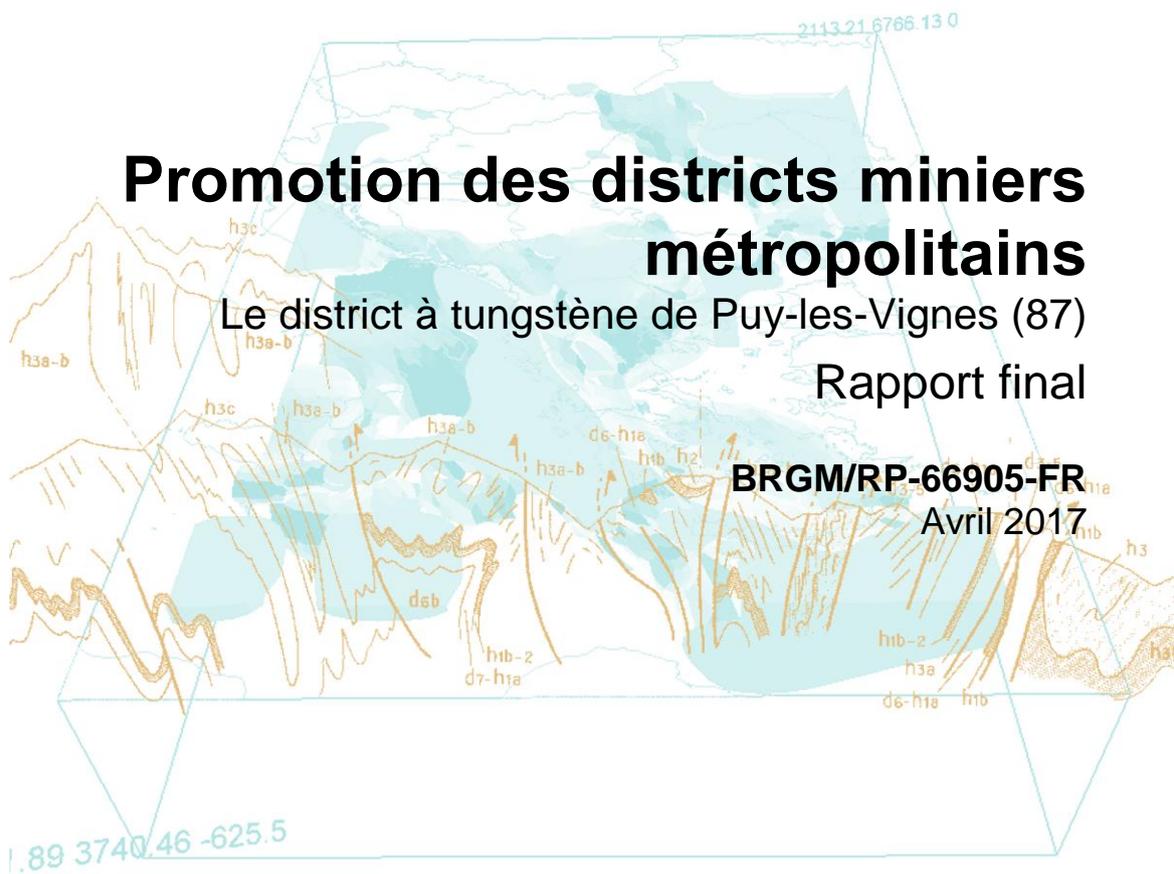


Document public



# Promotion des districts miniers métropolitains

## Le district à tungstène de Puy-les-Vignes (87)

### Rapport final

**BRGM/RP-66905-FR**

Avril 2017



# Promotion des districts miniers métropolitains

Le district à tungstène de Puy-les-Vignes (87)

Rapport final

**BRGM/RP-66905-FR**

Avril 2017

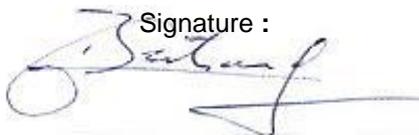
**J. Melleton, E. Gloaguen, B. Tourlière, G. Martelet**

**Vérificateur :**

Nom : Bertrand Guillaume

Date : 24/05/2017

Signature :



**Approbateur :**

Nom : Didier Bonijoly

Date : 14/06/2017

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**

**Mots-clés** : Ressources minérales, Inventaire Minier National, Réévaluation, Potentiel minier, Tungstène, Puy-les-Vignes, Scheelite, Wolframite, France.

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

**Melleton J., Gloaguen E., Tourlière B., Martelet G.** (2017) - Promotion des districts miniers métropolitains. Le district à tungstène de Puy-les-Vignes (87). Rapport final. BRGM/RP-66905-FR, 44 p., 18 fig., 2 tabl., 2 ann.

## Synthèse

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la convention relative aux ressources minérales entre le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM) et le BRGM.

Le district de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne) contient un gisement de tungstène de type pipe bréchique assez atypique dans le Massif Central qui a donné une production assez significative au cours de la première moitié du XXème siècle.

Bien que les données soient anciennes, celles disponibles n'excluent pas la présence d'un potentiel intéressant, notamment car la moitié occidentale de la pipe bréchique de Puy-les-Vignes n'a fait l'objet que de peu d'investigations, tout comme celle des Caillaudoux, localisée à quelques centaines de mètres à l'est. Plusieurs autres indices, principalement filoniens, sont aussi connus, mais les investigations n'y sont restées que très superficielles.

Les données géophysiques, très limitées, suggèrent l'existence d'une continuité avec le massif granitique d'Auriat, localisé à l'est du district, qui permet d'émettre l'hypothèse de l'existence d'un corps granitique à l'aplomb des minéralisations, ce qui serait confirmé par les filons de granites connus aux alentours.

L'extraction des résultats de favorabilité par WofE (Weight of Evidence) à échelle régionale, pour le district de Puy-les-Vignes ne donne pas de résultat très pertinent. En revanche, l'utilisation de la méthode CBA (Cell-based Association) permet l'identification de secteurs potentiellement intéressants, en particulier la bordure des formations gneissiques au contact du massif granitique d'Auriat.



## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Contexte géologique et métallogénique régional .....</b>	<b>9</b>
2.1. LOCALISATION.....	9
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE .....	9
2.3. CONTEXTE MÉTALLOGÉNIQUE .....	12
<b>3. Le gisement de Puy-les-Vignes .....</b>	<b>13</b>
3.1. GÉOLOGIE LOCALE.....	13
3.2. GÉNÉRALITÉS SUR LES GISEMENTS DE TYPE PIPE BRÉCHIQUE.....	15
3.3. LE PIPE DE PUY-LES-VIGNES .....	16
3.3.1. Structure et composition générale .....	16
3.3.2. Nature minéralogique de la minéralisation de Puy-les-Vignes .....	19
3.3.3. Modèle métallogénique proposé pour la formation du gisement .....	19
3.4. LES INDICES ET PROSPECTS PÉRIPHÉRIQUES .....	20
3.5. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION .....	21
3.6. RÉSERVES ENVISAGÉES SUR LE GÎTE DE PUY-LES-VIGNES.....	22
<b>4. Données de l'inventaire minier : géochimie et prospection alluvionnaire .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Présentation et intégration des données géophysiques disponibles et exploitables.....</b>	<b>27</b>
<b>6. Études de favorabilité .....</b>	<b>29</b>
6.1. DONNÉES GÉOLOGIQUES DE BASE .....	29
6.2. LES TRAITEMENTS DE PRÉDICTIONNÉ.....	29
<b>7. Conclusions - Potentiel du district.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Références bibliographiques.....</b>	<b>35</b>

### Liste des Figures

Figure 1 : Carte lithostructurale du Massif Central (d'après Faure <i>et al.</i> , 2005). .....	9
Figure 2 : Coupe synthétique à l'échelle lithosphérique du Limousin (d'après Faure <i>et al.</i> , 2005). ....	10
Figure 3 : Carte géologique du district de Puy-les-Vignes (modifiée d'après les cartes géologiques au 1/50 000 harmonisées de la Haute-Vienne et de la Creuse) - légende sur la page suivante. ....	14

Figure 4 : Carte de localisation des pipes bréchiques à Cu-Mo-W du district de Washington (Sonora, Mexique) et coupe schématique des pipes de Washington et Bolivar (extrait de Simmons & Sawkins, 1983). .....	16
Figure 5 : Plan schématique en surface du pipe bréchique de Puy-les-Vignes (d'après Mouchet, 1923 et Laval, 1985).....	16
Figure 6 : Représentation schématique en coupe de la pipe de Puy-les-Vignes (tiré de Cuney <i>et al.</i> , 2002, d'après Weppe (1952). .....	17
Figure 7 : Schéma conceptuel en 3D des deux pipes emboîtées de Puy-les-Vignes (extrait de Cuney & Marignac, 2014, d'après Weppe, 1958). .....	18
Figure 8 : Représentation schématique de la disposition des clastes de la pipe bréchique (extrait de Cuney & Marignac, 2014).....	18
Figure 9 : Localisation des indices à W localisés dans le district de Puy-les-Vignes (d'après Laval, 1985).....	21
Figure 10 : Présence de wolframite en alluvionnaire. ....	24
Figure 11 : Résultats de la prospection géochimique sur sédiments de ruisseaux pour l'Arsenic. ....	25
Figure 12 : Résultats de la prospection géochimique sur sédiments de ruisseaux pour le tungstène. Les carrés violet correspondent aux points de plus de 60 ppm, les verts à plus de 20 ppm. ....	26
Figure 13 : Carte représentant le gradient vertical de l'anomalie gravimétrique de Bouguer. ....	27
Figure 14 : Carte représentant la réduction au pôle des données magnétiques. ....	28
Figure 15 : Carte géologique obtenue par codage lithologique et stratigraphique et utilisée pour l'étude de favorabilité réalisée à l'échelle du Limousin (Melleton <i>et al.</i> , 2017). ....	30
Figure 16 : Résultat de l'étude de favorabilité utilisant la méthode "Weight of Evidence" sur le secteur de Puy-les-Vignes.....	31
Figure 17 : Résultat de l'étude de favorabilité utilisant la méthode CBA par CAH (description de la méthode dans Melleton <i>et al.</i> , 2017). Le groupe de cellule favorable correspondant au gisement de Puy-les-Vignes correspond au groupe 89, en hachuré rouge sur la carte. ....	32
Figure 18 : Résultat de l'étude de favorabilité utilisant la méthode CBA par ranking (description de la méthode dans Melleton <i>et al.</i> , 2017). .....	32

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Liste des autres indices à W connus dans le district de Puy-les-Vignes (modifié d'après Laval, 1985). La localisation des indices est donnée dans la Figure 9. ....	20
Tableau 2 : Extrait du codage lithologique utilisé pour l'étude de favorabilité à l'échelle régionale (modifié d'après Melleton <i>et al.</i> , 2017).....	29

## Liste des Annexes

Annexe 1 Fiche descriptive de la cible minière de Puy-les-Vignes (Action 2.1 de la convention DEB-BRGM) .....	39
Annexe 2 Fiches descriptives des anomalies géochimiques issues de l'Inventaire Minier (Action 2.2 de la convention DEB-BRGM).....	43

# 1. Introduction

La présente étude s'inscrit dans un contexte général marqué par la prise de conscience, il y a quelques années, de la dépendance et de la vulnérabilité de la France dans le domaine des substances minérales.

Cette prise de conscience des pouvoirs publics a amené, depuis 2012, la réalisation de différentes actions dans le cadre du thème 1 « ressources minérales » de la Convention entre le BRGM et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), sous le terme générique de «réévaluation du potentiel français en ressources minérales ». Ces actions étaient en 2015 au nombre de trois, toutes progressant en synergie les unes avec les autres :

- Action 2.1 : caractérisation des cibles minières ;
- Action 2.2 : catalogue hiérarchisé des anomalies polymétalliques ;
- Action 2.3 : promotion des districts miniers métropolitains.

L'action 2.3, dans laquelle s'inscrit ce travail, a pour objet de s'appuyer sur les deux actions précédentes en les mettant en perspective dans une approche « district » (i) en prenant en compte la géologie et la métallogénie régionale et l'apport de la géophysique lorsqu'elle est disponible, (ii) en développant une réflexion sur le potentiel, et (iii) en établissant une comparaison avec les autres gisements/districts mondiaux du même type.

Ce rapport présente le potentiel du district à W de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne, 87). Après un rappel sur le contexte géologique et métallogénique de la zone d'étude, ce rapport décrit les différentes minéralisations connues dans le district et présente brièvement son historique minier. Les données minières disponibles sont ensuite exposées et utilisées pour établir des cartes de prédictivité. Les contraintes disponibles sont utilisées pour comparer le district avec d'autres gisements mondiaux équivalents.



## 2. Contexte géologique et métallogénique régional

### 2.1. LOCALISATION

Le district de Puy-les-Vignes est centré sur l'ancienne mine du même nom localisée sur la commune de Saint-Léonard-de-Noblat (Haute-Vienne), à une vingtaine de kilomètres environ à l'est de Limoges. Il est ainsi situé dans le Limousin, qui correspond au nord-ouest du Massif Central.

### 2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La structure du Massif Central est considérée comme un empilement de nappes crustales syn-métamorphiques recoupées par de nombreux granitoïdes (Ledru *et al.*, 1989 ; Faure *et al.*, 2005 et les références incluses) (Figure 1).

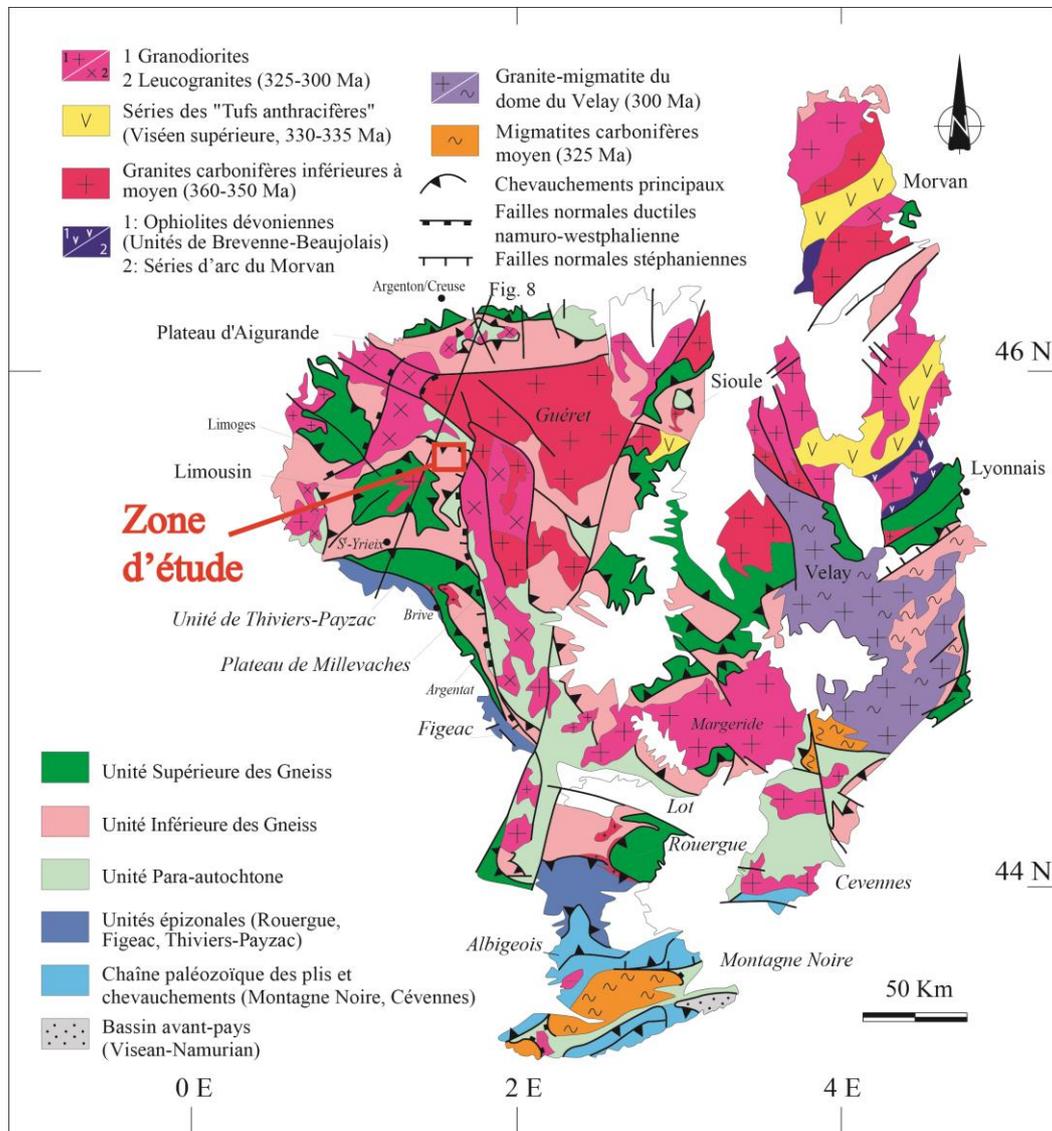


Figure 1: Carte lithostructurale du Massif Central (d'après Faure et al., 2005).

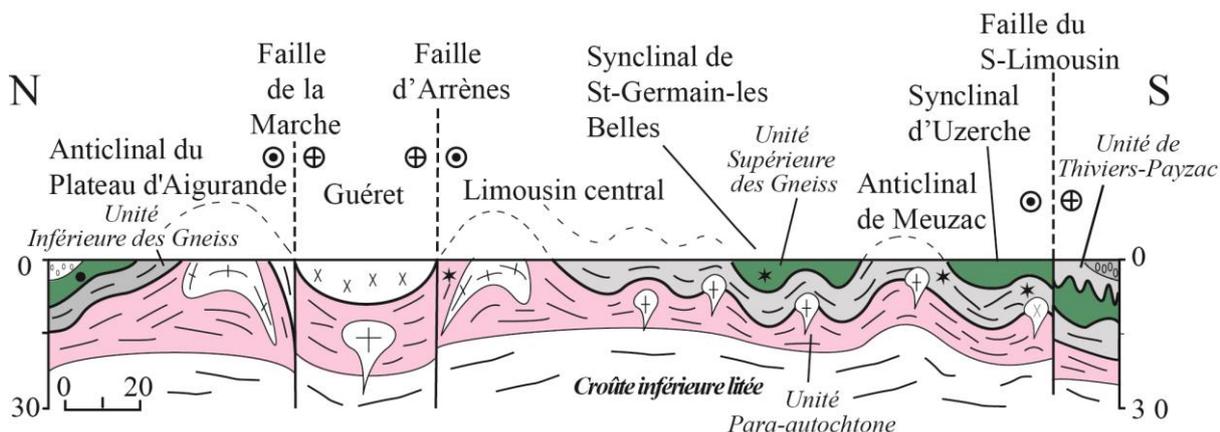


Figure 2 : Coupe synthétique à l'échelle lithosphérique du Limousin (d'après Faure et al., 2005).

Dans le Limousin, sont reconnus du bas vers le haut (Figure 2) :

- l'Unité Para-autochtone (UP) est formée d'une épaisse série de métapélites, de métagrauwackes, de quartzites et, en plus faible proportion, d'argilites et d'amphibolites. Ces formations sont métamorphisées dans les faciès schistes verts et amphibolites et sont recoupées par des granitoïdes alcalins d'âges cambrien inférieur et ordovicien inférieur. Dans le Limousin, l'UP affleure principalement dans le Plateau des Millevaches, autour du granite de Saint-Goussaud, au cœur de l'anticlinal du Plateau d'Aigurande, dans la Sioule et sur la bordure sud-ouest du Limousin. Bien que les datations stratigraphiques manquent, un âge néoproterozoïque à ordovicien est généralement accepté. Dans le Massif Central, une foliation horizontale S1, contemporaine du métamorphisme régional, est issue d'un cisaillement plat synchrone à la tectonique de nappe. Elle est associée à une linéation d'étirement d'orientation nord-est - sud-ouest. Des datations  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sur amphibole, biotite et muscovite ont apporté des âges compris entre 340 et 330 Ma ;
- l'Unité Inférieure des Gneiss (UIG) est lithologiquement similaire à l'UP. Les granitoïdes alcalins d'âge Paléozoïque inférieur sont aussi très répandus. Ces formations ont subi un métamorphisme MP/MT. Cette unité montre de plus, localement, une anatexie datée aux environs de 380 Ma. Dans le massif de Sauviat (Limousin), des reliques de haute pression ont été décrites. Les conditions de pression et températures ont été estimées à un minimum de 1,5 GPa et 700-750 °C (Santallier, 1981) ;
- l'Unité Supérieure des Gneiss (USG) se caractérise par la présence de reliques de hautes pressions sous forme de boudins d'éclogites et de granulites incluses dans des paragneiss migmatitiques, des métasédiments et des orthogneiss (Santallier, 1981 ; Floc'h, 1983 ; Lardeaux *et al.*, 2001). Les éclogites qui montrent localement la présence de coésite comme dans les Monts du Lyonnais ont pu être portées jusqu'à une profondeur de 60 kilomètres ( $\approx 2.0\text{-}3.0$  GPa) (Lardeaux *et al.*, 2001). Le métamorphisme de haute pression a été daté entre 430 et 415 Ma. L'USG contient de plus une association magmatique bimodale connue sous le nom de « complexe leptyno-amphibolique » interprété comme témoin de la phase de rifting ordovicienne. Dans le Massif Central, les rares métagabbros et roches ultramafiques serpentinisées sont considérées comme les restes de l'océan Médio-européen, ces roches étant notamment bien représentées dans le Limousin dans l'ophiolite de La Flotte (Dubuisson *et al.*, 1989 ; Matte, 1991) ;
- l'Unité de Thiviers-Payzac (UTP), qui affleure dans le sud du Limousin constitue l'unité structurale la plus élevée dans le Massif Central. Elle est essentiellement composée de métagrauwackes cambriens, de rhyolites et de quartzites et présente un gradient métamorphique croissant du toit de l'unité vers sa base, passant progressivement d'un métamorphisme dans le faciès des schistes verts au Nord vers le faciès amphibolite au

Sud. Son allochtonie a été établie sur la base d'observations structurales et métamorphiques. Cette unité est, de plus, similaire lithologiquement à l'unité Para-autochtone. L'UTP est séparée au nord de l'USG par le décrochement polyphasé d'Estivaux dont le fonctionnement précoce sénestre contemporain d'un métamorphisme prograde a été daté à  $346 \pm 4$  Ma ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sur biotite). Un fonctionnement en décrochement dextre dans les conditions rétro-morphiques du faciès des schistes verts est documenté. Selon Roig (1997), ces décrochements sont postérieurs à une tectonique de nappe à vergence NO permettant la mise en place de l'UTP sur l'USG et l'UIG dans des conditions de métamorphisme de type barrovien ;

- les reliques ophiolitiques de l'unité de Génis (sud du Limousin) d'âge probablement Dévonien.

Le Limousin, comme l'ensemble de la chaîne varisque, se caractérise par un magmatisme volumineux (Rossi & Pin, 2008 ; Melleton, 2008 et références incluses), principalement dérivé de la fusion de la croûte continentale, comme le démontrent les études de géochimie isotopique. Compte tenu du degré d'érosion de la chaîne, les témoins de ce magmatisme correspondent principalement à des systèmes plutoniques.

Dans le Limousin, le magmatisme associé à la tectonique de nappes de l'évènement D1 (Dévonien moyen) est caractérisé par des plutons plurikilométriques typiques d'un environnement d'arc comme des diorites, des tonalites et des gabbros. De type laccolithes, ces plutons portent la même linéation NO-SE que leurs encaissants, ce qui indique que cet épisode est antérieur à l'évènement D2. Ces formations, qui forment la « ligne tonalitique du Limousin » ont été datées entre 380 et 370 Ma (U-Pb sur zircons) en Vendée, dans le Rouergue et dans le Limousin. Elles ont été interprétées comme la racine d'un arc magmatique lié à la subduction vers le sud, ou vers le nord.

Dans le nord du Limousin, le batholite de Guéret, principalement formé de monzogranodiorites à biotite et cordiérite, a été daté aux environs de 360-350 Ma par méthode Rb/Sr et U-Th-Pb sur monazite. Cet âge Viséen inférieur est de plus validé par les « tufs anthracifères », d'âge Viséen supérieur (330 Ma) qui recouvrent le massif de Guéret. Les granitoïdes de Guéret présentent en outre une fabrique magmatique à sub-solidus portant une linéation NO-SE. Cette déformation a été datée à  $346 \pm 4$  Ma. Cet évènement magmatique est donc synchrone de l'évènement tectono-métamorphique D2. Une origine crustale à mixte (croûte et manteau) est généralement acceptée pour ces granitoïdes.

Dans le Massif Central, le Carbonifère moyen (335-315 Ma) se caractérise par plusieurs types de magmatisme :

- les séries volcano-sédimentaires, ou « tufs anthracifères », sont constituées de produits aériens comme des ignimbrites, des coulées, des dépôts pyroclastiques ainsi que des dykes de composition rhyolitique à dacitique, des microgranites et des granites rouges. Les données géochimiques suggèrent que ces matériaux dérivent de la fusion de la croûte continentale. Dans la zone d'étude, ils sont principalement connus dans la Haute-Sioule ;
- de nombreuses migmatites d'âge viséen moyen ont été mises en évidence dans le Massif Central. Dans le nord des Cévennes, l'unité para-autochtone surmonte des gneiss migmatitiques datés entre 333 et 324 Ma ;
- les granitoïdes peralumineux de type Limousin (ou leucogranites à deux micas) se mettent en place le long de grands accidents crustaux (Millevaches, Saint-Sylvestre, etc.) entre 340 et 310 Ma. Les données isotopiques et les éléments en trace montrent que ces granitoïdes proviennent de la fusion partielle de roches métasédimentaires de la croûte inférieure, l'anatexie pouvant avoir été déclenchée par le sous-placage de magma mantellique ;

- des granitoïdes calco-alcalins potassiques, essentiellement des monzogranites, se mettent en place principalement à l'est du Sillon Houiller (Figure 1), ou dans le Confolentais.

### 2.3. CONTEXTE MÉTALLOGÉNIQUE

Le Limousin a constitué une province minière importante (Melleton *et al.*, 2017), caractérisée par plusieurs types de minéralisations. Celles associées à l'orogénèse varisque peuvent être résumées de la façon suivante :

- plusieurs minéralisations associées au magmatisme à métaux rares (Li-Be-Ta-Nb-Sn) sont connues, comme le granite de Beauvoir (Échassières, Allier), le granite de Montebbras (Soumans, Creuse) ou les pegmatites de Chèdeville (Monts d'Ambazac, Limousin). Elles se sont mises en place entre 317 et 309 Ma (Cheilletz *et al.*, 1992; Cuney *et al.*, 2002 ; Melleton *et al.*, 2015) ;
- les minéralisations aurifères, avec deux districts principaux correspondant à La Marche (gisements du Châtelet et de Villeranges) et de Saint-Yrieix (gisements du Bourneix, de Laurières et du Moulin-de-Cheni) (Bouchot *et al.*, 2005). La formation de ces gisements serait restreinte à l'intervalle 310-300 Ma durant la réactivation de failles crustales ;
- les minéralisations à  $W\pm Sn$ , généralement associées au magmatisme peralumineux et se présentant sous forme de veines de quartz, stockworks ou pipe bréchique. Deux événements sont distingués avec la mise en place des minéralisations de Puy-les-Vignes et Moulin-Barret vers 325 Ma et les autres minéralisations à  $W\pm Sn$  vers 310 Ma (Cuney *et al.*, 2002).

## 3. Le gisement de Puy-les-Vignes

### 3.1. GÉOLOGIE LOCALE

Le gisement de tungstène de Puy-les-Vignes est localisé dans l'unité gneissique de Saint-Léonard-de-Noblat, appartenant à l'unité inférieure des gneiss (Figure 3). Le degré métamorphique de cette formation est élevé, symptomatique de hautes températures permettant la fusion, et marqué par la présence de sillimanite<sup>1</sup> et de cordiérite<sup>2</sup> ainsi que le développement assez généralisé de faciès migmatitiques. Le grenat peut aussi être localement présent. La cordiérite se présente en cristaux automorphes plurimillimétriques ou en nodules centimétriques dans les leucosomes, qui sont parallèles à la foliation ou sécants. Le protolithe de cette formation de gneiss migmatitiques correspond vraisemblablement à des métapelites et métagrauwackes.

La déformation est très marquée dans cette formation, avec au moins trois phases reconnues par Chenevoy *et al.* (1984). La première, qui serait la plus intense conduit au développement d'une foliation  $S_1$  qui est ensuite reprise par une deuxième déformation synchrone de la fusion partielle.

Cette unité est recoupée au nord-est par le leucogranite calco-alcalin d'Auriat, daté à  $324 \pm 1$  Ma (U-Pb sur zircon, Gebauer *et al.*, 1981) et au sud-ouest par celui d'Aureil (Theil-Péret sur la carte géologique au 1/50 000 de Saint-Léonard-de-Noblat), daté à  $346 \pm 14$  Ma (Duthou, 1978). Le granite d'Auriat est marqué par une altération hydrothermale, postérieure à sa mise en place, très développée (Paneix & Petit, 1991). Le complexe leucogranitique du Millevaches, de composition beaucoup plus hétérogène et mis en place entre  $337 \pm 4$  Ma et  $323 \pm 4$  Ma (Rolin *et al.*, 2014) affleure à l'extrémité est de la zone. L'existence de filons de leucogranites à proximité du gisement de Puy-les-Vignes a été par ailleurs rapportée. La pipe de Puy-les-Vignes, datée entre  $323 \pm 1$  Ma ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sur muscovite, Cuney *et al.*, 2002) et  $318 \pm 1$  Ma (U-Pb sur wolframite, Harlaux *et al.*, 2017), apparaît donc contemporaine de l'emplacement du complexe granitique d'Auriat.

Quelques occurrences de roches basiques et ultrabasiques, pouvant être associées à des reliques éclogitiques sont connues dans la zone, notamment au nord avec le complexe de Sauviat-sur-Vige, ainsi que des niveaux d'amphibolites massives. Les minéralisations ne présentant pas de relation avec ce type de lithologie, nous ne les décrivons pas plus en détail.

D'un point de vue structurale, l'unité gneissique de Saint-Léonard-de-Noblat forme un puissant ensemble monoclinale, qui présente globalement une assise avec un assez faible pendage, (30 à 40°) vers le sud-ouest et l'ouest. Des plis de plus faibles amplitudes peuvent cependant être distingués au sein des formations gneissiques, avec une direction moyenne des axes globalement pentés vers le nord-ouest.

Trois familles de failles sont connues dans la zone (Figure 3) : la plus nombreuse montre une tendance nord-ouest - sud-est, une seconde nord-sud et une troisième nord-est - sud-ouest.

<sup>1</sup> La sillimanite ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ) est un silicate d'alumine typique des roches métamorphiques métapelitiques (protolithe sédimentaire) de hautes températures (> 500 °C).

<sup>2</sup> La cordiérite ( $\text{Al}_3(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_2[\text{Si}_5\text{AlO}_{18}]$ ) est un tectosilicate classique des roches métamorphiques de haut degré.

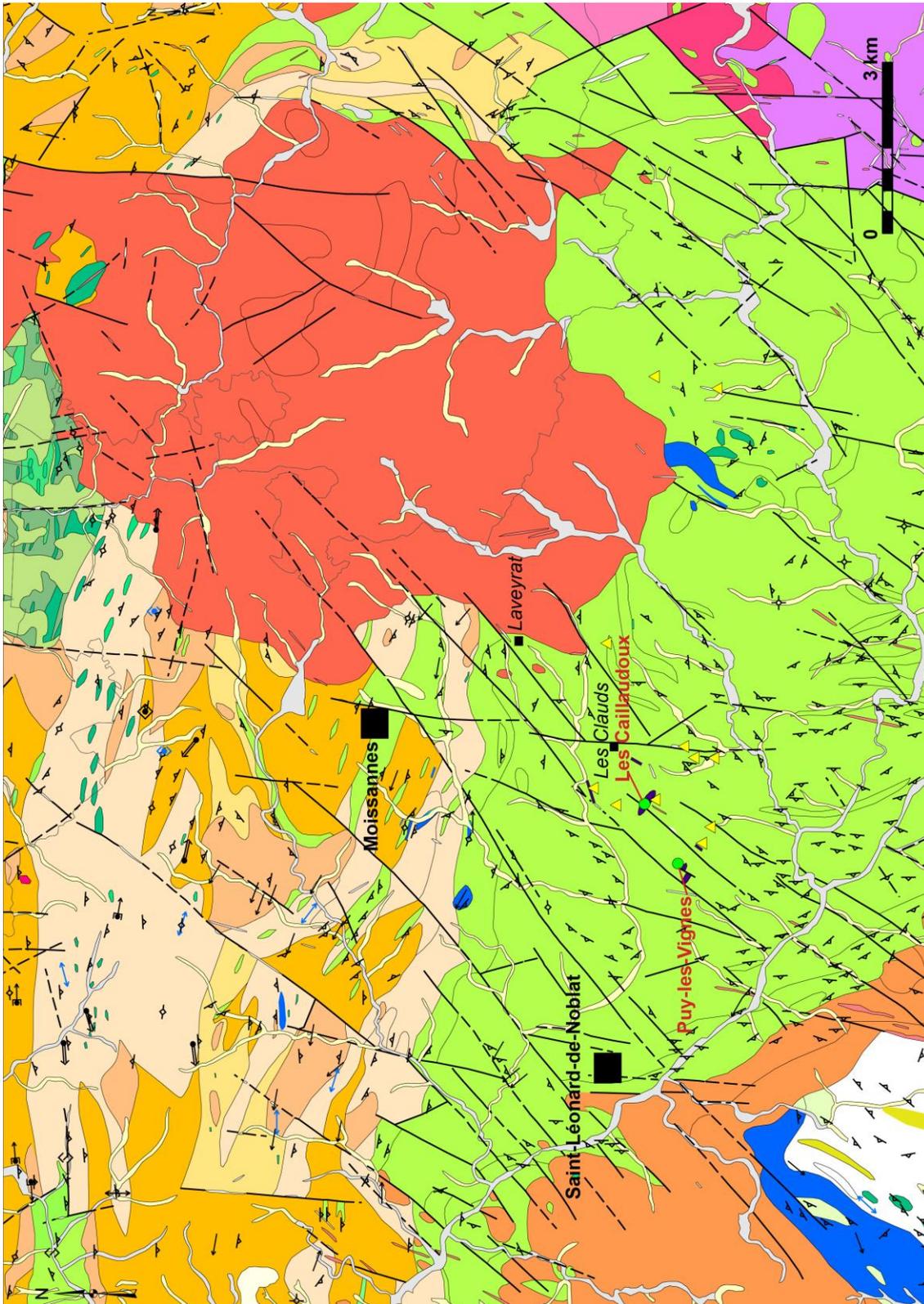


Figure 3 : Carte géologique du district de Puy-les-Vignes (modifiée d'après les cartes géologiques au 1/50 000 harmonisées de la Haute-Vienne et de la Creuse) - légende sur la page suivante.



Figure 3 (suite) : légende de la carte géologique du district de Puy-les-Vignes.

### 3.2. GÉNÉRALITÉS SUR LES GISEMENTS DE TYPE PIPE BRÉCHIQUE

Le gisement de Puy-les-Vignes est de type pipe bréchique. Nous présentons ici quelques généralités sur ce type de gisement dans le but de donner au lecteur des éléments permettant de replacer le district par rapport à d'autres exemples mondiaux.

Les gisements de types pipe bréchique sont composés de fragments anguleux et de tailles très variables de roche. Ils sont généralement localisés dans, au-dessous ou en position marginale de l'apex d'une intrusion granitique. L'enveloppe générale du gisement tend généralement vers une forme cylindrique pouvant être quasi-parfaite, et leur taille est relativement limitée, en faisant des gisements de faibles envergures (Werner *et al.*, 2014). Cependant, plusieurs pipes peuvent être localisés dans des zones assez restreintes, comme dans le district de Washington (Sonora, Mexique) où 13 pipes sont connus (Figure 4 ; Simmons & Sawkins, 1983). Les teneurs sont très variables et le tungstène peut aussi être associé au cuivre et/ou au molybdène.

Ils seraient formés par une fracturation hydraulique magmatique et/ou hydrothermale ou par des interactions explosives entre eau et magma. Des zones bréchiques sont très souvent décrites dans les porphyres ou les systèmes filoniens mais certains gisements de ce type, comme celui de Puy-les-Vignes (*cf.* plus loin) dans le Limousin, semblent complètement déconnectés des autres types de gisements. Le gisement d'Ilkwang (Cu-W, Corée du Sud) ou celui de Washington (Cu-Mo-W, Mexique) sont des exemples mondiaux, mais Werner *et al.* (2014) n'en distinguent que quatre dans le Monde. Pour la formation du gisement d'Ilkwang, Yang & Bodnar (2004) insistent sur l'importance du rôle des eaux magmatiques dans sa formation.

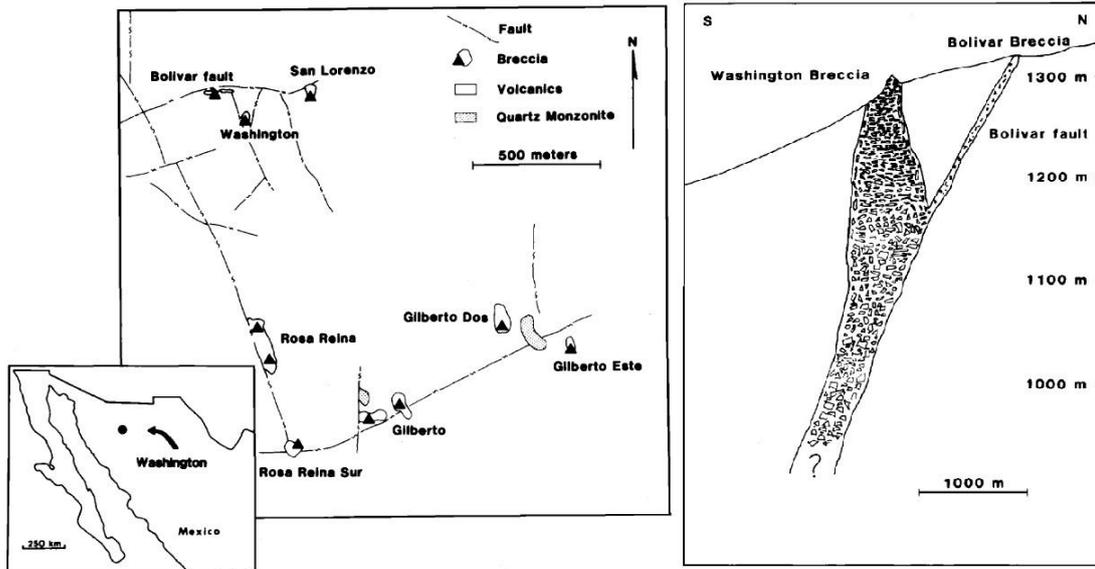


Figure 4 : Carte de localisation des pipes bréchiques à Cu-Mo-W du district de Washington (Sonora, Mexique) et coupe schématique des pipes de Washington et Bolivar (extrait de Simmons & Sawkins, 1983).

### 3.3. LE PIPE DE PUY-LES-VIGNES

#### 3.3.1. Structure et composition générale

Le gisement de Puy-les-Vignes forme une cheminée à remplissage bréchique affleurant selon une ellipse de 340 x 80 m (Weppe, 1951 ; 1958). La structure est décrochée de 120 m dans sa partie médiane par la présence d'une faille senestre sud-ouest - nord-est (« Faille Limite »), ce qui donne l'existence de deux compartiments dont seule la partie orientale a été exploitée (Figure 5).

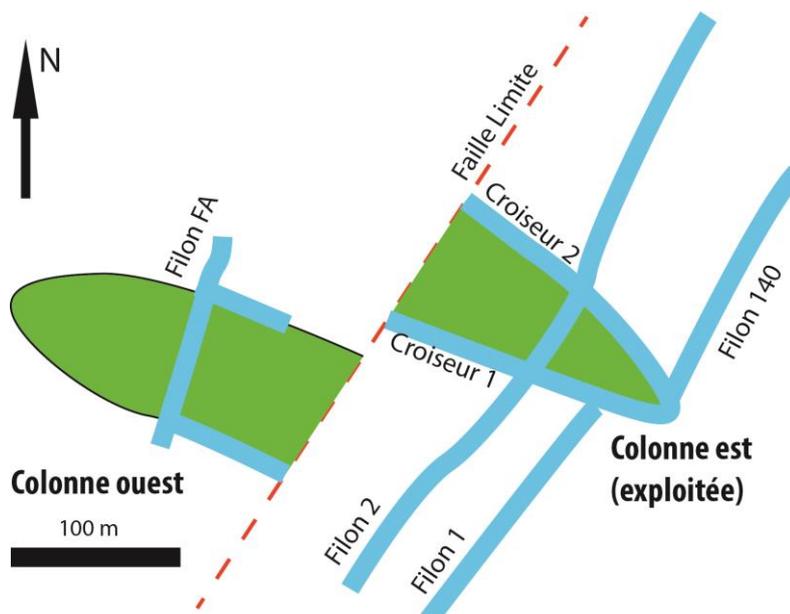


Figure 5 : Plan schématique en surface du pipe bréchique de Puy-les-Vignes (d'après Mouchet, 1923 et Laval, 1985).

La partie orientale de la cheminée est assez régulièrement entourée, au contact de l'encaissant, d'une gaine de quartz de puissance métrique (1 à 3 m) : les filons croiseurs. Trois filons F1, F2 et F140, pentés vers l'est et d'une puissance variant de 0,1 à 1 m recoupent aussi la structure, ainsi qu'un système de filons de quartz en plateaux connectés à un filon F5 de pendage vers le nord-ouest (Figure 6). Il est important de noter que nous disposons de très peu de connaissance de la partie occidentale de la cheminée, seul deux galeries ayant recoupée cette structure.

Les observations réalisées par Weppe dans les galeries pendant la période d'exploitation l'ont amené à proposer que le gisement de Puy-les-Vignes serait constitué de deux cheminées emboîtées (Weppe, 1951), les pipes Mouchet et Weppe (Figure 7).

La brèche est composée principalement d'éléments gneissiques dont les tailles varient du centimètre à plusieurs mètres, non jointifs et sans classement granulométrique apparent. Le ciment, qui constituerait 10 % du volume total de la structure est du quartz pouvant être géodique. La forme des clastes est fréquemment tabulaire et ils se disposent en tuiles (Cuney & Marignac, 2014) avec un changement progressif d'orientation depuis la verticale en bordure vers l'horizontale au cœur (Figure 8). Cette disposition se justifierait par une phase d'effondrement au moment de la mise en place de la cheminée. Cette hypothèse semble confirmée par la variation dans la typologie des fragments gneissiques, qui seraient équivalents à ceux de l'encaissant en bordure et proviendraient d'un niveau plus superficielle au centre (Weppe, 1951).

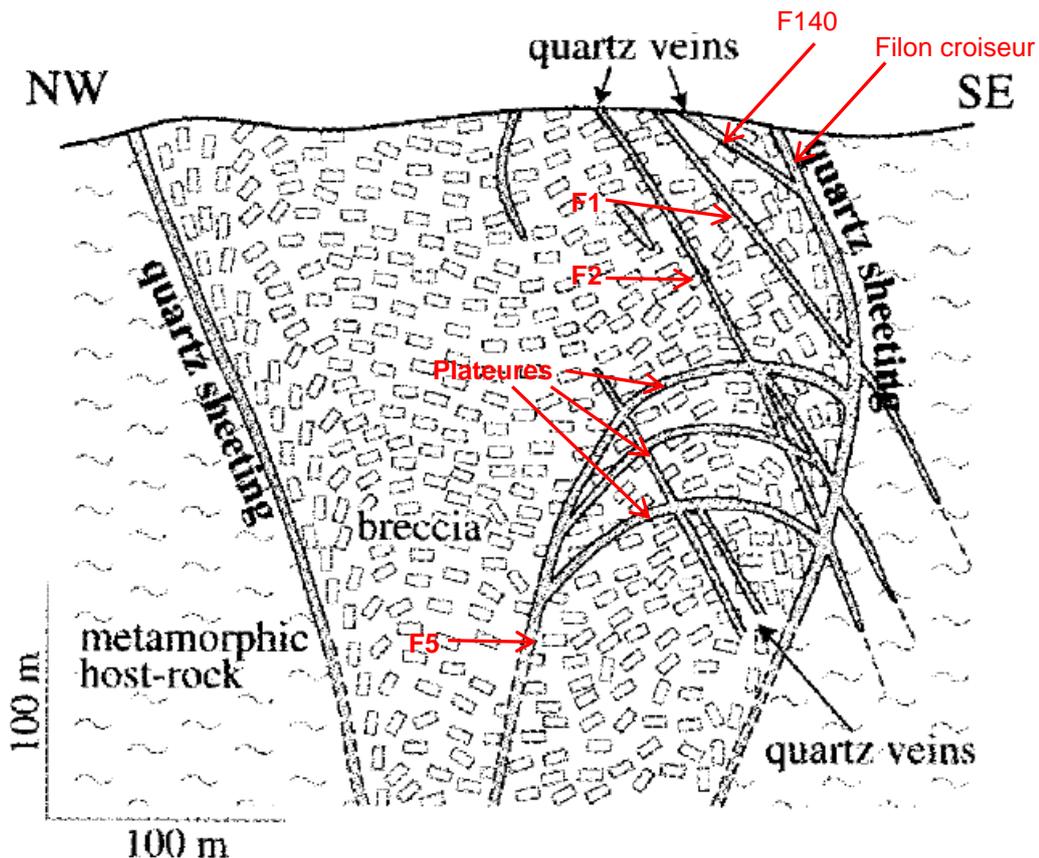


Figure 6 : Représentation schématique en coupe de la pipe de Puy-les-Vignes (tiré de Cuney et al., 2002, d'après Weppe (1952)).

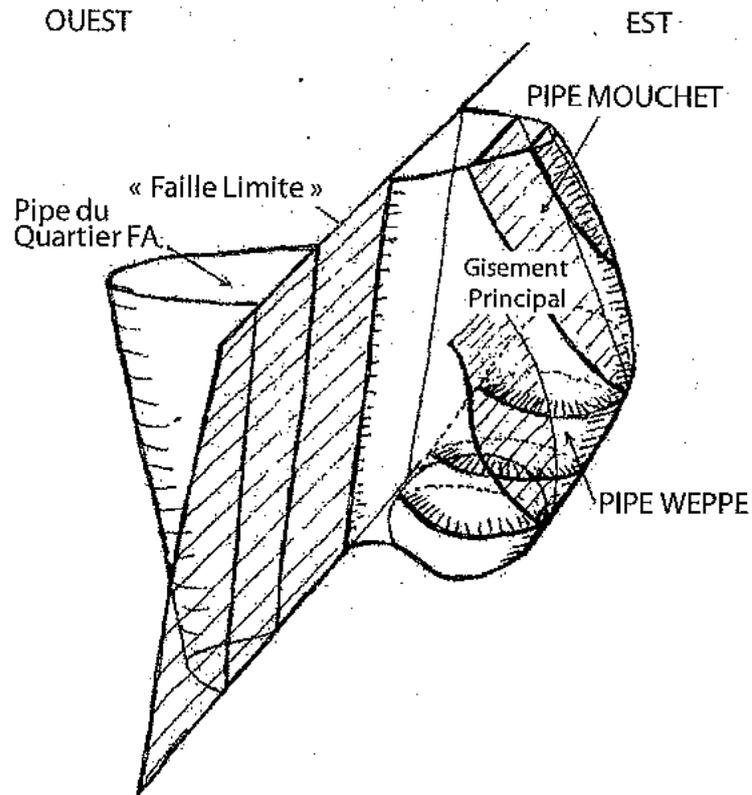


Figure 7 : Schéma conceptuel en 3D des deux pipes emboîtées de Puy-les-Vignes (extrait de Cuney & Marignac, 2014, d'après Weppe, 1958).

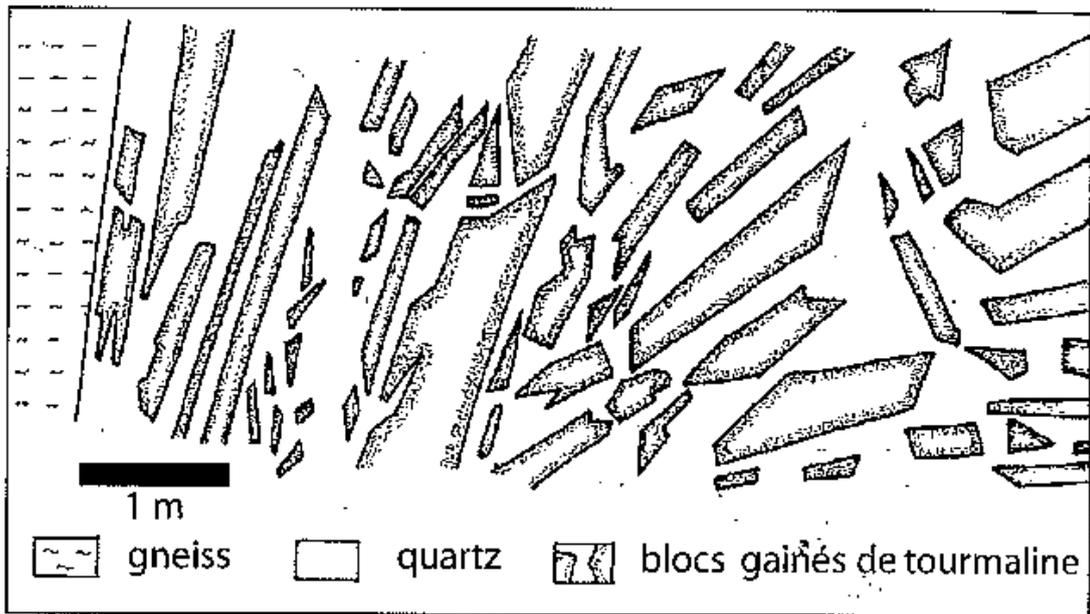


Figure 8 : Représentation schématique de la disposition des clastes de la pipe bréchique (extrait de Cuney & Marignac, 2014).

### 3.3.2. Nature minéralogique de la minéralisation de Puy-les-Vignes

Les blocs gneissiques de la pipe bréchique sont intensément greisenifiés, ainsi que les gneiss encaissant aux épontes de la cheminée. La biotite est ainsi transformée en muscovite, le feldspath en quartz+muscovite. La tourmalinisation est restreinte aux clastes (Figure 8). Des petits filonnets de tourmalinite sont aussi observés dans l'encaissant.

La minéralisation est non présente dans le ciment quartzeux de la brèche, et est restreinte aux filons recoupant la cheminée (tout en disparaissant en s'éloignant de celle-ci), aux plateures et à des « craquelures » s'insinuant entre les fragments bréchiques, avec un passage diffus vers le ciment de la brèche. La composition principale est essentiellement à wolframite avec scheelite et localement arsénopyrite, pyrite, bismuth natif et chalcopryrite. Il est important de noter que la partie inférieure de la moitié ouest de la pipe est plus riche en tungstène (0,4 à 0,6 %  $WO_3$ ) que la partie supérieure. Les teneurs en  $WO_3$  de la partie orientale des filons croiseurs diminuent du haut vers le bas, ainsi que de l'est vers l'ouest dans la partie supérieure.

Six stades successifs ont été décrits pour la mise en place de la minéralisation (Weppe, 1952 ; Alikouss, 1993 ; Harlaux *et al.*, 2015a et b) :

- un stade d'altération hydrothermale à quartz, muscovite  $\pm$  tourmaline, contemporain de la formation de la brèche, et avec la présence d'oxydes secondaires à W-Ti ;
- un stade de minéralisation à W-As-Nb $\pm$ Ta marqué par une association principale à quartz laiteux, wolframite et arsénopyrite ;
- un stade à Fe-Cu-Zn $\pm$ Mo, consistant en sulfures (pyrite, chalcopryrite, sphalérite, pyrrhotite, énérgite, stannite et molybdénite ;
- un stade à Nb-Y-terres rares lourdes, contemporain d'une matrice à tourmaline-adulaire-chlorite et marqué par la présence de monazite, xénotime, zircon (etc.) ;
- un stade discret à Bi $\pm$ Au-Ag avec notamment une minéralisation en bismuth et électrum ;
- un stade supergène tardif à scorodite (depuis l'altération de l'arsénopyrite, et de formule  $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$ ) et illite.

### 3.3.3. Modèle métallogénique proposé pour la formation du gisement

Selon Cuney & Marignac (2014), le gisement se serait développé par des phénomènes hydrothermaux continus accompagnant la mise en place d'une intrusion granitique où trois stades peuvent être distingués :

- a) la formation d'une pipe bréchique primaire (peut-être la pipe Mouchet mise en évidence par Weppe, 1951, 1958), stérile, qui correspondrait à une brèche d'effondrement par sous-cavages associés à la fracturation hydraulique des gneiss par des fluides provenant d'un apex granitique sous-jacent ;
- b) une phase d'effondrement généralisé de la brèche conduisant à la formation des filons croiseurs et plateures minéralisés ;
- c) une nouvelle phase permettant la formation des filons F1 à F5 recoupant les structures minéralisées formées au stade b).

Mouthier (2005) propose par ailleurs un contrôle structural pour la localisation des minéralisations de Puy-les-Vignes, des Caillaudoux et les Clauds le long d'une zone de cisaillement, mais cette hypothèse reste à confirmer.

### 3.4. LES INDICES ET PROSPECTS PÉRIPHÉRIQUES

De nombreux indices ont été mis en évidence dans le district, en particulier au cours des travaux de 1952-1953 (Weppe, 1954 ; Figure 3 ; Figure 9).

L'abondance de ces indices serait à rapporter à rapprocher à l'existence d'un axe gravimétrique léger (voir plus loin) ainsi que sur l'occurrence de nombreux filons de granite à deux micas.

L'indice le plus conséquent correspond à la cheminée des Caillaudoux, considéré comme un analogue de celle de Puy-les-Vignes. Celle-ci consisterait en un réseau de filons de quartz de puissance décimétrique et distribués à une fréquence d'un filon tous les 2-3 m.

N° sur la	Localité	Description	Travaux connus	Sources
1	L'Artige-Vieille	Quartz à wolframite en volantes		Rapport de 1938
2	Vaud	Quartz à wolframite en volantes		Rapport de 1922
3	Lifarnet	12 filonnets à quartz, wolframite et pyrite	Tranchées	Weppe (1958)
4	Moulard	Filon de 0,35 m de puissance sur une longueur de 500 m à 1 % WO <sub>3</sub>	Tranchées	Weppe (1958)
5	Clauds (village)	Filon de wolframite de 0,7 m de puissance		Weppe (1958)
6	Clauds	3 filons de de 0,4 m de puissance à 0,4 % WO <sub>3</sub>	Tranchées et descenderies	Weppe (1958)
7	Estivaud	Filon de quartz gris peu minéralisé, d'une puissance d'environ 1 m	Tranchées	Weppe (1958)
8	Caillaudoux	Pipe de 500 x 120 m	Puits et tranchées (1952-1953) ; sondages percutants (Pennaroya, 1971)	Weppe (1958)
9	La Lande	Filon de 0,1 m de puissance minéralisé	Tranchées	
10	Chabant	Quartz à wolframite en volantes		

Tableau 1 : Liste des autres indices à W connus dans le district de Puy-les-Vignes (modifié d'après Laval, 1985). La localisation des indices est donnée dans la Figure 9.

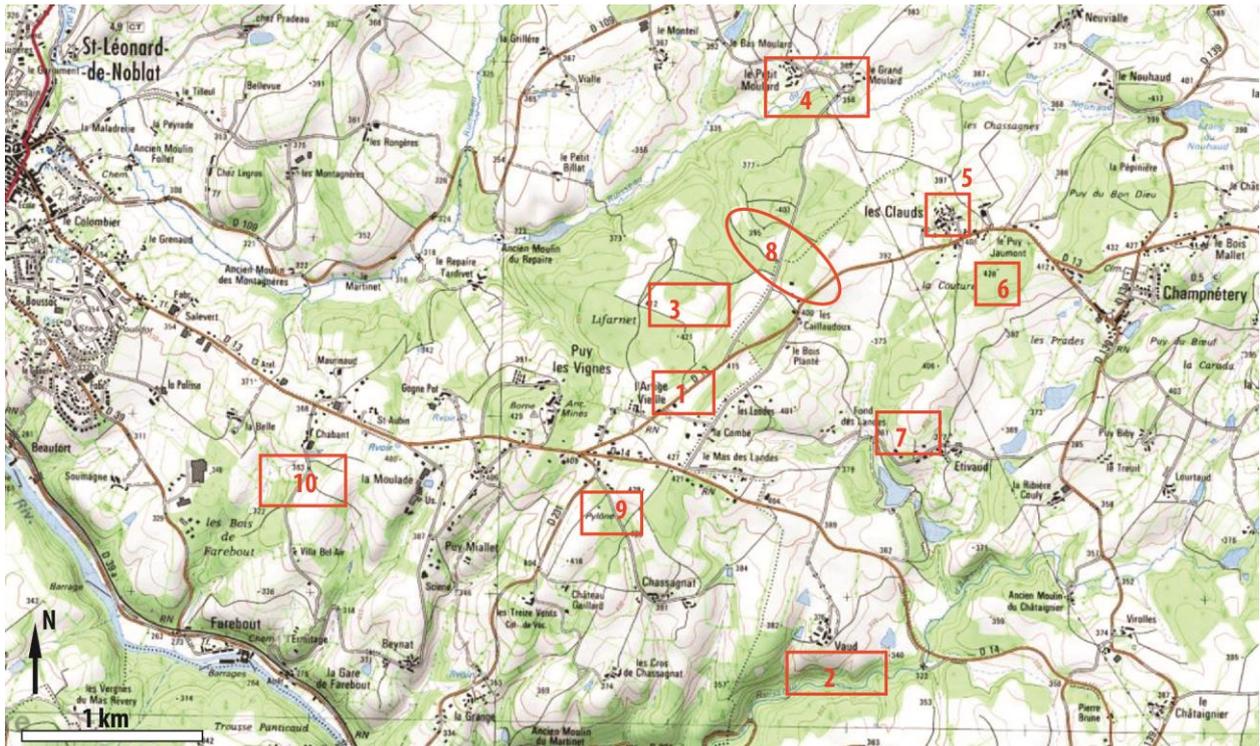


Figure 9 : Localisation des indices à W localisés dans le district de Puy-les-Vignes (d'après Laval, 1985).

### 3.5. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

Découvert à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le gisement de Puy-les-Vignes a tout d'abord été l'objet de prospection pour l'étain (Mouthier, 2005 ; 2014). En effet, après la découverte de wolframite dans une carrière de quartz servant à alimenter la construction de la route Saint-Léonard - Eymoutiers, les premiers travaux, matérialisés par le fonçage de deux puits et de plusieurs galeries de traçage est réalisé entre 1809 et 1813, aboutissent à la découverte de cassitérite associée à l'arsénopyrite mais sous forme insuffisante pour justifier la poursuite des travaux. Dans les années 1850, plusieurs demandes de permis de recherche sont refusées à un investisseur autrichien (pourtant propriétaire de la mine et ayant mis à jour de nombreux indices de tungstène dans la zone). La justification officielle de ces refus réside dans l'utilité non démontrée du wolfram pour l'industrie. Cependant, 4 512 kg de wolfram trié sont exportés avant la cession à un porcelainier local, qui montra l'utilité du tungstène par la fabrication de limes et à qui une concession sera accordée au printemps 1863. Les quelques traçages réalisés s'avèrent stériles, les travaux sont de nouveaux abandonnés jusqu'en 1883.

La concession est alors rachetée par un industriel allemand qui exploitera de 1884 à 1886 avant vingt nouvelles années d'abandon.

La concession est rachetée en 1905 par Paul Girod, fondateur des aciéries d'Ugine (Savoie) et qui instaure une véritable exploitation industrielle. Le puits Girod est foncé jusqu'au huitième niveau (à 116 m) en 1910. Entre 1911 et 1916, la production cumulée est d'environ 935 tonnes de minerai à 73 % de WO<sub>3</sub>, mais la mine doit fermer faute de personnel en 1916.

La concession est amodiée en 1918 à la Société d'Études et de Recherches Minières du Centre (SERMC), qui reprend les travaux en 1919 jusqu'en 1920, pour une production cumulée de 15,3 tonnes de minerai marchand. Une expertise réalisée au début des années 1920 par

Joseph Mouchet permet de mettre en évidence la structure en cheminée du gisement ainsi que l'existence de la faille décalant la pipe et le panneau occidentale.

Les travaux ne reprendront qu'en 1937 à la suite de l'acquisition de la mine par Edgar Brandt en 1935. Le puits Girod est prolongé jusqu'au 13<sup>ème</sup> niveau (- 215 m), et une nouvelle laverie permet d'améliorer la production de minerai marchand. L'extraction perdurera tant bien que mal au cours de la seconde guerre mondiale. L'après-guerre correspond à un long déclin malgré les travaux du géologue Maurice Weppe mandaté par la S.A. des mines de Puy-les-Vignes pour découvrir de nouvelles ressources exploitables. Le puits Girod atteint alors le 15<sup>ème</sup> niveau à - 270 m. M. Weppe met en évidence la structure complexe de la pipe. A partir de 1953, l'exploitation du minerai en surface issu des tailings puis du minerai à vue permet de maintenir une activité déficitaire. La mine ferme définitivement en 1957 à la suite de la chute des cours et des haut coûts d'exploitation à -300 m, pour un minerai à des teneurs faibles de l'ordre de 0,3 %.

La production cumulée serait ainsi de l'ordre de 4000 tonnes de  $WO_3$  (Béziat & Coulomb, 1990) ce qui correspondrait à la deuxième production française, derrière Salau (12 415 t de  $WO_3$ ).

En 1971, Peñarroya reprend la concession et met en œuvre un programme de reconnaissance sur deux zones dans le but d'étudier la faisabilité d'une exploitation en mine à ciel ouvert des pipes (Féraudy, 1970) :

- la partie ouest de la pipe de Puy-les-Vignes par sondages percutants (1 000 m) et carottés (760 m) ;
- la pipe des Cailladoux par deux lignes de sondages percutants.

Les résultats de la prospection menée sur la pipe des Cailladoux ne sont pas disponibles.

### **3.6. RÉSERVES ENVISAGÉES SUR LE GÎTE DE PUY-LES-VIGNES**

Les réserves envisagées seraient de 192 000 tonnes pour la colonne est et de 194 000 tonnes pour la colonne ouest d'un minerai à 0,3 %  $WO_3$ . L'exploitation a montré que les teneurs en  $WO_3$  diminuaient en profondeur, avec des teneurs de l'ordre de 2 % en surface jusqu'à 0,3 % au 16<sup>ème</sup> niveau (côte -300 m).

Les travaux réalisés par Peñarroya sur la partie occidentale de la pipe semblent prometteurs, un sondage (F6) ayant mis en évidence une passe de 4 m de puissance à 3 %  $WO_3$ .

Par ailleurs, l'or aurait été décrit dans la pyrite de Puy-les-Vignes (Laval, 1985 ; Harlaux *et al.*, 2015b).

## 4. Données de l'inventaire minier : géochimie et prospection alluvionnaire

La région de Puy-les-Vignes a été couverte en prospection stratégique lors de l'inventaire de la feuille au 1/50 000 de Saint-Léonard-de-Noblat (689).

Les résultats principaux de la campagne alluvionnaire sont l'existence d'un axe à wolframite s'étendant de Laveyrat à Puy-les-Vignes et par une répartition en deux zones de la wolframite : au sud-ouest de Puy-les-Vignes, celle-ci est accompagnée de cassitérite alors que l'or y est associé dans la partie nord-est (Figure 10).

En prospection géochimique sur sédiments de ruisseaux (stream-sediments), l'arsenic est fortement présente sur toute la région de Puy-les-Vignes (Figure 11) et le tungstène montre des anomalies positives sur la région de Puy-les-Vignes, Laveyrat et à l'est de Moissannes (Figure 12 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). À noter que si l'on cartographie les points de géochimie montrant plus de 20 ppm de tungstène, une association nette se dessine avec la bordure du granite d'Auriat.

Le district est ainsi partiellement couvert par l'anomalie géochimique de classe 1 B-ANO-A1-13 – Puy-les-Vignes (Gloaguen et al., 2016 ; voir annexe 2).

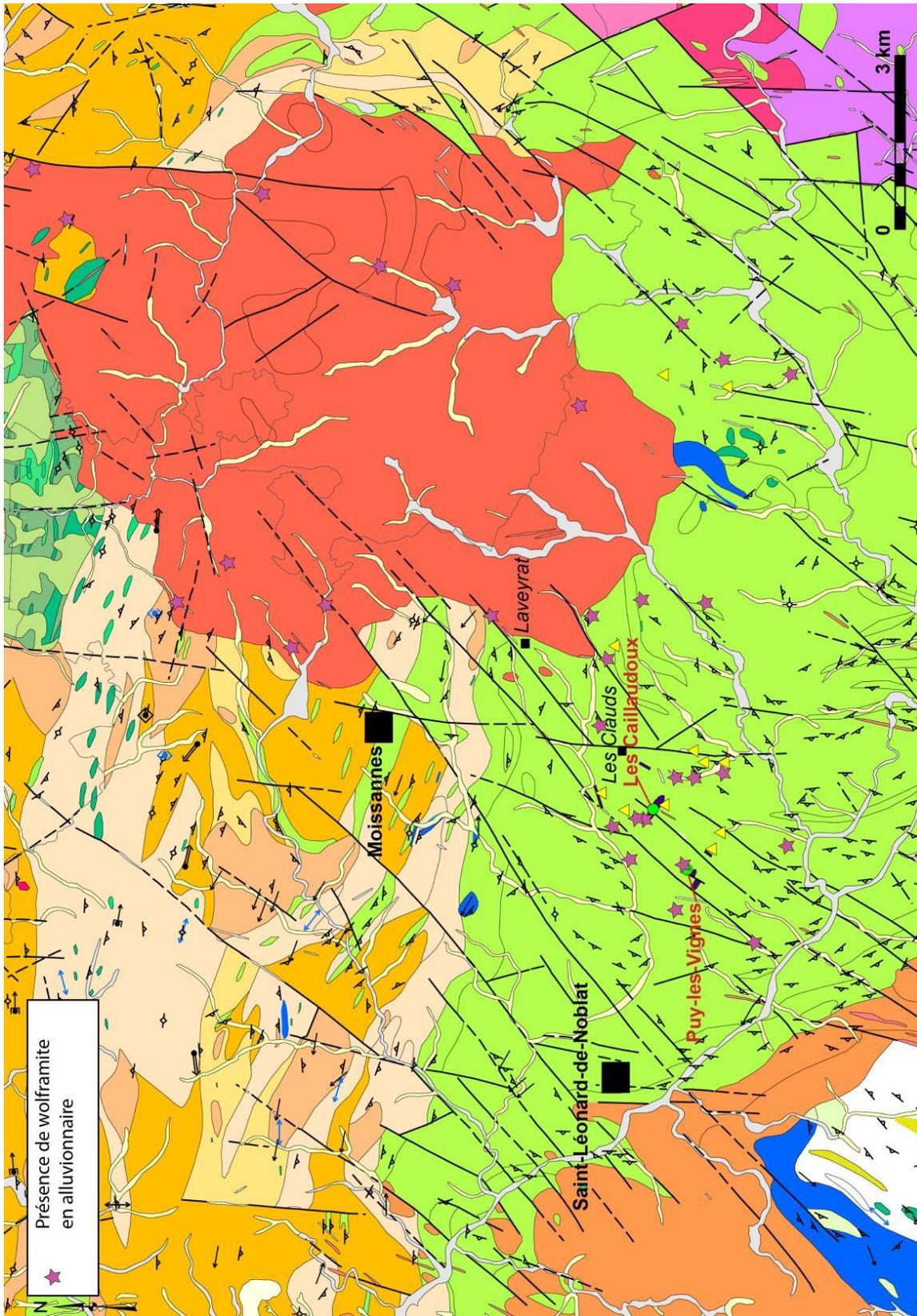


Figure 10 : Présence de wolframite en alluvionnaire.

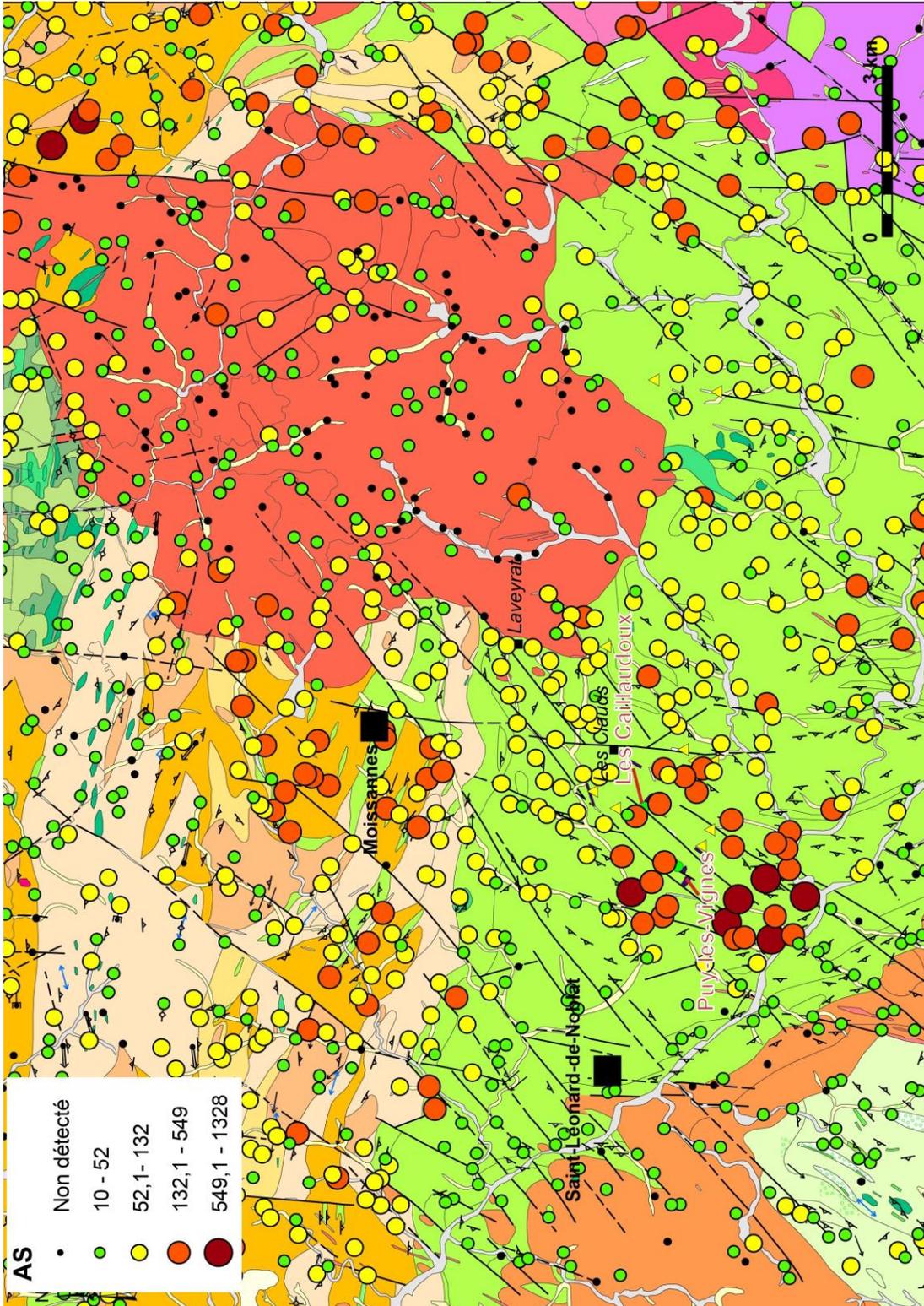


Figure 11 : Résultats de la prospection géochimique sur sédiments de ruisseaux pour l'Arsenic.

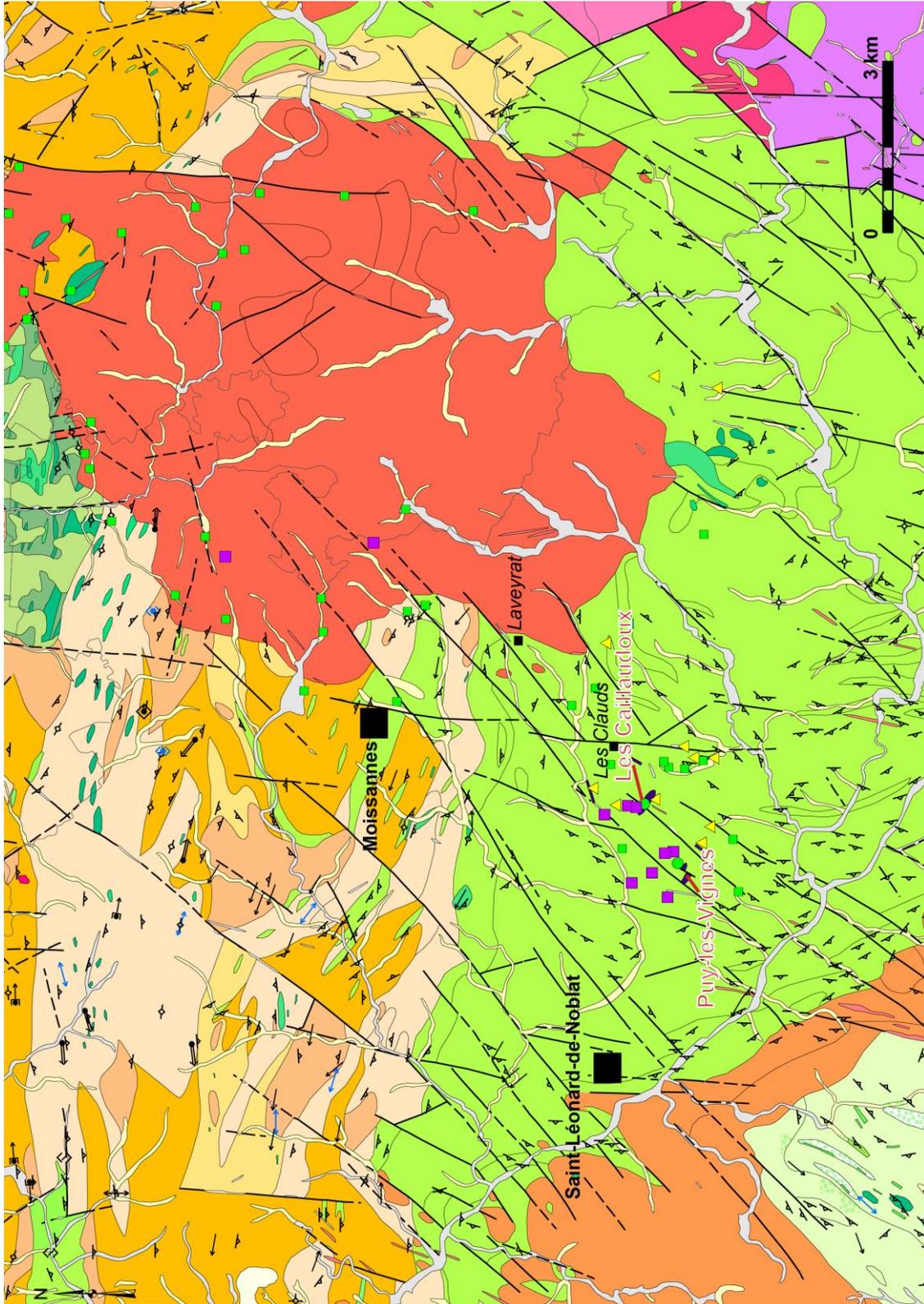


Figure 12 : Résultats de la prospection géochimique sur sédiments de ruisseaux pour le tungstène. Les carrés violet correspondent aux points de plus de 60 ppm, les verts à plus de 20 ppm.

## 5. Présentation et intégration des données géophysiques disponibles et exploitables

Il n'existe pas de données géophysiques très récentes sur le district de Puy-les-Vignes. Cependant, les données gravimétriques extraites de la Banque Gravimétrique de la France, gérée au BRGM, et aéromagnétiques du Limousin, acquises par le BRGM en 1999, peuvent être utilisées à large échelle.

Les données gravimétriques (Figure 13) montrent l'existence d'un axe léger d'orientation nord-est - sud-ouest depuis le granite d'Auriat et passant à l'aplomb du gisement de Puy-les-Vignes, qui pourrait signaler un prolongement du massif sous les gneiss migmatitiques de Saint-Léonard-de-Noblat. Cette hypothèse pourrait être confirmée par la présence des nombreux filons de leucogranite dans le secteur.

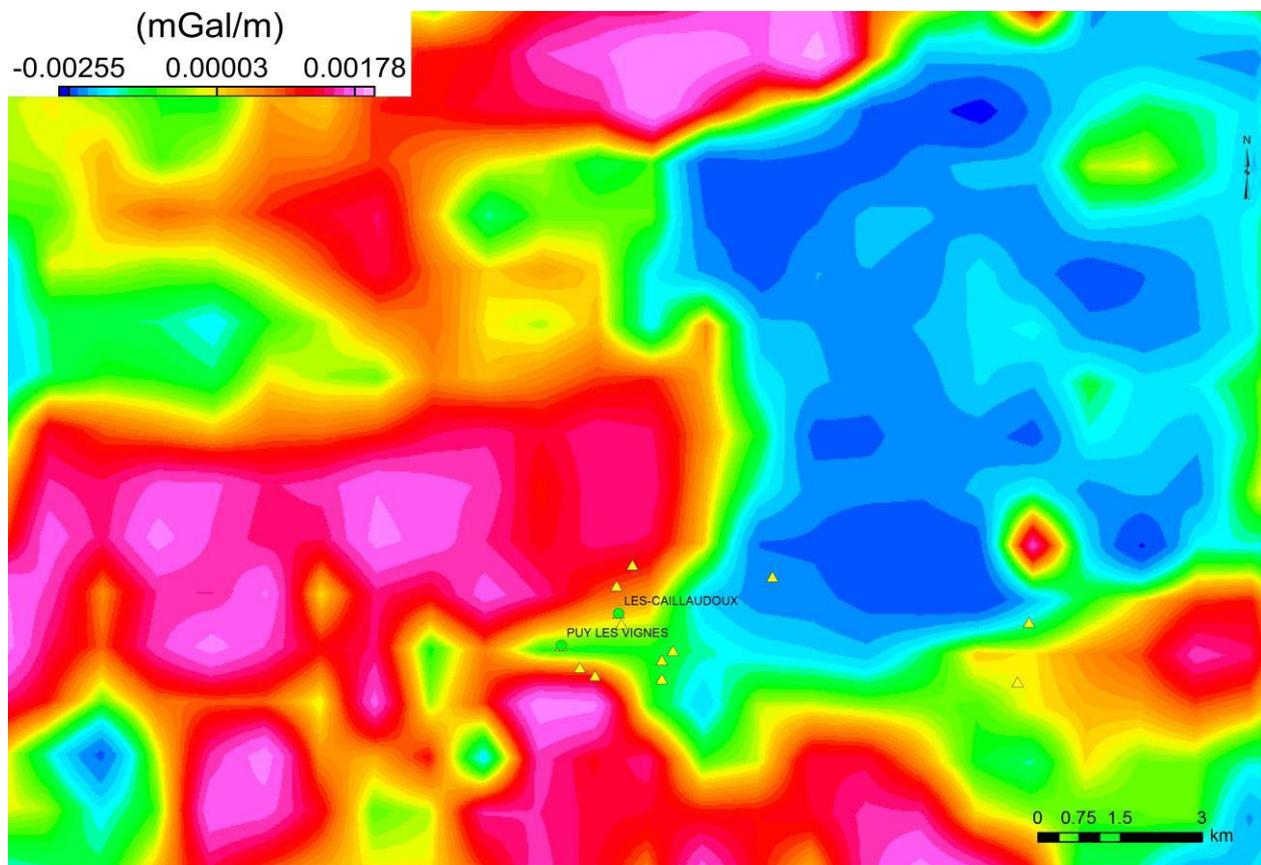


Figure 13 : Carte représentant le gradient vertical de l'anomalie gravimétrique de Bouguer.

Le magnétisme montre que le gisement de Puy-les-Vignes, le prospect des Caillaudoux et les indices voisins se localisent dans une zone marquée par un chapelet d'anomalies dipolaires plus ou moins concentriques s'alignant globalement le long d'une structure nord-est - sud-ouest (Figure 14).

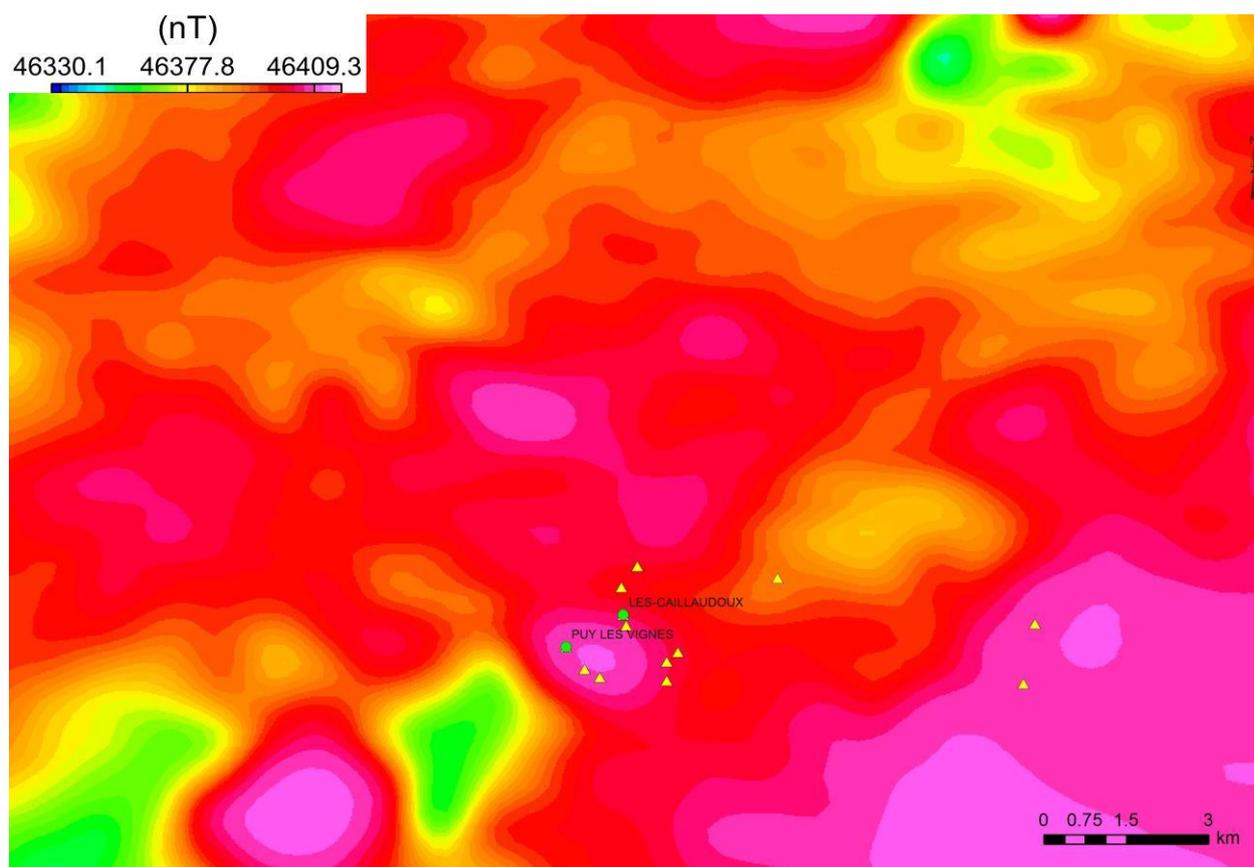


Figure 14 : Carte représentant la réduction au pôle des données magnétiques.

## 6. Études de favorabilité

Les résultats de favorabilité concernant le district de Puy-les-Vignes présentés dans ce chapitre sont tirés de l'étude réalisée en 2015 à l'échelle du Limousin (Melleton *et al.*, 2017). Nous invitons donc le lecteur à consulter le rapport correspondant pour un exposé détaillé des données et méthodes utilisées.

### 6.1. DONNÉES GÉOLOGIQUES DE BASE

Pour atteindre un niveau de détail suffisant pour réaliser cette étude, il a été nécessaire de produire une carte géologique spécifique par synthèse des cartes géologiques harmonisées départementales disponibles et des coupures au 1/50 000. L'objectif était de conserver un niveau de détail incluant de petits éléments comme les filons, tout en homogénéisant les descriptions des différentes plages de formations majeures du socle anté-mésozoïque. Pour réaliser cette opération, il a été généré un codage de type litho-stratigraphique adapté à la thématique de recherche de gîtes à tungstène. Ensuite, les contours des polygones constitutifs des cartes ont été regroupés selon leur nouveau codage synthétique (Figure 15, Tableau 2, 3).

### 6.2. LES TRAITEMENTS DE PRÉDICTIVITÉ

Au cours de ce travail, deux approches de prédictivité ont été utilisées. La méthode du « Weight of Evidence » (WofE, Bonham-Carter, 1994) est un outil communément mis en œuvre dans les études dédiées à l'exploration du potentiel minéral d'une région. La seconde méthode, dite « CBA » (Cell-Based Association, Tourlière *et al.*, 2015), actuellement en cours de développement au BRGM, a également été mise en œuvre. Les principes généraux des deux approches sont exposés dans Melleton *et al.* (2017). Dans le cas de l'étude réalisée à l'échelle du Limousin, le WofE s'est basé sur 111 indices à W. Les cellules de la CBA correspondent à des carrés de 3 000 m de côté. Seize gîtes ont été pris en compte pour l'application de cette méthode, dont ceux de Puy-les-Vignes et des Caillaudoux.

Granitoïdes	Filons	Roches métamorphiques	Formations sédimentaires et quaternaires
GDIO: Granodiorite GRAN : Granite LTNL : Lignée tonalitique du Limousin MZGR: Monzogranites UBAS: Ultra basites	FMCGR : Filon de microgranite FPEGM : Filon de pegmatite FQTZ : Filon de quartz	AMPH : Amphibolites GNEI: Gneiss LPAM : Complexe leptyno-amphibolique MCSH : Micaschistes MIGM: Migmatites ORTG: Orthogneiss	ALLU : Alluvions COLL : Colluvions

Tableau 2 : Extrait du codage lithologique utilisé pour l'étude de favorabilité à l'échelle régionale (modifié d'après Melleton *et al.*, 2017)

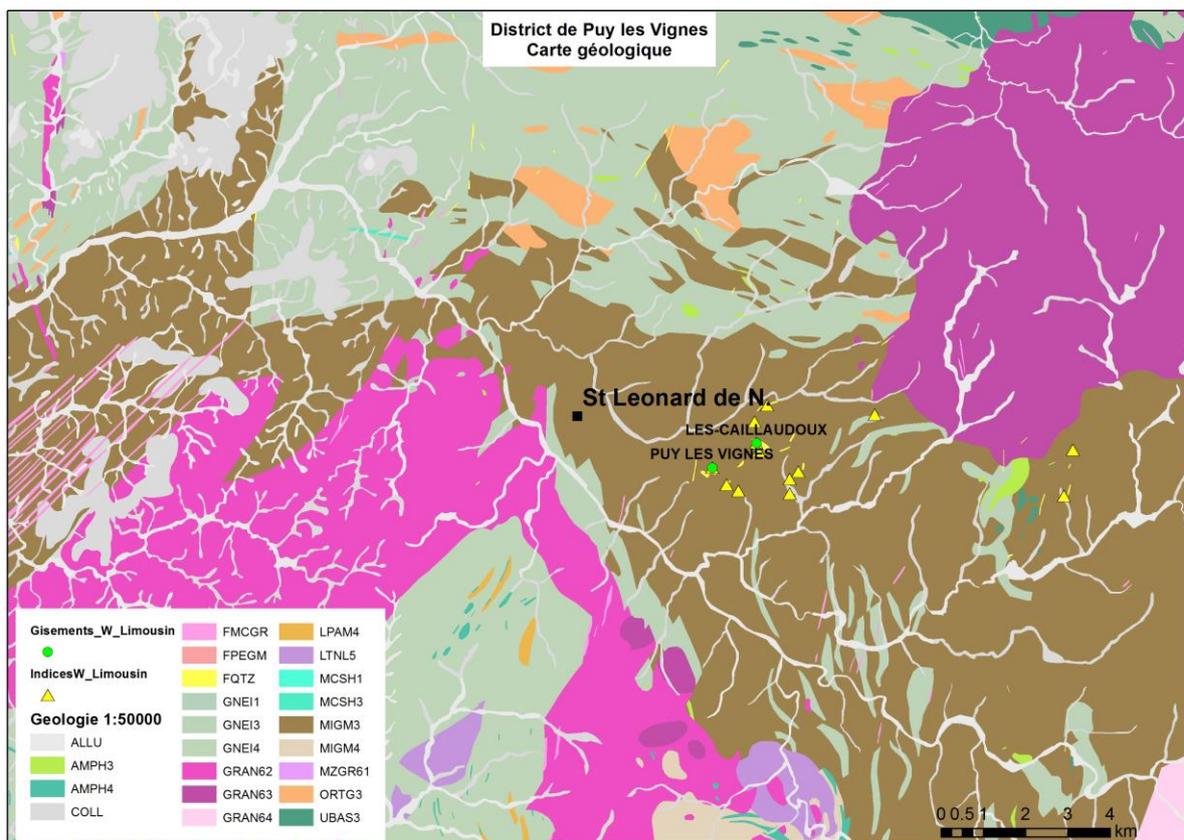


Figure 15 : Carte géologique obtenue par codage lithologique et stratigraphique et utilisée pour l'étude de favorabilité réalisée à l'échelle du Limousin (Melleton et al., 2017).

Voici la clé de lecture des codes stratigraphiques numériques :

- 5** : Dévonien
- 4** : USG (Unité Supérieure des Gneiss)
- 3** : UIG (Unité Inférieure des Gneiss)
- 2** : UTP (Unité de Thiviers-Payzac)
- 1** : UPM (Unité Parautochtone des Micaschistes)

Pour les granitoïdes carbonifères, quand cela était possible, l'âge de mise en place a été précisé avec le codage suivant :

- NW - Namurien Westphalien: 325-306Ma - **64**
- VN - Viséen Namurien ; 345-310Ma- **63**
- VS - Viséen: 345-326Ma - **62**
- DSUP-TV – Dévonien supérieur-Tournaisien: 385-325Ma – **61**

La mise en œuvre de la méthode WofE (Figure 16) n'apporte pas d'information significative, les formations lithologiques les plus favorables étant les filons de quartz et les deux pipes bréchiques. L'ensemble des gneiss migmatitiques encaissant affichent aussi un score très élevé.

Les approches CBA donnent des résultats plus satisfaisants (Figure 17) : en utilisant une classification ascendante hiérarchique (CAH), les zones proches du gisement de Puy-les-Vignes ainsi que de l'indice des Caillaudoux sont mises en évidence. Cependant, les indices les plus à l'est ne sont pas inclus dans ces zones.

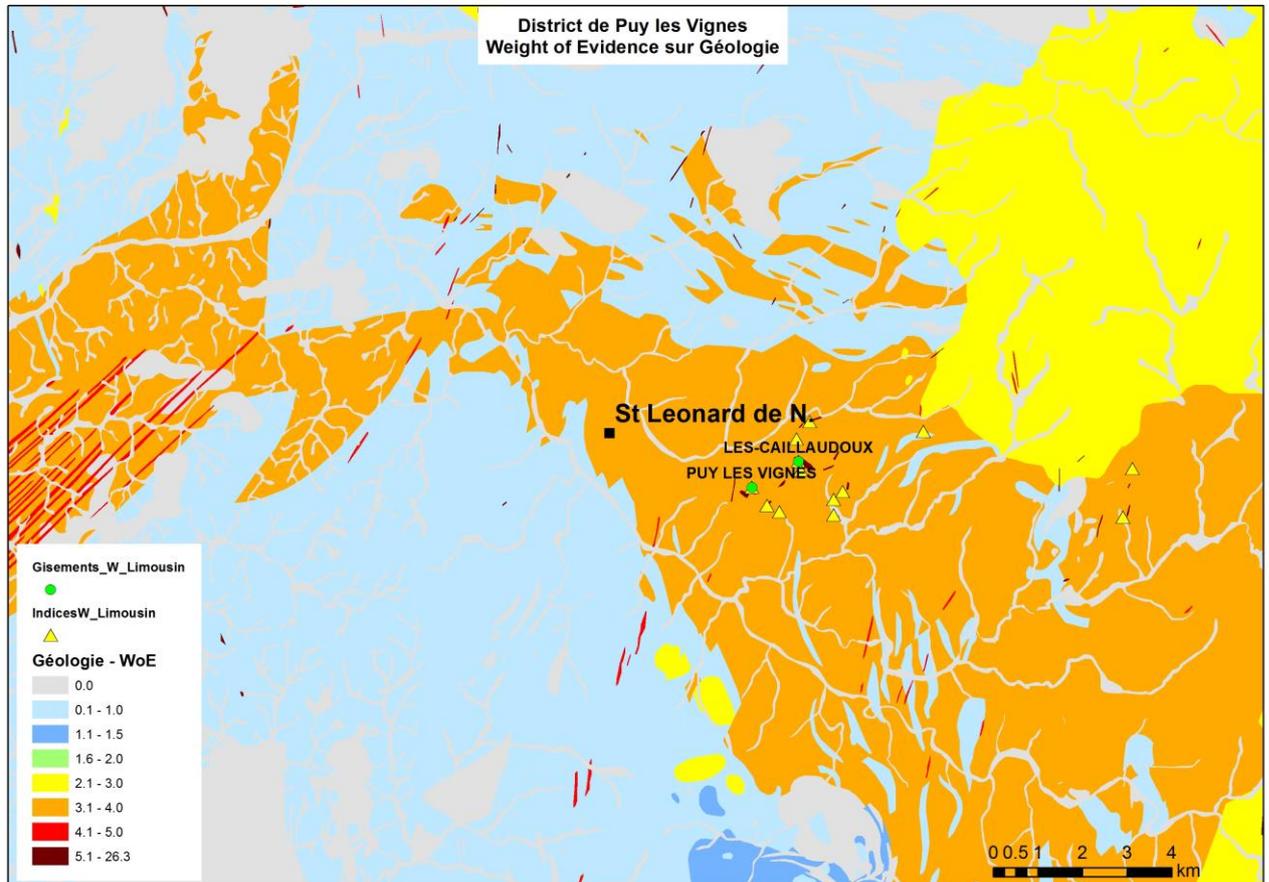


Figure 16 : Résultat de l'étude de favorabilité utilisant la méthode "Weight of Evidence" sur le secteur de Puy-les-Vignes.

L'approche par ranking met en évidence des cellules localisées à l'est de ces zones, qui pourraient présenter de nouvelles zones à fort potentiel en bordure du massif granitique d'Auriat (Figure 18).

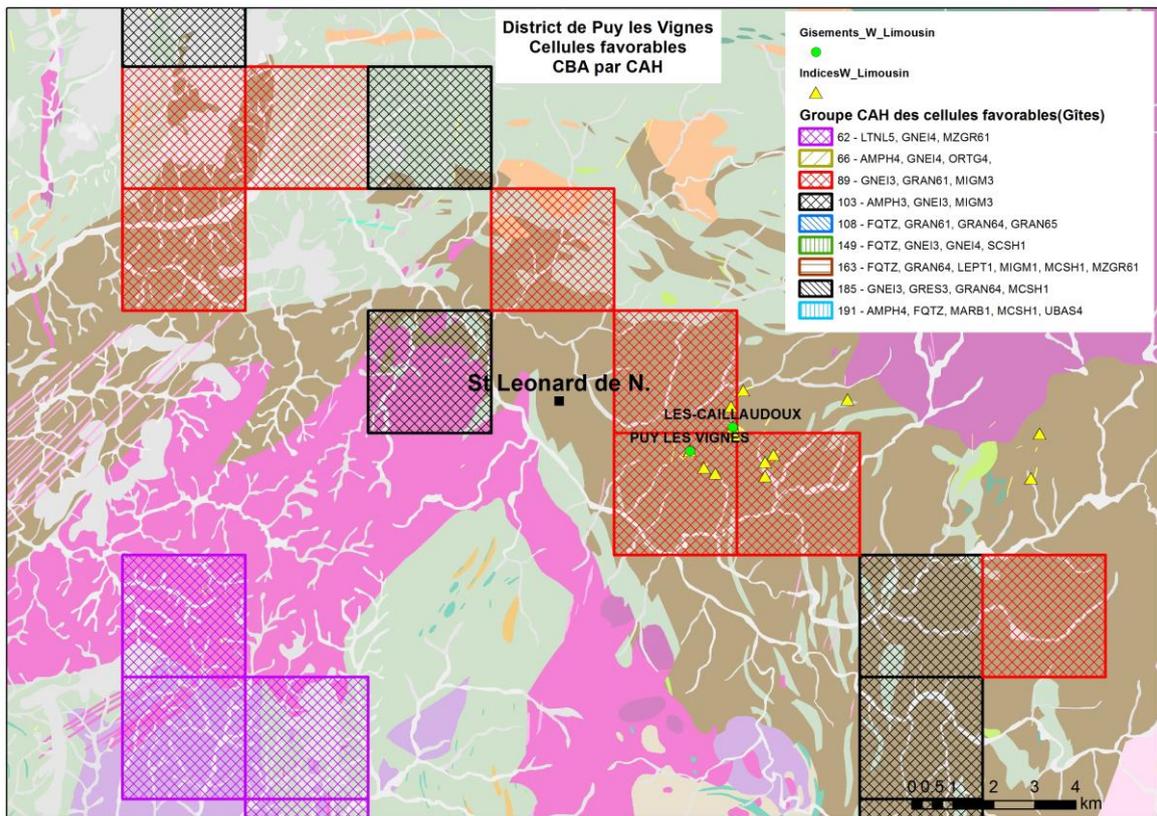


Figure 17 : Résultat de l'étude de favorabilité utilisant la méthode CBA par CAH (description de la méthode dans Melleton et al., 2017). Le groupe de cellule favorable correspondant au gisement de Puy-les-Vignes correspond au groupe 89, en hachuré rouge sur la carte.

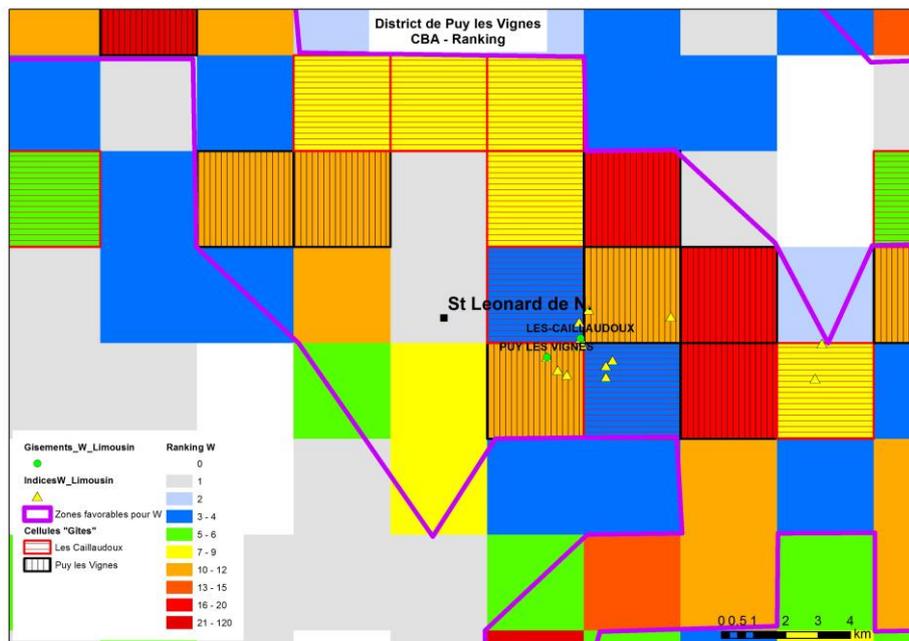


Figure 18 : Résultat de l'étude de favorabilité utilisant la méthode CBA par ranking (description de la méthode dans Melleton et al., 2017).

## 7. Conclusions - Potentiel du district

Une étude économique réalisée par Peñarroya pour justifier le rachat de la concession en 1970 envisage la rentabilité de la réouverture de la mine de Puy-les-Vignes et l'exploitation du minerai connu restant avec un cours supérieur à 30 US\$/kg de W (de Féraud, 1970). Cependant, les installations encore existantes pouvaient à l'époque laisser envisager un tel scénario. La nécessité actuelle d'une complète reconstruction des infrastructures minières ne permet pas d'envisager cette hypothèse.

La découverte de ressources supplémentaires est donc indispensable. Celles-ci semblent tout à fait probables, le gisement de Puy-les-Vignes n'étant pas fermé en profondeur et l'existence d'un grand nombre d'indices indiquent aussi que de nouvelles recherches pourraient permettre d'atteindre ce but.

Les résultats des travaux réalisés sur le prospect des Caillaudoux par Peñarroya n'étant pas disponibles, il est difficile d'en estimer le potentiel et nous pouvons donc considérer que celui-ci reste très ouvert, le gîte étant de taille assez importante pour pouvoir laisser présager un potentiel conséquent même à basse teneur de  $WO_3$ . Cependant, il semblerait que les archives correspondantes, qui avaient été localisées par Laval (1985) au siège de la Société des Kaolins de Beauvoir à Échassières (Allier), pourraient avoir été versées aux archives départementales de l'Allier (com. pers. Imerys). Des sondages ayant été effectués sur cette cible, l'étude de ces archives pourrait lever quelques interrogations.

Les autres indices connus sur le district n'ont été que très peu travaillés. Laval (1985) souligne aussi des possibilités de découvertes à l'est de Moissannes et dans le secteur de Laveyrat. Cette observation est aussi appuyée par les résultats de prédictivité qui suggèrent un fort potentiel dans cette zone à la bordure avec le massif granitique d'Auriat.

Une approche de favorabilité à échelle régionale souligne en effet le potentiel du district. La mise en œuvre d'une approche plus détaillée serait cependant nécessaire, bien que le faible niveau des connaissances et des données de terrain précises disponibles freine une telle démarche. Un premier travail pourrait aussi s'appuyer sur une étude plus poussée des contraintes structurales de formation du gisement de Puy-les-Vignes et des indices connus sur le district, à rapporter au contexte géologique régional. Les résultats pourraient ainsi amener à la définition de guide de prospection plus précis.

Les données géophysiques semblent démontrer l'existence d'une émanation du massif granitique d'Auriat qui pourrait être à l'origine de ces minéralisations. L'utilisation de méthodes géophysiques modernes à des échelles plus fines pourrait permettre la mise en évidence de nouvelles minéralisations.

Enfin, le potentiel aurifère de ces minéralisations mériterait d'être investigué.



## 8. Références bibliographiques

- Alikouss S. (1993) - Contribution à l'étude des fluides crustaux : approche analytique et expérimentale. Thèses INPL, Nancy, 225 p.
- Béziat P., Coulomb J.-J., avec la collaboration de Gentilhomme Ph. et de Gramont X. (1990) - Les gisements de tungstène en France. Situation 1990. Étude réalisée par le BRGM sous l'égide du Comité de l'Inventaire des ressources minières métropolitaines, 107 p.
- Bonham-Carter G.F. (1994) - Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS. Computer Methods in the Geosciences 13, Pergamon, New York, 398 p.
- Bouchot V., Ledru P., Lerouge C., Lescuyer J.-L., Milesi J.-P. (2005) - 5: Late Variscan mineralizing systems related to orogenic processes : The French Massif Central. Ore Geology Reviews, 27, 169-197.
- Cheilletz C., Archibald D.A., Cuney M., Charoy B. (1992) - Ages  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  du leucogranite à topaze-lépidolite de Beauvoir et des pegmatites sodolithiques de Chédeville (Nord du Massif Central, France). Signification pétrologique et géodynamique. C.R.Acad. Sc., Paris, 315, 329-336.
- Chevenoy M., Constans J.-E., Recoing M. (1984) - Notice de la carte géologique au 1/50 000 de Saint-Léonard-de-Noblat (689). BRGM, 42 p.
- Cuney M., Marignac C. (2014) - Le gisement de tungstène de Puy-les-Vignes : contexte géologique et métallogénique régional. Le Règne Minéral, 119, 17-28.
- Cuney M., Alexandrov P., Le Carlier C., Cheilletz A., Raimbault L., Ruffet G. (2002) – The Sn-W-Rare metals mineral deposits of the Western Variscan chain in their orogenic setting : the case of the Limousin area (French Massif Central). In Blundell D., Neubauer F., von Quadt A. (eds), The timing and location of major ore deposits in an evolving orogeny. Geological Society of London Special Publications, 206, 213-228.
- Dubuisson G., Mercier J.C., Girardeau J., Frison, J.Y., 1989. Evidence for a lost ocean in Variscan terranes of the Western Massif Central, France. Nature, 337, 729-732.
- Duthou J.-L. (1978) - Les granitoïdes du Haut Limousin (Massif Central français) chronologie Rb/Sr de leur mise en place ; le thermo-métamorphisme carbonifère. Bulletin de la Société Géologique de France, 20, 229-235.
- Faure M., Bé Mézème E., Duguet M., Cartier C., Talbot J.-Y. (2005) - Paleozoic tectonic evolution of medio-Europa from the example of the French Massif Central and Massif Armoricain. Journal of Virtual Explorer, 19, paper 5.
- Féraudy (de) J. (1970) – Le gisement de Puy-les-Vignes. Intérêts d'acquérir la concession. Doc. Pennaroya, 12 p.
- Floc'h J.P. (1983) - La série métamorphique du Limousin central. Thèse, Université de Limoges, 455 p.

Gebauer H., Bernard-Griffiths J., Gnüenfelder M. (1981) - U/Pb zircon and monazite dating of mafic-ultramafic complex and its country rocks. Exemple: Sauviat-sur-Vige, French Massif Central. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 76, 292-300.

Gloaguen E., Melleton J., Tourlière B. (2016) – Consolidation des anomalies géochimiques et géophysiques (Massif Central et Massif Armoricaïn). Rapport final. BRGM/RP-65529-FR, 283 p, 19 fig., 8 tabl., CD-ROM.

Harlaux, M., Marignac, C., Cuney, M. & Mercadier, J. (2015a) The Puy-les-Vignes breccia pipe (Massif Central, France): a unique occurrence of polymetallic W-Nb±Ta-HREE-Bi-Cu-As±Au-Ag mineralization in the Variscan belt. *Proceedings of the 13th Biennial SGA Meeting*, 24–27 August 2015, Nancy, France.

Harlaux M., Marignac C., Cuney M., Mercadier J., Magott R., Mouthier B. (2015b) – Nb-Ti-YHREE-W-U oxide minerals with uncommon compositions associated with the tungsten mineralization in the Puy-les-Vignes deposit (Massif Central, France): evidence for rare-metal mobilization by late hydrothermal fluids with peralkaline signature. *The Canadian Mineralogist*, 53, 653-672.

Harlaux M., Romer R.L., Mercadier J., Morlot C., Marignac C., Cuney M., 2017. 40 Ma years of hydrothermal W mineralization during the Variscan orogenic evolution of the French Massif Central revealed by U-Pb dating of wolframite. *Mineralium Deposita*, DOI 10.1007/s00126-017-0721-0.

Lardeaux J.M., Ledru P., Daniel I., Duchene S. (2001) - The Variscan French Massif Central - a new addition to the ultrahigh pressure metamorphic "club ": exhumation processes and geodynamic consequences. *Tectonophysics*, 323, 143-167.

Laval M. (1985) – Synthèse sur la mine de tungstène de Puy-les-Vignes. BRGM, Département des gîtes minéraux, Service Gîtologique, note n°1214, 14 P. + annexes.

Ledru P., Lardeaux J.-M., Santallier D., Autran A., Quenardel J.-M., Floc'h J.-P., Lerouge G., Maillet N., Marchand J., Ploquin A. (1989) - Où sont les nappes dans le massif central français ? *Bulletin Société Géologique de France*, 5, 605-618.

Matte P., 1991. Accretionary history and crustal evolution of the Variscan belt in Western Europe. *Tectonophysics*, 196, 309-339.

Melleton J. (2008) - Modalités du recyclage de la croûte continentale dans l'orogène varisque par traçage in situ des zircons hérités (mesures U-Pb/LA-ICP-MS). Thèse Université d'Orléans, 261 p.

Melleton J., Gloaguen E, Frei D. (2015) - Rare-Elements (Li-Be-Ta-Sn-Nb) magmatism in the European Variscan Belt, a Review. 13<sup>th</sup> SGA Biennial meeting, *Proceedings*, vol. 2., 807-810.

Melleton J., Tourlière B., Angel J.M., Gloaguen E. (2017) - Revalorisation du potentiel minier français. Méthodes prédictives appliquées à la province à tungstène du Limousin (Massif Central). Rapport final. BRGM/RP-65729-FR, 70 p., 32 fig., 11 tabl., 2 ann.

Mouchet J. (1923) - Note sur la mine de wolfram de Puy-les-Vignes à Saint-Léonard (Haute-Vienne). *Archives de CSSL*, 1 fig. 24 p.

- Mouthier B. (2005) - La mine de tungstène de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne). Connaissance et sauvegarde de Saint-Léonard, 238 p.
- Mouthier B. (2014) - Histoire de la mine de Puy-les-Vignes, Saint-Léonard-de-Noblat, Haute-Vienne. *Le Règne Minéral*, 119, 7-16.
- Parneix J.C., Petit J.C. (1991) - Hydrothermal alteration of an old geothermal system in the Auriat granite (Massif Central, France): Petrological study and modelling. *Chemical Geology*, 89, 329-351.
- Roig J.Y. (1997) - Évolution tectono-métamorphique d'un segment de la chaîne hercynienne. Rôle du plutonisme dans la caractérisation des tectoniques du Sud-Limousin (Massif Central français). Thèse, Université d'Orléans, Orléans, 287 pp.
- Rolin P., Marquer D., Cartannaz C., Rossi P. (2014).- Carboniferous magmatism related to progressive pull-apart opening in the western French Massif Central. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 185, 171-189.
- Rossi P. & Pin C. (2008) - Les magmatismes paléozoïques. *Géochronique*, 105, 53-56.
- Santallier D. (1981) - Les roches métamorphiques du Bas-Limousin, Massif Central (France). Thèse d'Etat, Orléans, 340 p.
- Simmons S.F., Sawkins J. (1983) - Mineralogic and fluid inclusion studies of the Washington Cu-Mo-W bearing breccia pipe, Sonora, Mexico. *Economic Geology*, 78, 521-526.
- Tourlière B., Pakyuz-Charrier E., Cassard D., Gumiaux C. (2015) - Cell Based Associations: A procedure for considering scarce and mixed mineral occurrences in predictive mapping. *Computers & Geosciences*, 78, 53-62.
- Weppe M. (1951) - Contribution à l'étude des gîtes de tungstène français Puy-Les-Vignes (Haute-Vienne), La Chataigneraie (Cantal). Thèse, université de Nancy, 207 p.
- Weppe M. (1954) - Programme complémentaire de travaux de recherche de wolfram dans la région de Puy-les-Vignes. Note/54-RDM-FE, 45 p.
- Weppe M. (1958) - Contribution à la géologie minière et à la minéralogie minière les gisements de wolfram de Leucamp, Puy-les-Vignes, Montbelleux. Nancy, 196 p.
- Werner A.B.T., Sinclair W.D., Amey E.B. (2014) - International strategic mineral issues summary report—Tungsten. U.S. Geological Survey Circular 930–O, 74 p..
- Yang K., Bodnar R.J. (2004) - Orthomagmatic origin for the lilwang Cu-W breccia-pipe deposit, southeastern Kyongsang Basin, South Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24, 259-270.



## **Annexe 1**

# **Fiche descriptive de la cible minière de Puy-les-Vignes (Action 2.1 de la convention DEB-BRGM)**





# Réexamen et valorisation du patrimoine minier métropolitain



## Fiche de sujet minier

**Nom :** Puy-les-Vignes

**Identifiant <sup>(1)</sup> :** FRA-00061

**Région :** Limousin

**Département :** Haute-Vienne (87)

**Coordonnées <sup>(2)</sup> :** Long. = 1,5310° Lat. = 45,8263°

**Dernière mise à jour :** Décembre 2013



**Substance(s) principale(s) <sup>(3)</sup> :** W, Sn

**Historique du titre minier :** Concession minière historique instituée le 25/04/1863

**Statut actuel du titre minier <sup>(4)</sup> :** Non libre (péremption au 31/12/2018)

### Contexte géologique sommaire :

Le gisement se présente sous la forme d'une "cheminée" bréchique, de la forme d'une ellipse de 340 x 80 m. Cette structure verticale recoupe l'unité de Saint-Léonard-de-Noblat, constituée essentiellement de gneiss à sillimanite, orthose et muscovite pouvant aller localement jusqu'à l'anatexie.

### Typologie du gisement :

Filons et stockwercks ("greisen") granitiques et péri-granitiques

**Dates d'exploitation :** Oui. Concession accordée en 1863. Exploitation jusqu'en 1957, avec une interruption entre 1920 et 1938.

**Criticité des substances <sup>(5)</sup> :** W critique (COMES - UE)

**Tonnages exploités – ressources et teneurs :** 4000 t WO<sub>3</sub>. Réserves estimées sont d'au moins 386 000 t à 0,3 % WO<sub>3</sub> soit 1158 t W<sub>03</sub>

**Potentialités en métaux rares :** In, Sc ?

**Existence d'une filière de transformation <sup>(6)</sup> :** Filière française incomplète (notamment amont) et européenne complète pour W.

### Origine de la découverte <sup>(7)</sup> :

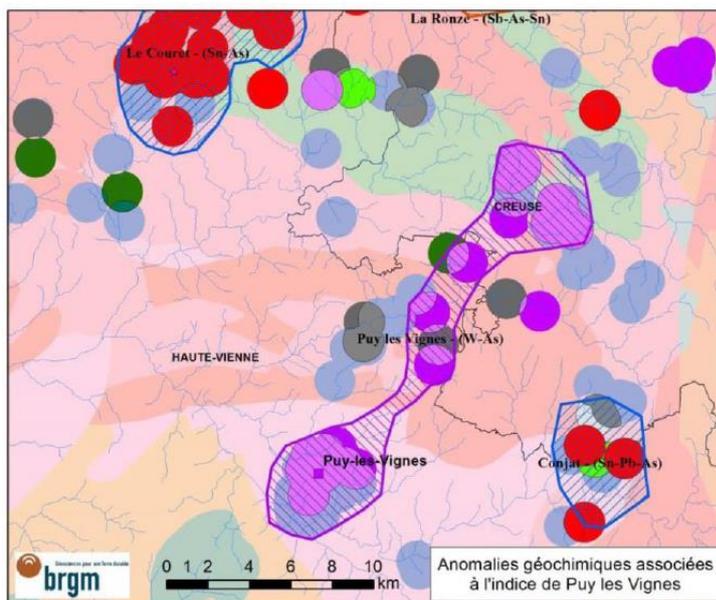
Occurrence connue depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Découverte du gisement au XIX<sup>e</sup> siècle après des recherches pour étain.

### Degré de connaissance : 3

- **Prospection géochimique régionale :** Inventaire BRGM
- **Prospection géophysique régionale :** Localement : Gravimétrie et test électromagnétique
- **Sondages percutants et/ou carottés :** Un grand nombre. Au moins 760 m carottés et 1000 m de percutant
- **Tranchées, tarières, travaux miniers (TMS) :** Un grand nombre de tranchés. Notamment dans le secteur des Clauds
- **Tests minéralurgiques :** Concentration par gravité, Scheiding.

### Potentiel de développement <sup>(8)</sup> :

Partie occidentale du gisement très peu connue et à fort potentiel. Second pipe localisé au lieu-dit les Caillaudoux. Plusieurs anomalies géochimiques similaires dans la région (E de Moissanes et à Laveyrat). Or signalé dans pyrite.



**Enjeux environnementaux :**

Non

**Contraintes liées à l'urbanisation :**

Zone rurale, présence de batiments d'habitation et agricoles

**Documentation disponible <sup>(9)</sup> :**

Laval, M. (1985). Synthèse sur la mine de tungstène de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne). BRGM, Note DAM/-GMX-1214.. Weppe, M. (1951). Contribution à l'étude des gîtes de tungstène français de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne, La Châtaigneraie (Cantal). Thèse de doctorat, Université de Nancy, 207 pp.

**Réévaluation de la priorité initiale <sup>(10)</sup> :**

Priorité initiale  
2



Priorité réévaluée  
2+

<sup>(1)</sup> – Dans la base de données SIG Mines France (<http://sigminesfrance.brgm.fr>)

<sup>(2)</sup> – Degrés décimaux (WGS84)

<sup>(3)</sup> – Classées par ordre d'importance décroissant

<sup>(4)</sup> – D'après DGALN/DEB/BRM

<sup>(5)</sup> – Sur la base des travaux du COMES et de l'UE

<sup>(6)</sup> – Française, complète ou incomplète, européenne

<sup>(7)</sup> – Anomalie géochimique/géophysique, prospection marteau, ...

<sup>(8)</sup> – Estimation basée notamment sur la réinterprétation de la géochimie de l'Inventaire

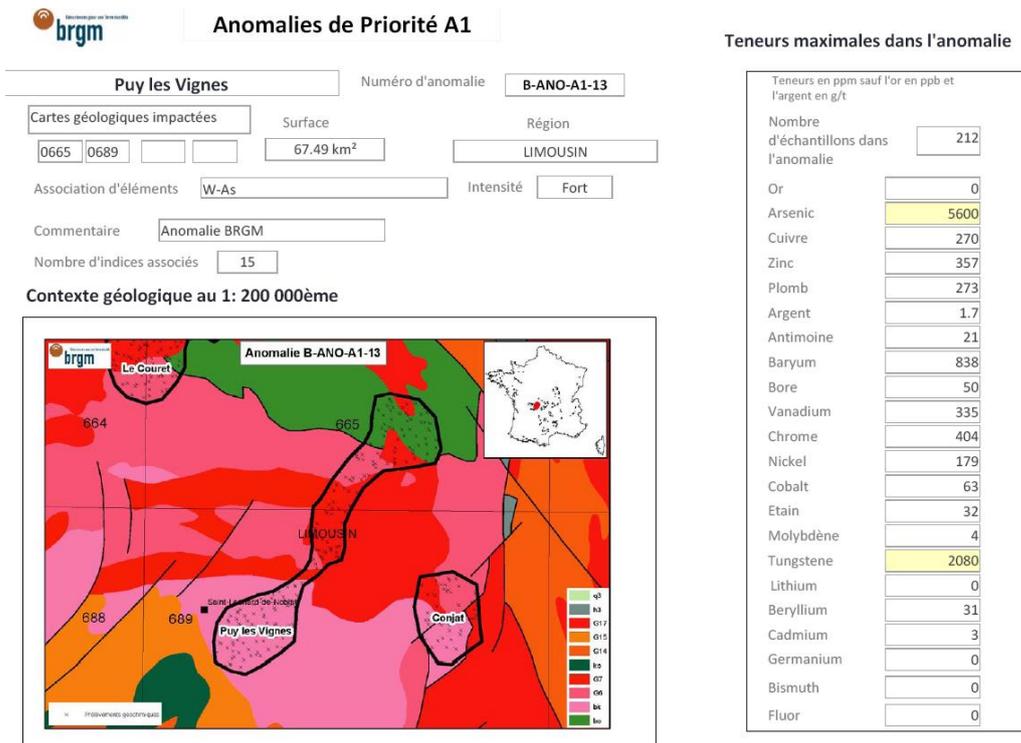
<sup>(9)</sup> – Accessible au public

<sup>(10)</sup> – D'après le rapport BRGM/RP-61745-FR, sur une échelle à 3 niveaux

## Annexe 2

# Fiches descriptives des anomalies géochimiques issues de l'Inventaire Minier (Action 2.2 de la convention DEB-BRGM)

B-ANO-A1-13 – Puy les Vignes



Cette anomalie à W-As est située en bordure ouest du leucogranite d'Auriat et recouvrant des gneiss anatectiques au sud et une partie du massif d'éclogites de Sauviat puis des gneiss et des micaschistes au nord.

Les plus fortes teneurs en W et As sont localisées dans les gneiss anatectiques. Les quelques teneurs en étain sont faibles (< 50 ppm). Le massif d'éclogites se marque par quelques teneurs en Cr supérieures à 200ppm.

En alluvionnaire, la scheelite est plus abondante au nord alors que la wolframite est surtout présente au sud comme l'or. La cassitérite est présente en faible quantité mais ubiquiste dans les deux parties de l'anomalie.

De nombreux indices à Sn-W (dont celui de Puy les Vignes au sud) sont présents dans le périmètre de l'anomalie.

Cette anomalie classée 2 est surtout intéressante dans sa partie sud.



**Centre scientifique et technique**  
**Direction des Géoressources**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)