

# Etudes complémentaires suite au débat public

# Rapports

nice gènes toulon lyon marseille barcelone paris aix-en-provence turin londres bordeaux bruxelles



lille nice madrid montpellier cannes strasbourg amsterdam frejus toulon st-raph

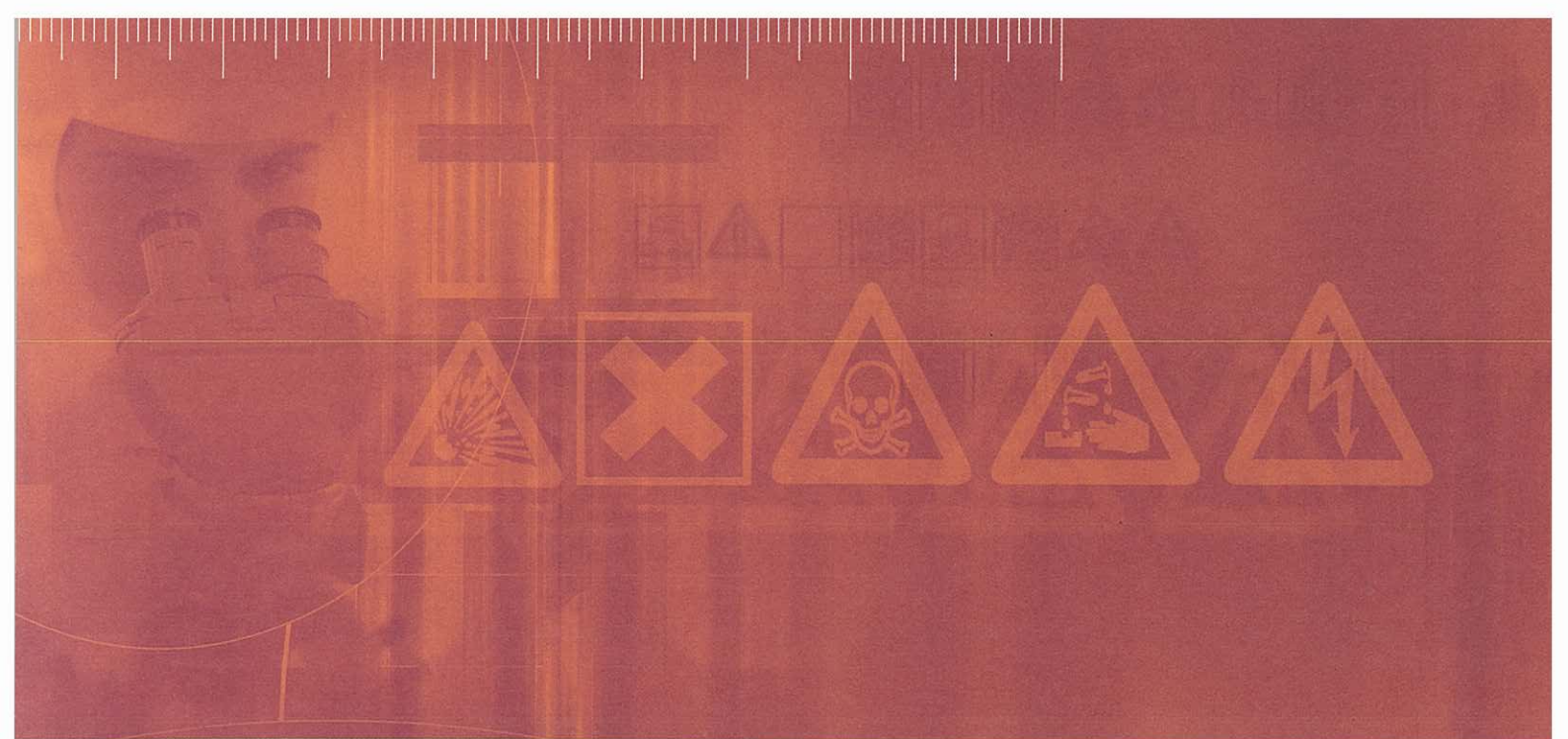


## Contraintes liées aux anciennes industries extractives souterraine en PACA

Juin 2008







RAPPORT D'ÉTUDE  
DRS-08-95689-02855A

09/04/2008

**Contraintes liées aux anciennes industries  
extractives souterraines en PACA**

**INERIS**

*maîtriser le risque |  
pour un développement durable*

# **Contraintes liées aux anciennes industries extractives souterraines en PACA**

**Direction des Risques du Sol et du Sous-sol**

**Réseau Ferré de France**



## PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

|                | <b>Rédaction</b>  | <b>Vérification</b>  | <b>Approbation</b>                          |
|----------------|---|--|---|
| <b>NOM</b>     | Laurent CAUVIN  | Xavier DAUPLEY   | Mehdi GHOREYCHI                             |
| <b>Qualité</b> | Ingénieur à l'Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol | Responsable de l'Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du sous-sol | Directeur des Risques du Sol et du Sous-Sol |
| <b>Visa</b>    |   |  |   |



## TABLE DES MATIERES

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. TRAVAUX REALISES ET DEMARCHE ADOPTEE .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1 Documents consultés .....  | 7         |
| 2.2 précisions sur la cartographie .....   | 7         |
| 2.2.1 Système d'information géographique .....   | 7         |
| 2.2.2 Incertitudes de localisation .....   | 7         |
| <b>3. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE .....</b>  | <b>9</b>  |
| 3.1 Géographie .....   | 9         |
| <b>4. RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS ET DEFINITIONS .....</b>                                      | <b>9</b>  |
| 4.1 Phénomènes de « mouvements de terrain » redoutés sur les anciennes mines ou carrières..... | 9         |
| 4.2 Notion d'aléa et de risque.....  | 11        |
| <b>5. LES CARRIERES SOUTERRAINES EN PACA .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>6. PRESENTATION GENERALE DES BASSINS MINIERES DE LA REGION ...</b>                          | <b>13</b> |
| 6.1 Les bassins de charbon et lignite .....  | 14        |
| 6.2 Les gisements de bauxite.....  | 15        |
| 6.3 Les mines métalliques et de métalloïdes.....   | 16        |
| 6.4 titres miniers contenus dans le secteur d'étude .....                                      | 17        |
| 6.5 Cas particulier du secteur de Gardanne.....  | 18        |
| 6.5.1 Situation géographique du bassin de Provence (gardanne).....                             | 18        |
| 6.5.2 Le gisement houiller.....  | 19        |
| 6.6 Méthodes d'exploitation à Gardanne.....  | 19        |
| <b>7. METHODOLOGIE RETENUE POUR L'EVALUATION RAPIDE DES ALEAS EN REGION PACA.....</b>          | <b>20</b> |
| 7.1 méthode générale d'évaluation d'un aléa.....   | 20        |
| 7.2 aléa de référence .....  | 21        |
| 7.2.1 Application à la région PACA.....  | 22        |
| 7.2.1.1 Les mines métalliques et de métalloïdes.....   | 22        |
| 7.2.1.2 Les gisements de bauxite.....  | 22        |
| 7.2.1.3 Les bassins de charbon et lignite .....  | 22        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>8. CONCLUSIONS .....</b>                 | <b>25</b> |
| <b>9. LISTE DES CARTES ET ANNEXES .....</b> | <b>27</b> |



## **1. INTRODUCTION**

Le sous-sol de la région Provence- Alpes – Cote d’azur a été exploité par le passé sous forme de carrières ou de mines plus ou moins importantes. Afin d’optimiser l’implantation de ces projets futurs, Réseau Ferré de France (RFF) souhaite disposer d’un état des lieux des contraintes liées aux anciennes industries extractives existant dans cette région.

L’analyse s’est déroulée en 3 phases :

### **Phase 1 :**

Synthèse et analyse des données disponibles provenant d’études antérieures et mises en forme de cartes de présentation. Cette cartographie présente de manière globale à l’échelle de 1/25 000ème :

- les zones sans contrainte particulière (compte tenu des données existantes à la date de réalisation de la prestation) ;
- les zones susceptibles d’être atteintes par des phénomènes de types effondrements localisés ou généralisés (mouvements brutaux) ;
- les zones susceptibles d’être soumises à des mouvements de type affaissement (mouvements lents). Une étude à cette échelle ne permettra pas d’en évaluer l’amplitude.

L’étude a été réalisée à partir des données propres à l’INERIS ou auxquelles l’INERIS a reçu l’autorisation d’accès. Aucune recherche spécifique supplémentaire n’a été faite dans le cadre de cette étude.

### **Phase 2 :**

Rédaction d’un rapport de synthèse des différentes contraintes cartographiées comprenant la méthodologie prise en compte pour le zonage, un historique des exploitations, leur description rapide (méthode d’exploitation, profondeur) et l’origine des données utilisées.

### **Phase 3 :**

- une réunion de présentation des résultats le 6 mars 2008 à Marseille dans les locaux de RFF.

Le présent rapport ne traite que la problématique des mouvements de terrain lié à la présence de cavités souterraines. Les anciennes exploitations minières peuvent aussi avoir un impact lié aux éventuels dégagements de gaz de mines (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, CO<sub>2</sub>...). Cette problématique devra être prise en compte lors de la réalisation de forages ou sondages qui pourraient mettre en communication des vides souterrains contenant une atmosphère toxique viciée avec l’air libre.



## **2. TRAVAUX REALISES ET DEMARCHE ADOPTEE**

### **2.1 DOCUMENTS CONSULTES**

Le présent rapport s'appuie sur la connaissance et l'expertise propre de l'INERIS dans ce domaine sur les anciennes exploitations souterraines en région PACA. Il repose aussi sur les informations contenues dans le Dossier d'Arrêt Définitif des Travaux (DADT) déposé par Charbonnage de France (CdF) et les données sur le scanning des titres miniers mis à disposition par GEODERIS (structure d'expertise sur l'après mines des DRIRE).

### **2.2 PRECISIONS SUR LA CARTOGRAPHIE**

#### **2.2.1 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE**

Les éléments reportés sur les cartes informatives sont disponibles sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) sous Mapinfo 9.0, au système de coordonnées Lambert II Carto, composé des couches cartographiques suivantes :

- SCAN 25 de l'IGN mis à disposition par RFF ;
- les limites des communes ;
- les limites des concessions et titres miniers mis à disposition par GEODERIS ;
- les emprises des travaux issues du DADT de CdF pour Gardanne ainsi que par GEODERIS pour toutes les autres concessions ;
- les différents zonages proposés à l'issue de cette étude.

Les données vectorisées ont été converties au format DWG pour Autocad 2000.

#### **2.2.2 INCERTITUDES DE LOCALISATION**

L'emprise des travaux souterrains issus des données Charbonnages de France (secteur de Gardanne) est issue de plans digitalisés sous Autocad. Ces données sont généralement bien localisées. Une incertitude de positionnement de l'ordre de 1 m peut être considérée pour ce secteur.

L'emprise des travaux issue des bases de données GEODERIS a été positionnée lors de la réalisation du Scanning des titres miniers. La procédure mise en œuvre alors ne prévoyait pas de positionner les travaux à moins de 10 m près.

L'incertitude de positionnement de ces travaux est de l'ordre de 25 m.





### 3. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

#### 3.1 GEOGRAPHIE

Le secteur concerné par l'évaluation des contraintes minières est la partie sud de la région PACA (figure 1).



Figure 1 : carte générale

### 4. RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS ET DEFINITIONS

#### 4.1 PHENOMENES DE « MOUVEMENTS DE TERRAIN » REDOUTES SUR LES ANCIENNES MINES OU CARRIERES

L'étude se focalise sur les phénomènes de mouvement de terrain dont l'origine se trouve au sein des travaux souterrains liés à l'exploitation. Nous faisons ici une description succincte de ces phénomènes et proposons de consulter le guide méthodologique PPRM<sup>1</sup> pour plus de précision.

L'**effondrement dit « localisé »**, généralement appelé « fontis », correspond à l'apparition en surface d'un cratère de faible extension (ordre de grandeur du mètre à la dizaine de mètres) dont le diamètre et la profondeur influent sur la dangerosité du phénomène. Plusieurs mécanismes peuvent conduire à de tels désordres : l'éboulement de chantiers souterrains ou galeries peu profonds, la rupture d'un point particulier de l'édifice minier (pilier, couronne), la rupture de la tête ou le débouillage des remblais d'un puits ou d'une descenderie. Ces événements sont soudains, sans signe précurseur en surface, même si l'évolution

---

<sup>1</sup> L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Contribution de divers organismes (INERIS, BRGM, GEODERIS, ENSMP, IRSN, CSTB) sous la direction de l'INERIS. Rapport INERIS DRS-06-51198/R01, 4 mai 2006

ou la dégradation des travaux souterrains sont des phénomènes généralement lents.



*Photographie 1 : exemples d'effondrements localisés*

L'**affaissement** est un réajustement des terrains de surface induit par la rupture de quartiers miniers souterrains. Les désordres en surface, généralement lents et progressifs, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, sans rupture cassante importante. Ces phénomènes sont limités dans le temps (quelques années) lorsqu'ils sont volontairement provoqués par la méthode d'exploitation (dite « totale » dans ce cas). En revanche, les désordres peuvent se produire plusieurs années ou décennies après la fermeture des mines lorsque l'exploitation est « partielle » (présence de piliers ou de massifs de maintien de l'édifice souterrain qui peuvent se dégrader avec le temps).

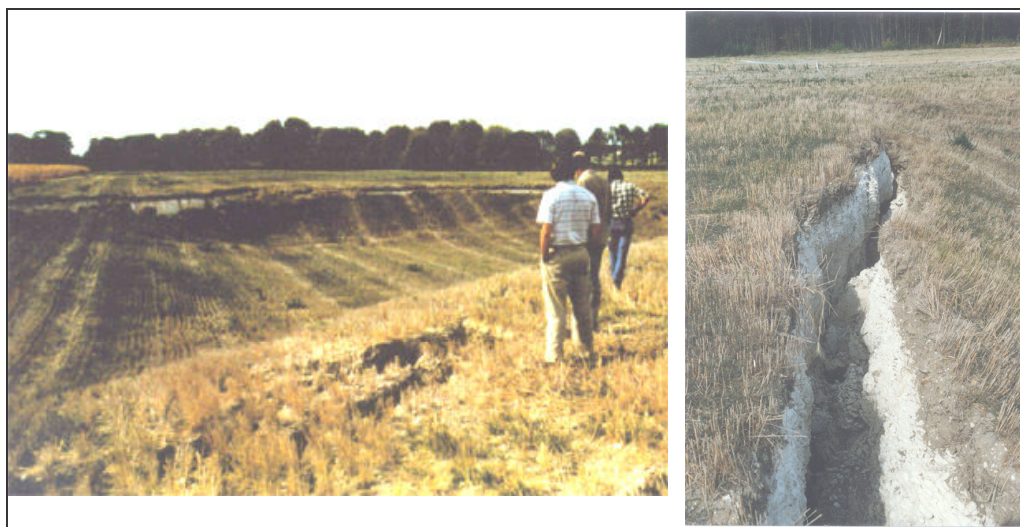


*Photographie 2 : affaissement au droit d'une exploitation partielle*

L'**effondrement « généralisé »** ou « en masse » est une autre forme de la manifestation en surface de la rupture d'un quartier souterrain se produisant dans des conditions géologiques et d'exploitation particulières. Il se traduit par la



descente brutale (quelques secondes) de l'ensemble des terrains de recouvrement, les bords de la zone mobilisée pouvant être affectés par des fractures ouvertes en « marches d'escalier » très préjudiciables pour les biens et personnes.



*Photographie 3 : conséquences en surface d'un effondrement généralisé*

Le **tassement** est la remobilisation ou la recompaction de terrains de surface meubles (dépôts, verses) ou déconsolidés par des travaux souterrains proches de la surface. Ces phénomènes de faible ampleur peuvent être favorisés par des perturbations externes de ces terrains (solllicitations statiques ou dynamiques, variations hydriques).

#### **4.2 NOTION D'ALEA ET DE RISQUE**

Pour qualifier les résultats de l'analyse de la possibilité d'apparition de l'un ou l'autre de ces phénomènes sur un site, on emploiera deux notions utilisées dans le domaine du risque minier comme dans celui du risque naturel.

L'**aléa** correspond à l'éventualité que le phénomène redouté se produise sur un site donné en atteignant une certaine intensité. L'estimation de l'aléa prendra en compte, d'une part, l'intensité du phénomène potentiel et d'autre part la prédisposition ou la sensibilité du site à l'apparition de ce phénomène. L'aléa est d'autant plus fort que le phénomène redouté est grave et/ou que son apparition est plus probable.

Le **risque** mesure les conséquences de l'apparition d'un aléa sur les enjeux existants (personnes, biens, activités, ...) ou futurs. Il résulte donc du croisement du niveau de l'aléa et de la vulnérabilité des enjeux présents. D'une manière globale et simplificatrice, le risque est dit « acceptable » lorsque les aléas étudiés sont de niveau faible ou peu significatif, sauf à considérer des enjeux de surface à caractère exceptionnel ou très sensible (par exemple un ouvrage d'art). Le risque est en revanche jugé « non acceptable » lorsque le niveau de l'aléa (fort, significatif) est tel que le phénomène peut engendrer la perte d'intégrité ou la ruine de structures superficielles existantes et, surtout, révèle un potentiel de dangerosité avéré pour les personnes. Ce caractère non acceptable conduit logiquement les pouvoirs publics à envisager des mesures visant à diminuer ou maîtriser le niveau de l'aléa et/ ou des enjeux pour assurer la sécurité publique.





## **5. LES CARRIERES SOUTERRAINES EN PACA**

Les carrières souterraines sont nombreuses en région PACA. La Bd CAVITE ([www.bd.cavite.net](http://www.bd.cavite.net)) en recense plusieurs centaines dans cette région.

Dans le cadre de cette étude il n'a pas été intégré les différents zonages existants délimitant soit l'emprise des carrières souterraines connues dans les différents départements, soit l'emprise des différents zonages d'aléa existant réalisés dans le cadre de PPRN cavités dans les Bouches-du-Rhône.

En effet, ces données ne sont pas directement accessibles en format numérique. Leur intégration nécessiterait un travail de géoréférencement ou de vectorisation important.

On citera cependant pour mémoire que le travail d'inventaire et de zonage de risque a été établi au début des années 2000 et mené essentiellement pour les carrières de gypse et de pierre à ciment dans le département des Bouches-du-Rhône. Il a concerné notamment les territoires des communes d'Aix-en-Provence, Eguilles, Gardanne, Gréasque, Belcodène, Trets, Peynier...

D'autres communes plus au sud sont également concernées par la présence de carrières souterraines (gypse, sable). Dans l'est et le nord d'Aix (rogues par exemple) a existé quelques carrières souterraines de pierre de taille. Dans les départements du Vaucluse et du Var, cette démarche n'a pas été encore réalisée mais les informations disponibles (BD CAVITE) n'indique pas de territoires importants contrainst par la présence de carrières souterraines excepté la vallée entre Cavaillon et Apt.

Quelques études ponctuelles de risque ont très probablement été réalisées sur cette thématique mais ces exploitations présentent en général des emprises limitées.

Il convient en revanche, notamment dans le département du Var, de prendre en compte la présence de cavités naturelles comme les réseaux karstiques dans les formations calcaires qui se caractérisent par des positions et des extensions très variées et souvent difficiles à appréhender. On signalera aussi pour le département du Vaucluse la problématique de la dissolution souterraine du gypse.

## **6. PRESENTATION GENERALE DES BASSINS MINIERES DE LA REGION**

La région PACA recèle de nombreux bassins ou districts miniers, qui correspondent à des zones homogènes et cohérentes de travaux miniers en fonction de leur proximité géographique, de leur environnement géologique, de la substance exploitée, de l'agencement et l'organisation des exploitations. Ainsi, on distingue principalement :

- les bassins de charbon et lignite ;
- les gisements de bauxite ;
- les mines polymétalliques et de métalloïdes.

Ces bassins et districts sont présentés carte 1 de l'annexe 2.

## 6.1 LES BASSINS DE CHARBON ET LIGNITE

Ces bassins sont nombreux et répartis sur l'ensemble des territoires sédimentaires de la région. On distingue :

- les bassins houillers d'âge carbonifère. La principale entité est le gisement d'antracite et de houille du Briançonnais (Hautes-Alpes) qui prolonge au sud les bassins de Maurienne et de Tarentaise. On peut mentionner également les bassins réduits des Maures, du Tanneron, de l'Estérel et des Alpes Maritimes ;
- les premiers dépôts de lignite du Crétacé supérieur. Ces bassins, d'origine littorale ou fluvio-lacustre, sont d'importance diverse. Le gisement le plus conséquent et le plus exploité est le bassin de Gardanne (Bouches-du-Rhône) mais on peut noter également, entre autres, les dépôts de Méthamis et Mondragon (Vaucluse) ainsi que les gisements de La Fare et Martigues (Bouches-du-Rhône) ou de La Cadière (Var) ;
- les dépôts du Tertiaire, d'importance réduite, disséminés et d'origine lacustre, lagunaire ou littorale, et qui se prolongent en région Languedoc-Roussillon aux confins du Massif Central. On peut citer les bassins du Lubéron (Manosque, et Sigonce – Alpes de Haute-Provence) mais également des gisements beaucoup plus restreints (exemples de La Beaumone, Bouches-du-Rhône ou Saint-Victor, Var).

Le début de prise de minerai de ces gisements, à proximité des affleurements des couches, est très ancien, mais les exploitations industrielles s'inscrivent au cours du 19<sup>ème</sup> siècle et, hormis quelques bassins d'exploitation plus récente (dont Gardanne), lors de la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle.

L'exploitation s'opérait dans plusieurs couches (généralement de 1 à 7, quelquefois plus) de faible puissance (en moyenne de 0,5 à 2 m, localement plus), et de pendage variable mais globalement incliné à penté. On distingue dans ce cas les gisements qui peuvent être très redressés (Briançonnais qui s'inscrit directement dans la tectonique alpine, Lubéron) de ceux du sud et de la bordure ouest de la région dont le pendage est moindre, de l'ordre de 10 à 50°. Hormis l'exploitation très récente de Gardanne atteignant 1300 m de profondeur, ces mines excèdent rarement 200 m sous la surface du sol.

Les formations encaissant ou recouvrant ces gisements peuvent être regroupées en deux grandes familles : les terrains gréseux et schisteux des bassins carbonifères, et les calcaires et marno-calcaires, parfois argileux, des bassins du Secondaire et du Tertiaire. Pour cette dernière famille, la résistance mécanique des roches est très variable d'une exploitation à l'autre.

Les méthodes d'extraction étaient tributaires de l'importance et de la valeur économique du gisement et des paramètres précédents : de simples traçages en galeries, la mine pouvait se développer en tailles montantes, chassantes, chambres et piliers au pendage, ces travaux pouvant être remblayés ou non. La mine de Gardanne regroupe à elle seule, au fil des âges et selon les configurations locales, la quasi-totalité des méthodes d'exploitation possibles dans ce type de gisement de faible pendage.

Les bassin charbonniers sont présentés figure 2 de l'annexe 2.

La production de ces mines est très disparate, selon le caractère artisanal ou industriel de l'exploitation : on relève des ordres de grandeur de quelques milliers à quelques centaines de milliers de tonnes (on atteint environ 100 millions de tonnes pour le cas particulier de Gardanne). Les ouvrages débouchant au jour, souvent denses dès lors qu'on est en présence de gisements anciens de charbon ou lignite (descenderies en couche ou « fendues », galeries, aérages liés à la potentialité de présence de gaz), varient de quelques unités à la cinquantaine d'ouvrages, excepté Gardanne qui en compte près de 900.

## 6.2 LES GISEMENTS DE BAUXITE

La Provence est le territoire de gisements de bauxite (altérite composée d'hydroxydes d'aluminium) qui en font la principale région productrice de France avec le Languedoc-Roussillon. Les principaux bassins sont celui de Brignoles (Var - le plus important de France avec celui de Villeveyrac en Languedoc, plus de 40 millions de tonnes de bauxite extraites), du Luc et de Toulon Nord (Var), et celui des Alpilles –Les Baux (Bouches-du-Rhône). On notera que lors de la réalisation de PPRN cavités souterraines sur la commune de Marseille, l'INERIS avait noté que la Bauxite n'a été classée dans la catégorie « mine » (article 2 du Code minier) qu'au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, certaines exploitations de ce minerai sont probablement classées comme carrières.

La mise en place de cette formation date du Crétacé : elle correspond à une altération de sédiments dans un contexte côtier sous un climat chaud et humide. Les gisements sont stratiformes, plus rarement sous forme d'amas, discordants sur des calcaires karstiques qui en constituent le mur. La bauxite est recouverte par des terrains sédimentaires à dominante calcaire, l'ensemble ayant subi des plissements ou écaillages au cours de l'orogénèse alpine.

L'exploitation industrielle de ces gisements débute à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, après le développement de procédés de valorisation de la bauxite. Les périodes de forte production s'inscrivent au cours du 20<sup>ème</sup> siècle jusque dans les années 1970, période où l'émergence de nouveaux pays producteurs annonce le déclin des exploitations métropolitaines. La production minière disparaît en 1991 dans la région.

L'extraction s'opérait dans une couche de puissance inférieure à 10 m, et de pendage généralement compris entre 0 et 30° mais pouvant atteindre localement 45° (Saint-Julien, Var). Hormis l'exploitation de Mazaugues (Var) atteignant 300 m de profondeur, ces mines excèdent rarement 150 m sous la surface.

Les formations qui recouvrent la bauxite sont variables : on relève des mentions de calcaire massif, diaclasé, à passées argileuses ou gréseuses, de marnes, ce qui traduit, comme pour le lignite, une grande variabilité de comportement géomécanique.

Les méthodes d'extraction étaient, d'une manière générale, en ciel ouvert à l'affleurement, en descenderies dans la couche et en chambres et piliers abandonnés pour les gisements plus profonds. Lorsque le gîte était plus relevé, l'exploitation pouvait s'opérer par tranches montantes foudroyées.

La production de ces mines est variable. Hormis le gisement majeur de Brignoles, on note bon nombre d'exploitations (la grande majorité se trouvant dans le Var) dont le tonnage de bauxite est compris entre 1 et 10 millions de tonnes. La

quantité d'ouvrages au jour dépend de l'importance économique de la mine et de la dissémination des gîtes, mais on note sur de nombreux sites la prédominance des descenderies en couche sur les puits.

La situation des zones minières de bauxite est présentée figure 3 de l'annexe 2.

### **6.3 LES MINES METALLIQUES ET DE METALLOÏDES**

Ces gisements sont variés en termes de formation lithologique ou de contexte structural où les éléments se sont concentrés. D'une manière générale, on distingue principalement :

- au sud du Var, les mines polymétalliques (zinc et plomb principalement) du massif des Maures , ces substances se trouvant sous forme de filons dans des micaschistes ou des quartzites. La mine la plus importante est celle des Bormettes d'où il a été extrait plus de 150 000 tonnes de zinc et plus de 10 000 tonnes de plomb ;
- les mines de fluorine de l'Estérel (Alpes-Maritimes), principalement sous forme de filons dans des encaissants cristallins très variés (micaschistes, granites, rhyolites). La mine de Fonsante fut un des plus importants gisements français : il en a été extrait environ 1 million de tonnes de fluorine ;
- les mines disséminées et de faible importance de l'arc alpin du nord du département des Alpes-Maritimes (Argenterat-Mercantour-Barrot) , où l'on note la prédominance des gisements stratiformes de cuivre (bornite, chalcopryrite) dans les grès du Permien et du Trias ;
- les gisements de plomb, zinc et cuivre, filoniens ou lenticulaires, des Hautes-Alpes (Durance, Queyras, Champsaur, Oisans), au sein d'encaissants métamorphiques ou granitiques ;
- les gisements sédimentaires disséminés de soufre d'Apt, Manosque ou Marseille (Camoins), au sein de calcaires secondaires ou tertiaires ;
- très localement et de faible importance, les anciennes mines de manganèse du Nord d'Antibes (Alpes-Maritimes), en contexte sédimentaire.

Au vu de la grande disparité gîtologique et historique de ces mines, il est impossible d'en extraire des tendances en terme d'exploitation. Tout au plus peut-on évoquer des exploitations de faible puissance, de pendage et ainsi de méthode d'extraction très variable (simples galeries en couche, chambres et piliers, tranches montantes raccordées à des galeries de niveaux), d'ossature réduite (moins de 5 ouvrages au jour d'une manière générale, de l'ordre de la vingtaine pour les mines les plus importantes).

Les formations encaissantes de ces substances sont très diverses en fonction du contexte géologique et structural, et il en va de même pour le comportement géomécanique des matériaux dans lesquels s'inscrivent les gisements.

La situation des zones minières de métaux et métalloïdes est présentée figure 4 de l'annexe 2.



## 6.4 TITRES MINIERS CONTENU DANS LE SECTEUR D'ETUDE

Ce secteur contient 92 titres miniers.

| Nom de la concession           | Substance       | Nom de la concession    | Substance        |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| Vedes                          | lignite         | Boson                   | houille, schiste |
| Bassan                         | lignite         | Auriasque               | houille, schiste |
| Liquette                       | lignite         | Mazaugues               | bauxite          |
| Le Garlaban                    | lignite         | Tourves                 | bauxite          |
| La Baumone                     | lignite         | Les Porres              | spath-fluor      |
| Les Accates                    | soufre          | Beauvillard             | bauxite          |
| Les Camoins                    | soufre          | Saint-Jean de L'Esterel | fluorine         |
| Coudoux                        | lignite         | Saint-Victor            | lignite          |
| L'Arc                          | lignite         | Garrot                  | fluorine         |
| La Fare                        | lignite         | Fonsante                | fluorine         |
| Les Pennes                     | lignite         | Fréjus Nord             | houille          |
| Peypin-St Savournin Sud - C9   | lignite         | Les Vaux                | anthracite       |
| Auriol - C12                   | lignite         | Merlanpon               | bauxite          |
| Peypin-St Savournin Nord - C8  | lignite         | Cap Garonne             | plomb, cuivre    |
| Pont du Jas de Bassas - C14    | lignite         | La Grande Bastide       | bauxite          |
| Mimet - C6                     | lignite         | Le Carnier              | bauxite          |
| Trets - C11                    | lignite         | Les Coudouls            | bauxite          |
| Le Bastidon - C16              | lignite         | Vins                    | bauxite          |
| Extension Gardanne - EG        | lignite         | Evenos                  | bauxite          |
| L'Adrech - C52                 | lignite         | Combecave               | bauxite          |
| Gardanne Sud - C5              | lignite         | Le Rigoulier            | bauxite          |
| Peypin-St Savournin Ouest - C7 | lignite         | Pelicon Les Pourraques  | bauxite          |
| La Bouilladisse - C13          | lignite         | Cros Davis              | bauxite          |
| Meyreuil - C2                  | lignite         | Blanquette              | bauxite          |
| Gardanne - C4                  | lignite         | Peygros                 | bauxite          |
| Gréasque-Belcodène - C10       | lignite         | Le Revest               | bauxite          |
| Grande Concession - C3         | lignite         | La Brasque              | bauxite          |
| Gemenos                        | lignite         | Vallaury                | argent, plomb    |
| Maurevieille                   | Fluorine        | Vaucron                 | spath fluor,arg  |
| La Mole                        | fluorine, plomb | Le Val village          | bauxite          |
| Faucon l'Argentière            | fluorine, plomb | La Bastide Blanche      | lignite          |
| Vallon de L'Aubé               | fluorine        | Le Plan d'Aups          | lignite          |
| Le Col du Baladou              | fluorine        | Chateaudouble           | lignite          |

|                      |                 |               |                |
|----------------------|-----------------|---------------|----------------|
| Le Recoux            | bauxite         | La Chapelle   | lignite        |
| Pas de Recoux        | bauxite         | Beausoleil    | fer            |
| Saint-Daumas         | Plomb, zinc, fl | Prannes       | fer            |
| Pic Martin           | Plomb, zinc     | Maron         | bauxite        |
| Engardin             | bauxite         | La Dérobade   | bauxite        |
| Saint-Julien         | bauxite         | Fontanieu     | lignite        |
| Magdeleine           | houille, schist | La Rieille    | plomb, argent, |
| Les Trois Vallons    | fluorine        | Les Bormettes | plomb, zinc    |
| Avelan               | fluorine, subst | La Londe      | plomb, zinc    |
| Bois de la Garde     | manganèse       | Bagna         | fer            |
| Carros               | houille         | Valmasque     | manganèse      |
| Duranus              | arsenic         | Vescagne      | lignite        |
| Les Adoux de Villars | lignite         | Pourraciers   | houille        |

*Tableau 1 : liste des titres miniers et matériaux exploités*

## **6.5 CAS PARTICULIER DU SECTEUR DE GARDANNE**

Les informations principales de cette étude ont été extraites des dossiers d'arrêt déposés par Charbonnages de France et dont l'étude de stabilité a été menée par l'INERIS, contenant en annexes de nombreuses études techniques de nature à éclairer l'évaluation des aléas de type mouvement de terrain susceptibles de survenir mais aussi des différents travaux réalisés dans le cadre du Scanning des titres miniers de la région PACA.

### **6.5.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN DE PROVENCE (GARDANNE)**

Le vaste gisement houiller que les Houillères de Bassin du Centre et du Midi ont exploité dans le bassin de l'Arc est situé en Provence occidentale, entre les villes d'Aix-en-Provence et de Marseille.

Il s'étend sur 70 km de long d'est en ouest, depuis Saint-Maximin jusqu'à l'Etang de Berre en s'élargissant sensiblement dans sa partie occidentale. Dans sa largeur, du nord au sud, il se développe sur une douzaine de kilomètres depuis Aix-en-Provence jusqu'à Marignane. Il est limité, au nord, par les collines de la Fare et la montagne Sainte-Victoire ; au sud, par les collines de la Nerthe, la chaîne de l'Etoile, le Regagnas et l'Olympe ; à l'est, par le col de Saint-Maximin. Il se prolonge à l'ouest sous l'Etang de Berre.

L'exploitation minière de ce gisement s'étend, quant à elle, d'est en ouest entre les communes de Trets et Bouc-Bel-Air. Au sud, l'exploitation est descendue jusqu'au nord de la commune d'Allauch. En direction du Nord, les travaux demeurent au sud du cours d'eau de l'Arc.

## 6.5.2 LE GISEMENT HOULLER

Le gisement houiller est inclus dans la série fuvélienne. Le lignite se présente soit sous forme de filets de quelques millimètres d'épaisseur, généralement sans continuité, soit sous formes de veinules de quelques centimètres d'épaisseur appelées « ravettes », soit et surtout sous forme de sept couches exploitables appelées « mines ». Parmi ces couches, sept ont pu être exploitées, dont trois de façon très locale (« Mine de Fuveau » ou « Mine de Gréasque », « Mine des Deux Pans », « Mine de l'eau »).

Ces différentes couches s'échelonnent, du toit vers le mur de la formation fuvélienne, de la manière suivante :

| Nom de la couche                           | Epaisseur de terrain entre les couches   | Epaisseur moyenne   |
|--|--|---|
| « Mine de Fuveau » ou « Mine de Gréasque » | 140 à 200 m au-dessus de Grande Mine (70 à 90 m sous la barre jaune marquant la limite entre le Fuvélien et le Bégudien) | 0,90 m  |
| « Mine des Deux Pans »                     | 70 à 120 m au-dessus de Grande Mine (10 à 15 m au-dessus de Mine de l'eau )  | 0,40 m  |
| « Mine de l'eau »                          | 65 à 100 m au-dessus de Grande Mine (15 à 30 m au-dessus de Gros Rocher)   | 0,65 m  |
| « Mine du Gros Rocher »                    | 50 à 70 m au-dessus de Grande Mine (8 à 10 m au-dessus de 4 Pans)  | 0,80 m à 1,15 m dont 0,40 m de calcaire                                       |
| « Mine des Quatre Pans                     | 40 à 60 m au-dessus de Grande Mine   | 0,80 m à 1,55 m   |
| « Mauvaise Mine »                          | 7 à 10 m au-dessus de Grande Mine  | 0,80 m à 1,30 m   |
| « Grande Mine »                            | Prise comme référence  | 1,80 m à 3,50 m (gisement en place) et 4,20 m à 5,30 m (dans Lambeau Charrié) |

Tableau 2 : Caractéristiques des différentes couches de lignite

La puissance des couches est très variable d'une extrémité à l'autre du bassin. Les épaisseurs indiquées dans le tableau précédant ne fournissent donc qu'une valeur indicative.

## 6.6 METHODES D'EXPLOITATION A GARDANNE

L'analyse des plans et documents d'archives a mis en évidence une grande diversité de méthodes d'exploitation. Du point de vue des risques résiduels de mouvement de terrain après la fermeture de l'exploitation, on distingue deux grands types de méthodes : les exploitations assurant un traitement intégral des vides après extraction et celles permettant la persistance de vides résiduels importants à la fermeture des travaux. Les différentes méthodes d'exploitation de Gardanne sont détaillées en annexe 1.

on peut les lister de manière synthétique :

1. Les exploitations partielles avec abandon de vides importants.

- galeries filantes
- chambres et piliers abandonnés

2. Les exploitations par tailles remblayées pouvant laisser persister des vides résiduels généralement peu importants.
  - exploitations dites par « arêtes de poisson » ou « doigts de gant » ;
  - exploitations par tailles montantes ;
  - chambres américaines ou massifs longs dépilés avec remblayage.
3. Les exploitations totales par longues tailles foudroyées dans le bassin de Provence.

## **7. METHODOLOGIE RETENUE POUR L'EVALUATION RAPIDE DES ALEAS EN REGION PACA**

L'objectif de la phase préalable étaient d'apporter les éléments d'informations nécessaires pour retenir les aléas de type « mouvement de terrain » susceptibles de se produire sur le périmètre défini.

A l'aplomb des anciens travaux miniers, les types de mouvements de terrain susceptibles de se développer sont liés à la configuration des chantiers miniers (profondeur, dimensionnement, etc.), en particulier à la persistance de vides souterrains plus ou moins importants qui découlent directement de la méthode d'exploitation utilisée.

Au droit des travaux laissant persister des vides résiduels importants (chambres et piliers principalement), les aléas susceptibles de survenir pourraient être des effondrements généralisés, des affaissements progressifs ainsi que des effondrements localisés. Par ailleurs, à l'aplomb des exploitations totales (méthode des longues tailles foudroyées), les phénomènes de mouvement de terrain correspondent, soit à des affaissements, soit à des phénomènes plus dynamiques avec ouverture de fractures accompagnée de secousses sismiques.

### **7.1 METHODE GENERALE D'EVALUATION D'UN ALEA**

L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène donné se produise sur un site donné, au cours d'une période de référence, en atteignant une intensité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation d'un aléa repose donc classiquement sur le croisement de **l'intensité prévisible du phénomène** avec sa **probabilité d'occurrence**.

Dans une optique de prévention des risques et d'aménagement du territoire telle que retenue dans le cadre de l'élaboration d'un PPRM ou PPRN, la période de référence pour identifier le niveau d'aléa est généralement le **long terme**. Il est ainsi nécessaire d'intégrer à l'analyse la dégradation inéluctable dans le temps des caractéristiques des matériaux rocheux ainsi que la propagation, dans l'espace, des fluides (eau ou gaz) soumis aux lois d'écoulement qui les caractérisent.

L'**intensité du phénomène** correspond à l'ampleur des désordres, séquelles ou nuisances susceptibles de résulter du phénomène redouté. Cette notion intègre à la fois une notion de hiérarchisation des grandeurs caractérisant les conséquences des événements redoutés (taille et profondeur d'un cratère, hauteur de tranche d'eau, nature et teneur d'une émission de gaz ou de substances toxiques...) mais également leur potentiel de gravité sur les personnes, les biens et l'usage du sol susceptible de caractériser potentiellement le site à terme (possibilité de faire des victimes ou des dégâts, existence et/ou coût de parades de prévention...).

La notion de **probabilité d'occurrence**, qui traduit pour sa part la sensibilité que présente un site à être affecté par l'un ou l'autre des phénomènes analysés, est généralement moins aisée à appréhender et à quantifier que celle d'intensité. Quelle que soit la nature des événements redoutés, la complexité des mécanismes, la nature hétérogène du milieu naturel, le caractère très partiel des informations disponibles et le fait que de nombreux désordres, séquelles ou nuisances ne soient pas répétitifs expliquent qu'il est généralement impossible de raisonner sur la base de probabilités quantitatives (x % de risque de développement d'un désordre). On privilégiera donc une classification qualitative caractérisant une **prédisposition** du site à subir tel ou tel type de désordres ou nuisances. C'est donc cette notion de **prédisposition** (au détriment de la probabilité d'occurrence) qui sera retenue dans la suite du document. L'évaluation de cette prédisposition dépend de la combinaison d'un certain nombre de facteurs favorables ou défavorables à l'initiation et au développement des mécanismes pressentis.

Rappelons pour mémoire que chaque mouvement de terrain est unique et, dans le cas d'un effondrement, non reproductible en un point donné de l'espace, il est légitime de considérer que les instabilités s'étant déjà développées dans certains secteurs d'un "bassin de risques" sont susceptibles affecter, à terme, d'autres secteurs du même bassin présentant des configurations similaires.

## 7.2 ALEA DE REFERENCE

La démarche présentée auparavant est généralement mise en œuvre pour la réalisation des cartes d'aléas associées au PPRM. Dans le cadre de la présente étude, l'objectif est d'identifier de manière qualitative et rapide le type d'aléa susceptible d'apparaître au droit des exploitations connues de la région PACA. L'évaluation sera donc basée non pas sur une déclinaison précise des niveaux d'aléas mais sur une présentation de l'aléa normatif aussi appelé « aléa de référence » pour un bassin de risque. Le bassin de risque sera pour nous l'emprise du titre minier.

On considère comme "aléa de référence", l'aléa maximal représentatif correspondant généralement au plus fort événement historique connu ou envisageable et a priori reproductible sur le site étudié.

Les aléas détaillés par la suite sont donc à considérer comme l'aléa maximal auquel on pourrait s'attendre sur un site donné en cas de réalisation d'une étude plus détaillée.

## 7.2.1 APPLICATION A LA REGION PACA

### 7.2.1.1 LES MINES METALLIQUES ET DE METALLOÏDES

Ces mines sont principalement situées dans la partie sud de la région PACA.

Les dimensions de ces mines sont généralement mal connues. L'exploitation y été principalement filonienne. Des mouvements de terrain de grande ampleur ne sont généralement pas envisageables sur ce type d'exploitation. Par contre, quelques affaissements mais surtout quelques effondrements localisés ne sont pas à exclure à l'aplomb des travaux souterrains les moins profonds.

Les emprises des mines (source GEODERIS) ont été cartographiées avec un aléa effondrement localisé (zone orange sur les cartes).

### 7.2.1.2 LES GISEMENTS DE BAUXITE

Comme cela est mentionné au chapitre 6.2, les exploitations de bauxite du var ont été les plus importantes de France. Ces exploitations ont été réalisées par galeries filantes ou par chambres et piliers (rarement par foudroyage). Les vides résiduels après exploitation sont donc nombreux. A long terme, ces mines sont susceptibles de générer :

- pour les travaux situés à moins de 50 m de profondeur, des mouvements de terrain de type effondrement localisés (zonage orange) ;
- pour les travaux plus profonds, des mouvements de terrain de type affaissement mais aussi effondrement en masse ne peuvent pas être exclus.

### 7.2.1.3 LES BASSINS DE CHARBON ET LIGNITE

#### **A - Gardanne :**

La mine a été découpée en 4 grandes zones homogènes vis à vis des conséquences possibles en surface.

#### **Travaux à moins de 50 m de profondeur :**

Ces zones ont été exploitées soit par galeries filantes soit par chambres et piliers. Les vides résiduels existent. Ces zones sont donc susceptibles de générer en surface des effondrements localisés.

Un aléa effondrement localisé a été cartographié à l'aplomb de ses travaux (couleur orange sur les cartes).

#### **Travaux en chambres et piliers :**

Ces zones exploitées en chambres et piliers laissent en place des vides résiduels importants. En fonction de leur profondeur, deux catégories ont été identifiées.

- moins de 200 m de profondeur  
Pour ces secteurs, l'ouverture des travaux est faible (2 m environ). Compte tenu de l'expérience acquise, un éventuel mouvement en surface pourrait s'accompagner de fractures en surface  
Un aléa affaissement qui pourrait être plus ou moins dynamique a été cartographié à l'aplomb de ses travaux (couleur rouge sur la carte 1).
- plus de 200 m de profondeur

Pour ces secteurs, l'écrasement des piliers limite considérablement l'ouverture disponible. Un éventuel mouvement en surface devrait être plus souple.

Un aléa affaissement a été cartographié à l'aplomb de ses travaux (couleur verte sur les cartes).

### **Travaux en tailles foudroyées.**

Ces secteurs ne présentent normalement pas de vides résiduels. Cependant, les terrains de surface ont probablement été remobilisés lors du foudroyage. Ces terrains sont probablement stabilisés (zones jaunes sur la carte).

Un aléa affaissement / tassement a été cartographié à l'aplomb de ses travaux (couleur bleue sur les cartes )

### **B - Autres mines :**

Pour les autres mines de charbon (houille, lignite...), nous avons retenu les valeurs suivantes :

- profondeur des travaux comprise entre 0 à 200 m ;
- ouverture faible mais plusieurs couches ont pu être exploitées ;
- méthode d'exploitation très variable mais laissant généralement des vides

On peut considérer alors que :

- pour les secteurs exploités à moins de 50 m de profondeur, un aléa effondrement localisé est à cartographier ;
- pour les secteurs exploités au-delà de 50 m de profondeur, un aléa affaissement est à cartographier.

Dans le cadre de cette étude globale, les données utilisées ne permettent pas de localiser la profondeur des travaux souterrains. L'aléa a donc été cartographié sur la totalité de l'emprise de la zone exploitée connue (source GEODERIS).





## **8. CONCLUSIONS**

Cette étude réalisée à la demande de RFF prend en compte les différentes données facilement accessibles sur la problématique des cavités souterraines liées aux anciennes industries extractives.

Les données sur les anciennes exploitations minières étant plus précises, c'est elle qui ont été les mieux valorisées dans cette étude.

Le scanning des titres miniers mis à disposition de l'INERIS par GEODERIS avait pour but la réalisation d'un inventaire aussi exhaustif que possible des anciennes exploitations minières.

Les différents zonages ont été réalisés à partir des données existantes sur les mines. Les secteurs situés en dehors de ces zonages mais surtout en dehors des titres miniers sont donc très probablement sans aléas miniers.

Les informations sur les carrières souterraines ou les cavités souterraines d'origine naturelles ne sont pas exhaustives. On ne peut pas garantir que dans la région PACA des zones peuvent être considérée comme étant hors aléas naturels dans le cadre de la présente étude.

Par contre, des études spécifiques ont été réalisées pour certaines communes des Bouches-du-Rhône par l'INERIS. Des informations plus précises existent soit aux archives départementales soit dans les DRIRE. Il est donc raisonnable de penser que la connaissance sur les carrières pourrait être améliorée.

Les différentes données et zonages qui sont produits dans ce rapport sont utilisables jusqu'à une échelle du 1/50000<sup>ème</sup>. Toute utilisation à une plus grande échelle ne pourra engager la responsabilité de l'INERIS.



## **9. LISTE DES CARTES ET ANNEXES**

| <b>Repère</b>   | <b>Désignation</b>                   | <b>Nombre de pages</b> |
|-----------------|--------------------------------------|------------------------|
|                 | <b>Cartes</b>                        |                        |
| Cartes de 1 à 6 | Secteurs PACA                        | 6 plans hors texte     |
|                 | <b>Annexes</b>                       |                        |
| Annexe 1        | Travaux souterrains de Gardanne      | 6 A4                   |
| Annexe 2        | Figures                              | 1 A4 + 4 A4            |
| Annexe 2        | CD ROM (données format Autocad 2000) |                        |

# ANNEXE 1

## Travaux souterrains de Gardanne

### Sommaire

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. Les exploitations partielles avec abandon de vides importants.....</b>  | <b>1</b> |
| 1.1 <i>Galeries filantes</i> .....  | 1        |
| 1.2 <i>Chambres et piliers abandonnés</i> .....   | 1        |
| <b>2. Les exploitations par tailles remblayees pouvant laisser persister des vides résiduels plus ou moins importants .....</b> | <b>3</b> |
| 2.1 <i>Exploitations dites par « arêtes de poisson » ou « doigts de gant »</i> .....  | 3        |
| 2.2 <i>Exploitations par tailles montantes</i> .....  | 3        |
| 2.3 <i>Chambres américaines ou massifs longs dépilés avec remblayage</i> .....  | 4        |
| <b>3. Les exploitations totales par longues tailles foudroyées dans le bassin de provence...</b>                                | <b>4</b> |

# **1. LES EXPLOITATIONS PARTIELLES AVEC ABANDON DE VIDES IMPORTANTS**

---

## **1.1 GALERIES FILANTES**

Les premières exploitations menées dans le bassin houiller de Provence consistaient en des grattages superficiels des couches situées à l'affleurement. Progressivement, le « charbon de terre » à l'affleurement s'épuisant, les travaux commencèrent à s'approfondir.

L'accès aux zones exploitées se faisait alors par petites descenderies. Les premières semblent avoir été creusées directement en couche afin d'exploiter au maximum le charbon disponible. Par la suite, des descenderies à contre pendage au rocher furent utilisées. Elles permettaient d'atteindre le charbon plus en profondeur, assurant une meilleure qualité de matériau par la limitation des infiltrations.

Une fois la couche atteinte, le charbon était extrait en creusant au pic d'étroites galeries filantes qui, lorsqu'elles se recoupaient, formaient de larges piliers résiduels. Cette technique étant la plus ancienne, il est délicat de localiser avec précision ce type de travaux. Néanmoins, on suspecte que des vides de cette nature peuvent se situer entre l'affleurement et les contours de l'exploitation dite « moderne ». D'ailleurs, de nombreux plans d'archives mentionnent dans ces secteurs la présence « d'anciens travaux » généralement non reconnus et non levés.

Même s'il semble légitime de considérer qu'une fraction non négligeable de ces anciens travaux est aujourd'hui éboulée, il demeure très probable que des vides résiduels puissent persister.

Cette méthode d'exploitation a été utilisée dès le début de l'extraction, et ce jusqu'aux alentours des années 1850.

L'ensemble des veines aux affleurements a dû être exploité initialement par cette technique des galeries filantes.

## **1.2 CHAMBRES ET PILIERS ABANDONNES**

La véritable technique dite des « chambres et piliers abandonnés » consiste à extraire le charbon en laissant en place des piliers pour assurer le soutènement du toit. Cette méthode d'extraction laisse donc des chambres vides.

Le dimensionnement des piliers a considérablement varié suivant l'époque et les contextes géologique et d'exploitation.

Le taux de défrètement caractérise, en plateaux, le rapport de la surface déhouillée à la surface totale du panneau. Dans le bassin de Provence, il varie entre 50 % et 90 % avec une moyenne voisine de 75 %.

Une des principales évolutions a consisté à élargir les galeries afin de faciliter la circulation des engins. Ce qui, pour conserver un taux de défrètement équivalent, a conduit à accroître la taille des piliers. Ainsi, à Valdonne, la largeur des galeries est passée d'environ 4 m vers 1800 à 10 ou 11 m au début des années 1950. Dans le même temps, les piliers qui avaient une circonférence de 6 m ont atteint des dimensions de 8 m x 10 m.

Une des variantes de la méthode des chambres et piliers consiste à laisser des piliers en quinconce. Elle a été employée dans le secteur de Trets et est qualifiée de méthode « en échiquiers par piliers abandonnés de 7 à 10 m de côté » dans un rapport d'ingénieur des mines daté de juillet 1866.

En raison de la raideur du toit calcaire, les mineurs n'avaient que rarement recours à un soutènement des terrains. En cas de besoin, le soutènement s'opérait par boisage ou par la pose de blocs calcaires, issus des stériles des couches, qui étaient érigés en murs de confortement.

Notons que les dimensions des piliers représentés sur les anciens plans d'archives sont à considérer avec prudence, certains piliers abandonnés étant parfois repris et amincis avant l'abandon du chantier (les gros piliers de 10×10 m ou 8×8 m passaient alors à des piliers de 5×5 m, environ). Ces piliers initialement abandonnés pouvaient également être intégralement repris afin d'exploiter au maximum le charbon disponible, on parle alors de dépilage. Parfois, ces reprises de piliers furent menées de manière isolée sur de faibles extensions. D'autres fois, au contraire, cette technique était appliquée à des secteurs entiers d'exploitation, notamment au sein de certains quartiers des mines de Valdonne et de Trets.

Pour permettre la reprise des piliers en place, les mineurs construisaient des piliers artificiels de type « rangles ». Il semblerait que ces reprises aient été menées, dans les Mines de Valdonne, durant la première et la seconde guerre mondiale pour satisfaire les besoins importants en énergie.

Les figurés des piliers artificiels sur les plans d'exploitation au 1/500ème laissent supposer qu'ils étaient constitués de déchets de taille confinés, en périphérie, par des murs de blocs calcaires issus des couches stériles de la veine Grande Mine. Dans certains secteurs, pour conforter le toit après la reprise des piliers résiduels, les exploitants remblayaient des zones entières, les déblais étant, là aussi, confinés en périphérie par un mur de blocs calcaires. Cette technique s'apparente très sensiblement à la technique dite des « hagues et bourrages ».

Cette pratique assez répandue permettait d'accroître, à moindre coût, la récupération du charbon.

La très grande majorité des exploitations menées par chambres et piliers abandonnés l'ont été au sein de la couche Grande Mine. L'épaisseur de cette couche facilitait en effet la mise en œuvre de la méthode. Les principaux champs exploités par chambres et piliers sont les suivants :

- le secteur du Rocher Bleu, de 1850 à 1887 ;
- le secteur de Castellane et Léonie, où l'on a exploité Grande Mine par chambres et piliers de 1860 à 1903 ;
- les anciennes Mines de Valdonne, où l'on peut distinguer 4 périodes d'exploitation par chambres et piliers : avant 1856, 1856 – 1887, 1888 – 1939, 1940 – 1958 ;
- le secteur de Gréasque, toujours en veine grande mine, avec 4 périodes d'exploitation différentes : de 1860 à 1903 (vieux travaux), de 1903 à 1948 (méthode traditionnelle), de 1948 à 1964, (chambres et piliers mécanisés utilisation haveuse et duckbills), de 1958 à 1975, (chambres et piliers mécanisés méthode trackless Joy).
- le Lambeau charrié, où la veine Grande Mine a été exploitée par chambres et piliers abandonnés avant 1879, sur la bordure nord du gisement ;
- plus à l'Est, certains quartiers de Pinchinier, la Bouilladisse et Baume de Marron, exploités par chambres et piliers entre la moitié et la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle ;
- le secteur de Trets, où la méthode des chambres et piliers a été employée de 1859 à 1874.

## **2. LES EXPLOITATIONS PAR TAILLES REMBLAYEES POUVANT LAISSER PERSISTER DES VIDES RESIDUELS PLUS OU MOINS IMPORTANTS**

---

Les exploitations par tailles remblayées permettent normalement une récupération quasi-totale du charbon tout en laissant subsister un certain volume de vide. En Provence, ce type d'exploitation induit presque systématiquement la persistance de vides résiduels plus ou moins importants au sein des vieux travaux lors du délaissement des chantiers, soit qu'une partie des vides seulement ait été remblayée (ancienne méthode), soit que le toit ne puisse se foudroyer du fait de la mise en place d'épis de remblai ou « rangles » (méthode plus récente).

Plusieurs de ces techniques ont été développées dans les vieux quartiers du bassin de Provence.

### **2.1 EXPLOITATIONS DITES PAR « ARETES DE POISSON » OU « DOIGTS DE GANT »**

Les anciennes exploitations par tailles montantes dites « par arêtes de poisson » sont des tailles montantes (largeur du front d'abattage d'une trentaine de mètres environ, pour une longueur de taille entre voies de niveau voisine d'une centaine de mètres), remblayées progressivement à l'aide de stériles afin de conforter le toit et d'éviter de remonter en surface les blocs calcaires non valorisables. Des galeries étaient maintenues ouvertes au sein des remblais pour la circulation des mineurs et l'acheminement du charbon abattu. En plan, la forme des réseaux de galerie ressemble sensiblement à des arêtes, d'où le nom de la technique d'extraction.

A notre connaissance, cette technique ne fut jamais mise en œuvre au sein de la couche Grande Mine, si ce n'est au sein du Lambeau Charrié. Elle fut en revanche très largement utilisée dans la couche Quatre Pans. Le volume de vide résiduel varie très sensiblement selon les secteurs mais, on peut considérer qu'il demeure inférieur à 50 %.

Cette méthode a été mise en œuvre dès 1856 pour exploiter les couches Mauvaise Mine, 4 Pans et Gros Rocher dans le secteur de Valdonne. Elle a également été employée sur les secteurs de Gréasque, du Rocher Bleu et du Lambeau Charrié, principalement pour exploiter les petites mines (4 Pans, Gros Rocher et Mauvaise Mine), même si, au sein du Lambeau Charrié, elle fut utilisée pour exploiter la veine Grande Mine de 1879 à 1925.

Une variante à ces méthodes a été développée au sein du secteur de Trets en Grande Mine de 1879 à 1904. Cette méthode consistait à extraire totalement le charbon en traitant l'arrière-taille par un remblayage assuré par les déchets de taille et autres stériles. Des piliers étaient laissés en place en bordure des galeries de traçage ainsi que dans les zones où le toit présentait des signes d'instabilité pendant l'exploitation. Cette méthode ancienne laisse néanmoins penser que des vides résiduels puissent y subsister, malgré le remblayage.

### **2.2 EXPLOITATIONS PAR TAILLES MONTANTES**

La majorité des exploitations menées dans les couches Gros Rocher et Mauvaise Mine était menée par (courtes) tailles montantes (une vingtaine de mètres de largeur pour une centaine de mètres de front entre voie de tête et voie de base). La technique consistait à exploiter l'intégralité du charbon par petites tailles décalées, parallèles les unes aux autres. Au fur et à mesure de l'avancement, des murs de soutènement ou « rangles » étaient construits pour soutenir le toit. Généralement,

deux murs étaient érigés parallèlement, laissant entre eux un espace suffisant pour autoriser le passage des hommes et l'évacuation du minerai.

De nombreuses variantes existent. Parfois, les tailles étaient provisoirement séparées par des piliers barrières d'une vingtaine de mètres de largeur, repris dans un second temps pour exploiter le charbon restant. Ces reprises étaient effectuées par des tailles parallèles aux premiers travaux ou par des recoupes diagonales au travers des piliers barrières, conservant ainsi de petits piliers résiduels. Fréquemment, pour protéger les voies de roulage, des piliers barrières de forme triangulaire étaient conservés.

Les vides résiduels laissés par cette technique d'exploitation lors de l'abandon des chantiers étaient, en général, sensiblement plus importants que ceux correspondant à la technique par arêtes de poisson. Toutefois, la grande variabilité des contextes rend délicate une estimation du taux de défrètement équivalent moyen.

Cette technique s'est développée à partir des années 1930 pour exploiter les couches Mauvaise Mine, 4 Pans et Gros Rocher au sein des secteurs de Valdonne et du Lambeau Charrié. Il a été fait recours à cette technique jusqu'au milieu des années 1950.

### **2.3 CHAMBRES AMERICAINES OU MASSIFS LONGS DEPILES AVEC REMBLAYAGE**

L'exploitation par la technique des « chambres américaines » s'est développée durant la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle au sein de la veine Grande Mine du Lambeau Charrié. Il s'agit d'une technique d'exploitation totale consistant à extraire intégralement le charbon par tailles montantes d'une douzaine de mètres de largeur pour 150 m de longueur. La méthode consistait à extraire une bande sur deux, en laissant un pilier-barrière résiduel entre deux tailles adjacentes. Une fois l'exploitation d'un secteur achevée, les bandes exploitées étaient comblées par remblayage hydraulique (remblai+liant). Ensuite, après prise du remblai, on venait reprendre le charbon en reprenant les piliers-barrières.

Aucune certitude absolue sur le remblayage de ces nouvelles tailles n'est établie. Par conséquent, dans le doute, cette technique a été recensée parmi les méthodes susceptibles de laisser subsister des vides résiduels après l'arrêt des travaux.

Cette technique a été mise en œuvre de 1925 à 1969 pour exploiter la veine Grande Mine dans le Lambeau Charrié. En fin d'exploitation (1966-1969), les dernières chambres américaines ont été abandonnées à la fin de la première phase, laissant ainsi subsister des vides résiduels importants.

## **3. LES EXPLOITATIONS TOTALES PAR LONGUES TAILLES FOUROYEES DANS LE BASSIN DE PROVENCE**

---

L'exploitation par longue taille est caractérisée par une allée ouverte marquant le front de taille qui progresse parallèlement à elle-même au sein du gisement. Cette allée est maintenue ouverte au moyen de lignes de soutènement constituées de piles, d'étais ou d'étauçons qui progressent en ripant au fur et à mesure de l'abattage. La partie déjà exploitée, appelée « arrière-taille », est qualifiée de « foudroyée », en raison des éboulements volontairement provoqués qui s'y développent. Le foudroyage en supprimant quasi totalement les vides provoque inévitablement un affaissement en surface.

La qualification des tailles de « longues » est faite en référence à la longueur du front.



La méthode d'exploitation par longues tailles foudroyée ne fut (essentiellement) utilisée que pour la prise de la veine Grande Mine, dans les quartiers profonds, là où celle des chambres et piliers devenait trop difficile (au-delà de 300–400 m de profondeur).

L'emploi de cette méthode débuta en 1928 à Meyreuil à 600 m de profondeur. Les chantiers étaient semi-mécanisés. Ils étaient menés sur des fronts de 100 à 130 m de large, par la méthode des bassins de foudroyage de 15 m de largeur séparés par des épis de remblai. Le soutènement était réalisé par des étais de bois ou des étauçons hydrauliques et l'abattage était effectué au marteau piqueur.

Progressivement, entre 1955 et 1960, elle fut remplacée par la méthode des tailles hautement mécanisées sur des fronts de 150 à 200 m de large, avec abattage par rabot, et soutènement marchant par piles hydrauliques Marrel à 4 étauçons (Reynard, 1980).

En 1954, le quartier du Cengle fût également exploité en Grande Mine par longue taille, (à l'aval des dépilages de Gréasque en partie sud sous le Lambeau Charrié). Un travers-bancs de 2200 m fut tracé depuis le puits Gérard autorisant une exploitation par la méthode des longues tailles montantes foudroyées de 120 à 150 m de front, avec soutènement par étauçons, abattage par rabot, en laissant des bassins de foudroyage de 15 m de large (Sauzedde, 1962).

Au tout début des années 1970, les exploitations par longues tailles foudroyées sont désormais entièrement mécanisées avec abattage au rabot et soutènement marchant. L'extraction n'est plus faite que sur le seul puits Courau.

Par ailleurs, la méthode des longues tailles mécanisées remplaça définitivement l'exploitation par chambres et piliers du Nord du secteur de Gréasque (quartier du Regagnas) en 1976 qui, bien que fortement mécanisée, devenait impraticable plus à l'aval (à plus de 300 m de profondeur) malgré sa souplesse d'utilisation.

Cette méthode d'exploitation fut également utilisée (de façon limitée) dans les derniers quartiers des secteurs de Valdonne, de Castellane et du Lambeau Charrié, non seulement pour l'exploitation de Grande Mine mais aussi de Mauvaise Mine, de 4 Pans et de Gros Rocher.

## **ANNEXE 2**



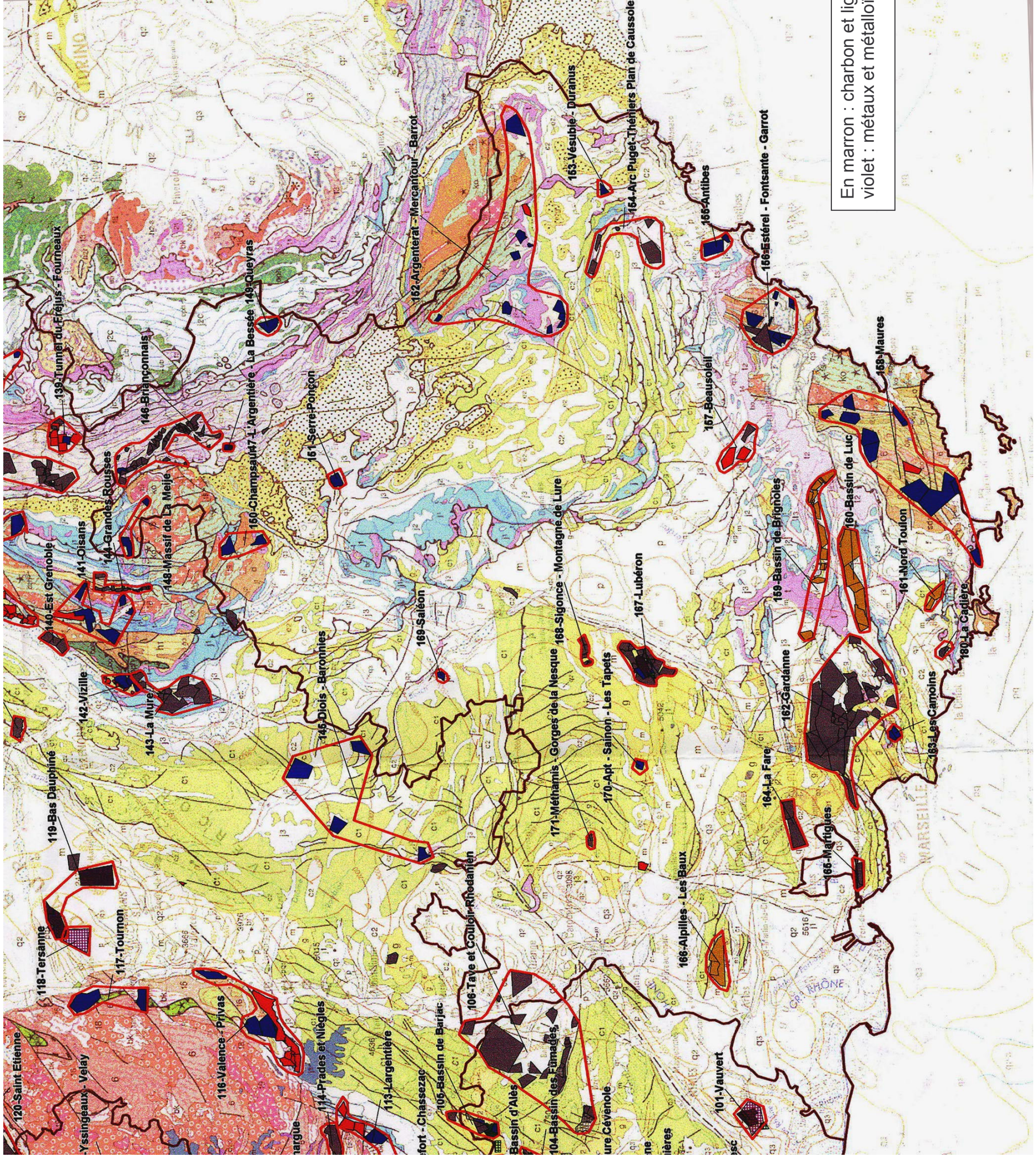
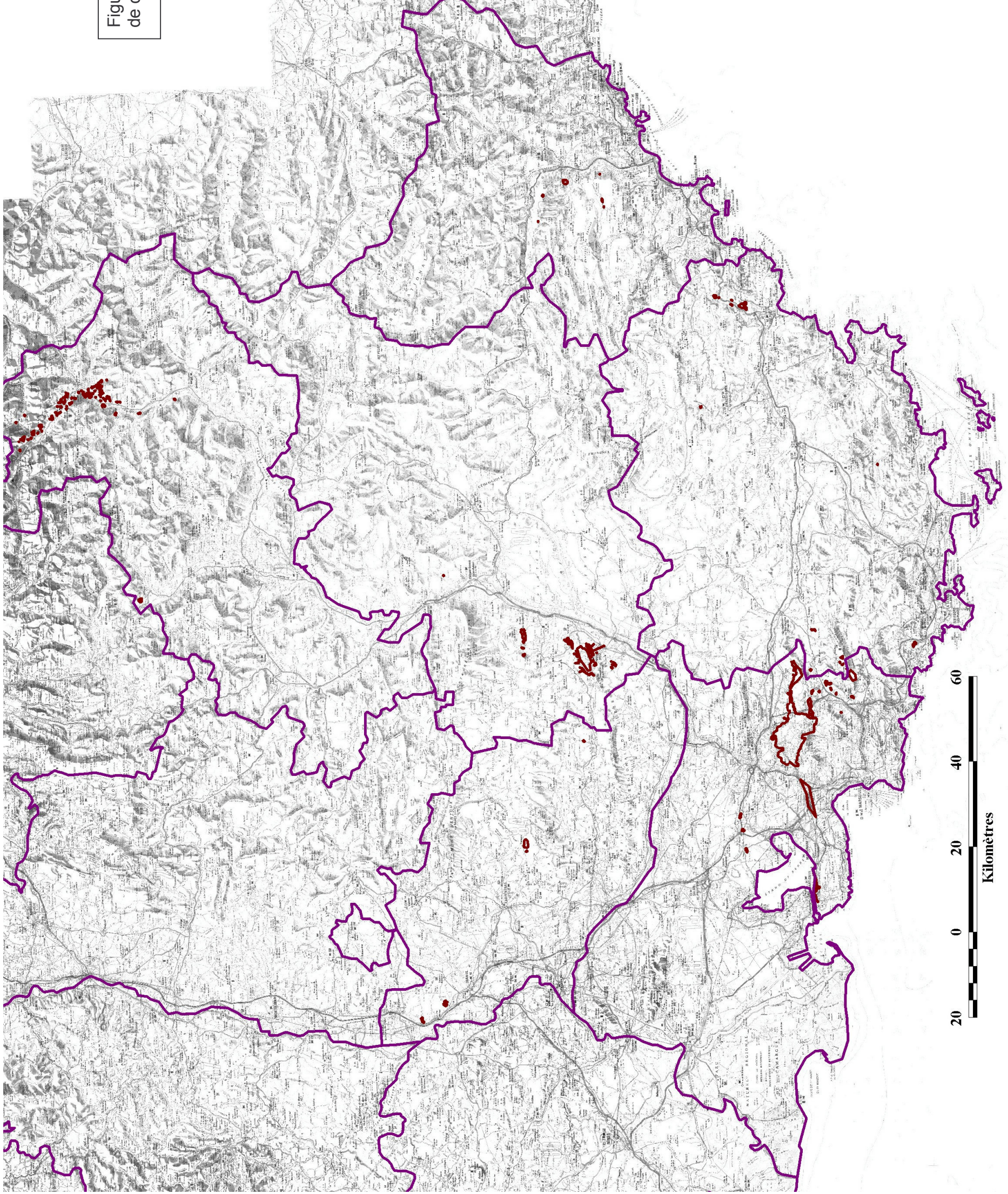


Figure 1 : districts et bassins miniers de la région PACA

En marron : charbon et lignite, en orange : bauxite, en rouge : fer, en violet : métaux et métalloïdes (hors fer)



Figure 2 : situation des zones minières de charbon et lignite (en marron)





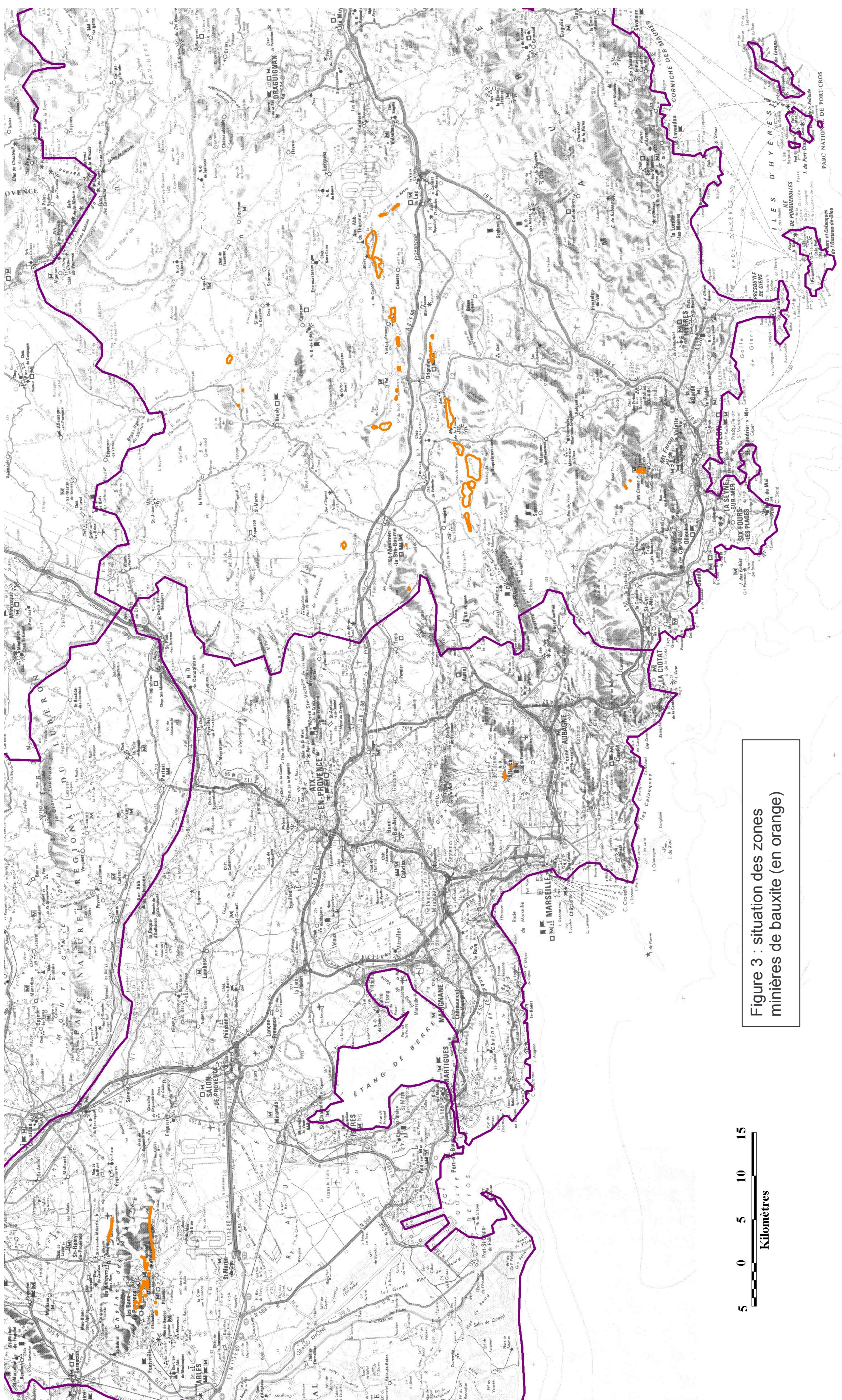


Figure 3 : situation des zones minières de bauxite (en orange)



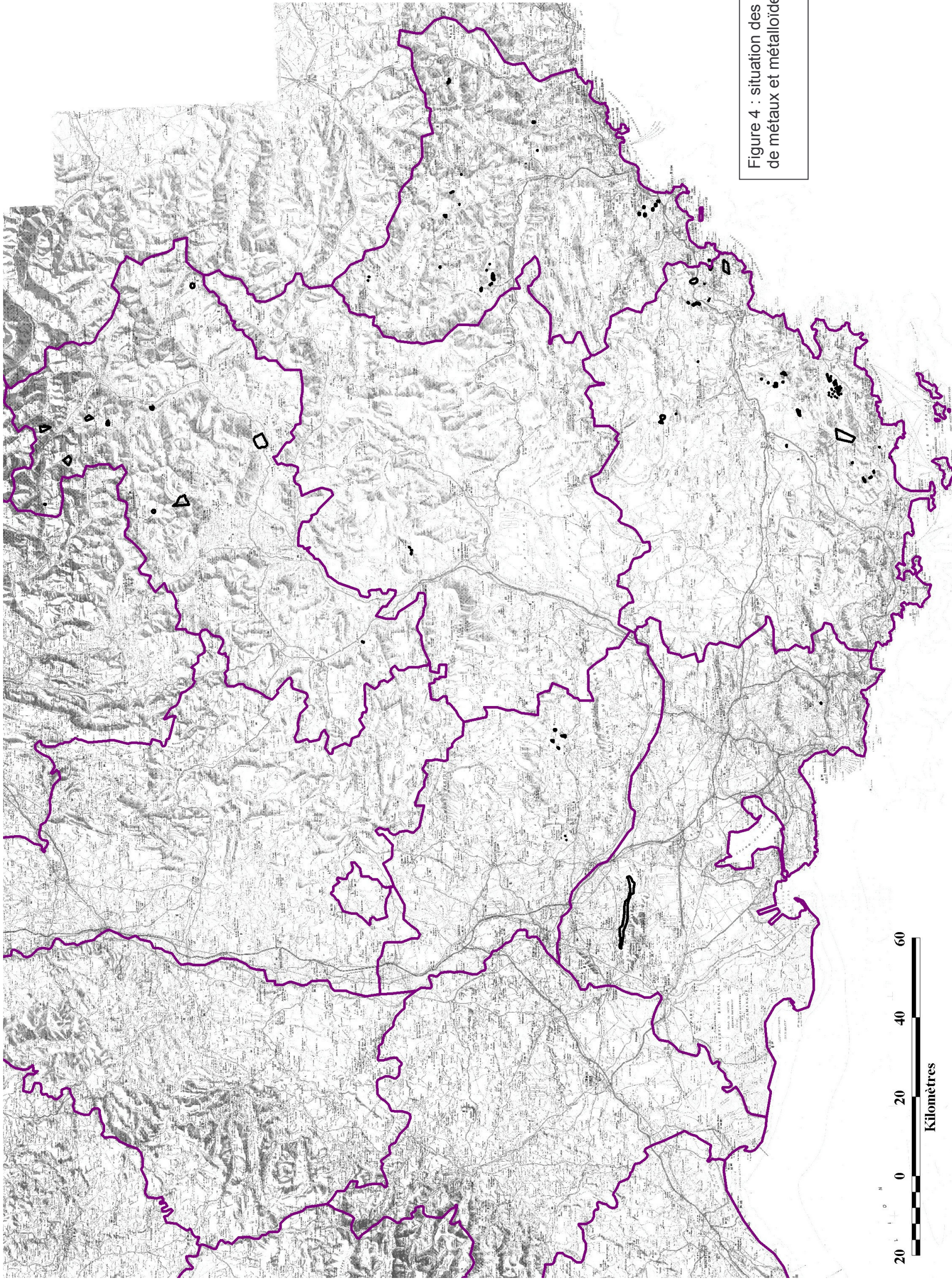


Figure 4 : situation des zones minières de métaux et métalloïdes, en noir