogéochimique a pour objectif de déterminer la qualité chimique des sols situés hors de l'influence minière et au droit de chaque formation géologique majeure.

Pour ce faire, le BRGM a étudié les cartes géologiques disponibles sur le secteur minier d'Asprières (Figeac n° 858 et Decazeville n° 859) et en a déduit une liste des principales formations lithologiques représentatives de l'emprise concernée. Le BRGM a analysé les sols de ces formations par fluorescence X portable (pXRF).

Dans la mesure du possible, l'horizon de surface des sols investigués doit être homogène (5 à 10 cm de profondeur en moyenne) et se situer hors des zones à usages car l'échantillonnage des milieux « Environnement Local Témoin » du volet sanitaire est pris en charge par l'INERIS sur la base des travaux du BRGM.

Les résultats de pXRF ont été vérifiés afin d'éliminer les mesures considérées comme non exploitables et non fiables. Des droites de calibration « mesures pXRF vs analyses ICP » ont été réalisées. Le nombre d'analyses est à la discrétion du BRGM (GEODERIS considérant que la réalisation de prélèvements au droit de 10 % des sols sur lesquels des mesures par pXRF ont été réalisées semble raisonnable). Les analyses portent *a minima* sur sept métaux (arsenic, antimoine, cadmium, cuivre, fer, plomb et zinc). Chaque point de mesure a été géo-référencé et est disponible dans une table, en format .tab et .shp (utilisable tant sous MapInfo® que sous QGIS®). Pour chacun de ces mêmes points, le matériau sur lequel a été effectuée la mesure a fait l'objet d'une description macroscopique sommaire (granulométrie, type de matériau, couleur, référence de la photographie associée, etc....) précisée dans la table des mesures. À terme, il est attendu que le BRGM fournisse des gammes de valeurs pour les substances retenues (arsenic, antimoine, cadmium, cuivre, fer, plomb et zinc) et pour les autres substances analysées et d'intérêt, et ce, pour chaque formation géologique majeure.

2. Matériels et méthodes analytiques

2.1. SPECTROMÈTRE DE FLUORESCENCE X PORTABLE (pXRF)

Cette technique est désignée dans le cahier des charges de l'étude sous le nom du constructeur des appareils utilisés habituellement (NITON®). Elle peut être mise en œuvre avec tout spectromètre pXRF de performances comparables à ceux de ce constructeur. Le spectromètre pXRF possède deux modes de mesure :

- mode « Sol » : la plupart des éléments « lourds » sont analysés dans les gammes de teneurs en traces : depuis la limite inférieure de quantification (LQ, notée LOD dans les fichiers NITON®), qui varie entre 5 et 500 mg/kg selon l'élément et la matrice, et la limite supérieure, de l'ordre de quelques % ;
- mode « Minerai » : plus adapté aux teneurs majeures entre quelques % et quelques dizaines de %, il convient mieux aussi pour les éléments « légers » (Si, Al, P, S ...). Ce mode peut être utilisé aussi pour les traces dans de nombreux cas.

2.2. APPAREIL UTILISÉ

L'appareil utilisé est un NITON® XL3t980 (Illustration 1) équipé d'un tube émetteur X 50 kV et d'un détecteur GOLDD+ (Geometrically Optimized Large Area Drift Detector), disposant des modes sol et minerai. Il peut détecter ou analyser les éléments de numéro atomique entre le soufre et l'uranium pourvu que leur teneur soit suffisante et qu'il n'y ait pas d'interférences.



Illustration 1 : Spectromètres pXRF NITON® XL3t980.

2.2.1. Conditions opératoires

Les mesures sont effectuées en mode sol après calibration interne. Le temps de comptage est de 30 secondes pour chacun des 3 filtres (NITON®), ce qui fait un temps total d'environ 90 secondes. Lorsque les teneurs mesurées sont élevées (usuellement à partir du %), une mesure en mode minerai est également effectuée, pour préciser la teneur. Ces deux modes correspondent à une calibration spécifique du spectromètre, adaptée aux gammes de teneur à mesurer. La réponse de fluorescence X n'est pas totalement linéaire sur la large gamme de teneurs couverte. On considère ici comme élevées :

- des teneurs supérieures à 1 % pour les éléments habituellement en traces ;
- des teneurs supérieures à 10 % pour les éléments majeurs lorsqu'une abondance particulière est susceptible d'affecter la mesure des autres éléments par un effet de matrice.

La mesure en mode minerai est nécessaire pour quantifier les sources et les impacts. Elle n'est pas nécessaire pour la détermination précise des valeurs de fond pédogéochimique, sauf lorsque des teneurs élevées en fer sont observées.

Le prélèvement se fait sous le couvert végétal sur une surface de 20 à 30 cm² suivant la profondeur maximale de 10 cm. Dans le cas où le sol est développé sur de la roche ou que l'horizon de surface est peu épais, la zone de prélèvement est plus étendue pour pouvoir prélever suffisamment de sol. Le sol est tamisé à 2 mm et homogénéisé avant d'être analysé par pXRF. Environ 500 g d'échantillon sont conservés en sac si besoin pour des analyses au laboratoire.

La météorologie ayant été très différente entre la première semaine (très chaud 30 °C et sec) et la seconde semaine (froid 5 °C et pluvieux), certains échantillons n'ont pu être tamisés sur site. Afin de vérifier l'impact de l'humidité sur la mesure sur site, ces échantillons ont été prélevés bruts pour être ré-analysés par pXRF au laboratoire après séchage.

2.2.2. Traitement des données inférieures aux limites de quantification

La détermination des fonds pédogéochimiques (FPG) des éléments pour chaque formation géologique a été effectuée à partir des données de terrain. Certaines valeurs sont < à la limite de détection de l'appareil, il est donc nécessaire de faire un choix pour le traitement statistique de ces données. Quand l'appareil donne une valeur < LOD, celle-ci est accompagnée d'une valeur numérique qui est en fait la teneur maximale pouvant être détectée au moment de la mesure. Cette valeur est dépendante des caractéristiques de l'appareil, de la matrice de l'échantillon et du temps de mesure (Potts, 2008). Il a été décidé de prendre cette valeur. Les autres choix auraient été de ne pas prendre en compte les échantillons présentant des valeurs < LOD ce qui augmente les moyennes ou de remplacer les valeurs < LOD par 0, ce qui diminue les moyennes. C'est donc une solution intermédiaire qui a été sélectionnée pour faire les calculs.

L'ensemble des données est comparé à des valeurs moyennes rencontrées dans les sols (Sposito, 1989) et non aux valeurs des bases de données comme ASPITET, RMQS... Contrairement à ces bases de données qui traitent seulement des principaux polluants (Pb, Zn, Cu, Cd, As, Hg...), le travail de compilation de Sposito (1989) permet d'avoir des valeurs moyennes de tous les éléments (à l'exception des gaz rares et des éléments de numéro 50 éléments permet de pouvoir comparer les résultats obtenus dans cette étude à des valeurs moyennes des éléments traces mais aussi des éléments majeurs.

2.2.3. Analyses en laboratoire

Les 67 échantillons prélevés ont été mis à sécher dans une étuve à 40 °C jusqu'à poids constant. Les 8 échantillons bruts ont été tamisés à 2 mm. L'ensemble a été ré analysé par pXRF. À partir des analyses de terrain et de celles obtenues au laboratoire, il a été possible de sélectionner 40 échantillons représentatifs des différents faciès et gamme de concentration en éléments chimiques.

La campagne de terrain s'étant déroulée en deux fois sur des formations géologiques différentes (ajouts de nouvelles formations lors de la seconde campagne) ; le nombre d'échantillons envoyés à l'analyse a dû être doublé.

Les 40 échantillons sélectionnés ont été broyés à 80 µm, puis la perte au feu a été déterminée à 450 °C. Une mise en solution complète a été effectuée par frittage au peroxyde de sodium et reprise dans 30 % HCl, ce qui évite les risques de digestion incomplète propres aux mises en solution acide. L'analyse des 34 éléments a ensuite été déterminée par spectrométrie ICP-AES par les laboratoires du BRGM en mode multi-élémentaire. (Résultats en annexe 1).

3. Caractérisation du Fond PédoGéochimique

3.1. GÉOLOGIE DE LA ZONE ÉTUDIÉE

La zone d'étude est couverte par les cartes géologiques au 1/50 000 de Figeac (858) et de Decazeville (859).

Elle se localise entre les extrémités sud-est du Limousin et nord-ouest du Rouergue, constituées de formations du socle varisque, et est limitée à l'ouest par les formations sédimentaires mésozoïques et cénozoïques du bassin aquitain et à l'est par les formations du bassin carbonifère et permien du détroit de Rodez.

Les formations du socle varisque sont principalement constituées de roches métamorphiques et de roches plutoniques. Les roches métamorphiques sont principalement constituées de schistes sériciteux et/ou chloriteux, de quartzites micacées, graphiteuses, et ou feldspathiques. Ces formations sont recoupées localement par des niveaux d'amphibolites d'assez faible extension, qui ne sont que partiellement cartographiés à l'échelle du 1/50 000. Les formations plutoniques qui se sont mises en place au sein de ces formations métamorphiques, correspondent à un granite, le granite de Villefranche, qui s'étend sur toute la partie sud de la zone d'étude, et à une diorite quartzite, qui affleure sur toute la partie ouest de la zone d'étude.

Les formations sédimentaires mésozoïques et cénozoïques ne concernent que la carte de Figeac. Du Trias à dominance détritique, elles évoluent vers des formations carbonatées, plus ou moins dolomitiques au début du Lias, puis des alternances marno-carbonatées à franchement marneuses au Lias moyen et supérieur. Le Dogger est à dominance calcaire, avec des formations pouvant former des barres plus ou moins puissantes. Le Malm et le Crétacé ne sont pas présents dans la zone d'étude, et la sédimentation reprend en discordance à l'Éocène, avec le dépôt d'une formation détritique évoluant vers des calcaires lacustres et des marnes.

Les formations superficielles cartographiées sont restreintes aux différentes vallées traversant la zone, mise à part des argiles à galets recouvrant les formations de l'Éocène dans le secteur sud-ouest.

À noter que des formations volcano-détritiques du bassin carbonifère et permien du détroit de Rodez affleurent en bordure orientale de la zone d'étude, mais celles-ci n'ont pas été investiguées dans ce travail.

Afin de simplifier la démarche, les formations représentées sur les cartes géologiques au 1/50 000 ont été regroupées en un nombre plus restreint d'ensembles, sur la base des contrastes lithogéochimiques attendus. L'argumentation justifiant ces regroupements est présentée dans les Illustrations de 2 à 4.

D'un point de vue structurale, la faille de Villefranche est une structure majeure dans la zone d'étude, car elle limite deux domaines de socles franchement distincts et a peut-être un lien avec les minéralisations rencontrées. Bossi (1972) note que celles-ci sont limitées à l'est par cette faille. Celle-ci se caractérise par une zone mylonitique d'une puissance de 50 à 150 m.

Feuille de Decazeville (859)	Feuille de Figeac (858)	Description	Regroupement proposé	Arguments
Domaine de socle - Roches plutoniques et magmatiques				
$p\gamma^{3M}$	γ^3	Granite à grain moyen, de teinte rosée à grisâtre sur une cassure fraîche, équiaxiale ou porphyroïde. Composition : quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite et accessoires (muscovite, zircon, apatite et tourmaline).	γ	Choix de regrouper les granites au vue d'une différence de composition minéralogique qui ne parait a priori pas conséquente pour un fond pédolithogéochimique
$ca\gamma^{1-2}$		Granite à teinte claire (jaunâtre à rosée) et très déformé. Le grain est moyen à fin, irrégulier, non porphyroïde. Composition : feldspaths potassiques très abondants et de plagioclase, quartz, des micas peu abondants (biotite, muscovite).		
$o\zeta^3$		Orthogneiss ocellés. Composition : Feldspath potassique, quartz + accessoires : albite, muscovite, biotite, chlorite		
	η^2	Diorite quartzique (Figeac). Composition : quartz, plagioclase de type andésine, hornblende et biotite avec de nombreux minéraux accessoires (épidote, sphène, calcite, zircon, apatite et opaques)	η	Roche particulière à l'échelle de la carte et qui risque de présenter un fond pédolithogéochimique contrasté

Illustration 2 : Proposition de regroupement lithologique pour les formations plutoniques et magmatiques.

Feuille de Decazeville (859)	Feuille de Figeac (858)	Description	Regroupement proposé	Arguments
Domaine de socle - Roches métamorphiques				
$\alpha\xi^1$	S1-2	Schistes satinés sériciteux / Séricitoschistes quartzeux. Deux faciès principaux : l'un essentiellement micacé, l'autre quartzo-micacé. La composition minéralogique comporte : muscovite \pm biotite, chlorite, quartz et plagioclase, avec en accessoires tourmaline, zircon et opaques.	ξ	Regroupée avec les séricitoschistes, quartzites et chloritoschistes
ξ^1 a-b		Chloritoschistes à albite-tourmaline. Composition : quartz + chlorite + micas blancs + albite + tourmaline (2 %) + magnétite		Regroupée car composition minérale très similaire aux formations environnantes sauf pour un probable enrichissement en B (non mesuré en pXRF), Fe et Mg
f ξ 2-3		Séricitoschistes feldspathiques. Composition : séricite constitue de 10 à 30 % de la roche. Accompagnée par feldspath potassique, quartz, albite, chlorite, biotite et muscovite, et minéraux opaques (ilménite notamment).		Composition minéralogique très proche que les formations précédentes. Présence de feldspath plus importante pourrait apporter une signature légèrement enrichie en K et Na.
χ^1 Ca		Quartzites micacés à calcite correspond à la base des séricioschistes siliceux (passage progressif). Alternance millimétrique de lits quartzeux et micacés. Composition : principalement quartz, mica blanc et chlorite.		Vraisemblable équivalence avec niveau de quartzites non cartographiables des séricitoschistes
	ξ^1 - χ^2	Unité de Pomas (quartzites feldspathiques noirs à biotite, micaschistes à biotite et grenat) ; à l'Est, en position inférieure, l'unité de Bouillac (micaschistes à biotite et grenat, quartzites feldspathiques). Compo quartzites: Quartz (40 à 60 %), plagioclase (30 à 50 %), biotite (10 à 30 %), grenat + accessoire : muscovite, chlorite, tourmaline, opaques. Compo Micaschistes : Quartz (20 à 40 %), plagioclase (0 à 10 %), biotite et muscovite (50 à 70 %), grenat, staurotite + accessoires : chlorite, apatite, tourmaline, opaques.		Possible regroupement avec ensemble précédent
χ G		Microquartzites graphiteux. Présence de quartz (90 %), graphite, mica blanc (quelques paillettes), rutile, apatite, pyrite, magnétite.	χ G	Nécessité de conserver cette lithologie du fait d'une signature lithogéochimique vraisemblablement contrastée => présence de sulfures et de matière organique
λ^3 -4	λ^3 -4	Gneiss leptyniques et amphiboles. Composition : Quartz (30 à 50 %), plagioclases (20 à 60 %), biotite, chlorite, muscovite. Niveaux amphibolites sont composés de hornblende.	λ - δ	Nécessité de conserver cette lithologie du fait d'une signature lithogéochimique vraisemblablement contrastée
δ 11		Amphibolites. Composition : hornblende et épidote		Très faible extension

Illustration 3 : Proposition de regroupement lithologique pour les formations métamorphiques.

Feuille de Decazeville (859)	Feuille de Figeac (858)	Description	Regroupement proposé	Arguments
Roches sédimentaires mésozoïques et cénozoïques				
	t	Grès et argiles bariolés	t	
	I1	Calcaires dolomitiques à argilites vertes (Hettangien inf.)		
	I2	Calcaires dolomitiques (Hettangien Sup.)		
	I3-4	Calcaires sublithographiques bleus à passées dolomitiques (Hettangien - Sinémurien)		
	I5	Alternances marno-calcaires du Carixien		
	I6a	Argiles schisteuses (=> marnes) (Domérien)		
	I6b	Calcaires bioclastiques roux (attention présente au sommet d'un niveau à pyrite) (Domérien)		
	I7-8	Marnes (Toarcien)		
	j1	Calcaires oolithiques ou recristallisés (Bajocien)		
	j2a-b1	Calcaires graveleux en bancs épais (Bathonien moyen)		
	j2a	Calcaires sublithographiques et lignites (Bathonien inf.)		
	e6-7	Argiles à graviers localement micacées et conglomérats		
	e7a	Calcaires lacustres crayeux		
	e7b	Marnes vertes		
	e7c	Calcaires d'Asprières		
Roches des formations superficielles				
Fz	Fz	Alluvions		
Fx	Rf	Argiles à galets	F	Alluvions et formations superficielles allochtones
		Formations alluviales		
			e	Marno-calcaires éocènes

Illustration 4 : Proposition de regroupement lithologique pour les formations sédimentaires et superficielles.

Bossi (1972) souligne que la pyrite est très fréquente dans les séries métamorphiques de la zone d'Asprières.

3.2. GÎTOLOGIE DES MINÉRALISATIONS RENCONTRÉES

D'après Bossi (1972), le champ filonien localisé au nord d'Asprières et à proximité de Bouillac serait constitué de quatre filons principaux, subparallèles et minéralisés principalement en galène, sphalérite et barytine : La Vidale, Saint-Benoit – Croiseur, Rucube et Saint-Louis. Ces filons sont sécants par rapport à la foliation métamorphique régionale.

Bossi (1972) a mis en évidence deux types de minéralisations au niveau du filon de La Vidale :

- une minéralisation à gangue barytique, sous forme de filons assez puissants et affleurant ;
- une seconde à gangue calcitique, sous formes de filonnets et qui n'a été observée qu'en galerie et dans les sondages.

Le filon de La Vidale a une orientation globalement NW-SE, pour une longueur d'environ 900 m et une puissance très variable mais pouvant atteindre 7 m. La structure interne est rubanée et plus ou moins symétrique. La barytine est plus ou moins intensément silicifiée, et les sulfures (sphalérite et galène principalement) sont intimement liés.

En revanche, les données sur les minéralisations encaissées dans le granite de Villefranche, à l'est de la faille du même nom (secteur de Peyrusses-le-Roc) et dans la diorite quartzite de Figeac (secteur de Sonnac) sont peu étendues.

D'après les données disponibles, le contenu minéralogique des diverses occurrences minéralisées connues sur la zone d'étude, bien que pouvant varier, semble assez homogène (Illustration 5).

Les minéraux présents suggèrent que les signatures géochimiques prévisibles comme marqueurs des minéralisations sont le plomb (galène, cérusite, anglésite, pyromorphite), le zinc (sphalérite), le baryum (barytine), le cuivre (chalcopyrite, covellite, cuivre natif, cuprite, malachite, azurite), et dans une moindre mesure, l'arsenic (arsénopyrite, pyrite, marcasite), l'antimoine (antimoine natif, galène, pyrite), l'argent (galène, argentite). La pyrite est aussi citée comme pouvant être nickélique (Pierrot *et al.*, 1982).

Minéral	Abondance	Description générale
Anglésite	Fréquente	Provient de l'altération de la galène
Antimoine natif	Rare	Finement exprimé dans la galène
Azurite	Rare	En traînées dans les fissures du quartz
Barytine	Absente à très abondante	Massive ou en lames blanches dans la gangue.
Bourbonite	Fréquente	En très fine inclusion, associée à l'antimoine natif dans la galène.
Cérusite	Fréquente	En encroûtement gris pulvérulent sur la galène
Chalcocite	Absente à très abondante	Parfois associée à la covellite ou en grains éparses
Chalcopyrite	Rare à fréquente	Plutôt en cristaux éparses dans la gangue de quartz
Covellite	Rare à fréquente	Associée à la galène, la chalcopyrite et l'anglésite.
Galène	Abondante à très abondante	Xénomorphe dans une gangue siliceuse.
Malachite	Rare à fréquente	En croûte verte sur les sulfures de cuivre
Marcasite	Très abondante	Massive en agrégats polycristallins.
Pyrite	Rare	En agrégats inclus dans la galène ou indépendants
Pyromorphite	Absente à abondante	En encroûtements
Sphalérite	Abondante à très abondante	En assemblages automorphes à sub-automorphes

Illustration 5 : Composition minéralogique symptomatique pour les différents indices du secteur (d'après Pierrot et al., 1977 ; 1982)

Les métaux et métalloïdes qui peuvent être aussi associés à ce type de minéralisation sont : Cd, As, Bi, Se (galène, cérusite, anglésite, sphalérite), Co, Hg, (sphalérite, pyrite) et Ge, In (sphalérite). Les données existantes, issues seulement d'analyses sur la galène et la sphalérite et sur une seule occurrence minéralisée (Illustration 6), indiqueraient que le bismuth et le germanium ne présenteraient pas de concentrations très élevées. Ces données confirment aussi la présence importante de Cd (dans la sphalérite principalement) et d'antimoine (dans la galène et la sphalérite).

	Galène				Sphalérite				
	1000	1000	>1000	>1000	140	280	560	320	320
Ag	<10	<10	<10	30	<10	<10	30	<10	<10
Bi	100	100	300	-	4300	4100	5200	5200	4300
Co	<10	<10	<10	<10	550	280	670	450	440
Cu	300	230	380	350	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
Ge	-	-	-	-	30	10-30	10-30	10-30	10-30
Ni	85	515	355	<10	920	420	330	575	1500
Sb	1780	1630	1900	2040	785	1480	1170	1700	1070

Illustration 6 : Concentrations en mg/kg de quelques métaux et métalloïdes dans la galène et la sphalérite du filon de La Vidale (extrait de Bossi, 1972).

3.3. DONNÉES GÉOCHIMIQUES DISPONIBLES

Bossi (1972) présente quelques données sur les concentrations en certains métaux et métalloïdes des roches encaissantes de la minéralisation (Illustration 7). Bien qu'anciennes, ces données peuvent donner une indication sur les contrastes qui pourront être éventuellement observés dans les mesures de fond pédo-lithogéochimique réalisées au cours de cette étude.

Roche	Formation carte géologique	Pb	Zn	Ba	Cu	Co	Ni	Cr
Amphibolite	δ^{11}	23	120	250	20	65	95	370
Gneiss à hornblende	$\xi^{1-2}\chi^2$	5	75	850	15	35	65	170
Gneiss à 2 micas	$\xi^{1-2}\chi^2$	50	200	700	40	35	65	100
Gneiss à muscovite	$\xi^{1-2}\chi^2$	15	40	650	50	30	35	70
Leptynites	λ^{3-4}	5	65	150	30	70	45	45
Micaschistes	$\xi^{1-2}\chi^2$	5	60	350	30	35	40	80
Diorite	η^2	60	160	450	150	55	30	90
Porphyrite	γ^3	40	60	450	10	35	45	150
Schistes graphiteux	χ^G	15	10	850	45	60	65	65

Illustration 7 : Teneurs moyennes en mg/kg de certains éléments pour des formations géologiques rencontrées dans la zone d'étude (extrait de Bossi, 1972).

Les données de l'Inventaire minier (géochimie sur sédiments de ruisseaux) sont restreintes à la partie occidentale de la zone d'étude, à l'ouest de la faille de Villefranche (Illustration 8). Ces données sont issues des campagnes de la SNEAP (Société Nationale Elf Aquitaine Production). La méthode d'analyse utilisée est la spectrométrie d'émission sur poudre (quantomètre) (Lambert, 2005). La date de prélèvement n'est pas connue, mais se trouve vraisemblablement au cours des années 1980.

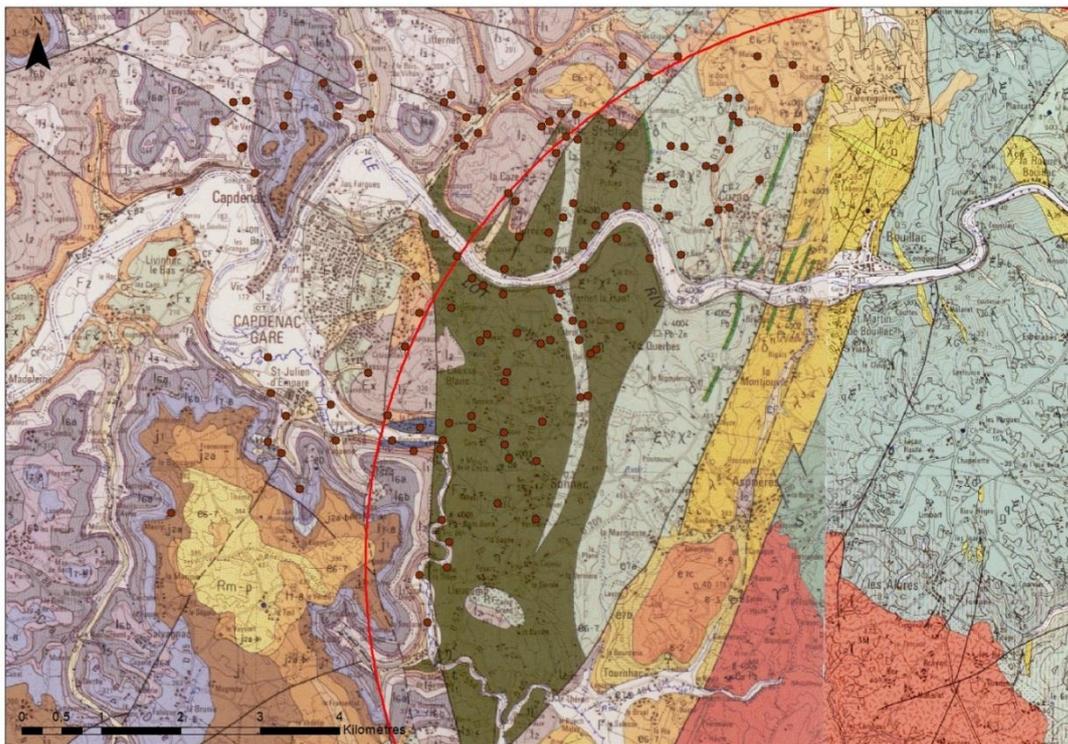


Illustration 8 : Localisation des prélèvements réalisés par la SNEAP pour la géochimie sur sédiments de ruisseaux dans le cadre de l'Inventaire minier.

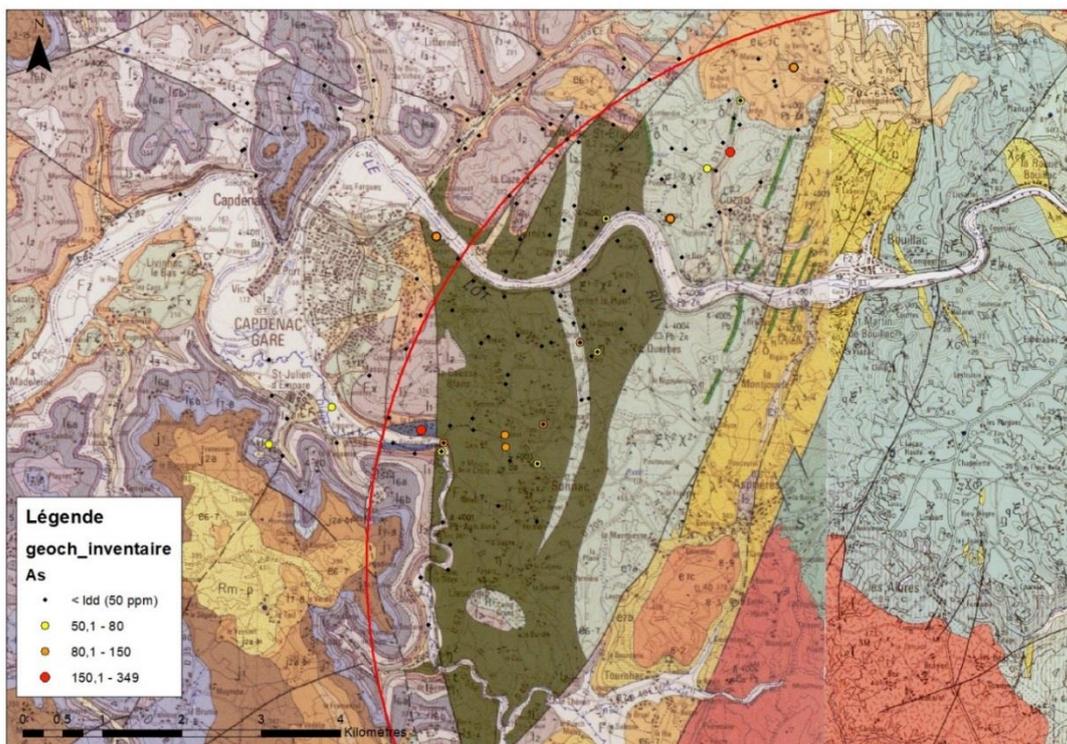


Illustration 9 : Données géochimiques de l'Inventaire minier pour l'arsenic.

L'arsenic est assez peu présente (Illustration 9), mais des fortes valeurs (> 80 mg/kg et pouvant atteindre 349 mg/kg) sont mises en évidence dans le talweg localisé au nord-ouest de Sonnac, et qui draine un indice à barytine marquée sur la carte géologique (n° 4-4003), et dans le secteur de Cuzac où plusieurs indices sont aussi connus.

Le baryum montre des concentrations qui peuvent être très élevées (jusqu'à 1 %) (Illustration 10), mais celles-ci sont réparties sur l'ensemble de la surface investiguée.

Le plomb présente des concentrations pouvant atteindre plus de 3 900 mg/kg. La répartition des plus fortes concentrations est assez bien corrélée avec les indices connus (Illustration 11).

L'antimoine est assez présente dans la zone échantillonnée (Illustration 12), avec des valeurs maximales dépassant les 1 000 mg/kg, et une majorité d'analyses supérieures à 279 mg/kg. Cela semblerait confirmer que cet élément est aussi un bon indicateur des minéralisations présentes dans le secteur.

Le zinc montre des concentrations bien contrastées, les valeurs maximales pouvant atteindre plus de 1 500 mg/kg (Illustration 13). Là aussi, celles-ci sont bien corrélées avec les minéralisations connues.

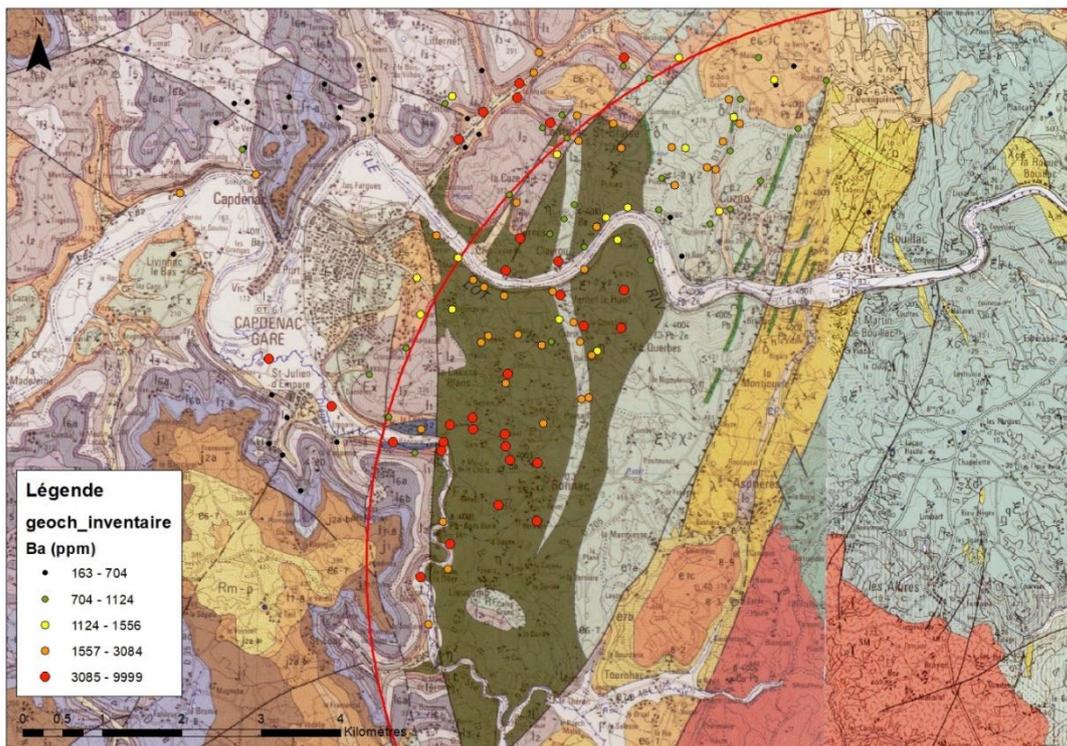


Illustration 10 : Données géochimiques de l'Inventaire minier pour le baryum.

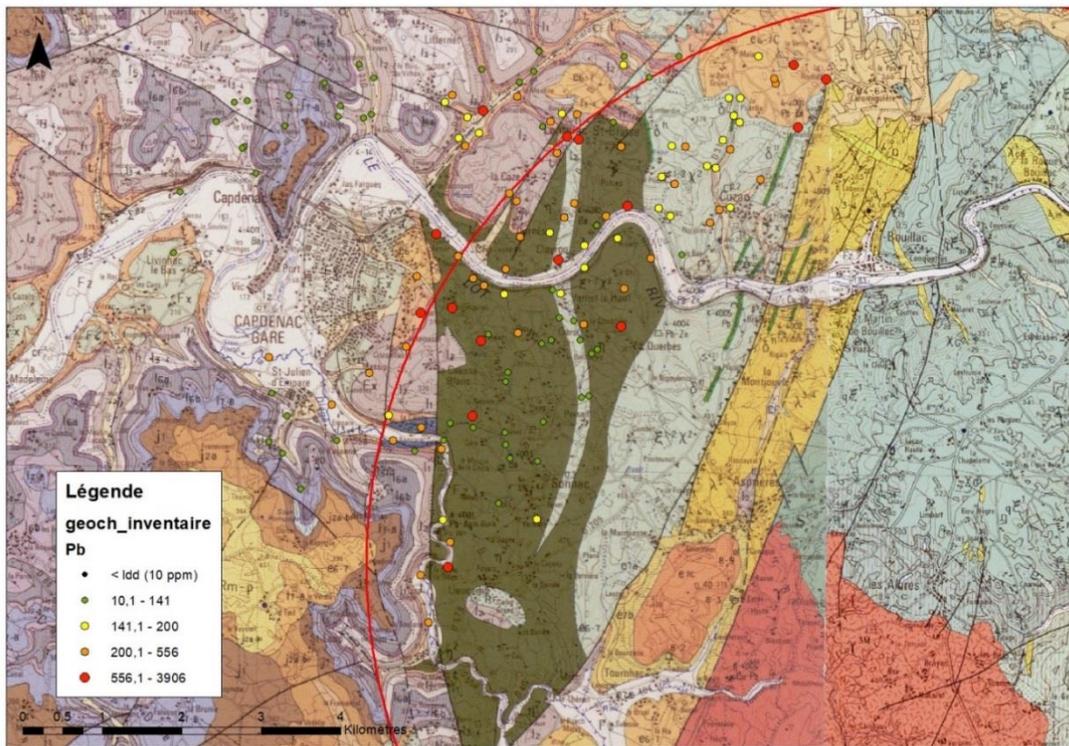


Illustration 11 : Données géochimiques de l'Inventaire minier pour le plomb.

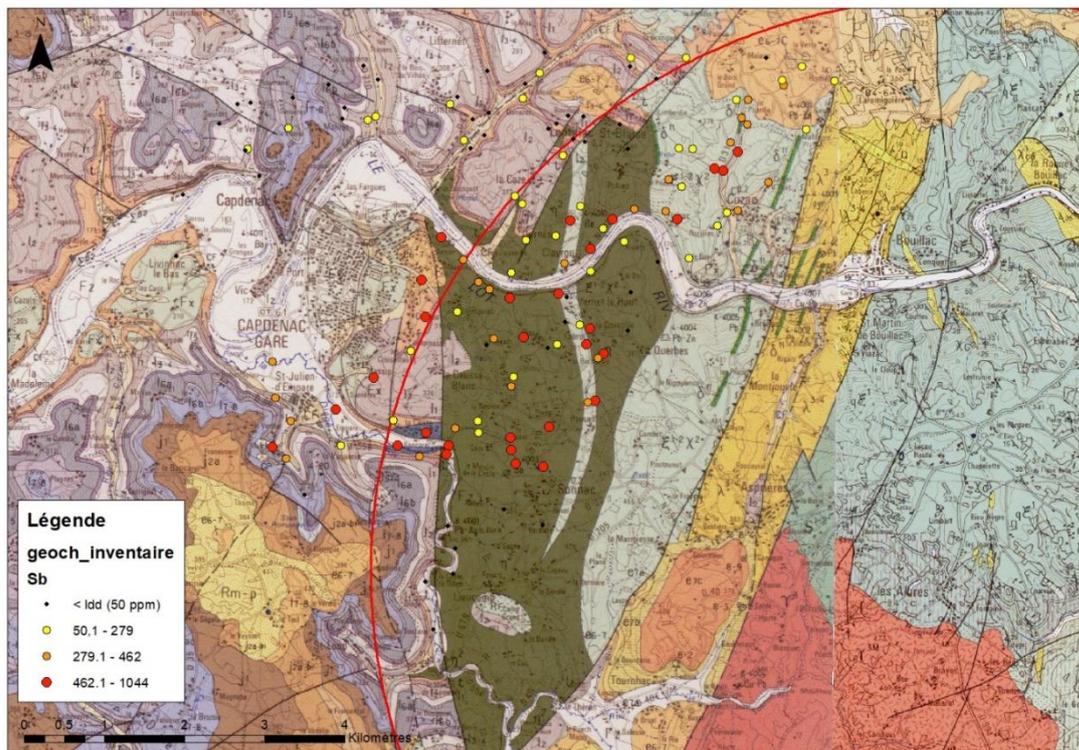


Illustration 12 : Données géochimiques de l'Inventaire minier pour l'antimoine.

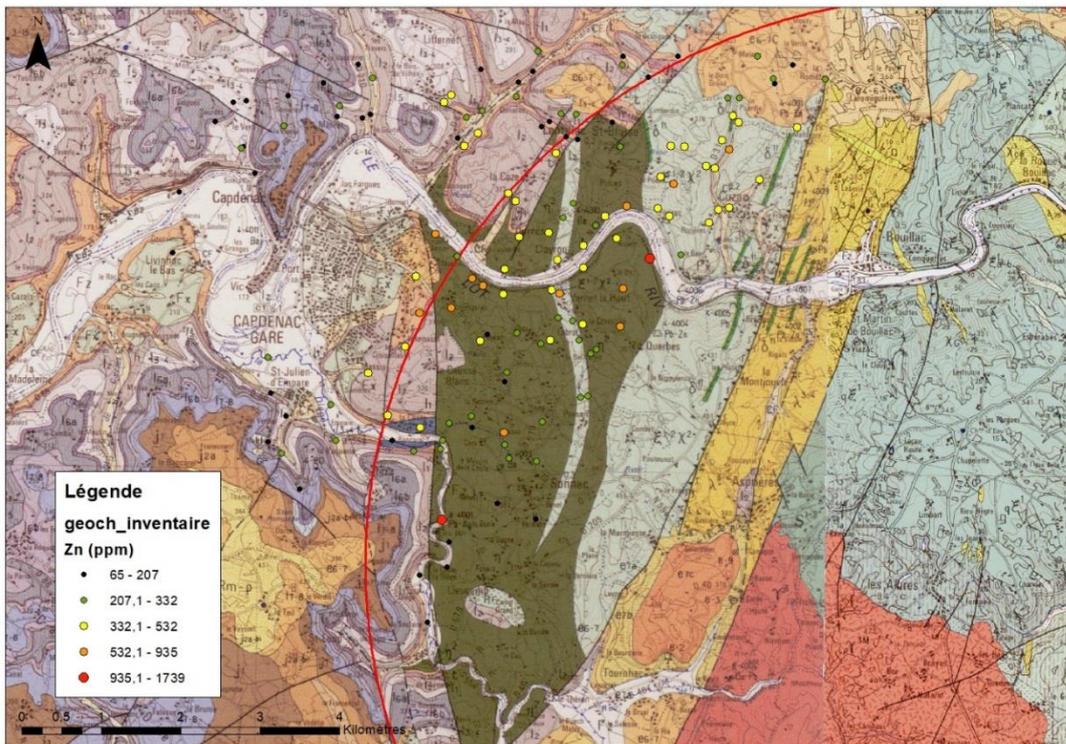


Illustration 13 : Données géochimiques de l'Inventaire minier pour le zinc.

3.4. DÉROULEMENT DES CAMPAGNES DE TERRAIN

Les campagnes de terrain se sont déroulées sur deux années en 2017 et 2018.

La campagne de 2017 s'est déroulée du 18 au 28 avril 2017. La première semaine a permis de reconnaître l'ensemble des différentes formations lithologiques, de faire 67 points de mesure et 22 prélèvements. Entre la première et seconde semaine, une journée a été consacrée à l'analyse des données recueillies lors de la première semaine pour vérifier la qualité des données (impact des zones anthropiques sur les données de l'FPG, nombre suffisant par formations lithologiques, pertinence des prélèvements effectués...). À partir de cette analyse, le plan d'échantillonnage pour la seconde semaine a pu être établi. Ainsi, 50 points de mesure et 24 prélèvements sont venus compléter le travail de la première semaine.

L'analyse de ces données et une étude plus approfondie de la géologie ont permis un nouveau regroupement des formations géologiques. À la suite de cette étude, une deuxième campagne de terrain a eu lieu du 23 au 27 avril 2018, 67 points de mesures ont été effectués et 21 prélèvements.

Au total, 190 mesures ont été effectuées dont 178 mesures sur des sols (67 prélèvements de sols tamisés et 8 de sols bruts). Dix mesures ont été faites sur des roches pour s'assurer de l'identification du faciès (ceci est possible par la détermination des ratios de certains éléments majeurs comme Ca, K et Fe) et 2 sur des sédiments en bords de berges. L'ensemble des descriptions des échantillons (sols, sédiments et roches) est rassemblé en Annexe 2.

3.5. COMPARAISON DES ANALYSES pXRF ET ANALYSES DE LABORATOIRE

3.5.1. Impact de l'humidité

Les teneurs en eau des échantillons sont comprises entre 1,2 à 26,0 % avec une moyenne à 11,3 %. Malgré les pluies de la seconde semaine, celle-ci a eu peu d'impact sur l'humidité des échantillons (même variabilité dans les teneurs en eau des échantillons) et les analyses XRF peuvent être traitées en un seul lot. En 2018, les teneurs en eau des échantillons sont comprises entre 7,2 et 35,4 % avec une moyenne à 20,1 %. La majorité des sols présentant des teneurs en eau élevées sont des sols forestiers. Malgré, la variabilité de l'humidité entre les deux années (de ~10 à ~20 %), les corrélations obtenues, entre les données terrain et celles de laboratoire (§ 3.5.), ne semblent pas trop impactées. Seuls 3 éléments (Fe, Ca et Zn) montrent que les teneurs en pXRF de 2018 sont plus faibles que celles de 2017 comparées aux concentrations déterminées par ICP (Illustration 16).

3.5.2. Analyse par spectrométrie ICP

L'analyse par spectrométrie ICP (Illustrations 14 et 15, Annexe 1), de 40 échantillons de sol sélectionnés en fonction de la gamme de teneurs en différents éléments chimiques rencontrés sur le terrain et donc représentatifs de la zone d'étude, montre que tous les échantillons de sols présentent des concentrations inférieures à la Limite de Détection (LD) en Bi (LD < 10 mg/kg) et Mo (LD < 5 mg/kg). Pour quelques éléments comme Nb (LD < 20 mg/kg), Sb (LD < 10 mg/kg), Sn (LD < 10 mg/kg) et W (LD < 10 mg/kg), entre 1 et 3 échantillons présentent une concentration égale ou légèrement supérieure à la LD.

Pour l'arsenic, 20 échantillons présentent des concentrations < LD (20 mg/kg). Pour les 20 autres, 3 montrent des concentrations > 200 mg/kg (ASP-412, ASP-436 et ASP-1044) ; ces échantillons présentent aussi des concentrations élevées en Cd et/ou Cu, Pb, Zn. Les autres échantillons ont des concentrations en As comprises entre 20 et 76 mg/kg.

Pour le cadmium, 33 échantillons présentent des concentrations < LD (2 mg/kg) et 2 égales à la LD ; les 5 derniers échantillons montrent des concentrations de 3 à 23 mg/kg. Ces 5 échantillons (LD ≥ 2 mg/kg) présentent des concentrations en Zn > 480 mg/kg sauf un (373 mg/kg en Zn).

Pour le cuivre, les concentrations mesurées sont inférieures ou proches des concentrations moyennes rencontrées dans les sols (25 mg/kg, Sposito, 1989, Annexe 3). Seuls 3 sols présentent des concentrations plus élevées (ASP-408, ASP-412 et ASP-1044) ; le premier a été prélevé dans une zone potentiellement impactée par des dépôts miniers pouvant expliquer des concentrations élevées en métaux. Les 2 derniers échantillons correspondent à la formation χG fortement minéralisée et susceptible de présenter de fortes teneurs en certains métaux.

Pour le plomb, les concentrations mesurées sont généralement supérieures aux concentrations moyennes rencontrées dans les sols (Sposito, 1989). Idem pour les concentrations en zinc.

Pour les autres éléments traces, les concentrations sont comprises entre les concentrations moyennes rencontrées dans les sols (Sposito, 1989) ou du même ordre de grandeur.

Pour les éléments majeurs, on ne peut pas se baser sur les valeurs moyennes données par Sposito (1989) puisqu'elles sont fortement variables en fonction des formations géologiques. Il y a une grande différence entre un granite à biotite et un calcaire, que ce soit pour Fe (1 à 8,1 % Fe_2O_3), Ca (< LD à 13,5 % CaO), Si (26,1 à 64,9 % SiO_2), Al (6,5 à 18,9 % Al_2O_3), Mg (< LQ à 7,5 % MgO), K (1,8 à 5,4 % K_2O) ...

Pour les éléments majeurs, les concentrations mesurées par spectrométrie ICP sont au-dessus des LD sauf pour le calcium et le magnésium où certaines concentrations sont < 1 %.

3.5.3. Comparaison analyses pXRF et analyse par ICP

Sur les 75 échantillons prélevés, 40 ont été sélectionnés pour être analysés par spectrométrie ICP (Illustrations 14 et 15). Ce choix tient compte des teneurs mesurées sur site comme précisé au paragraphe précédent mais aussi de la composition chimique des différentes formations lithologiques (alumino-silicatés, plus ou moins riches en carbonates...).

Pour la plupart des échantillons, les teneurs mesurées sont supérieures à la limite de quantification des deux techniques utilisées (ICP et pXRF), il est donc possible d'obtenir des corrélations satisfaisantes (Illustration 16). Par contre, pour le cuivre, la majorité des teneurs sont < 50 mg/kg et proches de la limite de quantification du pXRF (22 mg/kg), il est donc difficile d'avoir une droite de corrélation pour des concentrations < 50 mg/kg, on observe plutôt un nuage de points.

Pour le zinc, les concentrations entre 500 et 900 mg/kg sont dispersées autour de la droite de corrélation (Illustration 16). Les valeurs ayant servi pour établir les FPG sont comprises entre 40 et 350 mg/kg (sauf une valeur à 481 mg/kg), dans ce domaine, toutes les mesures sont parfaitement corrélées ($y = 0,96 \cdot x$ et $r^2 = 0,9077$).

Pour les majeurs comme le fer et le calcium, on se trouve dans deux situations différentes. Le fer a été analysé en mode sol car c'est le mode le plus adapté pour les analyses de métaux dans des sols mais il n'est pas correctement quantifié. Les teneurs en Fe sont donc qualitatives et données à titre indicatives pour différencier les formations lithologiques. Dans le cas de Ca, il est considéré comme un élément léger et donc plus difficilement quantifiable. Seules les formations riches en Ca (n = 14 sur 40) ont donné des valeurs > LOD, ces dernières sont bien corrélées aux mesures obtenues par ICP malgré le faible nombre de données et un peu de dispersion due certainement à la teneur en eau de certains échantillons.

Elément	As	Sb	Cd	Cu	Fe2O3t	Pb	Zn	Al2O3	CaO	K2O	MgO	MnO	SiO2	TiO2	P2O5	Ba	Sr	PP à 450°C	
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	5	0,05
ASP-408	64	<LQ	<LQ	134	4,9	1107	216	12,6	<LQ	3,17	1,1	0,12	60,8	0,8	1150	544	55	5,02	
ASP-409	55	<LQ	<LQ	25	6,6	84	171	12,6	1,2	2,43	1,9	0,23	58,1	0,6	1156	301	53	7,33	
ASP-412	265	<LQ	2	99	5,2	398	534	14,3	<LQ	3,64	<LQ	0,19	57,1	0,84	3014	1216	65	6,02	
ASP-415	<LQ	<LQ	6	18	1	157	579	11,7	<LQ	4,03	<LQ	0,05	64,9	0,3	1137	420	78	3,65	
ASP-422	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,9	39	109	9,4	11,2	3,52	6,9	0,27	39,8	0,51	346	270	102	4,33	
ASP-429	<LQ	<LQ	<LQ	13	3,1	55	93	9,5	2,7	1,84	<LQ	0,15	60,9	0,9	748	346	56	8,33	
ASP-431	<LQ	<LQ	<LQ	29	6,2	223	183	12,6	1,1	2,6	1,9	0,14	59,5	1,04	1334	536	75	7,67	
ASP-436	385	<LQ	23	23	8,1	64	489	13,9	<LQ	3,52	3,5	0,26	48,6	0,64	1347	624	74	7,67	
ASP-439	<LQ	<LQ	<LQ	33	6,9	<LQ	54	18,9	<LQ	3,11	<LQ	0,06	48,5	0,85	927	535	61	9,67	
ASP-449	<LQ	<LQ	<LQ	40	6,2	589	208	12,2	<LQ	2,2	1,8	0,16	55,1	0,74	1371	574	62	11,67	
ASP-454	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,2	634	92	13,5	<LQ	4,94	<LQ	0,07	55,7	0,48	1393	769	267	8,7	
ASP-465	<LQ	<LQ	<LQ	12	4,3	152	82	13,1	2,5	2,56	1,6	0,12	53,4	0,67	911	985	225	10,67	
ASP-466	<LQ	<LQ	2	40	7,5	997	801	9,7	4,2	2,77	2	1,13	43,3	0,72	2288	1756	68	16,39	
ASP-480	<LQ	<LQ	<LQ	44	4,5	70	178	13,6	<LQ	2,98	1,3	0,16	60,3	0,73	1350	585	57	7,33	
ASP-482	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,1	84	117	12,4	<LQ	4,86	<LQ	0,07	59,1	0,52	987	961	248	7,64	
ASP-487	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,2	36	51	12,3	<LQ	5,44	<LQ	0,26	58,1	0,56	1495	5177	192	7,02	
ASP-490	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,3	81	112	11,4	<LQ	4,41	<LQ	0,09	62,1	0,8	758	1260	201	4,65	
ASP-502	34	<LQ	<LQ	19	4,8	24	81	14,3	<LQ	3,4	<LQ	0,08	55,7	1,04	533	522	54	5,98	
ASP-507	<LQ	<LQ	<LQ	28	5,3	61	108	14,4	<LQ	3,24	<LQ	0,87	52,4	0,87	2852	512	50	9,03	
ASP-510	<LQ	<LQ	<LQ	18	3,1	352	354	6,5	13,5	1,92	7,5	0,37	26,1	0,37	1709	500	85	13,29	
Elément	Ag	B	Be	Bi	Ce	Co	Cr	La	Li	Mo	Nb	Ni	Sn	V	W	Y	Zr		
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
LD	0,2	10	2	10	10	5	10	20	10	5	20	10	10	10	10	10	20		
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
ASP-408	0,8	76	2	<LQ	64	15	58	35	53	<LQ	<LQ	27	<LQ	90	<LQ	31	160		
ASP-409	<LQ	75	<LQ	<LQ	32	17	129	<LQ	45	<LQ	<LQ	37	<LQ	124	<LQ	33	78		
ASP-412	0,8	86	3	<LQ	85	21	68	44	56	<LQ	<LQ	38	<LQ	82	<LQ	28	165		
ASP-415	<LQ	434	9	<LQ	37	<LQ	20	<LQ	43	<LQ	47								
ASP-422	<LQ	291	<LQ	<LQ	48	5	43	23	35	<LQ	<LQ	19	<LQ	57	<LQ	<LQ	87		
ASP-429	0,2	110	<LQ	<LQ	79	16	59	31	40	<LQ	<LQ	19	<LQ	63	<LQ	22	179		
ASP-431	<LQ	62	<LQ	<LQ	47	19	89	22	48	<LQ	<LQ	31	<LQ	133	<LQ	24	132		
ASP-436	<LQ	86	3	<LQ	86	28	216	48	73	<LQ	<LQ	162	<LQ	96	<LQ	34	105		
ASP-439	<LQ	91	2	<LQ	114	13	69	58	87	<LQ	<LQ	34	<LQ	99	<LQ	29	149		
ASP-449	<LQ	45	<LQ	<LQ	43	17	92	26	69	<LQ	<LQ	35	<LQ	125	<LQ	29	82		
ASP-454	1	55	4	<LQ	109	<LQ	19	56	43	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	43	<LQ	<LQ	106		
ASP-465	0,2	49	<LQ	<LQ	34	10	25	28	61	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	98	<LQ	<LQ	111		
ASP-466	2	87	2	<LQ	90	21	52	38	56	<LQ	<LQ	37	<LQ	104	<LQ	26	120		
ASP-480	<LQ	63	2	<LQ	79	15	104	38	60	<LQ	<LQ	39	<LQ	85	<LQ	28	152		
ASP-482	0,6	37	2	<LQ	82	<LQ	24	41	34	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	45	<LQ	<LQ	152		
ASP-487	0,4	97	3	<LQ	118	5	22	64	38	<LQ	<LQ	15	<LQ	68	<LQ	<LQ	173		
ASP-490	0,3	66	<LQ	<LQ	107	<LQ	32	59	51	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	56	<LQ	<LQ	251		
ASP-502	<LQ	63	2	<LQ	87	14	63	47	34	<LQ	<LQ	24	<LQ	87	<LQ	32	159		
ASP-507	<LQ	69	2	<LQ	72	9	76	36	104	<LQ	<LQ	24	<LQ	100	<LQ	41	172		
ASP-510	1,2	59	<LQ	<LQ	30	9	34	<LQ	29	<LQ	<LQ	17	<LQ	61	<LQ	<LQ	41		

Illustration 14 : Tableau des analyses des échantillons de la campagne de 2017 par spectrométrie ICP de 34 éléments et perte au feu à 450°C, LQ : Limite de quantification.

Élément	As	Sb	Cd	Cu	Fe2O3t	Pb	Zn	Al2O3	CaO	Mo	Nb	Ni	MnO	SiO2	TiO2	P2O5	Ba	Sr	PP à 450°C	
LD	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	
Unité	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,28	1622	115	14,9	<LQ	5,65	<LQ	<LQ	0,06	63,9	0,58	1664	1328	376	6,64	
ASP-1001	20	10	2	5	1	10	5	1	1	0,5	1	0,01	0,01	1	0,01	100	10	5	0,05	
ASP-1004	<LQ	12	<LQ	25	2,43	65	54	11,9	<LQ	5,37	<LQ	<LQ	0,07	76,1	0,81	938	1345	296	2,00	
ASP-1008	76	<LQ	3	48	8,08	212	779	13,9	<LQ	1,51	3,3	0,21	50,2	0,72	1312	308	66	17,73		
ASP-1009	29	<LQ	<LQ	26	6,82	24	87	14,2	<LQ	2,34	2	0,15	64,1	0,74	638	386	92	3,65		
ASP-1011	66	<LQ	<LQ	39	6,36	139	213	12,0	1,1	2,13	1,5	0,11	60,6	0,94	610	461	71	11,33		
ASP-1013	26	<LQ	<LQ	13	3,27	93	136	12,3	5,6	4,31	1,3	0,08	51,8	0,51	2189	852	259	13,62		
ASP-1014	20	12	<LQ	13	3,24	1060	163	14,6	<LQ	4,8	<LQ	0,09	65,2	0,92	1451	1259	239	6,69		
ASP-1020	30	<LQ	<LQ	14	5,55	77	141	11,5	2,4	3,58	1,9	0,24	59,4	0,78	1718	1000	98	10,33		
ASP-1024	24	<LQ	<LQ	23	4,73	136	421	6,1	19,2	1,63	7,3	0,42	23,7	0,34	1954	518	78	10,67		
ASP-1027	28	<LQ	<LQ	11	4,49	60	125	8,5	1,7	2,23	<LQ	0,24	68,4	0,74	1527	498	87	9,63		
ASP-1041	55	<LQ	<LQ	46	5,49	181	296	16,6	<LQ	4,46	1,3	0,07	57,9	0,91	1388	726	44	8,67		
ASP-1044	223	11	4	77	5,21	168	680	14,9	<LQ	4,47	1,2	0,16	60,2	0,77	4207	825	78	7,97		
ASP-1052	<LQ	<LQ	<LQ	30	6,54	226	485	13,8	1,2	4,81	1,8	0,26	55	0,89	2136	991	92	12,67		
ASP-1053	<LQ	<LQ	<LQ	25	9,31	60	168	19,7	<LQ	2,88	1,6	0,15	51,8	1,07	699	1993	54	8,00		
ASP-1057	<LQ	<LQ	<LQ	19	4,13	51	283	8,5	10,7	2,2	7,6	0,43	30,6	0,51	1484	322	59	17,67		
ASP-1058	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	37	30	5,7	<LQ	1,51	<LQ	0,02	79,6	0,57	306	196	22	7,69		
ASP-1063	21	<LQ	<LQ	23	6,87	77	237	9,0	9,2	2,05	5,6	1,27	30,6	0,56	2083	1282	54	19,33		
ASP-1065	51	<LQ	<LQ	22	5,59	77	61	10,6	10,5	2,91	4,7	0,07	31,5	0,61	4136	168	111	13,43		
ASP-1066	22	<LQ	3	40	2,69	104	373	5,5	17,8	1,21	<LQ	0,11	21,9	0,36	5049	272	34	37,33		
ASP-1067	31	<LQ	<LQ	52	5,51	92	252	11,3	12,9	2,15	<LQ	0,26	41	0,71	7056	790	66	16,61		
Élément	Ag	B	Be	Bi	Ce	Co	Cr	La	Li	Mo	Nb	Ni	MnO	SiO2	TiO2	P2O5	Ba	Sr	PP à 450°C	
LD	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Unité	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
ASP-1001	3,7	52	5	<LQ	117	6	15	66	69	<LQ										
ASP-1004	<LQ	46	<LQ	<LQ	81	6	23	46	42	<LQ	21	<LQ								
ASP-1008	<LQ	20	3	<LQ	59	26	104	25	102	<LQ	<LQ	43	11	137	<LQ	<LQ	31	113	<LQ	
ASP-1009	<LQ	40	<LQ	<LQ	53	17	55	30	81	<LQ	<LQ	<LQ	28	<LQ	116	<LQ	38	159	<LQ	
ASP-1011	<LQ	25	<LQ	<LQ	40	18	56	<LQ	45	<LQ	<LQ	26	<LQ	124	<LQ	<LQ	<LQ	166	<LQ	
ASP-1013	<LQ	32	3	<LQ	87	9	18	47	53	<LQ	<LQ	12	<LQ	44	<LQ	<LQ	<LQ	177	<LQ	
ASP-1014	2,8	46	4	<LQ	118	8	25	60	75	<LQ	25	<LQ	<LQ	62	<LQ	<LQ	25	281	<LQ	
ASP-1020	<LQ	85	3	<LQ	85	17	43	39	74	<LQ	<LQ	29	<LQ	101	<LQ	<LQ	28	266	<LQ	
ASP-1024	<LQ	56	3	<LQ	41	7	20	20	45	<LQ	<LQ	20	<LQ	54	<LQ	<LQ	<LQ	101	<LQ	
ASP-1027	<LQ	63	2	<LQ	92	17	42	39	44	<LQ	<LQ	27	<LQ	73	<LQ	<LQ	38	305	<LQ	
ASP-1041	<LQ	46	3	<LQ	97	9	42	50	77	<LQ	22	20	<LQ	77	<LQ	<LQ	29	234	<LQ	
ASP-1044	<LQ	72	4	<LQ	86	22	36	45	66	<LQ	20	33	<LQ	71	11	11	29	177	<LQ	
ASP-1052	<LQ	133	3	<LQ	68	12	33	34	69	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	116	<LQ	<LQ	27	185	<LQ	
ASP-1053	<LQ	67	4	<LQ	59	22	58	31	103	<LQ	<LQ	25	<LQ	176	<LQ	<LQ	27	193	<LQ	
ASP-1057	<LQ	88	2	<LQ	58	15	29	25	84	<LQ	<LQ	25	<LQ	78	<LQ	<LQ	21	130	<LQ	
ASP-1058	<LQ	69	<LQ	<LQ	49	7	15	25	29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	38	<LQ	<LQ	<LQ	185	<LQ	
ASP-1063	1,3	72	3	<LQ	68	14	32	29	57	<LQ	<LQ	34	<LQ	68	<LQ	<LQ	22	146	<LQ	
ASP-1065	<LQ	123	<LQ	<LQ	60	15	43	29	114	<LQ	<LQ	45	<LQ	91	<LQ	<LQ	26	109	<LQ	
ASP-1066	<LQ	49	<LQ	<LQ	41	8	24	20	31	<LQ	<LQ	17	<LQ	42	<LQ	<LQ	23	92	<LQ	
ASP-1067	<LQ	64	3	<LQ	79	15	67	42	62	<LQ	<LQ	36	<LQ	79	<LQ	<LQ	43	66	<LQ	

Illustration 15 : Tableau des analyses des échantillons de la campagne de 2018 par spectrométrie ICP de 34 éléments et perte au feu à 450°C, LQ : Limite de quantification.

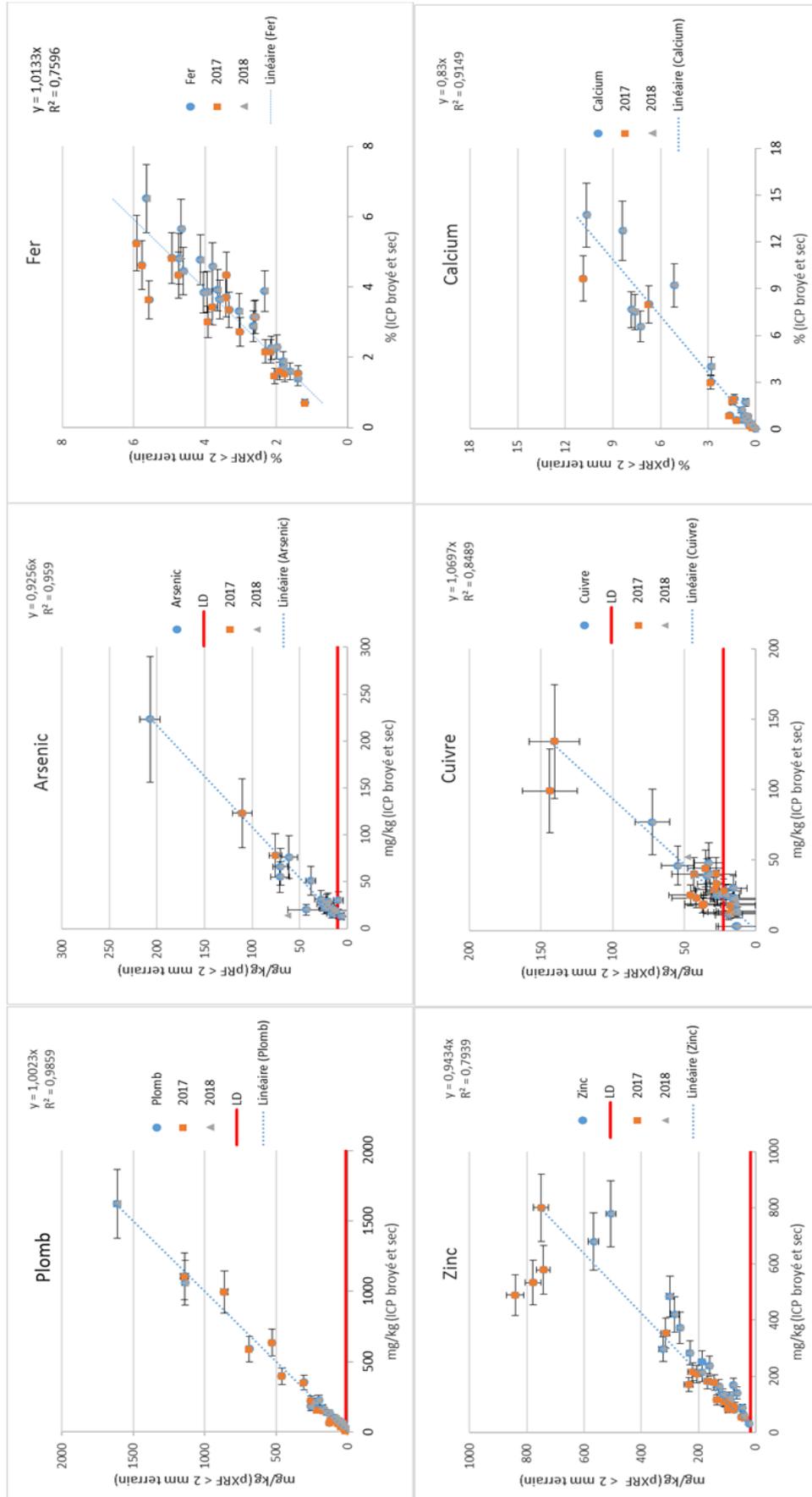


Illustration 16 : Comparaison des pXRF de terrain et de spectrométrie ICP (le trait rouge délimite la limite de détection du pXRF quand elle est connue).

3.6. DÉTERMINATION DES FPG PAR FORMATIONS LITHOLOGIQUES

Le nombre de points par formations dépend de sa surface et de son homogénéité et accessoirement de l'accessibilité à la zone à échantillonner. Dans un premier temps, certaines formations peu représentées dans la zone d'étude et en bordure d'autres formations plus accessible, ont été regroupées en tenant compte du type de roches et des teneurs mesurées. Au total, 9 formations ont été identifiées (Illustrations 2 à 4). Dans un second temps, les analyses statistiques multivariées ont confirmé ou non ces regroupements.

3.6.1. Analyses statistiques multivariées

Dans le but de vérifier la cohérence des données obtenues vis-à-vis du fond pédogéochimique, une analyse statistique multivariée relativement légère a été mise en œuvre par l'utilisation du complément Excel XLSTAT.

Les éléments pris en compte pour cette approche, sélectionnés en éliminant ceux dont la plupart des valeurs sont inférieures aux limites de détection ou majoritairement très proches de celles-ci, sont : Pb, As, Zn, Ni, Fe, Mn, V, Ti, Ca, K, Ba, Zr, Sr, Rb, Th, soit 15 éléments.

	Pb	As	Zn	Ni	Fe	Mn	V	Ti	Ca	K	Ba	Zr	Sr	Rb	Th
Pb	1	0.060	0.266	0.048	-0.019	0.070	-0.048	0.053	-0.089	0.168	0.138	0.058	0.250	0.186	0.199
As	0.060	1	0.367	0.261	0.318	0.118	0.040	-0.060	-0.125	0.164	-0.053	0.008	-0.171	0.265	0.228
Zn	0.266	0.367	1	0.222	0.332	0.352	0.133	-0.022	0.026	0.172	0.016	-0.061	-0.165	0.156	-0.077
Ni	0.048	0.261	0.222	1	0.615	0.334	0.455	0.314	-0.043	0.375	0.494	0.269	0.134	0.243	0.044
Fe	-0.019	0.318	0.332	0.615	1	0.464	0.720	0.302	-0.088	0.108	0.227	0.040	-0.081	0.058	-0.174
Mn	0.070	0.118	0.352	0.334	0.464	1	0.130	-0.016	0.221	-0.039	0.080	-0.056	-0.151	-0.090	-0.210
V	-0.048	0.040	0.133	0.455	0.720	0.130	1	0.621	-0.209	0.102	0.247	0.181	0.014	-0.044	-0.205
Ti	0.053	-0.060	-0.022	0.314	0.302	-0.016	0.621	1	-0.419	0.186	0.224	0.674	0.114	0.070	0.084
Ca	-0.089	-0.125	0.026	-0.043	-0.088	0.221	-0.209	-0.419	1	-0.315	-0.179	-0.438	-0.102	-0.415	-0.376
K	0.168	0.164	0.172	0.375	0.108	-0.039	0.102	0.186	-0.315	1	0.371	0.330	0.325	0.820	0.540
Ba	0.138	-0.053	0.016	0.494	0.227	0.080	0.247	0.224	-0.179	0.371	1	0.193	0.507	0.255	0.046
Zr	0.058	0.008	-0.061	0.269	0.040	-0.056	0.181	0.674	-0.438	0.330	0.193	1	0.096	0.303	0.398
Sr	0.250	-0.171	-0.165	0.134	-0.081	-0.151	0.014	0.114	-0.102	0.325	0.507	0.096	1	0.324	0.325
Rb	0.186	0.265	0.156	0.243	0.058	-0.090	-0.044	0.070	-0.415	0.255	0.303	0.303	0.324	1	0.759
Th	0.199	0.228	-0.077	0.044	-0.174	-0.210	-0.205	0.084	-0.376	0.540	0.046	0.398	0.325	0.759	1

Illustration 17 : Matrice de corrélation de Pearson.

Selon une matrice de corrélation de Pearson (Illustration 17), Ni est légèrement corrélé avec Fe, Fe avec V, Ti avec V et Zr, K assez fortement avec Rb, Ba avec Sr et Rb avec Th. Il n'y a pas d'anticorrélation nettement observable.

La réalisation d'une analyse en composante principale (ACP) donne les résultats principaux suivant (Illustration 18) :

- le facteur F1 (en fonction de tous les autres facteurs) oppose Ca avec la majorité des autres éléments analysés ;
- le facteur F2 (en fonction de F1) indiquerait une certaine similitude entre Zr, K, Rb, Th, Sr voir Pb, et à l'opposé entre Ni, V, Fe, Mn ;
- le facteur F3 (en fonction de F1) montre un comportement similaire entre As et Zn, et à moindre mesure avec Pb et Mn alors que Ti, Zr et V sont sensiblement similaires à l'opposé ;
- le facteur F4 (en fonction de F1) représente bien une certaine corrélation entre Ba et Sr.

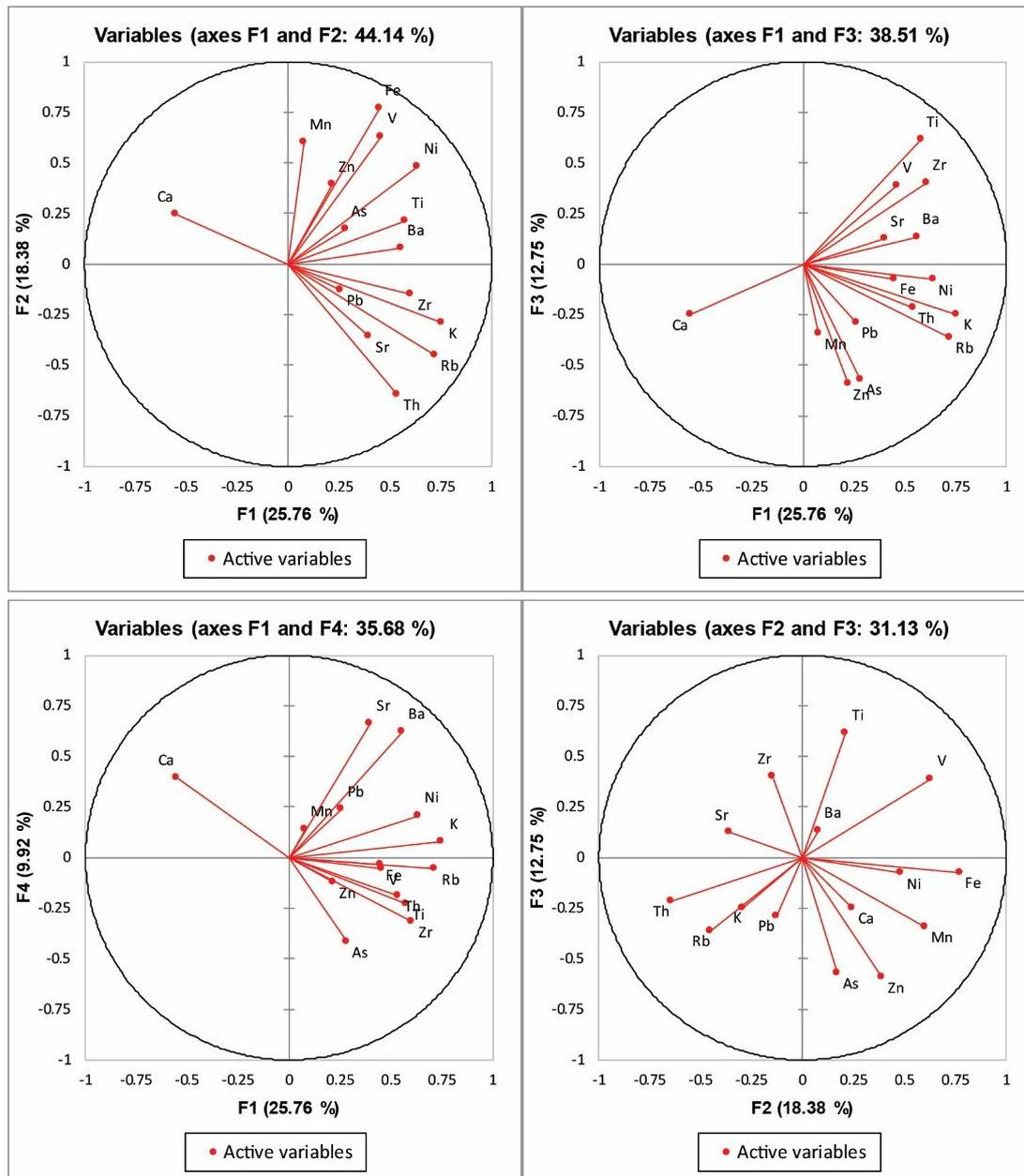


Illustration 18 : Analyse en composante principale pour 15 éléments. Comparaison facteurs F1 vs. F2, F1 vs F3, F1 vs F4, F2 vs. F3.

L'outil qui a ensuite été utilisé est une classification par ascendance hiérarchique (CAH), qui permet de repérer des classes (regroupements de points d'observation) naturelles au sein d'un ensemble d'analyses ainsi que les liens « hiérarchiques » entre ces groupes. Ainsi, celle-ci permet d'apprécier le degré de similarité entre les classes dans un dendrogramme (Illustration 19). Plus deux classes seront différentes, plus elles se sépareront tôt dans celui-ci.

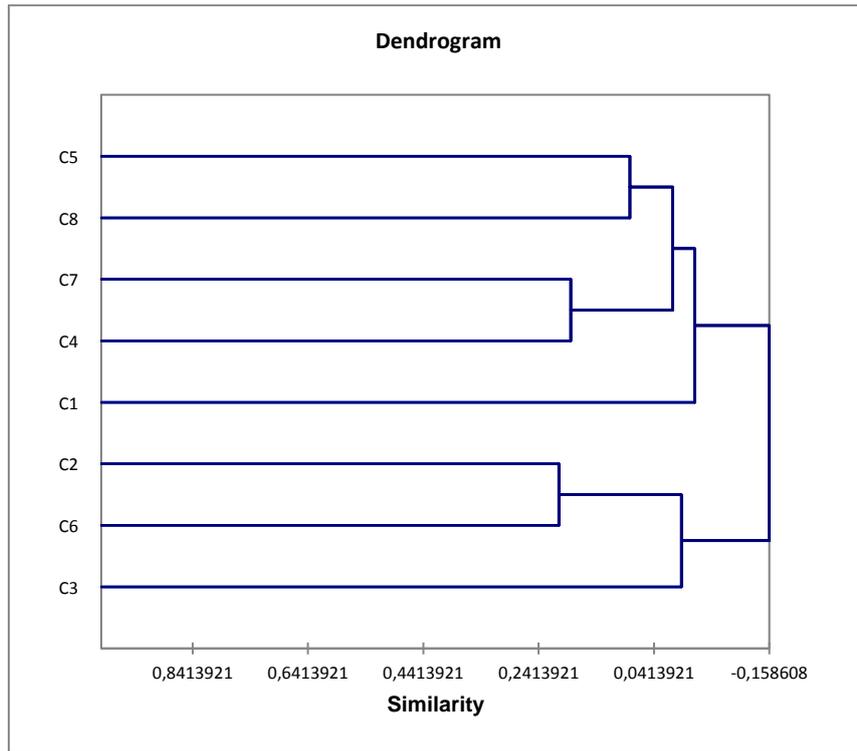


Illustration 19 : Dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique appliquée sur les mesures de 15 éléments dans le fond pédogéochimique du secteur d'Asprières.

Dans le cas de la présente étude, le logiciel a défini 8 classes (arbitrairement définie après un premier test) en prenant la méthode basée sur la similarité de Pearson. Sans rentrer dans le détail, il est possible d'observer que les classes sont assez contrastées, avec par exemple les classes C1, C4, C5, C7 et C8 qui se détachent très tôt par rapport à un second groupe de classes composé de C2, C3 et C6.

L'outil donne aussi la composition du centroïde de chaque classe, ce qui permet d'en estimer la signature géochimique (Illustration 20). Ainsi la classe 1 présente une signature plutôt marquée en Ti et Zr et plutôt appauvrie en Pb et Ba, que l'on pourrait éventuellement rattacher à une lithologie granitique ou sédimentaire détritique grossière (grès, conglomérats). La classe 2 est marquée par Fe, V, Ti et de faibles valeurs de Th, que l'on pourrait rattacher à la diorite et/ou aux amphibolites. La classe 3 montre des valeurs assez riches en Mn et Ca et pauvres en Ti, K, Zr et Th et pourrait correspondre aux roches carbonatées du bassin méso-cénozoïque. La classe 4 se caractérise par Pb, Sr, Rb et Th et alors que Mn est appauvri, et pourrait être associée à la minéralisation ou à une contamination. La classe 5 possède une signature à As, Fe, K et Rb enrichis et Ca et Sr appauvris qui fait plutôt penser à des formations de socle (métamorphiques voir granitiques). La composition de la classe 6 correspond à de fortes valeurs en Pb, Ni, V, Ti, qui pourrait représenter la signature relative à la minéralisation. La classe 7 est enrichie en Ba et appauvrie en As, Zn, Ni, Fe, V et Ti, et pourrait peut-être indiquer l'influence d'une minéralisation barytique. La classe 8 montrent de fortes concentrations en As et Zn ainsi qu'un appauvrissement en Ni, et pourrait représenter un type de minéralisation zincifère.

Class	Pb	As	Zn	Ni	Fe	Mn	V	Ti	Ca	K	Ba	Zr	Sr	Rb	Th
1	66	25	106	23	25711	1004	88	5668	7096	21564	375	270	57	87	9
2	195	28	182	63	46084	1199	166	5281	10365	23737	986	177	119	83	4
3	116	25	195	34	32469	2727	66	2968	71168	20742	423	121	69	76	5
4	259	24	98	29	19923	568	57	4344	7337	31131	736	218	190	142	16
5	74	94	182	70	44967	1160	128	4627	3601	35212	615	222	59	146	13
6	394	58	106	83	32841	807	146	5770	9957	25965	815	209	127	108	14
7	87	9	66	17	18025	728	30	2915	10518	22592	1840	174	153	114	9
8	146	151	388	13	27710	1026	54	3252	6411	30992	460	166	65	140	11

Illustration 20 : Composition des centroïdes de chaque classe obtenue de la classification ascendante hiérarchique appliquée sur les mesures de 15 éléments dans le fond pédogéochimique du secteur d'Asprières. Les cases en bleu signalent plutôt une signature appauvrie alors que celles en jaune sont plutôt enrichies.

La cartographie de ces classes donne dans un premier ordre une assez bonne corrélation avec la cartographie géologique au 1/50 000 (Illustration 21), et semble bien confirmer les hypothèses exposées précédemment à partir de leur signature géochimique. Cette observation justifie donc de la bonne représentativité des mesures réalisées pour le fond pédogéochimique des formations lithologiques de la zone d'étude.

La classe 1 est plutôt localisée sur les formations détritiques de l'Éocène. La classe 2 se rencontre principalement sur la diorite quartzite de Figeac et les formations métamorphiques encaissantes portant de très nombreux filons d'amphibolites. La majorité des analyses correspondantes à la classe 3 sont localisées sur les formations carbonatées mésozoïques. Les classes 5 et 8, présentant un fond élevé en As, sont plutôt présentes sur les formations métamorphiques de l'est de la zone d'étude. La classe 7 ne montre pas une distribution particulière.

La classe 4 est pratiquement restreinte au granite de Villefranche, où de nombreuses minéralisations sont connues. La présence de points équivalents en aval est à souligner, notamment dans la plaine au niveau de Capdenac. La classe 6 est présente en aval de ces points inclus dans le granite.

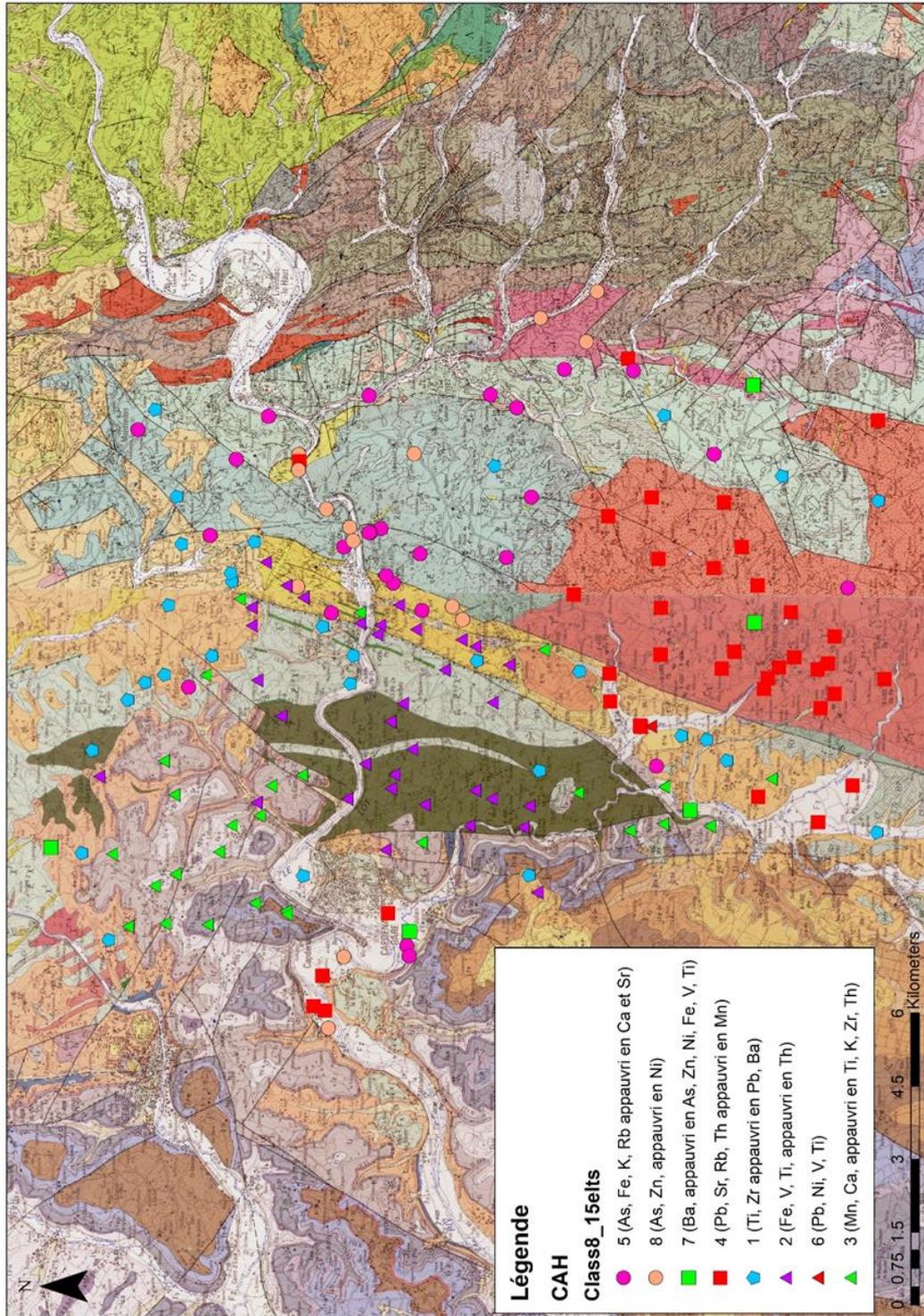


Illustration 21 : Cartographie sur les fonds de carte géologique au 1/50 000 des différentes classes obtenues par classification ascendante hiérarchique.

3.6.2. Tri des données pour établir les FPG

Les 178 mesures réalisées sur des échantillons de sols tamisés à 2 mm n'ont pas toutes été utilisées pour établir les FPG. En effet, certains échantillons ont montré des teneurs fortes en Pb, Zn...pouvant s'expliquer par leur proximité avec des zones minières (mines, anciens puits, tas de résidus...) (Illustration 22). Par contre, pour certaines formations traversées par de nombreuses minéralisations non exploitées ou des filons, les échantillons ont été conservés pour le calcul des FPG car représentatifs de la variabilité de ces formations (échantillons en vert dans le tableau ci-après (Illustration 23)).

Ainsi, les échantillons indiqués en couleur (rouge, orange et jaune) dans le tableau ci-après (Illustration 23) n'ont pas été retenus pour le calcul des FPG des éléments (Pb, Zn, As et Cu).

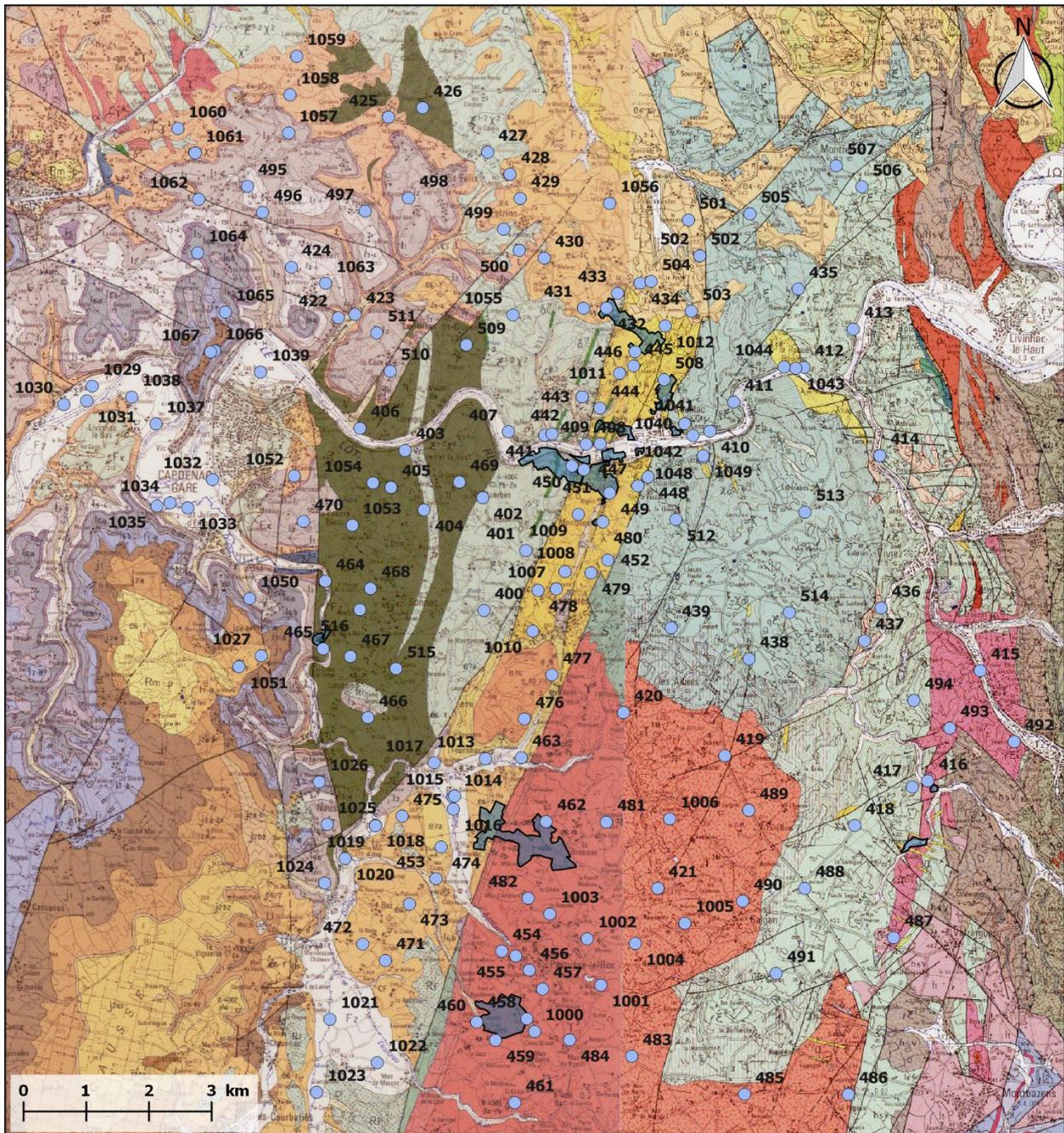


Illustration 22 : Position des points de mesure (bleu) et des zones impactées par les activités minières (bleues et hachurés).

Caractérisation du Fond Pédologique-Géochimique de l'ancien secteur minier d'Asprières (12, 46)

POINT	Ydd	Xdd	GEOL Simplifiée	Commentaires	POINT	Ydd	Xdd	EOL Simplifié	Commentaires
429	44.60782	2.134431	e		409	44.572046	2.151042	λ-δ	Prés des filons d'amphibolites et des indices miniers à Pb et Zn
430	44.5991143	2.1394086	e		444	44.577268	2.150909	λ-δ	Prés des filons d'amphibolites et des indices miniers à Pb et Zn
431	44.591852	2.147402	e	à l'ouest de "Gasquieu ouest"	445	44.583497	2.157599	λ-δ	
432	44.591916	2.152041	e	à l'ouest de "Gasquieu ouest"	446	44.585553	2.157854	λ-δ	
433	44.594086	2.15422	e	au nord de "Gasquieu ouest"	447	44.565934	2.158732	λ-δ	
434	44.595609	2.158708	e		448	44.564847	2.15306	λ-δ	Au centre de "La Vidale"
453	44.508151	2.119067	e		451	44.568223	2.147829	λ-δ	Prés des filons d'amphibolites et des indices miniers à Pb et Zn
463	44.525988	2.135914	e		478	44.550494	2.138896	λ-δ	
471	44.496092	2.109095	e		479	44.553144	2.149485	λ-δ	
472	44.498462	2.104507	e		480	44.560604	2.15176	λ-δ	
473	44.504398	2.113783	e		1007	44.550729	2.142562	λ-δ	
474	44.512799	2.120008	e		1008	44.553293	2.144267	λ-δ	Possibilité de proximité avec des indices miniers
475	44.517247	2.112134	e		1009	44.561667	2.146829	λ-δ	
476	44.531665	2.136434	e		1010	44.544526	2.137922	λ-δ	
477	44.538152	2.141865	e		1011	44.58239	2.154798	λ-δ	Possibilité de proximité avec des indices miniers
501	44.604906	2.168311	e		1012	44.589388	2.163864	λ-δ	Possibilité de proximité avec des indices miniers
502	44.599695	2.17067	e		424	44.597374	2.088622	h-j	
502	44.599695	2.17067	e		470	44.562006	2.091635	h-j	
503	44.591584	2.168078	e		495	44.609146	2.079591	h-j	
504	44.59587	2.160932	e		496	44.605361	2.082677	h-j	
1027	44.540477	2.083481	e		497	44.605705	2.103296	h-j	
1051	44.538839	2.079022	e		498	44.607703	2.111985	h-j	
1056	44.607228	2.152428	e		510	44.582333	2.108718	h-j	
423	44.590586	2.10151	f	F mais plutôt du l-j malgré le fait d'être au bord du ruisseau de Donazac	511	44.587914	2.105928	h-j	
1013	44.525784	2.128711	f		1024	44.507328	2.09675	h-j	
904	44.520138	2.122265	f	au bord du ruisseau d'Audliernes en aval du Moulin de Bez (point 1001)	1025	44.515916	2.097109	h-j	
904	44.52027	2.122607	f	au bord du ruisseau d'Audliernes en aval du Moulin de Bez (point 1001)	1026	44.522114	2.095397	h-j	
904	44.51836	2.122374	f	au bord du ruisseau d'Audliernes en aval du Moulin de Bez (point 1001)	1050	44.5488373	2.0809925	h-j	
907	44.5251095	2.1184364	f	au bord du ruisseau de Leyzac	1057	44.617027	2.087755	h-j	
1018	44.515853	2.106799	f		1062	44.607165	2.069828	h-j	
1019	44.515799	2.106805	f		1063	44.595094	2.095504	h-j	
1020	44.510947	2.100782	f		1064	44.599326	2.069745	h-j	
1021	44.487411	2.098107	f		1065	44.5907	2.075449	h-j	
1022	44.481142	2.107719	f		1066	44.585001	2.073414	h-j	
1023	44.476705	2.095622	f		1067	44.584847	2.072579	h-j	
1029	44.579651	2.048881	f		422	44.590075	2.081555	t	
1030	44.576917	2.043231	f		425	44.619504	2.107784	t	
1031	44.577491	2.047818	f		428	44.611345	2.132326	t	
1032	44.566176	2.07325	f		499	44.603291	2.131187	t	
1033	44.561988	2.068379	f	à ~30m de la Diège	500	44.6002	2.134368	t	
1034	44.562702	2.064813	f		1052	44.566854	2.089666	t	Présence de morceaux d'asphalte
1035	44.562213	2.062178	f		1058	44.622615	2.087922	t	
1036	44.562246	2.068595	f	à ~50cm de la Diège	1059	44.628257	2.089189	t	
1037	44.574228	2.061788	f		1060	44.61749	2.065452	t	
1038	44.578095	2.056845	f		1061	44.613946	2.069005	t	
1039	44.581973	2.082656	f		400	44.547472	2.128089	ε	
415	44.539408	2.22783	γ	Plus dans la formation F en aval de la ville de St Aubin	401	44.556312	2.136363	ε	
416	44.523214	2.217543	γ		402	44.563969	2.127585	ε	
419	44.526585	2.176754	γ		407	44.573674	2.132596	ε	
420	44.532749	2.156329	γ		408	44.571953	2.148238	ε	Dans le "Poulou"
421	44.507094	2.163604	γ		410	44.574044	2.137078	ε	
454	44.497655	2.132433	γ	Prés du "Bousquet"	411	44.578341	2.177795	ε	Pas très loin de Bouillac sans être dans un dépôt
455	44.496953	2.135235	γ	Prés du "Bousquet"	413	44.589179	2.201646	ε	
456	44.494922	2.1379891	γ	Prés du "Bousquet"	414	44.57072	2.207263	ε	
457	44.492162	2.140707	γ	Prés du "Bousquet"	417	44.522281	2.214446	ε	
458	44.487792	2.137614	γ	Prés de "La Carcinie"	418	44.516585	2.202969	ε	
459	44.484599	2.13136	γ	Prés de "La Caze"	427	44.614524	2.127784	ε	
460	44.487225	2.127553	γ	Prés de "La Carcinie"	435	44.594992	2.190489	ε	
461	44.475502	2.135366	γ		436	44.548437	2.207806	ε	
462	44.5166784	2.1410418	γ	Dans "Coste Couil Est"	437	44.543602	2.204555	ε	
481	44.516691	2.153117	γ		438	44.540785	2.181412	ε	
482	44.505439	2.137606	γ		439	44.545232	2.165712	ε	
483	44.482477	2.158741	γ		441	44.573212	2.139905	ε	
484	44.484773	2.146251	γ		443	44.578881	2.147334	ε	
485	44.47709	2.18143	γ		448	44.567265	2.160726	ε	
486	44.477219	2.202243	γ		450	44.568757	2.145442	ε	Dans "Bréziers village"
492	44.529058	2.234803	γ		452	44.555039	2.152867	ε	
493	44.530956	2.221846	γ		457	44.500208	2.210991	ε	
1000	44.485947	2.139199	γ	A l'ouest d'une zone investiguées	488	44.507296	2.193074	ε	
1001	44.492832	2.152384	γ	A l'ouest de Peyrusse Moulin de Bez	489	44.518633	2.181668	ε	
1002	44.499581	2.149532	γ		490	44.505339	2.180647	ε	
1003	44.503162	2.14198	γ		491	44.494818	2.187498	ε	
1004	44.498993	2.159193	γ		494	44.534943	2.214577	ε	
1005	44.502021	2.169098	γ		505	44.605909	2.180659	ε	
1006	44.517256	2.16582	γ		506	44.610047	2.203098	ε	
403	44.570754	2.11186	η	Au bord de la voie ferrée	507	44.613072	2.197892	ε	
404	44.562102	2.11581	η		512	44.561083	2.166426	ε	
405	44.5653291	2.1091452	η		513	44.562348	2.192337	ε	
406	44.573922	2.102767	η		514	44.547636	2.189398	ε	
426	44.620927	2.114619	η		1055	44.590748	2.133241	ε	
464	44.551499	2.096146	η		412	44.583521	2.19182	γG	
465	44.541597	2.09588	η		1041	44.5751	2.167986	γG	
466	44.531617	2.105022	η	Autour de Lieucamp au sud "d'Aval Diège"	1042	44.57339	2.169551	γG	
467	44.54052	2.101386	η	Autour de Lieucamp au sud "d'Aval Diège"	1043	44.583391	2.190154	γG	Plutôt des sédiments du Lot
468	44.550505	2.105258	η		1044	44.583565	2.187828	γG	
469	44.566221	2.122862	η		1046	44.568312	2.172876	γG	
509	44.5863	2.123959	η		1048	44.570209	2.171802	γG	
515	44.538823	2.110566	η		1049	44.570451	2.171746	γG	
516	44.54739	2.103167	η						exclu car dans ou en aval d'une zone impactée par l'activité minière
1053	44.559723	2.101452	η						exclu doute sur la formation exacte
1054	44.56596	2.105508	η						exclu autre contamination
									conservé mais fortes teneurs dues à des minéralisations

Illustration 23 : Tableau des données pour l'ensemble des mesures de terrain et commentaires explicatifs pour l'exclusion de certaines données.

3.6.3. Détermination des FPG par élément

Le plomb

L'ensemble des points mesurés avec le pXRF est reporté sur la carte ci-après (Illustration 24) et les statistiques simples des teneurs pour chaque formation géologique sont rassemblées dans le tableau ci-après (Illustration 25).

Pour six formations (γ , η , ξ , t, I-j et F), il y a peu de variabilité sur les moyennes entre les formations (de 44 à 72 mg/kg) et les valeurs des médianes sont un peu plus faibles (35 à 65 mg/kg). Dans le cas de la formation I2 (présente seulement sur la carte de Figeac), seuls 5 points (470, 496, 498, 510 et 511) avaient été échantillonnés en 2017 et les mesures étaient très variables de 47 à 307 mg/kg et les maximum beaucoup plus élevés que dans le regroupement I-j. Plus de points ont été prélevés en 2018 et ont confirmé que la formation I2 était différente des autres formations I-j avec des teneurs en Pb un peu plus élevées (mais pas ou peu pour les autres éléments, c'est pourquoi cette formation est inclus avec les autres formations I-j dans les autres calculs statistiques).

Les formations χ G et λ - δ ont des teneurs en Pb plus élevées (184 et 117 mg/kg) avec de fortes variabilités dues à la présence de minéralisations dans ces formations (Illustration 25).

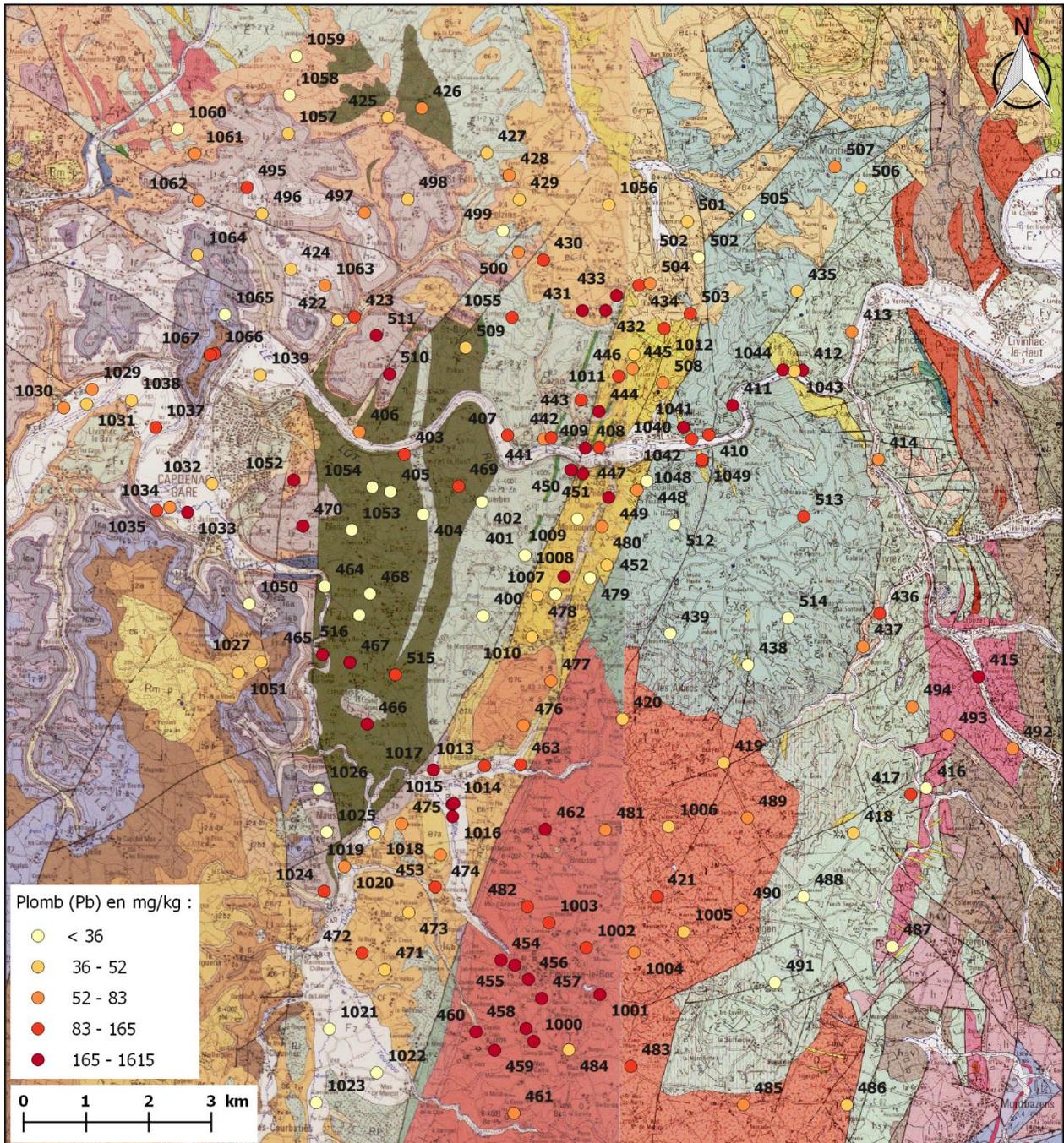


Illustration 24 : Carte des points échantillonnés pour le Pb.

En général les teneurs minimales sont comprises entre 9 et 30 mg/kg soit proches de la teneur moyenne dans les sols (19 mg/kg, Sposito, 1989) ; seule la formation χ G présente une valeur plus élevée (49 mg/kg) sans être très forte (2,5 fois la valeur moyenne).

Les valeurs les plus fortes sont quant à elles comprises entre 4 à 9 fois la valeur moyenne, ce qui n'est pas très élevé au vue du contexte géologique. Pour les formations minéralisées (χ G, λ - δ et I2), les valeurs fortes sont comprises entre 16 et 30 fois la valeur moyenne, ce qui montre bien l'impact des zones minéralisées sur les teneurs moyennes de ces formations.

Géologie	N	moyenne	E.T.	médiane	mini	max
γ	18	72	38	64	30	157
η	13	57	45	35	19	167
ξ	32	64	43	50	16	164
χG	7	184	139	133	49	461
λ-δ	16	117	144	74	11	582
t	9	44	18	44	18	69
l2	10	115	106	59	19	307
l-j	9	59	33	54	9	108
e	20	71	35	65	21	136
F	16	52	21	45	24	89

Illustration 25 : Tableau de statistiques simples de Pb : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du plomb pour chaque formation géologique.

Le zinc

L'ensemble des points mesurés avec le pXRF est reporté sur la carte ci-après (Illustration 26) et les statistiques simples des teneurs pour chaque formation géologique sont rassemblées dans le tableau ci-après (Illustration 27).

Pour six formations (γ, η, ξ, t, l-j et F), il y a peu de variabilité sur les moyennes entre les formations (de 84 à 161 mg/kg) et les valeurs des médianes sont similaires. Les formations χG et λ-δ ont des teneurs en Zn plus élevées (337 et 192 mg/kg) avec de fortes variabilités dues à la présence de minéralisations dans ces formations. Comme pour le Pb, on note, une teneur moyenne en Zn plus élevée pour la formation l2 par rapport aux autres formations l-j (215 au lieu de 161 mg/kg).

En général les teneurs minimales sont inférieures à 1,5 fois ou identiques à la teneur moyenne dans les sols 60 mg/kg (Sposito, 1989).

Les valeurs les plus fortes sont quant à elles comprises entre 3 à 5,5 fois la valeur moyenne, ce qui n'est pas très élevé au vue du contexte géologique. Et pour les formations minéralisées (χG, λ-δ et l2), les teneurs sont 5 à 13 fois supérieures.

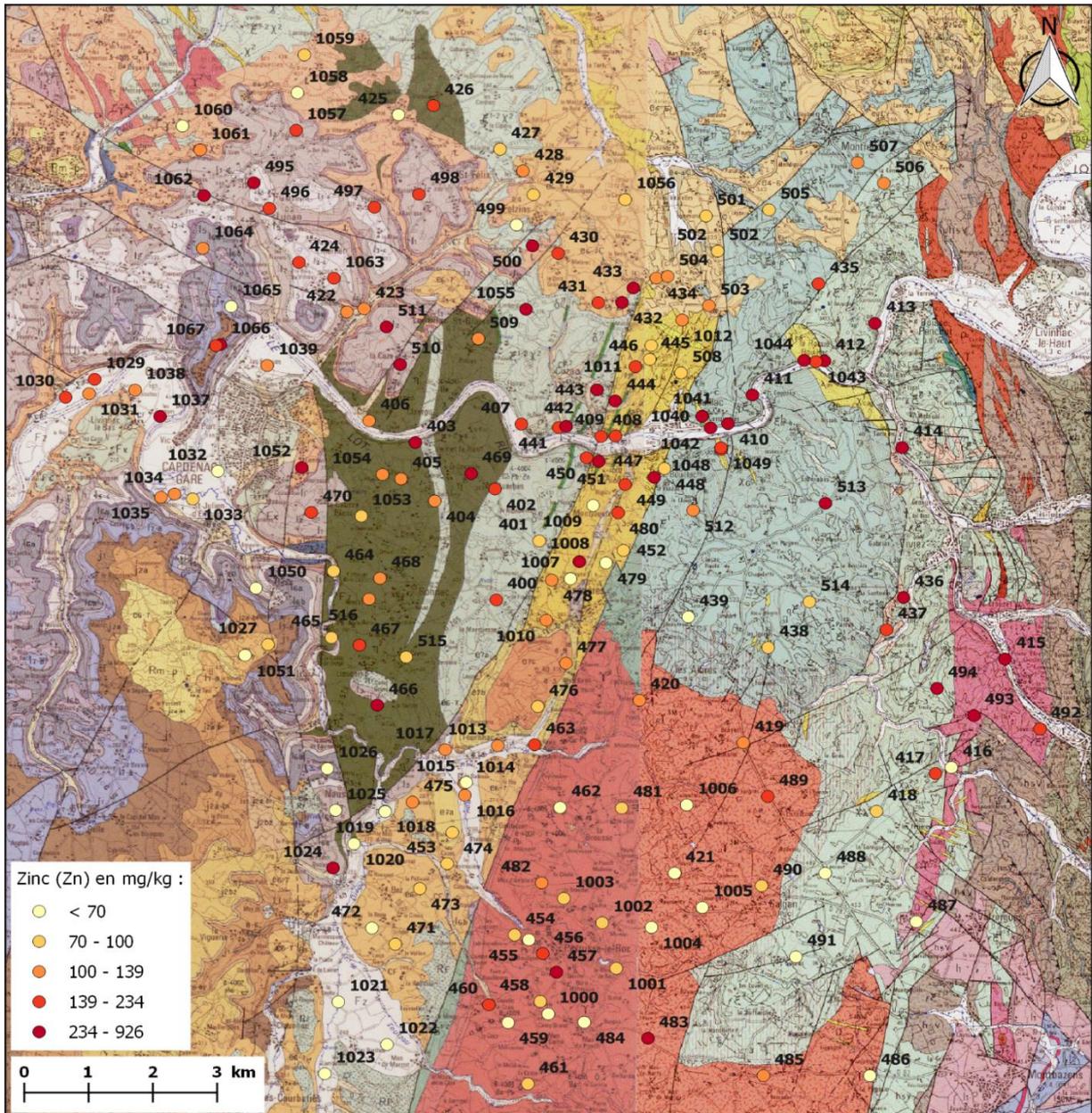


Illustration 26 : Carte des points échantillonnés pour le Zn.

Géologie	N	moyenne	E.T.	médiane	Mini	Max
γ	18	105	69	84	38	287
η	13	122	52	114	78	279
ξ	29	141	75	106	39	310
χG	7	337	248	256	94	779
λ-δ	16	192	161	132	47	585
t	9	92	68	83	16	238
l2	10	215	93	221	58	315
l-j	9	161	97	162	19	330
e	20	102	37	91	60	204
F	15	84	46	86	15	168

Illustration 27 : Tableau de statistiques simples de Zn : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du zinc pour chaque formation géologique.

L'arsenic

L'ensemble des points mesurés avec le pXRF est reporté sur la carte ci-après (Illustration 28) et les statistiques simples des teneurs pour chaque formation géologique sont rassemblées dans le tableau ci-après (Illustration 29).

Il est possible de classer les 9 formations en 3 groupes en fonction des moyennes en As. Les formations présentant des teneurs ≤ 31 mg/kg (γ , η , t, l-j, e et F), les formations présentant des teneurs intermédiaires 45 et 58 mg/kg (ξ et λ - δ) et la formation χ G avec une teneur moyenne de 177 mg/kg. Les autres statistiques (mini, médiane et max) suivent les mêmes tendances. Les anciennes études ne permettent pas d'expliquer ces teneurs en As car cet élément était peu analysé (Bossi, 1972).

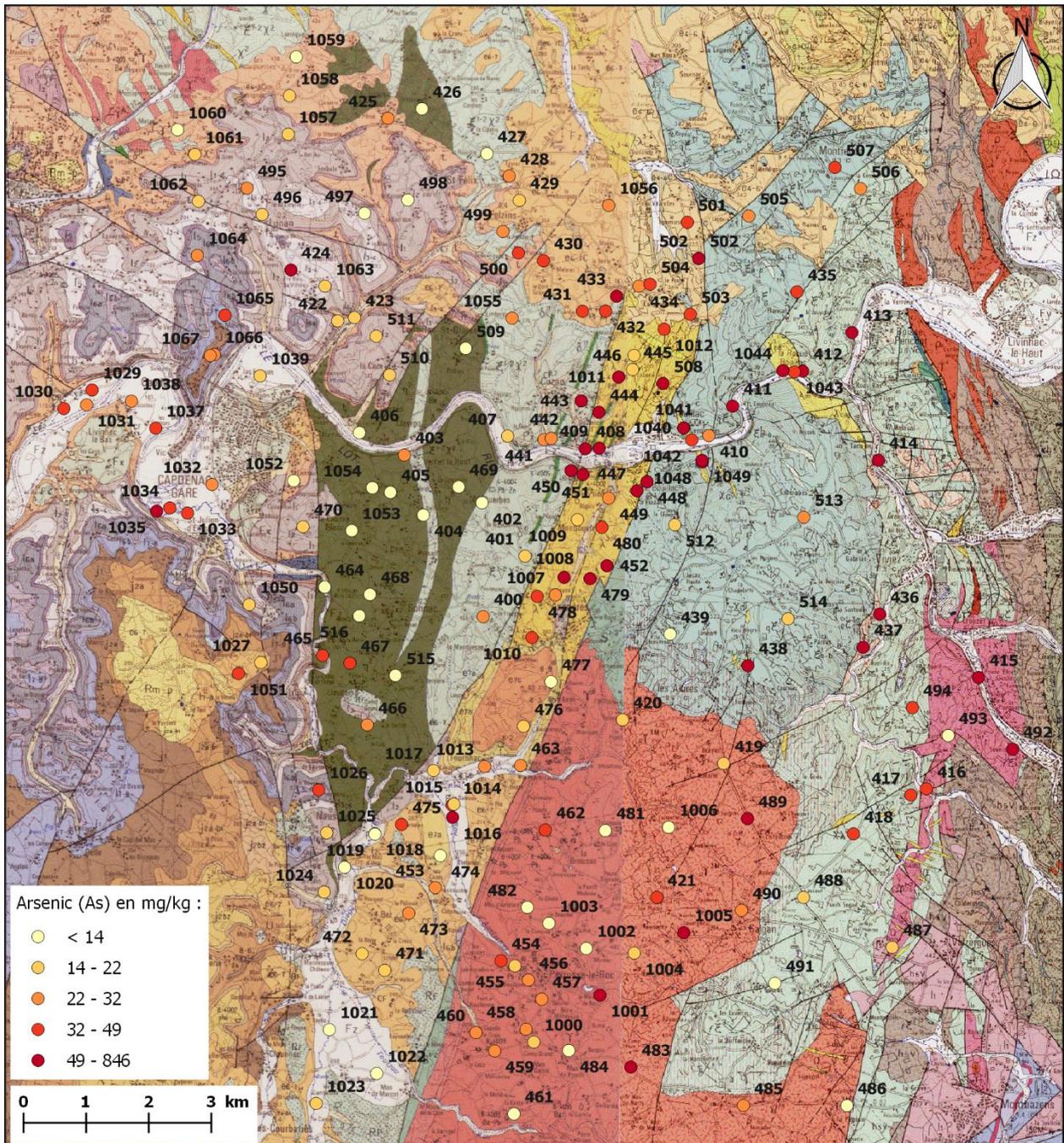


Illustration 28 : Carte des points échantillonnés pour le As.

Géologie	N	moyenne	E.T.	médiane	Mini	Max
γ	17	22	17	14	8	63
η	13	11	8	7	6	37
ξ	31	45	38	30	8	151
χG	7	177	169	120	44	536
λ-δ	16	58	42	40	18	167
t	9	20	10	19	5	35
l2	10	17	3	17	9	21
l-j	9	31	20	28	9	79
e	20	31	16	27	9	76
F	16	27	15	26	8	51

Illustration 29 : Tableau de statistiques simples de As : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum de l'arsenic pour chaque formation géologique.

Le cuivre

L'ensemble des points mesurés avec le pXRF est reporté sur la carte ci-après (Illustration 30) et les statistiques simples des teneurs pour chaque formation géologique sont rassemblés dans le tableau ci-après (Illustration 31).

Pour le Cu, on observe à peu près les mêmes tendances que pour As. Il est possible de classer les 9 formations en 3 groupes en fonction des moyennes en Cu. Les formations présentant des teneurs ≤ 20 mg/kg (γ, t, l-j, e et F), les formations présentant des teneurs intermédiaires 28, 27 et 39 mg/kg (η, ξ et λ-δ) et la formation χG avec une teneur moyenne de 65 mg/kg. Dans l'ensemble ces valeurs sont proches de la concentration moyenne du Cu dans les sols de 25 mg/kg (Sposito, 1989). Les teneurs minimales sont toutes similaires quelle que soit la formation à l'exception de la formation χG un peu plus fortes. Les valeurs médianes et maximales suivent à peu près les mêmes tendances que les valeurs moyennes.

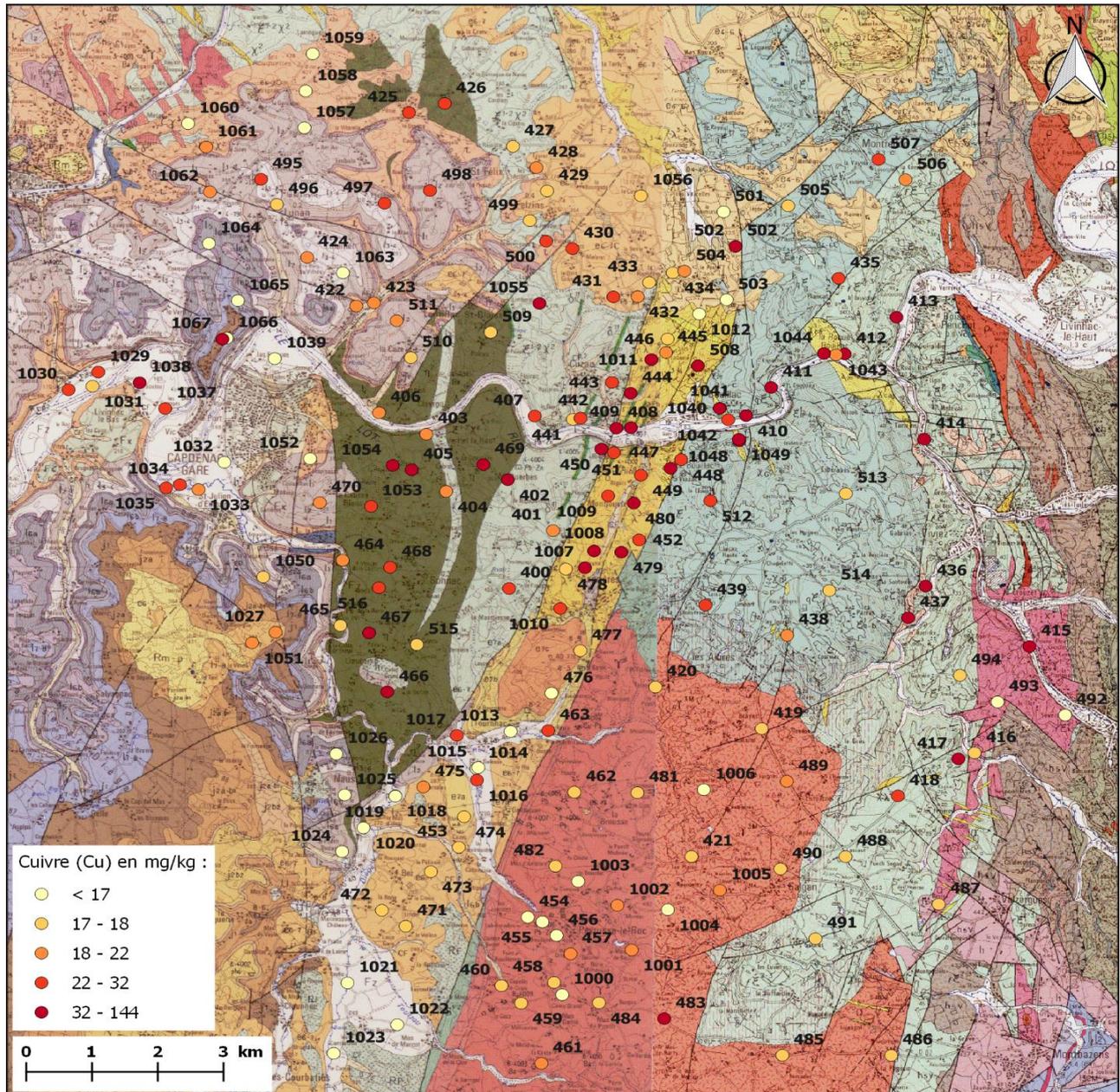


Illustration 30 : Carte des points échantillonnés pour le Cu.

Géologie	N	moyenne	E.T.	médiane	Mini	Max
γ	18	18	5	17	14	37
η	13	28	14	23	18	64
ξ	32	27	10	24	17	51
χ G	7	65	38	55	30	144
λ-δ	16	39	28	33	15	124
t	9	18	4	19	12	24
l2	10	18	4	18	14	27
l-j	9	22	11	16	14	48
e	20	20	5	18	15	36
F	16	19	7	15	12	36

Illustration 31 : Tableau de statistiques simples de Cu : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du cuivre pour chaque formation géologique.

Le vanadium

L'ensemble des points mesurés avec le pXRF est reporté sur la carte ci-après (Illustration 32) et les statistiques simples des teneurs pour chaque formation géologique sont rassemblées dans le tableau ci-après (Illustration 33).

Pour le V, il est possible de classer les formations en 3 groupes en fonction des moyennes en V. Les formations présentant des teneurs ≤ 83 mg/kg (γ , t, l2, et F), les formations présentant des teneurs intermédiaires de 92 à 114 mg/kg (ξ , λ - δ , l-j et e) et les formations η et χ G avec des teneurs moyennes de 192 et 140 mg/kg, respectivement. Le premier groupe à des teneurs proches de la concentration moyenne du V dans les sols de 80 mg/kg (Sposito, 1989) et les autres de 1,2 à 2,4 supérieures à cette concentration moyenne. Les teneurs minimales sont toutes < 80 mg/kg sauf pour la formation η . Cette formation η n'a pas été regroupée avec d'autres formations car elle avait été présentée comme pouvant comporter un fond pédolithologique contrasté (Illustration 2). Cette formation est aussi riche en Fe, Mn et Ba.

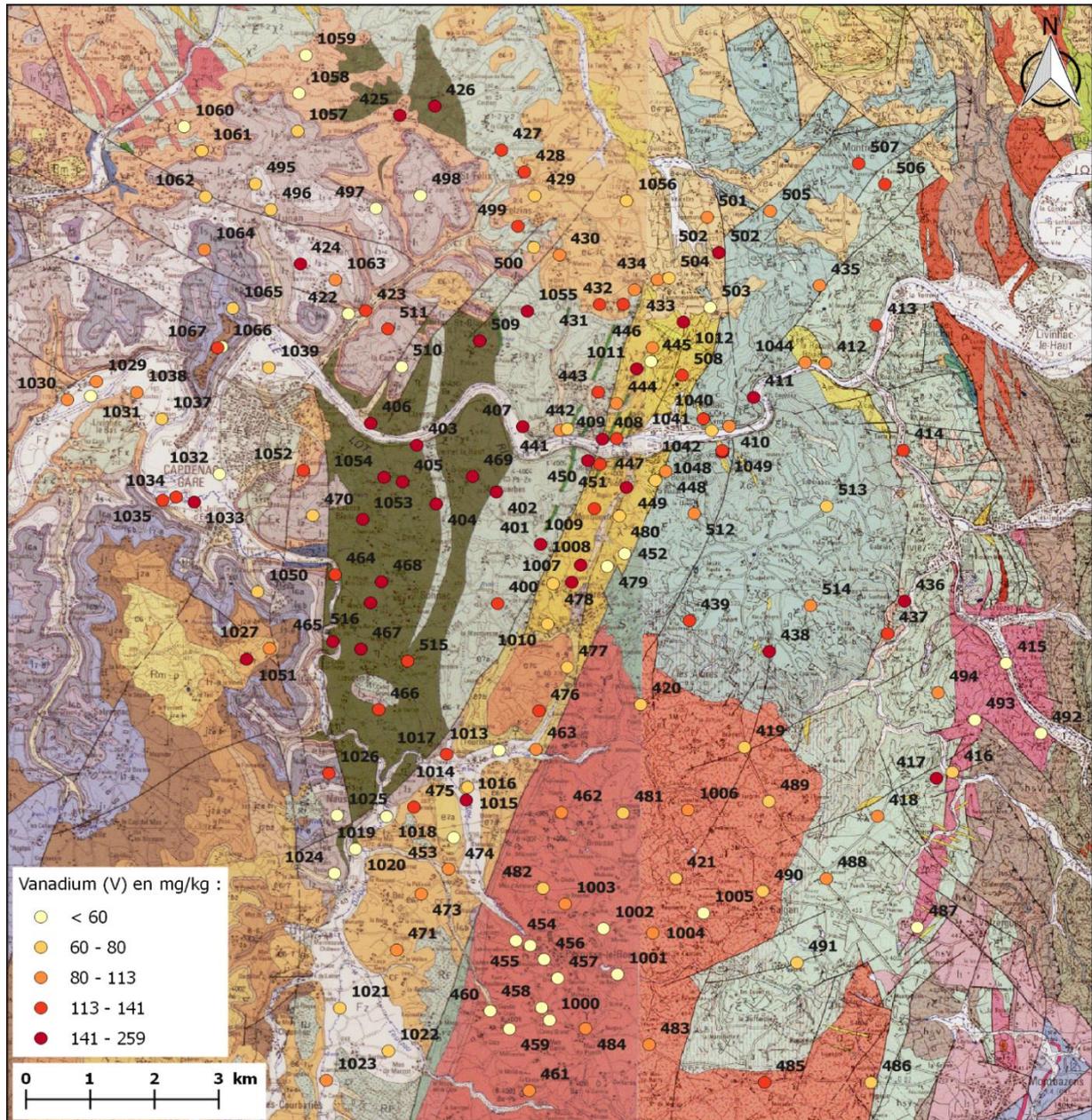


Illustration 32 : Carte des points échantillonnés pour le V.

Géologie	N	moyenne	E.T.	médiane	Mini	Max
γ	18	76	24	76	30	115
η	13	192	44	181	129	259
ξ	32	114	42	113	46	213
χ G	7	140	67	125	72	271
λ-δ	17	106	43	113	43	179
t	9	83	53	75	30	183
l2	10	63	28	65	26	128
l-j	9	92	40	92	36	155
e	20	92	40	88	20	193
F	16	68	34	67	16	132

Illustration 33 : Tableau de statistiques simples de V : nombre de mesure (N), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du vanadium pour chaque formation géologique.

Le fer

L'ensemble des points mesurés avec le pXRF est reporté sur la carte ci-après (Illustration 34) et les statistiques simples des teneurs pour chaque formation géologique sont rassemblées dans le tableau ci-après (Illustration 35).

Les formations sont réparties en 2 groupes suivant les teneurs moyennes en Fe entre 2 et 3 % (γ , t, l2, e et F) ou entre 3,7 et 4,8 % (η , ξ , χ G, λ - δ et l-j).

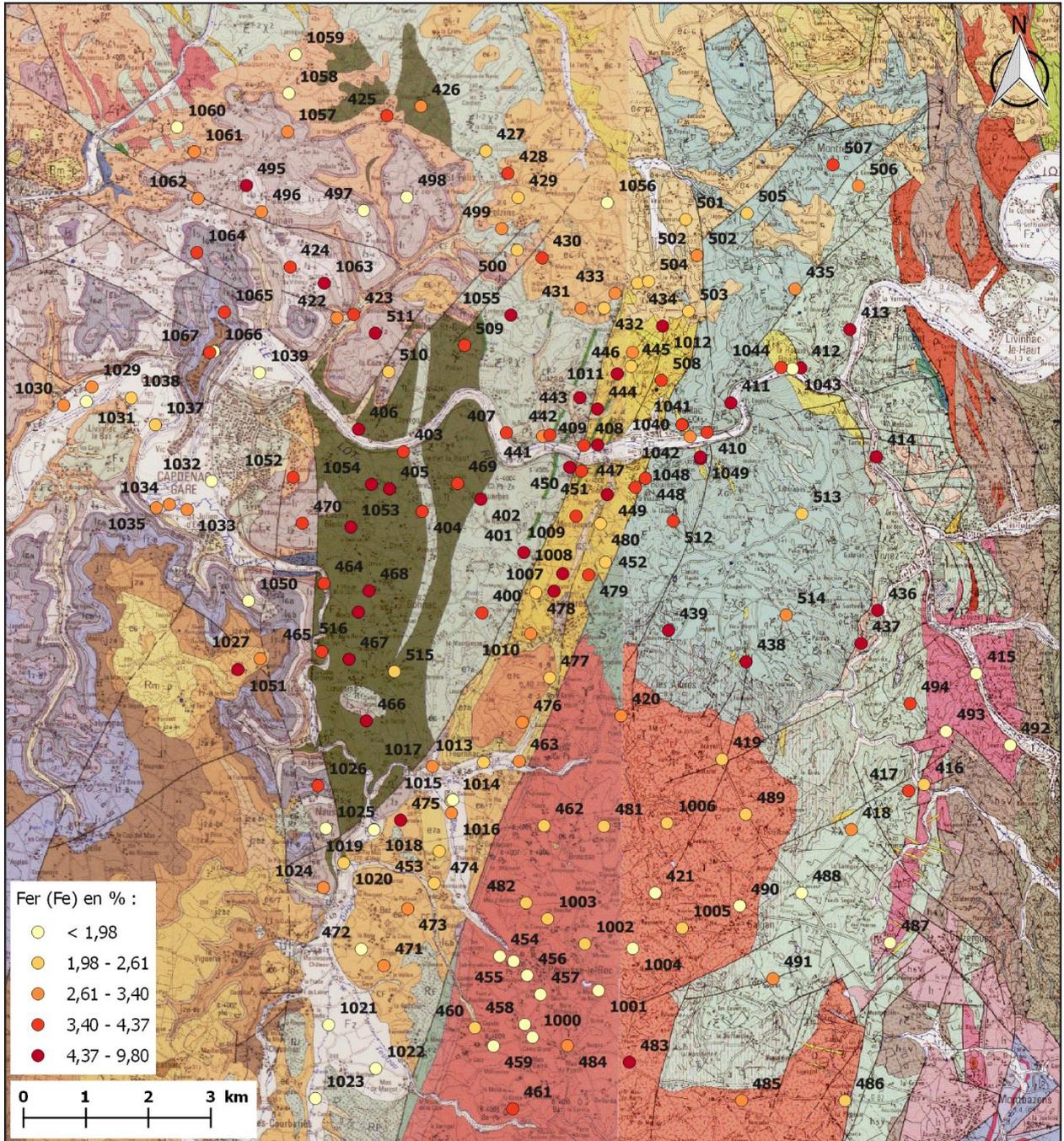


Illustration 34 : Carte des points échantillonnés pour le Fe.

Géologie	N	moyenne	E.T.	médiane	Mini	Max
γ	18	2,34	0,83	2,29	1,04	4,70
η	13	4,76	1,41	4,37	2,57	6,92
ξ	32	3,94	1,96	3,72	1,39	9,80
χG	7	4,64	1,19	4,85	2,98	6,41
λ-δ	16	3,88	1,07	4,07	1,99	5,77
t	9	2,46	1,29	3,02	0,32	3,99
l2	10	2,95	1,50	2,74	1,30	6,74
l-j	9	3,73	1,46	4,19	1,01	5,74
e	20	2,88	1,09	2,61	1,76	5,75
F	16	1,98	0,74	1,95	1,01	3,06

Illustration 35 : Tableau de statistiques simples de Fe : nombre de mesure (N), nombre de mesure > LOD (Nb), moyennes, écart-type (E.T.), médiane, minimum et maximum du fer pour chaque formation géologique.

4. Conclusion

L'utilisation du pXRF pour collecter un grand nombre de mesures sur le secteur d'Asprières afin d'établir les FPG par formation lithologique a permis de déterminer des gammes en fonction des formations.

Toutefois, certains éléments sont difficilement détectés en XRF quand les teneurs sont faibles ou/et du même ordre de grandeur que la limite de détection des pXRF (ex : Cd et Sb).

Pour Pb, les formations χ G, λ - δ et I2 se détachent des autres mais présentent de grandes variabilités dans les mesures (184 ± 139 , 117 ± 144 et 115 ± 106 mg/kg) dues à la présence de minéralisations dans ces formations. Les teneurs en Pb pour les autres formations sont comprises entre 44 et 72 mg/kg.

Pour Zn, comme pour le Pb, les formations χ G, λ - δ et I2 se détachent des autres mais présentent de grandes variabilités dans les mesures (337 ± 248 , 192 ± 161 et 215 ± 93 mg/kg). Les teneurs en Zn des autres formations sont comprises entre 84 et 161 mg/kg.

Pour As, la formation I2 ne se différencie pas des autres formations I-j. La formation qui se détache est toujours χ G avec une moyenne nettement supérieure (177 mg/kg) par rapport aux autres formations (entre 11 et 58 mg/kg).

Pour le Cu, on observe à peu près les mêmes tendances que pour As. La formation χ G présente une teneur moyenne de 65 mg/kg supérieure aux autres formations (entre 18 et 39 mg/kg).

Pour le V, c'est la formation η qui présente les plus fortes teneurs avec une moyenne à 192 mg/kg, la formation χ G présente également une teneur moyenne élevée (140 mg/kg) par rapport aux autres formations (63 et 114 mg/kg).

Seules les formations χ G et λ - δ minéralisées montrent généralement des FPG élevés. La formation I2 ne se distingue que pour le Pb et le Zn des autres formations I-j et la formation η présente des enrichissements en V mais est aussi riche en Fe, Mn et Ba.

5. Bibliographie

- Audry, S., Blanc, G., Schäfer, J.** (2006) - Solid state partitioning of trace metals in suspended particulate matter from a river system affected by smFPGing-waste drainage. *Science of the Total Environment* 363, 216– 236.
- Bertin, C. & Bourg, A.C.M.** (1995) - Trends in the heavy metal content (Cd, Pb, Zn) of river sediments in the drainage basin of smFPGing activities. *Wat. Res.* Vol. 29, No. 7, pp. 1729-1736.
- Bossi J.** (1972) - La minéralisation plombo-zincifère d'Asprières-Bouillac (Aveyron-Lot, France). Thèse univ. Nancy, 157 p.+ annexes.
- Ciszak, R. & Courrèges, C.** (2016) - Carte géologique simplifiée du Rouergue. Les Amis des Sciences de la Terre, <http://www.geopole12.org/index.php?page=geologie-de-l-aveyron>
- Lambert A.** (2005) - Les données géochimiques et alluvionnaires de l'Inventaire minier du territoire national. Constitution d'une base de données exhaustive. BRGM/RP-53546-FR, 116 p.
- Lefavrais-Raymond A., Astruc J.G., Guillot P.L., avec la collaboration de Bonijoly D., Lefavrais-Henry M., Marandat B.** (1990) - Notice explicative, Carte géol. France (1:50000), feuille Figeac (858) - Orléans: Bureau de recherches géologiques et minières, 92 p. Carte géologique par Guillot P.G., Lefavrais-Raymond A., Astruc J.G., Lefavrais-Henry M. (1989).
- Pierrot R., Pulou R., Picot P.** (1977) - Inventaire minéralogique de la France n° 7, Aveyron (12). BRGM, 224 p.
- Pierrot R., Pulou R., Pulou G., Laforêt C., Pillard F.** (1982) - Inventaire minéralogique de la France n°10, Lot (46) et Tarn-et-Garonne (82). BRGM, 1975.
- Potts P. J.** (2008) - Chapter 1 Introduction, Analytical Instrumentation and Application Overview. In *Portable X-ray Fluorescence Spectrometry: Capabilities for In Situ Analysis*; Potts P. J., West M. Eds.; The Royal Society of Chemistry: London, UK, pp 1-12.
- Rapport GEODERIS N2014/005DE-142420** : « Note sur l'existence d'eaux non potables destinées à la consommation humaine ainsi que sur la présence de vestiges miniers dégradés sur le secteur minier d'Asprières (12) ».
- Rapport GEODERIS N2015/006DE-14NAT24202** : « Études d'orientation C+ Secteurs de Peyrebrune (81), de Trébas-Cadix (81) et d'Asprières (12) Éléments à prendre en compte pour la réalisation des études par l'INERIS ».
- Roig J.Y., Alabouvette B., Collomb P., Bogdanoff S., Guérangé-Lozes J., Genna A., Couturié J.P., Monchoux P., Ciszak R.** (2001) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Decazeville (859). Orléans : BRGM, 94 p. Carte géologique par J.Y. Roig *et al.* (2001).
- Sivry Y., Riotte J., Sonke J.E., Audry S., Schäfer J., Viers J., Blanc G., Freydier R., Dupré B.** (2008) - Zn isotopes as tracers of anthropogenic pollution from Zn-ore smFPGers. The Riou Mort–Lot River system. *Chemical Geology* 255 295-304.
- Sposito G.** (1989) - The chemistry of soils. New York, Oxford University Press, pp 277.

Annexe 1

Rapport d'analyses

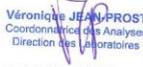


RAPPORT D'ESSAIS 17-6-018-A / 2

Provenance : Région d'aspières	Demandeur : LAPERCHE Valerie
Nature échantillon : SOL Nombre: 20	Adresse: DRP/DIR 3 AVENUE CLAUDE GUILLEMIN BP 36009 45060 ORLEANS CEDEX 2 France
Echantillons réceptionnés le : 12/05/2017	
Analyses commencées le : 29-MAY-17	
Référence commande : AP17DRP315JASPRIERES	

Secteur analytique	Ingénieur technique
Analyse inorganique des eaux et des solides	T.CONTE
Préparations et matériaux	H.HAAS

Résultats validés par le(s) ingénieur(s) technique(s)

Visa: 
Véronique JEAN-PROST
Coordonnatrice des Analyses
Direction des Laboratoires
Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25
le : 15-JUN-2017

Coordonnateur des analyses


Hervé GABORIAU
Directeur
Direction des Laboratoires
Signature électronique certifiée SE0001R34H0002

Nombre de pages: 15

>>> ATTENTION AUX COMMENTAIRES DU LABORATOIRE

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Siège
Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15- France
Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

Centre scientifique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02.38.64.35.18

brgm Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419
www.brgm.fr

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Préparations et matériaux

Le mode opératoire MO093 est utilisé pour doser :	Préparation des sols, sédiments, boues et déchets pour détermination des polluants organiques et minéraux d'après les normes NF ISO 11464, NFX 31-147, XP 33-012
Broyage(Prébroyés)	

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :

brgm
LISTE DES MODÈS OPERATOIRES

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Analyse inorganique des eaux et des solides

Le mode opératoire MO077 est utilisé pour doser :	Détermination de la perte de masse avant ICP
PP (Perte de masse à 450°C)	
Le mode opératoire MO111 est utilisé pour doser :	Analyse multiéléments par ICP/AES
Ag (Argent)	Al ₂ O ₃ (Alumine)
As (Arsenic)	B (Bore)
Ba (Baryum)	Be (Béryllium)
Bi (Bismuth)	CaO (Oxyde de Calcium)
Cd (Cadmium)	Ce (Cérium)
Co (Cobalt)	Cr (Chrome)
Cu (Cuivre)	Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	La (Lanthane)
Li (Lithium)	MgO (Oxyde de Magnésium)
MnO (Oxyde de Manganèse)	Mo (Molybdène)
Nb (Niobium)	Ni (Nickel)
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	Pb (Plomb)
Sb (Antimoine)	SiO ₂ (Silice)
Sn (Etain)	Sr (Strontium)
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	V (Vanadium)
W (Tungstène)	Y (Yttrium)
Zn (Zinc)	Zr (Zirconium)

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit brut.

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.

RESULTATS : Toute valeur supérieure à la limite supérieure de quantification peut entraîner une interférence non contrôlée sur l'un quelconque des éléments.

Les limites de quantification sont estimées sur des matrices naturelles ou représentatives de l'échantillon. Elles peuvent être modifiées en fonction de la nature des échantillons.

Les incertitudes des paramètres accrédités peuvent être fournis sur demande.

REMARQUES : Les résultats des 8 éléments majeurs de l'analyse ICP ne peuvent en aucun cas être utilisés pour une interprétation pétrographique ni pour une évaluation de gisement.

UNITES :

% (pourcentage massique),

mg/kg (1mg/kg=0.0001%=1g/t,)

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260747	200260748	200260749	200260750
				1 ASP- 408	2 ASP- 409	3 ASP- 412	4 ASP- 415
PP (Perte de masse à 450°C)	%		0.05	5.02	7.33	6.02	3.65
SiO2 (Silice)	%		1	60.8	58.1	57.1	64.9
Al2O3 (Alumine)	%		1	12.6	12.6	14.3	11.7
Fe2O3t (Fer total exprimé en Fe2O3)	%		1	4.9	6.6	5.2	1.0
CaO (Oxyde de Calcium)	%		1	< 1	1.2	< 1	< 1
MgO (Oxyde de Magnésium)	%		1	1.1	1.9	< 1	< 1
K2O (Oxyde de Potassium)	%		0.5	3.17	2.43	3.64	4.03
MnO (Oxyde de Manganèse)	%		0.01	0.12	0.23	0.19	0.05
TiO2 (Oxyde de Titane)	%		0.01	0.80	0.60	0.84	0.30
P2O5 (Phosphates en P2O5)	mg/kg		100	1150	1156	3014	1137
Li (Lithium)	mg/kg		10	53	45	56	43
Be (Béryllium)	mg/kg		2	2	< 2	3	9
B (Bore)	mg/kg		10	76	75	86	434
V (Vanadium)	mg/kg		10	90	124	82	26
Cr (Chrome)	mg/kg		10	58	129	68	20
Co (Cobalt)	mg/kg		5	15	17	21	< 5
Ni (Nickel)	mg/kg		10	27	37	38	< 10
Cu (Cuivre)	mg/kg		5	134	25	99	18

le : 15-JUN-2017

Page 5

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260751	200260752	200260753	200260754
				5 ASP- 422	6 ASP- 429	7 ASP- 431	8 ASP- 436
PP (Perte de masse à 450°C)	%		0.05	4.33	8.33	7.67	7.67
SiO2 (Silice)	%		1	39.8	60.9	59.5	48.6
Al2O3 (Alumine)	%		1	9.4	9.5	12.6	13.9
Fe2O3t (Fer total exprimé en Fe2O3)	%		1	3.9	3.1	6.2	8.1
CaO (Oxyde de Calcium)	%		1	11.2	2.7	1.1	< 1
MgO (Oxyde de Magnésium)	%		1	6.9	< 1	1.9	3.5
K2O (Oxyde de Potassium)	%		0.5	3.52	1.84	2.60	3.52
MnO (Oxyde de Manganèse)	%		0.01	0.27	0.15	0.14	0.26
TiO2 (Oxyde de Titane)	%		0.01	0.51	0.90	1.04	0.64
P2O5 (Phosphates en P2O5)	mg/kg		100	346	748	1334	1347
Li (Lithium)	mg/kg		10	35	40	48	73
Be (Béryllium)	mg/kg		2	< 2	< 2	< 2	3
B (Bore)	mg/kg		10	291	110	62	86
V (Vanadium)	mg/kg		10	57	63	133	96
Cr (Chrome)	mg/kg		10	43	59	89	216
Co (Cobalt)	mg/kg		5	5	16	19	28
Ni (Nickel)	mg/kg		10	19	19	31	162
Cu (Cuivre)	mg/kg		5	< 5	13	29	23

le : 15-JUN-2017

Page 6

brgm TABLEAU DE RESULTATS

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260755	200260756	200260757	200260758
				9 ASP- 439	10 ASP- 449	11 ASP- 454	12 ASP- 465
PP (Perte de masse à 450°C)	%		0.05	9.67	11.67	8.70	10.67
SiO2 (Silice)	%		1	48.5	55.1	55.7	53.4
Al2O3 (Alumine)	%		1	18.9	12.2	13.5	13.1
Fe2O3t (Fer total exprimé en Fe2O3)	%		1	6.9	6.2	2.2	4.3
CaO (Oxyde de Calcium)	%		1	< 1	< 1	< 1	2.5
MgO (Oxyde de Magnésium)	%		1	< 1	1.8	< 1	1.6
K2O (Oxyde de Potassium)	%		0.5	3.11	2.20	4.94	2.56
MnO (Oxyde de Manganèse)	%		0.01	0.06	0.16	0.07	0.12
TiO2 (Oxyde de Titane)	%		0.01	0.85	0.74	0.48	0.67
P2O5 (Phosphates en P2O5)	mg/kg		100	927	1371	1393	911
Li (Lithium)	mg/kg		10	87	69	43	61
Be (Béryllium)	mg/kg		2	2	< 2	4	< 2
B (Bore)	mg/kg		10	91	45	55	49
V (Vanadium)	mg/kg		10	99	125	43	98
Cr (Chrome)	mg/kg		10	69	92	19	25
Co (Cobalt)	mg/kg		5	13	17	< 5	10
Ni (Nickel)	mg/kg		10	34	35	< 10	< 10
Cu (Cuivre)	mg/kg		5	33	40	< 5	12

le : 15-JUN-2017

Page 7

brgm TABLEAU DE RESULTATS

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260759	200260760	200260761	200260762
				13 ASP- 466	14 ASP- 480	15 ASP- 482	16 ASP- 487
PP (Perte de masse à 450°C)	%		0.05	16.39	7.33	7.64	7.02
SiO2 (Silice)	%		1	43.3	60.3	59.1	58.1
Al2O3 (Alumine)	%		1	9.7	13.6	12.4	12.3
Fe2O3t (Fer total exprimé en Fe2O3)	%		1	7.5	4.5	2.1	2.2
CaO (Oxyde de Calcium)	%		1	4.2	< 1	< 1	< 1
MgO (Oxyde de Magnésium)	%		1	2.0	1.3	< 1	< 1
K2O (Oxyde de Potassium)	%		0.5	2.77	2.98	4.86	5.44
MnO (Oxyde de Manganèse)	%		0.01	1.13	0.16	0.07	0.26
TiO2 (Oxyde de Titane)	%		0.01	0.72	0.73	0.52	0.56
P2O5 (Phosphates en P2O5)	mg/kg		100	2288	1350	987	1495
Li (Lithium)	mg/kg		10	56	60	34	38
Be (Béryllium)	mg/kg		2	2	2	2	3
B (Bore)	mg/kg		10	87	63	37	97
V (Vanadium)	mg/kg		10	104	85	45	68
Cr (Chrome)	mg/kg		10	52	104	24	22
Co (Cobalt)	mg/kg		5	21	15	< 5	5
Ni (Nickel)	mg/kg		10	37	39	< 10	15
Cu (Cuivre)	mg/kg		5	40	44	< 5	< 5

le : 15-JUN-2017

Page 8

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260763	200260764	200260765	200260766
				17 ASP- 490	18 ASP- 502	19 ASP- 507	20 ASP- 510
PP (Perte de masse à 450°C)	%		0.05	4.65	5.98	9.03	13.29
SiO2 (Silice)	%		1	62.1	55.7	52.4	26.1
Al2O3 (Alumine)	%		1	11.4	14.3	14.4	6.5
Fe2O3t (Fer total exprimé en Fe2O3)	%		1	2.3	4.8	5.3	3.1
CaO (Oxyde de Calcium)	%		1	< 1	< 1	< 1	13.5
MgO (Oxyde de Magnésium)	%		1	< 1	< 1	< 1	7.5
K2O (Oxyde de Potassium)	%		0.5	4.41	3.40	3.24	1.92
MnO (Oxyde de Manganèse)	%		0.01	0.09	0.08	0.87	0.37
TiO2 (Oxyde de Titane)	%		0.01	0.80	1.04	0.87	0.37
P2O5 (Phosphates en P2O5)	mg/kg		100	758	533	2852	1709
Li (Lithium)	mg/kg		10	51	34	104	29
Be (Béryllium)	mg/kg		2	< 2	2	2	< 2
B (Bore)	mg/kg		10	66	63	69	59
V (Vanadium)	mg/kg		10	56	87	100	61
Cr (Chrome)	mg/kg		10	32	63	76	34
Co (Cobalt)	mg/kg		5	< 5	14	9	9
Ni (Nickel)	mg/kg		10	< 10	24	24	17
Cu (Cuivre)	mg/kg		5	< 5	19	28	18

le : 15-JUN-2017

Page 9

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260747	200260748	200260749	200260750
				1 ASP- 408	2 ASP- 409	3 ASP- 412	4 ASP- 415
Zn (Zinc)	mg/kg		5	216	171	534	579
As (Arsenic)	mg/kg		20	64	55	265	< 20
Sr (Strontium)	mg/kg		5	55	53	65	78
Y (Yttrium)	mg/kg		20	31	33	28	< 20
Nb (Niobium)	mg/kg		20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg		5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg		0.2	0.8	< 0.2	0.8	< 0.2
Cd (Cadmium)	mg/kg		2	< 2	< 2	2	6
Sn (Etain)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg		10	544	301	1216	420
La (Lanthane)	mg/kg		20	35	< 20	44	< 20
Ce (Cérium)	mg/kg		10	64	32	85	37
W (Tungstène)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg		10	1107	84	398	157
Bi (Bismuth)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg		20	160	78	165	47

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260751	200260752	200260753	200260754
				5 ASP- 422	6 ASP- 429	7 ASP- 431	8 ASP- 436
Zn (Zinc)	mg/kg		5	109	93	183	489
As (Arsenic)	mg/kg		20	< 20	< 20	< 20	385
Sr (Strontium)	mg/kg		5	102	56	75	74
Y (Yttrium)	mg/kg		20	< 20	22	24	34
Nb (Niobium)	mg/kg		20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg		5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg		0.2	< 0.2	0.2	< 0.2	< 0.2
Cd (Cadmium)	mg/kg		2	< 2	< 2	< 2	23
Sn (Etain)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg		10	270	346	536	624
La (Lanthane)	mg/kg		20	23	31	22	48
Ce (Cérium)	mg/kg		10	48	79	47	86
W (Tungstène)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg		10	39	55	223	64
Bi (Bismuth)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg		20	87	179	132	105

le : 15-JUN-2017

Page 11

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	LQ**	Lims	200260755	200260756	200260757	200260758
			Labo	9	10	11	12
			Client	ASP- 439	ASP- 449	ASP- 454	ASP- 465
Zn (Zinc)	mg/kg	5		54	208	92	82
As (Arsenic)	mg/kg	20		< 20	< 20	< 20	< 20
Sr (Strontium)	mg/kg	5		61	62	267	225
Y (Yttrium)	mg/kg	20		29	29	< 20	< 20
Nb (Niobium)	mg/kg	20		< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5		< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	0.2		< 0.2	< 0.2	1.0	0.2
Cd (Cadmium)	mg/kg	2		< 2	< 2	< 2	< 2
Sn (Etain)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg	10		535	574	769	985
La (Lanthane)	mg/kg	20		58	26	56	28
Ce (Cérium)	mg/kg	10		114	43	109	34
W (Tungstène)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg	10		< 10	589	634	152
Bi (Bismuth)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20		149	82	106	111

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	LQ**	Lims	200260759	200260760	200260761	200260762
			Labo	13	14	15	16
			Client	ASP- 466	ASP- 480	ASP- 482	ASP- 487
Zn (Zinc)	mg/kg	5		801	178	117	51
As (Arsenic)	mg/kg	20		< 20	< 20	< 20	< 20
Sr (Strontium)	mg/kg	5		68	57	248	192
Y (Yttrium)	mg/kg	20		26	28	< 20	< 20
Nb (Niobium)	mg/kg	20		< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5		< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	0.2		2.0	< 0.2	0.6	0.4
Cd (Cadmium)	mg/kg	2		2	< 2	< 2	< 2
Sn (Etain)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg	10		1756	585	961	5177
La (Lanthane)	mg/kg	20		38	38	41	64
Ce (Cérium)	mg/kg	10		90	79	82	118
W (Tungstène)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg	10		997	70	84	36
Bi (Bismuth)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20		120	152	152	173

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200260763	200260764	200260765	200260766
				17 ASP- 490	18 ASP- 502	19 ASP- 507	20 ASP- 510
Zn (Zinc)	mg/kg	5		112	81	108	354
As (Arsenic)	mg/kg	20		< 20	34	< 20	< 20
Sr (Strontium)	mg/kg	5		201	54	50	85
Y (Yttrium)	mg/kg	20		< 20	32	23	< 20
Nb (Niobium)	mg/kg	20		< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5		< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	0.2		0.3	< 0.2	< 0.2	1.2
Cd (Cadmium)	mg/kg	2		< 2	< 2	< 2	< 2
Sn (Etain)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg	10		1260	522	512	500
La (Lanthane)	mg/kg	20		59	47	36	< 20
Ce (Cérium)	mg/kg	10		107	87	72	30
W (Tungstène)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg	10		81	24	61	352
Bi (Bismuth)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20		251	159	172	41

** LQ Limite de quantification

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100040097

Rapport d'essais : 17-6-018-A / 2

FIN DU RAPPORT D'ESSAIS

le : 15-JUN-2017

Page 15

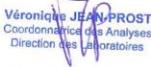


RAPPORT D'ESSAIS 18-6-026-B

Provenance : Asprières GEODERIS	Demandeur : LAPERCHE Valerie
Nature échantillon : SOL Nombre: 20	Adresse: DRP/DIR 3 AVENUE CLAUDE GUILLEMIN BP 36009 45060 ORLEANS CEDEX 2 France
Echantillons réceptionnés le : 02/05/2018	
Analyses commencées le : 29-MAY-18	
Référence commande : AP18DRP316JASPRIERES	

Secteur analytique	Ingénieur technique
Analyse inorganique des eaux et des solides	T.CONTE
Préparations et matériaux	H.HAAS

Résultats validés par le(s) ingénieur(s) technique(s)

Visa: 
Véronique JEANPROST
Coordonnatrice des Analyses
Direction des Laboratoires
Coordonnateur des analyses
Signature électronique certifiée SE0001R2H0004
Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25
le : 14-JUN-2018


Hervé GABORIAU
Directeur
Direction des Laboratoires
Signature électronique certifiée SE0001R2H0002

Nombre de pages: 15

>>> ATTENTION AUX COMMENTAIRES DU LABORATOIRE

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Siège
Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15- France
Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

Centre scientifique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02.38.64.35.18

brgm Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419

www.brgm.fr

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Préparations et matériaux

Le mode opératoire MO093 est utilisé pour doser :	Préparation des sols, sédiments, boues et déchets pour détermination des polluants organiques et minéraux d'après les normes NF ISO 11464, NFX 31-147, XP 33-012
Broyage(Prébroyés)	

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :

le : 14-JUN-2018

Page 2

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Analyse inorganique des eaux et des solides

Le mode opératoire MO077 est utilisé pour doser :	Détermination de la perte de masse avant ICP
PP (Perte de masse à 450°C)	
Le mode opératoire MO111 est utilisé pour doser :	Analyse multiéléments par ICP/AES
Ag (Argent)	Al ₂ O ₃ (Alumine)
As (Arsenic)	B (Bore)
Ba (Baryum)	Be (Béryllium)
Bi (Bismuth)	CaO (Oxyde de Calcium)
Cd (Cadmium)	Ce (Cérium)
Co (Cobalt)	Cr (Chrome)
Cu (Cuivre)	Fe ₂ O ₃ t (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	La (Lanthane)
Li (Lithium)	MgO (Oxyde de Magnésium)
MnO (Oxyde de Manganèse)	Mo (Molybdène)
Nb (Niobium)	Ni (Nickel)
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	Pb (Plomb)
Sb (Antimoine)	SiO ₂ (Silice)
Sn (Etain)	Sr (Strontium)
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	V (Vanadium)
W (Tungstène)	Y (Yttrium)
Zn (Zinc)	Zr (Zirconium)

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit brut.

brgm
LISTE DES MODÈS OPERATOIRES

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.

RESULTATS : Toute valeur supérieure à la limite supérieure de quantification peut entraîner une interférence non contrôlée sur l'un quelconque des éléments.

Les limites de quantification sont estimées sur des matrices naturelles ou représentatives de l'échantillon. Elles peuvent être modifiées en fonction de la nature des échantillons.

Les incertitudes des paramètres accrédités peuvent être fournis sur demande.

REMARQUES : Les résultats des 8 éléments majeurs de l'analyse ICP ne peuvent en aucun cas être utilisés pour une interprétation pétrographique ni pour une évaluation de gisement.

UNITES :

% (pourcentage massique),

mg/kg (1mg/kg=0.0001%=1g/t,)

le : 14-JUN-2018

Page 4

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200275591	200275592	200275593	200275594
				1	2	3	4
				APS-18-SOL-N1001	APS-18-SOL-N1004	APS-18-SOL-N1008	APS-18-SOL-N1009
PP (Perte de masse à 450°C)	%		0.05	6.64	2.00	17.73	3.65
SiO ₂ (Silice)	%		1	63.9	76.1	50.2	64.1
Al ₂ O ₃ (Alumine)	%		1	14.9	11.9	13.9	14.2
Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)	%		1	2.28	2.43	8.08	6.82
CaO (Oxyde de Calcium)	%		1	< 1	< 1	< 1	< 1
MgO (Oxyde de Magnésium)	%		1	< 1	< 1	3.3	2.0
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	%		0.5	5.65	5.37	1.51	2.34
MnO (Oxyde de Manganèse)	%		0.01	0.06	0.07	0.21	0.15
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	%		0.01	0.58	0.81	0.72	0.74
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	mg/kg		100	1664	938	1312	638
Li (Lithium)	mg/kg		10	69	42	102	81
Be (Béryllium)	mg/kg		2	5	< 2	3	< 2
B (Bore)	mg/kg		10	52	46	20	40
V (Vanadium)	mg/kg		10	36	47	137	116
Cr (Chrome)	mg/kg		10	15	23	104	56
Co (Cobalt)	mg/kg		5	6	6	26	17
Ni (Nickel)	mg/kg		10	< 10	< 10	43	28
Cu (Cuivre)	mg/kg		5	25	< 5	48	26

le : 14-JUN-2018

Page 5

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275595	200275596	200275597	200275598
			5 APS-18-SOL-N1011	6 APS-18-SOL-N1013	7 APS-18-SOL-N1014	8 APS-18-SOL-N1020
		LQ**				
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	11.33	13.62	6.69	10.33
SiO ₂ (Silice)	%	1	60.6	51.8	65.2	59.4
Al ₂ O ₃ (Alumine)	%	1	12.0	12.3	14.6	11.5
Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)	%	1	6.36	3.27	3.24	5.55
CaO (Oxyde de Calcium)	%	1	1.1	5.6	< 1	2.4
MgO (Oxyde de Magnésium)	%	1	1.5	1.3	< 1	1.9
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	%	0.5	2.13	4.31	4.80	3.58
MnO (Oxyde de Manganèse)	%	0.01	0.11	0.08	0.09	0.24
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	%	0.01	0.94	0.51	0.92	0.78
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	mg/kg	100	610	2189	1451	1718
Li (Lithium)	mg/kg	10	45	53	75	74
Be (Béryllium)	mg/kg	2	< 2	3	4	3
B (Bore)	mg/kg	10	25	32	46	85
V (Vanadium)	mg/kg	10	124	44	62	101
Cr (Chrome)	mg/kg	10	55	18	25	43
Co (Cobalt)	mg/kg	5	18	9	8	17
Ni (Nickel)	mg/kg	10	26	12	< 10	29
Cu (Cuivre)	mg/kg	5	39	13	13	14

le : 14-JUN-2018

Page 6

brgm TABLEAU DE RESULTATS

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275599	200275600	200275601	200275602
			9 APS-18-SOL-N1024	10 APS-18-SOL-N1027	11 APS-18-SOL-N1041	12 APS-18-SOL-N1044
		LQ**				
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	10.67	9.63	8.67	7.97
SiO ₂ (Silice)	%	1	23.7	68.4	57.9	60.2
Al ₂ O ₃ (Alumine)	%	1	6.1	8.5	16.6	14.9
Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)	%	1	4.73	4.49	5.49	5.21
CaO (Oxyde de Calcium)	%	1	19.2	1.7	< 1	< 1
MgO (Oxyde de Magnésium)	%	1	7.3	< 1	1.3	1.2
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	%	0.5	1.63	2.23	4.46	4.47
MnO (Oxyde de Manganèse)	%	0.01	0.42	0.24	0.07	0.16
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	%	0.01	0.34	0.74	0.91	0.77
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	mg/kg	100	1954	1527	1388	4207
Li (Lithium)	mg/kg	10	45	44	77	66
Be (Béryllium)	mg/kg	2	3	2	3	4
B (Bore)	mg/kg	10	56	63	46	72
V (Vanadium)	mg/kg	10	54	73	77	71
Cr (Chrome)	mg/kg	10	20	42	42	36
Co (Cobalt)	mg/kg	5	7	17	9	22
Ni (Nickel)	mg/kg	10	20	27	20	33
Cu (Cuivre)	mg/kg	5	23	11	46	77

le : 14-JUN-2018

Page 7

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275603	200275604	200275605	200275606
			13 APS-18-SOL-N1052	14 APS-18-SOL-N1053	15 APS-18-SOL-N1057	16 APS-18-SOL-N1058
		LQ**				
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	12.67	8.00	17.67	7.69
SiO ₂ (Silice)	%	1	55.0	51.8	30.6	79.6
Al ₂ O ₃ (Alumine)	%	1	13.8	19.7	8.5	5.7
Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)	%	1	6.54	9.31	4.13	2.00
CaO (Oxyde de Calcium)	%	1	1.2	< 1	10.7	< 1
MgO (Oxyde de Magnésium)	%	1	1.8	1.6	7.6	< 1
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	%	0.5	4.81	2.88	2.20	1.51
MnO (Oxyde de Manganèse)	%	0.01	0.26	0.15	0.43	0.02
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	%	0.01	0.89	1.07	0.51	0.57
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	mg/kg	100	2136	699	1484	306
Li (Lithium)	mg/kg	10	69	103	84	29
Be (Béryllium)	mg/kg	2	3	4	2	< 2
B (Bore)	mg/kg	10	133	67	88	69
V (Vanadium)	mg/kg	10	116	176	78	38
Cr (Chrome)	mg/kg	10	33	58	29	15
Co (Cobalt)	mg/kg	5	12	22	15	7
Ni (Nickel)	mg/kg	10	< 10	25	25	< 10
Cu (Cuivre)	mg/kg	5	30	25	19	< 5

le : 14-JUN-2018

Page 8

brgm TABLEAU DE RESULTATS

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275607	200275608	200275609	200275610
			17 APS-18-SOL-N1063	18 APS-18-SOL-N1065	19 APS-18-SOL-N1066	20 APS-18-SOL-N1067
		LQ**				
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	19.33	13.43	37.33	16.61
SiO ₂ (Silice)	%	1	30.6	31.5	21.9	41.0
Al ₂ O ₃ (Alumine)	%	1	9.0	10.6	5.5	11.3
Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)	%	1	6.87	5.59	2.69	5.51
CaO (Oxyde de Calcium)	%	1	9.2	10.5	17.8	12.9
MgO (Oxyde de Magnésium)	%	1	5.6	4.7	< 1	< 1
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	%	0.5	2.05	2.91	1.21	2.15
MnO (Oxyde de Manganèse)	%	0.01	1.27	0.07	0.11	0.26
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	%	0.01	0.56	0.61	0.36	0.71
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	mg/kg	100	2083	4136	5049	7056
Li (Lithium)	mg/kg	10	57	114	31	62
Be (Béryllium)	mg/kg	2	3	< 2	< 2	3
B (Bore)	mg/kg	10	72	123	49	64
V (Vanadium)	mg/kg	10	68	91	42	79
Cr (Chrome)	mg/kg	10	32	43	24	67
Co (Cobalt)	mg/kg	5	14	15	8	15
Ni (Nickel)	mg/kg	10	34	45	17	36
Cu (Cuivre)	mg/kg	5	23	22	40	52

le : 14-JUN-2018

Page 9

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200275591	200275592	200275593	200275594
				1 APS-18-SOL-N1001	2 APS-18-SOL-N1004	3 APS-18-SOL-N1008	4 APS-18-SOL-N1009
Zn (Zinc)	mg/kg	5		115	54	779	87
As (Arsenic)	mg/kg	20		< 20	22	76	29
Sr (Strontium)	mg/kg	5		376	296	66	92
Y (Yttrium)	mg/kg	20		< 20	< 20	31	38
Nb (Niobium)	mg/kg	20		< 20	21	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5		< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	1		3.7	< 1	< 1	< 1
Cd (Cadmium)	mg/kg	2		< 2	< 2	3	< 2
Sn (Etain)	mg/kg	10		< 10	< 10	11	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10		12	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg	10		1328	1345	308	386
La (Lanthane)	mg/kg	20		66	46	25	30
Ce (Cérium)	mg/kg	10		117	81	59	53
W (Tungstène)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg	10		1622	65	212	24
Bi (Bismuth)	mg/kg	10		< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20		223	365	113	159

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275595	200275596	200275597	200275598
			5 APS-18-SOL-N1011	6 APS-18-SOL-N1013	7 APS-18-SOL-N1014	8 APS-18-SOL-N1020
	LQ**					
Zn (Zinc)	mg/kg	5	213	136	163	141
As (Arsenic)	mg/kg	20	66	26	20	30
Sr (Strontium)	mg/kg	5	71	259	239	98
Y (Yttrium)	mg/kg	20	< 20	< 20	25	28
Nb (Niobium)	mg/kg	20	< 20	< 20	25	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	1	< 1	< 1	2.8	< 1
Cd (Cadmium)	mg/kg	2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sn (Etain)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10	< 10	< 10	12	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg	10	461	852	1259	1000
La (Lanthane)	mg/kg	20	< 20	47	60	39
Ce (Cérium)	mg/kg	10	40	87	118	85
W (Tungstène)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg	10	139	93	1060	77
Bi (Bismuth)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20	166	177	281	266

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275599	200275600	200275601	200275602
			9 APS-18-SOL-N1024	10 APS-18-SOL-N1027	11 APS-18-SOL-N1041	12 APS-18-SOL-N1044
	LQ**					
Zn (Zinc)	mg/kg	5	421	125	296	680
As (Arsenic)	mg/kg	20	24	28	55	223
Sr (Strontium)	mg/kg	5	78	87	44	78
Y (Yttrium)	mg/kg	20	< 20	38	29	29
Nb (Niobium)	mg/kg	20	< 20	< 20	22	20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cd (Cadmium)	mg/kg	2	< 2	< 2	< 2	4
Sn (Etain)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	11
Ba (Baryum)	mg/kg	10	518	498	726	825
La (Lanthane)	mg/kg	20	20	39	50	45
Ce (Cérium)	mg/kg	10	41	92	97	86
W (Tungstène)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	11
Pb (Plomb)	mg/kg	10	136	60	181	168
Bi (Bismuth)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20	101	305	234	177

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	200275603	200275604	200275605	200275606
			13 APS-18-SOL-N1052	14 APS-18-SOL-N1053	15 APS-18-SOL-N1057	16 APS-18-SOL-N1058
	LQ**					
Zn (Zinc)	mg/kg	5	485	168	283	30
As (Arsenic)	mg/kg	20	< 20	< 20	< 20	< 20
Sr (Strontium)	mg/kg	5	92	54	59	22
Y (Yttrium)	mg/kg	20	27	27	21	< 20
Nb (Niobium)	mg/kg	20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg	5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg	1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cd (Cadmium)	mg/kg	2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sn (Etain)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg	10	991	1993	322	196
La (Lanthane)	mg/kg	20	34	31	25	25
Ce (Cérium)	mg/kg	10	68	59	58	49
W (Tungstène)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg	10	226	60	51	37
Bi (Bismuth)	mg/kg	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg	20	185	193	130	185

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

Elément	Unité	Lims Labo Client	LQ**	200275607	200275608	200275609	200275610
				17 APS-18-SOL-N1063	18 APS-18-SOL-N1065	19 APS-18-SOL-N1066	20 APS-18-SOL-N1067
Zn (Zinc)	mg/kg		5	237	61	373	252
As (Arsenic)	mg/kg		20	21	51	22	31
Sr (Strontium)	mg/kg		5	54	111	34	66
Y (Yttrium)	mg/kg		20	22	26	23	43
Nb (Niobium)	mg/kg		20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/kg		5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/kg		1	1.3	< 1	< 1	< 1
Cd (Cadmium)	mg/kg		2	< 2	< 2	3	< 2
Sn (Etain)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ba (Baryum)	mg/kg		10	1282	168	272	790
La (Lanthane)	mg/kg		20	29	29	20	42
Ce (Cérium)	mg/kg		10	68	60	41	79
W (Tungstène)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pb (Plomb)	mg/kg		10	77	27	104	92
Bi (Bismuth)	mg/kg		10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/kg		20	146	109	92	66

** LQ Limite de quantification

le : 14-JUN-2018

Page 14

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100041865

Rapport d'essais : 18-6-026-B

FIN DU RAPPORT D'ESSAIS

le : 14-JUN-2018

Page 15

Annexe 2

Description de l'ensemble des échantillons

Caractérisation du Fond Pédogéochimique de l'ancien secteur minier d'Asprières (12, 46)

Campagnes Asprières du 19 au 27/04/2017 et du 23 au 26/04/2018									
Photo campagne 2017 : Les frières des photos de chaque échantillon portent le nom de l'échantillon avec a (et aa) pour les photos des alentours, b (et bb) : pour la photo de la zone prélevée et c pour la photo du sol tamisé à 2 mm. Il y 3 photos par échantillon mais parfois 4 ou 5 où les aa et bb.									
Photo campagne 2018 : les numéros des photos sont inscrits dans la colonne photo pour chaque échantillon.									
Reading No	Time	SAMPLE	POINT	TYPÉ	Géologie	Tamissage	Prélevement	Description	Photo
138	19/04/2017 09:14	ASP_17_S0L_N400	400	SOL	ξ	oui	oui	Sol brun clair de talus sur micaschiste chloriteux à galets quartzeux	oubli photo tamis
139	19/04/2017 09:36	ASP_17_S0L_N401	401	SOL	ξ	oui	non	Sol brun clair de talus sur micaschiste chloriteux plus argileux	oubli photo tamis
140	19/04/2017 09:53	ASP_17_S0L_N402	402	SOL	η	oui	non	Sol brun clair de talus sur micaschiste chloriteux graveleux/sableux	
141	19/04/2017 10:20	ASP_17_S0L_N403	403	SOL	η	oui	non	Sol brun foncé fin, très mince, sur diorite quartzeux	
142	19/04/2017 10:38	ASP_17_S0L_N404	404	SOL	η	oui	non	Sol brun foncé argileux collant, talus avec affleurement, sur diorite quartzeux	
143	19/04/2017 10:54	ASP_17_S0L_N405	405	SOL	η	oui	non	Sol brun foncé fin, sur diorite quartzeux	
144	19/04/2017 11:19	ASP_17_S0L_N406	406	SOL	η	oui	non	Sol brun sec aggloméré, sur diorite quartzeux	
145	19/04/2017 11:33	ASP_17_S0L_N407	407	SOL	ξ	oui	non	Sol brun clair sableux sur micaschiste, talus sous limons	
146	19/04/2017 11:54	ASP_17_S0L_N408	408	SOL	ξ	oui	oui	Sol brun clair caillouteux sur micaschiste, talus près thalweg avec collutions	
147	19/04/2017 12:04	ASP_17_ROC_N409	409a	ROC	λ-6	oui	non	Dolérite en sill	
148	19/04/2017 12:19	ASP_17_S0L_N409	409	SOL	λ-6	oui	non	Sol graveleux sur affleurement de complexe leptynoamphibolique (dolérite)	
150	19/04/2017 13:30	ASP_17_ROC_N410	410	ROC	λ-6	oui	non	Micaschiste	
152	19/04/2017 14:04	ASP_17_S0L_N411	411	SOL	ξ	oui	non	Sol fin brun sur micaschiste	
153	19/04/2017 14:26	ASP_17_S0L_N412	412	SOL	ξ	oui	oui	Sol brun clair très superficiel à plaquettes de micaschiste, sur micaschiste à muscovite, tranchée de route	
154	19/04/2017 14:49	ASP_17_S0L_N413	413	SOL	ξ	oui	non	Sol brun, proche limite micaschiste/quartzite. Dans la Roche Bouillac	
155	19/04/2017 15:08	ASP_17_S0L_N414	414	SOL	ξ	oui	non	Sol brun clair-jaune très riche en débris de micaschiste, paroi rocheuse en bord de route	
156	19/04/2017 15:30	ASP_17_S0L_N415	415	SOL	ξ	oui	non	Sol brun caillouteux, talus de micaschiste	
157	19/04/2017 16:07	ASP_17_S0L_N416	416	SOL	Y	oui	oui	Sol d'arène granitique	
158	19/04/2017 16:23	ASP_17_S0L_N417	417	SOL	ξ	oui	oui	Sol brun sableux, pointement de granite cataclasé et altéré	
159	19/04/2017 16:34	ASP_17_S0L_N418	418	SOL	ξ	non	non	Sol brun fin sur micaschiste, route en tranchée	
160	19/04/2017 16:49	ASP_17_S0L_N419	419	SOL	Y	oui	non	Sol beige sur micaschiste, grand labour	
161	19/04/2017 17:12	ASP_17_S0L_N420	420	SOL	Y	oui	non	Sol beige graveleux sur granite porphyroïde, grand labour	
162	19/04/2017 17:37	ASP_17_S0L_N421	421	SOL	Y	non	non	Sol beige gris, bordure de massif de granite, bord de chemin dans herbage	
163	20/04/2017 09:20	ASR_17_ROC_N422	422	ROC	λ-6	oui	non	Sol beige peu graveleux sur granite, labour frais	
164	20/04/2017 09:29	ASR_17_S0L_N422	422	SOL	λ-6	oui	oui	Calcaire gris en bancs	oubli photo alentours
168	20/04/2017 09:50	ASR_17_S0L_N423	423	SOL	F	oui	non	Sol, fond de thalweg sur tris entre cotéaux de lias	
169	20/04/2017 10:18	ASR_17_S0L_N424	424	SOL	F	oui	non	Sol, fond de thalweg sur tris gréseux mais en fait, niveau d'alluvions	
170	20/04/2017 10:46	ASR_17_S0L_N425	425	SOL	F	oui	non	Sol brun sur Salmurien (calcaire plus argileux), sur chemin, sous arbre	
171	20/04/2017 11:12	ASP_17_S0L_N426	426	SOL	η	oui	non	Profil de sol (20 cm) localement rouge orange sur Trias	
172	20/04/2017 11:30	ASP_17_S0L_N427	427	SOL	ξ	oui	non	Sol brun fin sur diorite, herbage fauché	
173	20/04/2017 11:45	ASP_17_S0L_N428	428	SOL	ξ	oui	non	Sol sur micaschiste, fond de fossé	
174	20/04/2017 12:07	ASP_17_S0L_N429	429	SOL	e	oui	non	Sol brun un peu plus caillouteux, sur Trias, fond de fossé	oubli photo tamis
175	20/04/2017 12:25	ASP_17_S0L_N430	430	SOL	e	oui	non	Sol beige foncé sur argillite fine, placages éocènes	
176	20/04/2017 13:45	ASP_17_S0L_N431	431	SOL	e	oui	non	Sol brun sur argillite fine, labour frais	
177	20/04/2017 13:58	ASP_17_S0L_N432	432	SOL	e	oui	non	Sol brun fin, peu caillouteux, profil 0-20cm, talus de bord de route	
178	20/04/2017 14:14	ASP_17_S0L_N433	433	SOL	e	oui	non	Sol brun à abondants plaquettes de micaschiste à muscovite	
179	20/04/2017 14:26	ASP_17_S0L_N434	434	SOL	e	oui	non	Sol brun clair fin à petits galets (tertiaire)	
180	20/04/2017 14:46	ASP_17_S0L_N435	435	SOL	ξ	oui	non	Sol beige fin en talus, près du contact entre unités de micaschiste	
181	20/04/2017 15:29	ASP_17_S0L_N436	436	SOL	ξ	oui	non	Sol de coulée d'éboulis très riche en débris de micaschiste, près-chevauchement	
182	20/04/2017 15:46	ASP_17_S0L_N437	437	SOL	ξ	oui	non	Sol et débris beige rosé à abondants fragments de micaschiste en plaquette, près chevauchement	
183	20/04/2017 16:03	ASP_17_S0L_N438	438	SOL	ξ	oui	non	Sol beige de pente, à abondants fragments de micaschiste	
184	20/04/2017 16:22	ASP_17_S0L_N439	439	SOL	ξ	oui	non	Sol de micaschiste, talus sous couvert boisé	
185	21/04/2017 08:56	ASP_17_ROC_N440	440	ROC	ξ	oui	non	Micaschiste à muscovite, affleurement, tranchée de route	
186	21/04/2017 09:06	ASP_17_S0L_N441	441	SOL	ξ	oui	non	Micaschiste à muscovite, affleurement, tranchée de route	
187	21/04/2017 09:19	ASP_17_ROC_N442	442	ROC	λ-6	oui	non	Sol brun humide sur micaschiste	
188	21/04/2017 09:47	ASP_17_S0L_N443	443	SOL	ξ	oui	non	Silts de dolérite andésitique dans micaschiste	
190	21/04/2017 09:57	ASP_17_S0L_N444	444	SOL	λ-6	oui	non	Sol brun clair à plaquettes de micaschiste, proche du plan de faille	
191	21/04/2017 10:17	ASP_17_S0L_N445	445	SOL	λ-6	oui	non	Sol jaune fin un peu graveleux, fragments anguleux, talus de route	
193	21/04/2017 10:30	ASP_17_S0L_N446	446	SOL	λ-6	oui	non	Sol beige clair sur leptynite, talus de route	
194	21/04/2017 11:17	ASP_17_ROC_N447	447	ROC	λ-6	oui	non	Sol oxydé rouge sur leptynite, talus de route	
195	21/04/2017 11:20	ASP_17_S0L_N447	447	SOL	λ-6	oui	non	Leptynite cataclasée, débit en prismes, tranchée de route	
196	21/04/2017 11:31	ASP_17_S0L_N448	448	SOL	λ-6	oui	non	Sol gris brun fin sur leptynite	
197	21/04/2017 11:51	ASP_17_S0L_N449	449	SOL	λ-6	oui	non	Profil de sol (altération) sur micaschiste à muscovite oxydé, tranchée de chemin	
198	21/04/2017 12:04	ASP_17_S0L_N450	450	SOL	ξ	oui	oui	Sol brun fin sur leptynite	
200	21/04/2017 12:18	ASP_17_S0L_N451	451	SOL	λ-6	oui	oui	Sol brun clair très riche en débris de micaschiste	
201	21/04/2017 12:36	ASP_17_S0L_N452	452	SOL	ξ	oui	non	Sol brun clair très graveleux, débris anguleux de leptynite	
202	21/04/2017 14:06	ASP_17_S0L_N453	453	SOL	Y	oui	non	Sol brun foncé fin, très humique, à abondants fragments de micaschiste	
203	21/04/2017 14:21	ASP_17_S0L_N454	454	SOL	Y	oui	non	Sol beige-jaune graveleux, sur tertiaire	
204	21/04/2017 14:49	ASP_17_S0L_N455	455	SOL	Y	oui	non	Sol brun sur granite porphyroïde, Peyrusse	
209	21/04/2017 15:04	ASP_17_S0L_N456	456	SOL	Y	oui	oui	Sol brun sur granite porphyroïde, petite carrière (présence de résidus ?)	
210	21/04/2017 15:16	ASP_17_S0L_N457	457	SOL	Y	oui	non	Sol brun sur granite arénisé, talus de route, Peyrusse	
211	21/04/2017 15:30	ASP_17_S0L_N458	458	SOL	Y	oui	non	Sol brun sur granite arénisé, pied de talus, La Garcinle	
212	21/04/2017 15:43	ASP_17_S0L_N459	459	SOL	Y	oui	non	Sol brun foncé fin, pied de talus, La Garcinle	
213	21/04/2017 15:58	ASP_17_S0L_N460	460	SOL	Y	oui	non	Sol brun, petit talus en bord de champ, pas d'affleurement, Lacapelle Ste Croix	
214	21/04/2017 16:10	ASP_17_S0L_N461	461	SOL	Y	oui	non	Profil de sol, petite carrière de granite arénisé, Rte Moulin de Toulzou	
215	21/04/2017 16:48	ASP_17_S0L_N462	462	SOL	Y	oui	non	Sol sur granite en sommet de colline, Peyremale Haute	
216	21/04/2017 17:07	ASP_17_S0L_N463	463	SOL	e	oui	non	Sol brun en entrée d'un herbage, Puech lauzal	
217	24/04/2017 17:03	ASP_17_S0L_N464	464	SOL	η	oui	oui	Amont Moulin de la Coste, talus bord d'un chemin (arbre tombé), sol brun clair, quelques cailloux, au dessous blocs de granite altéré	
218	24/04/2017 17:20	ASP_17_S0L_N465	465	SOL	η	oui	oui	Talus au bord de la route D558 (entre 2 arches de la voie ferrée), sol brun clair, quelques cailloux, au dessous blocs de granite altéré	
219	24/04/2017 17:47	ASP_17_S0L_N466	466	SOL	η	oui	oui	Lieu-dit Le Cas à Lieucamp, talus enherbé bord de route, sol brun argileux	
220	24/04/2017 18:01	ASP_17_S0L_N467	467	SOL	η	oui	non	Lieucamp, vigne en face du cimetière, sol à nu marron clair, quelques blocs blancs (pas sûr d'être du champ)	
221	24/04/2017 18:15	ASP_17_S0L_N468	468	SOL	η	oui	non	Talus au bord d'un chemin/route entre les lieux-dits Robert et Cors, sol brun clair fin	
222	24/04/2017 18:37	ASP_17_S0L_N469	469	SOL	η	oui	non	Talus couvert de lierre et quelques arbustes au bord d'un chemin à la sortie de Querbes, sol brun un peu argileux, quelques cailloux	
223	24/04/2017 19:00	ASP_17_S0L_N470	470	SOL	λ-6	oui	non	Talus couvert de lierre au bord d'un chemin, lieu-dit le Causse-blanc, sol marron orangé, blocs de pierre blanche	
224	25/04/2017 08:40	ASP_17_S0L_N471	471	SOL	e	oui	non	Talus enherbé, lieu-dit le Valion, sol marron orangé, un peu argileux et quelques cailloux	
225	25/04/2017 08:54	ASP_17_S0L_N472	472	SOL	e	oui	non	Talus enherbé, entre les lieux-dits la Borie et la Bourlatte, sol marron fin et caillouteux	
226	25/04/2017 09:06	ASP_17_S0L_N473	473	SOL	e	oui	non	Talus à nu, lieu-dit le Pellisé, sol marron orangé fin	oubli photo tamis
227	25/04/2017 09:24	ASP_17_S0L_N474	474	SOL	e	oui	non	Entrée de champs ensemencés avec du blé, lieu-dit Barsails, sol marron orangé fin	
228	25/04/2017 09:39	ASP_17_S0L_N475	475	SOL	e	oui	non	Sol forestier au dessus d'une couche calcaire, bord de route D40 entre Tournabac et Asprières, sol brun foncé argileux	oubli photo tamis
229	25/04/2017 10:01	ASP_17_S0L_N476	476	SOL	e	oui	non	Sol enherbé à l'entrée d'une carrière sur la route D87, lieu-dit le Mas du Puech, sol marron clair, beaucoup de cailloux calcaire (2 cm), un peu argileux	oubli photo tamis
230	25/04/2017 10:18	ASP_17_S0L_N477	477	SOL	e	oui	non	Talus enherbé sur la route vers lieu-dit Roucajrol, sol marron brun, très peu de cailloux, plus limoneux qu'argileux	
231	25/04/2017 10:34	ASP_17_S0L_N478	478	SOL	λ-6	oui	non	Talus bord de route entre Asprières et Montjouvry, sol marron orangé sous mousse très caillouteux	
232	25/04/2017 11:02	ASP_17_S0L_N479	479	SOL	λ-6	oui	non	"Prairie" en pente à l'entrée de Montjouvry, sol marron un peu de cailloux, argileux	
233	25/04/2017 11:18	ASP_17_S0L_N480	480	SOL	λ-6	oui	non	Prairie fauchée, entre le Cros et l'Estanquière, sol marron fin	
234	25/04/2017 11:54	ASP_17_S0L_N481	481	SOL	λ-6	oui	non	Talus enherbé, lieu-dit la Clédié entre la Brousse et Peyrusse, sol marron dai, fin limoneux	
235	25/04/2017 12:12	ASP_17_S0L_N482	482	SOL	Y	oui	oui	Talus faiblement enherbé, sur la route D87 près du Mas du Puech au niveau du stockage de gaz, sol marron clair, beaucoup de cailloux, limoneux	
236	25/04/2017 13:21	ASP_17_S0L_N483	483	SOL	Y	oui	oui	Talus couvert de mousse sur la route D87, lieu-dit le Mas du Puech, sol marron clair sableux caillouteux (quelques mm)	
237	25/04/2017 13:36	ASP_17_S0L_N484	484	SOL	Y	oui	oui	Champs labourés à nu sur la route D87, lieu-dit Courmoils, sol marron clair sableux	
238	25/04/2017 13:57	ASP_17_S0L_N485	485	SOL	Y	oui	non	Talus enherbé sur la route D87, lieu-dit la Pagésie, sol marron quelques cailloux	
239	25/04/2017 14:11	ASP_17_S0L_N486	486	SOL	Y	oui	non	Talus enherbé, lieu-dit le Bestez, sol marron argileux collant	
240	25/04/2017 14:42	ASP_17_S0L_N487	487	SOL	Y	oui	non	Bord de champs ensemencés avec du blé, route D994, lieu-dit Laskaat, sol marron fin, quelques cailloux	
241	25/04/2017 15:03	ASP_17_S0L_N488	488	SOL	ξ	oui	non	Talus enherbé et lierre, sur la route D994 sortie de Listournet, sol brun caillouteux (~1 cm)	
242	25/04/2017 15:23	ASP_17_S0L_N489	489	SOL	Y	oui	non	Talus au bord du chemin St Jacques entrées de Gallean en face du cimetière, sol marron clair fin, peu de cailloux	
243	25/04/2017 15:38	ASP_17_S0L_N490	490	SOL	Y	oui	non	Talus enherbé entre 2 champs, entre les lieux-dits Sudres et Soignac, sol marron clair fin très peu de cailloux	
244	25/04/2017 15:56	ASP_17_S0L_N491	491	SOL	ξ	oui	non	Talus enherbé et lierre d'un chemin sur la route de Séverac dans la banlieue d'Aubin, sol marron foncé argileux quelques cailloux	
246	25/04/2017 16:58	ASP_17_S0L_N493	493	SOL	Y	oui	non	Prairie, lieu-dit Bord sous les lignes hautes tensions, sol dur marron clair fin	
247	25/04/2017 17:11	ASP_17_S0L_N494	494	SOL	ξ	oui	non	Talus enherbé sur la route du lieu-dit Gamèlle, sol marron clair fin quelques cailloux, un peu argileux	
248	26/04/2017 08:58	ASP_17_S0L_N495	495	SOL	λ-6	oui	oui	Talus enherbé, route D21 vers Lunan, lieu-dit la Balme, sol marron argileux peu de cailloux	
249	26/04/2017 09:17	ASP_17_S0L_N496	496	SOL	λ-6	oui	non	Prairie envahie de lierre, au bord d'un chemin proche de la route de la Malesyrie, sol marron argileux peu de cailloux	
250	26/04/2017 09:38	ASP_17_S0L_N497	497	SOL	λ-6	oui	non	Talus enherbé, entre les lieux-dits Escalurets et le Mas, sol marron foncé, argileux, beaucoup de cailloux plusieurs cm	
251	26/04/2017 10:05	ASP_17_S0L_N498	498	SOL	λ-6	oui	non	Talus couvert de lierre et de mousse sur chemin (500 m de l'église de Felzins), sol marron orangé clair, quartz de plusieurs cm	
252	26/04/2017 10:48	ASP_17_S0L_N499	499	SOL	t	oui	oui	Talus enherbé, lieu-dit la Palolie (sud de Felzins), sol marron fin peu argileux quelques cailloux	
253	26/04/2017 11:10	ASP_17_S0L_N500	500	SOL	t	oui	non	Champs labourés à nu, proche du lieu-dit le Communal, sol marron argileux, quelques cailloux	
254	26/04/2017 11:41	ASP_17_S0L_N501	501	SOL	e	oui	non	Talus enherbé avec de la mousse, proche du lieu-dit la Maison neuve, sol marron argileux très peu de cailloux	
255	26/04/2017 11:59	ASP_17_S0L_N502	502	SOL	e	non	oui	Talus enherbé bord de chemin "Les Tuilleries", sol marron foncé fin sans cailloux	
256	26/04/2017 12:00	ASP_17_S0L_N503	503	SOL	e	non	oui	Talus enherbé avec de la mousse, proche du lieu-dit la Maison neuve, sol marron argileux très peu de cailloux	
257	26/04/2017 12								

Caractérisation du Fond Pédogéochimique de l'ancien secteur minier d'Asprières (12, 46)

Reading No	Time	SAMPLE	POINT	TYPE	Géologie	Tamissage	Prélevement	Description	Photo
579	23/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1000	1000	SOL	γ	oui	non	Sur la route du Mas du Puech au sud de Peyrusse le Roc. Champs de blé, mesure à 5 m de la route. Sol marron fin, légèrement humide. Très peu de cailloux sans refus	134-0831-33
580	23/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1001	1001	SOL	γ	oui	oui	Au niveau du Moulin de Bex à l'ouest de Peyrusse le Roc. Sol forestier à 3 m d'un petit ruisseau et à environ 30 m de la route au niveau du pont du Moulin de Bex. Sol brun assez fin, humide, sous couvert de lierre et de mousse, quelques racines et cailloux	134-0834-36
581	23/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1002	1002	SOL	γ	oui	non	Entre Lestrade et la Canelle à l'est de Peyrusse le Roc. Champs de blé, mesure à 5 m de la route. Sol marron clair fin, terre nue, quelques cailloux de quartz entre 2 rangs de blé	134-0837-40
582	23/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1003	1003	SOL	γ	oui	non	La Conquête au nord de Peyrusse le Roc. Prairie, mesure sur un talus à 1,5m au dessus de la route. Sol brun très sec, ni cailloux ni racine	134-0841-43
583	23/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1004	1004	SOL	γ	oui	oui	Vers le Mas des Carmes à l'est de Peyrusse le Roc. Prairie agricole, mesure à environ 10m du bord de route. Sol marron clair très fin, sec, avec des racines et quelques cailloux. Départ d'orage/pluie durant le prélèvement	134-0844-46
584	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1005	1005	SOL	γ	oui	non	Le Courtet à l'ouest de Gaigan. Prairie, mesure à 5 m de la route (petite route) au dessus d'un étang. Sol marron assez fin, humide, quelques cailloux et racines.	134-0847-50
586	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1006	1006	SOL	γ	non	non	A l'intersection avant Calmettes au nord-ouest de Gaigan. Champs labouré et aplani, mesure à environ 5 m de la petite route. Sol marron, humide, impossible à tamiser, peu de cailloux, peu de racines, blocs de gravite d'environ 10 cm.	134-0851-55
587	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1007	1007	SOL	λ-δ	non	non	Sur le chemin de St Roch, mesure à 3-4 m au dessus du chemin, ébouilli du sol supérieur, sol marron clair, humide, beaucoup de cailloux pluri centimétrique	134-0856-60
589	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1008	1008	SOL	λ-δ	non	non	Sur le chemin de St Roch. Chemin de St Roch, mesure à 3-4 m au dessus du chemin, ébouilli du sol. Sol marron sableux peu épais, beaucoup de racines, graviers, cailloux, roches apparentes	134-0861-64
590	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1009	1009	SOL	λ-δ	oui	oui	Sur le chemin de St Roch. Talus à environ 3 m au dessus du chemin de St Roch. Sol marron argileux, humide mais facilement tamisé, beaucoup de refus >60%	134-0865-68
591	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1010	1010	SOL	λ-δ	oui	non	Ouest d'Asprières avant la Pastière. Talus à environ 1 m au dessus du chemin, au dessous d'un champs de blé. Sol nu fin au bord d'un chêne, sol limono-argileux, humide mais facilement tamisé, quelques racines, quelques cailloux.	134-0869-71
593	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1011	1011	SOL	λ-δ	oui	oui	A l'est de Cuzaac et sud de Gasqué. Sol au dessus du talus à 4-5 m. Sol orangé rouille limono-argileux facile à tamiser, quelques graviers et cailloux, racines.	134-0872-74
594	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1012	1012	SOL	λ-δ	oui	non	A l'est de Gasqué et sud de Lanomiguière. Prairie, mesure à 3m à l'entrée du champs. Sol marron orangé limono-argileux, environ 30% de refus, cailloux et graviers, quelques racines.	134-0875-77
595	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1013	1013	SOL	F	oui	oui	Chemin au sud de tournaïc. Sol au bord d'un champs de blé, pas très loin du ruisseau, à environ 50 m. Sol brun foncé (matière organique), humide, beaucoup de racines (emplacement d'une ancienne haie), quelques cailloux.	134-0880-83
596 et 597	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1014	1014	SOL	F	oui	oui	Au bord d'un chemin de randonnée, au nord-ouest de Gaillaguet. Sol labouré, au bord d'un ruisseau. Sol marron fin limono-argileux, aucun gravier et très peu de racines.	134-0885-88
598	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1015	1015	SOL	F	non	non	Au bord d'un chemin de randonnée, au nord-ouest de Gaillaguet. Champs de petits pois, au dessus du point précédent, à quelques mètres du chemin Petite Randonnée en direction de Peyrusse. Sol marron argileux, quelques graviers.	134-0889-90
599	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1016	1016	SOL	F	non	non	Au bord d'un chemin de randonnée, au nord-ouest de Gaillaguet, près du ruisseau d'Audiermes. Entre une prairie et le ruisseau. Sol marron argileux, graviers et cailloux.	134-0891-93
600	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1017	1017	SOL	F	à moitié	non	Près du pont au niveau de La Vaysse (proche de la D40), ruisseau de Layac. Entrée de prairie, mesure à côté du pont. Sol marron argileux, humide difficile à tamiser présence de roncs. Mesure sur un mélange tamisé et non tamisé.	134-0894-95
601	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1018	1018	SOL	F	non	non	Près du camp d'Unal au bord de la Diège au sud-est de Nausaac. Chemin Petite Randonnée, après le petit pont, au croisement de 2 ruisseaux. Sol marron, très limoneux.	134-0896-97
602	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1019	1019	SOL	F	non	non	Près du camp d'Unal au bord de la Diège au sud-est de Nausaac. Dans un champs à 5 m du point N1018, 1m au dessus du N1018, 2 m au dessus du ruisseau. Sol marron fin limono-argileux.	134-0898-900
603	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1020	1020	SOL	F	non	oui	Au bord d'un chemin pédestre après la confluence entre la Diège et le ruisseau de Pissarate. Prairie, mesure à environ 30 m de la rivière. Sol marron argileux, présence de racines, aucun caillou.	134-0901-3
604	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1021	1021	SOL	F	non	non	Près d'un pont sur le ruisseau des Barthes avant la confluence avec le Touizou et la Diège. Prairie. Sol marron argileux, humide difficile à tamiser, un peu caillouteux.	134-0904-6
605	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1022	1022	SOL	F	non	non	A l'est de Clauhac avant le Mas de Marrot. Prairie. Sol marron assez fin, argileux, aucun caillou.	134-0907-9
606	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1023	1023	SOL	F	non	non	Près d'un pont sur le ruisseau des Barthes au sud des Barthes. Bord de route, mesure à 1 m. Sol marron argileux, quelques racines, aucun caillou, un peu de graviers.	134-0910-12
607	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1024	1024	SOL	I-j	oui	oui	Près de Pomiès mais à l'ouest de la voie ferrée (sud de Nausaac). Entre une prairie et champs de blé. Sol orangé limono-argileux, quelques cailloux, aucun gravier, peu de racines.	134-0913-16
608	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1025	1025	SOL	I-j	non	non	La Gouffrie au sud de Nausaac. Prairie. Sol marron argileux, humide, ni graviers ni cailloux.	134-0917-18
609	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1026	1026	SOL	I-j	non	non	Entre le Bousquet et le Sol au nord de Nausaac. Prairie. Sol marron, humide, ni cailloux.	134-0919-20
610	24/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1027	1027	SOL	e	oui	oui	A l'ouest de la voie ferrée et de Lreucamp, entre La Plaine et Le Mas des Vignes. Bord de route, mesure sur un talus à 1 m au dessus de la route. Sol marron, un peu humide, sous herbes, quelques racines, aucun gravier mais beaucoup de cailloux.	134-0921-23
611	24/04/2018 00:00	ASP1BRCCN1028	1027	ROC		non	oui	Aux alentours de la statue de St Roch. Echantillon de roche rosé	
612	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1029	1029	SOL	F	oui	non	Pleine alluviale du lot à l'ouest de Capdenac au niveau du Nicoleau. Champs labouré. Sol marron fin argileux, un peu humide facile à démotter, aucun gravier, 1 ou 2 cailloux.	134-0924-26
613	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1030	1030	SOL	F	oui	non	Pleine alluviale du lot à l'ouest de Capdenac au niveau du Bouby. Champs labouré. Sol marron fin argileux, un peu humide facile à démotter, aucun gravier, 1 ou 2 cailloux.	134-0927-29
614	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1031	1031	SOL	F	oui	non	Pleine alluviale du lot à l'ouest de Capdenac proche du Lot. Champs de blé, mesure au bord du Lot. Sol marron fin, argileux, humide, un peu de cailloux roulés.	134-0930-32
615	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1032	1032	SOL	F	oui	non	Sud de la ville de Capdenac, quartier Bardet. Champs labouré non semé. Sol fin argileux, humide, démoté mais facilement tamisé, ni gravier ni cailloux.	134-0933-35
617	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1033	1033	SOL	F	non	non	Près des bords de la Diège à St Julien d'Empare. Parcelle n° 52 (voir photo 134-0939) en dehors dehors de la SIEF.	134-0936-38
618	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1034	1034	SOL	F	non	non	Champs de maïs non labourés, enherbés, mesure à environ 30 m de la rivière Diège. Sol marron très argileux, humide, ni gravier ni cailloux.	134-0940-42
619	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1035	1035	SOL	F	non	non	Bords de la Diège dans la zone de SIEF. Champs labouré à nu, mesure à environ 50 m d'une station de pompage. Sol marron, argileux, humide, ni gravier ni cailloux.	134-0943-45
620	25/04/2018 00:00	ASP1RSEDN1036	1035	SED	F	non	non	Bords de la Diège dans la zone de SIEF. Champs labouré à nu, à environ 4 m au dessus de la rivière Diège. Sol marron, limono-argileux, humide, ni gravier ni cailloux.	134-0946-47
621	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1037	1037	SOL	F	oui	non	Bords de la Diège à St Julien d'Empare, en dehors dehors de la SIEF. Au bord de la Diège, mesure à environ 50 cm au dessus de l'eau. Sédiment marron à marron clair, sableux, très humide.	134-0948-50
623	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1038	1038	SOL	F	oui	non	Dans la boucle du Lot à Livinhac le Bas, au bout d'un chemin, zone de dépôt inondée cette année, à 80 m près du Lot. Sol marron très limoneux, humide, présence de racines, ni gravier ni cailloux, quelques déchets tels que bouteille peut être apportés par la crue. Prélèvement de sol par des personnes.	134-0951-54
624	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1039	1039	SOL	F	oui	non	Dans la boucle du Lot à Livinhac le Bas, ferme le Souloir. Chez M Soulaige, dans un champs labouré à nu (loirement ensemencé). Sol marron limono-argileux, humide mais facile à tamiser, quelques cailloux.	134-0955-57
625	25/04/2018 00:00	ASP1BRCCN1040	1040	ROC	X _g	non	non	Capdenac, zone industrielle, les Fargues. Prairie. Sol marron limono-argileux, humide, beaucoup de racines, ni gravier ni cailloux.	134-0958-61
626	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1041	1041	SOL	X _g	oui	oui	Au-dessus de Bouillac vers les Conquettes. Matériau jaune, friable, schisteux.	134-0962-64
627	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1042	1042	SOL	X _g	oui	non	Au-dessus de Bouillac vers les Conquettes. Sol marron clair sec, avec un peu de matière organique au dessus, très caillouteux et beaucoup de racines, avec 40% de refus.	134-0965-67
628	25/04/2018 00:00	ASP1RSEDN1043	1043	SED	X _g	oui	non	Entre la D627 et le Lot au niveau de la base nautique de Bouillac. Petite prairie au bord du Lot. Sol marron argileux, humide, présence de racines, cailloux, quelques graviers.	134-0968-70
629	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1044	1044	SOL	X _g	oui	oui	En contre-bas de la D627 sur la berge du Lot au niveau Bouillac. En dessous de la route et 2 m au dessus du Lot. Sol marron sableux, humide, racines, ni gravier ni cailloux.	134-0971-74
630	25/04/2018 00:00	ASP1BRCCN1045	1045	ROC		non	non	Dans Bouillac, à l'an de falaise. Sol marron clair assez fin, sec, 50% de cailloux, beaucoup de racine.	134-0975-77
631	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1046	1046	SOL	X _g	oui	non	Sur une petite route entre St Martin de Bouillac et Malaret. Ne ressemble pas à X _G , semble être de "ardoise" mais pas friable.	134-0978-81
632	25/04/2018 00:00	ASP1BRCCN1047	1047	ROC		non	non	Sur une petite route entre St Martin de Bouillac et Malaret. Sol marron clair assez sec, beaucoup de cailloux et de graviers "très schisteux", refus > 50%.	134-0982-83
633	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1048	1048	SOL	X _g	oui	non	Sur une petite route entre St Martin de Bouillac et Malaret. Dépôt ou précipité jaune sur la roche.	134-0986-88
639	25/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1049	1049	SOL	X _g	oui	non	Sur une petite route entre St Martin de Bouillac et Malaret. En bord de route. Sol marron clair, humide, quelques racines, un peu de graviers.	134-0989-92
640	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1050	1050	SOL	I-j	non	non	Sur une petite route entre St Martin de Bouillac et Malaret. Schisteux plus clair. Sol marron clair fin, assez sec, beaucoup de racines, graviers et de cailloux, refus > 40%.	134-094-96
641	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1051	1051	SOL	e	non	non	Route vers le Mas de Vigne. Sur un talus à 2 m de la route et environ 1 m au dessus de la route. Sol marron clair argileux et collant, humide, couvert de mousse, beaucoup de cailloux. A proximité d'une source d'eau (photo 97-98)	134-1001-3
642	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1052	1052	SOL	t	oui	oui	route vers la Garrigue. Champs de blé. Sol marron, argileux collant, beaucoup de graviers et de cailloux (peut être du calcaire).	134-1004-6
643	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1053	1053	SOL	n	non	oui	près de l'espérance. Prairie. Sol marron, argileux, humide, quelques cailloux (présence de morceau d'asphalte).	134-1007-12
645	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1054	1054	SOL	n	oui	non	au dessus de la D994, chemin de randonnée. Sol dans une forêt (oree). Sol brun, très peu épais, sous feuilles mortes et lierre, ~1 cm. Sol marron orangé-taupinière, argileux collant, quelques graviers.	134-1013-15
646	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1055	1055	SOL	ξ	oui	non	chemin entre Bor et la Peyrade. Prairie au dessus du chemin. Sol brun un peu foncé, limono-argileux, ni graviers ni caillou, présence de racines, glands, feuilles.	134-1016-18
647	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1056	1056	SOL	e	non	non	Chemin au dessus de la D76 après Lentillac. "Talus" au bord d'une prairie. Sol marron clair, argileux, quelques graviers et racines.	134-1019-20
648	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1057	1057	SOL	I-j	oui	oui	petite route entre l'Estoupe et la Cayla près de Feitzin. Sol forestier, marron foncé, argileux et humide.	134-1021-24
649	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1058	1058	SOL	t	oui	oui	Entre Figeac et St Jean Mirabel, sur la route (impasse) vers Encanayrals. Talus de prairie à environ 1 m au dessus de la route. Sol marron, peu humide, beaucoup de cailloux, sous herbe.	134-1025-27
651	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1059	1059	SOL	t	oui	non	Entre Figeac et St Jean Mirabel, dans une forêt autour de Sérignac. Sol marron orangé limono-argileux avec des graviers, sol sous feuilles mortes, taupinière-mélange sol + foncé et sol orangé. Refus < 10%.	134-1028-30
652	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1060	1060	SOL	t	oui	non	Entre Figeac et St Jean Mirabel, au sud de Larroque. Bord de prairie. Sol marron d'une taupinière/mélange de sol, argileux/sableux, un peu humide, avec des graviers dont quelques graviers d'environ 2 cm, racines. Refus d'environ 10%.	134-1031-35
653	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1061	1061	SOL	t	non	non	A l'est de Figeac, avant Metzge. Sol forestier dans la forêt. Sol marron foncé, limono-argileux, humide, beaucoup de racines et de feuilles mortes, ni gravier ni caillou.	134-1036-38
654	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1062	1062	SOL	I-j	non	non	A l'est de Figeac, avant Marsal. Talus enherbé à environ 1 m au dessus de la route, mesure en bord de route après le Sirey. Sol marron argileux, humide, quelques cailloux.	134-1039-41
655	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1063	1063	SOL	I-j	oui	oui	A l'est de Figeac, intersection vers Conjac. Entrée de champs labouré, en bord de route au carrefour vers le Conjac. Sol orangé, très argileux, très dur, sec impossible à concasser.	134-1042-44
656	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1064	1064	SOL	I-j	oui	oui	Village La Contie. Prairie, arrivée par un chemin creux. Sol marron-orangé, assez argileux, assez sec, quelques cailloux, aucun gravier, racines.	134-1048-50
657	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1065	1065	SOL	I-j	oui	oui	Prairie en bord de chemin de randonnée (creux) entre la Vacalerie et Pipy. Sol marron, argileux, assez sec, ni gravier ni caillou.	134-1051-54
659	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1066	1066	SOL	I-j	non	oui	Chemin entre Judes et Malirat. Talus en dessous une prairie, 3-4 m au dessus du chemin. Sol marron clair, argileux, peu humide, peu de cailloux, aucun gravier.	134-1055-57
660	26/04/2018 00:00	ASP1BSOLN1067	1067	SOL	I-j	oui	oui	Chemin pédestre au hameau de Malirat. Sol brun de type terreau, sol entre des blocs de calcaire, beaucoup de racines, aucun gravier.	134-1058-63
								Au sud de Malirat. Prairie entourée d'un muret. Mesure de l'autre côté du muret du chemin pédestre du point précédent (N1066). Sol marron, un peu de graviers et 3 cailloux, beaucoup de racines, prélevé sous un carré d'herbes.	

Annexe 3

Concentration moyenne des éléments dans les sols et la croûte terrestre (Sposito, 1989)

TABLE 1.2 Mean elemental content (in mg kg⁻¹) of soil and crustal rocks, and the soil enrichment factor (EF)

Element	Soil ^{a,b}	Crust ^b	EF ^c	Element	Soil ^{a,b}	Crust ^b	EF ^c
Li	24	20	1.2	Zn	60	75	0.80
Be	0.92	2.6	0.35	Ga	17	18	0.94
B	33	10	3.3	Ge	1.2	1.8	0.67
C	25,000	480	52	As	7.2	1.5	4.8
N	2,000	25	80	Se	0.39	0.05	7.8
O	490,000	474,000	1.0	Br	0.85	0.37	2.3
F	950	430	2.2	Rb	67	90	0.74
Na	12,000	23,000	0.52	Sr	240	370	0.65
Mg	9,000	23,000	0.39	Y	25	30	0.83
Al	72,000	82,000	0.88	Zr	230	190	1.2
Si	310,000	277,000	1.1	Nb	11	20	0.55
P	430	1,000	0.43	Mo	0.97	1.5	0.65
S	1,600	260	6.2	Ag	0.05	0.07	0.71
Cl	100	130	0.77	Cd	0.35	0.11	3.2
K	15,000	21,000	0.71	Sn	1.3	2.2	0.59
Ca	24,000	41,000	0.59	Sb	0.66	0.20	3.3
Sc	8.9	16	0.56	I	1.2	0.14	8.6
Ti	2,900	5,600	0.52	Cs	4.0	3.0	1.3
V	80	160	0.50	Ba	580	500	1.2
Cr	54	100	0.54	La	37	32	1.2
Mn	550	950	0.58	Hg	0.09	0.05	1.8
Fe	26,000	41,000	0.63	Pb	19	14	1.4
Co	9.1	20	0.46	Nd	46	38	1.2
Ni	19	80	0.24	Th	9.4	12	0.78
Cu	25	50	0.50	U	2.7	2.4	1.1

^aH. T. Schacklette and J. G. Boerngen, Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States, *U.S. Geological Survey Prof. Paper 1270* (1984).

^bH. J. M. Bowen, *Environmental Chemistry of the Elements*. Academic Press, London, 1979.

^cEF = soil content/crustal content.

Annexe 4

Tableaux des teneurs de l'ensemble des mesures pXRF faites sur site, position GPS (WGS84 et Lambert)

Échantillons classés par formation

Analyse faite avec l'appareil : XL3t980 LAB

Unité : mg/kg

Temps de mesure total de 90 sec sur 3 filtres (30, 30, 30)

Sol tamisé à 2 mm

Mode utilisé sur le terrain : soil

ELT < LOD : Mo, U, Au, Se, Hg, W, Co, Cr, Cs, Te, Sb, Cd, Ag, Pd

Toutes les valeurs < LOD ont été remplacées par la valeur maximale mesurée dans le temps fixé de 30 secondes par filtre. Ce choix permet d'avoir suffisamment de données pour les traitements statistiques.

Reading No	Time	SAMPLE	POINT	TYPE	Géologie	Ydd	Xdd	Xlamb	Ylamb	Pb	Pb Error	As	As Error	Zn	Zn Error	Cu	Cu Error	Ni	Ni Error	Fe	Fe Error	Mn	Mn Error	V	V Error	Ti	Ti Error	Ca	Ca Error	K	K Error	S	S Error	Ba	Ba Error	Zr	Zr Error	Sr	Sr Error	Rb	Rb Error	Th	Th Error	
Domaine de solce - Roches plutoniques et magmatiques																																												
156	19/04/2017 15:30	ASP 17 SOL N415	415	SOL	Y	44.539408	2.22783	6439063.1	2771643.0	214	12	51	10	742	24	37	13	36	36	12005	181	454	59	37	37	2575	70	2127	117	35335	438	360	360	426	29	131	5	75	3	186	6	12	4	
157	19/04/2017 16:07	ASP 17 SOL N416	416	SOL	Y	44.523214	2.217543	6437778.9	2769186.0	30	5	26	6	38	8	17	17	50	25	22097	249	408	60	66	35	4452	103	8022	208	50468	603	728	341	546	30	249	6	182	5	211	6	32	4	
160	19/04/2017 16:49	ASP 17 SOL N419	419	SOL	Y	44.520585	2.176754	6441148.2	2764353.2	50	6	46	6	132	11	17	17	36	36	22858	247	505	61	71	40	4991	116	9636	224	33252	525	1218	402	540	29	223	6	139	4	128	5	13	3	
161	19/04/2017 17:09	ASP 17 SOL N420	420	SOL	Y	44.532749	2.156239	6443396.0	2770652.0	37	6	21	5	65	6	17	17	33	33	26223	270	655	68	77	30	4030	110	2333	235	34666	537	1699	446	680	31	180	6	243	5	143	5	13	3	
162	19/04/2017 17:37	ASP 17 SOL N421	421	SOL	Y	44.507094	2.163604	6439566.6	2761298.6	91	8	24	7	40	8	18	18	37	37	16258	214	241	53	72	33	5518	124	1200	99	27197	389	583	259	819	33	370	7	174	5	124	5	17	4	
202	21/04/2017 14:06	ASP 17 SOL N453	453	SOL	Y	44.508151	2.119067	6443007.9	2758266.7	87	8	24	7	40	9	18	18	78	27	24200	268	1607	95	88	40	7244	122	3449	138	26437	421	414	414	735	33	458	8	134	4	115	5	15	4	
203	21/04/2017 14:21	ASP 17 SOL N454	454	SOL	Y	44.497655	2.132433	6440726.0	2756729.1	531	18	41	15	93	10	16	16	36	36	17640	218	452	59	54	35	3434	97	3641	153	31403	487	1054	365	453	27	186	6	226	5	153	5	19	5	
204	21/04/2017 14:49	ASP 17 SOL N455	455	SOL	Y	44.496953	2.135235	6440435.5	2757027.2	264	12	15	15	69	8	16	16	32	32	11939	171	767	64	46	46	2425	83	17744	251	24592	407	1863	365	239	24	95	4	156	4	140	5	13	4	
209	21/04/2017 15:04	ASP 17 SOL N456	456	SOL	Y	44.494922	2.1379891	6439981.9	2752222.7	591	19	24	24	231	14	22	16	63	25	13411	194	880	73	56	32	3123	89	7151	172	32927	448	1346	333	689	31	193	6	212	5	140	5	26	5	
210	21/04/2017 15:16	ASP 17 SOL N457	457	SOL	Y	44.492162	2.140707	6439439.5	275360.8	901	24	29	29	235	15	22	13	63	26	15095	212	648	68	54	35	4319	101	5876	166	43103	507	1789	358	1492	37	197	6	340	7	169	6	13	6	
211	21/04/2017 15:30	ASP 17 SOL N458	458	SOL	Y	44.487792	2.137614	6439115.2	2756657.7	579	19	24	24	15	97	17	17	36	36	16653	211	748	68	51	51	3288	95	4427	164	40206	531	1253	365	605	29	169	5	208	5	159	5	17	5	
212	21/04/2017 15:43	ASP 17 SOL N459	459	SOL	Y	44.484599	2.13136	6439166.7	2755646.3	583	20	24	24	69	9	18	18	60	26	15405	214	553	66	56	56	4048	105	4980	154	36036	466	1456	368	1845	39	251	7	266	6	154	5	17	5	
213	21/04/2017 15:58	ASP 17 SOL N460	460	SOL	Y	44.487225	2.127553	6439771.0	2755362.7	713	21	32	17	150	12	18	18	38	38	22361	251	774	70	60	60	4138	112	7252	194	35215	515	2022	429	887	32	193	6	307	6	168	6	21	5	
214	21/04/2017 16:10	ASP 17 SOL N461	461	SOL	Y	44.475502	2.135396	6437736.8	2753293.7	81	7	8	8	91	11	19	19	70	29	35314	337	779	79	87	44	5867	130	6914	210	37947	578	407	429	910	35	256	7	463	8	174	6	21	4	
215	21/04/2017 16:48	ASP 17 SOL N462	462	SOL	Y	44.5168784	2.141018	644298.3	2759184.9	506	18	33	15	60	9	18	18	67	26	20482	247	554	67	88	41	3896	112	5149	172	45227	551	1425	366	1534	38	230	6	252	6	189	6	22	5	
234	25/04/2017 11:54	ASP 17 SOL N481	481	SOL	Y	44.516691	2.153117	6441617.0	2760690.1	72	7	9	9	73	9	17	17	42	25	24234	259	624	67	80	38	4228	107	3956	157	23467	496	554	323	743	31	227	6	187	5	158	5	16	4	
235	25/04/2017 12:12	ASP 17 SOL N482	482	SOL	Y	44.505439	2.137606	6441327.9	2757939.6	100	9	11	7	135	12	16	16	66	26	20465	242	622	67	74	40	5200	115	3262	158	41768	556	468	468	1003	33	260	7	254	6	167	6	15	4	
236	25/04/2017 13:21	ASP 17 SOL N483	483	SOL	Y	44.482477	2.158741	6436922.9	2758903.9	133	11	51	10	287	17	37	15	170	32	47046	400	2316	122	113	52	5001	145	11698	286	53021	738	1511	501	2118	45	312	7	145	5	181	6	20	4	
237	25/04/2017 13:36	ASP 17 SOL N484	484	SOL	Y	44.484773	2.146251	6438112.8	2757514.6	38	6	8	8	57	9	18	18	85	27	27833	289	1082	84	100	40	4575	113	4215	164	32140	501	433	433	958	34	287	7	165	5	198	6	23	4	
238	25/04/2017 13:57	ASP 17 SOL N485	485	SOL	Y	44.47709	2.18143	6436409.5	2761339.0	75	8	17	7	127	11	18	18	75	27	27131	283	1344	89	115	40	5569	117	4769	166	30204	481	597	330	757	33	361	7	102	4	134	5	20	4	
239	25/04/2017 14:11	ASP 17 SOL N486	486	SOL	Y	44.477219	2.202243	6433123.3	2763940.4	45	6	14	5	62	9	17	17	39	24	21250	241	627	65	74	40	4838	115	7676	205	37205	545	390	374	729	31	259	6	152	4	179	6	16	3	
240	25/04/2017 14:42	ASP 17 SOL N487	487	SOL	Y	44.500208	2.210991	6435371.3	2766699.1	34	6	19	5	39	8	18	18	80	26	13933	203	1383	88	51	51	2977	92	3034	127	35452	441	454	252	2731	44	186	6	144	5	169	6	14	3	
242	25/04/2017 15:23	ASP 17 SOL N489	489	SOL	Y	44.518633	2.181668	6439797.0	2764387.0	53	6	54	6	145	11	33	33	20403	226	469	57	70	39	4124	111	20343	304	26366	476	1777	448	254	25	249	6	126	4	112	4	12	3			
243	25/04/2017 15:38	ASP 17 SOL N490	490	SOL	Y	44.505339	2.180647	6438205.4	2762393.7	81	8	31	7	90	10	18	18	42	25	15097	235	666	69	62	62	6207	122	1939	134	38879	517	416	416	1081	34	377	7	178	5	146	5	17	4	
245	25/04/2017 16:30	ASP 17 SOL N492	492	SOL	Y	44.529265	2.234809	643726.8	2772558.5	89	7	69	7	167	12	16	16	33	33	10364	162	435	54	30	30	1869	57	2138	108	3266	395	321	321	294	26	98	3	143	5	148	5	7	3	
246	25/04/2017 16:58	ASP 17 SOL N493	493	SOL	Y	44.530956	2.221846	6438437.4	2770284.1	64	7	13	6	237	14	16	16	33	33	10494	163	396	53	36	36	1791	64	6211	167	41150	493	1100	314	325	35	93	4	178	3	175	5	8	3	
579	23/04/2018 00:00	ASPIRISOL1000	1000	SOL	Y	44.485947	2.139199	6438769.4	2756721.1	228	12	15	15	67	9	16	16	57	25	15140	204	430	54	59	29	4932	85	3291	114	35634	359	372	372	1063	36	240	5	267	6	175	6	19	4	
580	23/04/2018 00:00	ASPIRISOL1001	1001	SOL	Y	44.492832	2.152384	6438679.9	2758864.4	1615	25	63	21	90	22	20	20	29	29	16225	174	293	41	40	40	40	3360	76	4943	123	23194	301	1451	331	1053	28	137	4	231	5	136	4	18	6
581	23/04/2018 00:00	ASPIRISOL1002																																										

Caractérisation du Fond Pédo-Géochimique de l'ancien secteur minier d'Asprières (12, 46)

Reading No	Time	SAMPLE	POINT	TYPE	Géologie	Ydd	Xdd	Xlamb	Ylamb	Pb	Pb Error	As	As Error	Zn	Zn Error	Cu	Cu Error	Ni	Ni Error	Fe	Fe Error	Mn	Mn Error	V	V Error	Ti	Ti Error	Ca	Ca Error	K	K Error	S	S Error	Ba	Ba Error	Zr	Zr Error	Sr	Sr Error	Rb	Rb Error	Th	Th Error	
Roches sédimentaires et cénozoïques																																												
170	20/04/2017 10:46	ASR 17 SOL N425	425	SOL	t	44.619504	2.107784	6457780,6	2762530,3	47	6	32	6	53	9	24	13	57	27	39857	342	435	67	183	43	5070	119	2269	134	22200	435	477	477	814	34	178	5	28	2	94	4	7	3	
173	20/04/2017 11:45	ASP 17 SOL N428	428	SOL	t	44.611345	2.132326	6454980,2	2764991,5	67	7	23	6	62	129	11	21	12	37	37	36068	317	1420	89	123	46	7217	138	13256	256	16141	391	1416	439	278	28	245	6	57	3	74	4	5	3
252	26/04/2017 10:48	ASP 17 SOL N499	499	SOL	t	44.603291	2.131187	6454053,8	2764262,7	33	6	25	5	62	9	18	18	61	26	33407	310	178	54	132	43	5883	125	820	147	50911	655	516	516	480	30	229	6	24	2	150	5	6	3	
253	26/04/2017 11:10	ASP 17 SOL N500	500	SOL	t	44.6002	2.134368	6453436,2	2764433,6	62	7	35	6	238	14	23	12	34	34	22586	241	1744	80	40	40	3147	108	13418	244	24213	440	1406	398	663	29	132	4	28	2	70	3	5	3	
642	26/04/2018 00:00	ASP18SOL1062	1062	SOL	t	44.568854	2.089666	6452494,7	2756435,9	303	10	12	12	300	14	16	10	45	22	3794	277	1099	64	141	38	4968	109	7342	185	3320	441	818	436	604	32	144	3	57	3	119	4	23	2	
649	26/04/2018 00:00	ASP18SOL1058	1058	SOL	t	44.622615	2.087922	6452861,3	2760283,4	25	4	15	4	23	6	13	13	28	38	13949	160	112	35	30	30	3389	60	452	52	11487	189	275	105	184	4	23	2	61	3	7	2			
651	26/04/2018 00:00	ASP18SOL1059	1059	SOL	t	44.628257	2.089189	6460225,4	2760852,8	35	4	6	6	83	8	15	9	28	28	9794	133	260	38	39	39	2229	70	11253	146	16525	229	1112	265	1799	38	87	3	50	2	65	3	4	2	
652	26/04/2018 00:00	ASP18SOL1060	1060	SOL	t	44.61749	2.065452	6460597,1	2757110,2	18	3	5	3	16	5	12	12	26	26	3156	75	42	42	40	40	4256	76	1231	61	10342	179	542	219	872	29	226	4	23	2	42	2	8	2	
653	26/04/2018 00:00	ASP18SOL1061	1061	SOL	t	44.613946	2.069005	6458985,3	2757294,4	69	6	19	6	116	10	21	11	55	23	32738	266	2886	95	75	30	3264	87	65267	457	31379	431	566	566	465	35	108	3	160	4	110	4	9	3	
164	20/04/2017 09:29	ASR 17 SOL N422	422	SOL	l	44.590075	2.098155	6454790,6	2759185,6	44	6	17	6	193	11	19	19	60	27	30199	302	1922	104	42	42	2703	82	67355	506	33008	510	585	356	525	34	187	6	97	4	158	5	8	3	
269	20/04/2017 10:18	ASR 17 SOL N424	424	SOL	l	44.597374	2.088622	6456396,1	2758530,0	45	6	79	8	140	12	19	19	69	27	43278	362	2572	118	155	46	4050	127	81625	665	20950	505	1839	565	505	32	126	5	131	4	61	4	4	3	
123	24/04/2017 19:00	ASP 17 SOL N470	470	SOL	l	44.562026	2.091635	6451518,7	2756197,0	288	15	17	17	199	14	20	20	71	28	36262	342	3954	145	67	37	2430	104	167364	932	26013	566	943	533	674	36	102	5	77	4	79	4	6	6	
251	26/04/2017 10:05	ASP 17 SOL N498	498	SOL	l	44.607703	2.111985	6455997,6	2762193,1	47	6	9	5	211	13	27	12	47	24	12992	186	1296	81	39	39	1785	76	131908	722	22550	458	1131	439	214	27	82	4	51	3	47	3	4	4	
264	26/04/2017 15:17	ASP 17 SOL N510	510	SOL	l	44.582333	2.108718	6453055,3	2759937,3	307	14	17	17	315	16	18	18	36	36	23025	252	2496	109	54	54	2901	104	108726	717	22028	490	1956	536	333	28	90	4	65	3	53	3	5	5	
265	26/04/2017 15:34	ASP 17 SOL N511	511	SOL	l	44.587914	2.105928	6453956,7	2759996,4	167	11	20	10	309	18	21	21	98	29	67355	474	14198	267	128	55	4856	153	17464	367	27877	626	854	563	732	34	195	6	43	3	106	5	5	5	
642	26/04/2018 00:00	ASP18SOL1067	1067	SOL	l	44.568857	2.072579	6452988,2	2756417,9	303	7	28	6	188	12	48	11	45	22	39374	284	1475	72	119	37	4608	106	51322	418	19458	356	778	453	528	33	151	4	55	3	90	4	12	3	
174	20/04/2017 12:07	ASP 17 SOL N429	429	SOL	e	44.60782	2.134431	6454386,1	2764956,7	52	6	19	6	75	9	17	17	36	26	21542	241	921	74	61	36	5899	110	13715	230	18862	371	432	331	281	6	42	3	93	4	10	3			
175	20/04/2017 12:25	ASP 17 SOL N430	430	SOL	e	44.599143	2.139486	6452935,2	2764982,1	136	10	34	9	204	14	26	13	61	27	39840	348	2017	107	113	45	5969	111	6574	200	30315	520	711	380	713	34	254	6	49	3	93	4	10	3	
176	20/04/2017 13:45	ASP 17 SOL N431	431	SOL	e	44.591852	2.147402	6451446,7	2765448,3	257	13	37	11	169	13	29	13	65	27	33989	316	1112	84	127	39	5054	112	4909	162	19760	400	896	358	553	32	183	5	39	3	73	4	6	4	
177	20/04/2017 13:58	ASP 17 SOL N432	432	SOL	e	44.591126	2.152041	6451118,9	2766030,5	650	20	34	17	318	16	20	12	57	25	25290	267	1675	94	121	43	6264	126	1595	113	15290	362	840	363	400	29	259	6	27	2	67	4	7	7	
178	20/04/2017 14:14	ASP 17 SOL N433	433	SOL	e	44.594086	2.15422	6451232,9	2766459,8	348	14	62	12	304	15	18	12	35	35	31787	287	2276	102	104	61	4560	164	9941	251	28665	547	2998	587	881	30	154	5	57	3	89	4	7	4	
179	20/04/2017 14:26	ASP 17 SOL N434	434	SOL	e	44.596609	2.158708	6451098,7	2767129,4	118	9	28	8	137	12	18	18	66	26	25855	273	1558	93	101	38	6441	115	4614	145	17606	352	524	297	426	30	371	7	40	3	84	4	11	3	
216	21/04/2017 17:40	ASP 17 SOL N463	463	SOL	e	44.525988	2.135914	6444025,8	2759223,3	128	10	23	8	161	13	13	13	61	26	29629	293	957	79	93	41	4827	117	9280	226	39013	570	845	379	917	34	228	6	204	5	154	5	14	4	
224	25/04/2017 08:07	ASP 17 SOL N471	471	SOL	e	44.496922	2.109095	6442216,8	2753706,9	40	6	20	6	92	10	28	18	62	26	27343	281	715	71	83	33	3270	94	60662	496	20519	425	650	374	448	320	31	234	6	103	4	88	4	9	3
225	25/04/2017 08:54	ASP 17 SOL N472	472	SOL	e	44.498462	2.104507	6442845,6	2753307,3	99	8	18	7	60	8	18	18	50	25	18105	222	696	67	50	50	4294	89	9636	201	29571	451	649	312	586	30	301	6	91	4	92	4	9	3	
226	25/04/2017 09:06	ASP 17 SOL N473	473	SOL	e	44.504398	2.113783	6442913,4	2754852,2	48	6	32	6	94	10	17	17	50	26	32097	301	1429	89	92	41	4601	118	5883	222	23107	466	796	396	349	28	350	7	61	3	94	4	10	3	
227	25/04/2017 09:24	ASP 17 SOL N474	474	SOL	e	44.512798	2.113783	6443216,8	2756282,3	306	7	28	6	108	12	17	17	36	36	3416	242	825	71	46	46	3407	104	6616	322	3267	379	442	326	241	6	61	3	101	4	10	3			
228	25/04/2017 09:39	ASP 17 SOL N475	475	SOL	e	44.517247	2.112134	6444649,6	2756244,4	70	8	34	7	121	12	22	14	71	30	57482	435	1580	104	141	45	5901	130	3636	163	23746	472	513	513	670	36	302	7	104	4	127	5	14	4	
229	25/04/2017 09:51	ASP 17 SOL N476	476	SOL	e	44.531665	2.136434	6444699,7	2759701,0																																			



Centre scientifique et technique
Direction Eau, Environnement & Écotechnologies
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr