

Antenne SUD  
Pist Oasis 3 - Bât A  
Rue de la Bergerie  
30319 ALES CEDEX  
Tél : +33 (0)4.66.61.09.80  
Fax : +33 (0)4.66.25.89.68

Affaire suivie par Françoise VERMEERSCH  
francoise.vermeersch@geoderis.fr

*Exploitations de bauxite du secteur  
des « Baux-Maussane » (Bouches-du-Rhône)  
Evaluation et cartographie  
des aléas mouvements de terrain*

**RAPPORT GEODERIS S 2011/45DE - 11PAC2215**

**Date : 14/04/2011**



*Exploitations de bauxite du secteur  
des « Baux-Maussane » (Bouches-du-Rhône)  
Evaluation et cartographie  
des aléas mouvements de terrain*

**RAPPORT GEODERIS S 2011/45DE - 11PAC2215**

**Date : 14/04/2011**

**Diffusion :**

Hubert FOMBONNE

DREAL PACA

8 ex. papier (2 Dreal + 5 communes + DDT)




9 CD (2 Dreal, 5 communes, DDT, Préfecture)

Jehan GIROUD

Pôle Après-mine Sud

Hafid BAROUDI

GEODERIS D

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	F. Vermeersch	O. Lefebvre	A. Dommanget
Visa			





## SOMMAIRE

<b>1. Cadre et objectif .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Définitions et méthodologie .....</b>	<b>9</b>
2.1. Définitions : risque et aléa .....	9
2.2. Méthodologie .....	9
2.3. Incertitudes et marges d’affichage .....	10
<b>3. Résultats de l’étude .....</b>	<b>11</b>
3.1. Phase informative.....	11
3.1.1. <i>Contexte géologique et hydrogéologique de l’exploitation.....</i>	<i>11</i>
3.1.2. <i>Situation minière / historique.....</i>	<i>12</i>
3.1.3. <i>Méthodes d’exploitation.....</i>	<i>16</i>
3.1.4. <i>Etat actuel des sites d’exploitation.....</i>	<i>17</i>
3.2. Phase aléas .....	22
3.2.1. <i>Aléas sur travaux souterrains .....</i>	<i>23</i>
3.2.2. <i>Aléas sur dépôts et excavations.....</i>	<i>28</i>
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>33</b>

**Mots clés : Etude d’aléa, Les Baux-Maussane, exploitations de bauxite, Bouches-du-Rhône**



# 1. Cadre et objectif

---

Sur le secteur d'étude, la bauxite a été exploitée sur une période d'environ 130 ans, entre 1860 et 1993, tout d'abord hors-titre puis sous couvert de quatre titres miniers (cf. infra). Une des opérations scanning phase 2 portait sur deux de ces concessions : Les Baux (titre n° 13SM0033) et Maussane (titre n° 13SM0032).

Cette étude (rapport INERIS DRS-06-66305/R09) avait mis en évidence des zones d'aléa effondrement localisé de niveau significatif avec quelques enjeux et avait abouti au classement du secteur en priorité 2.

Dans le cadre du programme technique GEODERIS 2010 et de l'axe thématique « Reconnaissance et analyse du risque », la DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur a retenu l'étude détaillée des aléas des sites d'exploitation de bauxite de ce secteur situé dans le département des Bouches-du-Rhône. Les communes concernées par ces sites d'exploitation sont les suivantes : Fontvieille, les Baux-de-Provence, Paradou, Maussanes-les-Alpilles, Mouries et dans une moindre mesure, Saint-Rémy-de-Provence et Eygalières (Illustration 1).

L'objectif de la présente étude est d'établir, à partir de la synthèse documentaire des données disponibles sur l'emprise de la zone d'étude, et d'investigations de terrain, les cartes informatives et les cartes d'aléas « mouvements de terrain » de ces anciennes exploitations. Pour le rendu final de ces cartes, nous utilisons des fonds topographiques ou photographiques (Scan 25 et BD Ortho de l'IGN).

GEODERIS a confié une partie de cette étude à l'INERIS.

Avant 1960, la bauxite a été exploitée sous le régime des carrières donc hors titre. Les travaux d'exploitation menés durant cette période sont peu documentés car leur suivi administratif était plus léger que dans le cadre du code minier.

Après le décret du 4 octobre 1960, classant cette substance comme concessible, les travaux ont été menés dans le cadre du code minier sous couvert des quatre titres suivants :

- ✓ concession des Baux (titre n°13SM0033)<sup>1</sup> renoncée depuis 2005
- ✓ concession de Maussane (titre n°13SM0032) renoncée depuis 2005
- ✓ PEX du Mas Rouge (non référencé) dont l'abandon des travaux date de 1984
- ✓ PEX des Arcoules (non référencé) – nous ne disposons pas de sa limite, mais il correspond au secteur de Viaud Ricaud (Illustration 1). Ce titre est renoncé depuis 1964.

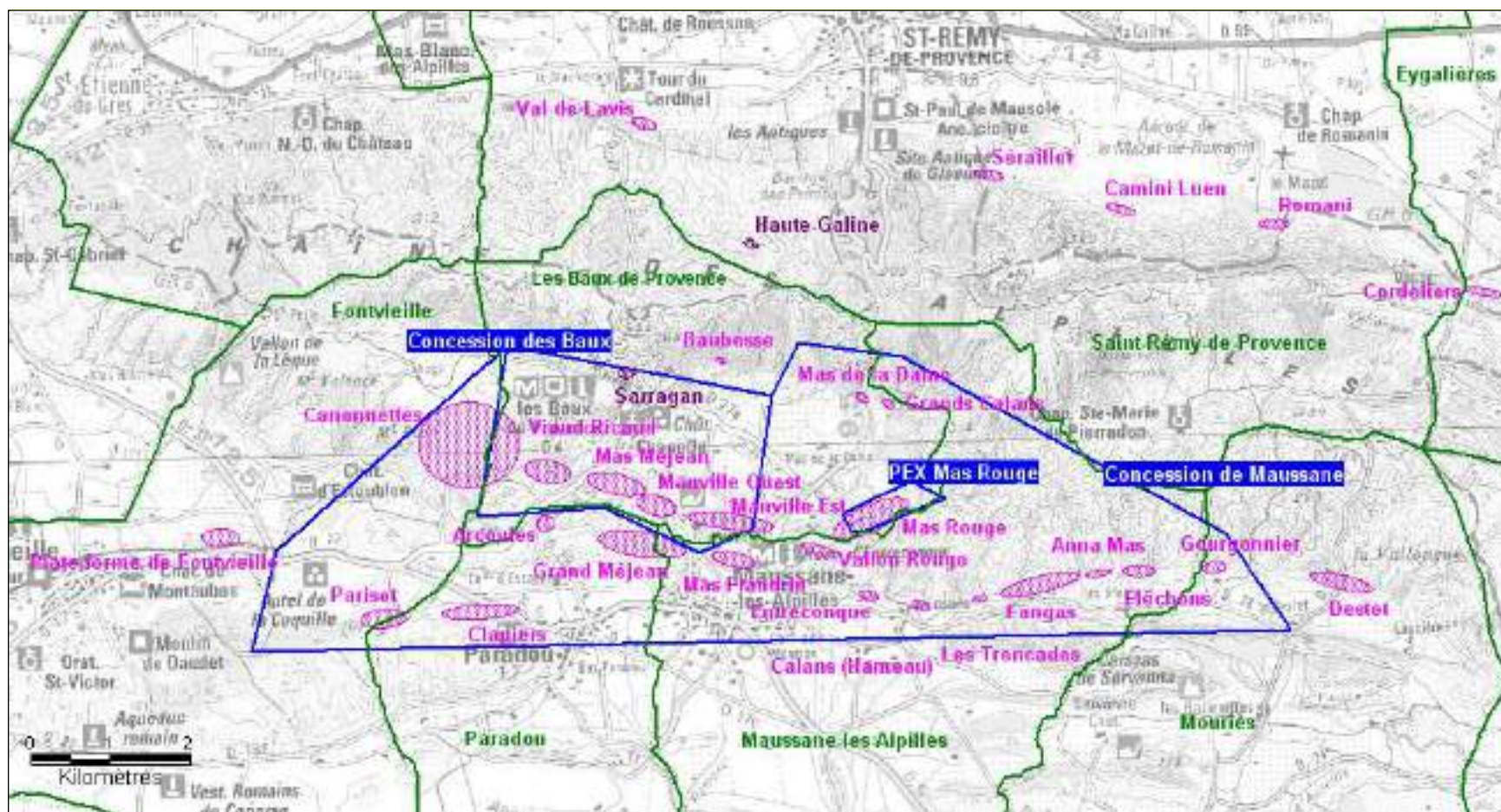
Les travaux sont répartis sur une trentaine de sites d'exploitation<sup>2</sup>, listés ci-dessous et reportés sur l'illustration 1. Quelques-uns des sites suivants n'ont pas été réellement l'objet d'exploitation pour la bauxite.

---

<sup>1</sup> Le numéro correspond à la référence dans la Base de Données des Sites et Titres Miniers (BDSTM). Les sites non présents dans la BDSTM sont qualifiés « non référencé ».

<sup>2</sup> La liste des sites exploités sous le régime des carrières (avant 1960) n'est pas exhaustive.

Canonnettes (13SM0001)	Viaud Ricaud (13SM0002)
Manville Ouest et/ou Mas Méjean (13SM0003)	Clapiers (13SM0018)
Manville Est (13SM0005) et/ou Château de Manville	Grand Méjean (13SM0020)
Mas Rouge (13SM0006)	Mas Flandrin (13SM0010)
Parisot (13SM0008)	Destet (13SM0017)
Haute-Galline (12SM0021)	Grands Calans (non référencé)
Entreconque (13SM0011)	Mas de la Dame (non référencé)
Calans – Hameau (13SM0012)	Baubesse (non référencé)
Fangas (13SM0013)	Anna Mas (non référencé)
Fléchons (13SM0014) et/ou Pyramides	Trencades (non référencé)
Arcoules (13SM0019)	Vallon Rouge (non référencé)
Gourgonnier (13SM0015)	Séraillet (non référencé)
Plate-forme de Fontvieille (non référencé)	Val de Lavis (non référencé)
Cordeliers (non référencé)	Romani (non référencé)
	Camini Luen ou Mas Viret (non référencé)
	Mas Méjean (non référencé)



*Illustration 1 : Situation géographique des trois titres miniers et des sites d'exploitations de bauxite sur la région des Alpilles (extrait du scan 100 de l'IGN)*

*en rose, les sites reliés aux exploitations de bauxite  
en violet, les sites reliés à des exploitations de pierres de taille (non étudiées ici)*



## **2. Définitions et méthodologie**

---

### **2.1. Définitions : risque et aléa**

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

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

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

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

### **2.2. Méthodologie**

Conformément à la méthodologie des études détaillées des aléas (rapport INERIS DRS-06-51198/R01), ce travail est basé sur une analyse documentaire en archives (§ 3.1) complétée par une enquête sur le terrain permettant de rechercher et de géolocaliser les indices de désordre, les anciens ouvrages, mais aussi d'interroger la population.

L'étude est structurée en deux volets :

1. **Une phase informative** : elle présente la synthèse des données minières, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres...). Le résultat de cette phase est une carte informative, positionnant les différents éléments sur fond cartographique, dans le cas présent, la BD ortho de l'IGN à l'échelle 1/2500 (Annexe C).
2. **Une phase d'évaluation et de cartographie des aléas mouvements de terrain** : sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes potentiellement envisageables compte tenu de la nature des travaux sont étudiés et évalués à la lumière des paramètres spécifiques au site. Enfin, l'enveloppe des zones d'aléas est reportée sur fond cartographique, dans le cas présent, la BD ortho de l'IGN à l'échelle 1/2500 (Annexe D).

Le rapport comportant les deux volets de l'étude est présenté en annexe B (rapport INERIS DRS-10-113411-07585A). Les cartes informatives sont présentées en annexe C, les cartes d'aléas en annexe D.

### 2.3. Incertitudes et marges d'affichage

Comme nous l'avons évoqué plus haut (§ 2.1), la première étape de l'étude d'aléa, appelée « phase informative » consiste en partie, à positionner sur fond de BD Ortho de l'IGN, les anciens travaux et autres éléments utiles (ouvrages débouchant au jour, indices de désordres, dépôts de surface) dans leur environnement.

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

- Incertitude intrinsèque au plan ayant permis de localiser l'ouvrage minier : si les ouvrages relevés sur le terrain au GPS ou DGPS se voient attribuer une très faible incertitude (de quelques décimètres à quelques mètres), ceux dont la position est tirée d'anciens plans portant peu de points de repère se voient attribuer l'incertitude de ces plans.
- Incertitude liée à la reproduction du plan : par exemple, photographier un plan provoquera une incertitude plus grande que de le scanner.
- Incertitude liée à l'opération de géoréférencement du plan : elle dépend principalement de l'incertitude des points de repère utilisés pour son calage.
- Incertitude liée au choix du support cartographique : la BD ortho de l'IGN année 2008. Signalons que, dans le cas présent, nous avons rencontré un problème de précision sur la BD Ortho du secteur d'étude : habituellement, l'incertitude de ce support cartographique est d'environ 3 m. Sur le secteur des Baux, un décalage vers le nord variant de 5 à 8 m a été observé après comparaison de la position de points levés sur le terrain au dGPS et observés sur la BD Ortho.

✧ Le positionnement des ouvrages ou désordres reconnus et relevés au GPS est affectée d'une incertitude globale variant entre 10 et 13 m. Cette incertitude est relativement importante à cause de l'imprécision du support cartographique (BD Ortho de l'IGN) sur le secteur d'étude.

Dans ce cadre, l'incertitude globale de positionnement des objets miniers et travaux varie entre 10 (pour les vestiges repérés sur le terrain) et 50 m (pour les vestiges recensés par le passé, mais non repérés sur le terrain ni répertoriés sur plan).

Ces incertitudes n'apparaissent pas en cartographie de phase informative, mais sont incluses dans les **marges** prises en compte pour l'affichage des aléas. L'affichage de l'aléa lié à un élément minier intègre en effet, l'extension de l'élément considéré, l'incertitude globale de positionnement ainsi que le rayon d'influence du phénomène.



## **3. Résultats de l'étude**

---

### **3.1. Phase informative**

Les informations exploitées sont issues des organismes suivants :

- ✓ archives du Service Géologique Régional à Marseille,
- ✓ archives du BRGM à Orléans,
- ✓ archives de la DREAL PACA,
- ✓ archives départementales à Marseille,
- ✓ archives nationales à Paris,
- ✓ archives du DPSM à Gardanne.

Vu que la partie des travaux réalisée hors titre, est peu documentée dans les archives, des enquêtes auprès des services techniques municipaux des communes de Fontvieille, des Baux-de-Provence, du Paradou, de Maussane-les-Alpilles ont été réalisées.

De plus, des recherches dans les publications générales (Annales des Mines, Revue de l'Industrie Minérale) ont été menées.

Rio Tinto (ex-Pechiney), le dernier exploitant connu, a été contacté, mais il ne dispose d'aucun plan de travaux. En effet, tous les plans qu'il détenait ont été légués au musée de la bauxite à Tourves, dépendant de la Communauté de Communes du Comté de Provence (CCCP). Actuellement en période de travaux suite à un sinistre, le musée ne nous a pas permis de consulter ces plans. Néanmoins, selon les contacts à la CCCP, il s'agit uniquement de plans récents dont les copies ont a priori été consultées par ailleurs.

Le détail des archives consultées et personnes rencontrées est disponible dans le rapport INERIS (Annexe B).

L'exploitation des archives a été complétée par une enquête de terrain. Ces investigations ont consisté à suivre méthodiquement les lignes d'affleurement de façon à repérer les vestiges liés aux exploitations de bauxite (ouvrages débouchant au jour, anciens bâtiments de mine, affleurements, verses, désordres...). Précisons que la ligne d'affleurement correspondant au flanc sud du synclinal de Saint-Rémy, ainsi que le secteur de Manville Est n'ont pu être investigués par manque de temps. Mais sur ces secteurs non investigués, les archives ne mentionnent que quelques grattages ponctuels.

#### **3.1.1. Contexte géologique et hydrogéologique de l'exploitation**

Le massif des Alpilles appartient à la zone morpho-géologique dite de la Basse Provence Occidentale. Il se compose de collines allongées d'ouest en est entre Maussane-les-Alpilles et la Cluse de Saint-Pierre-de-Vence.

A l'échelle régionale, ce secteur est affecté par des discontinuités définissant une dizaine de compartiments. Les formations bauxitiques intéressant cette étude se situent dans le compartiment des Alpilles. Lui-même constitué de trois unités : celle des Saintes-Marie-de-la-Mer, celle de la Crau et celle des Baux-Saint-Rémy contenant les exploitations de bauxite.

L'unité des Baux est constituée de cinq anticlinaux et quatre synclinaux renfermant les dépôts de bauxite. Du nord au sud on rencontre :

- ✓ Le synclinal de Saint-Rémy présentant sur son flanc sud de petits affleurements ponctuels de bauxite ; on y trouve par exemple les sites suivants : Val Lavis, Séraillet, Camini Luen/Mas Viret, Château Romani, Cordeliers...
- ✓ Le synclinal des Baux présentant sur son flanc sud un affleurement de bauxite presque continu ; il est le siège des exploitations de Maussane, des Canonnettes, de Manville Est et Ouest et du Mas Rouge. Sur le flanc nord de ce synclinal, les affleurements de bauxite sont a priori rares. On y trouve les sites de Baubesse, Mas de la Dame, Grands Calans.
- ✓ Le synclinal de Paradou (ou Maussane) est le siège des exploitations de Parisot, et des Clapiers sur son flanc sud et des exploitations de Grand Méjean sur son flanc nord.
- ✓ Le synclinal de Mouriès révèle ponctuellement des affleurements de bauxite sur son flanc nord. On y trouve les sites de Calans (hameau), Trencades, Anna mas, Fangas, Fléchons (ou Pyramides), Destet et Gourgonnier.

Les bauxites méridionales sont distribuées en gîtes stratiformes ou, plus rarement en amas.

La puissance des gisements varie de 2 m à 30 m localement (secteur du Mas Rouge).

Le recouvrement est constitué d'un bas-toit fissuré de calcaire marneux (environ 1 m de puissance – et présent localement), et d'un haut-toit marno-calcaire compact du Fuvélien (d'environ 15 m à une centaine de mètres).

D'un point de vue hydrogéologique, les niveaux d'eau peuvent être considérés comme stabilisés à l'échelle du bassin de bauxite des Baux (hors battement plurimétrique estival/hivernal) à la cote +71 m NGF. Une majorité des travaux souterrains et à ciel ouvert est aujourd'hui ennoyée à hauteur de 50 à 90% de volumes exploités. Ceci a été confirmé par les visites de sites.

### **3.1.2. Situation minière / historique**

L'exploitation des gisements de bauxite de la région des Alpilles remonte à la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Les plus anciens documents témoignant de son intérêt industriel datent de 1860. L'activité d'extraction perdure pendant 130 ans environ pour cesser définitivement en 1993.

La bauxite a d'abord été exploitée sous le régime des carrières avant d'être considérée comme une substance concessible par le décret du 4 octobre 1960. On distingue ainsi deux périodes d'exploitation :

- Période dite ‘pré-code minier’, avant 1960 : l’extraction de la bauxite était soumise à des autorisations communales. Les règles d’exploitation et de sécurité n’étaient pas strictes ; la seule obligation était d’imposer un responsable des travaux sur les sites. Ainsi, les informations relatives aux travaux de cette période sont incomplètes voire inexistantes sur certains secteurs.

Certaines exploitations n’ont d’ailleurs pu être localisées faute d’informations précises.

- Période après 1960 : suite au changement administratif des conditions d’exploitation de la bauxite, des demandes de concessions et PEX sont déposées par des entreprises (Pechiney, Ugine, Union des Bauxites) et par un particulier, M. Rondani. La renonciation des concessions des Baux et de Maussane date de 2005.

Les travaux effectués au cours de ces deux périodes sont différenciables sur le terrain par les méthodes d’exploitations utilisées et les étendues concernées. Une trentaine de site ont été inventoriés ; leurs principales caractéristiques sont recensées en illustration 2.

⇒ Au total, plus de 5 000 000 tonnes de minerai ont été extraites.

Nom du site	Référence BDSTM	Régime d’exploitation	Période d’exploitation	Remarques
Les Canonnettes	13SM0001	Carrières + mines	1898 à 1914 1923 à 1930 1934 à 1936  1942 à 1944  1971 à 1990	L’Union des Bauxites aurait exploité à ciel ouvert et en souterrain  Pechiney exploite pour le compte de l’Union des Bauxites et son propre compte  Pechiney exploite à ciel ouvert et en souterrain
Viaud Ricaud	13SM0002	Carrières	1898 à 1914 1923 à 1930 1934 à 1936  1949 à 1962	L’Union des Bauxites aurait exploité à ciel ouvert et en souterrain  Exploitation en souterrain par M. Rondani. En 1963, l’Union des bauxites attaque M. Rondani car ses travaux souterrains empièteraient sur des parcelles de l’Union des Bauxites.
Clapiers	13SM0018	Carrières	?	Quelques travaux limités
Manville Ouest	13SM0003	Carrières	?	Nombreux grattages, tranchées et quelques galeries

Manville Est et/ou Château de Manville	13SM0005	Carrières	?	Ce secteur n'a pas été investigué. Une carrière aurait existé, mais aucune donnée précise n'a été retrouvée dans les archives
Mas Rouge	13SM0006	Carrières + Mines	1849, 1861, 1923  1950 à 1981	Exploitations à ciel ouvert  Exploration par M. Rondani à ciel ouvert
Parisot	13SM0008	Carrières	1905 à 1914	En 1875, la 1 <sup>ère</sup> réelle exploitation de bauxite de la région des Alpilles. Puis exploitation par Pechiney. Exploitation à ciel ouvert et en souterrain
Mas Flandrin	13SM0010	Carrières	?	Présence de traces d'anciens travaux : tranchée, quelques grattages, quelques ouvrages de recherche, sans extension souterraine.
Calans (Hameau)	13SM0012	Carrières	?	Des excavations auraient été réalisées.
Fangas	13SM0013	Carrières	?	De nombreuses excavations à ciel ouvert jalonnent ce secteur. Une extension en souterrain est présente.
Fléchons et/ou Pyramide	13SM0014	Carrières	?	Une carrière est recensée.
Arcoules	13SM0019	Carrières	1902 à 1907	Aucune zone d'affleurement ni trace de travaux n'a été repérée sur le terrain. Une petite exploitation aurait pourtant été menée (archives). Une carrière est située au nord-ouest de ce secteur sans pouvoir établir un lien fiable avec la bauxite.
Grand Méjean	13SM0020	Carrières	?	Aucune donnée d'archive : affleurement dissimulé par une végétation dense, mais des traces d'anciens travaux sont présents. Les travaux retrouvés correspondent peut-être en partie à ceux du Mas Flandrin.
Destet	13SM0017	Carrières	?	Seules des reconnaissances auraient été réalisées. Aucune trace d'anciens travaux n'a été retrouvée sur le terrain
Haute-Galline	13SM0021	-	-	Selon les investigations de terrain et archives, aucune exploitation ne semble avoir été menée.

Entreconque	13SM0011	-	-	Selon les investigations de terrain et archives, aucune exploitation ne semble avoir été menée.
Gourgonnier	13SM0015	Carrières	?	Seules des reconnaissances auraient été réalisées ? une déclaration de carrière aurait été faite au domaine du Gourgonnier en 1938.
Baubesse	Non référencé	Carrières	1873 à 1890  1947 à 1958	Secteur mentionné dans les archives. L'affleurement a été observé sur le terrain, mais aucune trace d'anciens travaux n'a été retrouvée.  Autre phase d'exploitation possible
Anna Mas	Non référencé	Carrières	?	La bauxite rouge sommitale aurait été exploitée ponctuellement. Présence d'excavation, galeries, puits
Trencades	Non référencé	Carrières	?	De vieux travaux sans réelle production auraient été réalisés. Aucun indice de travaux n'a été repéré sur le terrain.
Vallon Rouge	Non référencé	Carrières	?	Aucune réelle exploitation n'a été menée du fait de la mauvaise qualité de la bauxite. Quelques traces de grattages de faible extension sont visibles sur le terrain.
Séraitlet, Camini Luen ou Mas Viret, Romani, Val de Lavis, Cordeliers	Non référencés	Carrières	1924 pour Camini Luen	Ces secteurs n'ont pas été <u>investigués lors de la phase informative</u> . Ils sont situés sur la ligne d'affleurement la plus au nord du secteur d'étude. Le dépouillement des archives n'a pas permis d'identifier de réels travaux sur ces secteurs.
Mas Méjean	Non référencé	Carrières	Ouverture en 1946?	Le scan 25 localise au Mas Méjean une ancienne mine. Aucune donnée d'archive n'a été retrouvée. Les travaux retrouvés sur le terrain correspondent certainement en partie à ceux du secteur de Manville Ouest.
Plateforme de Fontvielle	Non référencé	-	-	il s'agit probablement d'un quai de chargement de la bauxite.

Grands Calans	Non référencé	Carrières	1873 à 1890	Des autorisations d'exploiter retrouvées. Seule une zone de grattage a été retrouvée sur le terrain.
			1947 et 1958	Autre phase d'exploitation possible
Mas de la Dame	Non référencé	Carrières	1873 à 1890	Une autorisation d'exploiter a été retrouvée. Sur le terrain, aucun affleurement ou zone de grattage n'a été retrouvé.
			1947 à 1958	Autre phase d'exploitation possible

**Illustration 2 : Bilan des sites d'exploitation de bauxite répertoriés**  
*En gris les sites où des traces de travaux souterrains sont présentes.*

### **3.1.3. Méthodes d'exploitation**

➤ Période dite 'pré-code minier', avant 1960 :

- Avant le début du XX<sup>e</sup> siècle :
  - Carrières souterraines : les travaux correspondent tout d'abord à de petits grattages aux affleurements, voire des puits de recherche peu profonds pour explorer le gisement. Ensuite, des méthodes par chambres et piliers abandonnés peu organisées sont utilisées pour les gisements subhorizontaux.
  - Carrières à ciel ouvert : pour les gisements verticaux et/ou d'une puissance importante, l'exploitation se faisait à ciel ouvert par tranches. L'exploitation est artisanale, au pic et à la pioche.
- Entre le début du XX<sup>e</sup> siècle et 1960 :
  - Carrières souterraines : la méthode des chambres et piliers abandonnés est toujours utilisée, mais elle se rationalise et tient compte du pendage du gisement.  
Pour cette période, aucun plan des travaux n'a été retrouvé dans les archives. Mais les visites réalisées dans le secteur du Mas Méjean confirment l'utilisation de cette méthode.
  - Carrières à ciel ouvert : les exploitations sont menées par des professionnels de la carrière.

D'une façon générale, avant 1960, des petits puits étaient fréquemment creusés pour remonter le minerai et faciliter l'aérage.

A cette époque, les exploitations étaient limitées à l'aval immédiat des affleurements ; la profondeur et l'extension aval étaient limitées : profondeur maximale de l'ordre de 50 m et l'extension aval maximale de l'ordre de 100 m.

➤ Période après 1960 :

- Mines souterraines des Canonnettes et de Viaud Ricaud : la méthode des chambres et piliers abandonnées est utilisée avec des taux de défrètement variant de 50 à 64% en fonction de la profondeur. L'exploitation a été menée entre la subsurface et 80 m de profondeur.
- Mines à ciel ouvert :
  - Mine moderne des Canonnettes : la méthode utilisée est celle des tranches. L'excavation est creusée en suivant la pente du gisement et s'enfonce vers le nord. Notons que l'extension réelle de la mine à ciel ouvert des Canonnettes est moins importante que le projet envisagé reporté sur certains plans d'archives. En fin d'exploitation, la partie amont pendage de l'exploitation a été en grande partie remblayée (excepté la partie où sont situées les départs des deux descenderies principales GCa1 et GCa2).
  - Mine du Mas Rouge : les excavations réalisées dans le cadre du code minier sont la continuité de celles réalisées sous le régime des carrières. Elles sont creusées en suivant la couche et s'enfoncent vers le nord. La bauxite a été enlevée suivant un front subvertical.  
Une partie des stériles a permis le remblaiement d'excavations adjacentes comme par exemple la carrière Lagier (entièrement remblayée) et l'excavation ouest (en partie remblayée).

### **3.1.4. Etat actuel des sites d'exploitation**

A ce jour, sur les sites d'exploitation de bauxite, les objets et vestiges miniers suivants ont été identifiés et positionnés sur carte (Illustration 3, Annexe A):

- vingt-quatre puits,
- soixante-neuf galeries ou descenderies,
- trente-trois grattages
- vingt-huit mines à ciel ouvert (MCO),
- seize dépôts miniers de surface,
- douze désordres correspondant à des effondrements localisés, dépressions, crevasses du toit calcaire,
- les composants de l'alimentation électrique de la mine (site des Canonnettes),
- huit sondages d'exhaure équipés de pompes (site des Canonnettes),
- six bassins de décantation dont deux sont remplis d'une eau rougeâtre (site des Canonnettes),
- les bâtiments préfabriqués de la mine (site des Canonnettes).

Les quatre derniers types de vestige, situés sur le site des Canonnettes, ont été repris par le Syndicat Intercommunal à Vocation Unique (SIVU).

Actuellement, un système de surveillance est en place à l'aplomb de la mine des Canonnettes ; il permet d'enregistrer les déplacements horizontaux et verticaux du sol.

Nom secteur	Galeries	Puits	Grattages	Exploitations à ciel ouvert	Terrils	Désordres
Anna Mas	3 ouvertes et pénétrables	-	3	2	1	
Arcoules	-	-	1	1	-	
Canonnettes	13 (dont 6 ouvertes et pénétrables)	1	-	1 (en partie remblayée)	5	
Clapiers	3 ouvertes et pénétrables	5 ouverts	3	1		
Fangas	3 ouvertes et pénétrables	1 (dépression)	3	4		3 crevasses dans le toit calcaire/chute de toit
Fléchons	-	-	2	1	1	
Grand Méjean	7 (dont 1 ouverte et pénétrable)	5 (dont 3 ouverts)	4	5	1	
Mas Flandrin	1	2	2	1	1	
Grands Calans	-	-	-	1		
Mas Méjean	6 (dont 5 ouvertes et pénétrables)	1	2			3 dépressions/effondrements localisés
Manville Ouest	6 (dont 4 ouvertes et pénétrables)	2 (dont 1 ouvert)	2	2	1	1 effondrement localisé donnant accès aux travaux souterrains
Parisot	14 (dont 12 ouvertes et pénétrables)	3 (dont 2 ouverts)	1	4 (1 en partie remblayée)	1	4 dépressions
Viaud Ricaud	11 (dont 4 ouvertes et pénétrables)	3 (dont 1 ouvert)	5	1	2	
Vallon Rouge	-	-	1	-	-	1 dépression ou grattage ?
Trencades	-	-	2			
Mas Rouge	-	-	-	4 (1 remblayée et 1 en partie)	2	
Hors secteurs	2	1	1	-	1	

***Illustration 3 : Bilan des vestiges miniers inventoriés sur les différents sites d'exploitation de bauxite***

Précisons que les sites Val de Lavis, Séraillet, Camini Luen, Romani, Cordeliers, situés sur l'affleurement correspondant au flanc sud du synclinal de Saint-Rémy n'ont pas été inspectés sur le terrain. Dans les archives, aucun objet ou vestige minier n'est inventorié sur ces sites. Seuls deux entrées de galerie, un puits et un grattage ont été inventoriés hors secteur, sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence (Annexe C, Illustration 4<sup>3</sup>)

<sup>3</sup> Ces ouvrages situés sur la commune de Saint-de-Provence avaient été oubliés lors de la cartographie. Nous avons donc rajouté, en annexe C, une carte positionnant ces éléments sur cette commune



## La surveillance

Entre 1976 et 1988, la mine souterraine moderne des Canonnettes a été l'objet d'une surveillance des éventuelles évolutions de la topographie par l'exploitant. Aucun mouvement n'a été décelé sur cette période.

Mais, étant donné qu'aucune mise en sécurité (par remblaiement par exemple) n'a été portée au réseau de chambres et piliers de la mine, en 2004, un arrêté préfectoral impose à Pechiney la reprise de la surveillance topographique.

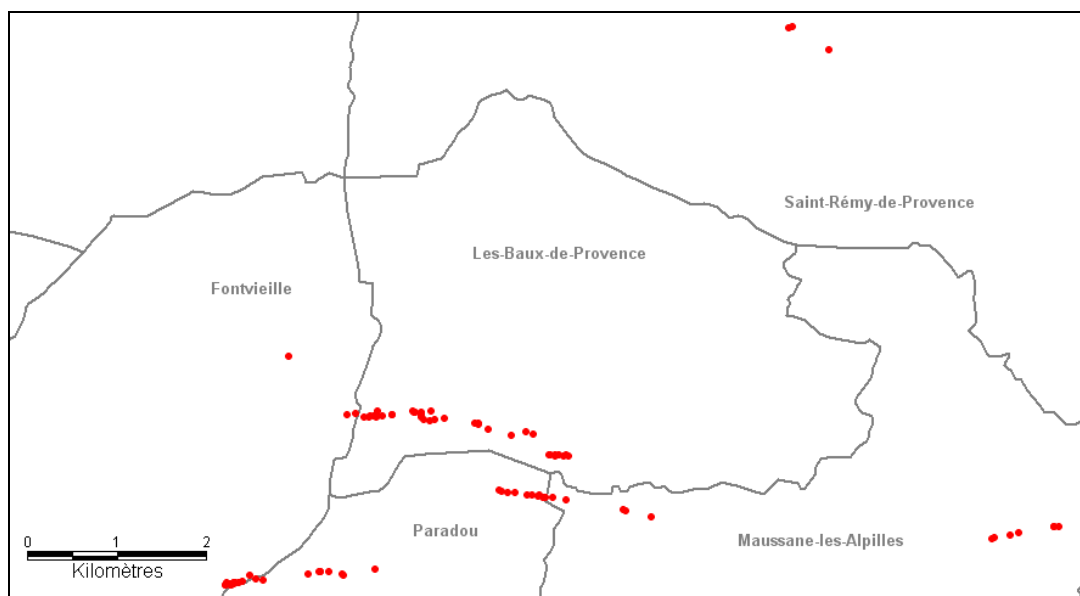
Dans l'état actuel des connaissances, basé sur les rapports de suivi de surveillance de 2007 et 2009, il ne semble pas y avoir d'instabilité notable. Néanmoins, nous attirons l'attention sur le fait que ces conclusions sont basées sur des résultats peu fiables étant donné que les bornes de mesure ont été régulièrement malmenées (dégradation, déplacement, enlèvement) par les débroussaillages et les passages des véhicules de lutte contre les incendies.

## Ouvrages miniers

En 1981 et 1997, Pechiney a mis en sécurité quelques ouvrages dangereux, dont certains datent du régime des carrières mais situés sur l'emprise des concessions des Baux et de Maussane. Néanmoins, à ce jour, de nombreux ouvrages pré-concession éparpillés sur les affleurements n'ont pas fait l'objet de traitement lors de l'arrêt des travaux d'extraction. En l'état actuel des connaissances, au moins une quarantaine d'entrées de galerie et une dizaine de puits pénétrables ont été inventoriés (Illustrations 3 et 4).

Dans ce cadre, signalons que dans les années 1975, un touriste allemand est décédé suite à une chute dans un vieux puits de Bauxite (nous ne connaissons pas l'ouvrage, mais il était situé à 2 ou 3 km au nord du village de Maussane)

Il conviendrait de sécuriser les ouvrages encore ouverts et pénétrables, pouvant présenter un danger pour les visiteurs.

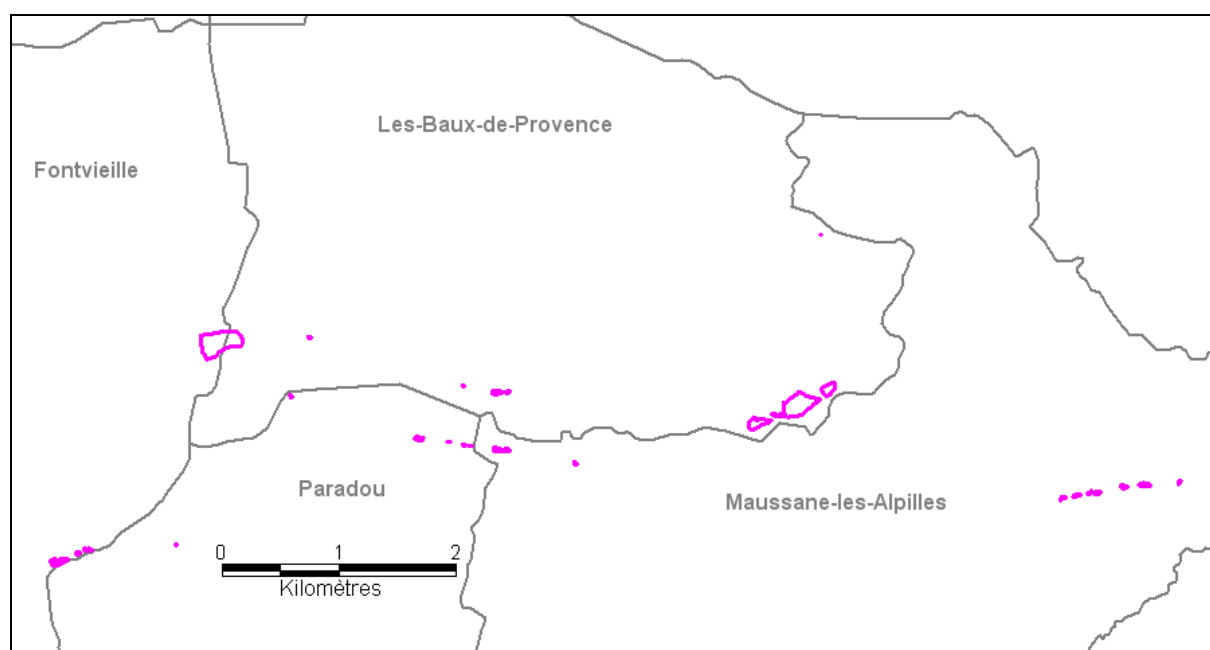


*Illustration 4 : Schéma de la répartition géographique des ouvrages miniers inventoriés*

## Travaux à ciel ouvert

Ces travaux correspondent à des mines à ciel ouvert ou à des tranchées. Les excavations sont généralement non remblayées sauf quatre d'entre elles (Illustrations 3 et 5). Les hauteurs de ces excavations sont comprises entre 4 et 35 m pour la grande MCO des Canonnettes (MCO1), avec une hauteur moyenne d'une dizaine de mètres.

Celles qui sont non remblayées peuvent être sujettes à des mouvements de pente de leur front, de type écoulement rocheux et/ou glissement.



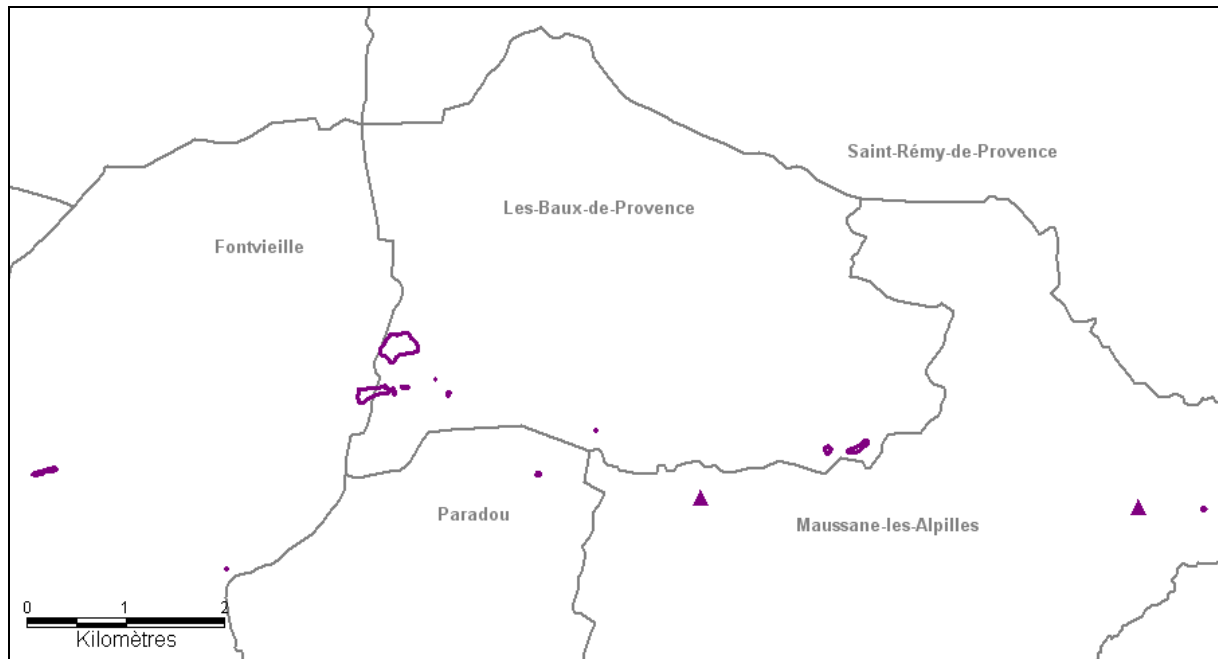
*Illustration 5 : Schéma de la répartition géographique des travaux à ciel ouverts inventoriés*

## Dépôts

Les dépôts observés (Illustrations 3 et 6) sont généralement restreints en volume ; il varie de 50 m<sup>3</sup> à 1 million de m<sup>3</sup> avec une moyenne d'environ 70 000 m<sup>3</sup>.

Parmi ces seize dépôts, sept sont en partie ou totalement végétalisés.

En l'état actuel des connaissances, aucune instabilité n'a été observée sur ces ouvrages de dépôt.



*Illustration 6 : Schéma de la répartition géographique des dépôts inventoriés*

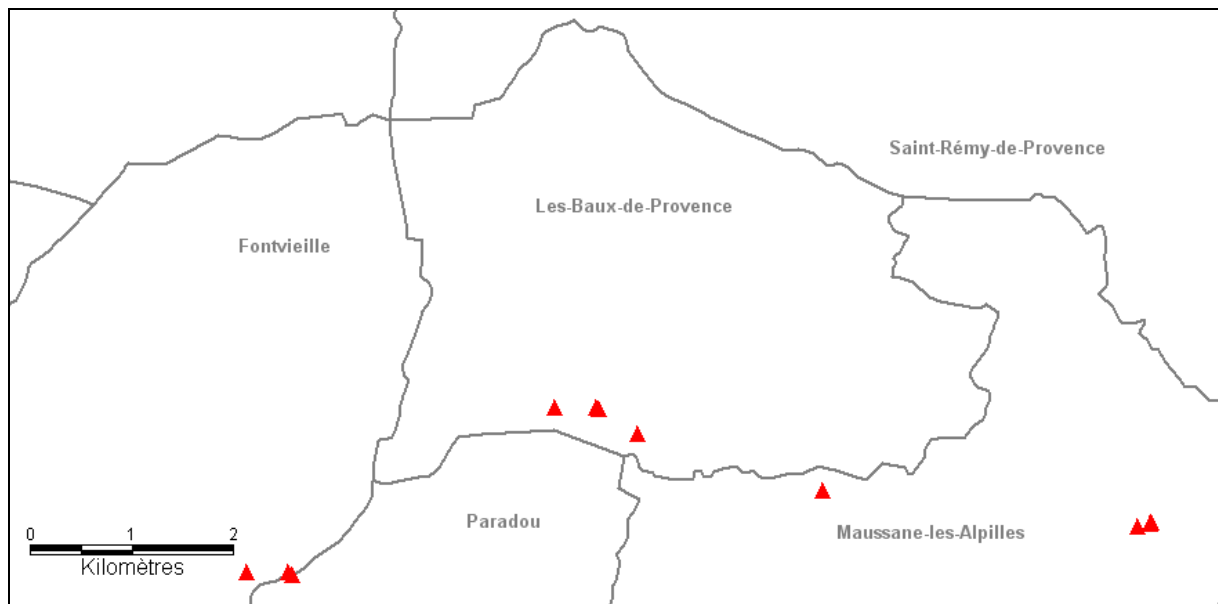
## **Désordres**

Durant la période pré-code minier, les archives recensent quelques cas de chutes de toit.

Cette prédisposition aux chutes de toit a été confirmée par les investigations de terrain : en effet, les galeries visitées lors de l'inspection de terrain sont fréquemment bouchées par des éboulements et des chutes de toit. Notons qu'aucune conséquence en surface n'a été observée au droit de ces désordres, même pour les travaux peu profonds.

Il est important de signaler que ces chutes de toit représentent un risque corporel pour les éventuelles personnes s'introduisant dans les travaux.

Seul un effondrement localisé (D4) observé au droit de la zone Manville Ouest, donne directement accès aux travaux souterrains. Les autres sont de simples dépressions (Illustrations 3 et 7).



*Illustration 7 : Schéma de la répartition géographique des désordres inventoriés*

### **3.2. Phase aléas**

Le décret en conseil d'Etat n° 2000-547 du 16 juin 2000 relatif à l'application des articles 94 et 95 du code minier stipule que les PPRM sont élaborés et mis en œuvre dans les conditions prévues par la loi du 22 juillet 1987 ainsi que par le décret du 5 octobre 1995. Les aléas pris en compte, au titre de l'article 2 du décret du 5 octobre 1995 sont notamment les suivants : affaissements, effondrements localisés, inondations, émanations de gaz dangereux, pollutions des sols ou des eaux, émissions de rayonnements ionisants.

On pourra se reporter au rapport INERIS DRS-10-113411-07585A en annexe B pour le détail des phénomènes et l'évaluation des aléas et à l'annexe D pour la cartographie des aléas.

L'illustration 18 présente les phénomènes retenus, les configurations correspondantes et les niveaux d'aléas pour les sites d'exploitation de bauxite sur le secteur d'étude.

L'aléa gaz de mine n'a pas été étudié car ce n'est pas justifié pour ce type de gisement bauxitique.

Concernant l'aspect « environnement », dans la mesure où la méthodologie d'évaluation de l'aléa pollution des eaux et des sols n'est pas validée à ce jour, aucun aléa n'a été évalué dans le cadre de la présente étude.

### 3.2.1. Aléas sur travaux souterrains

#### **Caractéristiques des terrains du toit et du recouvrement**

En l'absence d'information précise à l'échelle du bassin, les terrains du toit et du recouvrement sont généralement marno-calcaire ; ils sont :

- Localement compétents
- D'épaisseur variable
- Présentant des passages franchement calcaires et des passées marno-calcaires
- Localement, principalement aux affleurements, fracturés et diaclasés

Ainsi, dans le cas d'une rupture des édifices souterrains, ces terrains marno-calcaires pourraient présenter deux comportements :

- Fléchir sur toute leur épaisseur, sans se rompre intégralement et n'engendrer qu'un déplacement en surface de type affaissement,
- Casser de façon plus dynamique sur toute l'épaisseur et conduire à une rupture brutale en surface de type effondrement généralisé.

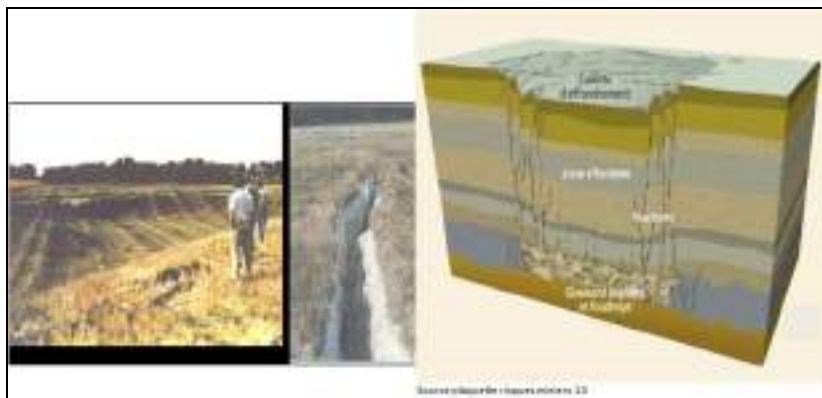
En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de trancher ; ainsi, les deux aléas « affaissement » et « effondrement généralisé » seront évalués.

#### **Effondrement généralisé**

Il s'agit d'un mouvement de terrain qui se manifeste par l'enfoncement brutal de plusieurs mètres d'une zone d'extension spatiale importante. Il résulte de la rupture simultanée et brutale de tout ou partie des ouvrages du fond (Illustration 8). Ce type de phénomène est rare et lié aux conditions d'exploitation particulières suivantes :

- existence d'une zone d'exploitation partielle (chambres et piliers) étendue, non-remblayée et aux piliers sous-dimensionnés,
- présence d'un ou plusieurs bancs raides au sein du recouvrement, capable de reprendre au moins temporairement, le poids des terrains.

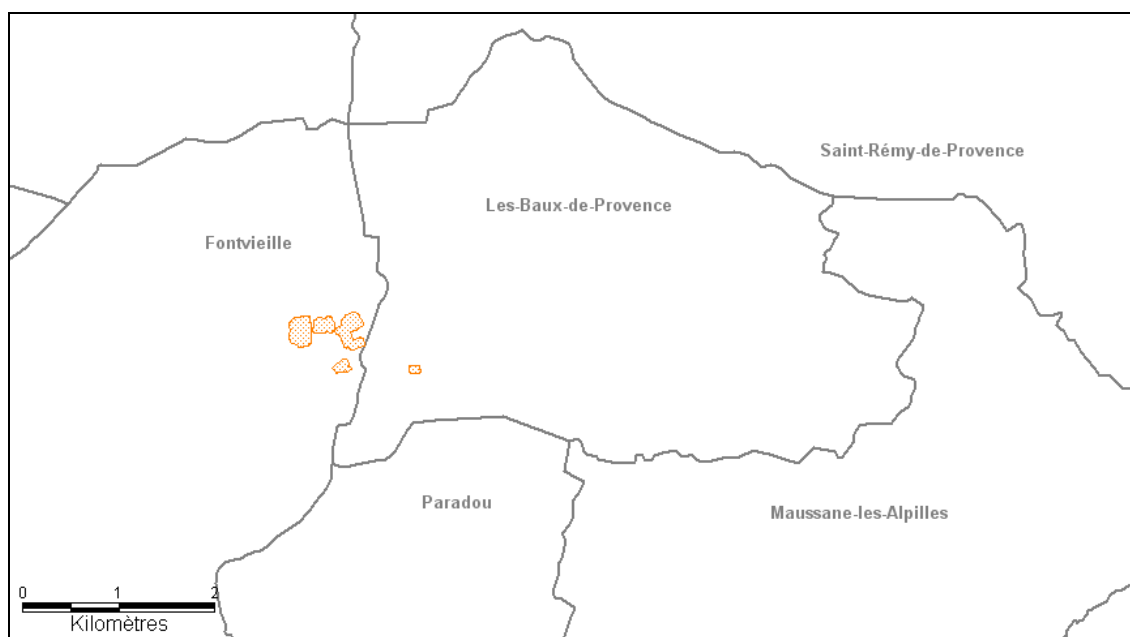
Le caractère brutal et étendu de ce phénomène peut mettre en péril la sécurité des personnes et des biens situés dans l'emprise de l'instabilité.



*Illustration 8 : Exemple d'effondrement généralisé*

Dans le cas présent et en l'état actuel des connaissances (§ 3.2.1.), nous ne pouvons exclure ce phénomène. Ainsi, à l'aplomb des exploitations de bauxite du secteur des Baux, l'aléa effondrement généralisé a été retenu uniquement sur les secteurs où les piliers sont sous-dimensionnés, avec (Illustrations 18 et 9, Annexe D) :

- ✓ un « **niveau moyen** » :
  - A l'aplomb de la carrière souterraine de Viaud Ricaud (Rondani),
  - A l'aplomb de la mine souterraine récente des Canonnettes,



*Illustration 9 : Schéma de la répartition des enveloppes de l'aléa effondrement généralisé (moyen en orange)*

D'un point de vue cartographique, l'aléa effondrement généralisé correspond à une surface comprenant :

- ♦ l'enveloppe des travaux considérés,
- ♦ l'incertitude de localisation de travaux,

Notons que pour l'effondrement généralisé, aucune extension latérale n'est prise en compte ; en effet seuls les terrains à l'aplomb des travaux sont concernés par le phénomène.

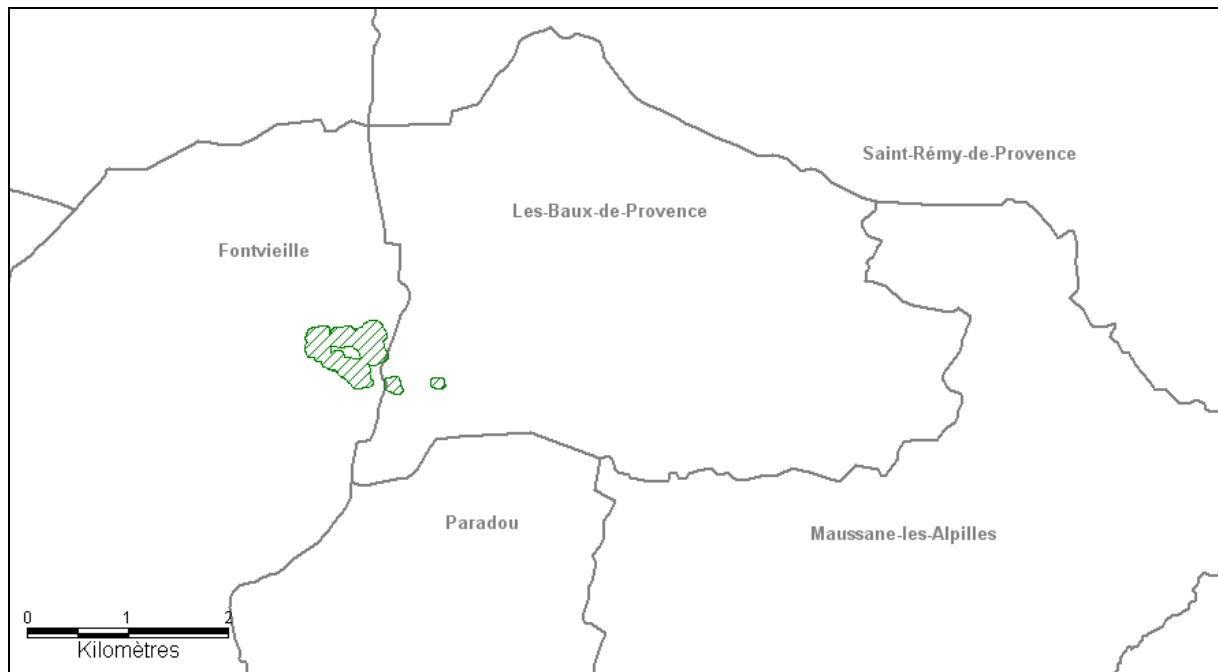
## **Affaissement**

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement d'édifices souterrains (par exemple : rupture successive de piliers, foudroyage du toit...). Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique sans rupture cassante, contrairement aux effondrements généralisés.

Les conditions d'apparition de ce type de phénomène sont identiques à celles de l'effondrement généralisé, mais avec un recouvrement capable de se déformer de façon souple et non cassante.

Dans le cas présent et en l'état actuel des connaissances (§ 3.2.1.), nous ne pouvons exclure ce phénomène. Ainsi, à l'aplomb des exploitations de bauxite du secteur des Baux, l'aléa affaissement a été retenu avec (Illustrations 18 et 10, Annexe D) :

- ✓ un « **niveau faible** » :
  - A l'aplomb de la carrière souterraine de Viaud Ricaud (Rondani),
  - A l'aplomb de la mine souterraine des Canonnettes.



*Illustration10 : Schéma de la répartition des enveloppes de l'aléa affaissement (faible en vert)*

D'un point de vue cartographique, l'aléa affaissement correspond à une surface comprenant :

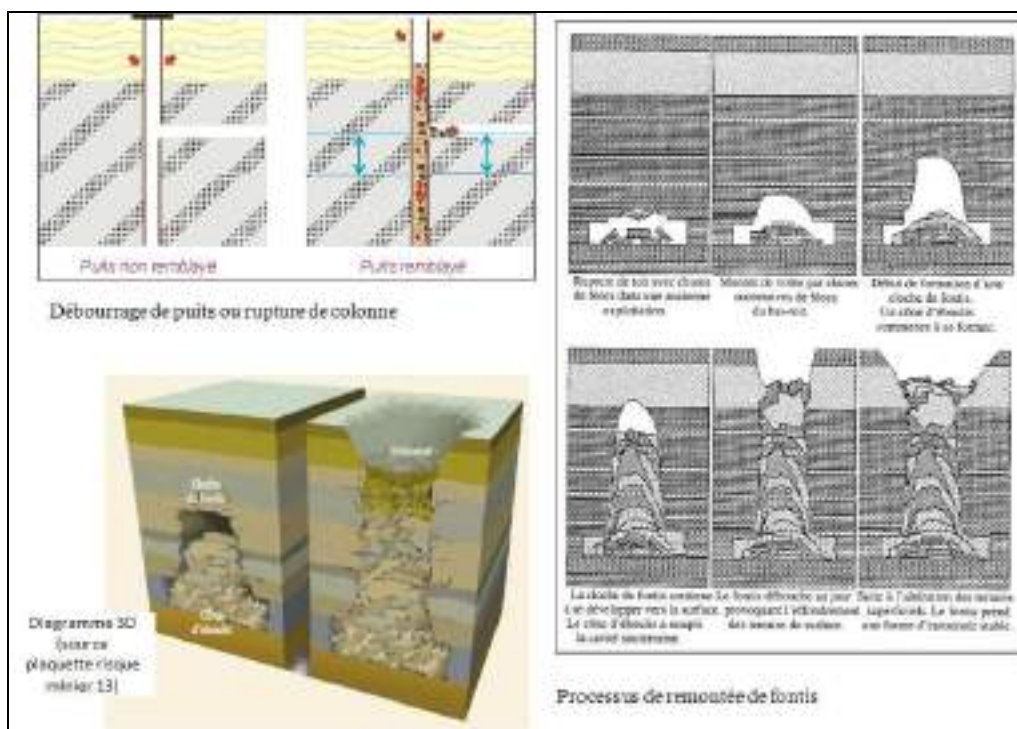
- ◆ l'enveloppe des travaux considérés,
- ◆ l'incertitude de localisation de travaux,
- ◆ l'extension latérale correspondant à la zone d'influence du phénomène.

### **Effondrement localisé**

Il s'agit de l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont les caractéristiques géométriques dépendent du phénomène initiateur et du comportement des terrains sus-jacents.

L'effondrement localisé peut être la conséquence soit de la remontée au jour d'un vide initié en profondeur (fontis sur une galerie par exemple) ou encore de la rupture d'une colonne de puits. On voit ci-dessous l'illustration du phénomène de fontis (Illustrations 11 et 12).

On retiendra que pour les sites étudiés, les configurations favorables à ce type de phénomène sont les galeries et les secteurs exploités à faible profondeur. Ces configurations sont en effet favorables à la persistance éventuelle de vides souterrains susceptibles de remonter jusqu'au jour. Les orifices d'ouvrage sont également propices à des phénomènes de type déboufrage ou éboulement de tête de puits.



**Illustration 11 : Schématisations des deux processus à l'origine des effondrements localisés**

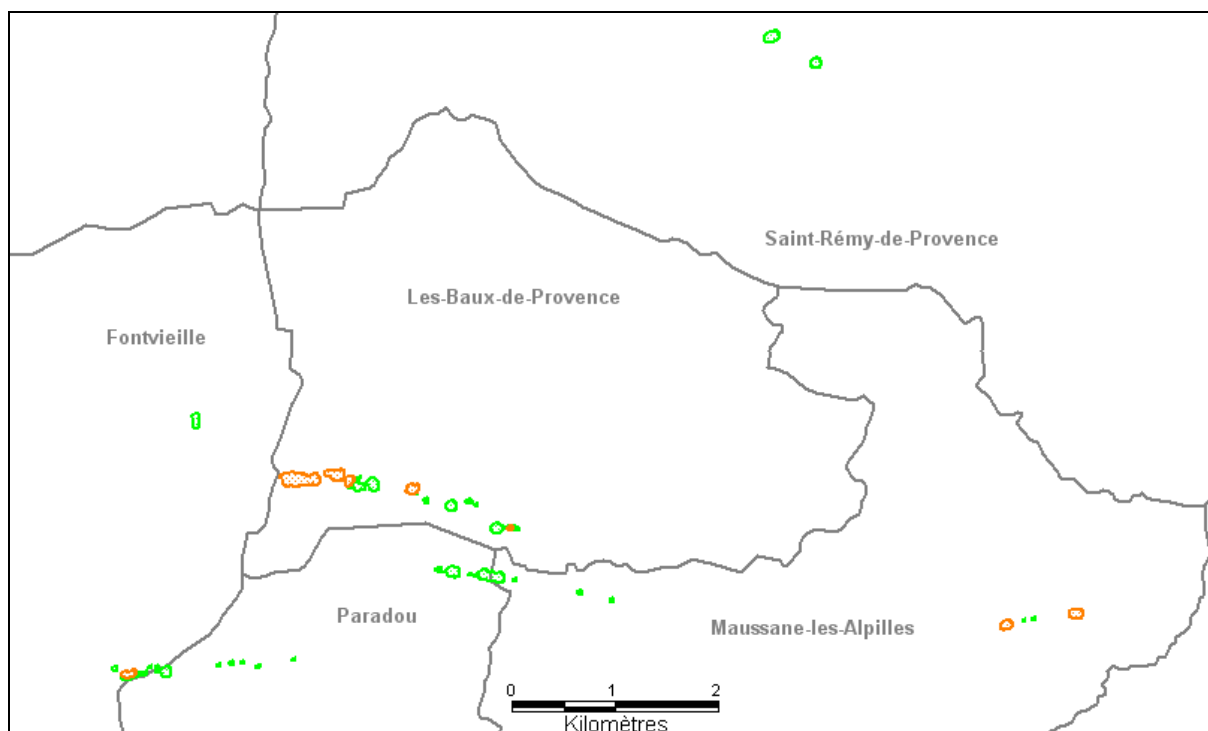


**Illustration 12 : Effondrement localisé de grande dimension**



A l'aplomb des exploitations de bauxite du secteur d'étude, l'aléa effondrement localisé a été retenu avec (Illustrations 18 et 13, Annexe D<sup>4</sup>) :

- ✓ Pour l'effondrement localisé lié aux puits :
  - un « **niveau faible** » pour tous les puits inventoriés
- ✓ Pour l'effondrement localisé lié aux travaux d'exploitation et aux galeries :
  - un « **niveau moyen** » :
    - à l'aplomb de tous les travaux miniers souterrains situés entre 0 et 25 m de profondeur.
  - un « **niveau faible** » :
    - à l'aplomb des galeries isolées : seulement les portions de galeries situées entre 0 et 15 m de profondeur.



*Illustration 13 : Schéma de la répartition des enveloppes de l'aléa effondrement localisé (faible en vert, moyen en orange)*

D'un point de vue cartographique, l'aléa effondrement localisé a été défini de la façon suivante :

<sup>4</sup> Deux enveloppes d'aléa effondrement localisé de niveau faible situées sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence avaient été oubliées lors de la cartographie. Nous avons donc rajouté, en annexe D, une carte d'aléa effondrement localisé concernant cette commune

- Pour les puits, les zones d'aléa effondrement localisé correspondent à un disque comprenant :
- ♦ l'emprise de l'ouvrage,
  - ♦ l'incertitude de localisation,
  - ♦ la marge d'influence relative à l'extension latérale du cône d'effondrement.
- Pour les zones de travaux et galeries isolées, les zones d'aléa effondrement localisé correspondent à :
- ♦ l'enveloppe des travaux à faible profondeur ou tracé des galeries,
  - ♦ l'incertitude de localisation,
  - ♦ la marge d'influence relative à l'extension latérale du cône d'effondrement.

### **3.2.2. Aléas sur dépôts et excavations**

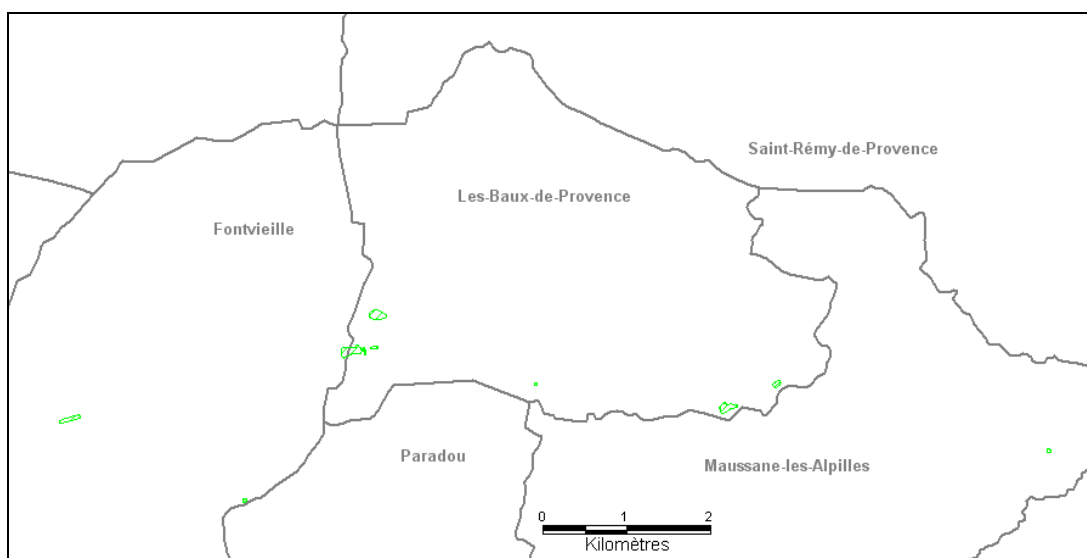
#### **Tassement**

Il s'agit d'un phénomène de recompaction d'un massif meuble ou affecté par les travaux souterrains lié aux variations importantes de conditions environnementales ou de surcharges.

D'une manière générale, cet aléa est souvent présent au dessus des zones exploitées en souterrain à relativement faible profondeur, des ouvrages de dépôts, des découvertes ainsi qu'au droit des ouvrages remblayés.

Dans le cas présent, compte tenu de la nature marno-calcaire des terrains de recouvrement, globalement compétents, nous écartons la possibilité d'apparition de ce type de phénomène au droit des zones exploitées.

L'aléa tassement de niveau faible a été retenu sur les zones de dépôts ou les excavations remblayées les plus importantes plutôt planes (Illustration 14 et annexe D).



***Illustration 14 : Schéma de la répartition des enveloppes de l'aléa tassement sur dépôts de surface (faible en vert)***

D'un point de vue cartographique, l'aléa tassement a été défini de la façon suivante :

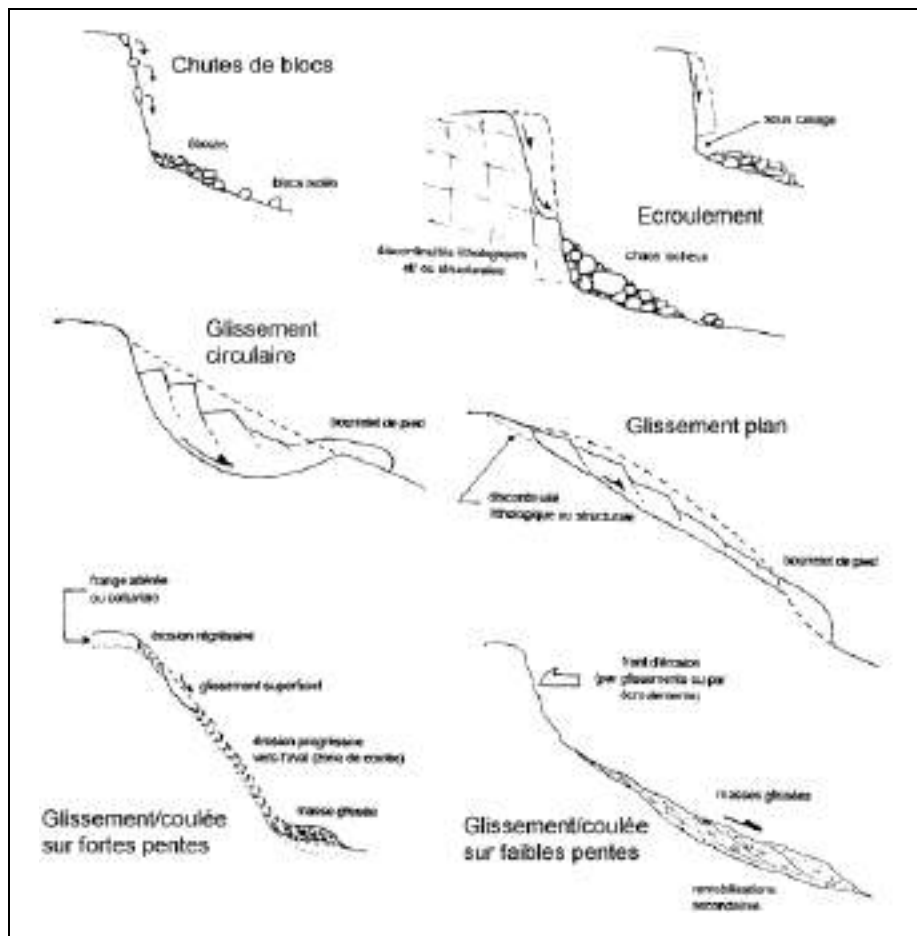
- ♦ l'emprise du dépôt,
- ♦ l'incertitude de position évaluée.

Notons qu'aucune marge latérale n'a été retenue puisque nous considérons que le tassement se manifeste au droit exact des dépôts.

### **L'instabilité de pente**

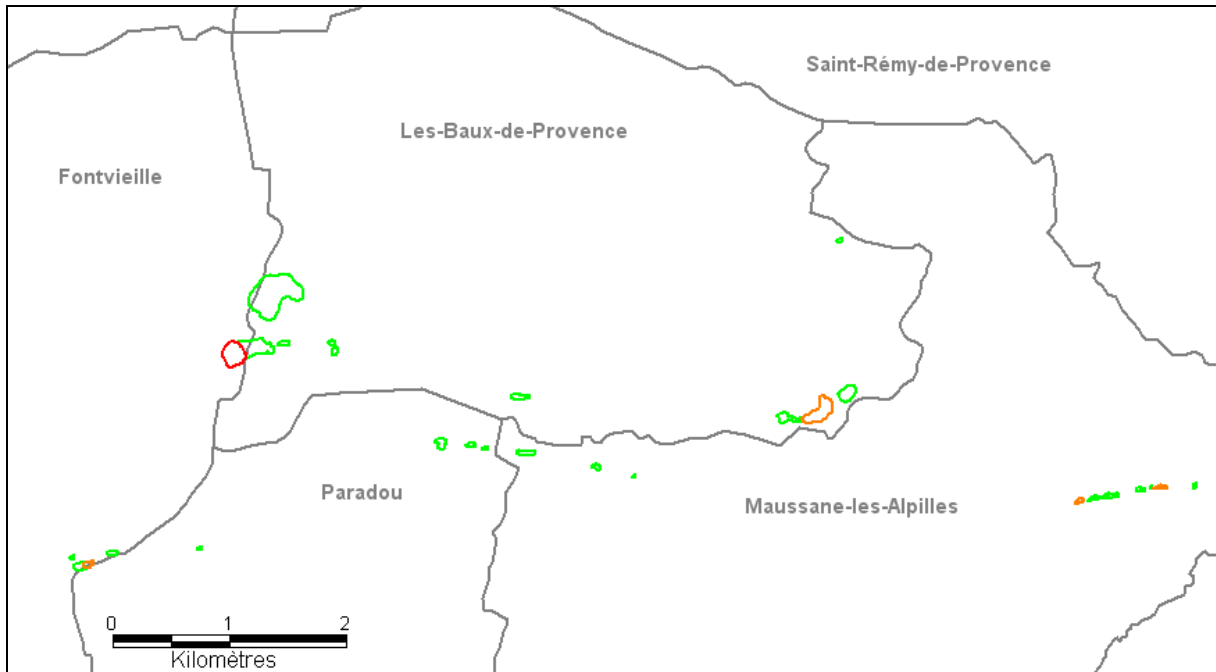
L'instabilité de pente regroupe plusieurs phénomènes (Illustration 15) :

- les glissements de terrain concernant principalement les massifs de matériaux meubles ou faiblement cohérents. L'intensité de ce phénomène dépend généralement des quantités de matériaux déplacés, mais aussi de la profondeur de la surface de glissement,
- les coulées boueuses correspondant à des glissements superficiels concernent des matériaux quasi-liquides et pouvant donc se propager sur de très grandes distances,
- les éboulements, écroulements, chutes de blocs concernent plus particulièrement les falaises ou talus rocheux.

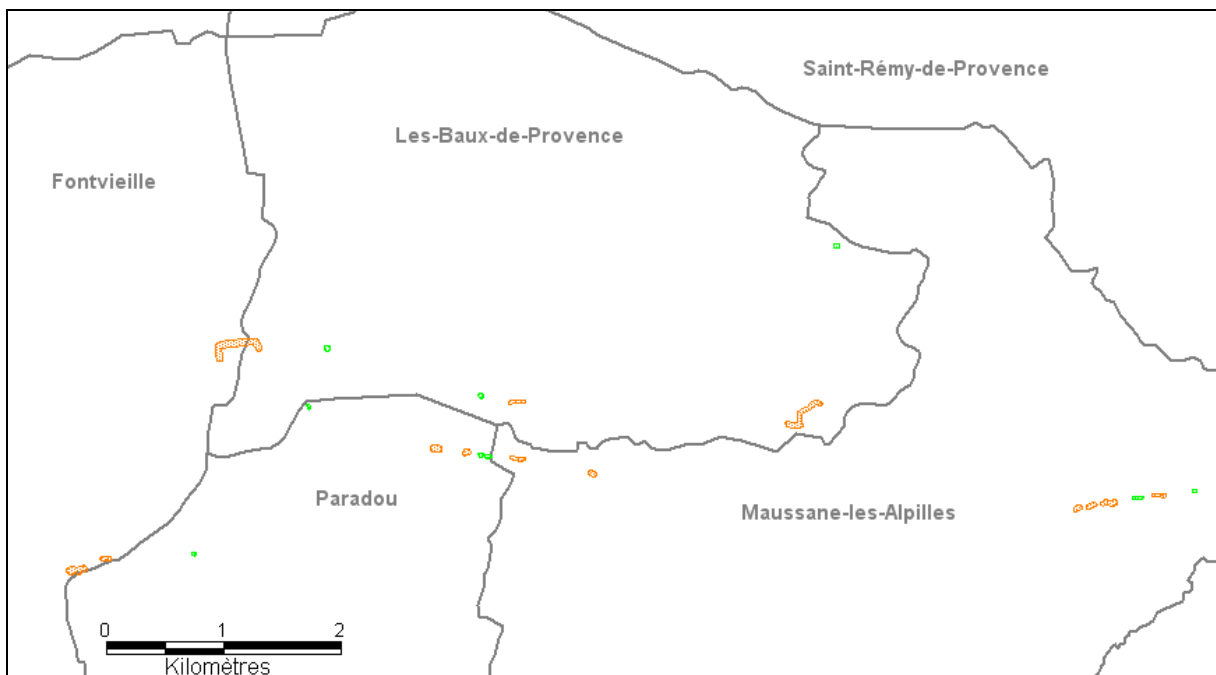


*Illustration 15 : Représentation schématique de plusieurs types d'instabilités de pentes*

Dans le cas présent, nous avons retenu de l'aléa glissement sur quelques uns des flancs d'excavations et des dépôts miniers de surface, de l'aléa écoulement rocheux sur quelques uns des flancs d'excavations les plus hautes et présentant des signes d'instabilités. Les niveaux retenus sont détaillés sur les illustrations 16 et 17.



***Illustration 16 : Schéma de la répartition des enveloppes de l'aléa glissement sur dépôts de surface (faible en vert, moyen en orange, fort en rouge)***



***Illustration 17 : Schéma de la répartition des enveloppes de l'aléa écoulement rocheux sur flancs de découvertes (faible en vert, moyen en orange)***

D'un point de vue cartographique, les aléas glissement et écoulement rocheux correspondent à une surface comprenant :

Pour le glissement :

→ Configuration subhorizontale :

- ♦ l'incertitude de position,
- ♦ l'extension latérale correspondant à la hauteur du flanc du dépôt répartie de part et d'autre de son contour.

→ Configuration pentée :

- ♦ l'incertitude de position,
- ♦ l'extension latérale correspondant à une hauteur et demie du flanc du dépôt répartie de part et d'autre de son contour : ½ en amont + 1 en aval.

Pour l'écroulement rocheux :

- ♦ l'incertitude de position du front rocheux,
- ♦ l'extension latérale correspondant à la hauteur du front rocheux répartie de part et d'autre de celui-ci (½ hauteur pour l'épandage + ½ hauteur pour le recul de la ligne de crête).

Aléa	Configuration	Fort	Moyen	Faible
Affaissement	Travaux souterrains en chambres et piliers abandonnés	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur de Viaud Ricaud : à l'aplomb de la carrière souterraine de Viaud Ricaud (Rondani) uniquement le secteur avec de larges piliers et traçages de galeries à l'entrée de la carrière</li> <li>• Secteur des Canonnettes : A l'aplomb de la mine souterraine</li> </ul>
Effondrement généralisé	Travaux souterrains en chambres et piliers abandonnés	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur de Viaud Ricaud : à l'aplomb de la carrière souterraine de Viaud Ricaud (Rondani)</li> <li>• Secteur des Canonnettes : à l'aplomb de la mine souterraine récente des Canonnettes</li> </ul> <p>→ Les secteurs où les piliers sont sous-dimensionnés</p>	-
Effondrement localisé	Travaux miniers souterrains	-	A l'aplomb de tous les travaux situés entre 0 et 25 m de profondeur	A l'aplomb des galeries isolées entre 0 et 15 m de profondeur

	Puits	-	-	Autour de tous les puits
Tassement	Sur les dépôts miniers de surface et excavations remblayées	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur des Canonnettes : T1, T2, T3, T4, T5,</li> <li>• Secteur Parisot : Tr18</li> <li>• Secteur du Mas Rouge : MCO2, MCO4,</li> <li>• Plate-forme de Fontvieille : T14,</li> <li>• Secteur Fléchons : T13,</li> <li>• Secteur de Manville Ouest : T7.</li> </ul>
Glissement	Sur les dépôts miniers de surface et flancs d'excavations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur des Canonnettes : flanc amont pendage de la MCO1 confondue avec la partie non végétalisée de T2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur Parisot : MCO6,</li> <li>• Secteur Fangas : Tr12,</li> <li>• Secteur Anna Mas : Tr17</li> <li>• Secteur Mas Rouge : flanc amont pendage de la MCO3 confondue avec la verse T16</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur des Canonnettes : T1, partie végétalisée de T2, T3, T4, T5,</li> <li>• Secteur Parisot : T10, MCO5, Tr19,</li> <li>• Secteur Viaud Ricaud : T6, Tr1,</li> <li>• Secteur Fangas : Tr13, Tr14, Tr15,</li> <li>• Secteur Manville Ouest : Tr3,</li> <li>• Secteur Anna Mas : Tr16, T12,</li> <li>• Secteur du Mas Rouge : MCO4, T11,</li> <li>• Secteur Mas Flandrin : Tr9, T8,</li> <li>• Secteur Grands Calans : Tr11,</li> <li>• Secteur Grand Méjean : Tr4, T9, Tr5, Tr6, Tr8,</li> <li>• Secteur Fléchons : Tr22,</li> </ul>
Eroulement rocheux	Sur les fronts de d'excavations	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur des Canonnettes : MCO1,</li> <li>• Secteur Parisot : MCO5 ; MCO6, TR19</li> <li>• Secteur de Manville Ouest : Tr3,</li> <li>• Secteur de Fangas : Tr12, Tr13, Tr14, Tr15,</li> <li>• Secteur Anna Mas : Tr17,</li> <li>• Secteur du Mas Rouge : MCO3, Tr10</li> <li>• Secteur Mas Flandrins : Tr9,</li> <li>• Secteur Grand Méjean : Tr4, Tr5, Tr8,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur Clapiers : Tr20,</li> <li>• Secteur des Arcoules : Tr21,</li> <li>• Secteur Viaud Ricaud : Tr1,</li> <li>• Secteur de Manville Ouest : Tr2,</li> <li>• Secteur Anna Mas : Tr16,</li> <li>• Secteur Grand Calans : Tr11</li> <li>• Secteur Grand Méjean : Tr6, Tr7,</li> <li>• Secteur Fléchons : Tr22.</li> </ul>

**Illustration 18 : Aléas retenus sur les sites d'exploitation de bauxite de la région des Alpilles**

## 4. Conclusion

---

Les aléas miniers mis en évidence au cours de cette étude sont de type effondrement généralisé, affaissement, effondrement localisé, à l'aplomb des travaux souterrains, ils sont de type tassement, glissement et écoulement rocheux, sur les dépôts de surface et les excavations. Ces aléas sont de niveaux faible à fort et concernent les communes de Saint-Rémy-de-Provence, Maussane-les-Alpilles, les Baux-de-Provence, Fontvieille, le Paradou.

Les secteurs exploités sont en grande majorité occupés par des zones de forêt ou des milieux semi-naturels ; ils sont tous exempts d'habitations d'après la BD Ortho de l'IGN année 2008.

Une partie plus minime des secteurs exploités est occupée par des oliveraies ou d'autres surfaces agricoles.

L'aléa « **effondrement généralisé** » concerne les sites des Canonnettes et de Viaud Ricaud avec un niveau moyen. Cet aléa impacte les communes de Fontvieille et des Baux-de-Provence.

L'aléa « **affaissement** » concerne les sites des Canonnettes et de Viaud Ricaud avec un niveau faible. Cet aléa impacte les communes de Fontvieille et des Baux-de-Provence.

L'aléa « **effondrement localisé** » concerne uniquement les sites des Canonnettes, Anna Mas, Viaud Ricaud, Mas Méjean, Parisot, Clapiers, Grand Méjean, Manville Ouest, Mas Flandrin, Fangas avec des niveaux moyen et faible. Cet aléa impacte les communes des Baux-de-Provence, Fontvieille, Maussane-les-Alpilles, Paradou et Saint-Rémy-de-Provence.

L'aléa « **tassement** » sur les dépôts de surface et remblais d'excavations concerne les sites des Canonnettes, Parisot, Fléchons, Manville Ouest, Mas Rouge, Plate-forme de Fontvieille avec un niveau faible. Cet aléa impacte les communes des Baux-de-Provence, Fontvieille et Maussane-les-Alpilles.

L'aléa « **glissement** » sur les dépôts de surface et flancs de certaines excavations concerne les sites des Canonnettes, Parisot, Viaud Ricaud, Anna Mas, Fléchons, Grand Méjean, Manville Ouest, Mas Flandrin, Mas Rouge, Fangas, Grands Calans, avec des niveaux faible à fort. Cet aléa impacte les communes des Baux-de-Provence, Fontvieille, Maussane-les-Alpilles, Paradou.

L'aléa « **écroulement rocheux** » sur les flancs de certaines excavations concerne les sites des Canonnettes, Parisot, Viaud Ricaud, Anna Mas, Fléchons, Grand Méjean, Manville Ouest, Mas Flandrin, Mas Rouge, Arcoules, Clapiers, Fangas, Grands Calans avec a été retenu avec des niveaux faible et moyen. Cet aléa impacte des communes des Baux-de-Provence, Fontvieille, Maussane-les-Alpilles, la Paradou.

Nous attirons l'attention sur le fait qu'un certain nombre d'ouvrages sont pénétrables et mériteraient d'être mis en sécurité. On se reportera à l'annexe A pour la liste des différents objets miniers inventoriés dans le cadre de l'étude et leurs principales caractéristiques. Dans les années 1975, un touriste allemand a fait une chute mortelle dans un puits ouvert. En l'état actuel des connaissances, au moins une quarantaine d'entrées de galerie et une dizaine de puits pénétrables ont été identifiés sur les sites de Canonnettes, Parisot, Clapiers, Anna Mas, Viaud Ricaud, Manville Ouest, Fangas, Mas Méjean, Grand Méjean. Notons que tous les ouvrages n'ont pas systématiquement été visités et recherchés : ce n'était pas l'objectif de l'étude.

De plus, signalons que sur le site de Manville Ouest, un effondrement localisé (D4) donne directement accès aux travaux souterrains. Ce désordre nécessitera, comme les ouvrages ouverts, une mise en sécurité.

Les informations concernant ces ouvrages pénétrables (leur nombre et caractéristiques) seront affinés lors de l'inventaire des ODJ sur ces sites programmé en 2012. Dans ce cadre, des propositions de mise en sécurité pour chacun d'eux seront formulées, le cas échéant.



## **ANNEXE A**

*Caractéristiques principales des ouvrages débouchant au jour,  
dépôts miniers de surface et désordres inventoriés concernant  
les sites d'exploitation de bauxite du secteur des Alpilles  
en région PACA - département des Bouches-du-Rhône*



## Commune des Baux-de-Provence

Les sites bauxite inventoriés et situés en totalité ou en partie sur la commune des Baux-de-Provence sont les suivants : Canonnettes, Viaud Ricaud, Mas Méjean, Manville Ouest, Manville Est, Mas Rouge, Grands Calans, Mas de la Dame, Baubesse. En plus des ouvrages, désordres, MCO et terrils listés ci-après, 11 grattages ont été identifiés sur les sites Canonnettes, Viaud Ricaud, Mas Méjean, Manville Ouest. Précisons que le site de Manville Est n'a pas été visité.

### 1. Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour inventoriés sur la commune des Baux-de-Provence

Nom d'ouvrage (Site)	Type d'ouvrage	Dimensions (m)	Incertitude position (m)	Etat de l'ouvrage	Vu/non vu
PMO1 (Manville ouest)	Puits	Diam. : 2 Prof. : 7	50	Non retrouvé	Non vu
PMO2 (Manville ouest)	Puits	Diam. : 2 Prof. : 4	10	Ouvert	Vu
GMO1 (Manville ouest)	Descenderie	Larg. : 2 Haut. : 2	10	Entrée ouverte	Vu
GMO2 (Manville ouest)	Descenderie	Larg. : 2 Haut. : 1,8	10	Entrée ouverte. Niveau d'eau à 10 m de l'entrée	Vu
GMO3 (Manville ouest)	Galerie	-	10	Entrée remblayée/effondrée	Vu
GMO4 (Manville ouest)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 1,5	10	Entrée ouverte	Vu
GMO5 (Manville ouest)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 1,5	10	Entrée ouverte	Vu
GMO6 (Manville ouest)	Galerie	Larg. : 1,5	10	Entrée remblayée	Vu
PMM1 (Mas Méjean)	Puits	Diam. : 2 Prof. : 5	50	Non retrouvé	Non vu
GMM1 (Mas Méjean)	Descenderie	Larg. : 2 Haut. : 2 Long. : 82	15	Entrée ouverte	Vu
GMM2 (Mas Méjean)	Descenderie	Larg. : 2 Haut. : 2 Long. : 80	10	Entrée ouverte	Vu
GMM3 (Mas Méjean)	Galerie	Larg. : 2 Haut. : 2 Long. : 30	10	Entrée ouverte	Vu
GMM4 (Mas Méjean)	Galerie	Larg. : 2 Haut. : 0,3	10	Entrée remblayée au ¾	Vu
GMM5 (Mas Méjean)	Descenderie	Larg. : 2 Haut. : 1 Long. : 10	10	Entrée ouverte	Vu
GMM6 (Mas Méjean)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 1,5	10	Entrée ouverte mais recouverte de ronces	Vu
PVR2 (Viaud Ricaud)	Puits	Prof. : 10	13	Non recherché	Non vu
PVR3 (Viaud Ricaud)	Puits ou entrée	-	13	Non retrouvé	Non vu
PVR1 (Viaud Ricaud)	Puits	Diam. : 3 Prof. : 10	10	Ouvert	Vu
GVR3 (Viaud Ricaud)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 1,3	10	Entrée remblayée	Vu

GVR1 (Viaud Ricaud)	Descenderie	Larg. : 2 Haut. : 2 Long. : 60	10	Entrée remblayée	Vu
GVR2 (Viaud Ricaud)	Galerie	-	13	Entrée remblayée	Non vu
GVR11 (Viaud Ricaud)	Galerie	-	13	Non recherchée	Non vu
GVR4 (Viaud Ricaud)	Galerie	Larg. : 2 Haut. : 2,2	10	Entrée ouverte	Vu
GVR5 (Viaud Ricaud)	Galerie	Larg. : 4 Haut. : 2,2	10	Entrée ouverte	Vu
GVR6 (Viaud Ricaud)	Galerie	-	10	-	Vu
GVR7 (Viaud Ricaud)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 0,3	10	Entrée remblayée au ¾	Vu
GVR8 (Viaud Ricaud)	Galerie + tranchée d'accès	Larg. : 2 Haut. : 2 Long. : 35	10	Entrée ouverte	Vu
GVR9 (Viaud Ricaud)	Galerie	Larg. : 1,65 Haut. : 2 Long. : 55	18	Entrée remblayée	Vu
GVR10 (Viaud Ricaud)	Galerie	Larg. : 2,2 Haut. : 1,9 Long. : 50	50	-	Non vu
PCa1 (Canonnettes)	Puits	Prof. : 45	28	Non recherché	Non vu
GCa4 (Canonnettes)	Galerie	Larg. : 8,5 Long. : 10	50	-	Non vu
GCa5 (Canonnettes)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 0,3	10	Entrée remblayée au ¾	Vu
Plan incliné n°2 – GCa6 (Canonnettes)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 0,3	10	Entrée remblayée au ¾	Vu
Lampisterie/Magasin – GCa7 (Canonnettes)	Galerie	Larg. : 4 Haut. : 2 Long. : 10	10	Entrée ouverte	Vu
Descenderie n°3 – GCa8 (Canonnettes)	Descenderie	Larg. : 4 Haut. : 2	10	Entrée en partie remblayée	Vu
GCa9 (Canonnettes)	Galerie	Larg. : 1,5 Haut. : 0,5	10	Entrée remblayée	Vu
Plan incliné n°1 – GCa10 (Canonnettes)	Galerie	Long. : 150	18	Non retrouvé	Non vu
GCa11 (Canonnettes)	Galerie	-	10	Grattage ?	Vu
GCa12 (Canonnettes)	Galerie	-	18	Non retrouvé	Non vu
GCa13 (Canonnettes)	Descenderie	-	18	Non retrouvé	Non vu

## **2. Caractéristiques de dépôts miniers de surface inventoriés sur la commune des Baux-de-Provence**

<b>Nom du dépôt (Site)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dimensions au sol (m)</b>	<b>Observations</b>	<b>Vu/non vu</b>
Dépôt centre Mas Rouge – T16 (Mas Rouge)	100000	200 * 40	En partie végétalisée. Dépôts mis en place à la fin de l'exploitation pour la remise en état du site (remodelage).	Vu
Dépôt Lagier – T11 (Mas Rouge)	5000	60 * 60	Terril entièrement boisé.	Vu
Plate-Forme Manville Ouest – T7 (Manville ouest)	50	15 * 15	Non végétalisée. A proximité d'ouvrages ouverts	Vu
Zone 2 de dépôt de Viaud Ricaud – T6 (Viaud Ricaud)	1500	35 * 20	Non végétalisé. Zone de dépôts avec plate-forme et monticule	Vu
Zone 1 de dépôt de Viaud Ricaud – T5 (Viaud Ricaud)	< 50	10 * 10	En partie végétalisé	Vu
Grande verse – T1 (Canonnettes)	1 000 000	375 * 230	Entièrement végétalisée sauf partie sommitale. Talutée en 7 à 8 gradins de moins de 10 m de hauteur, banquettes larges.	Vu
Stock 2 – T5 (Canonnettes)	1000	75 * 10	En grande partie végétalisée. Forme une plate-forme végétalisée de pins et talus à l'aval muré en pierre.	Vu
Stock 1 – T4 (Canonnettes)	2000	45 * 20	Non visité	Non vu
Plate-forme vieux travaux – T3 (Canonnettes)	500	15 * 15	Non végétalisée. Plate-forme correspondant probablement à un ancien carreau ou zone d'infrastructure minière	Vu
Verse 2 – T2 (Canonnettes)	50 000	220 * 60	En partie végétalisée. Dépôts mis en place à la fin de l'exploitation pour la remise en état du site (remodelage).	Vu

## **3. Caractéristiques des désordres miniers inventoriés sur la commune des Baux-de-Provence**

<b>Nom du désordre</b>	<b>Type</b>	<b>Dimensions (m)</b>	<b>Observations</b>	<b>Vu/Pas vu</b>
D1 (Mas Méjean)	Dépression/effondrement localisé	Diam. = 3 Prof. = 1		Vu
D2 (Mas Méjean)	Dépression/effondrement localisé	2,8 * 1,7 Profondeur : 4	Antérieur à 1984	Vu
D3 (Mas Méjean)	Effondrement localisé	2 * 3 Profondeur : 0,5	-	Vu
D4 (Manville Ouest)	Effondrements localisés	Diam. : 10 Prof. = 5	Plusieurs effondrements localisés sur travaux en chambres et piliers à faible profondeur	Vu

#### 4. Caractéristiques des MCO sur la commune des Baux-de-Provence

Nom de la MCO (Site)	Etat	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
Carrière Lagier – MCO2 (Mas Rouge)	Remblayée	-	Plantation de roseaux	Vu
MCO Mas Rouge centre – MCO3 (Mas Rouge)	Non remblayée. Présence d'eau	Hauteur max. = 20	Front verticaux	Vu
MCO Mas Rouge est – MCO4 (Mas Rouge)	Pas d'eau. En partie remblayée	Hauteur max. = 8	-	Vu
Fouille des Grands Calans – Tr11 (Grands Calans)	En partie en eau. Non remblayée	Hauteur max. = 10	Non visité, mais indications fournies par un habitant	Non vu
Excavation Manville Ouest – Tr2 (Manville ouest)	Pas d'eau. Pas de remblais	Hauteur max. = 5	-	Vu
Tranchée principale Manville ouest – Tr3 (Manville ouest)	Pas d'eau. Pas de remblais	Hauteur max. = 5	-	Vu
Carreau Viaud Ricaud – Tr1 (Viaud Ricaud)	Pas d'eau. Pas de remblais	Hauteur max. = 7	-	Vu
Grande MCO des Canonnettes – MCO1	Pas d'eau. En partie remblayée	Hauteur max. = 35	Front sud remodelé, fronts nord, est et ouest verticaux avec une banquette à mi-hauteur	Vu

## Commune de Fontvieille

Les sites bauxite inventoriés et situés en totalité ou en partie sur la commune de Fontvieille sont les suivants : Parisot, Canonnettes, Plate-forme de Fontvieille. En plus des ouvrages, désordres, MCO et terrils listés ci-après, 1 grattage a été identifié sur le site Parisot et 6 bassins de décantation dont 2 sont en eau (eau rougeâtre) sur le site des Canonnettes.

### 1. Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour inventoriés sur la commune de Fontvieille

Nom d'ouvrage (Site)	Type d'ouvrage	Dimensions (m)	Incertitude position (m)	Etat de l'ouvrage	Vu/non vu
PPa3 (Parisot)	Puits	Diam. = 1,5 Prof. = 20	10	Ouvert et dégradé	Vu
PPa4 (Parisot)	Puits	Diam. = 6 Prof. = 21	10	Ouvert, maçonné les 2 premiers mètres	Vu
GPa2 (Parisot)	Descenderie	Diam. = 1,5	10	Entrée remblayée	Vu
GPa3 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 2 Long. = 122	13	-	Vu
GPa4 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 2	13	Entrée ouverte	Vu
GPa5 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 2	13	Entrée ouverte	Vu
GPa6 (Parisot)	Galerie	Larg. = 1,5 Haut. = 1,5	13	Entrée ouverte	Vu
GPa7 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 1,5 Long. = 15	13	Entrée ouverte	Vu
GPa8 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 1,5 Long. = 25	13	Entrée ouverte	Vu
GPa9 (Parisot)	Galerie	Larg. = 5 Haut. = 1,5 Long. = 15	13	Entrée ouverte	Vu
GPa10 (Parisot)	Galerie	Larg. = 1,5 Haut. = 1,5 Long. = 25	13	Entrée ouverte	Vu
GPa11 (Parisot)	Galerie	Larg. = 1,5 Haut. = 0,5	13	Entrée en partie remblayée et dégradée	Vu
GPa12 (Parisot)	Galerie	Larg. = 1,5 Haut. = 1,5 Long. = 20	13	Entrée ouverte et dégradée	Vu
GPa13 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 2 Long. = 8	13	Entrée ouverte	Vu
GPa14 (Parisot)	Galerie	Larg. = 2 Haut. = 2 Long. = 8	13	Entrée ouverte	Vu
Galerie D1 – GCa1 (Canonnettes)	Galerie	Larg. = 6 Haut. = 2 Long. = 15	13	Entrée en partie remblayée	Vu
Galerie D2 – GCa2 (Canonnettes)	Galerie	-	10	Entrée murée	Vu
Galerie D3 – GCa3 (Canonnettes)	Galerie	-	28	Non recherchée	Non vu

## **2. Caractéristiques de dépôts miniers de surface inventoriés sur la commune de Fontvieille**

Nom du dépôt (Site)	Volume (m <sup>3</sup> )	Dimensions au sol (m)	Observations	Vu/non vu
Plate-forme de Fontvieille – T14 (Plate-forme T14)	5000	240 * 15	Non végétalisée. Probablement quai de chargement de la bauxite.	Vu
Dépôt Parisot – T10 (Parisot)	< 150	10 * 10	Végétalisée. Monticule de dépôts dans une zone boisée	Vu
Verse 2 des Canonnettes – T2 (Canonnettes)	50 000	220 * 60	En partie végétalisée. Dépôts mis en place en fin d'exploitation pour le remise en état (remodelage) du site	Vu

## **3. Caractéristiques des désordres miniers inventoriés sur la commune de Fontvieille**

Nom du désordre (Site)	Type	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
D5 (Parisot)	Dépression	Diam. = 3 Prof. = 0,5	-	Vu
D6 (Parisot)	Dépression	Diam. = 2 Prof. = 0,3	-	Vu
D7 (Parisot)	Dépression	Diam. = 6 Prof. = 1,5	-	Vu

## **4. Caractéristiques des MCO inventoriés sur la commune de Fontvieille**

Nom de la MCO (Site)	Etat	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
Tranchée Parisot – Tr19 (Parisot)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 8	Extrémité ouest présente des fronts verticaux	Vu
Autre excavation Parisot – Tr18 (Parisot)	Pas d'eau. En partie remblayée par des déchets variés	Hauteur max. = 5	-	Vu
MCO Parisot est – MCO6 (Parisot)	Présence d'eau. Pas de remblayage	Hauteur max. = 15	La quasi-totalité des fronts sont verticaux	Vu
MCO Parisot ouest – MCO5 (Parisot)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 15	Fronts nord et est verticaux	Vu
Grande MCO des Canonnettes – MCO1 (Canonnettes)	Pas d'eau. En partie remblayée	Hauteur max. = 35	Front sud remodelé, fronts nord, est et ouest verticaux avec une banquette à mi-hauteur	Vu



## Commune du Paradou

Les sites bauxite inventoriés et situés en totalité ou en partie sur la commune du Paradou sont les suivants : Grand Méjean, Arcoules, Clapiers, Parisot. En plus des ouvrages, désordres, MCO et terrils listés ci-après, 6 grattages ont été identifiés. Ils sont répartis sur les sites de Grand Méjean et Clapiers.

### 1. Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour inventoriés sur la commune du Paradou

Nom d'ouvrage (Site)	Type d'ouvrage	Dimensions (m)	Incertitude position (m)	Etat de l'ouvrage	Vu/non vu
PGM1 (Grand Méjean)	Puits	Diam. = 2,2 Prof. = 16	10	Ouvert et dégradé	Vu
PGM2 (Grand Méjean)	Puits	Diam. = 2	15	Non recherché	Non vu
PGM3 (Grand Méjean)	Puits	Diam. = 3 Prof. = 8	10	Ouvert. Eau à quelques mètres	Vu
PGM4 (Grand Méjean)	Puits	Diam. = 2 Prof. = 5	10	Remblayé. Dégradé	Vu
PGM5 (Grand Méjean)	Puits	Diam. = 2,5 Prof. = 6	50	Non retrouvé	Non vu
GGM2 (Grand Méjean)	Galerie	Diam. = 1,8 Haut. = 1,5	50	Non retrouvée	Non vu
GGM3 (Grand Méjean)	Galerie	Diam. = 1	10	Entrée remblayée/effondrée	Vu
GGM4 (Grand Méjean)	Galerie	Diam. = 2 Haut. = 2 Long. = 2	10	Entrée ouverte	Vu
GGM5 (Grand Méjean)	Galerie	Diam. = 2 Haut. = 0,2	10	Entrée remblayée/effondrée	Vu
GGM6 (Grand Méjean)	Galerie	Long. = 4	50	Non retrouvée	Non vu
PCI1 (Clapiers)	Puits	2 * 4 Prof. = 6	10	Ouvert	Vu
PCI2 (Clapiers)	Puits	Diam. = 2 Prof. = 5	10	Ouvert	Vu
PCI3 (Clapiers)	Puits	Diam. = 2 Prof. = 5	10	Ouvert	Vu
PCI4 (Clapiers)	Puits	2 * 4 Prof. = 5	10	Ouvert	Vu
PCI5 (Clapiers)	Puits	2 * 4 Prof. 1,5	10	Ouvert	Vu
GCI1 (Clapiers)	Galerie	Diam. = 1,5 Haut. = 1,5 Long. = 2	10	Ouverte	Vu
GCI2 (Clapiers)	Galerie	Diam. = 1,5 Haut. = 1,5 Long. = 7	10	Entrée en partie remblayée/effondrée	Vu
GCI3 (Clapiers)	Galerie	Diam. = 1,5 Haut. = 1,5	10	Entrée ouverte. Eau à quelques mètres de l'entrée	Vu
PPa1 (Parisot)	Puits	Diam. = 2,5	10	Remblayé	Vu
GPa1 (Parisot)	Galerie	-	50	Non retrouvée	Non vu

## **2. Caractéristiques de dépôts miniers de surface inventoriés sur la commune du Paradou**

Nom du dépôt (Site)	Volume (m <sup>3</sup> )	Dimensions au sol	Observations	Vu/non vu
Dépôt ouest de Grand Méjean – T9 (Grand Méjean)	2000	40 * 40 m	Végétation épars. Verses et monticules de faible volume.	Vu

## **3. Caractéristiques des désordres miniers inventoriés sur la commune du Paradou**

Nom du désordre	Type	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
D8 (Parisot)	Dépression	Diam. = 4 Prof. = 0,3	-	Vu

## **4. Caractéristiques des MCO inventoriées sur la commune du Paradou**

Nom de la MCO (Site)	Etat	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
Tranchée ouest de Grand Méjean – Tr4 (Grand Méjean)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 10	Extrémité ouest profonde et à front verticaux	Vu
MCO1 centre de Grand Méjean – Tr5 (Grand Méjean)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 10	Quelques fronts verticaux de 3 m de hauteur maximum	Vu
MCO2 centre de Grand Méjean – Tr6 (Grand Méjean)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 5	Quelques fronts verticaux de 3 m de hauteur maximum	Vu
Tranchée est de Grand Méjean – Tr7 (Grand Méjean)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 5	Tranchée très étroite et peu profonde	Vu
Carrière Arcoules – Tr21 (Arcoules)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 4	Origine bauxitique très incertaine	Vu
Tranchée des Clapiers – Tr20 (Clapiers)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 5	Présente quelques fronts verticaux	Vu

## Commune de Maussane-les-Alpilles

Les sites bauxite inventoriés et situés en totalité ou en partie sur la commune de Maussane-les-Alpilles sont les suivants : Fangas, Mas Flandrin, Anna Mas, Grand Méjean, Vallon Rouge, Les Trencades, Calans (Hameau), Entreconque. En plus des ouvrages, désordres, MCO et terrils listés ci-après, 13 grattages ont été identifiés. Ils sont répartis sur les sites de Fléchons, Anna Mas, Fangas, Les Trencades, Vallon Rouge, Mas Flandrin, Grand Méjean.

### 1. Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour inventoriés sur la commune de Maussane-les-Alpilles

Nom d'ouvrage (Site)	Type d'ouvrage	Dimensions (m)	Incertitude position (m)	Etat de l'ouvrage/remarques	Vu/non vu
PFa1 (Fangas)	Puits	Diam. = 3 Prof. = 1	10	Puits supposé - dépression	Vu
PMF1 (Mas Flandrin)	Puits	-	15	Non recherché	Non vu
PMF2 (Mas Flandrin)	Puits	Diam. = 2	15	Deux recettes	Non vu
GAM1 (Anna Mas)	Galerie	Diam. = 2 Haut. = 0,3	10	Tête d'entrée au ¾ remblayée	Vu
GAM2 (Anna Mas)	Galerie	Diam. = 2 Haut. = 2	10	Entrée ouverte – niveau d'eau à 5 m de l'entrée	Vu
GAM3 (Anna Mas)	Galerie	Diam. = 10 Haut. = 2	10	2 entrées en cavage ouvertes	Vu
GFa1 (Fangas)	Galerie	Diam. = 3 Haut. = 6	10	Entrée ouverte	Vu
GFa2 (Fangas)	Galerie	Diam. = 2 Haut. = 2	10	Entrée ouverte	Vu
GFa3 (Fangas)	Galerie	-	13	Entrée ouverte	Vu
GMF1 (Mas Flandrin)	Galerie	Long. = 15	10	-	Vu
GGM1 (Grand Méjean)	Galerie	-	15	-	Non vu
GGM7 (Grand Méjean)	Galerie	-	50	-	Non vu

### 2. Caractéristiques des désordres miniers inventoriés sur la commune de Maussane-les-Alpilles

Nom du désordre (Site)	Type	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
D9 (Fangas)	Crevasse dans toit calcaire	Ouverture décimétrique sur distance métrique à décimétrique	-	Vu
D10 (Fangas)	Crevasse dans toit calcaire	Ouverture décimétrique sur distance métrique à décimétrique	-	Vu
D11 (Fangas)	Chute de blocs		Blocs de petites dimensions	Vu
D12 (Vallon Rouge)	Dépression	Diam. = 1		Vu

### **3. Caractéristiques des MCO inventoriées sur la commune de Maussane-les-Alpilles**

Nom de la MCO (Site)	Etat	Dimensions (m)	Observations	Vu/Pas vu
MCO des Fléchons – Tr22 (Fléchons)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 3	Tranchée très peu large et peu profonde.	Vu
MCO2 d'Anna Mas – Tr16 (Anna Mas)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 7	Front sud proche de la verticale	Vu
MCO1 d'Anna Mas – Tr17 (Anna Mas)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 7	Front sud proche de la verticale	Vu
MCO4 de Fangas – Tr15 (Fangas)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 15	Front sud en surplomb par endroits	Vu
MCO3 de Fangas – Tr14 (Fangas)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 8	-	Vu
MCO2 de Fangas – Tr13 (Fangas)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 8	Front sud vertical, parfois en surplomb	Vu
MCO principale de Fangas – Tr12 (Fangas)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 10	Front sud vertical, parfois en surplomb	Vu
MCO Mas Flandrin – Tr9 (Mas Flandrin)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 10	Majorité des fronts verticaux voir en surplomb	Vu
MCO de la Remise – Tr8 (Grand Méjean)	Pas d'eau ni de remblais	Hauteur max. = 7	Tranchée étroite, peu profonde	Vu

### **4. Caractéristiques des dépôts miniers inventoriés sur la commune de Maussane-les-Alpilles**

Nom du dépôt (Site)	Volume (m <sup>3</sup> )	Dimensions au sol	Observations	Vu/non vu
Plate-forme des Fléchons – T13 (Fléchons)	500	30 * 20	Non végétalisée, faible pente, hauteur < 3 m	Vu
Dépôt centre d'Anna Mas – T12 (Anna Mas)	< 50	10 * 10	Non végétalisée. Petite zone de dépôts en verses et monticules de faibles volumes	Vu
Dépôt Est Mas Flandrin – T8 (Mas Flandrin)	< 50	10 * 10	Faible végétation. Pente 10 à 30°, hauteur < 3 m. Plate-forme à quelques mètres en amont d'habitations	Vu

## **Commune de Saint-Rémy-de-Provence**

Les sites bauxite inventoriés et situés sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence sont les suivants : Val de Lavis, Séraillet, Camini Luen, Romani. Ces sites n'ont pas été visités, mais selon les archives, ils sont concernés par la bauxite, au moins géologiquement.

Sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence, seuls quelques indices d'ouvrages et 1 grattage ont été retrouvés dans les archives. Ces indices sont hors sites d'exploitation inventoriés.

### **1. Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour inventoriés sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence**

Nom d'ouvrage (Site)	Type d'ouvrage	Dimensions (m)	Incertitude position (m)	Etat de l'ouvrage/ remarques	Vu/non vu
Puits Glanum – PX1	Indice/Puits	-	50	Non recherché	Non vu
Cavité 13 – GX1	Galerie	-	50	Non recherchée	Non vu
Cavité 13 – GX2	Galerie	-	50	Non recherchée	Non vu



## **ANNEXE B**

***Rapport de phase informative et d'aléa  
INERIS DRS-10-113411-07585A***

*(hors texte)*





## **ANNEXE C**

### ***Carte informative***

*(2 cartes hors texte)*



## **ANNEXE D**

### *Cartes d'aléas*

*(4 cartes hors texte)*

## **ANNEXE B**

*Rapport de phase informative et d'aléa*  
**INERIS DRS-10-113411-07585A**

*(hors texte)*

RAPPORT D'ÉTUDE  
DRS-10-113411-07585A

23 février 2011

**Exploitations de bauxite des Alpilles dans la  
région des Baux-de-Provence et de Maussane-  
les-Alpilles (13)**

**Phase informative et évaluation des aléas**

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |



# **Exploitations de bauxite des Alpilles dans la région des Baux-de-Provence et de Maussane-les-Alpilles (13)**

## **Phase informative et évaluation des aléas**

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

GEODERIS

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

Gaël Guillon, Technicien supérieure à l'Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

## 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.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Frédéric POULARD	Xavier DAUPLEY	Christophe DIDIER
Qualité	Ingénieur à l'Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et 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-adjoint des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa			



# Table des Matières

<b>A) OBJET ET PRESENTATION GENERALE.....</b>	<b>11</b>
<b>1. OBJET(S).....</b>	<b>13</b>
1.1 Contexte .....	13
1.2 Contenu.....	17
<b>2. RECHERCHES DOCUMENTAIRES .....</b>	<b>17</b>
<b>3. INSPECTIONS SUR SITE ET CONTACTS.....</b>	<b>19</b>
<b>B) PHASE INFORMATIVE .....</b>	<b>21</b>
<b>CHAPITRE 1 : CONTEXTE(S).....</b>	<b>23</b>
<b>4. ECONOMIE ET CONTEXTE ADMINISTRATIF.....</b>	<b>23</b>
<b>5. STRUCTURES ET TECTONIQUE .....</b>	<b>25</b>
5.1 Echelle régionale .....	25
5.2 Echelle locale - Unité des Baux.....	25
<b>6. GEOLOGIE.....</b>	<b>33</b>
6.1 Stratigraphie des Alpilles.....	33
6.2 Mur des formations bauxitiques .....	34
6.3 Toit et recouvrement des formations bauxitiques .....	35
6.4 Formations bauxitiques.....	36
6.5 Géotechnique et valeurs caractéristiques .....	39
<b>7. HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE .....</b>	<b>41</b>
7.1 Hydrologie.....	41
7.2 Hydrogéologie.....	42
<b>8. OCCUPATION DES SOLS ET URBANISME.....</b>	<b>45</b>
<b>CHAPITRE 2 : EXPLOITATION(S) MINIERE(S).....</b>	<b>47</b>
<b>9. HISTORIQUE, DESCRIPTIF ET LOCALISATION DES EXPLOITATIONS DE BAUXITE .....</b>	<b>47</b>
9.1 Travaux en carrières .....	48
9.2 Travaux des concessions des Baux et de Maussane (Mine moderne des Canonnettes) .....	53
9.3 Amodiations de M Rondani .....	54
<b>10. METHODES D'EXPLOITATION.....</b>	<b>57</b>
10.1 Carrières souterraines .....	57

10.2	Carrières à ciel ouvert.....	58
10.3	Mine souterraine moderne des Canonnettes.....	59
10.4	Mines à ciel ouvert.....	62
<b>11.</b>	<b>PRODUCTIONS .....</b>	<b>65</b>
<b>12.</b>	<b>EBOULEMENTS, DESORDRES, INCENDIES, GAZ DE MINE ET INONDATIONS.....</b>	<b>67</b>
12.1	Stabilité, éboulements et désordres .....	67
12.2	Incendies et feux souterrains .....	71
12.3	Gaz de mine .....	71
12.4	Inondations .....	72
<b>13.</b>	<b>DEPOTS ET INSTALLATIONS DE SURFACE.....</b>	<b>73</b>
13.1	Carrières.....	73
13.2	Mines des Canonnettes .....	73
<b>14.</b>	<b>REMISE EN ETAT, TRAITEMENT DES OUVRAGES ET SUIVI.....</b>	<b>75</b>
14.1	Carrières.....	75
14.2	Mines.....	77
<b>15.</b>	<b>TABLEAUX DE SYNTHESE .....</b>	<b>81</b>
	<b>CHAPITRE 3 : CARTOGRAPHIE INFORMATIVE .....</b>	<b>87</b>
<b>16.</b>	<b>CARTES ET PLANS RETROUVES .....</b>	<b>89</b>
<b>17.</b>	<b>SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE .....</b>	<b>91</b>
17.1	Levés de terrain .....	91
17.2	Cartographie des objets levés sur le terrain et/ou recensés .....	91
17.3	Cartographie des travaux souterrains .....	94
	<b>CHAPITRE 4 : INDENTIFICATION DES ALEAS RETENUS ET DES ALEAS ECARTES.....</b>	<b>97</b>
<b>18.</b>	<b>BILAN DES ALEA REPERTORIES SUR LE SECTEUR ETUDIE .....</b>	<b>97</b>
<b>19.</b>	<b>ALEAS A ANALYSER DANS LES ETUDES TECHNIQUES.....</b>	<b>99</b>
19.1	Aléa Mouvements de Terrains .....	99
19.1.3	Effondrements localisés à l'aplomb de travaux peu profonds .....	99
19.1.4	Effondrements localisés .....	100
19.2	Aléa Gaz de mine .....	100
19.3	Aléa Environnement.....	101
<b>20.</b>	<b>ALEAS ECARTES.....</b>	<b>101</b>

20.1 Tassements (travaux souterrains).....	101
20.2 Aléa Echauffement (verses).....	101
20.3 Autres Aléas .....	101
<b>C) EVALUATION DES ALEAS .....</b>	<b>103</b>
<b>21. PRINCIPES GENERAUX .....</b>	<b>105</b>
21.1 Evaluation des aléas.....	105
21.2 Cartographie des aléas.....	105
<b>22. REMARQUES SPECIFIQUES A L'ETUDE DES BAUX .....</b>	<b>107</b>
<b>23. DEFINITION DES CONFIGURATIONS.....</b>	<b>109</b>
23.1 Configurations de travaux souterrains.....	109
23.2 Configurations de travaux à ciel ouvert .....	110
23.3 Configurations d'ouvrages miniers .....	111
23.4 Configuration de dépôts.....	111
<b>24. EVALUATION DE L'ALEA AFFAISSEMENT .....</b>	<b>113</b>
24.1 Définition phénoménologique.....	113
24.2 Evaluation de la prédisposition des travaux souterrains aux Affaissements .....	113
24.3 Evaluation de l'intensité des affaissements.....	121
24.4 Niveaux d'aléa relatifs aux Affaissements .....	121
24.5 Cartographie des zones d'aléa relatives aux Affaissements.....	121
<b>25. EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT GENERALISE .....</b>	<b>123</b>
25.1 Définition phénoménologique.....	123
25.2 Evaluation de la prédisposition des travaux souterrains aux effondrements généralisés .....	124
25.3 Evaluation de l'intensité des effondrements généralisés .....	126
25.4 Niveaux d'aléa relatifs aux effondrement généralisés .....	126
25.5 Cartographie des zones d'aléa relatives aux effondrements brutaux.....	128
<b>26. EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE .....</b>	<b>129</b>
26.1 Définition phénoménologique.....	129
26.2 Evaluation de la prédisposition aux effondrements localisés .....	130
26.3 Evaluation de l'intensité des effondrements localisés.....	134
26.4 Autres effondrements localisés .....	134
26.5 Niveaux d'aléa relatifs aux effondrements localisés .....	134
26.6 Cartographie des zones d'aléa relatives aux effondrements localisés.....	136
<b>27. EVALUATION DE L'ALEA ECROULEMENT ROCHEUX .....</b>	<b>139</b>
27.1 Définition phénoménologique.....	139

27.2	Evaluation de la prédisposition aux écroulements rocheux .....	139
27.3	Evaluation de l'intensité des écroulements rocheux .....	139
27.4	Cartographie des zones d'aléa relatives aux Ecroulements .....	141
<b>28.</b>	<b>EVALUATION DE L'ALEA GLISSEMENT.....</b>	<b>143</b>
28.1	Définition phénoménologique.....	143
28.2	Evaluation de la prédisposition des dépôts et des flancs d'excavations aux glissements.....	144
28.3	Evaluation de l'intensité des glissements .....	145
28.4	Niveau d'aléa relatif aux Glissements .....	145
28.5	Cartographie des zones d'aléa relatives aux Glissements .....	148
<b>29.</b>	<b>EVALUATION DE L'ALEA TASSEMENTS (DEPOTS) .....</b>	<b>149</b>
29.1	Définition phénoménologique.....	149
29.2	Niveaux d'aléa .....	149
29.3	Cartographie des zones d'aléa relatives aux Tassements.....	149
<b>D)</b>	<b>REFERENCES ET ANNEXES.....</b>	<b>151</b>
<b>30.</b>	<b>SITES INTERNET.....</b>	<b>153</b>
<b>31.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>153</b>
31.1	AD 13.....	153
31.2	DREAL Marseille.....	153
31.3	INERIS et son centre de documentation .....	155
31.4	Centre de documentation du BRGM .....	156
31.5	Autres .....	156
<b>32.</b>	<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>157</b>

## Tables des Figures

Figure 1 : périmètre de l'étude des aléas des Baux-Maussane (titres miniers en bleu, sites miniers de bauxite en rose et affleurements de bauxite en rouge ; sites non concernés en vert), INERIS.....	15
Figure 2 : localisation des principaux affleurements de bauxite connus et/ou observés (INERIS, carte géologique [c] et [48]) .....	29
Figure 3 : les synclinaux bauxitiques de l'unité des Baux-Saint-Rémy, [48] (①, ② et ③ : synclinaux de Maussane et des Baux, ④ : synclinal de Saint-Rémy et ⑤ : synclinal de Mouriès).....	31
Figure 4 : série complète des Alpilles, [49].....	33
Figure 5 : dépôt de bauxite sur des calcaires karstifiés hauteriviens, au croisement de la RD 5 et du canal des Baux, à l'est du secteur du Mas Flandrin [a] .....	34
Figure 6 : calcaires fuvéliens massifs des terrains de recouvrement dans la MCO des Canonnettes, INERIS .....	35
Figure 7 : bauxite exploitée, bas- toit de calcaires marneux et haut-toit de calcaires plus massifs. Secteur d'Anna Mas, INERIS.....	36
Figure 8 : bauxite en remplissage karstique, secteur de Manville Ouest, INERIS	37
Figure 9 : liserés d'affleurements de bauxite, secteur des Fléchons, INERIS .....	37
Figure 10 : chambres et piliers anarchiques, vieux travaux des Canonnettes, [27] .....	58
Figure 11 : galeries en voûte semi-circulaire de la mine des Canonnettes, Schéma de tir Pechiney Mars 1976 (DREAL PACA).....	60
Figure 12 : schéma d'exploitation du panneau Extrême Ouest de la mine des Canonnettes, Pechiney Mars 1976 (DREAL PACA) .....	60
Figure 13 : emprise projetée de la mine à ciel ouvert des Canonnettes avant le début des travaux en 1970 (en vert), [26].....	62
Figure 14 : emprise réelle de la de la mine à ciel ouvert des Canonnettes(en rouge) et report à l'échelle du projet (vert), [26].....	62
Figure 15 : fronts d'excavation aux Canonnettes dans les années 1970, [11] .....	63
Figure 16 : coupe des excavations du Mas Rouge réalisées par M Rondani après 1962, [33] .....	64
Figure 17 : effondrement localisé au droit de travaux dans le secteur de Manville Ouest, INERIS.....	68
Figure 18 : épontes altérées d'ouvrages miniers creusés dans la bauxite, INERIS .....	69
Figure 19 : fentes au toit d'une tranchée sous-cavée, Fangas (INERIS).....	70
Figure 20 : flanc sud de l'excavation des Canonnettes (INERIS).....	70
Figure 21 : écroulement/éboulement liés à des tranchées dans le gisement (INERIS).....	71
Figure 22 : un des bassins de décantation des Canonnettes en eau, INERIS .....	74

Figure 23 : deux puits ouverts sur le secteur du Parisot, INERIS.....	75
Figure 24 : deux tranchées non remblayées entre les secteurs de Fangas et d'Anna Mas, INERIS .....	76
Figure 25 : vue des anciennes galeries à l'est de la mine moderne des Canonnettes (en gauche avant travaux et à droite après travaux), [26] .....	77
Figure 26 : principe de fermetures des accès de la mine des Canonnettes, [27].	78
Figure 27 : illustrations des décalages entre les levés dGPS et BD-Orthophotoplan® (secteurs des Canonnettes, de Fangas et de Grand Méjean), INERIS .....	88
Figure 28 : piliers dégraissés dans des exploitations de configuration TMS1 (secteur d'Anna Mas et Fléchons), INERIS.....	114
Figure 29 : secteurs homogènes de la Carrière de Viaud Ricaud (Rondani), INERIS .....	116
Figure 30 : zones homogènes de chambres et piliers de la Carrière des Canonnettes, INERIS .....	117
Figure 31 : zones homogènes de chambres et piliers de la Mine des Canonnettes, INERIS .....	118
Figure 32 : représentation des ratios Ru/contrainte au sein de piliers des 24 zones homogènes de la mine souterraine des Canonnettes, INERIS .....	119
Figure 33 : pilier « fragilisé », secteur de Mas Méjean, INERIS .....	131
Figure 34 : cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux zones exploitées, INERIS .....	136
Figure 35 : zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits, INERIS .....	137
Figure 36 : zonage de l'aléa Ecoulement sur les fronts verticaux de d'excavation, INERIS .....	141
Figure 37 : zonage de l'aléa Glissement sur les verses en flanc amant pendage de découverte et sur les dépôts, INERIS .....	148

## Tables des Tableaux

Tableau 1 : listes des personnes contactées et/ou rencontrées.....	18
Tableau 2 : synthèse administrative des exploitations de bauxite dans les Alpilles .....	24
Tableau 3 : précisions de pendage et de puissances locales [23] [37] [38] [48] [49] [52] .....	38
Tableau 4 : caractéristiques géomécaniques issues des essais de 1975, [13] et [33] .....	40
Tableau 5 : détails des 21 secteurs investigués .....	52
Tableau 6 : production des sites de bauxite sous le régime des carrières .....	65
Tableau 7 : production des sites de bauxite sous le régime des mines.....	66
Tableau 8 : synthèse des travaux souterrains identifiés .....	81
Tableau 9 : synthèse des travaux à ciel ouvert identifiés .....	83
Tableau 10 : synthèse des ouvrages miniers identifiés .....	84
Tableau 11 : synthèse des désordres identifiés .....	85
Tableau 12 : synthèse des dépôts, verses et tas identifiés .....	86
Tableau 13 : récapitulatif de l'incertitude de localisation des ouvrages .....	92
Tableau 14 : abréviations des secteurs .....	92
Tableau 15 : incertitudes des emprises des travaux souterrains issues différents plans miniers calés.....	95
Tableau 16 : incertitudes des emprises des travaux souterrains sans plans miniers .....	96
Tableau 17 : définition des configurations de travaux souterrains.....	109
Tableau 18 : définition des configurations de travaux à ciel ouvert .....	110
Tableau 19 : définition des configurations de dépôts .....	111
Tableau 20 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux affaissements .....	122
Tableau 21 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux effondrements généralisés .....	127
Tableau 22 : simulation des hauteurs de remontée de voûte .....	132
Tableau 23 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux effondrements localisés .....	135
Tableau 24 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux écroulements de fronts de découvertes.....	140
Tableau 25 : synthèse des prédispositions, intensité et niveau d'aléa associés aux glissements .....	147
Tableau 26 : niveaux d'aléa tassements .....	150





## **A) OBJET ET PRESENTATION GENERALE**



## 1. OBJET(S)

Une première opération, dite d'IRM « mouvement de terrain » (Inventaire des Risques Miniers de Mouvements de terrain), menée fin-2005 et début-2006 dans la région Provence-Alpes-Côte-D'azur, avait conduit l'INERIS à classer le site des exploitations de bauxite des Baux-Maussane en catégorie<sup>1</sup> P2, [44].

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de la participation de l'INERIS à la réalisation de l'opération « Etude d'aléas des Baux-Maussane (13) » qui suit logiquement la classification en P2 (fiche n°PACA 2.2.2 du programme de travail 2010 de GEODERIS).

### 1.1 CONTEXTE

Dans le massif des Alpilles, les formations bauxitiques affleurent sur près de 15 km entre le Mont Paon, à l'ouest, le village d'Aureille, à l'est, les communes du Paradou et de Maussane-les-Alpilles au sud et le bourg de Saint-Rémy-de-Provence au Nord. La bauxite est le principal minera d'aluminium d'où son intérêt industriel.

Les exploitations de bauxite, souterraines et à ciel ouvert, se sont échelonnées depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, sous le régime des carrières, jusqu'à la fin des années 1980 dans le cadre de titres miniers (voir paragraphe 4 suivant).

La présente étude s'intéresse exclusivement aux exploitations situées sur les communes de Fontvieille, des Baux-de-Provence, du Paradou, de Maussane-les-Alpilles, de Mouriès, et, dans une moindre mesure, Saint-Rémy-de-Provence (partie sud de la commune).

Plusieurs titres miniers, sites miniers hors-titre ou carrières sont concernés :

- 2 concessions minières dites contemporaines (i.e. après 1960) : celles de Maussane (référéncée dans la Base de Données des Sites et Titres Miniers, BDSTM : n°13SM0033) et celle des Baux (n°13SM0032)).

**NB** : le site des Canonnettes, initialement défini comme une concession, s'est révélé être une carrière à ciel ouvert et une mine souterraine à l'intérieur la concession des Baux.

- de nombreux anciens sites (i.e. avant les années 1960), ou plus précisément des carrières, dont la liste exhaustive est difficile à réaliser (suivi administratif peu scrupuleux). La dénomination de ces sites correspond généralement au nom donné à l'affleurement de bauxite fouillé et/ou exploité sur place.

Les documents les plus complets mentionnent les carrières<sup>2</sup> suivantes, [48] et [49] :

- |                                                                                                                                 |                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Canonnettes (carrières souterraines et à ciel ouvert), référencé n°13SM0001 ;</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vieux Ricaud (n°13SM0002) ;</li><li>• Clapiers (n°13SM0018) ;</li></ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

<sup>1</sup> Cette catégorisation avait été définie afin de sélectionner les sites miniers devant faire l'objet d'études d'aléa approfondies dans un délai plus ou moins court.

<sup>2</sup> Certaines été connues de GEODERIS avant la réalisation de ce rapport (avec des erreurs de localisation) et d'autres ont été recensées dans le cadre de cette étude.

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manville Ouest (n°13SM0003) et/ou Mas Méjean ;</li> <li>• Manville Est (n°13SM0005) et/ou Château de Manville ;</li> <li>• Mas Rouge (n°13SM0006) ;</li> <li>• Parisot (n°13SM0008) amont et aval ;</li> <li>• Entreconque (n°13SM0011)</li> <li>• Calans - Hameau (13SM0012) ;</li> <li>• Fangas (n°13SM0013) ;</li> <li>• Fléchons (13SM0014) et/ou Pyramides ;</li> <li>• Gourgonnier (n°13SM0015) ;</li> <li>• Arcoules (n°13SM0019) ;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grand Méjean (n°13SM0020) ;</li> <li>• Mas Flandrin (n°13SM0010) ;</li> <li>• Destet (n°13SM0017) ;</li> <li>• Grands Calans (et/ou Mas de la Dame), non référencé ;</li> <li>• Baubesse, non référencé ;</li> <li>• Anna Mas, non référencé ;</li> <li>• Trencades, non référencé ;</li> <li>• Vallon Rouge, non référencé ;</li> <li>• Séraillet, non référencé ;</li> <li>• Val de Lavis non référencé ;</li> <li>• Camini Luen (ou Mas Viret), non référencé.</li> </ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

GEODERIS a sollicité l'INERIS afin :

1. d'établir une synthèse informative aussi exhaustive que possible des exploitations susvisées ;
2. d'évaluer et de cartographier les aléas retenus comme pertinents sur la base des données collectées (mouvements de terrains).

En accord avec GEODERIS :

- les anciennes carrières de matériaux calcaires ou de sable existant sur le territoire des communes de Fontvieille, des Baux-de-Provence, du Paradou, de Maussane-les-Alpilles, de Mouriès et de Saint-Rémy-de-Provence ne font pas partie de la présente étude ;
- les aléas « *Environnement* » et « *Emission de gaz de mines* » ne seront pas analysés dans la présente étude, même si les informations correspondantes seront compilées.

**Remarques :**

1/ Près de Fontvieille, en bordure de la route départementale D17 et de la voie ferrée, se trouve une plateforme constituée de bauxite. Ce site, non référencé dans la BDSTM, correspond probablement à un quai de chargement de minerai mentionné dans les archives. Il est pris en compte dans le présent rapport.

2/ Le site de Haute-Galline (n°13SM0021) de la BDSTM est référencée comme exploitation de bauxite. Aucune carrière de bauxite lui correspondant n'a été retrouvée ni dans les archives et ni sur le terrain. De plus, la localisation associée à ce site est située en dehors de toute zone connue d'affleurement bauxitique. Il est donc très probable que ce site ne soit pas concerné par la bauxite ; il ne sera pas inclus dans la présente étude.

3/ La carrière souterraine dite de Sarragan, près du village des Bau-de-Provence, déclarée en 1963, est une carrière de pierre de taille et ne sera pas prise en compte dans le présent rapport.

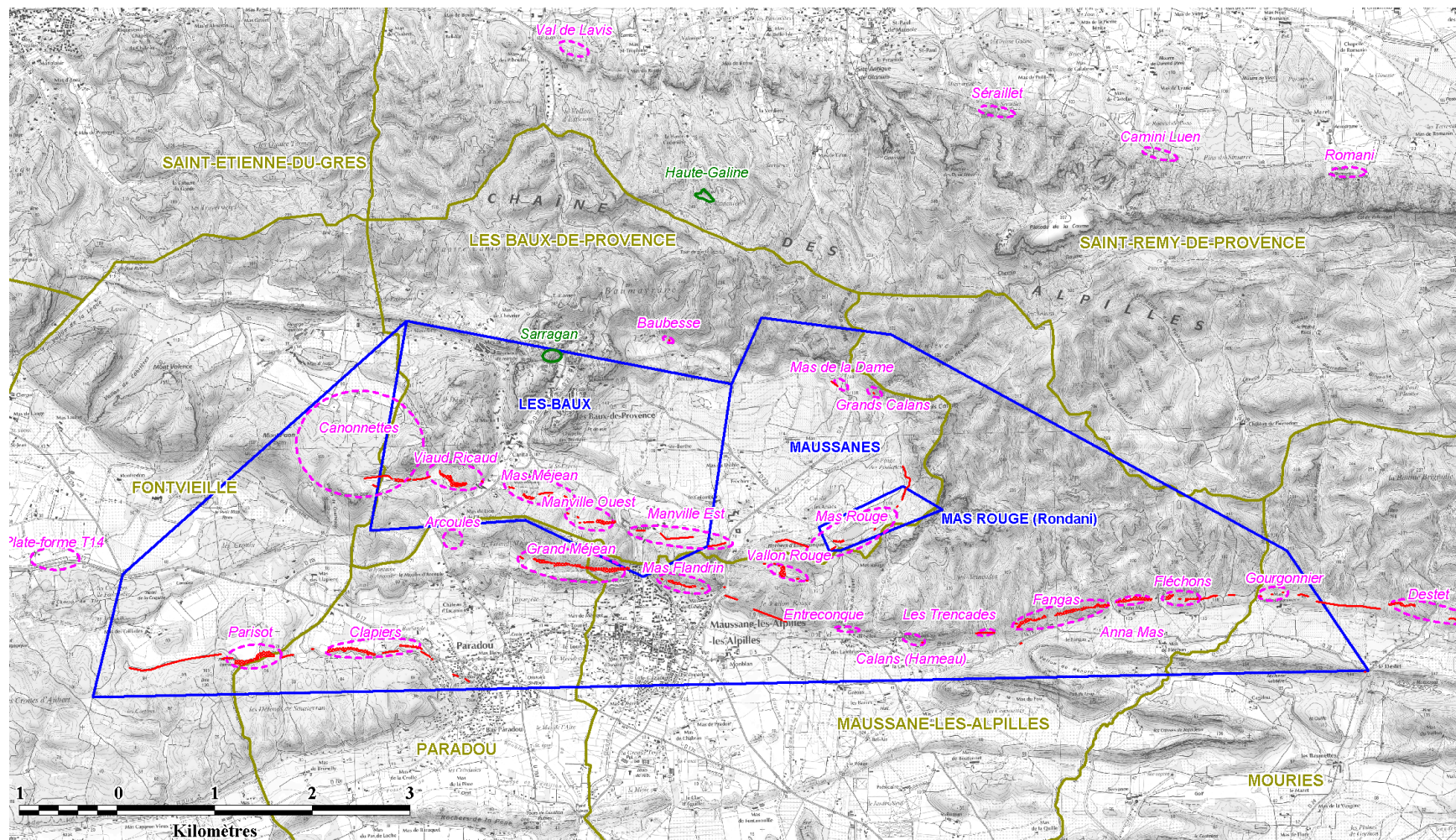


Figure 1 : périmètre de l'étude des aléas des Baux-Maussane (titres miniers en bleu, sites miniers de bauxite en rose et affleurements de bauxite en rouge ; sites non concernés en vert), INERIS





## 1.2 CONTENU

Le présent document a pour objectif de synthétiser les données disponibles à la fois dans les archives et sur le terrain, et de définir puis cartographier les aléas.

Ainsi, on distingue deux grandes parties dans ce rapport :

- **la phase informative** : cette phase d'étude a pour objectif, d'une part, de caler le plus précisément possible les plans de mine et, d'autre part, de collecter un maximum d'informations visant à identifier les phénomènes dangereux susceptibles de survenir sur le site (catégories mouvement de terrain, Environnement et Gaz de mine) ;
- **la phase d'évaluation des aléas** : cette phase consiste à effectuer une analyse des aléas « *mouvements de terrain* » à partir des informations acquises à l'issue de la phase d'étude précédente.

## 2. RECHERCHES DOCUMENTAIRES

Cette étape documentaire a été menée de mars à septembre 2010 sur la base :

- de recherches spécifiques dans :
  - les archives du Service Géologique Régional (SGR) du BRGM à Marseille ;
  - les archives centrales du BRGM à Orléans ;
  - les archives de la DREAL Provence-Alpes-Côte-D'azur à Marseille ;
  - les archives Départementales à Marseille ;
  - les archives Nationales à Paris ;
  - les archives du Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) en charge du secteur (UTAM Sud à Gardanne) ;
- de recherches dans les publications générales mais non locales (Annales des Mines, Revue de l'Industrie Minérale) ;
- d'enquêtes auprès des services techniques municipaux de communes de Fontvieille, des Baux-de-Provence, du Paradou et de Maussane-les-Alpilles (étant donné qu'une partie des travaux a été réalisée hors-titre et est donc probablement peu documentée dans les archives).

Au cours de cette investigation et au préalable, plusieurs personnes ont été contactées et/ou rencontrées (Tableau 1).

### Remarques :

Le dernier exploitant connu, Pechiney (aujourd'hui RioTinto), a été contacté. Il ne détient plus de données sur les exploitations des Baux (hormis des documents administratifs). Tous les plans miniers ont été légués au Musée de la Bauxite à Tourves qui dépend de la Communauté de Communes du Comté de Provence. En période de travaux suite à un sinistre, le musée ne nous a pas permis de les consulter. Selon les contacts pris avec la CCCP, il s'agirait de plans de travaux récents, dont des copies ont pu être consultés par ailleurs.

Toutefois, par acquis de conscience, un rapide examen de ces plans pourrait être mené ultérieurement, en recherchant toute donnée antérieure à 1950 et concernant expressément des secteurs autres que celui des Canonnettes ou de Viaud Ricaud.

Nom/Prénoms	Titre/fonction/organisme	Contacts IRM 2005-2006	Contacts 2010
M. Beaudoin	Responsable Sols / Sous-sols à la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DREAL) PACA	Rencontre	Sans objet (retraite)
Mme Barbier	Service culture de la Communauté de Communes du Comté de Provence	non	Courrier
M Donsimoni	Bureau de Recherche Géologique et Minières (BRGM) à Orléans	non	Contact téléphonique
M. Dumas	Conseiller municipal de la commune des Baux-de-Provence	Contact téléphonique	non
M Dupradou	Département de l'orientation et de la communication aux Archives Nationales (site de Paris)	non	Mails
M Féraud	BRGM Orléans	non	Mails
M Fombonne	Chef de l'unité Sous-sols et Canalisations du Service Prévention Risques de la DREAL PACA	non	Rencontre
M Frustié	Maire de la commune de Fontvieille	non	Courrier
M Gonzales	Service Géologique Régional (SGR) Marseille	non	Mails
M Lebret	BRGM Orléans	non	Mails
Mme Licari	Secrétariat du Maire de la commune de Fontvieille	non	Mails
Mme Luquet	BRGM Orléans	non	Mails
M Marcel	Responsable du site web de la Lithotèque PACA	non	Mails
M Massenet	Service des Publics aux Archives Nationales (site de Fontainebleau)	non	Mails
Mme PENSA	Services Techniques de la Communauté de Communes du Comté de Provence	non	Mails et téléphone
M Portaro	Unité Territoriale Après-Mine Sud (UTAM-Sud) du Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM)	non	Rencontre
M. Voulan	Secrétaire du Syndicat Intercommunal à Vocation Unique (SIVU)	Rencontre	non
Mme Raignault	Responsable Rio Tinto (ex-Alcan, ex-Péchiney)	non	Mails et téléphone
-	Maire de la commune des Baux-de-Provence	non	Courrier
-	Maire de la commune de Maussane-les-Alpilles	non	Courrier
-	Maire de la commune du Paradou	Rencontre	Courrier

*Tableau 1 : listes des personnes contactées et/ou rencontrées*



### **3. INSPECTIONS SUR SITE ET CONTACTS**

L'enquête de terrain et les visites de sites ont été effectuées par MM Gaël GOUILLON et Frédéric POULARD (INERIS) du 18 au 23 octobre 2010, après la période de fermeture des massifs par arrêtés municipaux pour cause d'incendies.

Préalablement à ces visites de site, toutes les mairies concernées par le périmètre de l'étude ont été contactées par téléphone et/ou mail afin de :

- présenter les grandes lignes de l'étude en cours de réalisation ;
- annoncer la prochaine venue d'opérateurs sur le terrain ;
- solliciter une éventuelle aide quant à la recherche d'anciens documents miniers (voir ci-avant).

Les recherches sur le terrain ont été menées à partir :

- des premiers éléments cartographiques calés :
  - plan de travaux miniers ;
  - localisation des concessions et des sites miniers ;
  - digitalisation des affleurements bauxitiques ;
  - positionnement des ouvrages miniers connus ;issus de l'étude de Scanning et d'un premier traitement de documents d'archives ;
- de la BD-Orthophotoplan® et du Scan25® de l'IGN (1/5000<sup>ème</sup> et 1/10000<sup>ème</sup>) ;
- des témoignages des riverains et des personnes ayant une bonne connaissance des vestiges miniers.

Ces investigations ont permis de repérer un certain nombre de vestiges liés aux exploitations de bauxite (ouvrages débouchant en surface, anciens bâtiments de mine, affleurements, verses, désordres...).

#### **Remarques :**

- a) Faute de temps, la ligne d'affleurement la plus au nord du périmètre d'étude, soit le flanc sud du synclinal de Saint-Rémy, n'a pas été investiguée. Le dépouillement des archives n'a pas identifié de réels travaux d'exploitation minière dans ces secteurs. Au vu de notre retour d'expérience, les affleurements dans ces zones ne devraient pas receler plus que des grattages, ou des travaux à ciels ouverts limités et ponctuellement une ou deux descenderies isolées.
- b) De même pour le secteur de Manville Est (voir paragraphe 9.1.3 suivant).



## **B) PHASE INFORMATIF**



# CHAPITRE 1 : CONTEXTE(S)

## 4. ECONOMIE ET CONTEXTE ADMINISTRATIF

L'alumine hydratée, composé essentiel de la bauxite, est généralement valorisée en minerai d'alumine puis en aluminium [48]. Par le procédé Bayer, le plus communément usité, pour faire 1 tonne d'alumine, il faut 2 à 2,5 tonnes de bauxite, 100 kg de soude et de l'énergie (par combustion de charbons pauvres tels que le lignite, environ 400 kg, ou par hydroélectricité).

La découverte du minerai remonte à la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, son utilisation va connaître un essor soutenu et constant lors de la seconde industrialisation (1880 – 1970).

Dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle et jusqu'à la fin des années 1980, mineurs et géologues collaborent efficacement afin d'optimiser les méthodes d'exploitation des formations bauxitiques de Provence sur la base des caractéristiques fines des gisements : profondeur, puissance, teneurs, etc. Les exploitations se rationalisent.

C'est une période très prospère pour les exploitations de bauxite en Provence : en 1978, les 3 départements du Var, des Bouches-du-Rhône et de l'Hérault extraient 2,3 % de la bauxite mondiale soit environ 2 000 000 tonnes, [55]. Sur cette même période, près de 300 000 tonnes de bauxite sont extraites annuellement des mines du secteur des Baux-Maussane, [50].

Au début des années 1980, l'activité d'extraction de bauxite en Provence décroît, pour finalement cesser définitivement dans les années 1990.

Pour finaliser le contexte, il faut souligner que le rôle joué par les carrières et les mines de bauxite de la région des Baux-de-Provence et de Maussane-les-Alpilles est limité. En effet, ces exploitations se situent « loin » derrière les mines varoises, en termes de quantité et d'activité.

### **Remarques**

Le minerai de bauxite peut également être utilisé dans la fabrication de ciments ordinaires ou fondus, [37]. Dans ce cas, la bauxite vient enrichir en alumine les ciments et leur confère des caractéristiques spécifiques (résistants à la corrosion, aux chocs, à l'abrasion, à des températures basses ou hautes).

De 1810 (loi du 18 janvier) à 1960, la bauxite est exploitée sous le régime des carrières. En effet, vers le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, lors des premières extractions de bauxite, se pose la question de son classement vis-à-vis de la réglementation. En stipulant, que la bauxite « *appartient à la famille des argiles* » et qu'elle s'exploite principalement à ciel ouvert, le minerai a alors été catégorisé en minerai de carrières. Peu de traces officielles de ces exploitations ont été conservées<sup>3</sup>.

En 1916-1918 puis en 1925, ce classement est contesté, [40]. Le décret du 4 octobre 1960 fait entrer la bauxite et la fluorine dans la liste des gîtes concessibles.

---

<sup>3</sup> Moins de 5 autorisations administratives retrouvées sur plus de 20 carrières recensées.

Trois titres miniers de bauxite voient alors le jour dans les Alpilles. Les données nécessaires à la compréhension générale de l'histoire de la bauxite des Alpilles sont synthétisées dans le tableau suivant.

Statut	Localisations	Communes	Historique
d'exploiter, Code Minier (art 120 et 121) puis	Mas Rouge, amodiation sur 37 ha	Les Baux-de-Provence et Maussane-les-Alpilles	25 février 1970 : Pechiney et M Rondani signent un contrat d'amodiation pour le secteur du Mas Rouge. 29 octobre 1971 : l'amodiation du secteur du Mas Rouge est approuvée par décret pour une durée de 15 ans non renouvelables. 12 septembre 1984 : M Rondani dépose une déclaration d'abandon de travaux concernant le secteur du Mas Rouge.
d'exploiter, Code Minier (art 120 et 121)	« Arcoules » <i>(dénommé à tort ainsi par M Rondani, car ce périmètre désigne en fait le secteur de Viaud Ricaud)</i>	Les Baux-de-Provence	Octobre 1961 : M Rondani sollicite le permis d'exploiter des Arcoules, [35]. 16 janvier 1964 : M Rondani renonce à son permis d'exploiter des Arcoules
Concession, Code Minier	Concession de Maussane (2854 ha)	Fontvieille, Paradou, Maussane-les-Alpilles, Mouriès et les Baux-de-Provence	6 aout 1968 : la concession, après avoir été réduite, est instituée au profit de la Société Pechiney 8 décembre 1998 : un arrêté préfectoral donne acte à Pechiney de sa déclaration d'arrêt définitif des travaux de la mine des Canonnettes sur les concessions de Maussane et des Baux. 23 septembre 2005 : la renonciation de la concession de Maussane par Pechiney est acceptée par arrêté ministériel.
Concession, Code Minier	Concession des Baux (669 ha)	Fontvieille, Paradou, Maussane-les-Alpilles et Les Baux-de-Provence	6 aout 1968 : la concession est instituée le 6 aout 1968, au profit de la société Minière des Baux, suite à une procédure d'instruction longue et complexe, [17]. La concession des Baux est amodiée à Pechiney, [36]. 8 décembre 1998 : un arrêté préfectoral donne acte à Pechiney de sa déclaration d'arrêt définitif des travaux de la mine des Canonnettes sur les concessions de Maussane et des Baux. 23 septembre 2005 : la renonciation de la concession des Baux par Pechiney (au nom de la société Minière des Baux) est acceptée par arrêté ministériel.

*Tableau 2 : synthèse administrative des exploitations de bauxite dans les Alpilles*

## **5. STRUCTURES ET TECTONIQUE**

Le massif des Alpilles appartient à la zone morpho-géologique dite de la Basse Provence Occidentale. Il se compose de collines allongées d'ouest en est, entre Maussane-les-Alpilles et la cluse de Saint-Pierre-de-Vence. Il est accidenté par des vallons orientés du nord vers le sud qui permettent le franchissement de crêtes à forte armature calcaire et l'accès aux zones internes dont le relief est plus mamelonné.

Ce massif peut être globalement décrit d'un point de vue morpho-géologique comme un relief « *ennoyé au sein des formations plio-quadernaires de la vallée du Rhône et de la Durance* », [c]. L'impression d'ensemble est celle d'une région fortement remblayée, dont seules les arêtes rocheuses dominent leurs propres débris et les alluvions des grands fleuves alpins.

### **5.1 ECHELLE REGIONALE**

De manière classique, la lithosphère provençale se scinde en deux termes, [48] :

- le socle, de nature chrysalophilienne et sédimentaire. A l'échelle régionale, ce socle est :
  - marqué par des failles<sup>4</sup> orientées en majorité du nord-est vers le sud-ouest (N 45°, N 50°) ;
  - peu marqué par les phases compressives post-albiennes qui ont plissées les terrains les plus jeunes alors désolidarisés du socle (voir couverture).
- la couverture, de nature essentiellement sédimentaire. Deux types de discontinuités affectent la couverture :
  - un premier de direction orientée du nord-est vers le sud-ouest, lié aux fractures du socle ;
  - un second de direction orientée de l'est vers l'ouest (plus précisément de N 80° à N 110°), lié à l'érosion des plis durant le Crétacé [48].

La structure qui découle de ces accidents définit une dizaine de compartiments distincts. Les formations bauxitiques qui intéressent cette étude se situent dans le compartiment dit des Alpilles. Ce dernier se scinde en trois unités structurales :

- l'unité des Saintes-Maries-de-La-Mer, au sud ;
- l'unité de la Crau, au centre ;
- l'unité des Baux-Saint-Rémy qui porte les exploitations de bauxite.

### **5.2 ECHELLE LOCALE - UNITE DES BAUX**

L'unité des Baux-Saint-Rémy est limitée, au sud, par le chevauchement anormal de l'unité de la Crau (constituée de dépôts récents) et, au nord, par le front de

---

<sup>4</sup> La faille majeure de Nîmes en est un exemple, elle tronçonne l'axe orogénique en deux blocs : le bloc provençal, à l'est, plus élevé que le bloc navarro-languedocien, à l'ouest.

chevauchement du Ventoux sur la zone subalpine. Ses limites orientale et occidentale sont identiques à celle du compartiment dit des Alpilles (voir ci-avant).

Cette unité correspond à une voissure anticlinale d'axe sensiblement ouest nord-ouest – est sud-est. Elle est constituée d'une suite de synclinaux et d'anticlinaux formant une série de golfes. Elle comprend 4 bassins synclinaux, renfermant les dépôts bauxitiques et 5 anticlinaux, voir figures suivantes. Du nord au sud :

- le synclinal de Saint-Rémy (voir ④ en Figure 3 ci-dessous). Il est fortement incliné sur son flanc sud qui présente, le long de la cuesta campanienne, de petits affleurements ponctuels de bauxite siliceuse (quelques dizaine de mètres de long) : Val Lavis, Séraillet, Camini Luen (Mas Viret), Château Romani, Cordeliers... [48] et [49].
- le synclinal des Baux (voir ①, ② et ③ en Figure 3 ci-dessous). Il est affecté au nord par le grand accident des Alpilles (associé à l'anticlinal des Alpilles) et limité au sud par l'anticlinal écaillé de Manville (ou du Grand Méjean). Son cœur rognacien supérieur révèle un affleurement de bauxite presque continu d'ouest en est sur son flanc sud (travaux miniers de Maussane, des Canonnettes, de Manville Est et Ouest et de Mas Rouge). Sur le flanc nord du synclinal, les affleurements de bauxite sont *a priori* rares (Baubesse, Mas de la Dame, Grands Calans) ;
- le synclinal Sud (voir ① à ⑤ en Figure 3 ci-dessous). Ce dernier s'étend de Fontvieille, à l'ouest, à Aureille, à l'est. Sa structure est plus complexe que celle des 3 autres synclinaux bauxitiques avec, d'ouest en est deux sous-structures :
  - vers Maussane, Paradou et Fontvieille : le synclinal de Paradou ou de Maussane (voir ①, ② et ③ en Figure 3 ci-dessous), présente une forme simple : limité au sud par l'anticlinal de Sousteyran (ou Horst du Défend de Sousteyran) et au nord par les anticlinaux du Mont-Paon et de Manville. Les gisements de bauxite de Parisot et des Clapiers sont situés sur le flanc sud du synclinal de Paradou, le gisement de bauxite de Grand Méjean est situé sur son flanc nord ;
  - à l'est, vers Mouriès, la structure se complique (③ et ⑤ en Figure 3 ci-dessous). Le secteur présente en surface une succession de plis serrés ; au nord de Mouriès le Jurassique supérieur chevauche anormalement l'Eocène replié. Le synclinal de Mouriès sous-jacent (ou synclinorium) révèle ponctuellement des affleurements de bauxite sur son flanc nord : Calans (hameau), Trencades, Anna Mas, Fangas, Fléchons (ou Pyramides), Destet et Gourgonnier.

Une faille directionnelle majeure, la faille des Baux, traverse le massif des Alpilles d'est en ouest. Celle-ci est, en fait, constituée par la superposition de deux accidents d'âge différent :

- un premier plus ancien. A la fin de l'Eocène, l'ébranlement des Alpilles au front de charriage de la Basse-Provence, conduit à une première érection du massif : jeu en extension des failles méridiennes et subméridiennes, démantèlement des reliefs locaux, formation de conglomérats monogéniques (ravin d'Auge), jeu de la première faille des Baux pendant l'épisode compressif de l'Oligocène terminal. Cet accident nettement tangentiel, superpose des



klippes d'Hauterivien au synclinal (au N.NE du mas d'Auge, au N.NW du mas de la Dame) ;

- un second plus récent et plus redressé. La structuration définitive du massif, le nouveau relèvement des Alpilles et certains horsts dépendent de la phase de compression qui caractérise la période de la fin du Miocène. Dans les Alpilles, le déversement vers le sud-sud-ouest lié à cette phase est très net : la deuxième faille des Baux recoupe franchement le Burdigalien et la première faille des Baux.

D'autres accidents, parallèles à la faille des Baux, affectent le gisement suivant cette direction générale de l'est vers l'ouest (axe des synclinaux et anticlinaux) : faille de Manville, de Sousteyran et d'Entreconque.

Vers Manville à l'est du secteur des Canonnettes, une faille transverse, d'environ 50 m de rejet vertical et d'axe nord-est vers sud-ouest à nord-sud, coupe le massif quasiment en son centre ; elle est connue sous l'appellation de faille du Vallon, [24]. Lors des visites de sites, l'affleurement de bauxite suivi s'est effectivement révélé rejeté vers le nord, en passant du secteur de Manville Ouest à celui du Mas Méjean.

D'autres failles verticales, orientées du nord vers le sud, de rejets métriques affectent le gisement vers l'ouest (panneau Extrême Ouest de la mine souterraine des Canonnettes).

Au Parisot, la bauxite est affectée de nombreuses failles. Le toit valodo-fuvélien s'est effondré formant une cuvette, [49].





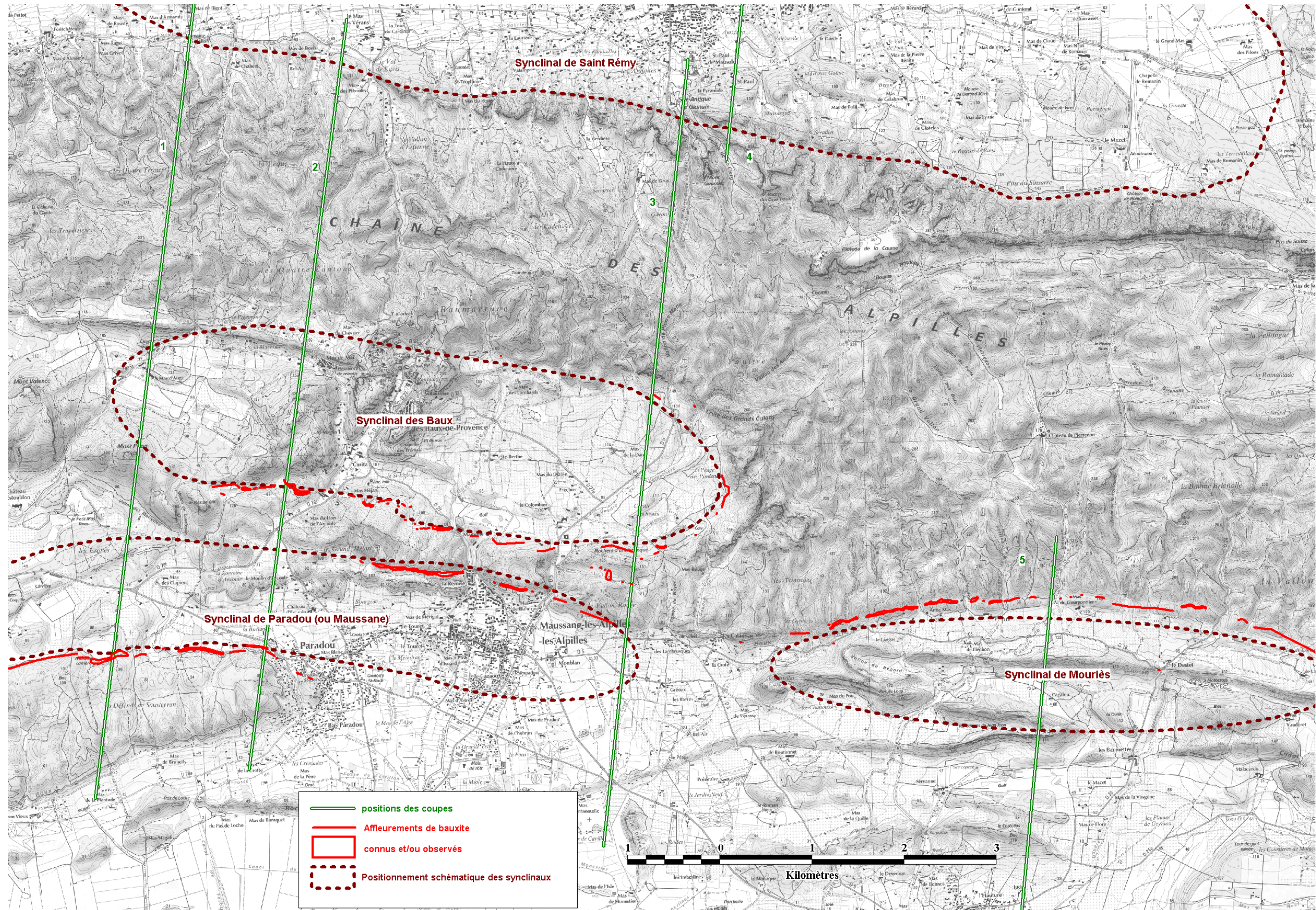


Figure 2 : localisation des principaux affleurements de bauxite connus et/ou observés (INERIS, carte géologique [c] et [48])





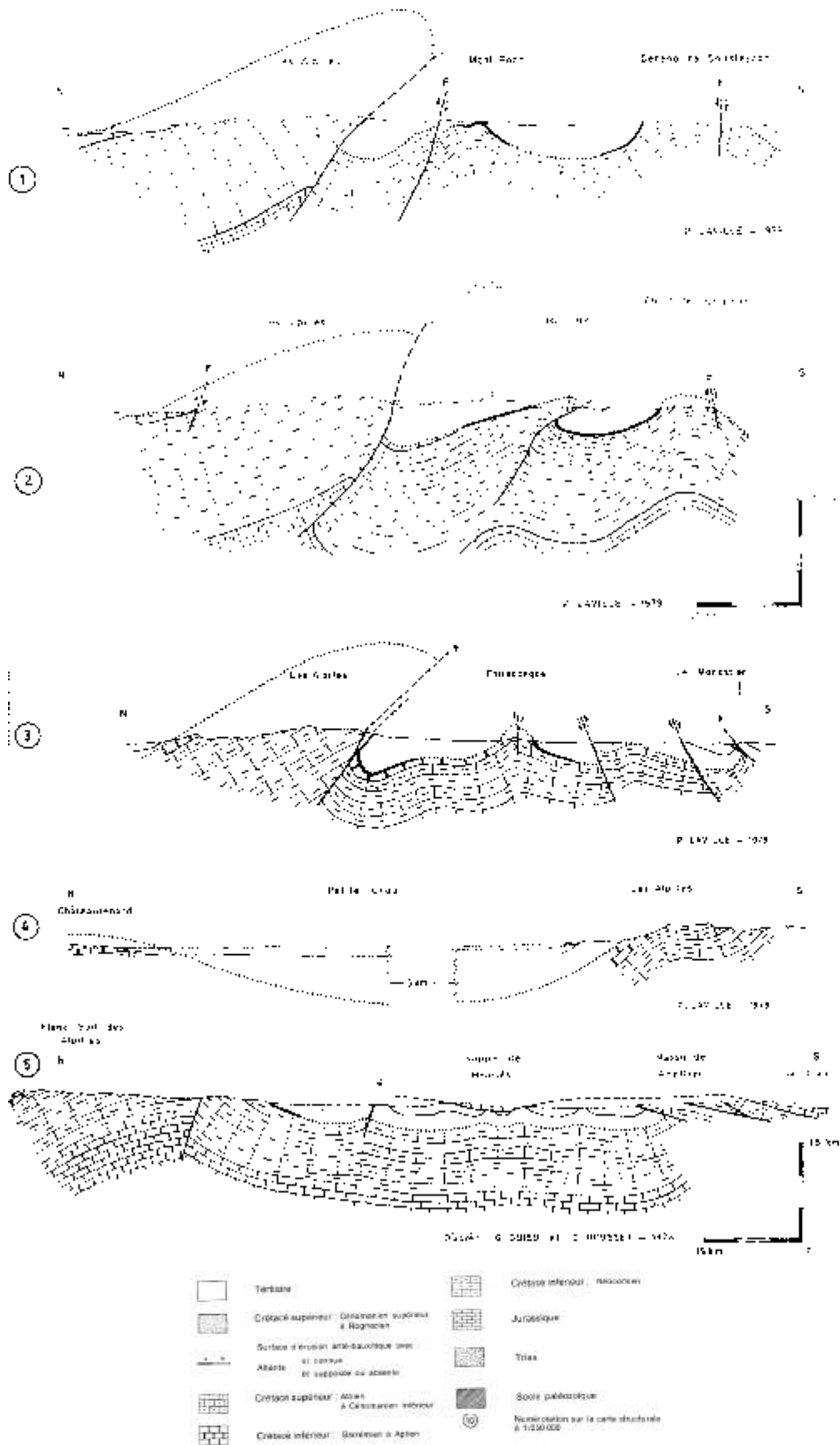


Figure 3 : les synclinaux bauxitiques de l'unité des Baux-Saint-Rémy, [48]  
 (①, ② et ③ : synclinaux de Maussane et des Baux, ④ : synclinal de Saint-Rémy et ⑤ : synclinal de Mouriès)



## 6. GEOLOGIE

Les bauxites méridionales sont distribuées en gîtes stratiformes ou, plus rarement, en amas. Ces horizons exploités sont indissociables des altérites<sup>5</sup> crétacées formées en climat humide (altérites bauxitisées in-situ ou altérites allochtones déjà bauxitisées).

### 6.1 STRATIGRAPHIE DES ALPILLES

La série stratigraphique complète du massif des Alpilles s'étend du Jurassique Supérieur au Quaternaire (voir Figure 4 suivante, [49]).

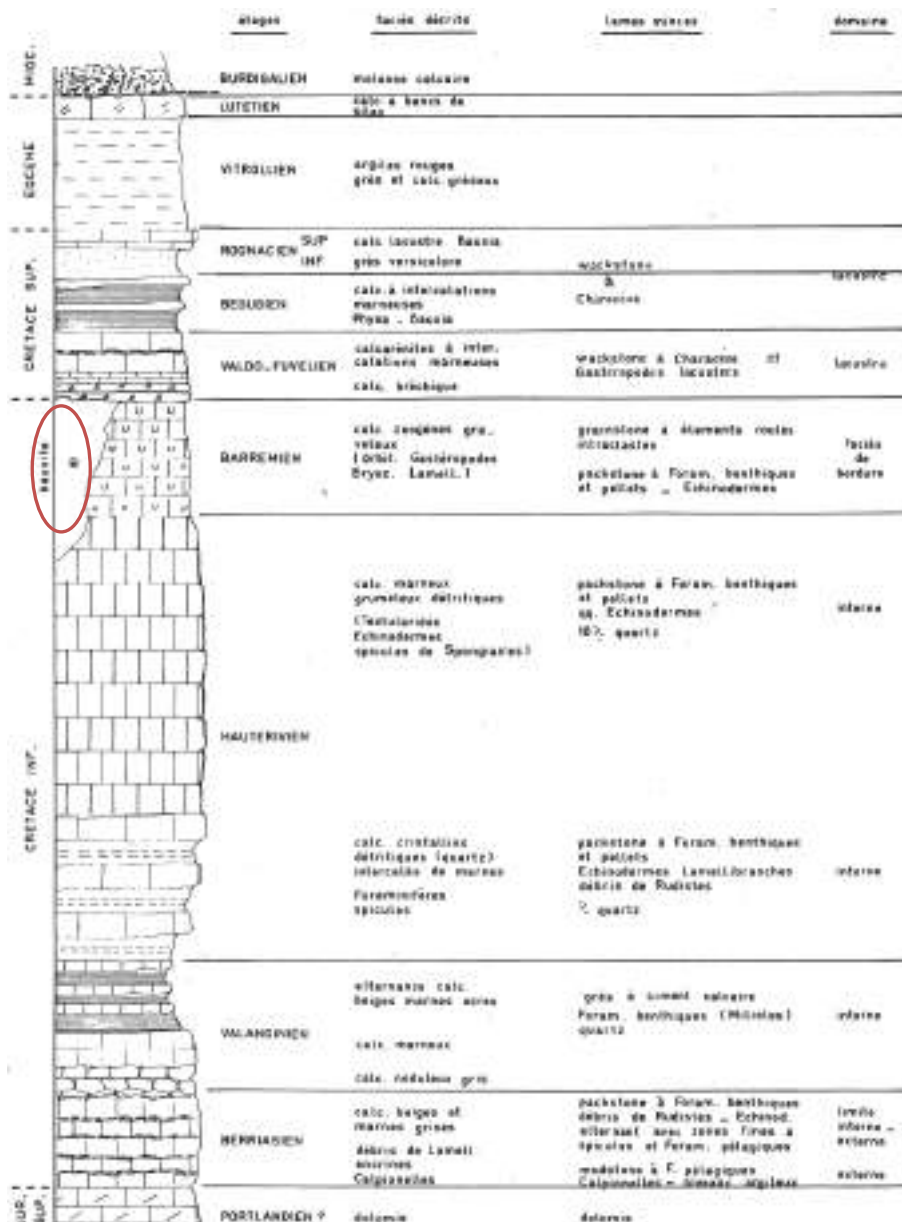


Figure 4 : série complète des Alpilles, [49]

<sup>5</sup> Qualifie une formation superficielle résultant de l'altération et de la fragmentation sur place de roches géologiquement antérieures mais sans transformation pédologique notable.

Les phases importantes sont :

- Berriasien : sédimentation marine de type plate-forme : apports détritiques fins, dépôts chimiques et biochimiques, voire organogènes [c] ;
- Valanginien-Hauterivien : dépôts marins moins profonds, de type plateforme-interne carbonatée ;
- Barrémo-Bédoulien et Barrémien : émergence de l'isthme durancien (dynamique forte sous l'action des vagues). Cette période s'est accompagnée d'une phase d'érosion et d'altération importante dans les Alpilles (étage bauxitique) ;
- Valdo-Fuvélien et Bégudien<sup>6</sup> : dépôts carbonatés au sein de vastes nappes d'eau douce.

## 6.2 MUR DES FORMATIONS BAUXITIQUES

Au Berrisien, la sédimentation marine pélagique profonde en domaine externe, se manifeste par des calcaires marneux. Par la suite, se mettent en place des horizons carbonatés représentés aléatoirement par :

- des calcaires fins à silex au Barrémien (noté  $n_4U_{1a}$ , sur la carte géologique de Châteaurenard, [c]) ;
- des calcaires à intercalations marneuses ou argileuses à l'Hauterivien (notés  $n_{3c3}$  ou  $n_{3c4}$ , sur la carte géologique de Châteaurenard, [c]).

La morphologie du mur est généralement karstique (voir Figure 5). Sa formation peut être précoce (antérieure à la genèse des altérites bauxitiques) ou tardive (contemporaine (ou postérieure) aux dépôts des altérites bauxitiques). Les formations bauxitiques reposent en discordance sur ce mur carbonaté.



Figure 5 : dépôt de bauxite sur des calcaires karstifiés hauteriviens, au croisement de la RD 5 et du canal des Baux, à l'est du secteur du Mas Flandrin [a]

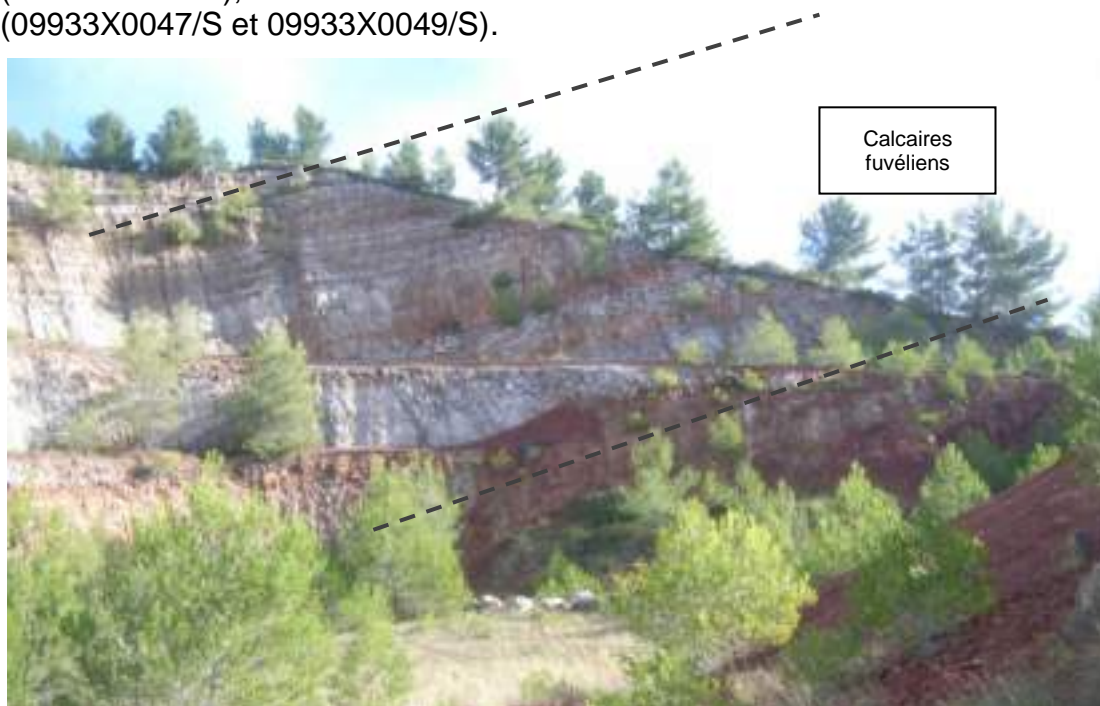
<sup>6</sup> La fin de Crétacé inférieur n'est pas représentée dans les Alpilles (lacunes des étages Aptien, Albien, Cénomaniens, Turonien, Coniacien et Stantonien).



### 6.3 TOIT ET RECOUVREMENT DES FORMATIONS BAUXITIQUES

La transition entre les formations bauxitiques et le toit calcaire est très souvent en accordance et localement en discordance, [33]. Ainsi, au sein du toit, se distinguent (voir Figure 6 et Figure 7) :

- localement, un bas-toit fissuré de calcaire marneux (d'environ 1 m d'épaisseur en général). Il est le résultat des sédimentations du début du Crétacé Supérieur (Valdo-Fuvélien, notés C6 sur la carte géologique de Châteaurenard [c]), à dynamique lente de type fluvio-lacustre<sup>7</sup>. Il est représenté par des calcaires roses ou gris (avec gravelles noires ou grosses pisolithes) et/ou par des calcaires marneux à gastéropodes, à characées, à wackstones et autres algues d'eau douce.
- systématiquement, un haut-toit marno-calcaire compact. Il s'agit de calcaires fuvéliens, généralement gris à noirs, qui correspondent à des micrites (riches en débris d'Algues, Chara et Munieria). Malgré un aspect massif, il apparaît relativement diaclasé et faillé à l'affleurement. Ce faciès présentent des épaisseurs relativement importantes : plus de 100 m au Parisot (point BSS 09931X0024/S) 70 m dans le secteur des Canonnettes (09932X0152/S), 35 m dans le secteur de Mas Méjean (09932X0148/S), 15 à 80 m au Mas Rouge (09932X0029/S), 35 à 40 m dans les secteurs d'Anna Mas et de Fléchons (09933X0047/S et 09933X0049/S).



*Figure 6 : calcaires fuvéliens massifs des terrains de recouvrement dans la MCO des Canonnettes, INERIS*

Au-dessus de ces calcaires fuvéliens alternent des faciès calcaires moins massifs : calcaires franchement marneux du Bégudien et calcaires gréseux du Rognacien résultant de dépôts fluvio-lacustres mais probablement plus dynamiques qu'au début du Crétacé.

<sup>7</sup> Abaissement lent de l'isthme durancien coïncidant avec une extension du lac valdo-fuvélien, voir annexe 4.



Figure 7 : bauxite exploitée, bas-toit de calcaires marneux et haut-toit de calcaires plus massifs. Secteur d'Anna Mas, INERIS

#### 6.4 FORMATIONS BAUXITIQUES

Le gisement de bauxite des Alpilles résulte d'un remplissage de minerai au sein des chenaux de dissolution karstique ou des surfaces d'érosion du mur calcaire hauterivien et/ou barrémien, voir Figure 8 suivante.

De fait, le gisement originel se présentait probablement comme une succession de poches<sup>8</sup> ou de lentilles de bauxite plus ou moins contigües et plus ou moins étendues en fonction de la karstification.

Les mouvements orogéniques et les différentes phases érosives qui ont suivi ont plissé et remodelé ces lentilles originelles générant ainsi l'affleurement de plusieurs lignes, ou liserés, discontinus de bauxite au sein des 4 bassins synclinaux identifiés (voir Figure 9).

Ces différents affleurements sont généralement orientés du nord-est vers le sud-ouest et plongent alternativement vers le sud ou vers le nord en fonction des flancs des synclinaux concernés.

Ces structures ont des puissances et des pendages variables d'un point à l'autre du gisement et parfois même sur un même secteur (voir tableau ci-après).

Dans les secteurs exploités, les poches de minerai se décomposent, dans leur série la plus idéale en 2 zones à dominante argileuse<sup>9</sup> (dites siliceuse supérieur et siliceuse inférieure) encadrant de la roche plus pauvre en silice mais plus riche en hydrates d'alumine<sup>10</sup> (dite médiane).

<sup>8</sup> La terminologie de couche de bauxite n'est donc pas appropriée au gisement de bauxite des Baux.

<sup>9</sup> De 20 à 25 % de  $S_iO_2$  et de moins de 30 % d'alumine, à la mine des Canonnettes.

<sup>10</sup> De 7 à 11 % de  $S_iO_2$  et de 38 à 48 % environ d'alumine, à la mine des Canonnettes.

**NB :**

Etant donnée cette sérigraphie (sup, médian, inf.), il est plus approprié d'utiliser le terme de formations bauxitiques et non de bauxite pour décrire le gisement exploité dans la région des Baux.



*Figure 8 : bauxite en remplissage karstique, secteur de Manville Ouest, INERIS*



*Figure 9 : liserés d'affleurements de bauxite, secteur des Fléchons, INERIS*

Site/Secteur	Pendage du gisement	Puissance du gisement
Mine ciel ouvert des Canonnettes	20 % vers le nord (environ 12°), [23].	23 m
Mine souterraine des Canonnettes	De 20 % à 25 % (env. 15°) vers le nord, [24].	Environ 12 m [23]
Viaud Ricaud	De 10° à 20° vers le nord [37]	variant de 5-7 m à 15 m, [37]
Mas rouge	De 10° à 28° (24° en moy) vers le nord	variant de 4 m à 11-12 m et localement 30 m, [38]
Camini Luen	De 60 à 70° vers le nord	
Gourgonnier et Destet	<i>Non précisé</i>	5 m, voir localement disparaître, [48] et [49].
Fléchons et Anna Mas	45° vers le sud	De 13 à 14 m
Trencades :	60° vers le sud.	Parfois plus de 10 m
Calans (hameau)	Redressée à la verticale (plongeant vers le sud) et	De 4 à 5 m
Grand Méjean	Redressée à la verticale (plongeant vers le sud)	<i>Non précisé</i>
Grands Calans Mas de la Dame, Baubesse	Vertical (60-90°) voir renversé.	5 m d'épaisseur
Manville Est	<i>Non précisé</i>	0 m
Mas Méjean (Manville Ouest)	25° en moyenne vers le nord	<i>Non précisé</i>
Parisot	80° vers le nord à l'affleurement puis subhorizontal en profondeur	<i>Non précisé</i>
Clapiers	A l'est, 15° vers le nord et vers l'ouest, subverticale	<i>Non précisé</i>

*Tableau 3 : précisions de pendage et de puissances locales [23] [37] [38] [48] [49] [52]*



## 6.5 GEOTECHNIQUE ET VALEURS CARACTERISTIQUES

### 6.5.1 BAUXITE

1972 – 1974<sup>11</sup> :

Les résistances à la rupture de la bauxite se situent en moyenne autour de 5,6 MPa avec une dispersion raisonnable de 1,4 MPa. La résistance ultime<sup>12</sup> du minerai a été établie à 2,7 MPa.

Lors de ces études, les essais sur le minerai se sont révélés complexes en raison de la mauvaise qualité des carottes prélevées à environ 50 m de profondeur (mauvaise tenue du minerai, carottes ou échantillons brisés...).

1975 :

En 1975, le principe des essais évolue<sup>13</sup> et le même minerai prélevé dans les descenderies voit sa limite élastique majorée à environ 6 ou 7 MPa (mais avec une dispersion de 3,5 MPa), [33]. Ces essais révèlent également que :

- la résistance peut doubler pour un échantillon de bauxite sec ;
- la résistance peut doubler pour un échantillon confiné à 1,25 MPa.

Cette seconde campagne d'essais conduit les experts à retenir une résistance ultime du minerai des descenderies de Canonnettes de 3 MPa, [13]. Le coefficient de poisson du minerai varie de 0,11 à 0,3 avec une valeur moyenne de 0,205.

1976, 1982 et en 1986

Pechiney constatant un comportement « *irréprochable* » des piliers dans le panneau Ouest, réalise de nouveaux essais de compression simple sur des échantillons prélevés au sein des panneaux dénommés Centre et extrême Ouest, [13].

Sur 36 essais en compression simples, les résistances à la rupture  $R_c$  se situent en moyenne autour de 14,8 MPa avec une dispersion de 5,7 MPa. Les limites élastiques en compression simple sont, en moyenne voisine de 7,8 MPa, avec une dispersion de 3,4 MPa. Au sein du panneau Ouest, la résistance ultime du minerai a été établie à 4,5 MPa, soit meilleure que le minerai des descenderies (GCa1 et GCa2).

Néanmoins, au sein du panneau Est une résistance ultime est établie à 3,2 MPa, soit comparable à celle des descenderies.

---

<sup>11</sup> La bauxite des descenderies principales de la mine souterraine des Canonnettes a été analysée par l'Ecole des Mines de Paris au début des années 1972-1974 sur des échantillons pris lors du creusement de ces ouvrages, [23].

<sup>12</sup> La valeur de résistance ultime est égale aux valeurs minimales de limites élastiques (longitudinale et transversale) issue des courbes effort-déformation expérimentales.

<sup>13</sup> Essais CERCHAR : élancement des éprouvettes normé à 1,5 et non à 2 pour les essais précédents

## 6.5.2 AUTRES DONNEES

Des caractéristiques supplémentaires ont été établies suite à la campagne d'essais de 1975, sur la bauxite mais également sur les calcaires du toit et du mur (voir Tableau 4 suivant) :

- les calcaires marneux du bas toit sont peu massifs : résistance à la rupture (Rc) de l'ordre de 12 MPa et module de Young (E) en moyenne de 6100 MPa ;
- les calcaires du haut-toit sont plus compétents : Rc de l'ordre de 50 MPa et E en moyenne de 24500 MPa ;
- la densité des calcaires du recouvrement varie entre 2,5 et 2,7 g/cm<sup>3</sup> ;
- mur argileux très difficilement carrotable car très délitable.

	Compression uniaxiale							Essais en étreinte latérale (1,5 et 3 MPa)			Dureté	Abrasivité	Teneur en eau
	E (MPa)		Re (MPa)		Rc (MPa)		Ru(**) MPa	E (MPa)	Re (MPa)	Rc (MPa)	En points	En points	Valeur moy en %
	Variation	Moyenne	V	M	V	M		M	M	M			
Haut-toit	16400 à 30000	24500	42 à 56	49,3	45 à 60	50,3	50	-	-	-	10 à 15	-	7,65
Bas-toit	4200 à 6800	6100	6 à 14,3	11,6	7 à 14,3	12,1	12	-	-	-	3 à 7	-	
Faciès siliceux sup	1700 à 16000	5300	4 à 22,3	4,3	4,8 à 22,8	4,3	Sud : 3,1 Ouest : 4,5 Est : 3,2	3112 et 4700	13,2 et 17,9	15,7 et 22	4 à 17	0,5 et 1 (2 échantillons) 0 (14 échantillons)	10,45
Faciès médian	500 à 6600	2600	1,6 à 14	6,5	1,8 à 16,7	7,2					2 à 7	0	13,9
Faciès siliceux inf	1200 à 1800(*)	1500(*)	5(*)	5(*)	10(*)	10(*)					< 5	2 à 5	0
Mur	2350 à 36000	30700	57 à 89	70	60 à 90	72,2	-	-	-	-	12 à 46	-	1,6

(\*) évalués par méthodes pressiométriques (roches trop altérables)

(\*\*) valeurs adoptées lors des études de synthèse des années 1990 à la fin de l'activité minière, [13]

*Tableau 4 : caractéristiques géomécaniques issues des essais de 1975, [13] et [33]*

## **7. HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE**

### **7.1 HYDROLOGIE**

Aucun cours d'eau de plus de 25 km de long n'est recensé sur ou à proximité immédiate des périmètres des travaux miniers étudiés ici. Le Rhône s'écoule à une dizaine de kilomètres à l'ouest du site et la Durance à environ 15 kilomètres au nord-est.

Le secteur étudié ici est à la jonction de 2 grands bassins versants utilisés par le Réseau National des Données sur l'Eau (ou BV RNDE [f]) :

- à l'ouest, celui du Rhône - à l'aval de l'Isère ;
- à l'est, celui de Durance et Crau.

Au sein de ces bassins versants, le secteur étudié est située sur 2 zones hydrographiques (niveau le plus fin du découpage hydrographique<sup>14</sup> actuel [f]) :

- au nord, celle du Rhône, du canal des Alpilles inclus au petit Rhône (code national V721) ;
- au sud, celle des Côtiers de l'étang de Berre au Rhône.

Plusieurs petits cours d'eau ou ruisseaux (gaudres en provençal), d'une quinzaine de kilomètres de longueur maximale, sont recensés sur et à proximité immédiate des travaux étudiés. Ce réseau hydrographique est la conséquence du relief marqué du massif des Alpilles. Les gaudres<sup>15</sup> sont des cours d'eau limités, généralement qualifiés de temporaires, et donc souvent à sec en été et à faible débit le reste de l'année (communément inférieurs à 5m<sup>3</sup>/s en période de crue).

Ajoutés au cours naturel de ces gaudres, plusieurs roubines et canaux ont été creusés pour drainer les quantités d'eau importantes que recèle le sol des communes du massif. Le canal de la vallée des Baux longe les affleurements de bauxite du synclinal des Baux depuis le secteur du Gourgonnier à l'est, jusqu'au Clapiers à l'ouest, [e]. Il constitue la seule sortie des eaux de ruissellement.

Dans ce paysage, les anciens marais des Baux-de-Provence constituent une zone humide de 1700 hectares entre le massif des Alpilles et la plaine de la Crau au pied des villages de Paradou, Maussane-les-Alpilles et Mouriès, [g] (zone humide inondable dont le fond voisine avec le niveau de la mer).

---

<sup>14</sup> Le découpage hydrographique est l'ensemble des quatre partitions hiérarchisées du territoire français réalisé selon des aires hydrographiques décroissantes :- région hydrographique (1er ordre),- secteur hydrographique (2ème ordre),- sous-secteur hydrographique (3ème ordre),- zone hydrographique (4ème ordre), [f].

<sup>15</sup> Gaudre d'Auge, Gaudre de la Croix du Loup, Gaudre d'Entreconque, Gaudre de Gypières, pour n'en citer que quelques uns [f].

## 7.2 HYDROGEOLOGIE

### 7.2.1 ECHELLE REGIONALE

L'inventaire national des masses d'eaux souterraines ne recense qu'un seul aquifère dans les régions des Alpilles étudiée ici : les calcaires et Marnes des Alpilles (ancien code de masse d'eau : 6204, nouvelle référence Sandre : DG204). Les écoulements y sont libres et captifs mais majoritairement libres (écoulements karstiques localement rendus captifs par des couches marneuses) au sein d'un système définis comme « *intensément plissé* », [c].

Au sein de cette série d'environ 1400 m d'épaisseur, ce sont les calcaires Hauteriviens qui présentent les meilleures qualités aquifères, [b]. La masse d'eaux souterraines des calcaires hauteriviens se recharge par les infiltrations des précipitations ruisselées sur le massif (impluvium très étendu). Les calcaires hauteriviens ne présentent pas réellement d'exutoire ; ils sont drainés vraisemblablement par les alluvions de bordure. La chaîne des Alpilles alimente d'ailleurs des sources de bordure (source de la Barjole dans la région de St-Etienne du Grès et de St-Gabriel).

Un drainage à la faveur des failles de décrochement dans le Crétacé supérieur de la Région d'Eygalières n'est également pas exclu. De même, des drainages ponctuels par les cailloutis sont possibles (marais des Baux-de-Provence notamment).

De plus, le massif a été « *très perturbé* » par les extractions de bauxite qui ont « *conditionné son drainage et a provoqué l'assèchement de la plupart des sources* », [b].

### 7.2.2 HYDROGEOLOGIE MINIERE

#### 7.2.2.1 MINE RECENTE DES CANONNETTES

Dans les années 1970-75, suite à des phénomènes d'assèchement des puits d'eau sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence et d'une hypothétique influence par les travaux d'exploitation de bauxite, Pechiney a mené plusieurs études hydrogéologiques sur le secteur des Canonnettes, [28] et [29] qui concluent :

- le niveau de la nappe est situé entre les cotes +80 m NGF, en périodes de hautes eaux, et +70 m NGF à l'étiage (en l'absence de drainage par les travaux souterrains), [30] ;
- la nappe s'écoule du nord-est vers le sud-est (les exutoires se situent sur le flanc sud de l'anticlinal de Manville dont le principal est la source des Arcoules). Différents essais de pompage réalisés dans la plaine ont fait apparaître une transmissivité moyenne faible de l'ordre de  $1.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s mais très hétérogène (valeur pouvant atteindre localement  $5.10^{-3}$  à  $7.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s), [24] ;
- l'aquifère principal aux Canonnettes, est plus généralement dans la région des Baux, est contenu dans les calcaires fuvéliens généralement peu perméables mais qui présentent une circulation intense de type karstique avec des fissures ouvertes reliées entre elles par un réseau de diaclases fines, [24]. Le mur marno-calcaire est également aquifère ; un équilibre s'établit entre les deux systèmes de mur et du toit même si, là où elle existe la bauxite, constitue un écran imperméable entre les deux ;



- quelques aquifères secondaires existent dans les strates subsurfaciques mais ils sont généralement séparés des calcaires fuvéliens sous-jacents par un horizon marneux imperméable ; ces deux systèmes sont donc déconnectés ;
- la présence de nombreuses fissures ou fractures ouvertes dans les calcaires du toit vont peser sur l'exploitation future des risques de « coups d'eau » ;
- une influence de l'exhaure minière sur la source de Arcoules est possible, tout en restant certainement limitée ;
- les autres sources ou puits exploités (sources des Calans, du Noyer, de Manville) dans la région ne seront très probablement pas impactés par l'exhaure minier. Des essais de pompages ont révélé qu'aucun effet sur la nappe des Arcoules n'était constaté pour des débits de l'ordre de 150 m<sup>3</sup>/h ; à partir de 300 m<sup>3</sup>/h des répercussions nettes et rapides ont été observées ;

Le suivi des débits exhaérés au cours de l'exploitation souterraine montre qu'il y a une bonne corrélation entre la pluviométrie et les recharges hydrauliques.

Lors de l'exploitation, les mineurs ont connu de nombreux problèmes de venues d'eau par le toit fissuré et karstique ; les travaux se sont notamment arrêtés au nord sur la faille du flanc sud de l'anticlinal des Alpilles extrêmement drainante, [27], voir paragraphe 10.3.4.

Au début de l'exploitation souterraine des Canonnettes, les ingénieurs des Mines évaluent les venues d'eau au point bas du panneau Centre de la mine des Canonnettes, le plus profond à l'époque, à environ 80 m<sup>3</sup>/h, [30]. Puis, avec l'extension des travaux, et selon les saisons, l'exhaure varie de 100 m<sup>3</sup>/h à 300 m<sup>3</sup>/h. Dans les dernières années d'exploitation, il atteindra même 700 m<sup>3</sup>/h [18], [24] et [27].

Après l'arrêt de l'exhaure minier, le 11 décembre 1990, le niveau de la nappe remonte pour se stabiliser vers la fin des années 1990 à la cote +71 m NGF, [27]. Le système hydrogéologique karstique ne semble donc pas avoir été modifié par l'exploitation minière

#### 7.2.2.2 MINE DU MAS ROUGE

Le toit et le mur renferme une nappe aquifère mais les venues d'eau les plus importantes viennent du mur, [33].

#### 7.2.2.3 CARRIERE DES GRANDS CALANS

La charnière anticlinale bauxitique dans cette zone présente un « *certain caractère aquifère* », [48].

### 7.2.3 SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE

Les niveaux d'eau peuvent être qualifiés de stabilisés à l'échelle du bassin de bauxite des Baux (hors battement plurimétrique estival/hivernal). Une majorité des travaux souterrains et à ciel ouvert sont aujourd'hui ennoyés en de proportions moyennes situées entre 50 et 90 % de volumes exploitées (confirmation par les visites de sites).



## **8. OCCUPATION DES SOLS ET URBANISME**

De manière synthétique :

Les secteurs exploités étudiés ici sont, à au moins 75-80 %, occupés par des zones de forêts ou des milieux semi-naturels (forêts de conifères et zones de végétation arbustive ou herbacée avec arbres épars). Tous ces secteurs sont exempts d'habitations même les plus isolées (périmètre minimal d'une centaine de mètres).

Une partie plus minime, de l'ordre de 15 %, des secteurs est occupée par des oliveraies ou d'autres « *surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants* » (code<sup>16</sup> CLC06 = 243).

Enfin, les affleurements de Grand Méjean et de Mas Flandrin se situent à proximité immédiate de limites externes du village de Maussane-les-Alpilles, classées en « *tissu urbain discontinu* » (code CLC06 = 112).

---

<sup>16</sup> Code CORINE Land Cover : base de données géographiques est produite dans le cadre du programme européen CORINE, de coordination de l'information sur l'environnement.



## CHAPITRE 2 : EXPLOITATION(S) MINIERE(S)

### **9. HISTORIQUE, DESCRIPTIF ET LOCALISATION DES EXPLOITATIONS DE BAUXITE**

L'exploitation des gisements de bauxite de la région des Alpilles remonte à de nombreuses décennies (les plus anciens documents témoignant de son intérêt industriel sont datés de 1860). Cette activité d'extraction perdure tout au long de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et d'une grande partie du XX<sup>ème</sup> siècle avant de cesser définitivement, aux Baux et en Provence, en 1993, [57], soit près de 130 ans de longévité. L'histoire des exploitations est étroitement liée au classement particulier de ce minéral au cours du XX<sup>ème</sup> siècle : d'abord sous le régime des carrières (ou minières) puis sous celui des mines. Ainsi, dans la suite de l'historique, deux périodes de travaux seront différenciées :

- une première période, dite pré-concession, antérieure à 1960. A cette époque, le droit d'extraction de la bauxite revenait à des entreprises de travaux publics ou bien à des particuliers. Ils étaient soumis, non pas à des permis, mais à des autorisations communales. Les règles administratives, d'exploitation et de sécurité n'étaient donc pas strictes ; la seule obligation était d'imposer un responsable des travaux sur les sites. De fait, l'information relative à ces travaux (appellation, description, position et étendue exactes) est parcellaire voire inexistante pour certains secteurs.
- un seconde, de 1960 à 1993, dite période concédée. Dans les années 1960-1962, suite au changement administratif de la bauxite, plusieurs demandes de concessions et de permis d'exploiter sont déposés auprès de l'Administration par des entreprises diverses et variées (Pechiney, Ugine, Union des Bauxites) et par un privé M Rondani. Face aux demandes croissantes d'alumine en France, l'Administration favorise les grands groupes miniers plus aptes à valoriser les bauxites siliceuses (donc médiocres) des Baux au sein de leurs usines. Ces derniers ne se limitent pas à exploiter uniquement les bauxites pauvres en silice au cœur du gisement en condamnant l'exploitation future du reste du gisement (filière choisie par les petits exploitants locaux).

Les travaux d'exploitation de ces deux périodes sont différenciables sur le terrain quant aux méthodes suivies et aux étendues concernées. Cette distinction est donc utilisée comme plan des paragraphes suivants.

#### **Remarques :**

Des tableaux de synthèse relatifs aux ouvrages, verses/tas, tranchées ou extractions à ciel et aux travaux souterrains sont donnés au paragraphe 15 de synthèse

## 9.1 TRAVAUX EN CARRIERES

### 9.1.1 CARRIERES NON LOCALISEES PRECISEMENT

Certaines carrières de bauxite, en particulier sur la commune des Saint-Rémy-de-Provence, sont mentionnées et décrites dans les archives mais elles sont mal localisées, surtout pour les plus anciennes. Les mentions « *terrains communaux* », « *bois de la commune* » ou « *propriétés communales* » et plus rarement des numéros d'anciennes parcelles sont les seules indications retrouvées (annexe 3).

#### Remarque :

Ces travaux n'ont pas fait l'objet d'investigation spécifique sur le terrain faute de localisation précise.

### 9.1.2 CARRIERES LOCALISABLES ET INVESTIGUEES PAR L'INERIS

D'autres carrières de bauxite ont pu être localisées :

- soit, sur la base de leur dénomination mentionnée dans les archives. En effet, l'appellation donnée aux carrières de bauxite correspond généralement au nom du hameau, du vallon, du gaudre ou du Mas le plus proche qui peut encore exister aujourd'hui.

Notons que ce sont généralement celles qui ont hérité d'une appellation qui ont fait l'objet des travaux les plus développés (relativement à celles du paragraphe 9.1.1 précédent) ;

- soit, sur la base des nos inspections sur le terrain. En effet, nous avons pu observer, des travaux, appartenant visiblement à la catégorie des carrières (vieux travaux) et non répertoriés. Ces travaux ont soit été rattachés à une carrière connue à proximité, soit dénommés par un point remarquable proche (Mas, rivière, Vallon).

Ainsi, 21 carrières ont été recensées et investiguées. Les principales remarques et observations sont synthétisées dans le Tableau 5 sur les 4 pages ci-après. L'annexe 5 détaille ces observations.

#### Remarques :

Même si les travaux préliminaires aux archives ont permis de lister un certain nombre de secteurs concernés par des carrières de bauxite, les investigations ont été menées en suivant méthodiquement les affleurements. Ce travail s'est révélé inévitable et fort riche de découvertes.

Une carrière de bauxite aurait existé sur le lieu-dit Manville-Est mais aucune donnée complémentaire n'a été retrouvée dans les archives, [48]. Faute d'accès « simple », elle n'a pas été investiguée (voir paragraphe 9.1.3).

Secteur	Données d'archives	Observations actuelles	Photos
Parisot	<p>En 1875, la « <i>première réelle exploitation</i> » de bauxite de la région des Alpilles est ouverte sur ce site à l'ouest du village de Paradou, [1].</p> <p>De 1905 à 1914, Pechiney exploite ce site par deux descenderies principales, [35].</p>	<p>Traces d'exploitation plus nombreuses que ce que n'indiquent les archives :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 excavations à ciel ouvert (0,1 et 0,5 ha) au fond desquelles des galeries ont été creusées (1,8 x 1,8 m de section). Celles-ci sont ouvertes et pénétrables : 3 galeries relient les 2 excavations entre elles, 4 autres s'enfoncent en descenderie vers le nord sur une distance indéterminée, 1 est creusée vers le sud et 1 vers l'est ;</li> <li>• autres travaux en tranchées, des grattages et des puits (2 puits ouverts présentent, même s'ils sont signalés, un caractère dangereux vis-à-vis du risque de chute (diamètre de l'ordre de 5 m), voir Figure 23 page 75.</li> </ul> <p>Réseau souterrain visitable limité (éboulements et de la présence d'eau). Il est probable que ces galeries vers le nord n'excèdent pas une vingtaine de mètres puisqu'à cet endroit le gisement de bauxite est vertical et rapidement limité au nord par les calcaires fuvéliens.</p>	Paragraphe 2 de l'annexe 1
Clapiers	<p>Quelques travaux très limités auraient été menés dans ce secteur, [49].</p>	<p>Comme au Parisot, traces d'exploitation plus nombreuses que ce que n'indiquent les archives même si limitées à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• petits puits de recherches (4 x 2 m de section) et très peu profonds (de l'ordre de 5 m) :</li> <li>• tranchées à ciel ouvert peu importantes (de l'ordre de 3-5 m de haut).</li> </ul>	Paragraphe 3 de l'annexe 1
Canonnettes	<p>De 1898 à 1914, puis de 1923 à 1930 et de 1934 à 1936, l'Union des Bauxites aurait mené une exploitation à ciel ouvert et en souterrain, [35].</p> <p>De 1942 à 1944, Pechiney extrait de la bauxite pour le compte de l'Union des Bauxites et son propre compte [36]. Un plan de travaux de Pechiney de 1970 identifie une ancienne zone de travaux souterrains, de près de 2 ha, [27].</p>	<p>Nombreuses entrées en descenderies (1,5 x 1,5 m de section) à l'est de la mine à ciel ouvert récente<sup>17</sup>, ainsi que des grattages et des dépôts.</p> <p>Accès généralement pénétrables mais ne desservant pas les réseaux de galeries repérés sur plan (éboulements à quelques mètres).</p>	Paragraphe 5 de l'annexe 1

<sup>17</sup> Le secteur des Canonnettes a été exploité à deux époques avant 1960 et après 1960. Dans la suite du rapport, les termes de « carrière », « vieux » ou « anciens » seront utilisés pour désigner les travaux de la première époque et les termes « récent », « moderne » ou « mine » seront utilisés pour désigner les travaux de la seconde période

Secteur	Données d'archives	Observations actuelles	Photos
Viaud Ricaud	<p>Avant 1936 : exploitation concomitante à la carrière des Canonnettes.</p> <p>De 1949 à 1960-62, M Rondani exploite<sup>18</sup> en souterrain une partie de ce site, qu'il nomme à tort site des Arcoules (voir paragraphe 9.3.3), via deux descenderies principales, [35] et [36]. Officiellement, ces travaux débutent en 1954 et se terminent en 1964. L'extraction ne commence réellement qu'en 1957 et se maintient de manière continue jusqu'en 1962.</p> <p>En 1963, l'Union des Bauxites attaque en justice M Rondani car ses travaux souterrains empièteraient sur des parcelles propriétés de l'Union des Bauxites (secteur Canonnettes). Cette faute est validée par des experts géomètres et M Rondani délaisse alors ce site.</p>	<p>Entrée principale des travaux Rondani, à l'ouest du chemin forestier, visible (murée mais vandalisme (2 x 2 m d'ouverture) et remblais toujours en place. Grattages visibles à l'est de cette entrée à proximité de vignes.</p> <p>De l'autre côté du chemin forestier, vers l'ouest, 3 entrées ouvertes et pénétrables (2 x 2 m de section) donnant accès à un réseau souterrain de chambres et piliers 400 mètres de galeries ont été visités sur environ 0,5 ha) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• piliers carrés de 2 x 2 m de section environ ;</li> <li>• et/ou piliers rectangulaires au pendage de 8 x 4 m de section environ (. D'autres accès débouchent sur le flanc ouest de la butte.</li> </ul> <p>Autre zone possible<sup>19</sup> de travaux plus à l'est derrière une propriété privée.</p>	Paragraphe 6 de l'annexe 1
Arcoules (voir rpe PEX des « Arcoules » au § 9.3.3).	De 1902 à 1907, une petite exploitation artisanale aurait été menée par M Durand Michel, [2]. Un grattage est recensé sur ce secteur, [25].	<p>Aucune zone d'affleurement de bauxite retrouvée ni aucune trace d'exploitation.</p> <p>Une carrière se trouve au nord-ouest de ce secteur (proche du croisement entre les routes départementales D78d et D78f) mais il n'est pas possible d'établir un lien avec la bauxite (front et déblais intégralement calcaires).</p>	Paragraphe 4 de l'annexe 1
Mas Méjean	<p>Aucune donnée d'archive (il est possible que les travaux retrouvés dans ce secteur correspondent en partie à ceux décrits par ceux de Manville Ouest).</p> <p>Le Scan25® de l'IGN localise au Mas Méjean une « Anc. Mine ».</p> <p><b>NB</b> : une carrière est ouverte par M Vayssière dans le vallon de la Fontaine en 1946. Ce vallon est le vallon principal qui mène au village des Baux. La carrière ainsi décrite correspond probablement aux travaux de Mas Méjean (ou de Viaud Ricaud).</p>	<p>Une zone de travaux souterrains avec des chambres au pendage (piliers résiduels rectangulaires de 8 x 4 m de section environ). 0,4 hectares de ce réseau accessible (3 accès en descenderies ouvertes, de 1,8 x 1,8 m de section). Travaux ennoyés à environ 70 m des entrées.</p> <p>Vers l'est, large zone d'affleurements (50 à 60 m de large) avec grattages et tranchées.</p> <p>L'« Anc. Mine » du Scan25 une propriété privée qui correspond probablement à un ancien carreau (mais accès impossible en l'absence des propriétaires).</p>	Paragraphe 7 de l'annexe 1
Grand Méjean	Aucune donnée d'archive (il est possible que les travaux retrouvés correspondent en partie à ceux décrits par ceux du Mas Flandrin).	<p>Affleurement dissimulé par une dense végétation mais :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 grattages ou tranchées à ciel ouvert visibles ;</li> <li>• 5 puits et galeries (sans extension avérée en souterrain) observés.</li> </ul>	Paragraphe 10 de l'annexe 1.

<sup>18</sup> Cette exploitation alimente principalement les cimenteries LAFARGE à Fos-sur-Mer.

<sup>19</sup> L'accès de ce secteur nous a été interdit par la propriétaire (les locataires, gérant l'hôtel nous ayant autorisés) ; mais de toute évidence, nous avons distingué une descenderie derrière un abri de jardin.



Secteur	Données d'archives	Observations actuelles	Photos
Mas Flandrin	Des excavations auraient été réalisées pour exploiter les bauxites grises sommitales, [48].	Une grande tranchée (10 m de haut) ainsi que quelques grattages ponctuels. 3 ouvrages (puits et galerie de petite section) probablement de recherche sans extension souterraine. <b>Remarque</b> : à l'extrémité ouest de ce secteur se situe, un des affleurements de bauxite les plus fameux des Baux, au croisement de la route départemental D5 et de l'aqueduc du canal de la vallée des Baux.	Paragraphe 11 de l'annexe 1 et Paragraphe 9 de l'annexe 1
Manville Ouest	Des travaux auraient exploré l'aval immédiat du gisement dans ce secteur (carrières et galeries), [48].	Nombreux grattages et tranchées ainsi que quelques galeries (de 1,8 x 2 m de section en général) et puits. Extension en souterrain difficilement estimable (présence d'eau ou d'éboulements). Affleurement systématiquement fouillé, exploré voir exploité.	Paragraphe 8 de l'annexe 1
Baubesse	Ce secteur est mentionné dans les autorisations d'exploiter « <i>le fer</i> <sup>20</sup> » sur la commune des Baux-de-Provence qui auraient été accordées de 1873 à 1890, [2].	Affleurement observé mais sans aucun indice de travaux d'exploitation (ni grattage ni ouvrage).	Paragraphe 9 de l'annexe 1
Grands Calans	De 1873 à 1890, des autorisations d'exploiter au lieu-dit de la carrière des Grands Fronts (synonymes de Calans), [2]. Ce secteur aurait connu d'autres phases « <i>d'exploitation</i> » en 1947 et en 1958, [48].	Les affleurements très discontinus et peu visibles sur ce flanc nord du synclinal des Baux. Présence d'une seule zone de grattage (difficilement accessible mais facilement localisable).	Paragraphe 14 de l'annexe 1
Mas de la Dame	Entre 1873 à 1890, une autorisation d'exploiter le fer au lieu-dit du Mas de la Dame aurait été donnée, [2].	Aucune zone d'affleurement de bauxite retrouvée ni aucune trace d'exploitation.	-
Mas Rouge	1849 et 1861 : exploitation, à ciel ouvert, de minerai de fer d'alluvions à la carrière du Mas Rouge, [7]. En 1923, une carrière sur la parcelle 817 (Mas Rouge) produit 660 m <sup>3</sup> de minerai. De 1950 à 1960-62, M Rondani explore le site du Mas Rouge par une campagne de 12 sondages (400 m linéaires). Il exploite ensuite à ciel ouvert le site, [35] et [37] par deux excavations principales : excavation Est (située au sud du Mas rouge) et excavation Ouest, située à 300-400 m à l'ouest du Mas Rouge. Une galerie aurait été creusée au fond de cette seconde carrière, [38]. Des travaux sont également effectués sur une troisième carrière plus à l'est des précédentes, dite Carrière Lagier.	Il est très difficile de distinguer les travaux anciens, réalisés sous le régime des carrières, de ceux plus récents menés dans le cadre du permis d'exploiter du Mas Rouge. Ainsi, les remarques de visite seront faites au paragraphe se rapportant aux travaux récents du Mas Rouge (voir paragraphe 9.3.1).	Paragraphe 13 de l'annexe 1
Vallon Rouge	De vieux décapages auraient été menés mais ils n'auraient pas donné lieu à une exploitation du fait de la mauvaise qualité du minerai, [48].	Quelques points d'affleurements de bauxite visibles (certains avec traces de grattages mais sans extension ni développement particulier).	Paragraphe 12 annexe 1

<sup>20</sup> Fer dit également « *fer hydrolysé* » ou « *fer d'alluvion* », l'ancêtre de la bauxite.

Secteur	Données d'archives	Observations actuelles	Photos
Calans (hameau) et Entreconque	Des excavations de bauxite auraient été réalisées, [48],	Gisement très difficile à repérer à l'affleurement. Pas de réels travaux. Aucun affleurement de bauxite n'a été observé autour du site dénommé Entreconque, à l'ouest, du hameau des Calans. Il est probable que les excavations mentionnées dans les archives sur ce secteur, [48], soient celles repérés sur les secteurs plus à l'est.	-
Trencades	De vieux travaux sans réelle production auraient été réalisés face au rocher de Fangas, [48]	2 points d'affleurement de bauxite, très probablement grattés, repérés. Aucun autre indice de travaux.	
Fangas	De nombreuses excavations à ciel ouvert jalonnaient ce secteur, [48]. Leur production et extension réelles ne sont pas connues précisément.	Malgré végétation arbustive dense, affleurement de bauxite bien visible. 4 tranchées d'exploitation de bauxite : certains fronts verticaux de 5 à 8 m de haut (fentes du toit calcaires et éboulis). 3 descenderies ouvertes et pénétrables malgré grille (grande hauteur 8 à 10 m). Accès desservant la carrière souterraine de Fangas (panneau informatif). Extension en souterrain inconnue car non visitée.	Paragraphe 15 de l'annexe 1
Anna Mas	La bauxite sommitale rouge (2 m d'épaisseur) aurait été exploitée ponctuellement. Il s'agirait principalement d'excavations mais des galeries « <i>affaissées</i> » et des puits « <i>noyés</i> » sont également mentionnés, [48].	Plusieurs excavations et tranchées (7 m de hauteur maximale au sud). Fronts en aval pendage révélant des instabilités : fentes et éboulis. 3 galeries (de 1,8 x 1,8 m de section) donnant accès à une carrière souterraine visitable sur une dizaine de mètres en aval pendage vers le sud (petits piliers carrés, de 2 m de côté environ, visiblement en mauvais état).	Paragraphe 16 de l'annexe 1
Fléchons	De manière similaire à Anna Mas, une carrière des Fléchons est recensée (pour la bauxite sommitale rouge de 2 m d'épaisseur et mention de galeries « <i>affaissées</i> » et des puits « <i>noyés</i> »), [48].	Points de grattages et 1 excavation en tranchées (vers l'ouest du secteur). Entre le secteur des Fléchons et celui du Mas du Gourgonnier, à environ 700 m vers l'est, l'affleurement, certes visible, n'a pas fait l'objet de travaux (ni grattages ni ouvrage observé).	Paragraphe 17 de l'annexe 1
Gourgonnier	Au Gourgonnier, seules des reconnaissances auraient été réalisées (sondages et grattages), [49]. Une déclaration de carrière de bauxite aurait été faite au domaine du Gourgonnier en 1938, [10].	Aucune trace d'exploitation ou de grattage retrouvée. Sous-bois, visiblement remaniés, présentant des sols plus ou moins bauxitiques (affleurements probables).	-
Destet	Des reconnaissances auraient été réalisées par sondages et grattages, [49].	Aucun indice d'affleurement bauxitique localisé (et encore moins de travaux ou de grattages). <b>Remarque</b> : au croisement des routes D78 et D24, se trouve un second affleurement remarquable. A cet endroit, le flanc nord du synclinal de Mouriès, n'a pas, d'après les archives, fait l'objet de travaux en carrières ou en mines. Un rapide examen visuel a révélé l'absence d'affleurement visible hormis celui mentionné ci-avant.	Paragraphe 19 de l'annexe 1

Tableau 5 : détails des 21 secteurs investigués

### **9.1.3 CARRIERES LOCALISABLES MAIS NON-INVESTIGUES PAR L'INERIS**

- a) Faute de temps, la ligne d'affleurement la plus au nord du périmètre d'étude, soit le flanc sud du synclinal de Saint-Rémy, n'a pas été investiguée. Le dépouillement des archives n'a pas identifié de réels travaux d'exploitation dans ces secteurs. Deux petites excavations auraient été réalisées en 1924 dans la carrière dite de Camini Luen (ou Mas Viret) sur ces affleurements, [48]. Des points d'affleurements caractéristiques sont également répertoriés au Séraillet sur ces affleurements. Au vu de notre retour d'expérience, les affleurements dans ces secteurs ne devraient pas receler plus que des grattages ou des travaux à ciel ouvert limités (ponctuellement une galerie isolée).
- b) Secteur du Manville Est. Sur site, l'affleurement repéré de façon évidente à l'ouest de la route départementale D27 (secteur Manville Ouest), ne se poursuit pas de manière visible vers l'est (Manville Est). Le secteur de Manville Est se situe en grande partie sur des propriétés privées (Golf et cave vinicole) dont les propriétaires étaient absents lors des investigations. L'examen scrupuleux des photos aériennes n'a pas révélé de secteurs visiblement exploré par des travaux de bauxite (comme ailleurs sur les autres secteurs explorés). Faute de temps et d'accès simples/autorisés, les investigations n'ont pas été développées plus avant dans ce secteur.

## **9.2 TRAVAUX DES CONCESSIONS DES BAUX ET DE MAUSSANE (MINE MODERNE DES CANONNETTES)**

### **Remarques préalables :**

- 1) La concession des Baux a été instituée au profit de société Minière des Baux puis elle a été immédiatement amodiée à Pechiney, [17].
- 2) Les descriptifs suivants ne tiennent donc pas compte du découpage administratif<sup>21</sup> des concessions mais se réfèrent à des unités homogènes de travaux miniers (mines souterraines et à ciel ouvert modernes des Canonnettes).

### **9.2.1 HISTORIQUE**

De 1958 à 1962, Pechiney et Ugine réalisent une campagne de sondages de reconnaissance dans la région des Alpilles et notamment dans le secteur des Canonnettes.

De 1968 à 1971, les deux concessions de Maussane et des Baux sont concédées mais les pressions politiques locales retardent la mise en exploitation (voir extraits de presse), [17].

De 1971 à 1979, Pechiney exploite, enfin, la bauxite à ciel ouvert au lieu-dit Les Canonnettes. Les travaux d'exploitation souterrains ne débutent qu'en 1973.

---

<sup>21</sup> De 1968 à 1990, la concession des Baux n'a jamais réellement été concernée par des travaux miniers, l'exploitation ayant portée principalement sur le périmètre de la concession de Maussane. LA moitié est de la mine à ciel ouvert des Canonnettes et quelques traçages de reconnaissance souterrains pénètrent le périmètre de la concession es Baux (soit moins de 15 % de l'ensemble des travaux réalisés par Pechiney dans ce secteur).

A partir de 1979, Pechiney stoppe l'exploitation à ciel ouvert aux Canonnettes. L'extraction de la bauxite se poursuit uniquement en souterrain.

De 1980 à 1984, période d'intense exploitation, les 3 panneaux Extrême Ouest, Ouest et Centre sont en activité (méthodes des chambres et piliers abandonnés).

Au début de l'année 1984, Pechiney demande l'autorisation administrative pour essayer une nouvelle méthode dite des îlots au sein du panneau Est, [30].

Fin 1985 - début 1986, les horizons de l'alumine en France s'assombrissent. La direction générale de Pechiney envisage<sup>22</sup> d'arrêter la production de bauxite française en raison des conditions économiques défavorables vis-à-vis des bauxites tropicales. La mine des Canonnettes est alors considérée comme épuisée à court terme, [27].

En 1987, les panneaux Centre, Ouest et Extrême Ouest sont définitivement abandonnés. L'exploitation test du panneau Est n'a jamais été développée plus avant.

Les dernières tonnes de minerai sont extraites de 1987 à 1990, [27]. Le 11 décembre 1990, les pompes d'exhaure sont arrêtés, [27].

### 9.2.2 DESCRIPTIF DES TRAVAUX OBSERVES

Les photographies de cette zone sont présentées au paragraphe 5 de l'annexe 1.

Les deux descenderies, dénommées D1 et D2 des Canonnettes par Pechiney (nommées GCa1 et GCa2 dans cette étude), orientées sensiblement 20° nord-ouest, sont tracées parallèlement et en couche depuis le fond de la fosse à ciel ouvert (non remblayée à cette endroit) ; elles présentent des sections de 25 m<sup>2</sup>, [24]. La première, GCa1, servait au transport du personnel et du minerai et également comme entrée d'air et GCa2 servait uniquement à l'aéragé.

Les deux entrées sont actuellement visibles. Elles sont en partie murées mais l'une d'elle est pénétrable. L'observation des zones de travaux souterrains est impossible (accès bloqué par un second mur situé à une dizaine de mètre de l'entrée). La galerie d'aéragé au nord ouest n'a pas été recherchée faute de localisation précise.

La partie non remblayée de l'excavation moderne des Canonnettes est imposante : 3,5 ha et un front nord subvertical de près de 35 m de haut (en deux gradins). L'aspect général de ce front nord est globalement sain avec peu d'indices de chutes de blocs récentes ou passées. Les terrains au toit de la bauxite sont facilement observables ; ils sont massifs et épais tout en étant localement diaclasés.

Le fond de la mine à ciel ouvert est exempt d'eau.

### 9.3 AMODIATIONS DE M RONDANI

**Remarque préalable :** les travaux concernés ici se situent sur les concessions de Maussane et des Baux, propriété de Pechiney, mais au sein d'enclaves qui ont été amodiées à M Rondani (voir paragraphe 4).

---

<sup>22</sup> Des 1973, Pechiney avait prévu d'arrêter progressivement l'extraction de bauxite en France (« plan des 20 ans »), [40].

### 9.3.1 HISTORIQUE DU PEX MAS ROUGE

De 1960-62 à 1971, M Rondani poursuit, sans autorisation, son exploitation artisanale à ciel ouvert (commencée une quinzaine d'années auparavant) sur l'excavation Est et l'excavation Ouest du Mas Rouge, [31].

De 1971 à 1984, M Rondani exploite<sup>23</sup> à petite échelle<sup>24</sup> le gisement du Mas Rouge avec plus ou moins « *de tensions locales et d'hostilités riveraines* » (plaintes relatives aux tirs de mines, non-respect des limites d'exploitation réglementaires, décharge d'ordures dans de vieilles excavations, etc.).

Début 1983, le gisement de bauxite limité au périmètre autorisé en 1974 s'épuise : les réserves sont estimées à 50 000 tonnes, soit environ 2 ans d'exploitation. En mars 1983, les extensions sollicitées par M Rondani sont rejetées et l'exploitation du Mas Rouge se termine.

En 1986, la DRIRE demande à M Rondani de finaliser la remise en état du site

### 9.3.2 DESCRIPTIF DES TRAVAUX OBSERVES AU MAS ROUGE

Les travaux à ciel ouvert du Mas Rouge couvrent une superficie d'environ 7 à 8 ha.

A l'extrémité est du secteur, l'emplacement exact de la Carrière Lagier (intégralement remblayée) est difficile à préciser : seule une végétation de roseaux dénote avec le reste du paysage et identifie probablement l'ancienne excavation.

Vers l'est, se trouve une tranchée (probablement l'excavation Ouest du Mas Rouge) aux abords verticaux de 5 à 8 m de hauteur environ, photographies au paragraphe 13 de l'annexe 1.

Cette tranchée débouche dans une grande mine à ciel ouvert en eau (surement l'excavation Centre du Mas Rouge). Son flanc nord est vertical avec une partie émergée d'environ 20 m de haut. Le flanc sud plus faiblement penté (de l'ordre de 50°) a visiblement fait l'objet de déversement de déblais.

A l'extrémité est du site, une dernière excavation est visible (en forme de bassin) ; elle a vraisemblablement été en partie remblayée et ne présente pas de fronts rocheux verticaux.

### 9.3.3 PEX DES « ARCOULES »

M Rondani a donné à ce site la dénomination erronée des Arcoules. Il s'agit en fait du site des anciens travaux de Viaud Ricaud clairement identifiés par les parcelles 5 à 12 Section BK du cadastre de l'époque (secteur dénommé dans la suite du rapport Viaud Ricaud - Rondani). Les Arcoules étant un autre secteur situé à 550 m au sud, de l'autre côté de la route départementale 78f.

A partir de 1962-64, M Rondani cesse son activité à Viaud Ricaud pour recentrer ces travaux sur le site du Mas Rouge.

---

<sup>23</sup> En 1971 l'exploitation du Mas Rouge par M Rondani est officialisée par une amodiation d'un secteur de la concession de Maussane (Pechiney), [31].

<sup>24</sup> Cette exploitation est qualifiée « *d'artisanale* » par le concurrent Pechiney.



## **10. METHODES D'EXPLOITATION**

### **10.1 CARRIERES SOUTERRAINES**

Il est fort probable que, dans un premier temps, les carriers réalisaient de petits grattages aux affleurements voire des puits de recherche peu profonds pour explorer le gisement. Puis, si les conditions le permettaient et le justifiaient, ils creusaient, dans la couche de bauxite en suivant le pendage, une galerie dite de recherche (pouvant devenir une descenderie par la suite) au gabarit modeste : 1,8 x 1,8 m à 2 x 2 m de section. Le creusement de cette galerie initiale était stoppé en fonction de la profondeur (vis-à-vis de la stabilité du toit) ou des venues d'eau souterraine (moyens d'exhaure limités).

Après ces premiers travaux, la méthode d'exploitation suivie semble différer en fonction de l'époque et du pendage du gisement.

1) Dans les carrières les plus anciennes (avant le début du XX<sup>ème</sup> siècle), les mineurs suivaient une méthode de chambres et piliers abandonnés peu rationnelle et organisée en fonction des qualités de minerai recherché. A cette époque, la majorité des gisements exploités en souterrain étaient subhorizontaux. Cette exploitation conduit à des schémas d'exploitations très différents d'un point à l'autre du gisement, en termes de tracés, de dimensions des galeries et des piliers et de puissance exploitée :

- piliers de petites sections (3 à 4 m<sup>2</sup> de section pour les plus petits) ;
- largeur des chambres très variables : 4 à 7 m pour les portées de voûtes maximales ;
- ouverture des galeries, fonction de la karstification, mais en général de 2 m ;

Les résultats de ces exploitations au meilleur du gisement sont des piliers tournés ou contournés avec de grandes chambres quasiment systématiquement sans boisage. Ces chambres n'étaient pas remblayées et, le plus souvent, compte tenu de la faible profondeur des travaux les piliers étaient abandonnés (voir Figure 10).

2) Entre le début XX<sup>ème</sup> siècle et les années 1960, les exploitations se rationalisent et tiennent notamment compte du pendage. Au bout de la descenderie initiale, les carriers traçaient une galerie de fond, parallèlement à la surface et dans le minerai. Depuis cette galerie, ils creusaient alors des chambres en remontant vers la surface dans la couche de bauxite (chambres d'environ 2-3 m de large et de 8 à 10 m de long) et, si besoin, d'autres galeries de niveaux.

Aucun plan de tels travaux n'a été retrouvé, en revanche les travaux souterrains visités dans le secteur du Mas Méjean corroborent cette méthode.

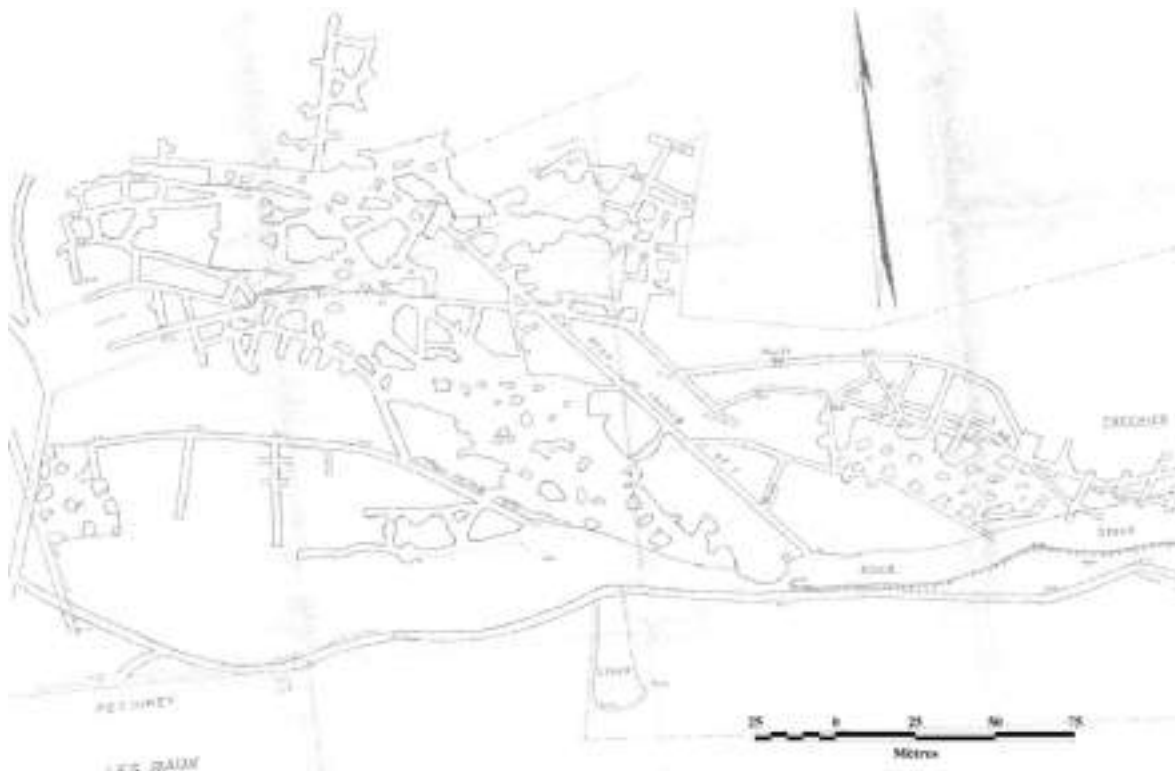


Figure 10 : chambres et piliers anarchiques, vieux travaux des Canonnettes, [27]

Dans les deux cas, des petits puits étaient fréquemment forés, pour remonter le minerai mais surtout pour faciliter l'aérage car il n'y avait pas de ventilateurs.

Les caractéristiques générales des gisements de bauxite (structures pentées, complexité tectonique, infiltration d'eau par les calcaires diaclasés du toit, etc.) ont systématiquement limité les anciennes exploitations souterraines à l'aval immédiat des affleurements : profondeur limitée (de l'ordre de 50 m au maximum) et extension aval modérée (de l'ordre de 80 - 100 m au maximum), voir Tableau 8 au paragraphe 15 de synthèse.

## 10.2 CARRIERES A CIEL OUVERT

Comme pour les carrières souterraines, les travaux s'initiaient également par des grattages sur les affleurements de bauxite visibles. Dans le cas de gisements verticaux et/ou très épais, les carriers locaux et peu expérimentés préféraient probablement exploiter à ciel ouvert par tranchées (méthode plus simple de mis en œuvre).

Les plus anciennes tranchées creusées, ou grattées, sont généralement des fosses aux bords verticaux d'environ 5 à 8 m de profondeur maximale et correspondent à une exploitation artisanale. Les carriers (paysans) travaillaient au pic et à la pioche. Ces excavations étaient généralement anarchiques et guidées par la qualité du minerai.

Ensuite, entre le début XX<sup>ème</sup> siècle et les années 1960, les exploitations à ciel ouvert sont réalisées par des compagnies ou des particuliers dont l'exploitation de carrière est le métier. Les exploitations à ciel ouvert se perfectionnent alors et s'approfondissent grâce au recours aux explosifs notamment. Ainsi, l'exploitation à ciel ouvert de M Rondani au Mas Rouge est menée sur la base d'une tranche



subverticale de 5 m de haut tirée à l'explosif, localement aménagée en deux gradins de 4 et 1 m de hauteur respective, [32]. Les excavations du Parisot, creusées au début du XX<sup>ème</sup> siècle présentent un front vertical de 10 à 12 m de haut.

Comme les travaux souterrains, l'extension des carrières souterraines est limitée :

- vers 1860-1870, la mairie de Saint-Rémy-de-Provence limite les travaux « à 10 ou 20 m<sup>3</sup> » de fouilles [3]. ;
- en 1849 et 1861, les arrêtés communaux autorisant l'exploitation à ciel ouvert du Mas Rouge précisent que le front « doit être limité à 2 m de haut et 2 m de large », [7] ;

Les caractéristiques détaillées des carrières à ciel ouvert sont données au Tableau 8 du paragraphe de synthèse.

### 10.2.1 REMARQUES SUR LES GRATTAGES

Près de 30 points ont été notés et représentés comme simples grattages. Ils correspondent soit :

- à des points d'affleurements de bauxite qui ont été altérés naturellement de manière prononcée ;
- à des travaux anthropiques très superficiels et si peu développés qu'il ne paraît pas pertinent de les définir comme tranchées ni même comme dépôts de déblais.

Ils sont conservés pour mémoire.

## 10.3 MINE SOUTERRAINE MODERNE DES CANONNETTES

### 10.3.1 METHODE PRINCIPALE

En raison de préconisations à caractère environnemental (annexes du décret de concession<sup>25</sup>), la méthode d'exploitation devait éviter tout mouvement en surface. Pour répondre à ces attentes, Pechiney a principalement suivi une méthode partielle de type chambres et piliers abandonnés. Ainsi, le panneau Extrême Ouest de la mine présente [23] :

- des galeries de 6 m de large et piliers carrés de 9 m de côté pour des profondeurs inférieures à 40 m, soit 64 % de taux de défrètement ;
- des galeries de 5 m de large et piliers carrés de 10 m de côté pour des profondeurs comprises entre 40 m et 50 m, soit 56 % de taux de défrètement ;
- des galeries de 5 m de large et piliers rectangulaires de 10 x 15 m pour des profondeurs comprises entre 50 m et 60 m, soit 50 % de taux de défrètement.

Les galeries sont creusées à l'explosif sur une hauteur initiale de 4,5 m, avec un ciel semi-circulaire positionné à environ 1 m sous les calcaires du toit (Figure 11). Les galeries sont confortées par boulonnage et grillage (boulons de 1,8 m ancré à la résine à la raison de 1 boulon par m<sup>2</sup>).

---

<sup>25</sup> La zone de protection des Alpilles (arrêté du 26 juillet 1975 du Ministres des affaires Culturelles) qui couvre l'intégralité des surfaces concédées impose aux travaux miniers de respecter des conditions spécifiques ayant des conséquences sur les caractéristiques des travaux miniers.

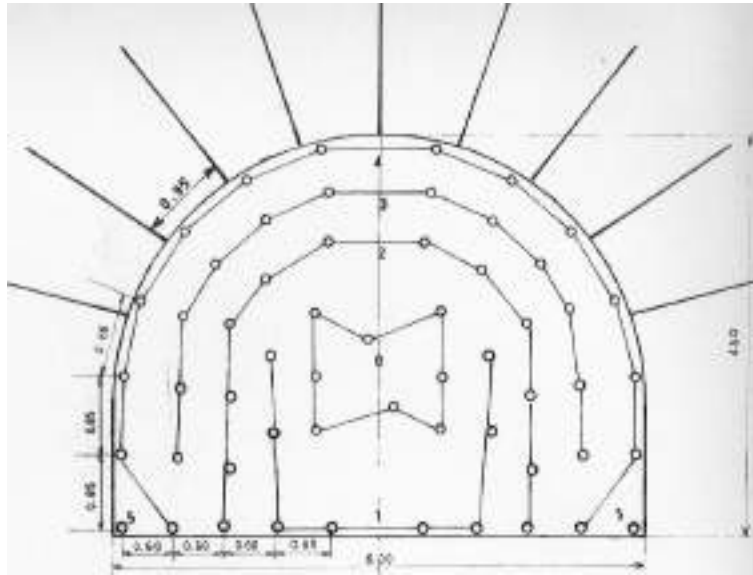


Figure 11 : galeries en voûte semi-circulaire de la mine des Canonnettes, Schéma de tir Pechiney Mars 1976 (DREAL PACA)

Les panneaux étaient divisés en bandes ou quartiers mis en exploitation successivement. Chaque bande était tracée au moyen de 5 galeries primaires parallèles espacées de piliers longs de 9 ou 10 m de côté, soit un entre-axe de 14 à 15 m (Figure 12). Ces piliers étaient ensuite recoupés par des voies secondaires en rabattant et conservant un front d'avancement à 45° sur les voies primaires, [23].

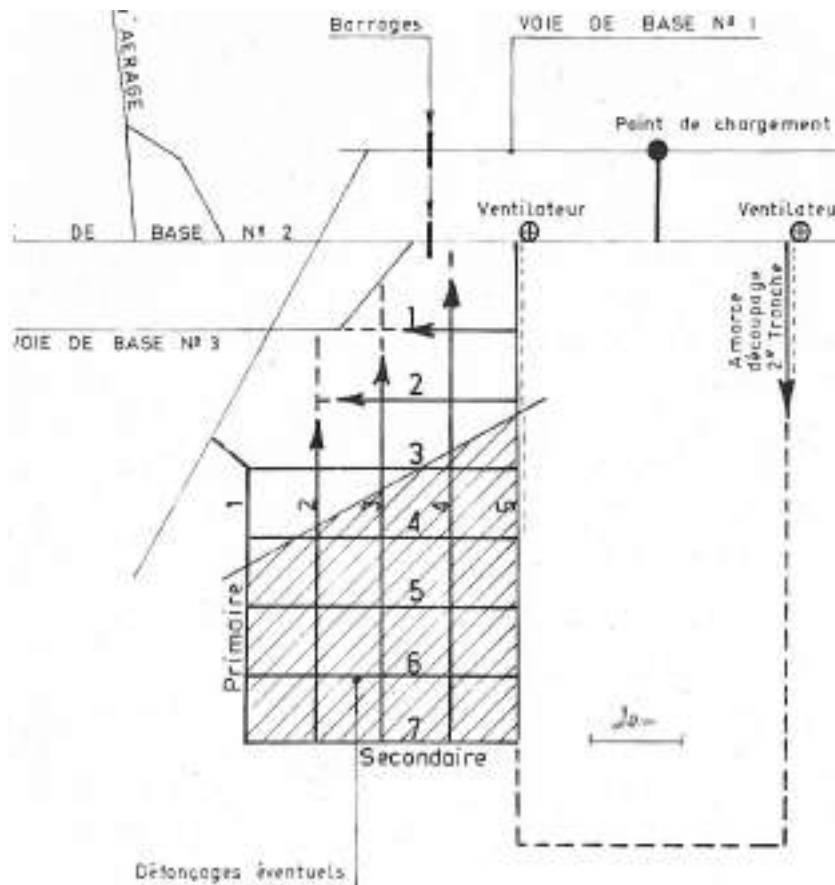


Figure 12 : schéma d'exploitation du panneau Extrême Ouest de la mine des Canonnettes, Pechiney Mars 1976 (DREAL PACA)

Suivant la qualité de la bauxite extraite, le toit pouvait « être défoncé » sur une hauteur maximale<sup>26</sup> de 8 m par passes successives de 2 m, [23].

L'évacuation du minerai au jour est effectuée jusqu'au jour par bandes transporteuses en cascades, via les deux descenderies principales des Canonnettes (GCa1 et GCa2), [30].

### 10.3.2 EXTENSION ET PROFONDEURS

Comme pour les anciens, les caractéristiques particulières du gisement (structures pentées, complexité tectonique, infiltration d'eau par les calcaires diaclasés du toit, etc. ...) ont souvent contraint les mineurs expérimentés de Pechiney à limiter leurs exploitations, [27].

Les descenderies principales des Canonnettes mesurent 510 m de long (du sud-est vers le nord-ouest). Les travaux d'exploitation ont été réalisés de part et d'autre des descenderies sur environ 500 m d'extension vers l'est et sur 550 m vers l'ouest. En novembre 1974, les deux descenderies atteignent les cotes minimales visées par Pechiney +30 m NGF (cotes limites de l'horizon économiquement exploitable), [30]. Les différents quartiers ont été exploités entre 20 et 80 m de profondeur.

Les profondeurs détaillées des travaux souterrains sont données au Tableau 8 du paragraphe 15 de synthèse.

### 10.3.3 AERAGE

En phase d'exploitation, un percement en bout de la galerie Ouest, débouchant dans la plaine du Mas d'Auge, assure une circulation d'air efficace via une aspiration mécanisée de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/h environ. L'entrée d'air se fait sans assistance mécanisée par le deux descenderies principales des Canonnettes (GCa1 et GCa2), [30].

### 10.3.4 EXHAURE

Jusqu'en 1985, l'exhaure de la mine des Canonnettes est assuré par un système de pompage de 350 m<sup>3</sup>/h de capacité nominale. En 1985, Pechiney installe un système « titanique » de 1400 m<sup>3</sup>/h de capacité, [24] et [27] et [30].

Deux séries d'albraques ont été réalisées, une première à la côte +45 m NGF sur les descenderies principales à environ 300 m de l'entrée et une seconde à l'extrémité des descenderies à la côte +30 m NGF, [27].

Les eaux accumulées au fond étaient pompées vers la surface par l'intermédiaire de pompes immergées et de sondages verticaux creusés en couronnes des albraques.

Avant rejet, les eaux exhaurées sont traitées dans 6 bassins de décantations de 24 000 m<sup>3</sup> de volume total sur près de 14 000 m<sup>2</sup> de superficie, [18]. Ils sont installés dans la plaine du Mas d'Auge. Ces bassins ont été suivis par l'Agence de Bassin tout au long de l'exploitation qui n'a relevé aucune anomalie (hormis la turbidité des eaux).

---

<sup>26</sup> Du même ordre que l'ouverture maximale retenue pour l'estimation des réserves en 1980 qui n'excédait pas 7 m ou 8 m ; au-delà de cette limite, les surpuissances de bauxite n'étaient pas exploitées et « étaient laissées en place ».

## 10.4 MINES A CIEL OUVERT

### 10.4.1 MINE MODERNE DES CANONNETTES

Certains plans retrouvés aux archives représentent une fosse à ciel ouvert de 750 m d'extension d'est en ouest (Figure 13). De toute évidence, il s'agit d'un projet et l'excavation s'est finalement limitée à 300 m d'extension d'est en ouest et à 150 m du nord au sud (Figure 14).

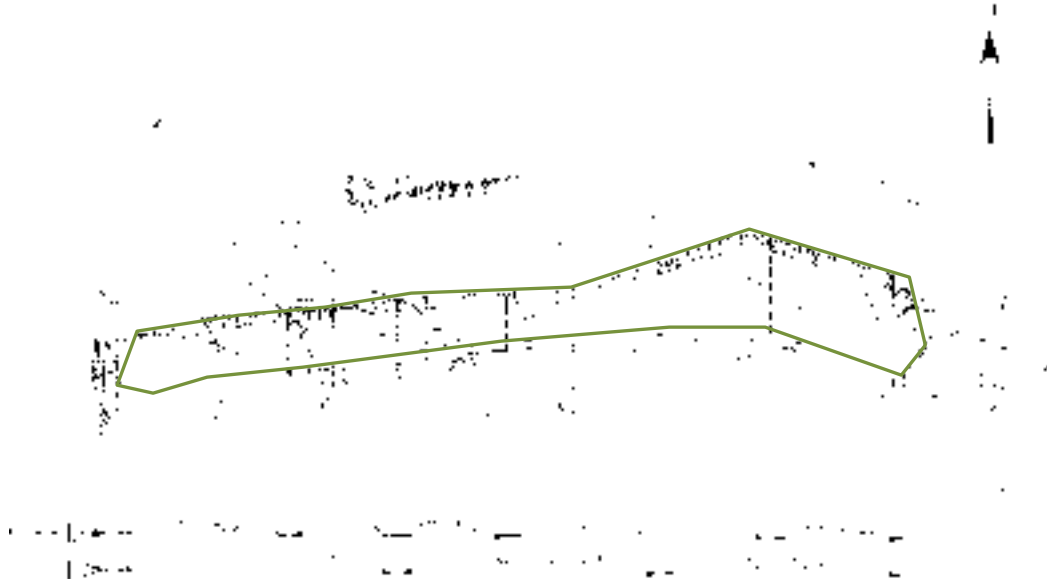


Figure 13 : emprise projetée de la mine à ciel ouvert des Canonnettes avant le début des travaux en 1970 (en vert), [26]

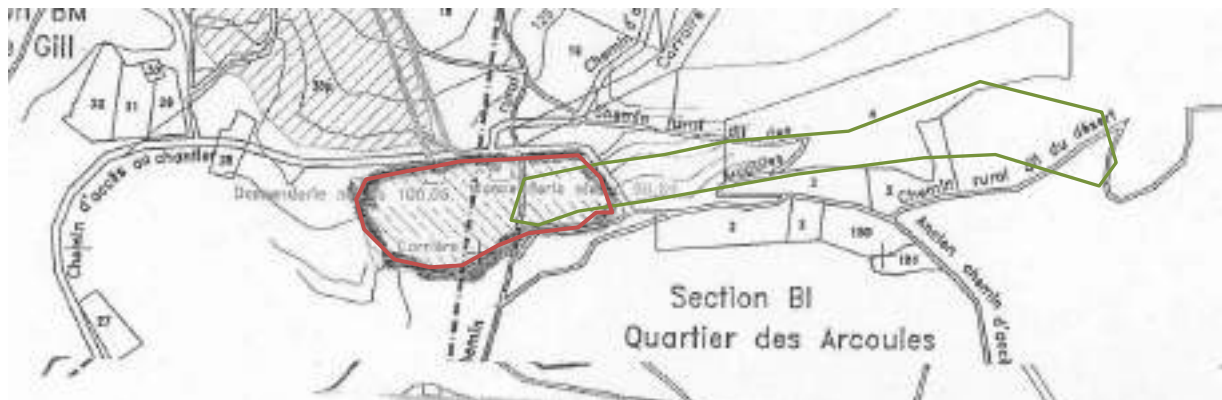


Figure 14 : emprise réelle de la de la mine à ciel ouvert des Canonnettes(en rouge) et report à l'échelle du projet (vert), [26]

L'excavation est creusée en suivant la pente du gisement et s'enfonce vers le nord.

La méthode est celle dite des tranches. Ces dernières présentent des hauteurs comprises entre 10 et 15 m. Le front de falaise, au nord, est prédécoupé au cordeau détonnant et confère une pente finale de 60 à 70° (Figure 15).



Figure 15 : fronts d'excavation aux Canonnettes dans les années 1970, [11]

Les stériles triés sont déposés en une verse à 400 m au nord de la mine à ciel ouvert.

En fin d'exploitation, la partie amont pendage (au sud) de l'excavation a été en grande partie remblayée (excepté sa partie ouest, lieu de départ des descenderies des Canonnettes, GCa1 et GCa2).

#### 10.4.2 MAS ROUGE

Les excavations à ciel ouvert du Mas Rouge réalisées dans le cadre minier constituent une continuité de celles commencées une quinzaine d'années auparavant sous le régime des carrières.

Elles sont creusées en suivant la couche et s'enfoncent du sud vers le nord à environ 20°-25° de pente. Les fronts rocheux les plus importants sont donc situés au nord. Ces fronts, correspondant généralement au décapage des terrains de couverture.

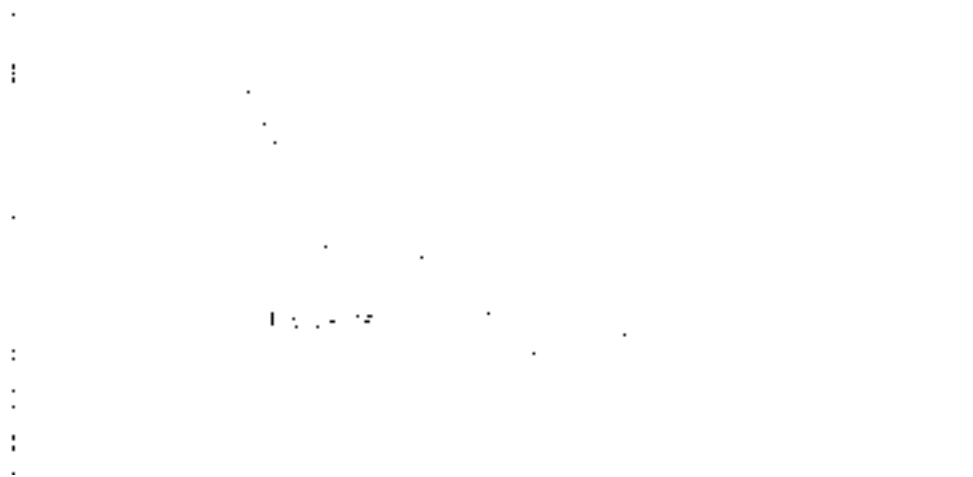
En théorie, le gisement de bauxite devait être exploité par tranches unidescendantes successives avec gradins d'environ 3 m de haut et une distance de 2 à 3 m entre deux tranches (Figure 16). Dans la réalité, la bauxite a été enlevée suivant un front subvertical pris en une fois. Il n'est donc pas aménagé en banquettes et présentent des pentes comprises entre 50° et 80°, [33]. La hauteur totale des fronts des excavations varie globalement de 5 à 20 m d'est en ouest. Le fond des excavations, à peu près horizontal, se situe entre les cotes +80 et +87 m NGF, [21].

Une partie des stériles de creusement a servi au remblayage d'excavations adjacentes : la carrière Lagier est entièrement remblayée et l'excavation ouest l'est en partie, [33].

Un bassin d'exhaure est creusé au sud-ouest de la zone exploitée.

Les points extrêmes est et ouest de la zone exploitée au Mas Rouge (excavation Lagier, excavation Est, Centre et Ouest) sont distants de près de 800 m, [31].

Les caractéristiques détaillées des excavations sont précisées au Tableau 9 du paragraphe de synthèse.



*Figure 16 : coupe des excavations du Mas Rouge  
réalisées par M Rondani après 1962, [33]*

Remarque :

Aucune galerie n'a été observée au fond ou à proximité des fosses du Mas Rouge.

## 11. PRODUCTIONS

Les différentes données de production nécessaires à la l'évaluation de l'ampleur et des volumes exploitées sont synthétisées, par site et par période, dans les tableaux ci-dessous.

Régime	Secteurs	Période	Production	Exploitant
Carrière	Montagnes communales de Fontvieille	De 1848 à 1857	267 t de minerais de fer, [6].	Un riverain
	Arcoules	De 1902 à 1907	100 t de matériau (un doute subsiste sur la nature bauxitique ou calcaire de cette production), [2]	M Durand Michel
	Terrains communaux de Saint-Rémy-de-Provence,	En 1907	500 t par an, [4].	M Bert
	Parisot	De 1905 à 1914	30 000 t de bauxite [35].	Pechiney
	Canonnettes et Viaud Ricaud,	De 1898 à 1914 <sup>27</sup> , puis de 1923 à 1930 et de 1934 à 1936	400 000 t de minerai, [35] 100 000 t	Union des Bauxites
	Bouches du Rhône (tous secteurs des Baux)	En 1913	4270 tonnes	-
	Camini Luen	En 1924	Quelques milliers de tonnes de minerai, [48].	Des particuliers
	Canonnettes	De 1942 à 1944	18 000 t à 20 000 t de minerai, [36].	Pechiney pour le compte de l'Union des Bauxites
	Grands Calans, de Baubesse et/ou du Mas de la Dame	En 1947 et 1958	Quelques milliers de tonnes de bauxite, [48]	-
	Viaud Ricaud	De 1954 à 1962	60 000 t de minerai, [36] et [37] ou 8000 t / an, [31] et [38]	M Rondani

Tableau 6 : production des sites de bauxite sous le régime des carrières

<sup>27</sup> Une part non négligeable de la bauxite des Baux a alimenté l'Allemagne en minerai durant la première guerre mondiale.

Régime	Secteurs	Période	Production	Exploitant
Mines	Canonnettes souterrain	En 1974	le creusement des galeries d'infrastructures produit 300 t par jour, [30].	Pechiney
		En 1976	le traçage du premier panneau d'exploitation à l'ouest de la mine produit 400 t par jour, [30].	Pechiney
		En 1980 et en 1981	environ 70 000 t (panneau Centre et 50 000 t (panneau Ouest), [30].	Pechiney
	Canonnettes ciel ouvert	De 1971 à 1979	460 000 t (et près de 650 000 m <sup>3</sup> de stériles calcaires), [24].	Pechiney
	Canonnettes souterrain + ciel ouvert	De 1971 à 1990	Près de 2,4 M de t de minerai, [24] et [27]	Pechiney
	Mas rouge	De 1962 à 1969	295 000 t de minerai siliceux, [31], [33] et [38],	M Rondani
		En 1970	61 000 t de minerai siliceux	M Rondani
		De 1972 à 1981	De 70 000 à 100 000 t par an, [21]	M Rondani

*Tableau 7 : production des sites de bauxite sous le régime des mines*

#### **Autres données :**

A l'issue des sondages de reconnaissance au début des années 1960, la formation bauxitique exploitable aux Canonnettes a été estimée à 8 ou 10 M de tonnes, [27].

La production des Canonnettes représente, en 1982, environ 7 % de l'extraction de bauxite en France, [18].

A la fin de l'année 1984, une nouvelle estimation a fixé les réserves des Canonnettes à environ 1 M de tonnes de bauxite à 45 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6 % de SiO<sub>2</sub> et 4 % de CaO, soit de qualité « médiocre », [27].



## **12. EBOULEMENTS, DESORDRES, INCENDIES, GAZ DE MINE ET INONDATIONS**

### **12.1 STABILITE, EBOULEMENTS ET DESORDRES**

#### **12.1.1 ARCHIVES**

Les archives relatives aux accidents en carrières dans les Bouches-du-Rhône<sup>28</sup> sur cette période pré-1960 recensent peu d'évènements relatifs aux travaux de bauxite de la région des Baux (relativement aux exploitations de houille par exemple) :

- en 1898, un mineur est tué par suite d'un éboulement dans les travaux souterrains de la carrière des Canonnettes ;
- une explosion, suite à un tir de mines défectueux tue un ouvrier à la carrière souterraine des Canonnettes en 1900 ;
- en 1902, deux chutes de toit mortelles sont mentionnées dans des carrières de la commune de Fontvieille (bauxite ou pierre de taille) ;

Le 9 juin 1980, le mineur Alberti est victime, à la mine des Canonnettes d'une chute de toit (hospitalisation et un arrêt de travail de 21 jours) : « *un bloc diédrique de 2 tonnes se détache, au sein du panneau Centre de la mine des Canonnettes en cours de traçage et de boulonnage* », [20]. Cet accident est probablement la conséquence d'un choix économique de l'époque qui abandonne systématiquement au toit des travaux une couche de moins bonne bauxite. Ce choix semble mal adapté à ce secteur où le ciel des travaux est localement diaclasé et affecté par de venues d'eau ponctuelles<sup>29</sup>.

Aucun désordre particulier n'est recensé dans l'historique de la mine à ciel ouvert des Canonnettes comme dans celui des exploitations de M Rondani au Mas Rouge.

#### **12.1.2 OBSERVATIONS SUR SITES**

##### **12.1.2.1 TRAVAUX SOUTERRAINS**

Dans les vieilles carrières souterraines, les réseaux souterrains visitables sont, environ une fois sur deux, rapidement bloqués par des éboulements et des chutes de toit. Aucune conséquence en surface, au droit de ces phénomènes, n'a été observée même dans les cas de travaux peu profonds.

Un effondrement localisé a toutefois été observé au nord de la zone de Manville Ouest (nommé D4), il donne directement accès à une chambre d'exploitation à très faible profondeur (Figure 17).

---

<sup>28</sup> Dossiers des AN référencés F14/4198 et dossiers des AD des Bouches-du-Rhône référencés 7S4/1 à 7S4/3 et 7S15/1, 7S22/1, 7S25/1 et 7S26/1.

<sup>29</sup> En conséquence, l'Administration soumet l'exploitant à une purge mécanisée systématique (manuelle jusqu'alors) du toit des galeries jusqu'au blocage de la purgeuse sur un « *fond dur* », [30].



Figure 17 : effondrement localisé au droit de travaux dans le secteur de Manville Ouest, INERIS

L'absence de désordres est également notable au droit des travaux souterrains les moins profonds de la mine des Canonnettes (voir ci-après).

#### 12.1.2.2 CAS PARTICULIER DU SUIVI DE LA MINE SOUTERRAINE MODERNE DES CANONNETTES

Les premières stations de convergence ont été posées en 1976, dans le panneau Extrême Ouest (convergence-mètre vertical mur-toit et extensomètre horizontal en cœur de pilier), [13]. D'autres stations ont été successivement installées au centre des panneaux suivis jusqu'en 1988. Les principaux résultats de ce suivi sont :

- absence de dilatations des piliers ;
- des convergences nettes pour les piliers proches de zones exploitées postérieurement : 3 mm en 4 ans ;
- des convergences lentes sur les piliers éloignées de toute exploitations postérieures : 1 mm en 4 ans ;
- la mise en charge des piliers suit correctement l'avancement des travaux.

De 1977 à 1988, Pechiney suit les évolutions de la topographie au droit de la mine des Canonnettes : aucun mouvement n'a été décelé sur cette période (tous panneaux confondus), [13]. La surveillance a repris en 2004 (voir paragraphe 14.2.2).

A la fermeture de la mine souterraine, la quasi totalité de l'édifice souterrain des Canonnettes est qualifiée « *de stable à long terme* » et tout « *effondrement brutal peut être écarté* ». Seuls les petits piliers carrés du panneau Sud, soumis par ailleurs à d'éventuels battement de nappe, « *pourraient se dégrader et générer une légère subsidence* » des terrains sus-jacents (avis et calculs d'experts de l'Ecole des Mines de Paris, [13]).

Aujourd'hui, une des descenderies principales est pénétrable mais l'accès aux panneaux exploités est néanmoins impossible en raison d'un second mur situé à une dizaine de mètres de l'entrée. Les terrains au droit de la partie la moins profonde des travaux souterrains ont été inspectés et n'ont pas révélé l'existence de désordres.

### 12.1.2.3 OUVRAGES MINIERS

Aucun désordre spécifique imputable à un ouvrage minier (effondrement de tête de puits, débouillage, etc.) n'a été recensé dans les archives ni observé avec certitude sur le terrain.

Des petites dépressions ont été observées ponctuellement sur le terrain mais elles révèlent probablement plus l'existence d'un vieux grattage ou d'un affouillement en partie ou mal remblayé qu'un désordre réellement attribuable à un ouvrage minier (GCa4, GVR9, GVR6 ou PFa1 par exemple).

Toutefois, les puits et galeries observés, notamment les plus anciens, sont généralement creusés intégralement dans le gisement de bauxite qui de part sa mauvaise résistance mécanique confère une certaine altération aux épontes de ces ouvrages (voir figures suivantes).



*Figure 18 : épontes altérées d'ouvrages miniers creusés dans la bauxite, INERIS*

### 12.1.2.4 TRAVAUX A CIEL OUVERT

Les travaux à ciel ouvert et/ou les tranchées sont, sauf exception rare, généralement non remblayés et ils présentent des caractéristiques communes quant à la stabilité de leurs fronts :

- le front aval pendage, généralement subvertical et constitué de calcaires fuvéliens, est généralement sain et peu sujet aux instabilités (cas des grandes excavations du Parisot Est et Ouest, des Canonnettes et du Mas Rouge Centre).

Toutefois, certains fronts d'excavations plus modestes sont sous-cavés par des galeries ou des grattages et ils présentent alors des indices d'instabilités : fentes et blocs éboulés, voir Figure 19 : fronts verticaux du secteur de Fangas et d'Anna Mas par exemple ;

- le front amont pendage, de pente plus faible (voisine de celle du gisement) et constitué de bauxite en place ou de déblais rapporté, est ponctuellement sujet à des glissements. Le cas le plus visible est celui du flanc sud de l'excavation des Canonnettes : une partie des remblais est reboisée mais la partie ouest de cette zone, peu ou pas boisée, présente des indices de glissements de pente (Figure 20). Le flanc sud de l'excavation Centre du Mas Rouge, probablement recouvert de déblais, remodelé et en partie végétalisé, révèle des indices de ravinements fréquents.



*Figure 19 : fentes au toit d'une tranchée sous-cavée, Fangas (INERIS)*



*Figure 20 : flanc sud de l'excavation des Canonnettes (INERIS)*

Les fosses ou tranchées creusées intégralement dans le gisement de bauxite sont également le lieu d'instabilités limitées de type :

- écoulement, en aval pendage (Figure 21) ;
- glissements et/ou ravines, en amont pendage : MCO Parisot Est, Tranchée ouest de Grand Méjean, MCO de la Remise, MCO Mas Flandrin, MCO principale de Fangas, MCO 2 de Fangas et MCO 2 d'Anna Mas.





*Figure 21 : écoulement/éboulement liés à des tranchées dans le gisement (INERIS)*

#### 12.1.2.5 DEPOTS

Les tas observés ponctuellement sur ou à proximité des anciennes exploitations sont généralement de taille et de volume faible et aucun désordre n'y a été observé.

Aucune instabilité n'a été observée sur la verse principale du dépôt des Canonnettes (remodelée et entièrement végétalisée).

### 12.2 INCENDIES ET FEUX SOUTERRAINS

D'après toutes les archives consultées, l'histoire des carrières de bauxite (avant 1960) est exempte de tout événement de type incendies ou feux (souterrains et de surface).

Aucun événement de cette nature n'a été recensé dans les archives de mines de Pechiney consultées ici (mines souterraine et à ciel ouvert des Canonnettes).

D'après toutes les archives consultées, le site du Mas Rouge de M Rondani n'a pas connu de feux ou d'incendies.

### 12.3 GAZ DE MINE

Dans l'ensemble des documents consultés, il n'existe aucune information sur le gaz de mine relatif aux exploitations de bauxite des Alpilles. Aucune étude spécifique au gaz de mine (comme une analyse du risque résiduel d'émission de gaz de mine en surface, par exemple) n'a été retrouvée, même dans le cadre des dossiers d'abandon de travaux. Les seules indications trouvées concernent le dimensionnement des ouvrages d'aération durant l'exploitation. Aucune référence à un quelconque accident en relation avec le gaz de mine n'a été trouvée.

## 12.4 INONDATIONS

L'eau a constitué un frein majeur pour l'extension des travaux anciens en carrières ; les moyens de pompage limités de l'époque ne permettant pas une exhaure efficace. Les travaux souterrains, comme les excavations à ciel ouvert, sont souvent notés comme « *noyés* » ou « *en eau* » après l'arrêt des travaux (carrières des Fléchons et d'Anna Mas, [48]). Malgré tout aucune inondation dommageable n'a été recensée.

En 1979, près de 300 m<sup>3</sup> de boues s'accumulent mensuellement dans les albraques de la mine des Canonnettes, [30].

En 1984, le panneau Extrême Ouest de la mine des Canonnettes connaît des venues d'eau exceptionnelles qui font remonter le niveau de la nappe de 15 m et condamne l'exploitant à ralentir son exploitation, [30].

D'après toutes les archives consultées, le site du Mas Rouge de M Rondani n'a pas connu d'inondation.

## **13. DEPOTS ET INSTALLATIONS DE SURFACE**

### **13.1 CARRIERES**

Sauf exception (voir remarque ci-après), la majeure partie des carrières, entre 1830 et 1960, est artisanale et souvent conduite par des riverains. Il est donc probable que peu d'installations de surface aient été construites (aucune référence retrouvée dans les archives, aucun indice n'a été retrouvé sur le terrain).

De même pour les dépôts. En effet, les opérations de tri du minerai étaient réalisées à proximité immédiate du lieu d'extraction (excavations, puits ou galeries). En regard des productions limitées et des méthodes au meilleur du gisement, les dépôts de stériles alors générés sont sûrement restés ponctuels et peu étendus<sup>30</sup>.

Lors des inspections sur site, des petits tas de déblais bauxitiques ont souvent été observés ; il est généralement difficile d'affirmer avec certitude s'ils sont d'origine anthropique (faciès similaires aux affleurements environnants). De plus, une partie de ces anciens stériles est très certainement aujourd'hui parfaitement intégrée au paysage et indécélable.

Toutefois, par précaution, les déblais plus singuliers, en termes de localisation, de forme et de volume (de l'ordre de 50 m<sup>3</sup> au moins), ont été identifiés et considérés comme tas ou dépôts issus des carrières. Ces dépôts sont détaillés au Tableau 12 du paragraphe de synthèse.

#### **Remarque :**

Seuls trois sites pré-concession ne suivent pas les généralités artisanales précédentes ; il s'agit des carrières des Canonnettes, de Viaux Ricaud et du Mas Rouge. En effet, ces sites ont fait l'objet de travaux plus importants surtout vers la fin de la période pré-concession (1945 à 1960). Les dépôts ont donc probablement été conséquents. Néanmoins, ces trois sites ont fait l'objet de travaux miniers plus récents (post 1960) ayant conduit les exploitants à remanier une partie des verses, bâtiments et d'autres infrastructures (ces points sont examinés dans les paragraphes et suivants).

### **13.2 MINES DES CANONNETTES**

#### **13.2.1 VERSE ET DEPOT**

Les travaux miniers des Canonnettes, souterrains et à ciel ouvert, ont notamment conduit à l'extraction de près de 650 000 m<sup>3</sup> de stériles calcaires qui ont été déposés en une verse à 400 m au nord-est de la mine.

A la fermeture de la mine, cette verse a été remodelée (voir paragraphes suivants).

---

<sup>30</sup> Même si leur nombre a probablement été important compte tenu du nombre conséquent de carrières recensés.

### 13.2.2 INSTALLATIONS DE SURFACE

Les installations minières des Canonnettes se composaient de 6 bassins de décantation, de bâtiments préfabriqués (bureaux, ateliers, ...) et de pistes d'accès. A la fermeture de la mine, ces installations n'ont pas été démantelées. Dans le cadre d'un acte de vente devant notaire en octobre 1996, le syndicat intercommunal à vocation unique (SIVU) des Canonnettes a repris à Pechiney :

- les composants de l'alimentation électrique de la mine (transformateur, réseau de câbles, ...) ;
- 8 sondages d'exhaure (voir ci-avant) ;
- les 6 bassins de décantation ;
- les bâtiments préfabriqués (bureaux, ateliers, ...).

Les 6 bassins de décantation sont aujourd'hui toujours visibles, 2 d'entre eux sont en eau (couleur rougeâtre, Figure 22) ; les autres, plus marécageux, sont envahis par des roseaux.



*Figure 22 : un des bassins de décantation des Canonnettes en eau, INERIS*

### 13.2.3 MINES DU MAS ROUGE

Une partie des stériles de creusement a servi au remblayage d'excavations adjacentes, ainsi la carrière Lagier est entièrement remblayée (MCO2 sur la carte informative) et l'excavation Ouest l'est en partie (Tr10), [33].

Une vaste zone plane de déblais bauxitiques a été identifiée, à l'entrée de la commune de Fontvieille, près de la voie ferrée sur un quai (plate-forme T14). Ce dépôt a été rattaché aux travaux du Mas Rouge de M Rondani qui est mis en cause par des plaintes relatives à la destruction des quais de chargement ferroviaires.

Aucune information relative à d'autres dépôts n'a été observée ni recensée dans les archives.

Aucune information relative à d'éventuelles installations de surface utilisées par M Rondani n'a été retrouvée dans les archives ni observée sur le site du Mas Rouge.



## **14. REMISE EN ETAT, TRAITEMENT DES OUVRAGES ET SUIVI**

### **14.1 CARRIERES**

D'après toutes les archives consultées, les nombreux ouvrages pré-concession éparpillés sur les affleurements (puits, galeries et excavations) n'ont généralement pas fait l'objet de traitement particulier lors à l'arrêt des travaux d'extraction.

Ce point est corroboré :

- par les archives des concessionnaires les plus récents qui retrouvent parfois, sur leurs titres miniers, des vieux puits ouverts ou effondrés, dont ils ne connaissent pas l'existence ;
- par les visites de sites, qui révèlent l'existence :
  - de nombreux ouvrages ouverts et/ou pénétrables, ceux du secteur du Parisot par exemple (Figure 23) ;
  - de tranchées ou d'excavations non remodelées, celles notamment repérées sur les affleurements entre les secteurs des Calans et celui du Gourgonnier (Figure 24).



*Figure 23 : deux puits ouverts sur le secteur du Parisot, INERIS*



*Figure 24 : deux tranchées non remblayées entre les secteurs de Fangas et d'Anna Mas, INERIS*

De plus, dans les années 1975, un touriste allemand est décédé à la suite d'une chute dans un vieux puits de bauxite, à 2 ou 3 kilomètres au nord de Maussane (vieux travaux pré-concession probablement), [19]. Aucune localisation ni dénomination de ce puits n'a été retrouvée.

En 1981, l'Administration et Pechiney recensent<sup>31</sup> de nombreux vieux puits et ouvrages (datant du régime des Carrières) présentant un caractère dangereux. Dont certains situés sur les concessions des Baux et des Maussane appartenant à Pechiney. Potentiellement responsable, Pechiney ferme et mure six de ces ouvrages

---

<sup>31</sup> L'Administration et Pechiney envisage même une campagne de reconnaissance à l'échelle du massif des Alpilles mais elle ne sera jamais réalisée.

situés près de la mine des Canonnettes (entrée de galeries et puits carré de 3 m de côté et de 20 m de profondeur), [19]. Il s'agit probablement des galeries GCa5 à GCa 11.

En 1997, Pechiney obture d'autres anciennes descenderies, GCa12 et Gca13, du régime des Carrières situées en bordure de la piste cavalière à proximité de la mine des Canonnettes (voir Figure 25 suivante).



*Figure 25 : vue des anciennes galeries à l'est de la mine moderne des Canonnettes (en gauche avant travaux et à droite après travaux), [26]*

## 14.2 MINES

### 14.2.1 MINE A CIEL OUVERT DES CANONNETTES

A l'arrêt des travaux à ciel ouvert, en 1979, une partie, au sud de la mine à ciel ouvert, a été remblayée, sauf son extrémité ouest afin de permettre l'accès aux travaux souterrains, [18].

La verse a été remodelée par Pechiney dans les années 1980, afin de créer une colline « *d'aspect naturel et intégrée à son environnement* » (70 m de dénivelé et 7 hectares de superficie). La colline a ainsi été recouverte de 40 à 80 cm de terre végétale et replanté d'arbres et arbustes d'essence locale, [18].

L'extrémité ouest de l'excavation a été mise en sécurité suite à l'arrêt des travaux souterrains en 1990 (concomitamment à la fermeture des descenderies principales des Canonnettes) :

- purge, remodelage et installation d'une glissière de sécurité du front nord ;
- éboulement puis ensemencement du front ouest pour masquer l'affleurement à la vue du Château des Baux-de-Provence ;
- remodelage du flanc sud sous forme de banquettes permettant l'ensemencement.

Aujourd'hui, cette verse principale est bien intégrée au paysage : elle est entièrement végétalisée et talutée en 8 gradins de moins de 8 m de hauteur et de 4 à 5 m de large.

## 14.2.2 MINE SOUTERRAINE DES CANONNETTES

### 14.2.2.1 TRAITEMENT DES OUVRAGES

A la fermeture de la mine dans les années 1990, Pechiney obture les deux descenderies principales des Canonnettes (GCa1 et GCa2) et la galerie d'aérage de la plaine du Mas d'Auge avec un bouchon béton d'un mètre d'épaisseur à 10 m de l'entrée et des remblais jusqu'en surface, le tout équipé de buses de 200 mm de diamètre, [27]. (Figure 26 et Figure 25).

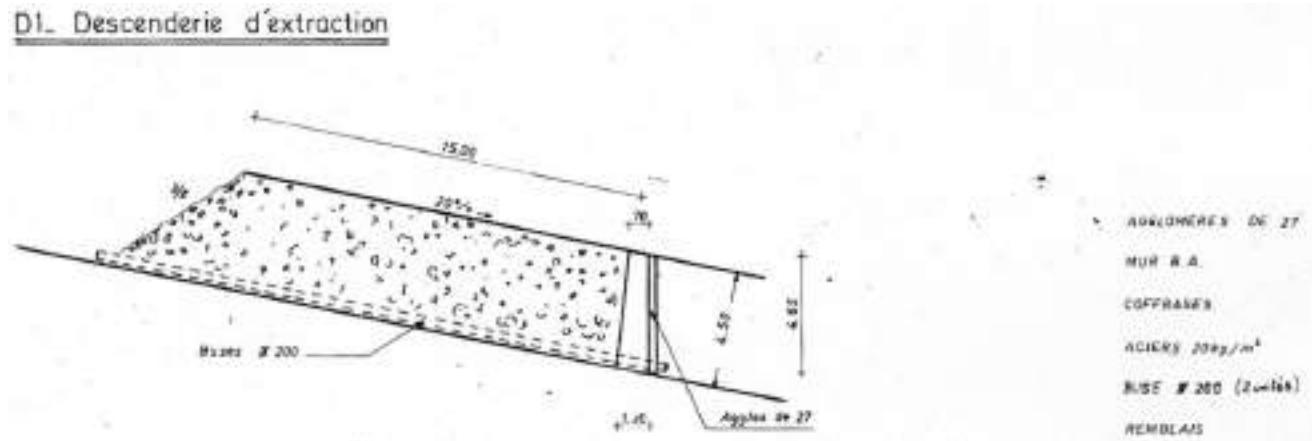


Figure 26 : principe de fermetures des accès de la mine des Canonnettes, [27]

Aujourd'hui, les deux entrées de GCa1 et GCa2 (entrées principales des Canonnettes) sont visibles. Elles sont en partie murées mais l'une d'elles est pénétrable sur une dizaine de mètres (un second mur non détérioré empêche de pénétrer<sup>32</sup> en aval).

Le syndicat intercommunal à vocations unique des Canonnettes (SIVU) a « repris » les huit sondages d'exhaure de Pechiney équipés de pompes, [27], afin de valoriser les eaux de l'aquifère minier (usage agricole). Ils n'ont donc pas été mis en sécurité pas Pechiney.

Aucun traitement particulier n'est porté au réseau de galeries souterraines à la fermeture de la mine (méthode des chambres et piliers abandonnés). Toutefois, en octobre 2004, un arrêté préfectoral impose à Pechiney de reprendre la surveillance topographique, avec une périodicité minimale de 2 ans, au droit des 2 secteurs pouvant générer de « légères subsidences » à long terme : Zone I ou Sud et Zone II ou Nord.

Le plus récent rapport disponible sur ce suivi date de 2007, [14], il conclut :

- plus de 40 % de bornes de nivellement « sont stables » sur la période 2004-2007 (i.e. déplacement en X, Y et Z inférieurs à 1 cm) ;
- les déplacements observés en X ou Y sont de l'ordre de +/- 1 cm sur la période 2004-2007 ;
- les déplacements observés en Z sont généralement limités à +/- 1 cm sur la période 2004-2007, sauf 1 point descendu de 2 cm ;

<sup>32</sup> Des spéléos bien équipés et aguerris pourraient sans doute atteindre certains panneaux plus profonds.

Une part de ces déplacements serait probablement attribuable à un ravinement du sol qui sape les terrains sous les têtes de bornes de mesures.

### **14.2.3 MINES DU MAS ROUGE**

En 1972, l'Administration constate que la carrière dite Lagier est remblayée et ensemencée.

En 1986, la DRIRE demande à M Rondani de :

- combler et niveler l'excavation Est du Mas Rouge ;
- finaliser le nivellement de l'excavation Centre du Mas Rouge ;
- conforter la falaise Nord de l'excavation Centre du Mas Rouge ;
- purger les surplombs dangereux le long de la piste d'accès ouest jusqu'au plan d'eau du Mas Rouge (au fond de l'excavation principale) ;
- finir de revégétaliser le site du Mas Rouge.

L'emplacement exact de la Carrière Lagier est difficile à préciser. Elle a visiblement été remblayée intégralement et seule une végétation de roseaux en précise très certainement la position.

Le front subvertical, au nord de l'excavation Centre du Mas Rouge, actuellement visible, est globalement sain et n'a pas fait l'objet de traitement particulier (exception faite des blocs déposés en ligne de crête).

Le flanc sud, a probablement été recouvert de déblais et remodelé, mais il n'est qu'en partie végétalisé et il révèle des indices de ravinements fréquents

A l'extrémité est du site, la dernière excavation a vraisemblablement été en partie remblayée et ne présente pas de fronts rocheux verticaux.





## 15. TABLEAUX DE SYNTHÈSE

Nom	Secteur	Origine tracé	Prof min (m)	Prof max (m)	Ouverture tvx (m)	Pendage tvx	Méthode exploitation	N°
Mines souterraine des Canonnettes (Pechiney)	Canonnettes	Plans calés	30	85	4,5 à 8	env 15° à 20° vers le nord	Chambres et piliers réguliers réalisées entre 1980 et 1990	9
Carrière souterraine des Canonnettes	Canonnettes	Plans calés	0	70	3	env 15° à 20° vers le nord	Chambres et piliers irréguliers	10
Carrière souterraine 1 de Parisot	Parisot	Textes d'archives et visites	12	30	2	Subhorizontal plongeant vers le nord	Chambres et piliers abandonnés réalisées entre 1905 et 1914	1
Carrière souterraine 2 de Parisot	Parisot	Textes d'archives	12	30	2	Subhorizontal plongeant vers le nord	Chambres et piliers abandonnés réalisées entre 1905 et 1914	2
Carrière souterraine de Mas Méjean	Mas Méjean	Visites souterraines	0	45	2	30° vers le nord	Chambres (2 à 3 m de large) et piliers au pendage	3
Carrière souterraine de Fangas	Fangas	Interprétation géologie et observations	3	40	2	40 à 45° plongeant vers le sud	Probablement chambres et piliers au pendage (probablement fin XIX <sup>ème</sup> )	4
Carrière souterraine d'Anna Mas	Anna Mas	Interprétation géologie et observations	5	40	2	40 à 45° plongeant vers le sud	Probablement chambres et piliers abandonnés (probablement fin XIX <sup>ème</sup> )	5
Carrière souterraine Viaud Ricaud (Rondani)	Viaud Ricaud	Plans calés	0	40	3 en moyenne et localement 5 à 7	De 10° à 20° plongeant vers le nord	Chambres et piliers abandonnés	6
Carrière souterraine Viaud Ricaud (non Rondani)	Viaud Ricaud	Plans calés	0	15	3 à 4	10° à plongeant vers le nord	Chambres et piliers abandonnés	7
Galeries Est Viaud Ricaud	Viaud Ricaud	Plans calés et visites	0	15	2	Subhorizontal	Galeries isolées ou traçages	8
C et P de Manville Ouest	Manville Ouest	Observations sur site	0	10	1,8 à 2	De 10° à 20°	Effondrement donnant accès à des chambres et piliers	11

Tableau 8 : synthèse des travaux souterrains identifiés

Nom	Secteur	Hauteur max des fronts (m)	Pente max et min des fronts	Présence d'eau en fond d'excavation	Remblayage	Remarques	Num
MCO 1 d'Anna Mas	Anna Mas	7	30-70°	Non	Non	Front sud plus proche de la verticale	Tr16
MCO 2 d'Anna Mas	Anna Mas	7	30-90°	Non	Non	Front sud plus proche de la verticale	Tr17
Carrière Arcoules	Arcoules	4	30-90°	Non	Non	Origine bauxite très incertaine (géologiquement peu probable)	Tr21
Grande MCO des Canonnettes	Canonnettes	35	10-90°	Non	Oui, en partie	Font sud remodelé, fronts nord, est et ouest verticaux avec une banquette à mi hauteur	MCO1
Tranchée des Clapiers	Clapiers	5	30-90°	Non	Non	Moitié est présentant des fronts verticaux de 3 à 5 m de hauteur	Tr20
MCO principale de Fangas	Fangas	10	60-90°	Non	Non	Front sud vertical, voir en surplomb, front nord entre 60 et 80°	Tr12
MCO 2 de Fangas	Fangas	8	60-90°	Non	Non	front sud vertical, voir en surplomb, front nord entre 60 et 80°	Tr13
MCO 3 de Fangas	Fangas	8	30-80°	Non	Non	Néant	Tr14
MCO 4 de Fangas	Fangas	15	70-90°	Non	Non	Fronts sud parfois en surplomb	Tr15
Tranchée des Fléchons	Fléchons	3	0-90°	Non	Non	tranchée très peu large et peu profonde	Tr22
Fouilles des Grands Calans	Grand Calans	10	0-90°	Non	Non	Non visitée, mais visible	Tr11
Tranchée ouest de Grand Méjean	Grand Méjean	10	10-90°	Non	Non	Extrémité ouest profonde et à front verticaux	Tr4
MCO 1 centre de Grand Méjean	Grand Méjean	10	10-90°	Non	Non	Seuls des petits fronts de 2/3m de haut sont verticaux, la plupart des fronts ont une pente <40°	Tr5
MCO 2 centre de Grand Méjean	Grand Méjean	5	10-90°	Non	Non	Seuls des petits fronts de 2/3m de haut sont verticaux, la plupart des fronts ont une pente <40°	Tr6
Tranchée est de Grand Méjean	Grand Méjean	5	30-90°	Non	Non	Tranchée très étroite, peu profonde, avec fronts verticaux au nord et de 40 à 90° au sud	Tr7
MCO de la Remise	Grand Méjean	7	20-90°	Non	Non	Tranchée étroite, peu profonde, avec fronts verticaux au nord et de 20 à 90° au sud	Tr8



Nom	Secteur	Hauteur max des fronts (m)	Pente max et min des fronts	Présence d'eau en fond d'excavation	Remblayage	Remarques	Num
Tranchée principale Manville Ouest	Manville ouest	5	10-80°	Non	Non	Néant	Tr3
Excavation Manville Ouest	Manville ouest	5	0-90°	Non	Non	Néant	Tr2
MCO Mas Flandrin	Mas Flandrin	10	60-90°	Non	Non	La majeure partie des fronts sont verticaux, voir en surplomb.	Tr9
Carrière dite Lagier (exploitée par Rondani)	Mas Rouge	0	0-20°	Non	Oui	Plantation de roseaux.	MCO2
MCO Mas Rouge Ouest	Mas Rouge	10	20-90°	Non	Non	Front nord vertical (70-90°) et front sud en pente < 40°	Tr10
MCO Mas Rouge Centre	Mas Rouge	20	10-90°	Oui	Non	Front nord vertical de 15-20m de haut, front ouest vertical de 10 m de haut, front sud de 15-20 m de haut avec pente d'environ 30° (50° avant remodelage) et banquettes large	MCO3
MCO Mas Rouge Est	Mas Rouge	8	10-30°	Non	Oui, en partie	Néant	MCO4
Autre excavation Parisot	Parisot	5	< 30°	Non	Oui, en partie (déchets)	remplie en partie de déchets en tout genre	Tr18
Tranchée Parisot	Parisot	8	20-90°	Non	Non	Extrémité ouest présentant fronts verticaux de 6-8m de haut, à l'est tranchée avec pente de 20 à 40° sur 3/4m de haut	Tr19
MCO Parisot Ouest	Parisot	12-15	40-90°	Non	Non	fronts nord et est verticaux	MCO5
MCO Parisot Est	Parisot	12-15	30-90°	Oui	Non	L'ensemble des fronts sont verticaux sauf un couloir d'accès au sud penté à 30-40°	MCO6
Carreau de Viaud Ricaud	Viaud Ricaud	7	0-90°	non	non	Néant	Tr1

*Tableau 9 : synthèse des travaux à ciel ouvert identifiés*

Secteur	Galeries			Puits			Grattages
	Nombre	Largeur	Hauteur	Nombre	Section	Profondeur	
Anna Mas	3 (3 ouvertes et pénétrables)	2 m	2 à 8 m	-	-		3
Arcoules	-	-	-	-	-		1
Baubesse	-	-	-	-	-	-	-
Calans (Hameau)	-	-	-	-	-	-	-
Canonnettes	13 (5 ouvertes et pénétrables)	1,5 à 6 m	2 à 3 m 1,5 à 6 m	1	-	45 m	2
Clapiers	3 (3 ouvertes et pénétrables)	1,5 m	1,5 m	5 (5 ouverts)	2x2 à 2x4 m	5 à 6 m	3
Destet	-	-	-	-	-	-	-
Fangas	3 (3 ouvertes et pénétrables)	2 à 3 m	2 à 6 m	1 (dépression)	3x3 m	-	3
Fléchons	-	-	-	-	-	-	2
Gourgonnier	-	-	-	-	-	-	-
Grand Calans	-	-	-	-	-	-	-
Grand Méjean	7 (1 ouverte et pénétrable)	1,8 à 2 m	1,5 à 2 m	5 (3 ouverts)	2x2 à 3x3 m	5 à 16 m	4
Mas de la Dame	-	-	-	-	-	-	-
Mas Flandrin	1	-	-	2	2,5x2,5 m	6 m	2
Mas Méjean	6 (5 ouvertes et pénétrables)	2 à 3 m	1,8 à 2 m	1	-	-	2
Manville Ouest	6 (4 ouvertes et pénétrables)	1,5 à 2 m	1,5 à 2 m	2 (1 ouvert)	2x2 m	4 à 8 m	2
Mas Rouge	-	-	-	-	-	-	
Parisot	14 (13 ouvertes et pénétrables)	1,5 à 2 m	1,5 à 2 m	3 (2 ouverts)	1,5x1,5 à 2,5x2,5 m	20 m	1
Vallon Rouge	-	-	-	-	-	-	1
Viaud Ricaud	11 (4 ouvertes et pénétrables)	2 à 4 m	1,5 à 2,2 m	3 (1 ouvert)	2x2 m	10 m	5
Trencades	-	-	-	-	-	-	2
Hors secteur (situé proche du site antique de Glanum, sur le flanc sud du synclinal de Saint-Rémy, non investiguée)	2	-	-	1	-	-	1

Tableau 10 : synthèse des ouvrages miniers identifiés

Secteur	Type	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Remarques	Num
Parisot	Dépression	6,0	6,0	1,5	Désordre observé en limite est de l'excavation TR19 pouvant masquer un vieux puits remblayé.	D7
Parisot	Dépression	4,0	4,0	0,3	Désordre observé en limite est de l'excavation TR19 pouvant masquer un vieux puits remblayé.	D8
Parisot	Dépression	3,0	3,0	0,5	Dépression située en dehors de toute zone de travaux connus. Origine minière peu probable.	D5
Parisot	Dépression	2,0	2,0	0,3	Dépression située en dehors de toute zone de travaux connus. Origine minière peu probable.	D6
Mas Méjean	Dépression / Effondrement localisé	3,0	3,0	1,0	Néant	D1
Mas Méjean	Dépression / Effondrement localisé	2,8	1,7	4,0	Désordre déjà répertorié dans l'inventaire ODJ de Pechiney mais il était mal positionné	D2
Mas Méjean	Effondrement localisé	3,0	2,0	0,5	Néant	D3
Manville ouest	Effondrements localisés	10,0	10,0	5,0	Eff localisés sur travaux par chambres et piliers à faible profondeur (entrée de ces travaux : GMO4.	D4
Fangas	Crevasse dans toit calcaire	-	-	-	Ouverture décimétrique sur une longueur métrique à décamétrique	D9
Fangas	Crevasse dans toit calcaire	-	-	-	Ouverture décimétrique sur une longueur métrique à décamétrique	D10
Fangas	Chutes de petits blocs	-	-	-	Néant	D11
Vallon Rouge	Dépression/grattage	1,0	1,0	0,0	Difficile de déterminer la nature exacte de ce point (dépression ou grattage)	D12

*Tableau 11 : synthèse des désordres identifiés*

Nom dépôt	Secteur	Dimensions (m x m)	Volume estimé (m <sup>3</sup> )	Hauteur	Pente estimée	Végétalisation	Remarques	Num
Dépôt Centre d'Anna Mas	Anna Mas	10 x 10	< 50	1 à 3 m	10 à 30°	non	Petite zone de dépôts en verses et monticules de faibles volumes	T12
Grande verse Canonnettes	Canonnettes	375 x 230	1 M	80 m	30°	Entièrement revégétalisé sauf partie sommitale	Verse talutée en 7 à 8 gradins de moins de 10 m de hauteur, banquettes larges	T1
Verse 2 des Canonnettes	Canonnettes	220 X 60	50000	15 m	25° à 35°	Revégétalisé en partie	Dépôts mise en place à la fin de l'exploitation pour la remise en forme du site (remodelage)	T2
Plate-forme Canonnettes	Canonnettes	15 X 15	500	< 5 m	0°	Non	Plate-forme correspondant probablement à un ancien carreau ou zone d'infrastructure minière	T3
Stock 1 Canonnettes	Canonnettes	45 x 20	2000	< 10 m	?	?	Non visité ; visible sur la BD-Orthophotoplan® et sur plans minier décrit comme stock	T4
Stock 2 Canonnettes	Canonnettes	75 x 10	1000	< 5 m	10 à 30° sur talus	En grande partie	Forme une plate-forme végétalisée de pins et talus à l'aval muré en pierre	T5
Plate-forme des Fléchons	Fléchons	30 x 20	500	< 3 m	0°	Non	Plate forme de dépôts récemment remodelée	T13
Dépôt Ouest de Grand Méjean	Grand Méjean	40 x 40	2000	< 5 m	10 à 30° sur talus	Eparse	Zone de dépôts en verses et monticules de faibles volumes	T9
Plate-forme de Fontvieille	hors secteur	240 x 15	5000	1 m	0°	Non	Probable quai de chargement de bauxite (Rondani)	T14
Plate-forme Manville ouest	Manville ouest	15 x 15	50	< 3 m	0°	Non	Plate-forme à proximité d'ouvrages ouverts, probable ancien carreau ou zone technique minière	T7
Dépôt est Mas Flandrin	Mas Flandrin	10 x 10	< 50	< 3 m	talus de 10 à 30°	Eparse	Plate-forme à quelques mètres en amont d'habitations.	T8
Dépôt Lagier	Mas Rouge	60 x 60	5000	2 à 6 m	10 à 30°	Oui (intégralement boisé)	Dépôt entièrement boisé.	T11
Dépôt centre de Mas Rouge	Mas Rouge	200 x 40	100000	15 m	30°	oui en partie	Dépôts mise en place à la fin de l'exploitation pour la remise en forme du site (remodelage).	T16
Dépôt Parisot	Parisot	10 x 10	< 150	5 m	10 à 30°	Oui	Monticules et tas dans zone boisée	T10
Dépôts 2 Vieux Ricaud	Vieux Ricaud	35 x 20	1500	< 10 m	10 à 30° sur talus	Non	Zone de dépôts avec plate-forme et monticules	T6
Dépôts 1 Vieux Ricaud	Vieux Ricaud	10 x 10	< 50	1 à 3 m	10 à 30°	En grande partie	Zone de dépôts proche ouvrage	T15

Tableau 12 : synthèse des dépôts, verses et tas identifiés

## CHAPITRE 3 : CARTOGRAPHIE INFORMATIVE

### Remarques relatives au support cartographique

La BD-Orthophotoplan® de l'IGN fournie par GEODERIS a été utilisée comme support cartographique de la carte informative (en annexe 8). Habituellement, l'incertitude de ce support est estimée à environ 3 m.

Dans le cas présent des secteurs des Baux, un décalage vers le nord de 5 à 8 m est observé après comparaison de points levés le terrain au dGPS (incertitude après correction différentielle de moins d'un mètre) et du même point observé sur la BD-Orthophotoplan®, voir Figure 27 suivante. Ce décalage pose des problèmes sur le rendu cartographique (des enveloppes de carrière à ciel ouvert peuvent localement être positionnées à côté des mêmes travaux visibles sur la BD-Orthophotoplan® par exemple).

Ce décalage a été observé en divers points des secteurs étudiés, plus ou moins régulièrement, sur toutes les dalles de la BD-Orthophotoplan® concernées par le périmètre d'étude.

Nous pensons que l'origine de ce décalage est liée au géoréférencement des dalles de la BD-Orthophotoplan® et que celui-ci pourrait éventuellement être réduit avec une nouvelle version de la BD-Orthophotoplan®

Dans cette optique les coordonnées des objets cartographiques, issues des levés au dGPS, ont été conservées et ces points n'ont pas été déplacés arbitrairement pour les faire « coller » à la BD-Orthophotoplan®.

Au-delà du rendu visuel, la détermination des incertitudes de position des objets cartographiques ne peut pas être définie de manière homogène :

- a. lorsque des objets cartographiques ont été positionnés ou dessinés à l'aide de la BD-Orthophotoplan® (ex : travaux à ciel ouvert, affleurement), l'incertitude attribuée à ces objet correspondra à l'incertitude du support cartographique, définie forfaitairement dans le cas présent à 8 m ;
- b. les incertitudes attribuées aux objets cartographiques levés au dGPS, comprendront l'incertitude du levé dGPS et l'incertitude du fond cartographique de la BD-Orthophotoplan® (8 m) ;

Ainsi, lors de la mise à disposition future d'une BD-Orthophotoplan® de meilleure précision :

- il faudra déplacer les objets de type (a), pour les ajuster à cette nouvelle version de la BD-Orthophotoplan®, puis recalculer leurs coordonnées et leur attribuer une incertitude 3 à 5 m (valeurs habituelles pour la BD-Orthophotoplan®).
- les objets de type (b) seront correctement géolocalisés (inutile de recalculer leurs coordonnées X et Y) et supprimer les 8 m forfaitaire ;



Figure 27 : illustrations des décalages entre les levés dGPS et BD-Orthoplan® (secteurs des Canonnettes, de Fangas et de Grand Méjean), INERIS

## **16. CARTES ET PLANS RETROUVES**

Les principaux plans retrouvés sont issus des dossiers disponibles aux archives de la DREAL à Marseille et aux Archives Départementales de Marseille. Toutes les autres sources d'archives consultées ne contenaient pas de plans.

Les plans disponibles aux archives ont été photographiés et/ou photocopiés et/ou numérisés par l'INERIS.

Le dernier exploitant connu, Rio Tinto (ex-Péchiney) a fait don de tous ses plans au Musée de la Bauxite de Tourves et il ne conserve aujourd'hui que les documents administratifs. La Communauté de Communes du Comté de Provence, dont dépend le musée (actuellement en travaux), conserve ces plans et en restreint la consultation. Le personnel du musée a néanmoins examiné ces données et a précisé qu'il s'agissait *a priori* de plans récents du secteur des Canonnettes. De toute évidence, des copies de ces plans ont été consultées à la DREAL et aucune démarche n'a été entreprise pour débloquer la consultation des plans du Musée.

Peu de plans de travaux souterrains pertinents ont été retrouvés. Ces plans sont de qualité moyenne. Ils représentent des travaux souterrains partant de l'affleurement et s'enfonçant en profondeur. La même remarque peut être formulée pour les carrières à ciel ouvert.

Actuellement :

- 4 secteurs de travaux souterrains disposent de plans (2 secteurs des Canonnettes et 2 secteurs de Viaud Ricaud), sur un total de 10 exploitations souterraines connues ;
- 6 secteurs de travaux à ciel ouvert disposent de plans, sur un total de 28 secteurs.

Les travaux anciens (avant 1890) n'ont jamais été retrouvés au sein des documents cartographiques consultés. A ces époques, peu de cas était fait quant à l'organisation d'une exploitation rationnelle et les carriers ne « *s'embarrassaient* » généralement pas de la mise à jour cartographique des plans.

### **Remarques :**

Toutefois, par acquis de conscience, un rapide examen des plans du Musée de la Bauxite à Tourves pourrait être mené, en 2011, si des travaux complémentaires étaient engagés sur l'analyse des secteurs (investigations des secteurs non inspectés au nord près de Saint-Rémy notamment). Il s'agira de rechercher toute donnée antérieure à 1950 et concernant expressément des secteurs autres que celui des Canonnettes ou de Viaud Ricaud.





## **17. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE**

Les éléments reportés sur la carte informative (en annexe 8) sont disponibles sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) sous MAPINFO 8.5®, dans le système français RGF 93 - Méridien de Greenwich en projection France Lambert-93.

Ce SIG se compose des couches cartographiques suivantes :

- la BD-Orthophotoplan® de l'IGN ;
- le Scan25® de l'IGN ;
- les limites des communes ;
- les limites des concessions ;
- l'emprise indicative des différents secteurs étudiés :
- les affleurements de bauxite ;
- les emprises des travaux souterrains ;
- les emprises des travaux à ciel ouverts ;
- les grattages à l'affleurement ;
- les ouvrages débouchant en surface (puits et entrées de galerie) [couche respectant le format GEODERIS] ;
- les désordres en surface relevés sur le terrain [couche respectant le format GEODERIS] ;
- les dépôts miniers ou terril retrouvés sur le terrain ;
- les bassins de décantation ;
- les zones investiguées sur le terrain ;

### **17.1 LEVES DE TERRAIN**

Le levé de l'ensemble des indices ou traces d'exploitations de bauxite a été réalisé à l'aide d'un dGPS de type GeoXT (GPS différentiel), permettant une précision de localisation de l'ordre du mètre en post-traitement.

### **17.2 CARTOGRAPHIE DES OBJETS LEVES SUR LE TERRAIN ET/OU RECENSES**

#### **17.2.1 LOCALISATION DES OUVRAGES**

Les coordonnées de chaque ouvrage positionné sur la carte informative comprennent une incertitude. Ces incertitudes diffèrent d'un ouvrage à l'autre (Tableau 13).

NB : l'incertitude de position des ouvrages débouchant en surface est renseignée dans le SIG.

Catégorie des ouvrages	Incertitudes coordonnées	Incertitude BD-Orthophotoplan® (voir remarque initiale)	Incertitudes globales
Ouvrages miniers reconnus et levés au dGPS	Cercle de 2 m de rayon	8 m	Cercle de 10 m de rayon
	Cercle de 5 m de rayon (cas où la configuration du site n'a pas permis un levé précis de l'orifice : zone difficilement accessible et/ou zone non couverte par les satellites en pied de fronts rocheux)	8 m	Cercle de 13 m de rayon
Ouvrages miniers non observés sur le terrain mais positionnés après géoréférencement de plans miniers	Incertitude de calage du plan (cercle de 5 à 20 m de rayon).	8 m	Cercle de 13 m à 28 m de rayon
Ouvrages miniers recensés par le passé (BDSTM GEODERIS, BSS du BRGM, Inventaire Pechiney, etc..) mais non observés ni répertoriés sur plan	Certains de ces ouvrages ont été retrouvés avec certitude et levés au dGPS, les écarts de position varient alors entre 30 et 150 m. Une incertitude forfaitaire de 50 m a été retenue pour ces ouvrages (sauf pour ceux connus pour être localisés au sein d'excavation observées : 15 m d'incertitude)	8 m	Cercle de 50 m de rayon (**)

(\*\*) Retour d'expérience d'études antérieures

Tableau 13 : récapitulatif de l'incertitude de localisation des ouvrages

## 17.2.2 DENOMINATION DES OUVRAGES

Dans un souci de transparence, les orifices positionnés sur la carte informative, en annexe 8, ont été nommés en fonction du secteur de travaux, de la manière suivante :

- P<sub>Yn</sub> pour les puits (Y indiquant le secteur dans lequel se trouve l'ouvrage, défini dans le tableau suivant, et n étant un numéro « compteur » arbitrairement choisi) ;
- G<sub>Yn</sub> pour les entrées de galerie (numérotation de même principe).

Secteur	Y
Canonnettes	Ca
Viaud Ricaud	VR
Mas Méjean	MM
Manville Ouest	MO
Arcoules	Ar
Grand Méjean	GM
Mas Flandrin	MF
Parisot	Pa
Clapiers	Cl
Anna Mas	AM
Fangas	Fa
Secteur Nord (Saint-Rémy)	X

Tableau 14 : abréviations des secteurs

**Remarque :** seuls les secteurs, sur lesquels ont été répertoriés des ouvrages débouchant en surface, sont présents dans ce tableau.

### 17.2.3 DEPOTS, DESORDRES, GRATTAGES ET TRAVAUX A CIEL OUVERT

- Les 11 désordres observés sur le terrain se composent essentiellement de dépressions (6), d'effondrements localisés (2), de crevasses (2) et de chutes de blocs (1). Les désordres figurent sur la carte informative sous forme ponctuelle.

Les dépressions et les effondrements localisés ont été relevés au dGPS, leur incertitude de position est inférieure à 5 m à laquelle s'ajoutent les 8 mètres d'incertitude du support BD-Orthophotoplan®.

Les crevasses ont été observées et positionnées sur la BD-Orthophotoplan®. Leurs coordonnées sont donc indicatives et approximatives : incertitude de l'ordre de 8 m (voir remarque initiale).

- Les grattages s'apparentent à de petites zones d'affouillement situées à l'affleurement. Leur extension est de quelques mètres au maximum et ne permet généralement pas de les définir comme des travaux à ciel ouvert. Les grattages figurent sur la carte informative sous forme ponctuelle.

La grande majorité des grattages a été observé et levé au dGPS, leur incertitude de position est donc inférieure à 5 m (à laquelle s'ajoutent les 8 mètres d'incertitude du support BD-Orthophotoplan®).

Quelques grattages, observés seulement « de loin », ont été positionnés sur la BD-Orthophotoplan®. Leurs coordonnées sont donc indicatives et approximatives : incertitude de l'ordre de 8 m (voir remarque initiale).

Enfin, de rares grattages, non recherchés sur le terrain et non visibles sur la BD-Orthophotoplan®, sont issus de bases de données minières diverses (BDSTM de GEODERIS, BSS du BRGM, Inventaire Pechiney, etc.) ; ils sont localisés avec 50 m d'incertitude.

- Tous les travaux à ciel ouvert ont été observés sur site et des levés dGPS ponctuels ont été faits afin de délimiter leurs extensions maximales. L'emprise a ensuite été tracée à partir de la BD-Orthophotoplan® et des observations de terrain. Les tracées de ces enveloppes sont entachés d'une incertitude de position de 5 m (à laquelle s'ajoutent les 8 mètres d'incertitude du support BD-Orthophotoplan®).

Le contour des quelques tranchées a été délimité sur la seule base support BD-Orthophotoplan®, une incertitude 8 m leur est attribuée (voir remarque initiale).

- Les dépôts miniers ont été observés et relevés sur le site. Les dépôts les moins importants ont été levés au dGPS et apparaissent sur la carte informative sous une forme ponctuelle. Une incertitude de position de 3 m leur est attribuée (à laquelle s'ajoute les 8 mètres d'incertitude du support BD-Orthophotoplan®).

Les autres dépôts, plus conséquents, ont été contournés approximativement à partir de quelques levés dGPS ponctuels, des observations de terrain et de la BD-Orthophotoplan®. L'incertitude de leurs coordonnées est donc estimée à 8 m (voir remarque initiale).

Les points ou emprises de dépôts, de grattages, de désordres et de travaux à ciel ouvert cartographiés ont été nommés de la manière suivante :

- Dn pour les désordres (n étant un n°compteur arbitrairement choisi) ;
- Grn pour les grattages (") ;
- MCO pour les mines à ciel ouvert (") ;
- Trn pour les tranchées à ciel ouvert (") ;
- Tn pour les dépôts miniers (").

## **17.3 CARTOGRAPHIE DES TRAVAUX SOUTERRAINS**

### **17.3.1 TRAVAUX SOUTERRAINS AVEC PLANS**

Les plans de travaux souterrains jugés pertinents ont été recalés avec le logiciel ER-MAPPER® avant d'être exploités sous MAPINFO 8.5®.

Les ouvrages débouchant en surface encore visibles ont constitué les principaux points de calage de ces plans. A défaut d'ouvrages visibles en nombre suffisant, ce sont les repères topographiques de Scan25® ou des photos aériennes (chemins, carrefours, bâtiments...) qui ont été utilisés comme points de calage. L'emprise des travaux miniers a ensuite été digitalisée sur la base de ces plans calés.

Ces emprises doivent tenir compte d'une incertitude. Cette incertitude, dite finale (ou globale), se décompose généralement de la manière suivante, [41] :

- l'incertitude intrinsèque au plan d'archives : elle est liée à l'imprécision du contour ou à la représentation des zones de travaux qui composent le plan. La répartition des ouvrages sur les travaux est notamment un paramètre important. Par exemple, un plan comprenant un ouvrage unique ou un ensemble d'ouvrages alignés aura une incertitude intrinsèque plus grande qu'un plan avec des ouvrages répartis uniformément. D'autres paramètres, plus subjectifs, comme la date de l'établissement ou la qualité du dessin peuvent également entrer en jeu dans l'appréciation de l'incertitude intrinsèque ;
- l'incertitude liée à la reproduction du plan, qui est fonction du moyen de reproduction employé pour l'étude. Par exemple, photographier un plan engendrera une incertitude plus grande que de le scanner ;
- l'incertitude liée au géoréférencement du plan, c'est à dire à l'opération de calage du plan. L'incertitude des points de calages et les déformations générées par l'orthorectification des plans ont une grande importance ici ;
- l'incertitude liée à la précision du support cartographique est également incluse à l'incertitude globale. Dans le cas des dalles de la BD-Orthophotoplan® utilisées ici cette incertitude a été estimée à 8 m (voir remarque plus haut).

Dans le cas des plans des secteurs des Baux, les points de calage par rapport à la surface sont peu nombreux et tous alignés le long de l'affleurement (entrées de galerie et chemins d'exploitations). Etant donné cet alignement, l'incertitude liée au géoréférencement varie en différents points d'un même plan. Ainsi, les incertitudes globales définies ci-après sont généralement faibles à l'affleurement et plus importantes vers les travaux plus profonds et éloignés de l'affleurement (Tableau 15).

Noms du plan (original/calé)	Secteur de travaux concernés	Points de calage		Incertitude finale(*)	Décalage « forfaitaire » de l'enveloppe de travaux tracée
		Nbre	Nature		
« Plan des travaux Pechiney » (canonnettes_pechyney_cale3.tif)	Canonnettes	10	Bassins de décantation, sondages, descenderies	18 à 28 m	Non
« Vieux travaux des Canonnettes et de Viaud Ricaud » (canonnettes_vx-trvx_cale3.tif)	Canonnettes (moitié ouest des vieux travaux des Canonnettes) Viaud Ricaud (quartier Viaud Ricaud Non Rondani + extrémité est du quartier Viaud Ricaud Rondani)	5	Entrées de galeries levées au dGPS, chemins	18 à 38 m (moitié ouest des vieux travaux des Canonnettes) 13 à 18 m (quartier Viaud Ricaud Non Rondani + extrémité est du quartier Viaud Ricaud Rondani)	Oui : 5 m vers le nord-ouest pour le quartier Viaud Ricaud Non Rondani Non : pour les autres zones
« Vieux travaux des Canonnettes et de Viaud Ricaud » (canonnettes_vx-trvx_cale2.tif)	Canonnettes (moitié est des vieux travaux des Canonnettes)	5	Entrées de galeries levées au dGPS, chemins	18 m	Non
« Plan des travaux Rondani à Viaud Ricaud - 1967 » (Vx_ricaud_rondani_cale1.tif)	Viaud Ricaud Rondani	5	Entrées GVR1+calcul des coordonnées de 4 intersections du carroyage	13 à 18 m	Non

(\*) : incertitude finale tenant compte de l'incertitude intrinsèque du plan, de l'incertitude liée à la reproduction du plan, de l'incertitude liée à l'opération de géoréférencement et de l'incertitude relative au fond cartographique, ici 8 m

*Tableau 15 : incertitudes des emprises des travaux souterrains issues différents plans miniers calés*

### 17.3.2 TRAVAUX SOUTERRAINS SANS PLANS

D'autres travaux d'exploitation souterrains ont été recensés et ont du être cartographiés malgré l'absence de plan. La détermination de leur emprise résulte du croisement de plusieurs informations :

- données d'archives écrites (extension, profondeur, production, etc..) ;
- visites souterraines réalisées lors des investigations de l'INERIS.

Le tracé de ces emprises comprend donc une certaine incertitude dont l'estimation ne peut être que forfaitaire (voir tableau suivant).

Nom	Incertitude localisation	Incertitude BD-Orthophotoplan® (voir remarque initiale)	Incertitudes globales
Carrière souterraine 1 de Parisot	5 m à l'affleurement 10 m latéral et 15 m aval pendage	8 m	13 m à l'affleurement 18 m latéral et 23 m aval pendage
Carrière souterraine 2 de Parisot			
Carrière souterraine de Mas Méjean			
Carrière souterraine de Fangas			
Carrière souterraine d'Anna Mas			
C et P de Manville Ouest			

*Tableau 16 : incertitudes des emprises des travaux souterrains sans plans miniers*

Lors de la compulsation des archives écrites, des nombreuses descriptions précises d'extension de galeries isolées à proximité des affleurements ont été recensées (extension et direction). Bien souvent ces informations n'ont pas pu être recoupées par les données issues des plans miniers. Afin d'être exhaustif, il a été convenu de conserver une trace de ces données sur les cartes informatives avec comme incertitude :

- à l'affleurement la valeur de l'incertitude de position de l'ouvrage minier corrélé ;
- en profondeur, aval pendage, 10 m en plus de la valeur d'incertitude estimée à l'affleurement (à laquelle s'ajoutent les 8 mètres d'incertitude du support BD-Orthophotoplan®)

## CHAPITRE 4 : INDENTIFICATION DES ALEAS RETENUS ET DES ALEAS ECARTES

### **18. BILAN DES ALEA REPERTORIES SUR LE SECTEUR ETUDIE**

Les informations recueillies sur les désordres et aléas associés à l'exploitation de la bauxite dans le périmètre étudié sont décrits avec précision dans les paragraphes précédents et synthétisés au tableau suivant. Ainsi, il convient de retenir :

#### En termes de mouvements de terrain liés aux travaux souterrains ou à ciel ouverts :

- un effondrement localisé, de type chute de toit au droit de travaux partiels à très faible profondeur, a été observé ;
- de petites dépressions ont également été observées ; elles révèlent probablement plus l'existence de vieux grattages en partie ou mal remblayé qu'un désordre réellement attribuable à une ouvrage minier ;
- des instabilités de fronts rocheux sont régulièrement observées en limite de travaux à ciel ouvert (grandes excavations ou tranchées plus modestes) ;
- des glissements limités ont été observés sur des flancs peu pentés dé découvertes ;
- aucun cas d'affaissement minier n'a été relaté ni observé (phase exploitation et post exploitation) ;
- aucun effondrement généralisé à caractère brutal n'a été signalé ;
- aucun dégât sur des infrastructures, routes ou bâtis n'a été recensé.

#### En termes de stabilité des dépôts de surface :

Aucun désordre n'a été observé sur les principaux dépôts recensés.

#### En termes d'échauffements de verses, de feux ou d'incendie :

Aucun phénomène de cette nature n'a été recensé.

#### En termes d'émissions de gaz de mine :

Aucune donnée associée au gaz de mine n'a été retrouvée.

#### En terme d'environnement :

Le SIVU des Canonnettes a été autorisé, dans le cadre d'une déclaration au titre de la loi sur l'eau (rubrique 1.1.0 (2°)), à exploiter la réserve d'eau de la mine souterraine des Canonnettes à des fins agricoles, [27].

Aucun impact significatif lié aux eaux des exploitations n'a été recensé ni observé (hormis des eaux rouges : travaux souterrains ou bassins de décantation).

#### Autres informations :

La phase informative a également mis en évidence l'existence d'ouvrages miniers ouverts et pénétrables (puits, galeries, réseaux souterrains, tranchées) potentiellement dangereux vis-à-vis du risque de chute de personnes.





## **19. ALEAS A ANALYSER DANS LES ETUDES TECHNIQUES**

### **19.1 ALEA MOUVEMENTS DE TERRAINS**

#### **19.1.1 EFFONDREMENTS GENERALISES**

Les travaux souterrains les plus récents ont été menés en suivant un schéma régulier et homogène de type chambres et piliers abandonnés en gisement subhorizontal (travaux souterrains de la mine récente des Canonnettes notamment). Sous un recouvrement de 20 à 90 m d'épaisseur, localement les bancs marno-calcaires du toit peuvent être suffisamment résistants pour emmagasiner de l'énergie jusqu'à une rupture brutale dynamique (voir remarques au paragraphe 22). Les éléments précédents sont suffisants pour justifier une évaluation d'effondrement généralisé sur ce secteur en particulier.

#### **19.1.2 AFFAISSEMENTS**

L'affaissement se manifeste par un réajustement, généralement souple, des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines au sein de vides résiduels résultant de l'extraction du minerai. Ce type de manifestation concerne les exploitations totales ou partielles et menées à grande profondeur sur des extensions horizontales importantes profondes ayant laissées des vides résiduels importants. Ces mouvements ont généralement lieu quelques années après l'arrêt des exploitations.

Les exploitations souterraines des Baux sont intégralement situées à moins de 90 m de profondeur sous un recouvrement marno-calcaire (voir remarques au paragraphe 22). Des documents d'experts mentionnent que des « *subsidences* » de terrain pourraient subvenir au droit de certaines zones exploitées partiellement aux Canonnettes, [13], et l'Administration ayant imposé à Pechiney de reprendre la surveillance topographique au droit de ces travaux des Canonnettes (fin d'activité en 1990). Le phénomène d'affaissement sera étudié.

#### **19.1.3 EFFONDREMENTS LOCALISES A L'APLOMB DE TRAVAUX PEU PROFONDS**

Les travaux désignés ici sont des galeries de recherche isolées, des descenderies ou de zones d'exploitation partielles situées à des profondeurs généralement inférieures à 50 m et jamais supérieures à 80 m.

Ces zones n'ont pas été remblayées, la présence de vides résiduels est donc certaine. Ce point est confirmé par les visites de réseaux de galeries souterraines. L'existence de désordre en surface et de chute de toit ou éboulement en souterrain, ainsi que la nature peu compétente de la bauxite confère aux édifices souterrains une certaine prédisposition à la rupture

L'aléa effondrement localisé doit donc être analysé en priorité sur toutes les zones de travaux souterrains identifiés et recensés sur le terrain.

#### **19.1.4 EFFONDREMENTS LOCALISES LIES AUX OUVRAGES**

Les puits recensés et observés sur le site sont généralement ouverts (leur remblayage n'est jamais mentionné). Compte tenu de la nature peu compétente de la bauxite de leurs épontes, ils peuvent être le siège de rupture et donc conduire à un effondrement localisés

L'aléa effondrement localisé lié aux ouvrages, les puits en particulier, doit donc être analysé.

**NB :** certains ouvrages ont été mis en sécurité, ces travaux seront intégrés à l'étude de l'aléa effondrement localisé (galeries GCa1 à Gca13 notamment).

#### **19.1.5 ECROULEMENT ROCHEUX DE FRONTS**

Les grandes excavations à ciel ouvert ainsi que les tranchées à l'affleurement identifiées présentent très souvent au moins un front subvertical (ou deux). Leur hauteur variant de 3 à 20-25 m, ils peuvent être à l'origine d'écroulements plus ou moins conséquents. Ce phénomène doit être analysé sur tous les travaux à ciel ouvert identifiés.

#### **19.1.6 GLISSEMENTS (DEPOTS ET EXCAVATIONS)**

##### 19.1.6.1 DEPOTS

La stabilité des tas et des dépôts ne peut pas être assurée a priori, sans un minimum d'analyses. Des mouvements de pente, de type glissements, sont toujours probables. Ces phénomènes doivent être étudiés sur tous les dépôts recensés.

##### 19.1.6.2 EXCAVATIONS

Les travaux à ciel ouvert identifiés (tranchées et excavations) présentent généralement un flanc peu ou faiblement penté (une vingtaine de degrés au maximum). Ces flancs peuvent être naturellement érodés ou avoir fait l'objet d'un remodelage et ils sont souvent constitués de déblais (bauxite ou calcaires). Des glissements, accentués par des ravinements, peuvent survenir ; ces phénomènes doivent être étudiés.

#### **19.1.7 TASSEMENTS (DEPOTS)**

Les dépôts miniers, vraisemblablement non compactés lors de leur déversement, sont toujours susceptibles de se compacter et de conduire à des tassements. L'aléa tassement est donc retenu.

La pertinence de cet aléa, tassements, au droit des travaux miniers n'est pas justifiée (voir paragraphe 20 aléas écartés).

### **19.2 ALEA GAZ DE MINE**

L'histoire ancienne et récente des exploitations de bauxite des Alpilles ne révèle pas d'événement lié aux émanations de gaz.

Toutefois, les visites ont révélé qu'une partie des travaux souterrains étaient non ennoyés (l'ennoyage intégral étant une condition nécessaire pour empêcher toute migration de gaz vers la surface).

En l'état actuel des connaissances, une évaluation de l'aléa gaz de mine est possible. Il est très probable que cet aléa soit faible et qu'il réponde à une préservation de la mémoire des travaux et au principe de précaution.

Ainsi, l'aléa émission de gaz de mines ne peut être écarté (il ne sera toutefois pas analysé en accord avec GEODERIS).

### **19.3 ALEA ENVIRONNEMENT**

Le retour d'expérience sur ce type d'exploitation de bauxite fait redouter la présence éventuelles d'éléments indésirables comme l'aluminium (Al), le manganèse (Mn) et le titane (Ti) (voir descriptif géologique) dans les eaux et les sols.

Même si le SIVU des Canonnettes ne semble pas avoir relevé d'anomalies dans les eaux qu'il a pompé au sein des travaux des Canonnettes ; de rapides mesure de contrôle sur les eaux des bassins de décantation et des excavations identifiées permettraient de lever tout doute sur cette conclusion.

Ainsi, l'aléa environnement ne peut être écarté (il ne sera toutefois pas analysé en accord avec GEODERIS).

## **20. ALEAS ECARTES**

### **20.1 TASSEMENTS (TRAVAUX SOUTERRAINS)**

Compte tenu de la nature marno-calcaire des terrains de recouvrement, globalement compétents, il n'est pas pertinent de retenir comme probable la réalisation d'un tassement au droit des vides résiduels. Le scénario selon lequel une cloche de fontis n'atteignant pas la surface, pourrait générer un tassement des terrains susjacent est exclu compte des caractéristiques géologiques de terrains de couverture rencontré ici.

### **20.2 ALEA ECHAUFFEMENT (VERSES)**

L'absence de tels échauffements par le passé (mines de bauxite des Baux et en France plus généralement) conduit à écarter l'analyse de ce phénomène dans l'étude des aléas.

### **20.3 AUTRES ALEAS**

Les principales caractéristiques des quartiers miniers concernés par la présente étude (vides résiduels limités, situation hydrogéologique revenue à son état initial) permettent de ne pas retenir les parmi phénomènes possibles : les modifications du régime des cours d'eau et les inondations brutales.



## **C) EVALUATION DES ALEAS**



## **21. PRINCIPES GENERAUX**

### **21.1 EVALUATION DES ALEAS**

L'approche permettant de qualifier les aléas appliquée dans la présente étude, suit une méthodologie classique qui consiste à :

- découper le secteur d'étude en zones « homogènes ». Ce découpage peut être géographique ou géologique mais il est plus souvent réalisé sur la base des critères d'exploitation, déterminés d'après les plans miniers ou l'historique du site, croisés avec les caractéristiques géologiques ou géomorphologiques des terrains. Il s'agit de définir des zones dont le comportement vis-à-vis de chacun des phénomènes redoutés sera similaire ou très proche ;
- évaluer, zone homogène par zone homogène, le niveau d'aléa généré par chaque type de phénomène redouté et retenu comme pertinent. L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène donné se produise, au cours d'une période de référence, en atteignant une intensité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation du niveau d'aléa repose sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa probabilité d'occurrence. Dans ce principe de tableaux croisés, où l'expert combine des valeurs qualitatives et quantitatives, une matrice de synthèse simplifiée est généralement proposée dans une optique didactique.

Pour ne pas compliquer inutilement les analyses et leur valorisation en vue du zonage réglementaire, les classes d'aléas sont souvent limitées à 3 niveaux : faible, moyen et fort.

### **21.2 CARTOGRAPHIE DES ALEAS**

L'aléa est un concept spatial, il est évalué en tout point du secteur étudié et a donc vocation à être cartographié de manière à faire ressortir les secteurs les plus sensibles au développement des phénomènes redoutés [41].

Cette cartographie doit nécessairement prendre en compte :

- l'extension latérale (E) possible des désordres initiés au sein des travaux miniers pouvant affecter les terrains de surface à proximité. L'expérience montre en effet que les phénomènes redoutés ne se limitent pas à l'aplomb strict des secteurs souterrains « sensibles » ou aux limites exactes de dépôts en surface mais peuvent déborder, parfois très largement, sur des terrains adjacents ;
- intégrer également les incertitudes inhérentes aux géoréférencement des plans miniers disponibles, à la géolocalisation des ouvrages débouchant en surface et au support cartographique (calage des plans miniers sur un fond topographique, incertitude des DGPS).





## **22. REMARQUES SPECIFIQUES A L'ETUDE DES BAUX**

### **Caractérisation des terrains du toit et de recouvrement**

Les évaluations d'aléa qui vont suivre (prédisposition et intensité) basent généralement les argumentations sur la nature et les caractéristiques des terrains fuvéliens du toit et du recouvrement (compétence et résistance). En effet, les différents calculs réalisés ci-après révèlent que certains piliers des zones exploitées partiellement ne peuvent pas soutenir, à eux seuls, la charge générée par les terrains du recouvrement. L'analyse de la stabilité est donc « reportée » sur le comportement des terrains du toit et du recouvrement.

En l'absence d'information précise à l'échelle du bassin<sup>33</sup>, ces terrains, généralement marno-calcaires, seront retenus comme :

- localement compétents (Rc de l'ordre de 50 MPa, E en moyenne de 24500 MPa, densité de 2,5 à 2,7 à la mine des Canonnettes) ;
- d'épaisseur variable (15 à 100 m d'épaisseur à l'échelle du périmètre d'étude) ;
- présentant des passages franchement calcaires et des passées marno-calcaires ;
- localement fracturés et diaclasés (surtout aux affleurements).

Ainsi, dans le cas d'une rupture des édifices souterrains et sans modélisation numérique, ces terrains marno-calcaires pourraient présenter deux comportements :

- « fléchir » sur toute leur épaisseur, sans se « rompre » intégralement et n'engendrer qu'un déplacement vertical limité en surface (de type affaissement) ;
- casser plus dynamiquement sur toute leur épaisseur et conduire, éventuellement, à une rupture brutale en surface (effondrement généralisé).

Actuellement, il n'est pas possible de trancher entre ces deux comportements même si le premier semble relativement plus probable que le second.

### **Grattages**

Les points identifiés comme simples grattages se sont pas concernés par des phénomènes de type mouvement de terrain et ne génèrent aucun aléa. Ils sont conservés pour mémoire.

---

<sup>33</sup> La BSS présente une forte densité d'informations dans le périmètre étudiées mais ces données sont généralement pétrographiques et peu détaillées quant à la fracturation ou l'altération des calcaires.

### **Précisions des rendus cartographiques**

Les problèmes de précision rencontrés avec les dalles de la BD-Orthophotoplan® actuellement utilisées (voir chapitre 4), conduit à des difficultés de détermination des zones d'aléa autour des objets cartographiques.

Les zones d'aléa proposées sur les cartes d'aléa actuellement en annexe 9 sont, par précaution, majorantes. Elles incluent la marge inhabituellement importante de l'incertitude de BD-Orthophotoplan® (ici 8 m).

Même si ces marges sont visuellement<sup>34</sup> et localement « fausses » du fait de cette incertitude, les zones d'aléa n'ont pas été retouchées d'après la BD-Orthophotoplan® utilisée ici. En effet, en imaginant un jour disposer d'une BD-Orthophotoplan® plus précise, il faudra alors supprimer les 8 mètres d'incertitude de toutes les zones d'aléa de manière homogène puis rajouter la nouvelle incertitude évaluée et enfin retoucher les quelques zones d'aléa visuellement fausses. Dans le cas contraire (aucune Orthophotoplan® n'est disponible, les 8 m d'incertitude seront conservées et les zones visuellement « fausses » seront conservées).

---

<sup>34</sup> La présence d'un affleurement ou de tout autre repère topographique par rapport auquel la position d'un ouvrage peut être déduite sans ambiguïté ou par rapport auquel la zone d'aléa peut être tronquée (certitude qu'un ouvrage se situe en bordure nord d'un chemin d'après un plan d'archive).

## 23. DEFINITION DES CONFIGURATIONS

### 23.1 CONFIGURATIONS DE TRAVAUX SOUTERRAINS

La définition de ces configurations est le résultat du croisement entre les méthodes d'exploitations suivies et la date de réalisation des travaux. Quatre configurations sont finalement définies TMS1, TMS2, TMS3 et TMS 4.

Notons que toutes les zones de travaux souterrains pour lesquelles un doute subsiste quant à la méthode d'exploitation suivie seront classées, par précaution, en TMS1.

Configurations	Définitions	Secteurs concernés
TMS1	Carrières généralement anciennes (début du XX <sup>ème</sup> siècle) et peu étendues Exploitations au meilleur du gisement avec des piliers tournés ou contournés irréguliers et/ou de grandes chambres (non remblayées).	Carrière souterraine de Fangas Carrière souterraine d'Anna Mas C et P de Manville Ouest Carrière souterraine 1 de Parisot Carrière souterraine 2 de Parisot Carrière souterraine Viaud Ricaud (non Rondani)
TMS2	Carrières plus récentes (entre le début XX <sup>ème</sup> siècle et les années 1960) et plus étendues. Exploitations plus rationnelles tenant notamment compte du pendage : chambres au pendage et galerie de niveau. Ces chambres n'étaient pas remblayées.	Carrière souterraine des Canonnettes Carrière souterraine de Mas Méjean Carrière souterraine Viaud Ricaud (Rondani)
TMS3	Travaux modernes de chambres et piliers abandonnés (1970 – 1990) : piliers réguliers et généralement carrés.	Mine souterraine récente des Canonnettes
TMS4	Galeries ou descenderies isolées (recherche ou traçage)	Tous secteurs

*Tableau 17 : définition des configurations de travaux souterrains*

#### **Remarques :**

Dans des études comparables, une configuration de travaux spécifique aux affleurements est quelques fois définie afin de tenir compte d'éventuelles vieilles exploitations non observées.

Dans le cas présent :

- la campagne de terrain ayant investigué spécifiquement ces affleurements sans mettre en évidence d'indice de travaux en dehors de ceux déjà recensés ;
- aucune donnée d'archive, non ou mal localisée, ne permet de supposer l'existence d'autres travaux miniers (en dehors de ceux déjà recensés) ;

ainsi il n'est pas pertinent de définir une configuration, même potentielle, de travaux souterrains supposés sur les affleurements.

## 23.2 CONFIGURATIONS DE TRAVAUX A CIEL OUVERT

Le choix de distinctions entre les différents travaux à ciel ouvert est principalement dirigé par la taille et l'extension des excavations concernées. Ainsi, les 3 configurations suivantes ont été définies :

- CO1 : les grandes excavations, non remblayées, ayant conduit à des fronts de taille imposante (de 10 à 20 m) et souvent verticaux ;
- CO2 : les travaux à ciel ouvert plus modestes et non remblayés. Il s'agit de toutes les tranchées généralement creusées sous le régime des carrières et qui présentent des profondeurs limitées à 5-8 m ;
- CO3 : les excavations, ou les parties d'excavations, remblayées.

CO1	CO2	CO3
Tranchée ouest de Grand Méjean	Carrière Arcoules	
MCO centre 1 de Grand Méjean	Tranchée principale Manville Ouest	
MCO Mas Flandrin	Autre excavation Parisot	
MCO principale de Fangas	Excavation Manville Ouest	Partie remblayée de Grande MCO des Canonnettes
MCO Mas Rouge Ouest	MCO centre 2 de Grand Méjean	Partie remblayée de la MCO centre de Mas Rouge
MCO Parisot Est	Tranchée est de Grand Méjean	Intégralité de la carrière dite Lagier (exploitée par Rondani)
MCO Parisot Ouest	Tranchée des Clapiers	L'excavation Parisot remplie d'ordures
MCO 4 de Fangas	MCO de la Remise	Partie remblayée de la MCO Mas Rouge Est
MCO Mas Rouge Centre	MCO 1 d'Anna Mas	
Grande MCO des Canonnettes	MCO 2 d'Anna Mas	
	Carreau Vieux Ricaud	
	Tranchée Parisot	
	MCO Mas Rouge Est	
	MCO 2 de Fangas, MCO 3 de Fangas	
	Tranchée des Fléchons	
	Fouilles des Grands Calans	

*Tableau 18 : définition des configurations de travaux à ciel ouvert*

### Remarques :

- 1) La trentaine de points notés et représentés comme simples grattages ne sont pas identifiés comme configuration de travaux à ciel ouvert en tant que telle (voir remarques au paragraphe 10.2.1 précédent (origine anthropique douteuse et aucune extension verticale ni latérale).
- 2) Les verses de déblais en partie faites dans la MCO Canonnettes et dans celle de Mas Rouge centre ont été considérées comme des flancs de découvertes puisque les déblais ne remplissent pas intégralement les excavations mais seulement la partie amont. Les déblais de la carrière Lagier combleront intégralement cette dernière, ils ne seront donc pas considérés comme des flancs de découvertes.
- 3) Comme pour les configurations de travaux souterrains, les affleurements inspectés qui n'ont pas révélé d'indices de travaux à ciel ouvert ne sont pas identifiés comme configuration de CO.

## 23.3 CONFIGURATIONS D'OUVRAGES MINIERS

### 23.3.1 PUIITS

Les puits recensés sur exploitations de bauxite des Alpilles sont en de nombreux points similaires :

- faible profondeur (généralement moins de 15 m et exceptionnellement de l'ordre de 25 m au maximum) ;
- 1 seul niveau de recettes ;
- foncés intégralement dans les gisements de bauxite (sauf le puits de Viaud Ricaud foncé dans les calcaires du toit).

Ainsi, il n'est pas pertinent de considérer plusieurs configurations de puits.

### 23.3.2 GALERIES

Les galeries ont été intégrées à l'analyse en tant que configuration de travaux (voir-ci-avant).

## 23.4 CONFIGURATION DE DEPOTS

Les caractéristiques de dépôts identifiés sur le site ont permis de distinguer (vis à vis des phénomènes de glissements essentiellement) :

- DEP3 : les dépôts, ou partie de dépôt, entièrement végétalisés ;
- DEP2 : au sein de dépôts non végétalisés, les dépôts peu haut (de l'ordre de 5 m) et aux pentes modérées ;
- DEP1 : au sein de dépôts non végétalisés, les dépôts plus hauts.

DEP1	DEP2	DEP3
Dépôt centre de Mas Rouge Partie sommitale de la grande verse Canonnettes Partie non-végétalisée de la verse 2 des Canonnettes Zone 2 de dépôts de Vieux Ricaud	Dépôt est Mas Flandrin Dépôt Ouest de Grand Méjean Plate-forme Manville ouest Dépôt Centre d'Anna Mas Plate-forme des Fléchons Plate-forme de Fontvieille Plate-forme vieux travaux Canonnettes Dépôt Parisot	Dépôt Lagier Intégralité de la carrière Lagier Zone 1 de dépôts de Vieux Ricaud Parties latérales de la grande verse Canonnettes Partie végétalisée de la verse 2 des Canonnettes Stock 1 Canonnettes Stock 2 Canonnettes

Tableau 19 : définition des configurations de dépôts



## **24. EVALUATION DE L'ALEA AFFAISSEMENT**

### **24.1 DEFINITION PHENOMENOLOGIQUE**

Ce type de phénomène concerne aussi bien les exploitations totale que les partielles menées dans les deux cas en plateure ou en filonien.

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement d'édifices souterrains résultant de l'extraction de minerai (ruptures successives de piliers, foudroyage du toit, ...). Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique (ou cuvette), sans rupture cassante importante.

L'amplitude de l'affaissement est directement proportionnelle à l'ouverture des travaux souterrains. Le coefficient de proportionnalité dépend notamment de la profondeur des travaux et de la nature des méthodes d'exploitation et de traitement des vides (foudroyage, remblayage...).

Les exploitations concernées par les affaissements possèdent généralement trois points communs : grande profondeur (valeur dépendant du contexte mais en général une centaine de mètre au moins), extensions horizontales importantes (faible ratio largeur exploitée / profondeur) et recouvrement capable de se déformer de manière souple sur des amplitudes importantes.

Dans le cas d'exploitations partielles en une seule couche, les affaissements se décomposent en 3 phases :

- a) la première, dite de mise en place, se traduit par un affaiblissement progressif des piliers sous l'effet cumulé du temps, de la pression des terrains de couverture et des paramètres environnementaux ;
- b) la seconde, dite d'affaissement, intervient lorsque le phénomène de rupture des piliers s'est initié au sein de l'ouvrage minier et qu'il affecte une surface suffisante. Les premiers bancs de toit s'éboulent alors en foisonnant. Les bancs rocheux sus-jacents, préalablement découpés par les discontinuités naturelles, peuvent alors fléchir progressivement sous le poids des terrains de recouvrement avec, pour conséquence, la formation d'une cuvette en surface ;
- c) La phase ultime, dite résiduelle, correspond à l'affaissement résiduel.

### **24.2 EVALUATION DE LA PREDISPOSITION DES TRAVAUX SOUTERRAINS AUX AFFAISSEMENTS**

#### **24.2.1 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS4**

Les galeries isolées de cette configuration ne sont pas concernés par les affaissements.

#### **24.2.2 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS1**

Aucun plan précis de ces travaux n'a été retrouvé pour la majorité des ces travaux (carrières souterraines de Fangas, d'Anna Mas, de Parisot 1, de Parisot 2, C et P

de Manville Ouest), seul les travaux très limités de la carrière souterraine Viaud Ricaud (non exploitée par Rondani) sont reportés sur un plan d'ensemble des secteurs Viaud Ricaud Canonnettes (voir annexe 7).

Ces exploitations ne suivent généralement pas de schémas d'exploitation raisonnés (petits piliers dégraissés et galeries très irrégulières). Elles ont été exploitées directement sous le toit calcaire fuvélien.

Pour celles qui ont été visitées, les piliers observés sont soit :

- visiblement sous-dimensionnés mais encore « debout »<sup>35</sup> (Anna Mas, Fangas), Figure 28 ;
- soit plus massifs (piliers de 3 ou 4 m de côté de la carrière de Vaud Ricaud à une dizaine de mètres de profondeur).



*Figure 28 : piliers dégraissés dans des exploitations de configuration TMS1 (secteur d'Anna Mas et Fléchons), INERIS*

En première approche, en supposant la ruine de ces piliers comme possible, les principaux autres facteurs de prédisposition à un mouvement souple et progressif de type affaissement, ne sont pas réunis dans cette configuration TMS1 qui présente [41] :

- une faible profondeur (30 m) ;
- de faibles extensions (20 à 25 m) ;
- un recouvrement calcaire globalement compétent.

Dans cette type d'exploitation, une rupture d'un ou de plusieurs piliers, ne se traduira jamais en un mouvement de terrain souple et progressif. Une telle rupture se traduira préférentiellement par un effondrement de plus ou moins grande intensité.

L'affaissement est donc écarté de ces zones de travaux TMS1.

### **24.2.3 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS2**

Ce sont des carrières souterraines qui concernent généralement des secteurs plus étendus que les précédents.

---

<sup>35</sup> Même à faible profondeur (de l'ordre de trente mètres au maximum), la raideur des calcaires du toit doit probablement encaisser une partie de la contrainte verticale et soulager ces petits piliers.



#### 24.2.3.1 CARRIERE SOUTERRAINE DE MAS MEJEAN

Aucun plan de cette carrière n'a été retrouvé mais elle a en grande partie été visitée. Le schéma d'exploitation est régulier, il est organisé autour d'une descenderie principale et des galeries de niveaux latérales recoupées en piliers rectangulaires de 8 x 4 m de section environ avec des chambres de 2 m de haut sur 2 à 3 m de large.

Les travaux s'enfoncent vers le nord sous un recouvrement calcaire fuvélien d'au plus 45 m d'épaisseur.

Dans une approche classique basée sur l'hypothèse de l'aire tributaire, les contraintes générées dans les piliers de cette exploitation sont toujours inférieures aux valeurs de résistance ultime<sup>36</sup> de la bauxite (voir résultats des simulations en annexe 6). La valeur minimale et pertinente du ratio Ru/contrainte est d'au moins de 1,2.

Dans ces conditions et en soulignant que dans le cas de la carrière de Mas Méjean, d'une cinquantaine de mètres d'extension latérale sous un recouvrement calcaire compétent, le poids du recouvrement n'est très certainement pas soutenu par les seuls piliers (soulagement de la dalle calcaire) alors les piliers sont certainement stables à long terme.

La prédisposition de cette carrière aux affaissements est donc nulle.

#### 24.2.3.2 CARRIERE SOUTERRAINE VIAUD RICAUD (RONDANI)

Un plan des travaux de cette zone a été retrouvé (voir annexe 7), en revanche elle n'est plus accessible. Le schéma d'exploitation n'est pas très régulier et les travaux s'enfoncent vers le nord à 10° - 20°, soit environ 38 - 40 m au plus profond.

Les caractéristiques des travaux lues sur plan permettent définir trois secteurs homogènes en termes de dimensionnement (Figure 29) :

- SH1, larges piliers et traçage de galeries à l'entrée de la carrière ;
- SH2 et SH3, deux secteurs avec de petits piliers au fond de la carrière.

Différentes simulations basées sur l'hypothèse de l'aire tributaire ont été menées (variations de type de piliers et de largeur de galeries), les résultats sont détaillées en annexe 6.

Le secteur SH3 est qualifié de stable à long terme (valeur minimale du ratio Ru/contrainte de l'ordre de 2,5), soit une prédisposition aux affaissements nulle.

Les calculs menés pour les secteurs SH2 et SH1 conduisent à définir les piliers comme sensibles à la ruine (ratio Ru/contrainte inférieur à 1).

Toutefois, le secteur SH2, avec un ratio largeur / profondeur de l'ordre de 0,5 ne pourra probablement pas conduire à un affaissement en surface surtout sous un recouvrement calcaire compétent. De plus, pour une portée de 25 m, une seule strate calcaire d'environ 9 m d'épaisseur pourra supporter le poids des 40 mètres de recouvrement (modèle de poutre). La prédisposition de SH2 aux affaissements est nulle.

---

<sup>36</sup> Valeur estimée sur la base des essais « labo » dégradés par des facteurs correctifs de 0,8 x 0,8 pour tenir compte du vieillissement et de l'effet d'échelle.

Le ratio largeur / profondeur de la zone SH1 étant voisin de 1, à 40 m de profondeur, la ruine des piliers pourraient générer un fléchissement des calcaires fuvéliens du recouvrement (sans nécessairement conduire à la rupture compte tenu de l'épaisseur de calcaire d'au moins 30 m). Ce phénomène peut se stabiliser et garder cette configuration. Le secteur SH1 est défini comme peu sensible à sensible aux affaissements.



Figure 29 : secteurs homogènes de la Carrière de Viaud Ricaud (Rondani), INERIS

#### 24.2.3.3 CARRIÈRE SOUTERRAINE DES CANONNETTES

Un plan des travaux de cette zone a été retrouvé (voir annexe 7), en revanche elle n'est plus accessible.

Les caractéristiques des travaux lues sur plan permettent définir 5 zones homogènes potentiellement concernées par les affaissements (par ruptures de piliers) ; tous les autres secteurs sont assimilables à des zones de traçage de galeries d'infrastructures où tout affaissement est écarté (Figure 30).

Les profondeurs précises de ces zones ont été extrapolées sur la base d'un modèle numérique de profondeur obtenu par digitalisation des courbes d'isoprofondeur du plan de la mine des Canonnettes adjacentes.

Différentes simulations basées sur l'hypothèse de l'aire tributaire ont été menées (variations de type de piliers et de largeur de galeries), voir en annexe 6.

La zone peu profonde zh5 aux larges piliers est qualifiée de stable à long terme (valeur minimale du ratio  $R_u$ /contrainte de l'ordre de 5), soit une prédisposition aux affaissements nulle.

La zone zh1 présente des piliers plus petits, mais située très proche de la surface (0 - 20 m) ; les contraintes générées dans les piliers restent relativement faible (peu sensibles à la rupture) et la position subsurfacique font que cette zone ne peut pas être concernée par les affaissements.

Les calculs menés pour les zones zh2, zh3 et zh4 conduisent à des valeurs du ratio  $R_u$ /contrainte de l'ordre de 0,5. Même si l'on considère que les bancs compétents du toit pourraient diminuer les contraintes ainsi modélisée, les valeurs sont trop faibles pour exclure une rupture de piliers. Leur ruine est donc retenue comme possible (piliers sensibles à très sensibles vis-à-vis de la rupture).

La position subsurfacique des 2/3 de la zone zh2 (proche de l'affleurement au sud), convertira toute rupture de piliers éventuelle en effondrement ; l'affaissement est donc écartée de cette partie de zh2 (mouvement souple et progressif impossible).

Pour le reste de la zone zh2, la zone zh3 et la zone zh4, qui présentent une largeur relativement plus importante (ratio largeur / profondeur voisin ou supérieur à 1) ; la ruine des piliers peut conduire à faire fléchir les bancs de toit, sans conduire inévitablement à leur rupture (au moins 30 m de calcaires fuvéliens), et ainsi générer un affaissement limité en surface. Ces zones sont donc définies comme sensibles aux affaissements.

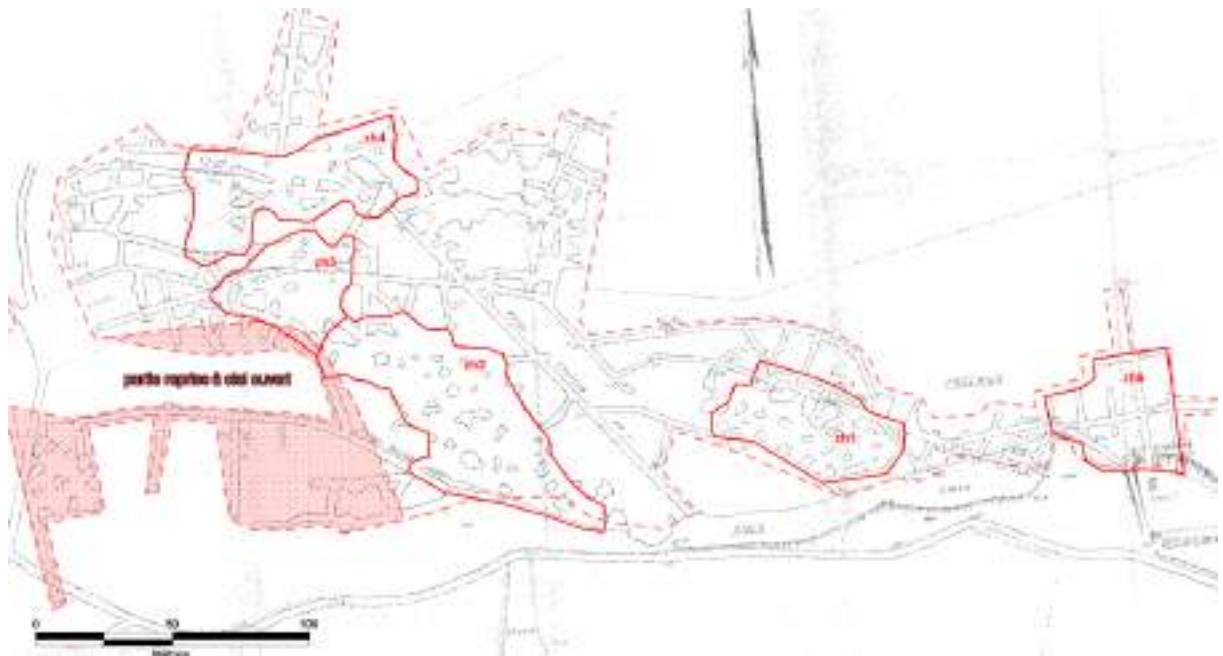


Figure 30 : zones homogènes de chambres et piliers de la Carrière des Canonnettes, INERIS

#### 24.2.4 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS3 : MINE DES CANONNETTES

Un plan des travaux de cette mine moderne a été retrouvé (voir annexe 7) ; il semble être complet. La mine a été fermée dans les années 1990 et les entrées des descenderies murées ne permettent plus d'accéder aux travaux souterrains.

24 zones de travaux homogènes potentiellement concernées par les affaissements (par ruptures de piliers) ont été définies ; tous les autres secteurs sont assimilables à des zones de traçage de galeries d'infrastructures où tout affaissement est écarté (Figure 31). Les profondeurs précises de ces zones ont été calculées sur la base d'un modèle numérique de profondeur. Les dimensions des travaux ont été mesurées zone par zone sur le plan (voir annexe 8). Les différents taux de défrètement calculés sont plus détaillés que ceux mentionnées dans les archives (voir paragraphe 10.3).



Figure 31 : zones homogènes de chambres et piliers de la Mine des Canonnettes, INERIS

Différentes simulations basées sur l'hypothèse de l'aire tributaire ont été menées pour chaque zone ; les résultats sont détaillés en annexe 6 et synthétisés ci dessous.

Les valeurs des  $Ru$ /contrainte sont généralement faibles ; surtout pour le calcul utilisant la valeur de  $Ru$  ( $=3,2$  MPa) retenue dans les études des années 1990 et qui ; néanmoins, avaient conduit à garantir la stabilité des piliers à long terme, [13]. Ces études n'ont pas pu être consultées en détail dans le cadre du présent rapport.

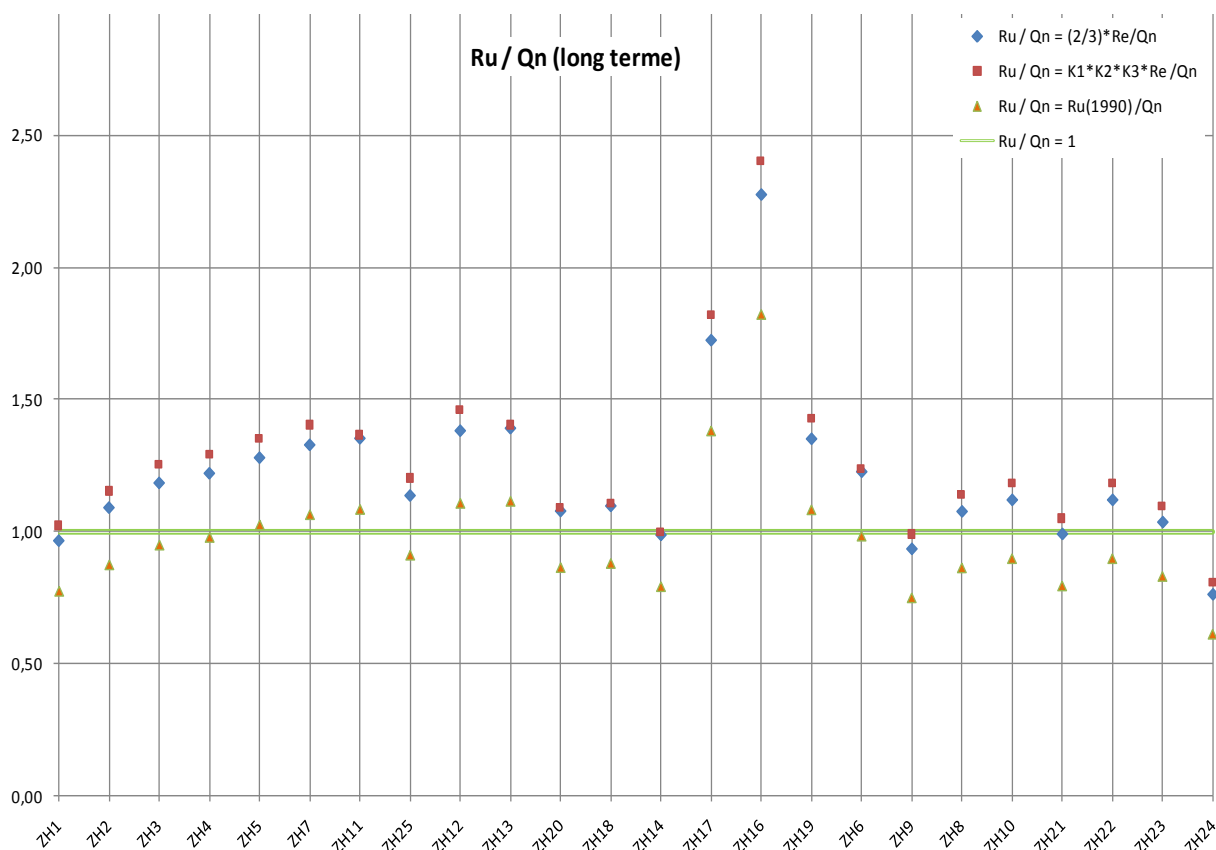


Figure 32 : représentation des ratios  $Ru$ /contrainte au sein de piliers des 24 zones homogènes de la mine souterraine des Canonnettes, INERIS

Comme supposé plus haut, il est fort probable que le modèle d'aire tributaire soit très sécuritaire dans les configurations d'exploitation concernées ici (sous un toit calcaire compétent). En effet, les piliers ne doivent pas être soumis à l'intégralité du poids des terrains de tout le recouvrement mais une partie de cette charge soit être reprise par le toit massif et reportée sur les bords fermes (et/ou piliers barrières) de l'exploitation soulageant ainsi les piliers.

Sans modélisation numérique, il est très difficile de quantifier ce soulagement. Toutefois, plusieurs informations semblent confirmer cette hypothèse :

- même si la mise en charge des piliers a suivi l'avancement des travaux au cours de l'exploitation (1 à 3 mm de convergence verticale entre 1977 et 1988),

aucune dilatation n'a été mesurée<sup>37</sup> et aucune fissuration suspecte n'a été mentionnée ;

- aucun mouvement de terrain n'a été décelé au droit de travaux souterrains de la mine des Canonnettes lors du suivi topographique<sup>38</sup> de 1977 à 1988, [13] ;
- aucune référence à des dégradations de piliers dans les récits de visites des Ingénieurs des Mines ;
- il est fort probable que l'étude de l'Ecole de Mines de Paris de 1990 se soit basée sur des considérations plus réalistes et moins sécuritaires que le modèle d'aire tributaire afin d'écartier tout effondrement brutal de l'intégralité de la mine souterraine des Canonnettes (état globalement « bon » de la mine à l'époque).

Compte tenu de toutes ces remarques, un raisonnement relatif des zones entre elles a été réalisé sur les valeurs de ratio Ru/contrainte. Ainsi, les piliers des zones :

- ZH17, ZH16 et ZH19 figurent parmi les plus stables de la mine ; il s'agit de piliers rectangulaires relativement petits (10 m de côté) mais exploités à faible profondeur (moins de 50 m) avec des ratios Ru/contrainte juste supérieurs à 1. Dans ces conditions et compte tenu du contexte particulier de la mine des Canonnettes, la probabilité de rupture de ces piliers est définie négligeable ;
- ZH5, ZH7, ZH11, ZH12 et ZH13 figurent également parmi les plus stables de la mine (probabilité de rupture nulle à négligeable), il s'agit de piliers plus massifs à des profondeurs moyennes, avec des ratios Ru/contrainte > 1. La zone ZH25 très peu large à proximité des 3 zones ZH11, ZH12 et ZH13 est également définie comme stable même si son ratio Ru/contrainte est légèrement inférieur à 1 ;
- ZH1, ZH8, ZH9, ZH14, ZH18, ZH20, ZH21, ZH23 et ZH24 ont été définis comme les piliers les plus prédisposés à une rupture éventuelle (niveau sensible associé aux valeurs de ratios Ru/contrainte les plus faibles et sensiblement inférieures à 1) ; il s'agit de zones de petits piliers (8-10 m de côté) dont certains sont élancés (8 m) et exploités à des profondeurs moyennes ;
- ZH2, ZH3, ZH4, ZH6, ZH10 et ZH22, présentant des valeurs de ratios Ru/contrainte faibles (0,85 et 1,1) ont été définis, par précaution, comme peu sensibles à une rupture.

La zone ZH24 est entourée de bords vierges et avec une largeur de 50 m à 110-120 m de profondeur, son effondrement n'aura aucune conséquence en surface (aléa affaissement nul).

Les autres zones ZH1, ZH8, ZH9, ZH14, ZH18, ZH20, ZH21, ZH23, ZH2, ZH3, ZH4, ZH6, ZH10 et ZH22 présentent des largeurs relativement plus importantes (ratio largeur / profondeur voisin ou supérieur à 1) ; la ruine des piliers peu

---

<sup>37</sup> Extensomètre horizontal en cœur de pilier

<sup>38</sup> Sur la période 2004-2007, des déplacements verticaux de +/- 1 cm ont été observés au droit des zones ZH1, ZH14 et ZH18 mais une part de ces déplacements serait attribuable à un ravinement du sol sous les têtes de bornes de mesures.



conduire à faire fléchir les bancs de toit et du recouvrement, sans conduire inévitablement à leur rupture (30 m à 80 m de calcaires fuvéliens), et ainsi générer un affaissement limité en surface. Ces zones sont donc définies comme sensibles aux affaissements.

### **24.3 EVALUATION DE L'INTENSITE DES AFFAISSEMENTS**

Le phénomène redouté ici est la rupture des piliers qui met en charge les terrains fuvéliens du toit qui « fléchissent » sous le poids du recouvrement, sans se rompre intégralement, et se traduisent par un abaissement des terrains de surface.

Les configurations des piliers permettent, dans une approche forfaitaire<sup>39</sup> et suffisamment sécuritaire, de réduire de moitié l'ouverture des vides résiduels, après rupture de piliers par rapport à l'ouverture initiale, soit ici environ 2 m. Une telle ouverture résiduelle pourrait conduire à un affaissement maximal en surface de l'ordre de 1,5 m (environ 80 % de l'ouverture résiduelle). Les secteurs concernées présentant des largeurs d'au moins 50 m, les mises en pente attendus sont inférieures à 3 % ; soit une intensité limitée.

De tels mouvements s'apparentent bien aux « *subsidences* » mentionnées comme seuls phénomènes possibles par les rapports d'experts des années 1990, [13].

### **24.4 NIVEAUX D'ALEA RELATIFS AUX AFFAISSEMENTS**

Voir tableau suivant.

### **24.5 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEA RELATIVES AUX AFFAISSEMENTS**

Le tracé de la zone d'aléa affaissement lié à une zone de travaux comprend les deux marges classiques d'incertitude globale et d'extension latérale. Ces marges sont définies à partir du tracé des travaux issus du calage des plans miniers :

- I, incertitude globale de localisation des travaux (voir Tableau 15 au chapitre 4) ;
- E, marge supplémentaire relative la zone d'influence de l'affaissement dans laquelle les déformations et les mises en pente sont non nulle (marge mesurée à partir de limite de la zone de travaux souterrains). Cette marge dépend généralement d'une valeur d'angle d'influence,  $E = h \times \tan(\gamma)$ . Dans le cas des exploitations de Baux, les terrains de recouvrement des zones retenues en aléa affaissement étant des calcaires massifs et les mises en pente attendues étant minimales, l'angle d'influence sera très certainement faible de l'ordre de 10 à 15°. Un angle de 20° est retenu par précaution.

---

<sup>39</sup> Approche volumétrique simple : ½ pilier « correspondant à peu près » en volume à ½ galerie.

Configuration	Secteurs/Mines	Prédisposition des piliers à la rupture	Prédisposition aux affaissements	Intensité	Niv d'Aléa	
TMS1	Carrière souterraine de Fangas, Carrière souterraine d'Anna Mas, C et P de Manville Ouest, Carrière souterraine 1 de Parisot, Carrière souterraine 2 de Parisot, Carrière souterraine Viaud Ricaud (non Rondani)	Supposée possible (faute de plans)	Affaissement écarté de ces zones de travaux au profit éventuellement d'un effondrement de plus ou moins grande intensité (faible profondeur et faible extension)	-	Nul	
TMS2	Carrière souterraine de Mas Méjean	Nulle	Nulle	-	Nul	
	Carrière souterraine Viaud Ricaud (Rondani)	SH3	Nulle	Nulle	-	Nul
		SH2	Sensible	Nulle (très faible largeur et dalle de calcaire au toit compétente)	-	Nul
		SH1	Sensible	Peu sensible (fléchissement des bancs calcaires du toit)	Limitée	Faible
	Carrière souterraine des Canonnettes	zh5	Nulle	Nulle	-	Nul
		zh1	Peu sensible	Nulle (position subsurfacique)	-	Nul
		zh2 (2/3 au sud)	Sensible à très sensible	Nulle (position subsurfacique)	-	Nul
		1/3 nord de zh2, zh3 et zh4	Sensible à très sensible	Sensible (fléchissement des bancs calcaires du toit)	Limitée	Faible
		Autres secteurs (zones de traçage de galeries)	Les galeries de ces secteurs ne sont pas concernées par les affaissements			
	TMS3	Mine souterraine récente des Canonnettes	ZH17, ZH16, et ZH19	Nulle	-	-
ZH5, ZH7, ZH11, ZH12, ZH13 et ZH25			Nulle	-	-	Nul
ZH24			Sensible	Nulle (entourée de bords vierges et une largeur de 50 m à 110-120 m de profondeur)	-	Nul
ZH2, ZH3, ZH4, ZH6, ZH10 et ZH22			Peu sensible	Sensible (fléchissement des bancs calcaires du toit)	Limitée	Faible
ZH1, ZH8, ZH9, ZH14, ZH18, ZH20, ZH21 et ZH23			Sensible	Sensible (fléchissement des bancs calcaires du toit)	Limitée	Faible
TMS4	Tous secteurs	Les galeries isolées de cette configuration ne sont pas concernées par les affaissements.				

*Tableau 20 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux affaissements*



## **25. EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT GENERALISE**

### **25.1 DEFINITION PHENOMENOLOGIQUE**

Les effondrements généralisés, se manifestent par la rupture, souvent dynamique (quelques secondes), de tout ou partie d'une exploitation, affectant ainsi la stabilité des terrains de surface sur des étendues pouvant atteindre plusieurs hectares. La hauteur d'effondrement affectant la partie centrale peut atteindre plusieurs mètres. Cette zone centrale est bordée par des fractures ouvertes, subverticales, délimitant des marches d'escalier, [41].

Ils traduisent une instabilité d'ensemble d'une partie de l'exploitation résultant généralement d'une extraction trop intensive. Ce sont des phénomènes rares.

Les effondrements généralisés affectent des exploitations relativement profondes comparativement aux effondrements localisés. Leur développement exige également une extension horizontale des travaux suffisante au regard de leur profondeur.

Le plus souvent, les effondrements brutaux exigent une combinaison de critères défavorables à la stabilité. Ils ne peuvent en effet se développer que dans le cas où une rupture des piliers et des terrains de recouvrement est envisageable. Pour ce faire, les conditions suivantes sont généralement requises :

- existence de taux de défrèvement élevés, de volumes de vides importants et la présence de configurations d'exploitation sensibles (piliers sous-dimensionnés, présentant un fort élancement, exploitation multi-niveaux avec mauvaise superposition des piliers) ;
- schéma d'exploitation homogène et uniforme ;
- recouvrement présentant un (ou des) horizon(s) raide(s), capable(s) de reprendre tout ou partie du poids des terrains de surface en le reportant sur les bords fermes, ce qui soulage (temporairement) les piliers et autorise, indirectement, une exploitation excessive et un sous-dimensionnement des piliers.

Si ces bancs raides atteignent leur limite élastique, ils peuvent, en cas de sollicitation différée, être amenés à se rompre brutalement. La rupture du (ou des) banc(s) raide(s) par flexion ou cisaillement le long des bords fermes induit une surcharge soudaine appliquée aux piliers sous-dimensionnés (voir ruinés pour certains) qui se retrouvent brutalement surchargés et éclatent littéralement. Ces piliers très fragiles se rompent alors de manière simultanée et la descente du recouvrement s'effectue en un temps très court (quelques secondes), ce qui explique la brutalité du phénomène en surface.

## **25.2 EVALUATION DE LA PREDISPOSITION DES TRAVAUX SOUTERRAINS AUX EFFONDREMENTS GENERALISES**

### **25.2.1 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS4**

Les galeries isolées de cette configuration ne sont pas concernées par les effondrements généralisés.

### **25.2.2 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS1**

Ces exploitations ne suivent généralement pas des schémas d'exploitation homogènes (petits piliers et galeries très irréguliers : carrés, rectangulaires, triangulaires, en quille), elles concernent de faibles extensions latérales (de 20 à 30 m), elles sont situées à très faible profondeur<sup>40</sup> (0 – 30 m) et certaines ont un pendage supérieur à 20°. Dans ces configurations, les points de rupture, par flexion ou par cisaillement, ne peuvent pas se distribuer de manière homogène dans les bancs du toit.

Les principaux facteurs de prédispositions aux effondrements généralisés ne sont donc pas réunis ici et ces phénomènes peuvent être écartés des travaux souterrains de configuration TMS1. Même si un ou plusieurs venaient à se rompre, les désordres associés à ces configurations se reportent préférentiellement en surface sous la forme d'effondrements localisés d'intensité variables.

### **25.2.3 TRAVAUX DE CONFIGURATIONS TMS2**

#### **25.2.3.1 CARRIERE SOUTERRAINE DE MAS MEJEAN**

Les piliers, relativement homogènes, de cette carrière ont été considérés comme stables à long terme même dans l'hypothèse très sécuritaire où tout le recouvrement pèse intégralement sur les piliers (modèle, basé sur l'hypothèse de l'aire tributaire, développé dans le paragraphe relatif aux affaissements<sup>41</sup>).

Dans ces conditions et en soulignant que la carrière de Mas Méjean, d'une cinquantaine de mètre d'extension latérale, est exploitée depuis les affleurements avec une pente de l'ordre de 30° ; il est très improbable que les calcaires du toit, donc les caractéristiques précises ne sont d'ailleurs pas connues dans ce secteur, se rompent brutalement.

La prédisposition de cette carrière aux effondrements généralisés est définie comme nulle.

#### **25.2.3.2 CARRIERE SOUTERRAINE VIAUD RICAUD (RONDANI)**

Les 3 mêmes zones homogènes de chambre et piliers définies et étudiées vis-à-vis des affaissements doivent être analysées ici : SH1 à SH3 (voir Figure 29 page 116).

Le secteur SH3 a été qualifié de stable à long terme, même en supposant

---

<sup>40</sup> Compte tenu de la proximité immédiate des affleurements et de la surface, les calcaires du toit sont probablement plus altérés et diaclasés que plus en profondeur.

<sup>41</sup> La valeur minimale et pertinente du ratio Ru/contrainte est d'au moins de 1,2.

l'intégralité du recouvrement pesant (modèle d'aire tributaire développé dans le paragraphe relatif aux affaissements), ainsi une prédisposition aux effondrements généralisés nulle sera définie.

Les calculs menés pour les secteurs SH2 et SH1 conduisent à définir les piliers comme sensibles à la ruine (ratio  $R_u$ /contrainte inférieur à 1). Toutefois, le secteur SH2, avec un ratio largeur / profondeur de l'ordre de 0,5 ne pourra probablement pas conduire à un effondrement généralisé en surface (pour une portée de 25 m, une seule strate calcaire d'environ 9 m d'épaisseur pourra supporter le poids des 40 mètres de recouvrement (modèle de poutre). La prédisposition de SH2 aux effondrements généralisés est donc définie comme nulle ou négligeable.

Le même raisonnement ratio largeur / profondeur n'est pas applicable à la zone SH1 (ratio de l'ordre de 1). Le schéma d'exploitation, sans être parfaitement homogène, n'est pas complètement hétérogène, le ratio  $R_u$ /contrainte est inférieur à 1. De plus, la zone étant située entre 30 et 40 m de profondeur<sup>42</sup> et écartée des affleurements, la probabilité de rencontrer un horizon calcaire compétent est relativement importante, les arguments ne sont pas suffisants pour exclure la réalisation d'un effondrement brutal.

Compte tenu de toutes ces informations le secteur SH1 est défini comme très peu sensible à peu sensible aux effondrements généralisés.

#### 25.2.3.3 CARRIERE SOUTERRAINE DES CANONNETTES

Les 5 mêmes zones homogènes de chambres et piliers définies et étudiées vis-à-vis des affaissements doivent être analysées ici : zh1 à zh5 (voir Figure 30 page 117). Les autres parties de la carrière sont des galeries d'infrastructure non concernées par les effondrements brutaux.

Les larges piliers de la zone peu profonde zh5 ont été évalués comme stables à long terme même en supportant tous le poids du recouvrement (modèle, basé sur l'hypothèse de l'aire tributaire, développé dans le paragraphe relatif aux affaissements), ainsi une prédisposition aux effondrements généralisés nulle sera définie.

Les piliers des quatre autres zones, zh1 zh2, zh3 et zh4 sont visiblement sous-dimensionnés et les modélisations, basées sur l'hypothèse de l'aire tributaire, envisagées ci-avant ne permettent pas de les définir comme stables à long terme (zones retenue en affaissement).

En revanche, les schémas d'exploitation sont très hétérogènes (piliers de toute forme possibles, dont certains massifs, et portées de galeries variant du simple au double). Cet argument est suffisant pour exclure toute répartition homogène des contraintes dans les bancs du toit et toit mouvement d'ensemble du recouvrement calcaire caractéristiques des effondrements brutaux. Les effondrements brutaux sont donc écartés de ces 4 autres secteurs

### 25.2.4 TRAVAUX DE CONFIGURATION TMS3 : MINE DES CANONNETTES

Les 24 mêmes zones homogènes de chambres et piliers définies et étudiées vis-à-vis des affaissements doivent être analysées ici (voir Figure 31 page 118).

---

<sup>42</sup> Dans cette gamme d'épaisseur de recouvrement, les modèles de poutre ne sont plus adaptés.

Le même raisonnement développé dans le paragraphe relatif aux affaissements peut être mené ici. Il conduira à définir comme stables les piliers des zones ZH5, ZH7, ZH11, ZH12, ZH13, ZH17, ZH16, ZH19 et ZH25 ; soit une prédisposition nulle aux effondrements généralisés.

Tout effondrement de la zone ZH24, d'une largeur de 50 m à 110-120 m de profondeur, n'aura aucune conséquence en surface (aléa effondrement généralisé nul).

Les 14 autres zones peuvent être concernées par une rupture des piliers sous l'effet du poids de terrains de recouvrement. Compte tenu de leurs largeurs notables et de leur profondeur supérieure à 40 m, elles pourraient être sujettes à un effondrement brutal.

Un examen attentif des plans de chacune de ces zones a toutefois permis de distinguer deux types de zones au sein de ces 14 :

- une première famille (A), regroupant les secteurs visiblement les plus sous-dimensionnés (piliers peu larges et peu massifs) qui ont également fait l'objet de relevage pour atteindre une ouverture de 8 m. Il s'agit des zones ZH1, ZH8, ZH9, ZH14, ZH18, ZH20, ZH21 et ZH23 ;
- une seconde famille, B, (ZH2, ZH3, ZH4, ZH6, ZH10 et ZH22) de zones avec des piliers relativement plus larges et plus massifs.

Rappelons, que l'étude de l'Ecole de Mines de Paris de 1990 avait écarté tout effondrement brutal de l'intégralité de la mine souterraine. Même sans avoir pu consulter ce rapport, il est fort probable que l'Ecole des Mines des Paris se soit basée sur des considérations plus réalistes et moins sécuritaires que le modèle d'aire tributaire.

Compte tenu de toutes ces informations, les zones de la première famille A seront définies comme peu sensibles aux effondrements généralisés tandis que ces phénomènes seront donc exclus des zones de la famille B.

Notons que les secteurs identifiés par l'Ecole des mines comme ceux pouvant générer des mouvements en surface (correspondant dans la présente sectorisation aux zones ZH1, ZH14 et ZH18) sont, de part leurs caractéristiques, dans la famille A identifiée comme la plus préoccupante, [13].

### **25.3 EVALUATION DE L'INTENSITE DES EFFONDREMENTS GENERALISES**

L'effondrement généralisé caractérise un mouvement d'extension spatiale importante et qui peut mettre en péril la sécurité des personnes et des biens situés dans l'emprise de l'instabilité. L'intensité relative est systématiquement, élevée à très élevée.

### **25.4 NIVEAUX D'ALEA RELATIFS AUX EFFONDREMENT GENERALISES**

Voir tableau suivant.

Configuration	Secteurs/Mines		Prédisposition à la rupture brutale du toit	Prédisposition aux Effondrement généralisé	Intensité	Niv d'Aléa
TMS1	Carrière souterraine de Fangas, Carrière souterraine d'Anna Mas, C et P de Manville Ouest, Carrière souterraine 1 de Parisot, Carrière souterraine 2 de Parisot, Carrière souterraine Viaud Ricaud (non Rondani)		Nulle (petits piliers et galeries très irréguliers faibles extensions latérales, faible profondeur)	Nulle (au profit éventuellement d'un effondrement plus localisé)	-	Nul
TMS2	Carrière souterraine de Mas Méjean		Nulle (faibles extensions latérales, faible profondeur, exploitée depuis les affleurements, pente de l'ordre de 30°)	Nulle (piliers stables)	-	Nul
	Carrière souterraine Viaud Ricaud (Rondani)	SH3	-	Nulle (piliers stables)	-	Nul
		SH2	Nulle (faibles extensions latérales)	Nulle	-	Nul
		SH1	Très peu sensible à peu sensible	Très peu sensible à peu sensible	Elevée	Moyen
	Carrière souterraine des Canonnettes	zh5	-	Nulle (piliers stables)	-	Nul
		zh1, zh2, zh3 et zh4	Nulle (piliers et galeries très irréguliers)	Nulle (au profit éventuellement d'un effondrement plus localisé)	-	Nul
Autres secteurs (zones de traçage de galeries)		Les galeries de ces secteurs ne sont pas concernées par les effondrements généralisés				
TMS3	Mine souterraine récente des Canonnettes	ZH5, ZH7, ZH11, ZH12, ZH13 ZH17, ZH16, ZH19 et ZH25,	-	Nulle (piliers stables)	-	Nul
		ZH24	Nulle (largeur de 50 m à 110-120 m de profondeur)	Nulle	-	Nul
		ZH2, ZH3, ZH4, ZH6, ZH10 et ZH22	Nulle (piliers jugés massifs)	Nulle)	-	Nul
		ZH1, ZH8, ZH9, ZH14, ZH18, ZH20, ZH21 et ZH23	Peu sensible à sensible	Peu sensible à sensible	Elevée	Moyen
TMS4	Tous secteurs		Les galeries isolées ne sont pas concernées par les effondrements généralisés.			

*Tableau 21 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux effondrements généralisés*

## **25.5 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEA RELATIVES AUX EFFONDEMENTS BRUTAUX**

Le tracé de la zone d'aléa effondrement généralisé lié à une zone de travaux souterrains comprend la seule marge d'incertitude. En effet, la description phénoménologique des effondrements généralisés conduit à leur attribuer une extension latérale nulle ( $E=0$ ). Seuls les terrains à l'aplomb direct des travaux souterrains sont menacés par ce type de rupture brutale.

### **Remarque :**

Les analyses précédentes ont montré que les scénarii Affaissement et Effondrement généralisé étaient relativement similaires quant aux mécanismes de rupture initiaux et qu'ils différaient essentiellement par les deux types de comportement des terrains de couverture retenus comme possibles (voir paragraphe 22. Ainsi, les deux aléas seront cartographiés sur une seule et même carte.

## **26. EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE**

### **26.1 DEFINITION PHENOMENOLOGIQUE**

Un effondrement localisé se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement. Dans la majorité des cas, cette profondeur se limite à quelques mètres, dans certaines configurations particulières, elle peut atteindre voire dépasser une dizaine de mètres (effondrements de tête de puits par exemple).

Sur les sites des exploitations de bauxite des Alpilles, les effondrements peuvent résulter de trois mécanismes de rupture distincts :

- l'effondrement localisé lié à la rupture du toit d'une chambre ou d'une galerie. La voûte initiée par cette rupture peut ne pas se stabiliser pas mécaniquement et se propager progressivement vers la surface. Si l'espace disponible au sein des vieux travaux est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par auto-comblement, la voûte peut alors atteindre la surface du sol, on parle de fontis.

L'apparition de ce type de désordre en surface ne concerne que les travaux peu profonds.

- l'effondrement localisé lié à la rupture d'un pilier isolé. Au sein d'une exploitation menée par la méthode des chambres et piliers abandonnés, la ruine d'un (ou de quelques) pilier(s) peut se traduire, en surface, par un effondrement lorsque la profondeur des travaux et la raideur du recouvrement ne sont pas suffisamment importantes. La dimension de la zone affectée en surface est généralement plus importante que celle résultant d'un simple fontis mais sensiblement plus réduite que dans le cas d'un effondrement généralisé décrit plus loin. Comme les fontis, les ruptures de piliers isolés sont des phénomènes purement locaux qui ne dépendent pas de la géométrie globale des exploitations mais uniquement de conditions locales défavorables (extractions locales trop intensives laissant des piliers sous-dimensionnés, fragilisés ou mal superposés notamment).

Comme les fontis, l'apparition de ce type de désordre en surface ne concerne que les travaux peu profonds.

- l'effondrement localisé lié à la rupture de tête de puits. Un puits non remblayé peut être le siège d'une rupture du revêtement et d'un effondrement des terrains peu compétents environnants. Il se produit alors un cône d'effondrement dont les dimensions dépendent des caractéristiques géologiques et mécaniques locales des terrains.
- l'effondrement localisé lié au débouffrage d'une colonne de puits remblayée.

Ces mécanismes vont être décrits ci-après.

## **26.2 EVALUATION DE LA PREDISPOSITION AUX EFFONDREMENTS LOCALISES**

### **26.2.1 EFFONDREMENTS LOCALISES SUR TRAVAUX SOUTERRAINS**

Pour les secteurs de configuration TMS1, TMS2 et TMS3 (zones exploitées) les mécanismes de rupture envisageables sont la rupture du toit et/ou la rupture d'un pilier isolé. Pour les galeries isolées de configuration TMS4, seule la rupture de toit est envisageable.

L'évaluation de la prédisposition aux effondrements localisés dépend classiquement des paramètres suivants :

- le volume de vides disponibles au sein des travaux souterrains ;
- la résistance mécanique des piliers résiduels ;
- la nature et la résistance mécanique de terrains des couches de minerai, du toit et du recouvrement ;
- l'épaisseur des terrains de recouvrement.

#### Existence de vides :

La méthode d'exploitation dans les zones TMS1, TMS2 et TMS3 est celle des chambres et piliers abandonnés sans remblayage (avec quelques variantes), la présence de vides résiduels au sein de ces travaux souterrains est certaine.

Ce point a été vérifié lors des incursions souterraines menées dans ces zones lors des visites de sites.

Les galeries isolées de configuration TMS4, sont généralement non remblayées et pour certaines pénétrables. Seules les galeries des secteurs des Canonnettes et Viaud Ricaud ont été remblayées sur les 10 premiers mètres (observations et mentions dans les archives).

La présence de vides est donc probable à certaine dans toutes les configurations TMS1 à TMS4.

#### Qualité des piliers résiduels :

Les calculs de résistance menés au paragraphe précédent révèlent que la mise en défaut de ces piliers dans le long terme est toujours possible (surtout pour les plus petits) et ceux dans les trois configurations TMS1, TMS2 et TMS3.

Cette rupture est d'autant plus probable dans les piliers des travaux partiels de configurations TMS1 et TMS2 relativement à la configuration 3. Les piliers sont généralement en mauvaise état pour ceux qui ont pu être observés (souvent fracturés et quelquefois dégraissés abusivement et/ou très irréguliers, Figure 33) ou visiblement sous-dimensionnés sur les quelques plans disponibles. De plus, à cette époque (fin XIX<sup>ème</sup>) les carrières n'avaient pas les mêmes pressions et/ou préoccupations environnementales (garantie de la stabilité de terrains au droit du Parc des Alpilles) que Péchiney dans les 1980-1990.

Le pendage des exploitations peut également être un facteur aggravant pour la stabilité des piliers et notamment les plus fragiles ; ces derniers sont alors soumis à des contraintes en cisaillement plus néfastes que les seules contraintes en compression.





Figure 33 : pilier « fragilisé », secteur de Mas Méjean, INERIS

#### Nature et résistance de terrains du toit et du recouvrement

Il est difficile de distinguer les différentes configurations de travaux souterrains vis-à-vis de la nature et la résistance du toit (et du recouvrement). Les remarques générales suivantes peuvent être faites :

- deux points plutôt négatifs :
  - des chutes de toit ont été observées dans certaines galeries souterraine visitées mais elles correspondent souvent à un horizon de marnes bauxitiques laissées au toit par les anciens mineurs (de tenue mécanique généralement médiocre) ;
  - des portées de galeries parfois importantes surtout pour les travaux les plus anciens (TMS1 et TMS2) :
- trois points plutôt positifs :
  - la majorité des effondrements souterrains observés n'a pas engendré de désordres en surface (hormis le cas d'une chambre à moins d'un mètre de profondeur) ;
  - pour les secteurs où les terrains de recouvrement ont pu être observés (front des Canonnettes, front du Mas Rouge ou front d'Anna Mas par exemple), ceux-ci présentent un aspect sain avec localement des diaclases et des joints de stratification (voir ci-après) ;
  - peu d'effondrement localisés ont été recensés ou observés (existence probable d'un banc suffisamment compétent pour stopper les ruptures souterraines).

Ainsi, quelque soit la configuration de travaux une rupture de l'édifice souterrain est toujours possible (toit et/ou piliers). La probabilité de rupture est toutefois moindre pour les travaux souterrains récents des Canonnettes (TMS3), de part la régularité et le sérieux de l'exploitation suivie, par rapport aux autres travaux plus anarchiques de configurations TMS1, TMS2 et TMS4.

Un ou plusieurs horizons rocheux suffisamment épais, peu fracturés et résistants pour arrêter une montée de voûte doivent exister au toit de la majorité des exploitations mais il est impossible d'en assurer l'existence systématique sans campagne de sondage. Par précautions, des calculs de remontée de voûte ont donc été établis.

Pour étudier ce mécanisme, l'INERIS a développé un outil de calcul s'appuyant sur une modélisation analytique des volumes mis en jeu lors de la propagation d'une cloche d'éboulement. Plusieurs simulations ont été faites et les résultats sont présentés le tableau ci-dessous. Le toit et le recouvrement étant à dominante calcaire, les valeurs de coefficient de foisonnement ont été prises égales à 1,4 ou 1,6 et les angles de talus naturels des éboulis au moins égal à 40°.

	Dimension vides résiduels (H <sub>res</sub> , E <sub>res</sub> et L <sub>res</sub> )		Rayon de la cheminée au toit de la voie de tête (r en m)		Angle talus naturel (°)	Coef foisonnement		Hauteur remontée de voûte h <sub>f (m)</sub>	
	H <sub>res</sub>	L <sub>res</sub>				f1	f2	valeur 1 pour f1	valeur 2 pour f2
TMS4	1,8	1,8	0,72	80%	40	1,4	1,6	17,0	12,0
	1,8	1,8	0,9	100%	40	1,4	1,6	12,0	8,0
	1,8	1,8	0,72	80%	45	1,4	1,6	15,0	11,0
	1,8	1,8	0,9	100%	45	1,4	1,6	11,0	7,0
TMS3 et TMS4	2	2	0,8	80%	40	1,4	1,6	19,0	12,0
	2	2	1	100%	40	1,4	1,6	13,0	9,0
	2	2	0,8	80%	45	1,4	1,6	17,0	11,0
	2	2	1	100%	45	1,4	1,6	12,0	8,0
TMS2 et TMS3	2	4	1,6	80%	40	1,4	1,6	12,0	8,0
	2	4	2	100%	40	1,4	1,6	9,0	6,0
	2	4	1,6	80%	45	1,4	1,6	11,0	8,0
	2	4	2	100%	45	1,4	1,6	9,0	6,0
TMS2	2	7	2,8	80%	40	1,4	1,6	10,0	6,0
	2	7	3,5	100%	40	1,4	1,6	7,0	5,0
	2	7	2,8	80%	45	1,4	1,6	9,0	6,0
	2	7	3,5	100%	45	1,4	1,6	7,0	5,0
TMS1 et TMS2	4,5	5	2	80%	40	1,4	1,6	40,0	26,0
	4,5	5	2,5	100%	40	1,4	1,6	28,0	18,0
	4,5	5	2	80%	45	1,4	1,6	35,0	23,0
	4,5	5	2,5	100%	45	1,4	1,6	25,0	17,0
	4,5	6	2,4	80%	40	1,4	1,6	35,0	23,0
	4,5	6	3	100%	40	1,4	1,6	25,0	17,0
	4,5	6	2,4	80%	45	1,4	1,6	31,0	21,0
	4,5	6	3	100%	45	1,4	1,6	24,0	16,0

Tableau 22 : simulation des hauteurs de remontée de voûte

En analysant, les résultats des simulations précédentes, les hauteurs maximales de remontées suivantes seront retenues :

- 30 m, pour tous les travaux de configurations TMS1 et TMS 2. Dans cette configuration, les valeurs extrêmes de 35 et 40 m n'ont pas été retenues car elles correspondent à un coefficient de foisonnement de 1,4, sans doute sécuritaire vis-à-vis des calcaires du toit et un rayon de fontis égal à 80 % de la largeur de la galerie (valeur sûrement majorante dans le cas des galeries relativement larges de ces configurations où une rupture sur toute la largeur est plus probable).
- 15 m, pour tous les travaux de configuration TMS4 (valeur maximale et raisonnable des remontées de voûte) ;
- 20 m, pour les travaux de configuration TMS3 (valeur maximale et raisonnable des remontées de voûte) ;

Au vu de tout ce qui précède, les prédispositions aux effondrements localisés suivantes sont retenues :

- configuration TMS3 (mine souterraine récente des Canonnettes) : prédisposition peu sensible pour les travaux situés entre 0 et 20 m de profondeur et prédisposition nulle au-delà de 20 m de profondeur.

Notons que les travaux des Canonnettes s'initiant en fond de découverte, à au moins 30 m sous le front rocheux, tout aléa effondrement localisé est donc écarté de cette zone. Les entrées des descenderies des Canonnettes GCa1 et GCa2 sont situés au pied d'un versant de plus de 30 m de haut elles ne sont pas soumis au risque de fontis ;

- configuration TMS1 et TMS2 :
  - prédisposition peu sensible à sensible (pendage inférieur à 20°) pour les travaux situés entre 0 et 30 m de profondeur et prédisposition nulle au-delà de 30 m de profondeur ;
  - prédisposition sensible (pendage supérieurs à 20°) pour les travaux situés entre 0 et 30 m de profondeur et prédisposition nulle au-delà de 30 m de profondeur ;
- configuration TMS4 : prédisposition peu sensible à sensible pour les travaux situés entre 0 et 15 m de profondeur et prédisposition nulle au-delà de 15 m de profondeur ;

#### **Remarques :**

Les quelques rares parties de galeries (configuration TMS4) dont le remblayage est avéré (observations sur site) sont exclues de tout aléa effondrement localisé.

### **26.2.2 EFFONDREMENTS LOCALISES SUR PUIITS**

Les archives ne mentionnent jamais le remblayage des puits. Ce point a été vérifié sur le terrain où la majorité des puits retrouvés étaient ouverts. Les débousses sont donc exclus.

Ces puits sont systématiquement foncés dans des terrains bauxitiques (sauf le puits de Viaud Ricaud foncé dans les calcaires) et ne dépassent rarement 15 m de profondeur. Aucun effondrement de tête de puits n'a été recensé ni observé.

Ainsi, tous les puits recensés sont définis comme peu sensibles aux effondrements localisés (sauf le puits Viaud Ricaud qui est défini comme très peu sensible).

## **26.3 EVALUATION DE L'INTENSITE DES EFFONDREMENTS LOCALISES**

### **26.3.1 EFFONDREMENTS LOCALISES SUR TRAVAUX SOUTERRAINS**

L'effondrement localisé survenu sur le secteur de chambres et piliers de Manville Ouest présente un diamètre de 8 à 10 (effondrement d'une dalle de toit suite à la rupture d'un pilier).

Sur la base de cet événement (aléa de référence majorant), une intensité modérée doit être retenue pour toutes les zones de travaux prédisposés aux effondrements localisés : TMS1, TMS2 et TMS3, [41]. Ce point est conforté par les portées de galeries importantes lues sur les plans retrouvés de ces zones.

L'intensité des effondrements au droit des galeries des zones TMS4 est définie comme limitée (ce niveau est justifiée par des portées de galeries plus faibles que celle observées en configuration TMS1 et TMS2).

### **26.3.2 EFFONDREMENTS LOCALISES SUR PUIITS**

Tous les puits identifiés présentent des diamètres supérieurs ou égaux à 3 m. Etant donné leur faible profondeur, leur volume de vide disponible au sein de la colonne est donc également limité et ne permettra sûrement pas de contenir les éboulis d'un cône de rupture de tête de puits de plus de 10 m de diamètre. L'intensité de ces phénomènes est donc également définie comme modérée.

## **26.4 AUTRES EFFONDREMENTS LOCALISES**

Certains désordres, assimilables à des dépressions ou des effondrements localisés dont l'origine minière est douteuse, ont été observés dans des zones non connues pour être directement sous minées, il s'agit des désordres D1, D3, D5 et D6. Même si, le recensement des zones de travaux souterrains a été considéré comme relativement exhaustif sur la base de documents consultés et des visites de sites, ces désordres ont été intégrés à une zone d'aléa sécuritaire et forfaitaire. Un niveau faible leur a été associé (travaux supposée).

## **26.5 NIVEAUX D'ALEA RELATIFS AUX EFFONDREMENTS LOCALISES**

Voir tableau suivant.

Secteurs/Mines	Configuration	Profondeur	Pendage	Prédisposition	Intensité	Niv d'Aléa
Carrière souterraine de Fangas Carrière souterraine d'Anna Mas C et P de Manville Ouest Carrière souterraine 1 de Parisot Carrière souterraine 2 de Parisot Carrière souterraine Viaud Ricaud (non Rondani)	TMS1	0 – 30 m	< 20° : Carrière souterraines 1 et 2 de Parisot, C et P de Manville Ouest, Carrière souterraine Viaud Ricaud (non Rondani)	Peu sensible à sensible	Modérée	Moyen
			> 20° : Carrière souterraine d'Anna Mas et Carrière souterraine de Fangas,	Sensible	Modérée	Moyen
		> 30 m	-	Nulle	Modérée	Nul
Carrière souterraine des Canonnettes Carrière souterraine de Mas Méjean Carrière souterraine Viaud Ricaud (Rondani)	TMS2	0 – 30 m	< 20° : Carrière souterraine des Canonnettes, Carrière souterraine Viaud Ricaud (Rondani)	Peu sensible à sensible	Modérée	Moyen
			> 20° : Carrière souterraine de Mas Méjean	Sensible	Modérée	Moyen
		> 30 m	-	Nulle	Modérée	Nul
Mines souterraine des Canonnettes (Pechiney)	TMS3	Toute l'exploitation : 30 – 80 m	Toute l'exploitation < 20°	Nulle	Modérée	Nul
Tous secteurs	Galeries isolées : TMS4	0 – 15 m	Généralement subhorizontal	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible
		> 15 m		nulle	Limitée	Nul
		Parties des galeries remblayées		nulle	Limitée	Nul
Viaud Ricaud	Puits	0 -15 m	-	Très peu sensible	Limitée	Faible
Tous secteurs		0 -15 m	-	Peu sensible	Limitée	Faible
Désordres (dépressions)	D1, D3, D5, D6, D7 et D8	-	-	-	-	Faible

Tableau 23 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux effondrements localisés

## 26.6 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEA RELATIVES AUX EFFONDEMENTS LOCALISES

Le tracé de la zone d'aléa effondrement localisé liée à une galerie ou à une zone de travaux (sur leurs parties situées entre la surface et une profondeur seuil) comprend les deux marges classiques d'incertitude et d'extension latérale. Ces marges sont définies à partir du tracé des travaux issus du calage des plans miniers (voir Figure 34) :

- I, incertitude globale de localisation des travaux (voir Tableau 15 au chapitre 4) ;
- E, marge supplémentaire relative à l'extension latérale du cône d'effondrement au sein de la zone déconsolidée de subsurface. Dans le cas des exploitations de Baux, les terrains à l'affleurement sont soit des calcaires massifs (dans ce cas il n'y pas d'extension latérale), soit de la bauxite en place altérée sur un ou deux mètres d'épaisseur, soit de la terre végétale sur 1 à 3 m d'épaisseur. Dans tous ces cas, l'extension latérale n'excèdera pas 3 m.

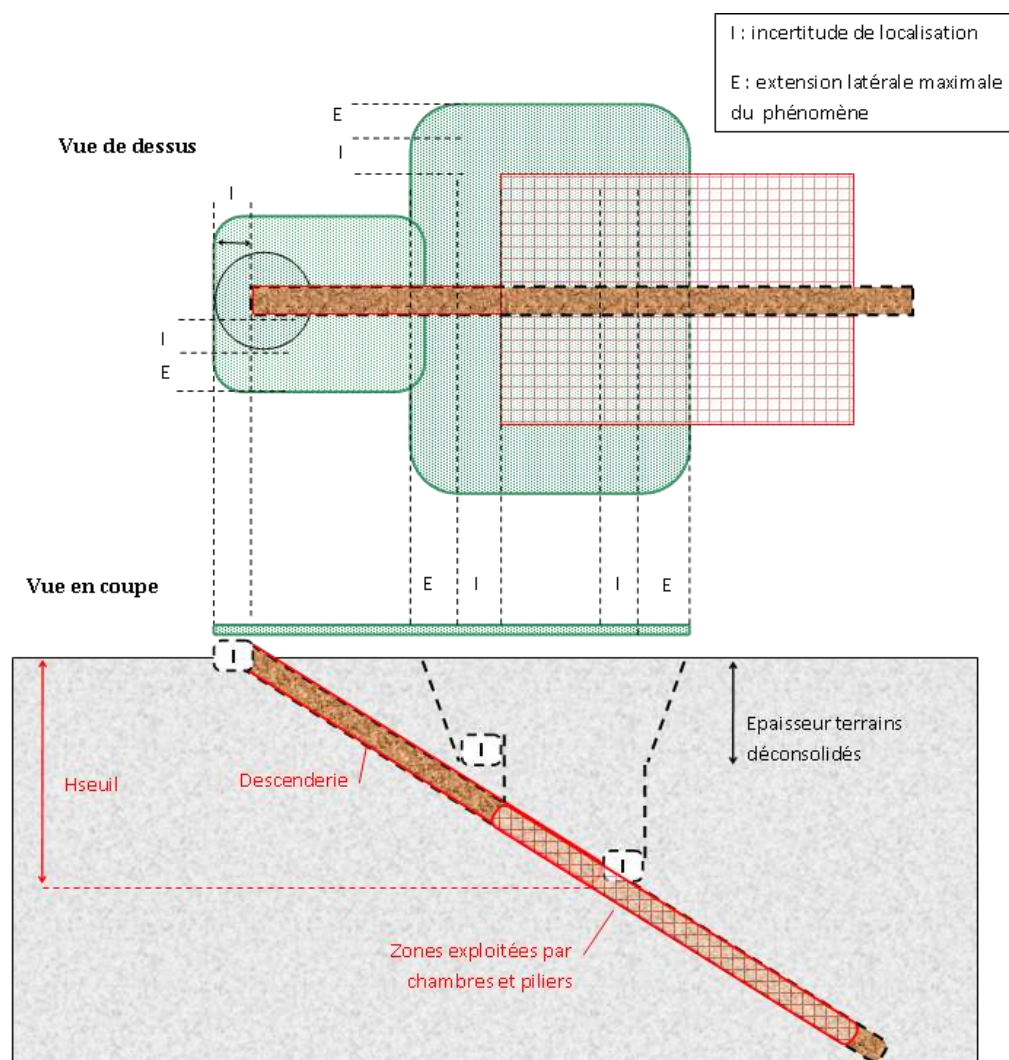


Figure 34 : cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux zones exploitées, INERIS

Le rayon de la zone d'aléa effondrement localisé liée à un puits est défini à partir du centre du puits et comprend (Figure 35) :

- le rayon du puits (valeur exacte lorsqu'elle est connue et si elle n'est pas renseignée un rayon forfaitaire et représentatif des vieux puits de 1,5 m sera retenu) ;
- un rayon supplémentaire, I, correspondant à l'incertitude globale de localisation à savoir ici celle de la localisation intrinsèque du puits (incertitude du fond BD-Orthophotoplan® non comprise, voir remarque au chapitre 4).
- une marge supplémentaire, E, relative à l'extension latérale du cône d'effondrement, prise ici égale au plus à 3 m :

Notons qu'aucune marge supplémentaire n'a été attribuée aux ouvrages miniers recensés par le passé (BDSTM de GEODERIS) non observés ni répertoriés sur plan en 2010, et localisés avec une incertitude de 50 m.

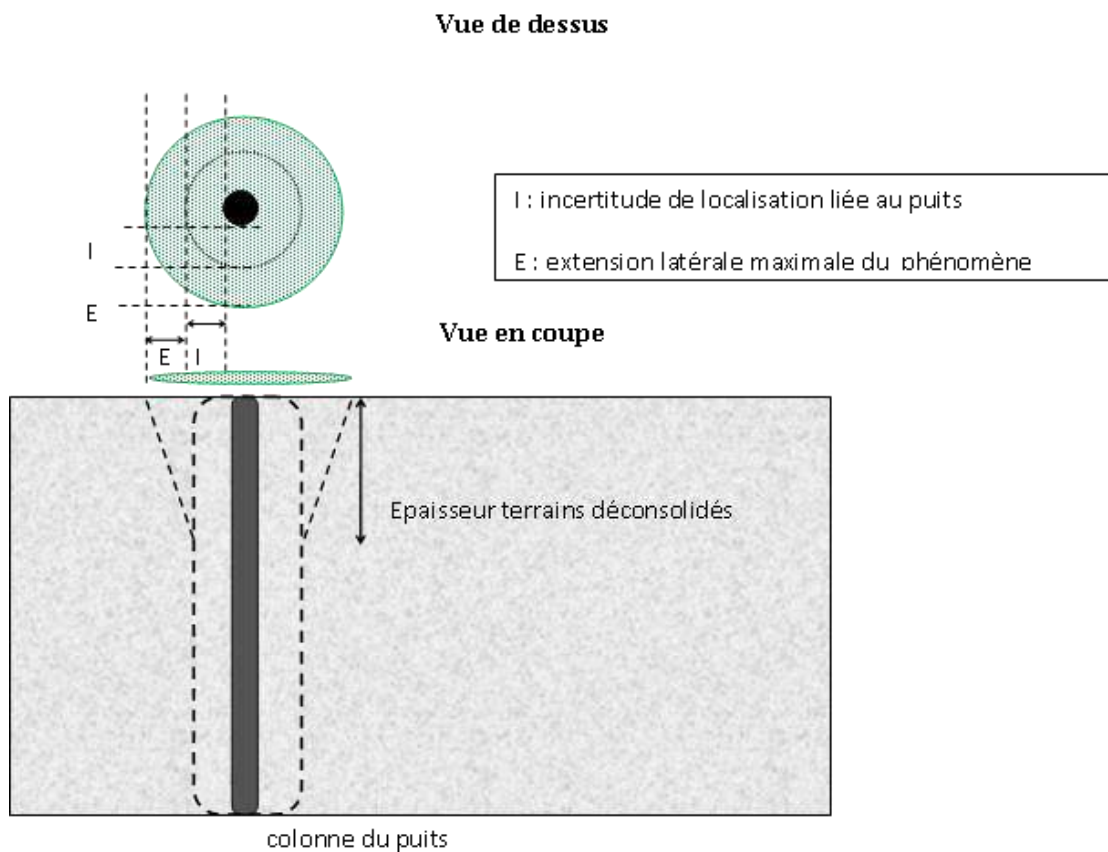


Figure 35 : zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits, INERIS





## **27. EVALUATION DE L'ALEA ECROULEMENT ROCHEUX**

### **27.1 DEFINITION PHENOMENOLOGIQUE**

Un écoulement rocheux est un mouvement de pente soudain au cours duquel des masses rocheuses, plus ou moins volumineuses, se détachent d'une paroi généralement très raide pour aller s'écraser au pied du front, [41]. En fonction du volume de roche écroulé, on parle de chutes de pierres ( $<0,1 \text{ m}^3$ ), de blocs ( $0,1$  à  $10 \text{ m}^3$ ), d'écroulements ( $10$  à  $10^4 \text{ m}^3$ ) ou d'écroulements majeurs ( $>10^4 \text{ m}^3$ ).

Les chutes de blocs ou les ruptures de pans de front rocheux résultent souvent de la combinaison entre le réseau de discontinuités affectant le massif (joints de stratification, failles, fractures ou diaclases...) la géométrie des flancs de fosse (hauteur, pente, présence de surplombs...) et la nature des terrains d'assises.

### **27.2 EVALUATION DE LA PREDISPOSITION AUX ECROULEMENTS ROCHEUX**

Toutes les excavations ou tranchées identifiées présentent au moins un front vertical qui est généralement le front aval pendage<sup>43</sup>. Ces fronts sont soit constitués de calcaires présentant localement des densités de diaclases et de joints de stratification notables soit constitués de bauxite de mauvaise tenue mécanique. Dans les deux cas des chutes de blocs ont été observées.

La définition des 2 principales configurations d'excavation à ciel ouvert donnée ci-avant permet un premier tri des prédispositions. En effet, toutes choses égales par ailleurs, les excavations de la configuration CO1 (fronts subverticaux importants d'au moins 10 à 20 m de haut), seront plus favorables à la chute de blocs que les fronts des excavations de configuration CO2 plus limités.

Ainsi, les excavations de type CO1 seront généralement définies comme sensibles aux écoulements et comme très sensibles pour celles qui présentent des traces de chutes de blocs ou des surplombs marquants ou des fentes visibles.

Les excavations de type CO2 ne présentant pas d'indices de chutes de blocs ni des surplombs marquants seront définies comme peu sensibles aux écoulements et les autres seront définies comme sensibles.

### **27.3 EVALUATION DE L'INTENSITE DES ECROULEMENTS ROCHEUX**

Les quelques rares blocs, pierres (ou éboulis), observés présentent des dimensions très limitées (décimétriques tout au plus). Faute d'événements majeurs observés, une intensité forfaitaire de modérée correspondant à des volumes mis en jeu de moins de  $10 \text{ m}^3$ , sera retenue sauf pour les 2 grandes excavations identifiées : Mas Rouge centre et Canonnettes, front de plus de 20 m de haut et de 200 à 300 m de long, qui justifient une intensité modérée à élevée, [41].

---

<sup>43</sup> Hormis l'excavation de Lagier intégralement remblayée, la MCO Est de Mas Rouge, aux abords intégralement aplanis et la tranchée remplie d'ordures de Parisot Tr18 qui sont donc non concernées par le phénomène d'écroulement.

Nom	Config	Indices d'écroulements ou surplombs	Prédisposition	Intensité	Niv Aléa	ID
Front subvertical de la MCO 1 d'Anna Mas	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr16
Front subvertical de la MCO 2 d'Anna Mas	CO2	oui	Sensible	Modérée	Moyen	Tr17
Front subvertical de la Carrière Arcoules	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr21
Front subvertical de la Grande MCO des Canonnettes	CO1	non	Peu sensible à sensible	Modérée à élevée	Moyen	MCO1
Front subvertical de la Tranchée des Clapiers	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr20
Front subvertical de la MCO principale de Fangas	CO1	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	Tr12
Front subvertical de la MCO 2 de Fangas	CO2	oui	Sensible	Modérée	Moyen	Tr13
Front subvertical de la MCO 4 de Fangas	CO1	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	Tr15
Front subvertical de la MCO 3 de Fangas	CO2	oui	Sensible	Modérée	Moyen	Tr14
Front subvertical de la MCO des Fléchons	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr22
Front subvertical Fouilles Grands Calans	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr11
Front subvertical de la MCO 1 centre de Grand Méjean	CO1	non	Sensible	Modérée	Moyen	Tr5
Front subvertical de la MCO 2 centre de Grand Méjean	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr6
Front de la Tranchée est de Grand Méjean	CO2	-	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr7
Front subvertical de la Tranchée ouest de Grand Méjean	CO1	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	Tr4
Front subvertical de la MCO de la Remise	CO2	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	Tr8
Front subvertical de la l'excavation Manville Ouest	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr2
Front subvertical de la Tranchée principale Manville Ouest	CO2	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	Tr3
Front subvertical de la MCO Mas Flandrin	CO1	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	TR9
MCO Mas Rouge Est (en partie remblayée et aux abords très aplanis)	CO2	-	-	-	Nul	Tr10
Front subvertical de la MCO Mas Rouge Centre	CO1	non	Peu sensible à sensible	Modérée à élevée	Moyen	MCO3
Front subvertical de la MCO Mas Rouge Ouest	CO1	non	Très sensible	Modérée	Moyen	MCO4
Carrière dite Lagier (exploitée par Rondani)	CO3	-	-	-	Nul	MCO2
Front de l'autre excavation Parisot	CO2	-	-	-	Nul	Tr18
Front subvertical de la MCO Parisot Est	CO1	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	MCO6
Front subvertical de la MCO Parisot Ouest	CO1	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	MCO5
Front subvertical de la Tranchée Parisot	CO2	oui	Très sensible	Modérée	Moyen	Tr19
Front subvertical du Carreau Vieux Ricaud	CO2	non	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr1

*Tableau 24 : synthèse des prédispositions, intensités et niveaux d'aléa associés aux écroulements de fronts de découvertes*

## 27.4 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEA RELATIVES AUX EYROULEMENTS

Peu d'observations de chutes de blocs ont été faites. Les rares observations sont limitées à l'aval immédiat des fronts concernés. Les fronts subverticaux mis en cause dans ces phénomènes sont généralement les fronts aval pendage qui surplombent des terrains généralement plats (fond de tranchées ou de découvertes), l'expansion de chutes de blocs potentielle est donc limitée par cette configuration.

Une approche forfaitaire est retenue, [43] : l'extension de la zone d'aléa relative aux écrolements rocheux est prise égale à l'incertitude de positionnement de fronts (I) plus  $\frac{1}{2}$  de la hauteur du front pour l'extension latérale (E). Les phénomènes de recul de ligne de crête seront cartographiés sur le même principe. Voir figure suivante

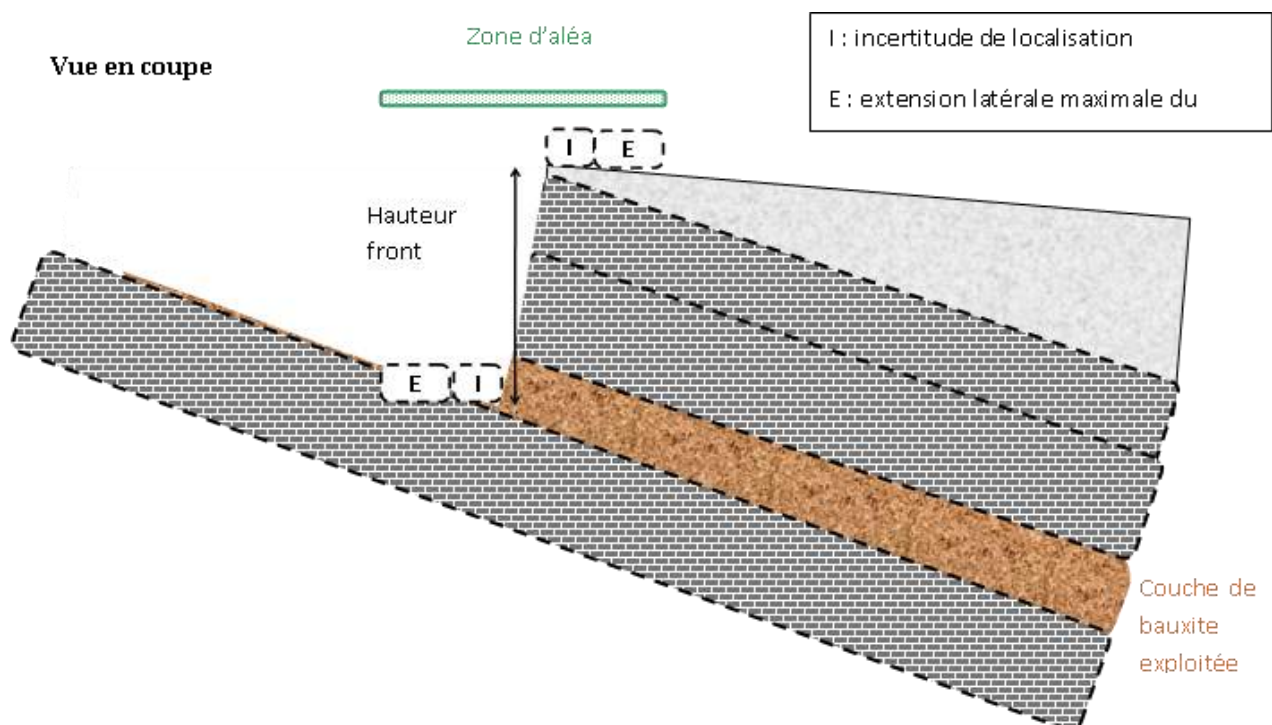


Figure 36 : zonage de l'aléa Ecrolement sur les fronts verticaux de d'excavation, INERIS



## **28. EVALUATION DE L'ALEA GLISSEMENT**

### **28.1 DEFINITION PHENOMENOLOGIQUE**

Ces mouvements de pente concernent généralement des flancs des ouvrages de dépôts ou des versants d'excavations creusées en roche tendre, [41]. Ils peuvent être :

- Superficiels. Il s'agit de phénomènes généralement lents et mettant en jeu des volumes de matériau restreints (quelques dizaines de m<sup>3</sup>). Ils prennent principalement la forme de glissements pelliculaires ou de rigoles de ravinement, avec pour conséquence l'épandage de matériau en pied. Si les éboulis ne sont pas remaniés, la configuration redevient stable et l'instabilité cesse. Si ce type de phénomènes induit fréquemment des nuisances paysagères, il est relativement rare que des risques pour les personnes et les biens en résultent directement, tant en pied qu'en crête de talus.

Le développement d'instabilités superficielles peut favoriser le déclenchement d'une rupture de plus grande ampleur et devra donc, systématiquement, être pris en considération.

- Profonds. Les glissements profonds résultent du mouvement, plus ou moins rapide, d'une masse de terrain le long d'une zone de rupture définie par une surface continue (dont la forme peut être circulaire, plane ou quelconque). Les volumes concernés, qui peuvent s'avérer importants, se répandent vers l'aval sous forme de cônes d'épandage et peuvent être à l'origine de la dégradation des éventuels bâtis et ouvrages situés en pied.

Ces phénomènes surviennent généralement à la suite de perturbations des conditions environnementales caractérisant les dépôts ou les versants de découverte, dont les principales sont, [41] :

- mauvaise gestion des eaux. Lorsque aucun système de drainage et d'écoulement maîtrisé des eaux n'a été mis en œuvre (ou lorsqu'il n'est pas ou plus efficient), le ruissellement des eaux le long des flancs peut favoriser l'entraînement des particules (notamment dans des régions sujettes à des précipitations violentes, orages méditerranéens par exemple) ;
- topographie des flancs mal adaptée. Le développement de mouvements superficiels s'observe préférentiellement le long de flancs peu végétalisés, contenant une proportion importante de particules fines. L'existence de grandes surfaces planes faiblement inclinées vers le talus aval ou, à l'inverse, de talus aval trop raides favorisent également le développement de glissements ;
- affaiblissement du pied de talus. Le prélèvement de matériau à la base du talus (exploitation de substances valorisables, présence d'anciens travaux miniers souterrains) peut être à l'origine d'une déstabilisation du talus ;
- rupture ou affaiblissement des terrains d'assise.

## **28.2 EVALUATION DE LA PREDISPOSITION DES DEPOTS ET DES FLANCS D'EXCAVATIONS AUX GLISSEMENTS**

### **28.2.1 CAS DES TRAVAUX A CIEL OUVERT**

Si les différentes configurations d'excavations sont utilisées pour les écroulements, il n'est pas pertinent de les utiliser ici pour les glissements. Toutes les excavations identifiées, quelle que soit leur taille, présentent généralement un flanc amont pendage de bauxite en place ou de déblais déposées dans un but de remodelage (Mas Rouge Centre et Canonnettes). Ces matériaux sont suffisamment tendre pour être sujets à un phénomène de glissement. Seuls les flancs amont pendage sont concernés.

Trois niveaux de prédispositions peuvent néanmoins être définis :

- sensibles, pour les flancs amont pendages où de ravinement/glissements ont été observés : MCO des Canonnettes (partie non revégétalisée du flanc sud), MCO centre de Mas Rouge, MCO Parisot Est, Tranchée ouest de Grand Méjean, MCO de la Remise, MCO Mas Flandrin, MCO principale de Fangas, MCO 2 de Fangas et MCO 2 d'Anna Mas ;
- peu sensibles, pour toutes les excavations dont les flancs amont pendage sont exempts de tout glissement visible (qui sont en outre des excavations peu pentées) ;
- très peu sensibles pour le flanc amont végétalisé la Grande MCO des Canonnettes ;

Les excavations intégralement remblayées ne sont évidemment pas concernés par ces phénomènes (excavation de Lagier intégralement remblayée et la tranchée remplie d'ordures de Parisot).

### **28.2.2 CAS DES DEPOTS**

En l'absence de végétation, les dépôts les plus hauts avec des pentes raides sont les plus prédisposés aux phénomènes de glissement. A l'opposé, les dépôts stabilisés par une importante végétation ou ceux présentant des pentes et des volumes modérés sont relativement moins sensibles aux glissements (aucun glissement n'a d'ailleurs été observé sur ces derniers). Ainsi, trois niveaux de prédisposition ont été définis :

- les flancs de dépôts de configuration DEP3 (dépôts, ou partie de dépôt, entièrement végétalisés) sont définis comme peu sensibles aux glissements.
- les flancs de dépôts de configuration DEP2 (dépôts non végétalisés, et peu haut de l'ordre de 5 m) sont définis comme peu sensibles à sensibles aux glissements ;
- les flancs de dépôts de configuration DEP1 (dépôts non végétalisés et hauts) sont définis comme sensibles aux glissements. Une intensité très sensible est attribuée à la partie non végétalisée du flanc amont de la MCO des Canonnettes (nombreuses grosses ravines observées).

Les deux plateformes de Fontvieille et des Fléchons aujourd'hui aplanies ne sont pas concernées par les glissements. Les dépôts très limités ne sont également pas concernés (Manville Ouest, Viaud Ricaud 1,).

### **28.3 EVALUATION DE L'INTENSITE DES GLISSEMENTS**

C'est principalement le volume de matériau mis en mouvement qui définit l'intensité du phénomène. Ce volume est d'autant plus important que les flancs des dépôts ou des verses sont faiblement végétalisés, hauts, pentés et importants.

Sur la base des informations recueillies ici trois niveaux d'intensité sont définis, [41] :

- modéré (volume mis en mouvement supérieur à 100 m<sup>3</sup>) :
  - vastes flancs amont pendage d'excavations généralement pentés et exempt de végétation ;
  - dépôts imposants exempt de végétation.
- limité (volume mis en mouvement compris entre 10 et 100 m<sup>3</sup>) ;
- très limité (quelques m<sup>3</sup>) :
  - flancs amont d'excavations peu hautes, peu pentées et exempt de végétation
  - petits dépôts ou dépôts intégralement végétalisés.

### **28.4 NIVEAU D'ALEA RELATIF AUX GLISSEMENTS**

Voir tableau suivant.

	Nom	Prédisposition	Intensité	Niv d'aléa	Num
Flancs d'excavations	Flanc amont pendage de la MCO 1 d'Anna Mas	Peu sensible	Limitée	Faible	Tr16
	Flanc amont pendage de la MCO 2 d'Anna Mas	Sensible	Modérée	Moyen	Tr17
	Carrière Arcoules	- (pas de flanc amont)	- (pas de flanc amont)	Nul	Tr21
	Flanc amont pendage MCO des Canonnettes (non végétalisé), partie confondue avec la verse T2	Très sensible	Modérée	Fort	MCO1
	Flanc amont pendage de la MCO des Canonnettes (végétalisé), partie confondue avec la verse T2	Très peu sensible	Très limitée	Faible	MCO1
	Flanc amont pendage de la Tranchée des Clapiers	Peu sensible	Très limitée	Faible	Tr20
	Flanc amont pendage de la MCO 2 de Fangas	Sensible	Limitée	Faible	Tr13
	Flanc amont pendage de la MCO 3 de Fangas	Peu sensible	Limitée	Faible	Tr14
	Flanc amont pendage de la MCO principale de Fangas	Sensible	Modérée	Moyen	Tr12
	Flanc amont pendage de la MCO 4 de Fangas	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr15
	Flanc amont pendage de la Tranchée des Fléchons	Peu sensible	Très limitée	Faible	Tr22
	Flanc amont pendage de la Fouilles des Grands Calans	Peu sensible	Limitée	Faible	Tr11
	Flanc amont pendage de la MCO centre 2 de Grand Méjean	Peu sensible	Très limitée	Faible	Tr6
	Tranchée ouest de Grand Méjean	- (pas de flanc amont)	- (pas de flanc amont)	Nul	Tr7
	Flanc amont pendage de la MCO de la Remise	Sensible	Limitée	Faible	Tr8
	Flanc amont pendage de la Tranchée ouest de Grand Méjean	Peu sensible	Limitée	Faible	Tr4
	Flanc amont pendage de la MCO centre 1 de Grand Méjean	Peu sensible	Limitée	Faible	Tr5
	Flanc amont pendage de la Tranchée principale Manville Ouest	Peu sensible	Très limitée	Faible	Tr3
	Excavation Manville Ouest	- (pas de flanc amont)	- (pas de flanc amont)	Nul	Tr2
	Flanc amont pendage de la MCO Mas Flandrin	Sensible	Limitée	Faible	Tr9
Flanc amont pendage de la Carrière Lagier	-	-	Nul	MCO2	
Flanc amont pendage de la MCO Mas Rouge Est	Peu sensible	Limitée	Faible	MCO4	
Flanc amont pendage de la MCO Mas Rouge Ouest	Peu sensible	Limitée	Faible	Tr10	
Flanc amont pendage de la MCO Mas Rouge Centre, partie confondue avec la verse T16	Sensible	Modérée	Moyen	MCO3	



	Nom	Prédisposition	Intensité	Niv d'aléa	Num
	Flanc amont pendage de l'Autre excavation Parisot	-	-	Nul	Tr18
	Flanc amont pendage de la Tranchée Parisot	Peu sensible	Modérée	Faible	Tr19
	Flanc amont pendage de la MCO Parisot Ouest	Peu sensible	Modérée	Faible	MCO5
	Flanc amont pendage de la MCO Parisot Est	Sensible	Modérée	Moyen	MCO6
	Flanc amont pendage du Carreau de Vieux Ricaud	Peu sensible	Très limitée	Faible	Tr1
Dépôts	Dépôt Centre d'Anna Mas	Peu sensible à Sensible	Très limitée	Faible	T12
	Plate-forme Canonnettes	Peu sensible	Limitée	Faible	T3
	Partie végétalisée de la Verse 2 des Canonnettes, confondue avec le flanc amont de la MCO1 des Canonnettes	Très peu sensible	Très limitée	Faible	T2
	Partie sommitale de la Grande verse Canonnettes	Peu sensible à Sensible	Limitée	Faible	T1
	Stock 1 Canonnettes	Peu sensible	Limitée	Faible	T4
	Stock 2 Canonnettes	Peu sensible	Limitée	Faible	T5
	Parties latérales de la Grande verse Canonnettes	Peu sensible	Très limitée	Faible	T1
	Partie non-végétalisée de la Verse 2 des Canonnettes, confondue avec le flanc amont de la MCO1 des Canonnettes	Très sensible	Modérée	Fort	T2
	Plate-forme des Fléchons	-	-	Nul	T13
	Dépôt Ouest de Grand Méjean	Peu sensible à Sensible	Limitée	Faible	T9
	Plate-forme de Fontvieille	-	-	Nul	T14
	Plate-forme Manville ouest	-	-	Nul	T7
	Dépôt est Mas Flandrin	Peu sensible à Sensible	Très limitée	Faible	T8
	Dépôt centre de Mas Rouge, confondu avec le flanc amont de la MCO Mas Rouge Centre	Sensible	Modérée	Moyen	T16
	Dépôt Lagier	Peu sensible	Très limitée	Faible	T11
	Dépôt Parisot	Peu sensible à Sensible	Très limitée	Faible	T10
Dépôts 1 Vieux Ricaud	-	-	Nul	T15	
Dépôts 2 Vieux Ricaud	Sensible	Très limitée	Faible	T6	

Tableau 25 : synthèse des prédispositions, intensité et niveau d'aléa associés aux glissements

## 28.5 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEA RELATIVES AUX GLISSEMENTS

Dans des configurations subhorizontales, les zones d'aléa relatives aux glissements des flancs des dépôts ou de découvertes prédisposés aux glissements sont sensiblement similaires à celles évaluées pour les écroulements précédents, [43]. La même approche sera retenue : marge d'incertitude plus  $\frac{1}{2}$  de la hauteur des flancs incriminés (en amont et en aval). Dans des configurations pentées, la zone d'extension sera sécuritairement agrandie pour intégrer toute l'excavation concernée (voir ci-dessous).

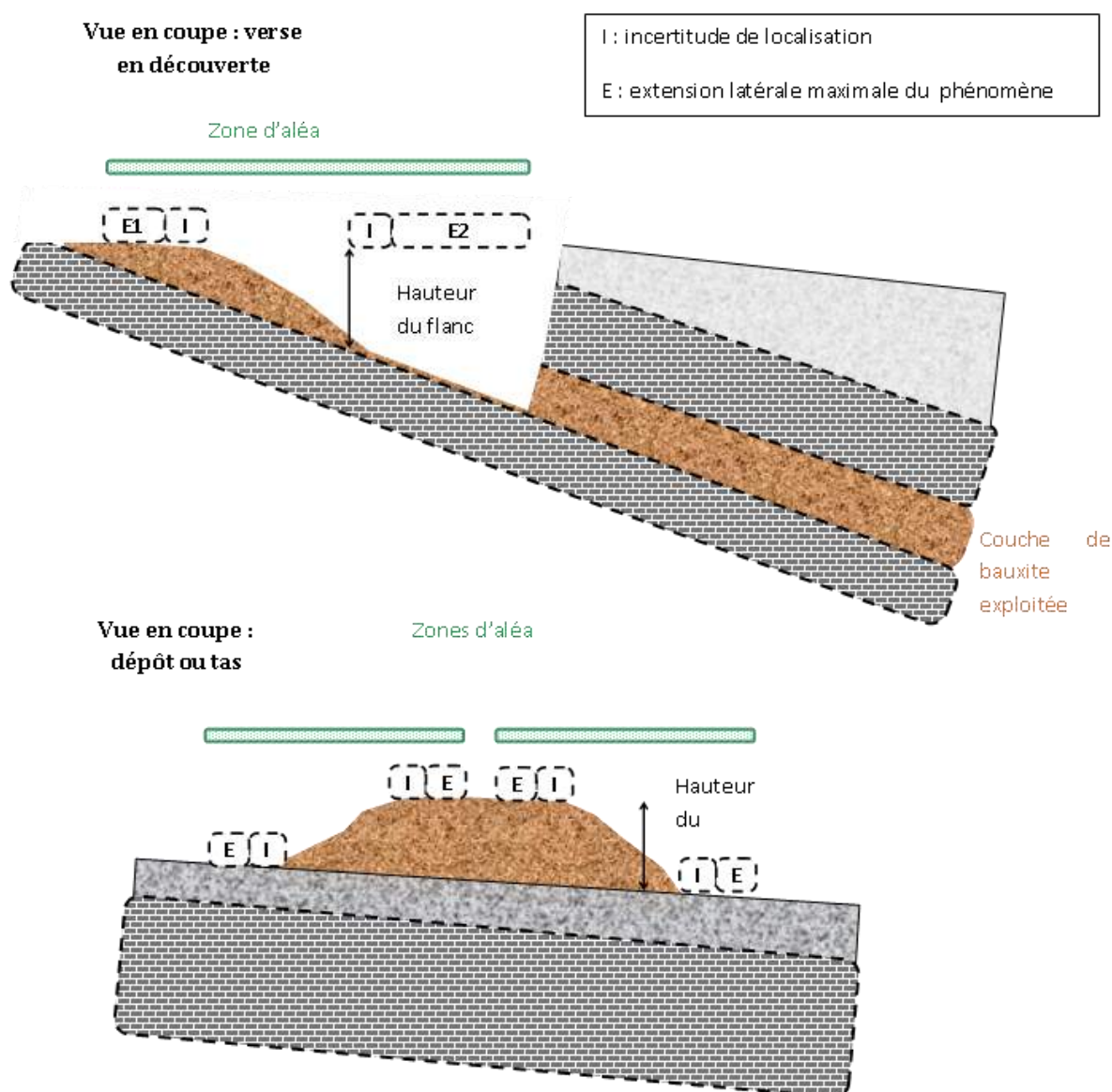


Figure 37 : zonage de l'aléa Glissement sur les versés en flanc amont pendage de découverte et sur les dépôts, INERIS

## **29. EVALUATION DE L'ALEA TASSEMENTS (DEPOTS)**

Seuls les tassements sur dépôts (ou MCO remblayées) ont été retenus dans le cadre de l'analyse réalisée ici ; les tassements au droit de travaux souterrains ont été écartés (voir paragraphe 20).

### **29.1 DEFINITION PHENOMENOLOGIQUE**

Dans le cadre de l'après-mine, les tassements désignent des mouvements de terrains de faible ampleur consécutifs la recompaction de massifs meubles comme les dépôts miniers par exemple (ou les terrains affectés par des travaux souterrains foudroyés notamment).

Les verses ou les remblais d'anciennes découvertes, peuvent présenter une composition assez hétérogène, tant en terme de nature des matériaux qu'en terme de granulométrie. Leur mise en place, souvent assurée par simple déversement, ne garantit pas une compaction complète des déblais. Les matériaux déversés dans ces ouvrages peuvent subir une compaction parfois importante, susceptible d'engendrer la formation d'une dépression en surface.

### **29.2 NIVEAUX D'ALEA**

Dans le cadre particulier des exploitations des Baux, une grande partie des dépôts, surtout les plus petits correspondent à des tas de formes coniques ou encore à des verses suivant la pente du gisement. Compte tenu de ces formes, toute instabilité de dépôts devra préférentiellement se traduire par un phénomène de glissements peu profonds (analysés par ailleurs). Ainsi, l'analyse des phénomènes de tassements ne portera que sur les dépôts, ou partie de dépôts, présentant un forme plane ou arasée (voir ci-après).

Les principaux facteurs de prédisposition aux tassements que sont l'épaisseur et la granulométrie du dépôt, ne pas sont facilement estimables (faute de donnée précise). En revanche, l'historique du site n'a pas révélé de tassements. Une prédisposition peu sensible à sensible est retenue par précaution.

L'intensité des tassements est par définition tout au plus limitée.

Un aléa faible relatif au tassement est donc retenu pour les 8 dépôts concernés (ceux présentant une partie plane) et pour les MCO remblayées : excavation de Parisot Tr18, carrière Lagier MCO2, partie végétalisée de la verse T2 des Canonnettes, de et la partie remblayée de la MCO Mas Rouge Est MCO4.

**NB** : la partie non végétalisée de la verse T2 des Canonnettes et la partie remblayée de la MCO centre de Mas Rouge présentent une certaine pente qui favorisera les phénomènes de glissements au profit des tassements.

### **29.3 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEA RELATIVES AUX TASSEMENTS**

Les zones d'aléa relatives aux tassements sur dépôts tiennent compte d'une seule marge. Elle est liée à l'incertitude correspondant à la précision du dGPS et à la précision de l'observation des frontières des dépôts sur le terrain. En effet, les tassements se manifestant au droit exact des terrils, il n'y a pas de marge d'extension latérale pour ces phénomènes.

Nom	Secteur	Prédisposition	Intensité	Niv aléa	Num
Plate-forme Canonnettes	Canonnettes	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T3
Partie végétalisée de la verse de Canonnettes	Canonnettes	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T2
Partie sommitale de la Grande verse Canonnettes	Canonnettes	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T1
Partie sommitale du Stock 1 Canonnettes	Canonnettes	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T4
Partie sommitale du Stock 2 Canonnettes	Canonnettes	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T5
Plate-forme des Fléchons	Fléchons	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T13
Plate-forme de Fontvieille	hors secteur	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T14
Plate-forme Manville ouest	Manville ouest	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	T7
Carrière Lagier intégralement remblayée	Mas Rouge	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	MCO2
Autre excavation de Parisot (remblayée d'ordures)	Parisot	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	TR18
Partie remblayée de la MCO Mas Rouge Est	Mas Rouge	Peu sensible à sensible	Limitée	Faible	MCO4
Partie non végétalisée de la verse T2 des Canonnettes	Canonnettes	-	-	Nul	T2
Partie remblayée de la MCO centre de Mas Rouge	Mas Rouge	-	-	Nul	MCO3

*Tableau 26 : niveaux d'aléa tassements*

## **D) REFERENCES ET ANNEXES**



## **30. SITES INTERNET**

- [a] Lithothèque PACA : [http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements\\_PACA/13\\_alpilles/13\\_alpilles\\_bilan.htm](http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/13_alpilles/13_alpilles_bilan.htm)
- [b] Masses d'eaux souterraines : [http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dce/MES\\_V1/6204%20FIC.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dce/MES_V1/6204%20FIC.pdf)
- [c] Notice de la carte géologique de Châteaurenard : <http://ficheinfoterre.brgm.fr/Notices/0966N.pdf>
- [d] Notice de la carte géologique d'Eyguières : <http://ficheinfoterre.brgm.fr/Notices/0993N.pdf>
- [e] Cartographie des zones sensibles et de protection : <http://carmen.developpement-durable.gouv.fr>
- [f] Cartographie des données sur les eaux : <http://services.sandre.eaufrance.fr/geo>
- [g] Projet de concertation « *Envisager l'avenir des Anciens marais des Baux* » : <http://marais-des-baux.fr>

## **31. BIBLIOGRAPHIE**

### **31.1 AD 13**

- [1] Architecte des Monuments historiques. Reprise de l'exploitation des Bauxites. 18 avril 1870 (cote AD : 8 J 179).
- [2] Baux-de-Provence (mairie). « Dossier mines et carrières » Commune des Baux-de-Provence 1853 à 1933. (cote AD : 167 E 20 3).
- [3] Saint-Rémy-de-Provence (mairie). Autorisations données d'extraire de la terre rouge dans la forêt communale. Avril 1866 (cote AD : 7 M 319).
- [4] Saint-Rémy-de-Provence (mairie). Traité de gré à gré entre MM Schmidt et M le Maire Traité pour l'exploitation de Bauxite. Décembre 1902 (cote AD : 7 M 319).
- [5] Saint-Rémy-de-Provence (mairie). Traité pour l'exploitation de Bauxite entre MM Schmidt et M le Maire. Septembre 1907 (cote AD : 7 M 319).
- [6] Fontvieille (commune). Arrêté communal du 2 novembre 1848 (cote AD : 7 S 4/1).
- [7] Baux (commune). Arrêtés communaux des 4 mars 1879 et 8 février 1861 (cote AD : 7 S 4/2).
- [8] Rapport de l'Ingénieur des Mines. Minières de fer des Baux. 13 septembre 1842. (cote AD 7 S 15/1).
- [9] STEVENARD. Lettre de l'Ingénieur des Mines. Déclaration de carrière. 7 octobre 1946. (cote AD : 7 S 41/6).
- [10] NICOLLET. Déclaration d'ouverture de Carrières. 11 octobre 1938. (cote AD : 7 S 41/6).

### **31.2 DREAL MARSEILLE**

- [11] BRUCY. Environnement et Mines. Le problème des Baux. Annales des Mines. Mars 1973.

- [12] IMAUVEN. Projet de modification de la méthode d'exploitation de la mine des Canonnettes. Rapport de l'Ingénieur subdivisionnaire. Aout 1984.
- [13] DUCHENE. Rapport de synthèse sur le comportement à long terme des chambres et piliers de la mine des Canonnettes. Rapport de l'Ecole des Mines De Paris. 28 mai 1991.
- [14] GOYON. Compte-rendu 3. Les Canonnettes – Concession de Maussane et des Baux (contrôle position des bornes). 18 juin 2007.
- [15] LAPPARENT. Etude géologique des Bauxites des Alpilles. Mai 1947.
- [16] Mines De Paris. Mine de bauxite - Caractéristiques mécaniques du minerai. Rapport référencé CERCHAR SE 74/4. Non daté.
- [17] MACART. Installations industrielles dans les Alpilles. Lettre de l'administration. 22 juillet 1982.
- [18] MARTIN. Lettre de présentation de la mine des Canonnettes aux journées Minière de Chambéry. Lettre du Directeur de l'Industrie Rhône Alpes. Juillet 1983.
- [19] MORIN. Fermeture de vieux travaux miniers. Lettre de la DRIRE.4 Novembre 1981.
- [20] MORIN et MARATRAY. Rapport d'accidents de M Alberti du 9 juin 1980 à 10h30. Rapport DRIRE. Juin 1980.
- [21] MORIN. Projet d'ouverture d'une nouvelle tranche de travaux au Mas Rouge. Rapport de l'Ingénieur subdivisionnaire. 11 mai 1982
- [22] PECHINEY. Dossier relatif à l'essai d'une nouvelle méthode d'exploitation aux Canonnettes. Non daté.
- [23] PECHINEY. Concession de Maussane. Chantiers des Canonnettes. Consigne de mise en œuvre de la méthode d'exploitation. Avril 1976.
- [24] PECHINEY. Notice sur l'exploitation des Canonnettes. Février 1980.
- [25] PECHINEY<sup>44</sup>. Inventaire des anciens travaux réalisé par Pechiney. 1984.
- [26] PECHINEY. Concessions de Maussane et des Baux. Exploitation des Canonnettes. Délaissement des travaux. Aout 1991.
- [27] PECHINEY. Concession des mines de bauxite de Maussane et des Baux. Abandon des travaux de la mine des Canonnettes. Février 1998.
- [28] PECHINEY. Hydrogéologie des Baux. 25 mai 1971.
- [29] PECHINEY. Hydrogéologie des Baux. 10 avril 1975.
- [30] PV de visite de la mine des Canonnettes :
- SQUARCIONI, 1974 ;
  - SQUARCIONI, juillet 1976 ;
  - SQUARCIONI, juillet 1977 ;
  - MAQUART et MORIN, mars 1980 ;
  - MAQUART et MORIN, mai 1982 ;
  - MAQUART et MORIN, mars 1983 ;
  - IMAUVIN et MORIN, septembre 1984 ;

---

<sup>44</sup> Document consulté lors de l'étude Scanning de 2006 [44] et non retrouvé en 201



- IMAUVIN et MORIN, janvier 1985.
- [31] PV de visite de la mine du Mas Rouge : MORIN, novembre 1978.
- [32] PV de visite de Carrières :
- Arcoules et Mas Rouge d'octobre 1960 ;
  - Mas Rouge en 1956.
- [33] RONDANI. Exploitation de bauxite à ciel ouvert du Mas Rouge. Programme d'exploitation et de restructuration du site. 10 octobre 1973.
- [34] TRITSCH. Etude géotechnique du gisement de bauxite des Canonnettes. Rapport CERCHAR référencé 75-76-9017/4. 28 juillet 1975.
- [35] VAILLAUD. Concession de Maussane demandée par Pechiney et Ugine. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 7 décembre 1962.
- [36] VAILLAUD. Concession des Baux demandée par la société minière des Baux. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 7 novembre 1962.
- [37] VAILLAUD. Permis d'exploitation des Arcoules demandé par M Rondani. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 3 décembre 1962.
- [38] VAILLAUD. Permis d'exploitation du Mas Rouge demandé par M Rondani. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 3 décembre 1962.

### **31.3 INERIS ET SON CENTRE DE DOCUMENTATION**

- [39] BERTHIER. Analyse de l'alumine hydratée des Baux. Annales des Mines 1816-1830. 1<sup>ère</sup> série. Tome VI. p531. Année 1821.
- [40] GRINBERG. Pechiney, pivot de la structuration de l'industrie de l'aluminium en France.
- [41] DIDIER. L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers - Guide Méthodologique - Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa - Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine, Rapport INERIS référencé DRS-06-51198/R01 du 4 mai 2006.
- [42] LAJOINIE et LAVILLE. Inventaire des formations du bauxitique du Midi de la France – Problèmes et méthodes. Annales des Mines. Juillet – Aout 1980.
- [43] LAVERSANNE, PAQUETTE. Guide du détenteur de terrils et autres dépôts miniers issus de l'activité charbonnière (verses, bassins de décantation, dépôts de cendres). Les fascicules de l'industrie Minérale, édité par la Société de l'Industrie minérale. Septembre 2003.
- [44] POIROT. Scanning des Titres Miniers - Région PACA - Phase 2 : Qualification rapide de l'aléa du site de Maussane - Les Canonnettes (Commune des Baux-de-Provence, Maussane-les-Alpilles, Fontvieille et Le Paradou, département des Bouches-du-Rhône. Rapport INERIS référencé DRS-06-66305/R09. 31 janvier 2006.
- [45] Annales des Mines 1932-1947. Tome VIII. p300. 1935.
- [46] Annales des Mines 1932-1947. Tome X. p125. 1936.
- [47] Annales des Mines 1932-1947. Tome XII. p205. 1937.

### 31.4 CENTRE DE DOCUMENTATION DU BRGM

- [48] LAJOINIE et LAVILLE. Formations (les) bauxitiques de la Provence et du Languedoc. Dimensions et distribution des gisements. Mémoires du BRGM n°100. Editions du BRGM 1979 sfg mb 100. 1979.

### 31.5 AUTRES

- [49] GAILLARD-BEGIN. Etude géochimique des formations bauxitiques du massif des Alpilles (Bouches-du-Rhône). Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Géologie appliquée. Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). 1978.
- [50] GIRANDOLA. Des kilomètres de galeries quadrillent le sous-sol. La Provence du 19 décembre 2005.
- [51] GUENDON, SALOMON et NICOD. Kartisfication sous couverture, comparaison entre karst tropical actuel et paléokarst. Annales de géographie. T 96. n° 537. pp557-563. 1987.
- [52] CANTINOLLE, DIDIER, MEUNIER, PARRON, GUENDON, BOCQUIER, et NAHON. Kaolinites ferrifères et oxy-hydroxydes de fer et d'alumine dans les bauxites des Canonnettes (S.E. de la France). Clay Minerals 19. pp125-135. 1987.
- [53] GRINBERG et HACHEZ-LEROY. Industrialisation et sociétés en Europe occidentale de la fin du XIXe siècle à nos jours - L'Age de l'aluminium. Editions Armand Colin. pp72-84. 1997.
- [54] LAVILLE. La Formation bauxitique provençale (France) - Séquence des faciès chimiques et paléomorphologie crétacée. Chronique de la recherche minière, Centre d'études géologiques et minières (C.E.G.M.). n°461. Paris. 1981.
- [55] LAJOINIE et LAVILLE. Inventaire des formations bauxitiques du Midi de la France. Annales des Mines. Juillet – Aout 1980.
- [56] MASSON. Encyclopédie départementale des Bouches du Rhône. Volume 8 -, L'Industrie Marseille-Paris. Librairie Champion. 1926.
- [57] MIOCHE. Marseille-Provence -Capitale mondiale de l'alumine. Marseille, revue culturelle. n°190. pp86-95. Avril 2000.
- [58] MIOCHE. Pourquoi l'alumine a-t-elle été effacée de Marseille ? Rives nord-méditerranéennes. 2<sup>ème</sup> série - n°4. pp11-24. 2000.
- [59] RAVEUX Un demi-siècle de sidérurgie provençale - Les hauts-fourneaux de Saint-Louis-Marseille (1855-1905). Industries en Provence. Dynamiques d'hier et d'aujourd'hui. n° 3. pp18-28. Mars 1999.
- [60] VERMEERSCH. Projet d'extension du golf des Baux-de-Provence (commune des Baux-de-Provence, Bouches-du-Rhône) - Avis GEODERIS. GEODERIS S 2009/47DE - 09PAC3100. 26 mai 2009.

## 32. LISTE DES ANNEXES

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
Annexe 1	Dossier photographique	32 A4 RV
Annexe 2	Détails des données administratives récoltées	2 A4 RV
Annexe 3	Descriptifs des travaux non localisés	2 A4 RV
Annexe 4	Historique détaillé de la mine des Canonnettes	2 A4 RV
Annexe 5	Détails des observations sur les carrières	5 A4 RV
Annexe 6	Calculs basés sur l'hypothèse de l'aire tributaire	5 A4 RV
Annexe 7	Détails des plans miniers calés	6 A4 RV + 1 A3 RV
Annexe 8	Carte Informativ	Hors format
Annexe 9	Cartes d'aléa : <ul style="list-style-type: none"><li>• Affaissement et Effondrement généralisé</li><li>• Effondrement localisé</li><li>• Ecoulement</li><li>• Glissement et tassement</li></ul>	Hors format



# **ANNEXE1**

## **Dossier Photographique**



## 1. PREAMBULES

Sauf mention contraire, signalée entre parenthèse, les photographies suivantes ont été prises lors des visites de sites effectuées par MM Gaël GOUILLON et Frédéric POULARD (INERIS) du 18 au 23 octobre 2010.

Les photographies sont présentées par sites/secteurs (suivant ordre chronologique des visites soit globalement d'ouest en est).

1. Préambules.....	3
2. Parisot.....	5
3. Clapiers .....	12
4. Arcoules.....	14
5. Canonnettes.....	15
6. Viaud Ricaud .....	27
7. Mas Méjean.....	33
8. Manville Ouest.....	37
9. Baubesse .....	42
10. Grand Méjean.....	43
11. Mas Flandrin .....	47
12. Vallon Rouge.....	48
13. Mas Rouge.....	49
14. Grand Calans.....	53
15. Fangas.....	54
16. Anna Mas .....	59
17. Fléchons.....	63
18. Gourgonnier.....	64
19. Autres, hors secteur.....	64





## 2. PARISOT

	
Puits à l'est des excavations du Parisot (PPa1)	Puits à l'est des excavations du Parisot (PPa1)
	
Dépression à l'est des excavations du Parisot (D8)	Dépression à l'est des excavations du Parisot (D8)
	
Puits/dépression à l'est des excavations du Parisot (D7)	Puits/dépression à l'est des excavations du Parisot (D7)





Tranchée à l'est des excavations du Parisot (Tr19)



Tranchée à l'est des excavations du Parisot (Tr19)



Tranchée à l'est des excavations du Parisot (Tr19)



Tranchée Tr19 et entrée de galerie GPa2







Structures bétonnées à l'est de l'excavations Tr19



Structures bétonnées à l'est de l'excavations Tr19



	
<p>Puits ouvert à l'est des excavations du Parisot (PPa3)</p>	<p>Tranchée remplie d'ordures à l'est des excavations du Parisot (Tr18)</p>
	
<p>Puits ouvert à l'est des excavations du Parisot (PPa3)</p>	<p>Puits ouvert à l'est des excavations du Parisot (PPa3)</p>



	
<p>Autre puits ouvert (PPa4)</p>	<p>Autre puits ouvert (PPa4)</p>
	
<p>Grattages à l'est des excavations du Parisot (Gr20)</p>	<p>Autre puits ouvert (PPa4)</p>
	
<p>Excavation est du Parisot MCO6</p>	<p>Excavation est du Parisot MCO6</p>





Excavation est du Parisot MCO6



Excavation est du Parisot MCO6



Entrées en fond de l'excavation est du Parisot (GPa8 et GPa7)



2 autres entrées en fond de l'excavation est du Parisot (GPa4 et GPa5)









Entrées GPa4 et GPa5



Entrée GPa7



	
<p>Galerie entre excavation est et ouest du Parisot (GPa8)</p>	<p>Galerie entre excavation est et ouest du Parisot (GPa8)</p>
	
<p>Galleries entre excavation est et ouest du Parisot (GPa10 et GPa11)</p>	<p>Galleries entre excavation est et ouest du Parisot (GPa10 et GPa11)</p>
	
<p>Excavation Ouest du Parisot MCO5</p>	<p>Excavation Ouest du Parisot MCO5</p>





Excavation Ouest du Parisot MCO5



Dépression à l'ouest des excavations du Parisot D5 et D6



Dépression à l'ouest des excavations du Parisot D5 et D6



Affleurement à l'ouest des excavations du Parisot



Déblais à l'ouest des excavations du Parisot T10



Déblais à l'ouest des excavations du Parisot T10



### 3. CLAPIERS



Grattages à l'est de la tranchée des Clapiers Gr22



Tranchée-descenderie des Clapiers



Affleurement au dessus de la tranchée des Clapiers Gr22



Puits à l'ouest des Clapiers PC11



Puits à l'ouest des Clapiers PC11





Fosse et galerie à l'ouest des Clapiers Tr20 et GC11



Affleurement à l'ouest des Clapiers



Fosse et galerie à l'ouest des Clapiers Tr20 et GC11



Fosse et galerie à l'ouest des Clapiers Tr20 et GC11



Puits à l'ouest des Clapiers PCI4



Puits à l'ouest des Clapiers PCI4





Second puits à l'ouest des Clapiers PCI5



Second puits à l'ouest des Clapiers PCI5



Autre fosse et galerie à l'ouest des Clapiers GC12



Troisième puits à l'ouest des Clapiers PCI3

#### 4. ARCOULES



Carrière dans le secteur dit des Arcoules (a priori pas de bauxite) Tr21



Carrière dans le secteur dit des Arcoules (a priori pas de bauxite) Tr21



## 5. CANONNETTES



Galerie supposée éboulée à l'est de la grande MCO des Canonnettes GCa11



Galerie supposée éboulée à l'est de la grande MCO des Canonnettes GCa11



Galerie à l'est de la grande MCO des Canonnettes GCa9



Tranchée/grattage Galerie à l'est de la grande MCO des Canonnettes Gr1





Secteur du transformateur des Canonnettes, à l'est de la grande MCO des Canonnettes





Calcaires au toit (secteur du transformateur des Canonnettes)



Secteur du transformateur des Canonnettes

Entrées derrière le transformateur des Canonnettes GCa7 et GCa8



<p>Entrées GCa7 et GCa8</p>	<p>Entrées GCa7 et GCa8</p>
	
<p>Entrées GCa7 et GCa8</p>	<p>Entrées GCa7 et GCa8</p>
	
<p>Galerie GCa8</p>	<p>Vue interne de la galerie GCa8 derrière le transformateur des Canonnettes</p>



	
<p>Vue interne de la galerie GCa8</p>	<p>Vue interne de la galerie GCa8</p>
	
<p>Vue interne de la galerie GCa8</p>	<p>Carreau/dépôt à l'est de la grande MCO des Canonnettes (T3)</p>
	
<p>Autre entrée GCa6 à l'est de la grande MCO des Canonnettes</p>	<p>Autre entrée GCa5 à l'est de la grande MCO des Canonnettes</p>





Flanc est de la Grande MCO des Canonnettes MCO1

Flanc est de la Grande MCO des Canonnettes MCO1



Flanc est de la MCO1

Flanc est de MCO1



Flanc nord MCO1

Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1





Peu d'éboulis en pied du flanc nord



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1



Flanc nord MCO1





Flanc ouest MCO1



Flanc ouest MCO1



Flanc ouest MCO1



Flanc sud non remodelé de la MCO1



Flanc sud non remodelé de la MCO1



Flanc sud non remodelé de la MCO1





Flanc sud remodelé et revégétalisé (dépôt T2) de la Grande MCO1 des Canonnettes



Descenderie des Canonnettes GCa1



Descenderie des Canonnettes GCa1



Descenderie des Canonnettes GCa2



Descenderie des Canonnettes GCa2



Intérieur descenderie GCa1 des Canonnettes



Intérieur descenderie GCa1 des Canonnettes



Intérieur descenderie GCa1 des Canonnettes  
(murée à 10 m)



Intérieur descenderie GCa1 des Canonnettes



« Vue » de loin du teruil des Canonnettes T1





Banquettes du terril T1



Banquettes du terril T1



Partie sommitale du terril T1



Partie sommitale du terril T1



Premier bassin des Canonnettes Bass1



Second bassin des Canonnettes Bass2



Troisième bassin des Canonnettes Bass3



Quatrième bassin des Canonnettes Bass4








Cinquième bassin des Canonnettes Bass5



Sixième bassin des Canonnettes Bass6



## 6. VIAUD RICAUD

	
<p>Entrée carrière Viaud Ricaud (Rondani), GVR1</p>	<p>Entrée carrière Viaud Ricaud (Rondani), GVR1</p>
	
<p>Entrée carrière Viaud Ricaud (Rondani), GVR1</p>	
	
<p>Entrée carrière Viaud Ricaud (non Rondani), GVR5</p>	<p>Entrée carrière Viaud Ricaud (non Rondani), GVR5</p>



Affleurement carrière Viaud Ricaud (non Rondani)



Entrée carrière Viaud Ricaud (non Rondani), GVR5



Entrée carrière Viaud Ricaud (non Rondani), GVR4



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)





Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Puits interne



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Réseau souterrain Viaud Ricaud (non Rondani)



Dépôts carrière Viaud Ricaud (non Rondani), T6



Dépôts carrière Viaud Ricaud (non Rondani), T6



Autres entrées au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR7



Autres entrées au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR7





Autres entrées au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR8

Autres entrées au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR8



Galerie de recherche au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR8







Galerie de recherche au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR8



Galerie de recherche au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR8

Galerie de recherche au sud-est de Viaud Ricaud (non Rondani), GVR8



	
<p>Communication avec le puits interne précédent, Viaud Ricaud (non Rondani)</p>	<p>Autre galerie à l'est de Viaud Ricaud (cachée par les propriétaires derrière abri jardin), GVR10</p>
	
<p>Front de bauxite proche parking hôtel, GVR8</p>	<p>Front de bauxite proche parking hôtel, GVR8</p>
	
<p>Puits au rocher sur le plateau au dessus de Viaud Ricaud (non Rondani), PVR1</p>	<p>Puits au rocher sur le plateau au dessus de Viaud Ricaud (non Rondani), PVR1</p>



## 7. MAS MEJEAN



Descenderies principales de la carrière souterraine de Mas Méjean GMM2 et GMM3



Descenderies principales de la carrière souterraine de Mas Méjean GMM2 et GMM3









Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean



Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean



<p>Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean</p>	<p>Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean</p>
	
<p>Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean</p>	<p>Karst dans la carrière souterraine de Mas Méjean</p>
	
<p>Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean</p>	<p>Chambres et piliers au pendage de la carrière souterraine de Mas Méjean</p>
	
<p>Dépôt proche de la carrière de Mas Méjean</p>	<p>Affleurement proche de la carrière de Mas Méjean</p>





Effondrement localisé à l'est de la carrière de Mas Méjean D1



Effondrement localisé carrière de Mas Méjean D1



Entrée à l'extrémité est du secteur Mas Méjean GGM5



Dépression à l'extrémité est de Mas Méjean D2



Autre entrée à l'extrémité est du secteur Mas Méjean GGM6



Autre entrée à l'extrémité est du secteur Mas Méjean GGM6





Vue intérieur de GGM6



Vue intérieur de GGM6



Vue intérieur de GGM6



Vue intérieur de GGM6



Vue intérieur de GGM6



Vue intérieur de GGM6

## 8. MANVILLE OUEST



Grattage tout proche de la D27 à l'est du secteur de Manville Ouest



Dépôt tout proche de la D27 à l'est du secteur de Manville Ouest



Entrée tout proche de la D27 à l'est du secteur de Manville Ouest, GMO6



Autre entrée à l'ouest de la D27 secteur de Manville Ouest, GMO5



Vue intérieure de la galerie de recherche GMO5





Vue intérieure de la galerie de recherche GMO5



Vue intérieure de la galerie de recherche GMO5



Chute de toit, galerie de recherche GMO5



Vue intérieure de la galerie de recherche GMO5



Travaux à ciel ouvert Manville Ouest TR3



Travaux à ciel ouvert Manville Ouest TR3



Travaux à ciel ouvert de Manville Ouest TR3



Autre entrée vers l'ouest, GMO4



Vue intérieure de la galerie GMO4



Vue intérieure Vue intérieure de la galerie GMO4



Effondrement localisé D4 donnant accès à une petite zone exploitée au bout de la galerie GMO4



Effondrement localisé D4 donnant accès à une petite zone exploitée au bout de la galerie GMO4





Effondrement localisé D4 donnant accès à une petite zone exploitée au bout de la galerie GMO4

Effondrement localisé D4 donnant accès à une petite zone exploitée au bout de la galerie GMO4



Autre descendrie vers l'ouest du secteur GMO2

Vue intérieure de la galerie GMO2



Vue intérieure de la galerie GMO2

Vue intérieure de la galerie GMO2



Vue intérieure de la galerie GMO2 et puits PMO2



Vue intérieure de la galerie GMO2



Carreau/dépôt vers l'ouest du secteur de Manville Ouest T7



Grattage vers l'ouest du secteur de Manville Ouest, Gr12



Descenderie vers l'ouest du secteur, GMO1



Descenderie vers l'ouest du secteur, GMO1





Vestiges d'une zone de travaux à ciel ouvert à l'extrémité ouest du secteur de Manville Ouest, Tr2



Vestiges d'une zone de travaux à ciel ouvert à l'extrémité ouest du secteur de Manville Ouest, Tr2

## 9. BAUBESSE



Affleurement/grattage peu évident



## 10. GRAND MEJEAN



Puits à l'extrémité ouest du secteur (PGM1)



Puits à l'extrémité ouest du secteur (PGM1)



Puits à l'extrémité ouest du secteur (PGM1)



Travaux à ciel ouvert à l'extrémité ouest du secteur (Tr4)



Travaux à ciel ouvert à l'extrémité ouest du secteur (Tr4)





Travaux à ciel ouvert à l'extrémité ouest du secteur de Grand Méjean (Tr4)



Travaux à ciel ouvert à l'extrémité ouest du secteur de Grand Méjean (Tr4)



Puits à l'ouest du secteur de Grand Méjean (PGM3)









Grattage proche du puits PGM3 à l'ouest du secteur de Grand Méjean)





Grattage proche du puits PGM3 à l'ouest du secteur de Grand Méjean





	
<p>Grattage Gr15 à l'ouest du secteur de Grand Méjean</p>	<p>Travaux à ciel ouvert Tr5 à l'ouest du secteur de Grand Méjean</p>
	
<p>Travaux à ciel ouvert Tr5 à l'ouest du secteur de Grand Méjean</p>	<p>Travaux à ciel ouvert Tr5 à l'ouest du secteur de Grand Méjean</p>
	
<p>Travaux à ciel ouvert Tr5</p>	<p>Entrée éboulée GGM3 au fond de la tranchée Tr5</p>



	
<p>Vue interne de la galerie GGM3 au fond de la tranchée Tr5</p>	<p>Puits PGM4</p>
	
<p>Puits PGM4</p>	<p>Entrée de galerie/grattage GGM4</p>
	
<p>Tranchée à ciel ouvert Tr7</p>	<p>Entrée éboulée de galerie GGM5</p>



## 11. MAS FLANDRIN

	
Tranchée d'exploitation, TR9	Tranchée d'exploitation, TR9
	
Tranchée d'exploitation, TR9	Tranchée d'exploitation, TR9
	
Galerie GMF1 en fond de tranchée, TR9	Dépression/grattage à l'ouest du secteur, Gr17





Grattage Gr18



Dépôt T8

## 12. VALLON ROUGE



Grattage proche habitation, Gr19



Grattage proche habitation, Gr19



Dépression, D12









Dépression, D12



### 13. MAS ROUGE

	
MCO Lagier remblayée mise en évidence par des roseaux MCO2	MCO Lagier remblayée mise en évidence par des roseaux MCO2
	
MCO Lagier remblayée mise en évidence par des roseaux MCO2	MCO Lagier remblayée mise en évidence par des roseaux MCO2
	
Dépôt Lagier, T11	Dépôt Lagier, T11

	
<p>Tranchée est du Mas Rouge, Tr10</p>	<p>Tranchée est du Mas Rouge, Tr10</p>
	
<p>Tranchée est du Mas Rouge, Tr10</p>	<p>Tranchée est du Mas Rouge, Tr10</p>
	
<p>Flanc est, découverte centre du Mas Rouge MCO3</p>	<p>Flanc est, découverte centre du Mas Rouge MCO3</p>





Flanc nord de la découverte centre  
du Mas Rouge MCO3



Flanc nord de la découverte centre  
du Mas Rouge MCO3



Flanc nord de la découverte centre  
du Mas Rouge MCO3



Flanc nord de la découverte centre  
du Mas Rouge MCO3



Flanc nord de la découverte centre  
du Mas Rouge MCO3



Flanc nord de la découverte centre  
du Mas Rouge MCO3



Flanc sud, remodelé en partie (dépôt T16) de la découverte centre du Mas Rouge MCO3



Flanc sud, remodelé en partie (dépôt T16) de la découverte centre du Mas Rouge MCO3



Flanc sud, remodelé en partie (dépôt T16) de la découverte centre du Mas Rouge MCO3



Flanc sud, remodelé en partie (dépôt T16) de la découverte centre du Mas Rouge MCO3



Affleurement sur flanc sud de la découverte centre du Mas Rouge MCO3



Flanc sud, remodelé en partie (dépôt T16) de la découverte centre du Mas Rouge MCO3





Découverte ouest du Mas Rouge remblayée, MCO4

Découverte ouest du Mas Rouge remblayée, MCO4



Découverte ouest du Mas Rouge remblayée, MCO4

## 14. GRAND CALANS



Tranchée ou excavation des Grands Calans, Tr11

Tranchée ou excavation des Grands Calans, Tr11

## 15. FANGAS

	
Grattage Gr26 vue de l'est	Grattage Gr26 vue de l'est
	
Grattage Gr26	Grattage Gr26
	
Grattage Gr26 vue de l'ouest	Grattage Gr27





Grattage Gr28



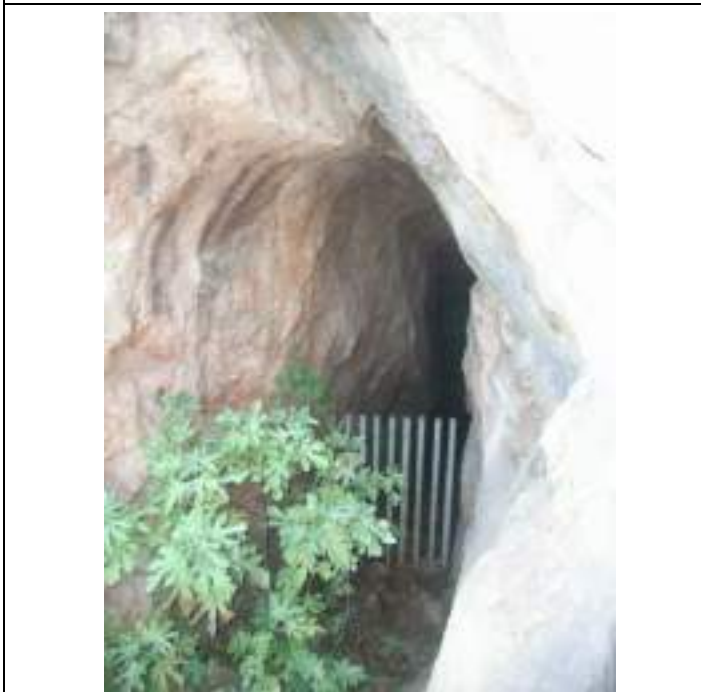
Tranchée de Fangas Tr12 et entrée de la carrière souterraine de Fangas, GFa1


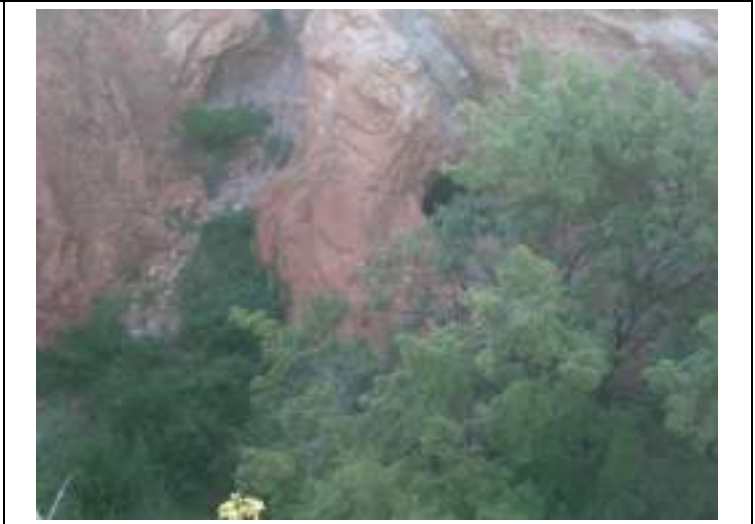



Entrée de la carrière souterraine de Fangas, GFa1



Entrée de la carrière souterraine de Fangas, GFa1



Entrée de la carrière souterraine de Fangas, GFa1	Entrée de la carrière souterraine de Fangas, GFa1
	
Tranchée de Fangas Tr12 et entrée GFa2	Tranchée de Fangas Tr12 et entrée GFa2
	
Autre tranchée de Fangas Tr13	Autre tranchée de Fangas Tr13
	



Crevasses/Fissures au toit calcaire (D9) dans la tranchée Tr13



Puits probable, PFa15



Autre tranchée Tr14



Autre tranchée Tr14 avec chutes de petits blocs



Autre tranchée Tr14



Autre tranchée Tr15



Autre tranchée Tr15



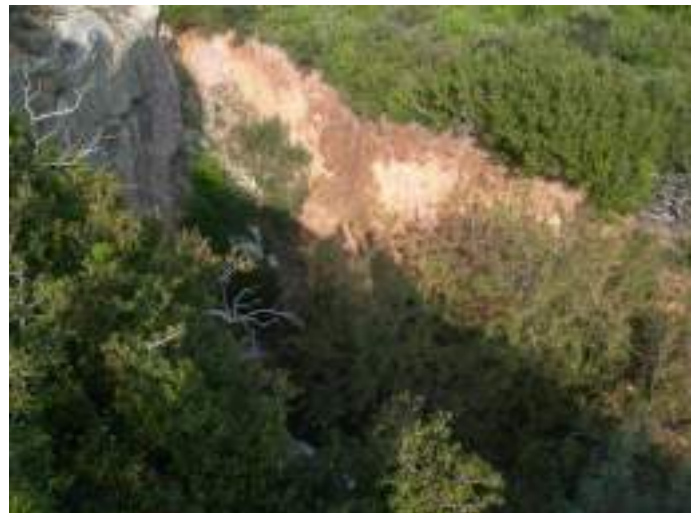
Autre tranchée Tr15



Autre tranchée Tr15



Entrée GFa3 au fond de la tranchée Tr15



Entrée GFa3 au fond de la tranchée Tr15



## 16. ANNA MAS



Tranchée d'Anna Mas Tr16



Tranchée d'Anna Mas Tr16



Affleurement gratté Gr29



Affleurement gratté Gr29



Dépôt et/ou grattage, Gr30 + Gr31



Tranchée Tr17 et entrées GAM3 et GMA2



Tranchée Tr17 et entrée GAM3



Entrée GAM1 au fond de la tranchée Tr17



Entrée GAM2 au fond de la tranchée Tr17



Entrée GAM2fond de la tranchée Tr17



Vue intérieure de la galerie GAM2





Vue intérieure de la galerie GAM2



Entrées GAM3 au fond de Tr17



Entrées GAM3 au fond de Tr17



Entrées GAM3 au fond de Tr17



Entrées GAM3 au fond de Tr17



Vue intérieure de galerie GAM3



Vue intérieure de galerie GAM3



Vue intérieure de galerie GAM3



Vue intérieure de galerie GAM3



## 17. FLECHONS

	
Grattage des Fléchons Gr32	Tranchée des Fléchons Tr22
	
Grattage des Fléchons Gr32	Tranchée des Fléchons Tr22
	
Plateforme T13 à l'est des Fléchons	Plateforme T13 à l'est des Fléchons

## 18. GOURGONNIER



Affleurement dans le bois du Gourgonnier



Déblais et/ou motocross au nord du Mas du Gourgonnier

## 19. AUTRES, HORS SECTEUR



Affleurement au croisement des routes départementales D78 et D24, au sud du secteur du Destet sur le flanc nord du synclinal de Mouriès (aucun travaux retrouvé)



Affleurement au croisement de la route départementale D5 et de l'aqueduc du canal de la vallée des Baux (aucun travaux retrouvé)





# **ANNEXE 2**

## **Détails des données administratives récoltées**



Statut	Localisations	Communes concernées	Historique administratif
Inc	Inc	Saint-Rémy-de-Provence	1844 : une ordonnance Royale autorise l'extraction « <i>de terres rouges</i> » en forêt de Saint-Rémy-de-Provence.
Inc	Inc	Mouriès	1849-1851 : M Jacquet est autorisé à exploiter le minerai de fer <sup>1</sup> des montagnes communales de Mouriès.
Minière de fer	Secteur des Clapiers, Canonnettes et Mas Rouge	Fontvieille et Maussane-les-Alpilles	1853-1854 : des travaux d'exploitation du fer se poursuivent localement sous le régime des minières autorisées par permissions communales (notamment voir ci-après).
Inc	Mal localisées (Tour Cardinole, Vistole, Mas Chabert)	Saint-Rémy-de-Provence	1866-1873, plusieurs autorisations « <i>d'enlever des terres rouges</i> » dans la forêt communale de Saint-Rémy-de-Provence sont données à des particuliers par la mairie.
Inc	Inc	Saint-Rémy-de-Provence	1902 : le Maire de Saint-Rémy-de-Provence autorise M Schmidt, pour une durée de 6 mois, à rechercher et à exploiter la bauxite par sondages et fouilles dans la forêt communale de Saint-Rémy-de-Provence.
Inc	Inc	Saint-Rémy-de-Provence	1907 : le Maire de Saint-Rémy-de-Provence autorise pour 10 ans M Bert à extraire des bauxites sur les terrains communaux de Saint-Rémy-de-Provence.
Carrière	Arcoules	Paradou	1902 à 1907 : convention signée entre le maire des Baux-de-Provence et M Durand Michel autorisant ce dernier à extraire la bauxite.
Carrière	Canonnettes	Les Baux-de-Provence	1913 : la société des Bauxite des France signe avec la commune des Baux-de-Provence un contrat d'amodiation des bauxites pour une durée de 9 ans. 1922 : l'amodiation est prolongée de 9 ans.
Permis d'exploiter, Code Minier (art 120 et 121) puis amodiation	Mas Rouge, amodiation sur 37 ha	Les Baux-de-Provence et Maussane-les-Alpilles	<p>Octobre 1961 : M Rondani sollicite le permis d'exploiter du Mas Rouge sur 76 ha.</p> <p>1961 – 1964 : vives oppositions des autres sociétés minières présentent dans la région (Pechiney, Ugine et Union des bauxites) face à la demande de M Rondani.</p> <p>16 janvier 1964 : M Rondani, en situation de redressement judiciaire, renonce à son permis d'exploiter du Mas Rouge eu égard l'engagement de Pechiney de lui amodier une partie de la concession de Maussane.</p> <p>22 février 1964 : M Rondani est autorisé à disposer des produits de ces recherches minières de bauxite sur le territoire des Baux-de-Provence par arrêté préfectoral.</p> <p>25 février 1970 : Pechiney et M Rondani signent un contrat d'amodiation pour le secteur du Mas Rouge.</p> <p>29 octobre 1971 : l'amodiation du secteur du Mas Rouge est approuvée par décret pour une durée de 15 ans non renouvelables.</p> <p>25 avril 1974 : M Rondani reçoit l'agrément du Ministre de la culture de poursuivre son exploitation à ciel ouvert dans le secteur du Mas Rouge (sous conditions relatives à la proximité du château des Baux-de-Provence)</p> <p>27 mai 1977 : la demande mutation en concession du Mas Rouge émise par M Rondani est rejetée par décret.</p> <p>1980 : M Rondani demande une extension du périmètre amodié dit du Mas Rouge.</p> <p>1982 : M Rondani demande une autre extension du périmètre amodié complémentaire à celle de 1980</p> <p>17 mars 1983 : les extensions demandées sont rejetées après un avis défavorable du Ministre de la culture.</p> <p>12 septembre 1984 : M Rondani dépose une déclaration d'abandon de travaux concernant le secteur du Mas Rouge.</p>

<sup>1</sup> Fer dit également « *fer hydrolisé* » ou « *fer d'alluvion* », l'ancêtre de la bauxite. Ainsi, pour les anciens, fer et bauxite, n'étaient pas distingués, à tort et/ou a raison, à cause de leur teinte rouge.

Statut	Localisations	Communes concernées	Historique administratif
Permis d'exploiter, Code Minier (art 120 et 121)	« Arcoules »  <b>(dénommé à tort ainsi par M Rondani, car ce périmètre désigne en fait le secteur de Viaud Ricaud)</b>	Les Baux-de-Provence	<p>Octobre 1961 : M Rondani sollicite le permis d'exploiter des Arcoules.</p> <p>1961 – 1964 : vives oppositions des autres sociétés minières présentent dans la région (Pechiney, Ugine et Union des bauxites) face à la demande de M Rondani.</p> <p>16 janvier 1964 : M Rondani, en situation de redressement judiciaire, renonce à son permis d'exploiter des Arcoules eu égard l'engagement de Pechiney de lui amodier une partie de la concession de Maussane.</p> <p>22 février 1964 : M Rondani est autorisé à disposer des produits de ses recherches minières de bauxite sur le territoire des Baux-de-Provence par arrêté préfectoral.</p>
Concession, Code Minier	Concession de Maussane (2854 ha)	Fontvieille, Paradou, Maussane-les-Alpilles, Mouriès et les Baux-de-Provence	<p>En 1962, les sociétés Ugine et Pechiney sollicite conjointement la concession de Maussane sur une superficie de 17210 ha.</p> <p>6 aout 1968 : la concession, après avoir été réduite, est instituée au profit de la Société Pechiney, suite à une procédure d'instruction longue et complexe (émoi local et mesures de protection sévères : histoire, esthétique du site et impact environnemental).</p> <p>6 octobre 1971 : la concession est mutée au profit de la société Aluminium Pechiney (ex-Pechiney).</p> <p>1972 : Aluminium Pechiney souscrit divers engagement en vue d'assurer la protection de l'environnement dans le cadre de l'exploitation de la mine des Canonnettes.</p> <p>20 novembre 1991 : la DREAL PACA donne acte de la déclaration de délaisement des travaux de la mine des Canonnettes sur les concessions de Maussane et des Baux.</p> <p>17 aout 1993 : la concession de Maussane est renoncée partiellement (arrêté préfectoral).</p> <p>8 décembre 1998 : un arrêté préfectoral donne acte à Pechiney de sa déclaration d'arrêt définitif des travaux de la mine des Canonnettes sur les concessions de Maussane et des Baux.</p> <p>4 octobre 2004 : un arrêté préfectoral prescrit des mesures de surveillance de la mine des Canonnettes sur la concession de Maussane (station de surveillance topographique).</p> <p>23 septembre 2005 : la renonciation de la concession de Maussane par Pechiney est acceptée par arrêté ministériel.</p>
Code Minier	Concession des Baux (669 ha)	Fontvieille, Paradou, Maussane-les-Alpilles et Les Baux-de-Provence	<p>En 1961, la société Minière des Baux sollicite la concession de Baux sur une superficie de 658 ha.</p> <p>6 aout 1968 : la concession est instituée le 6 aout 1968, au profit de la société Minière des Baux, suite à une procédure d'instruction longue et complexe.</p> <p>La concession des Baux est amodiée à Pechiney.</p> <p>20 novembre 1991 : la DREAL PACA donne acte de la déclaration de délaisement des travaux de la mine des Canonnettes sur les concessions de Maussane et des Baux.</p> <p>8 décembre 1998 : un arrêté préfectoral donne acte à Pechiney de sa déclaration d'arrêt définitif des travaux de la mine des Canonnettes sur les concessions de Maussane et des Baux.</p> <p>Le 23 septembre 2005 : la renonciation de la concession des Baux par Pechiney (au nom de la société Minière des Baux) est acceptée par arrêté ministériel.</p>

Tableau 1 : historiques administratifs détaillés des exploitations de bauxite dans les Alpilles

# **ANNEXE 3**

## **Descriptifs des travaux non localisés**





Date	Descriptif
1821	<i>M. Blavier se propose d'exploiter le minerai de fer dit d'alluvions de la Colline des Beaux</i> » (Ancienne dénomination du village actuel des Baux de Provence). L'hydrate d'alumine (mêlée à des oxydes de fer) y est mise en évidence pour la « première fois en Europe », [7].
1838	M Lurin demande des « <i>concession des mines de fer</i> <sup>1</sup> » sur les communes de Maussane, du Paradou des Baux-de-Provence et de Fontvieille. Cette demande est classée sans suite <sup>2</sup> en 1842. Le territoire de la demande est délimité au nord, par une ligne droite reliant la ferme dite Augé à la dernière maison au nord-est du village des Baux-de-Provence, au nord-est, par une ligne droite reliant cette maison au centre du Mas des Fléchons, au sud par une ligne droite entre le Mas des Fléchons et le bâtiment principal du hameau de Gréoux et au sud-ouest, par une ligne brisée entre le hameau de Gréoux, la ferme de Taillade, puis la ferme Augé [5].
1844	Une extraction « <i>de terres rouge</i> » est menée en forêt de Saint-Rémy-de-Provence, [3].
1849 et 1851	M Jacquet exploite, probablement à ciel ouvert, le minerai de fer des montagnes communales de Mouriès.
1853 et 1854	Deux demandes en concession, similaires à celle de 1838, sont recensées <sup>3</sup> ; elles ne seront jamais complètement instruites mais des travaux d'exploitation du fer se poursuivent localement sous le régime des minières (Clapiers, Canonnettes, Mas Rouge voir ci-après).
1866 à 1873	Plusieurs extractions « <i>de terres rouges</i> » sont menées par des particuliers dans la forêt communale de Saint-Rémy-de-Provence mais elles sont mal localisées (Tour Cardinole, Vistole, Mas Chabert), [3].
1902	M Schmidt recherche la bauxite par sondages et fouilles dans la dans forêt communale de Saint-Rémy-de-Provence, [4].
1907	M Bert peut extraire des bauxites sur les terrains communaux de Saint-Rémy-de-Provence (autorisation donnée pour 10 ans), [4].
1922	la société des Réfractaires de Provins creuse un puits pour exploiter la bauxite au quartier de Griau (ou Griou) « <i>parcelle 446 sur la commune des Baux-de-Provence</i> », [2].

*Tableau 1 : descriptifs des travaux non localisés*

[1] Architecte des Monuments historiques. Reprise de l'exploitation des Bauxites. 18 avril 1870 (cote AD : 8 J 179).

[2] Baux-de-Provence (mairie). « Dossier mines et carrières » Commune des Baux-de-Provence 1853 à 1933. (cote AD : 167 E 20 3).

[3] Saint-Rémy-de-Provence (mairie). Autorisations données d'extraire de la terre rouge dans la forêt communale. Avril 1866 (cote AD : 7 M 319).

[4] Saint-Rémy-de-Provence (mairie). Traité de gré à gré entre MM Schmidt et M le Maire Traité pour l'exploitation de Bauxite. Décembre 1902 (cote AD : 7 M 319).

[5] Rapport de l'Ingénieur des Mines. Minières de fer des Baux. 13 septembre 1842. (cote AD 7 S 15/1)..

[6] PECHINEY. Concessions de Maussane et des Baux. Exploitation des Canonnettes. Délaissement des travaux. Aout 1991..

[7] BERTHIER. Analyse de l'alumine hydratée des Baux. Annales des Mines 1816-1830. 1ère série. Tome VI. p531. Année 1821.

<sup>1</sup> Fer dit également *fer hydrolisé* ou *fer d'alluvion*, l'ancêtre de la bauxite.

<sup>2</sup> Erreur de l'Administration qui a orienté l'exploitant vers une concession alors qu'il aurait dû être vers une « mine » et absence de motivation de M Lurin, [5].

<sup>3</sup> Plans des limites des demandes de concession disponibles aux archives Départementales des BdR (référence 7 S 22/1).



# **ANNEXE 4**

## **Historique détaillé de la mine des Canonnettes**





De 1958 à 1962, Pechiney et Ugine réalisent une campagne de sondages de reconnaissance dans la région des Alpilles<sup>1</sup> (65 000 m de sondages à maille carrée 100/120 m ont été forés autour des Baux et ont reconnus 2500 m de terrain d'est en ouest et 1000 m du nord au sud). Sur les sites du Mas Rouge, du Mas de la Dame, de Parisot, des Canonnettes et des Fléchons, cela représente près de 200 sondages et 34 000 m linéaires. Ces travaux ont notamment permis d'estimer les puissances exploitables (selon des critères complexes de teneurs, de rentabilité et de méthodes d'exploitation) et d'évaluer les tonnages exploitables :

- site des Canonnettes : entre 8 et 10 Millions de tonnes ;
- sites du Parisot et de Manville : entre 20 et 27 M de tonnes de gisement à, au moins, 45 % d'alumine et 10 % de silice (faciès bauxitique médian) et de 44 à 57 M de tonnes de formation bauxitique siliceuse (faciès siliceux supérieur et inférieur à 30-40 % d'alumine et 15 à 30 % de silice) ;
- sites du Mas de la Dame, des Fléchons et du Mas Rouge : entre 4 et 8 M de tonnes à au moins 45 % d'alumine et 10 % de silice et de 16 à 32 M de tonnes de formation bauxitique siliceuse.
- les gisements profonds, ceux présentant un mur et/ou un toit aquifère, ceux avec une situation tectonique complexe et ceux présentant de trop fortes pressions riveraines ont été définis comme inexploitables (contraintes trop importantes).

Ce classement a conduit à définir le site des Canonnettes comme le seul le gisement devant faire l'objet d'une exploitation

De 1968 à 1971, les deux concessions de Maussane et des Baux ont été concédées mais les pressions politiques locales retardent la mise en exploitation (voir extraits de presse).

De 1971 à 1979, Pechiney exploite, enfin, la bauxite à ciel ouvert au lieu-dit Les Canonnettes.

Les travaux d'exploitation souterrains ne débutent qu'en 1973. Les deux descenderies, dites D1 et D2 des Canonnettes, sont creusées.

En 1975, des travers-bancs sont ouverts vers l'ouest, VB1 et VB2.

En avril 1976, le percement d'aéragé (débouchant dans la plaine du Mas d'Auge), qui assure le retour d'air, est achevé en limite ouest des travaux de la mine des Canonnettes. Cette même année, en juillet, le premier panneau d'exploitation est tracé, il concerne l'extrémité ouest de la mine (panneau dénommé Extrême Ouest). En 1977 et 1978, Pechiney concentre son activité d'extraction sur le quartier Extrême Ouest.

A partir de 1979, Pechiney stoppe l'exploitation à ciel ouvert aux Canonnettes ; la fosse à ciel ouvert et ses abords seront remis en état dans les années suivantes (remodelage et reboisement). L'extraction de la bauxite se poursuit uniquement en souterrain.

En juillet 1979, Pechiney compte mettre en œuvre l'exploitation des panneaux Ouest et Centre.

---

<sup>1</sup> Campagne menée sur les 3 départements du Var, des Bouches-du-Rhône et de l'Hérault : 2000 sondages forés et 10 000 passes analysées.

De 1980 à 1984, période d'intense exploitation, les 3 panneaux Extrême Ouest, Ouest et Centre sont en activité (méthodes des chambres et piliers abandonnés).

Au début de l'année 1984, Pechiney demande l'autorisation administrative pour essayer une nouvelle méthode d'exploitation dite des îlots au sein du panneau Est de la mine. Les travaux d'infrastructure correspondants sont initiés la même année même si des problèmes d'aérage sont constatés par les Ingénieurs des Mines de manière récurrente.

En février 1985, Pechiney reçoit l'autorisation pour le test des îlots (arrêté préfectoral). Malheureusement, le secteur initial du test ne renferme pas de bauxite de qualité suffisante, Pechiney propose de déplacer son test à une centaine de mètre vers l'ouest en 1985.

Fin 1985 - début 1986, les horizons de l'alumine en France s'assombrissent. La direction générale de Pechiney envisage<sup>2</sup> d'arrêter la production de bauxite française en raison des conditions économiques défavorables vis-à-vis des bauxites tropicales. La mine moderne des Canonnettes est alors considérée comme épuisée à court terme.

En 1987, les panneaux Centre, Ouest et Extrême Ouest sont définitivement abandonnés. L'exploitation test du panneau Est n'a jamais été développée plus avant.

Suite à la fermeture des mines de bauxite de Brignoles, des mineurs varois sont mutés aux Baux et des tensions apparaissent. Pechiney envisage une cessation de son activité d'extraction aux Canonnettes à l'horizon 1989.

Les dernières tonnes de minerai sont extraites de 1987 à 1990. Le 11 décembre 1990, les pompages d'exhaure sont arrêtés.

---

<sup>2</sup> Des 1973, Pechiney avait prévu d'arrêter progressivement l'extraction de bauxite en France (« plan des 20 ans »).

# **ANNEXE 5**

## **Détails des observations sur les carrières**



## SECTEUR DU PARISOT

En 1875, la « *première réelle exploitation* » de bauxite de la région des Alpilles est ouverte sur ce site à l'ouest du village de Paradou, [1]. De 1905 à 1914, Pechiney exploite ce site par deux descenderies principales, [5].

Aujourd'hui, les traces de l'exploitation dans ce secteur sont plus nombreuses que ce que n'indiquent les archives (voir photographies du paragraphe 2 de l'annexe 1). Il s'agit notamment de deux grandes excavations à ciel ouvert de 0,1 et 0,5 ha de superficie au fond desquelles des galeries ont été creusées (1,8 x 1,8 m de section). Celles-ci sont ouvertes et pénétrables : trois galeries relient les deux excavations entre elles et trois autres s'enfoncent en descenderie vers le nord sur une distance indéterminée. Le réseau souterrain visitable est limité en raison d'éboulements et de la présence d'eau. Il est probable que ces galeries vers le nord n'excèdent pas une vingtaine de mètres puisqu'à cet endroit le gisement de bauxite est vertical et rapidement limité au nord par les calcaires fuvéliens.

D'autres travaux en tranchées, des grattages et des puits<sup>1</sup> sont observables dans ce secteur, voir photographies du paragraphe 2 de l'annexe 1 (12 ha ont été inspectés). L'affleurement a été suivi sur près d'un kilomètre vers l'ouest sans révéler d'autre trace d'exploitation.

## SECTEUR DES CLAPIERS

Quelques travaux très limités auraient été menés dans ce secteur, [10].

Lors des investigations sur site, l'affleurement de bauxite, qui jouxte le Canal de la vallée des Baux, a été suivi, sur 1,6 kilomètre d'est en ouest, entre le secteur du Parisot et l'oratoire Saint-Eloi dans le village de Paradou (au sein duquel sa trace a été perdue au sein de lotissements). Comme au Parisot, les traces de l'exploitation dans ce secteur sont plus nombreuses que ce que celles mentionnées les archives même si elles restent limitées à :

- des petits puits de recherches (4 x 2 m de section) et très peu profonds (de l'ordre de 5 m), photographies du paragraphe 3 de l'annexe 1 ;
- des tranchées à ciel ouvert peu importantes (de l'ordre de 3-5 m de haut).

## SECTEUR DES CANONNETTES

De 1898 à 1914, puis de 1923 à 1930 et de 1934 à 1936, l'union des Bauxites exploite, à ciel ouvert et en souterrain, le site des Canonnettes, [5]. De 1942 à 1944, Pechiney extrait de la bauxite pour le compte de l'Union des Bauxites et son propre compte dans le secteur des Canonnettes [6]. Un plan de travaux de Pechiney de 1970 identifie une ancienne zone de travaux souterrains, de près de 2 ha, [4].

---

<sup>1</sup> Deux puits, notamment, sont ouverts et présentent, même s'ils sont signalés, un caractère dangereux vis-à-vis du risque de chute de personnes (diamètre de l'ordre de 5 m).



Lors des investigations sur site (voir photographies du paragraphe 5 de l'annexe 1), à l'est de la mine à ciel ouvert récente<sup>2</sup> des Canonnettes (de 1971 à 1979), sur environ 250 m, l'affleurement de bauxite est bien visible et a pu être suivi (3 ha couverts). De nombreuses entrées en descenderies ont été retrouvées (1,5 x 1,5 m de section), ainsi que des grattages et des dépôts. Les accès sont généralement pénétrables mais ne donnent pas desservent pas les réseaux de galeries repérés sur plan (éboulements à quelques mètres).

Plus vers l'est, jusqu'au secteur de Viaud Ricaud, la trace du gisement à l'affleurement a été perdue.

## SECTEUR DE VIAUD RICAUD

Ce site a été exploité concomitamment à la carrière des Canonnettes situé à quelques mètres à l'ouest (avant 1936).

De 1949 à 1960-62, M Rondani exploite<sup>3</sup> en souterrain une partie de ce site, qu'il nomme à tort site des Arcoules, via deux descenderies principales, [5] et [6]. Officiellement, ces travaux débutent en 1954 et se terminent en 1964. Les trois premières années, de 1954 à 1956, sont consacrées aux travaux de déblaiement et d'infrastructure, l'extraction ne commence réellement qu'en 1957 et se maintient de manière continu jusqu'en 1962.

En 1963, l'Union des Bauxites attaque en justice M Rondani car ses travaux souterrains empièteraient sur des parcelles propriétés de l'Union des Bauxites (secteur Canonnettes). Cette faute est validée par des experts géomètres et M Rondani délaisse alors ce site.

Aujourd'hui, une des entrées principale des travaux Rondani, à l'ouest du chemin forestier, est facilement identifiable (voir photographies du paragraphe 6 de l'annexe 1). Le mur qui en interdisait l'accès a été vandalisé (2 x 2 m d'ouverture) ; mais les remblais poussés dans la descenderie sont toujours en place et interdisent toute incursion dans le réseau souterrain. De grattages sont visibles à l'est de cette entrée à proximité des vignes.

De l'autre côté du chemin forestier, vers l'ouest, en suivant l'affleurement et des déblais de bauxite, se trouvent trois entrées ouvertes et pénétrables (2 x 2 m de section) qui donnent accès à un réseau souterrain de chambres et piliers s'étendant vers le nord : piliers carrés de 2 x 2 m de section environ et/ou piliers rectangulaires au pendage de 8 x 4 m de section environ (voir photographies du paragraphe 6 de l'annexe 1). 400 m de galeries ont été visités sur environ 0,5 ha. Certains autres accès débouchent sur le flanc ouest de la butte.

Une dernière zone possible<sup>4</sup> de travaux se situerait plus à l'est, derrière d'une propriété privée.

---

<sup>2</sup> Le secteur des Canonnettes a été exploité à deux époques avant 1960 et après 1960. Dans la suite du rapport, les termes de « carrière », « vieux » ou « anciens » seront utilisés pour désigner les travaux de la première époque et les termes « récent », « moderne » ou « mine » seront utilisés pour désigner les travaux de la seconde période

<sup>3</sup> Cette exploitation alimente principalement les cimenteries LAFARGE à Fos-sur-Mer.

<sup>4</sup> L'accès de ce secteur nous a été interdit par la propriétaire (les locataires, gérant l'hôtel nous ayant autorisés) ; mais de toute évidence, nous avons distingué une descenderie derrière un abri de jardin.

## **SECTEUR DES ARCOULES**

(Voir remarques sur le permis d'exploiter des « Arcoules »).

De 1902 à 1907, une petite exploitation artisanale aurait été menée par M Durand Michel, [2]. Un grattage est également recensé sur ce site.

Les recherches, menées en octobre 2010 sur environ 1,5 ha dans ce secteur, sont restées vaines. Aucune zone d'affleurement de bauxite n'a été retrouvée ni aucune trace d'exploitation. Une carrière se trouve au nord-ouest de ce secteur (proche du croisement entre les routes départementales D78d et D78f) mais il n'est pas possible d'établir un lien avec la bauxite (front et déblais intégralement calcaires), voir photographies du paragraphe 4 de l'annexe 1.

## **SECTEUR DE MAS MEJEAN**

Aucune archive retrouvée ne mentionne de carrière au nom du Mas Méjean (il est possible que les travaux retrouvés dans ce secteur correspondent en partie à ceux décrits par ceux de Manville Ouest).

Le Scan25® de l'IGN localise au Mas Méjean une « *Anc. Mine* » ; il s'agit d'une propriété privée qui correspond probablement à un ancien carreau mais l'accès n'a pas été possible en l'absence des propriétaires.

Les terrains au sud-ouest ont été fouillés et ont révélé l'existence d'une zone de travaux souterrains avec des chambres au pendage (piliers résiduels rectangulaires de 8 x 4 m de section environ), voir photographies du paragraphe 7 de l'annexe 1. Près de 0,4 hectares de ce réseau est accessible (3 accès en descenderies ouvertes, de 1,8 x 1,8 m de section). Les travaux s'enfoncent vers le nord et sont ennoyés à environ 70 m des entrées.

A l'est des ces travaux, sur environ 600 m, la bauxite affleure en une large zone (50 à 60 m de large), et a fait l'objet de quelques grattages et de tranchées.

## **SECTEUR DE GRAND MEJEAN**

Aucune archive retrouvée ne mentionne de travaux au nom du Grand Méjean (il est possible que les travaux retrouvés correspondent en partie à ceux décrits par ceux du Mas Flandrin).

En octobre 2010, l'affleurement a été localisé à environ 150-200 m au nord du canal de la Vallée des Baux ; il est dissimulé par une dense végétation. Sur près de 1000 m d'est en ouest (3,5 ha inspectés), une dizaine de grattages ou tranchées à ciel ouvert a été localisée et 5 puits et galeries (sans extension avérée en souterrain) ont pu être positionnés, voir photographies du paragraphe 10 de l'annexe 1.

## **SECTEUR DE MAS FLANDRIN**

Des excavations auraient été réalisées pour exploiter les bauxites grises sommitales, [9].

Aujourd'hui, l'affleurement de bauxite est visible, de manière ponctuelle sur 800 m d'est en ouest, entre, la route départementale D27 à l'est et la route départementale

D5 à l'ouest. Un grande tranchée est observable (10 m de haut) et ainsi que quelques grattages ponctuels. Trois ouvrages (puits et galerie de petite section) ont été observés mais il s'agit probablement de travaux de recherche sans extension souterraine (voir photographies du paragraphe 11 de l'annexe 1).

Remarque : A l'extrémité ouest de ce secteur se situe, un des affleurements de bauxite les plus fameux des Baux, au croisement de la route départemental D5 et de l'aqueduc du canal de la vallée des Baux.

## **SECTEUR DE MANVILLE OUEST**

Des travaux auraient exploré l'aval immédiat du gisement dans ce secteur (carrières et galeries), [9].

Sur près de 3 ha, immédiatement à l'ouest de la route départementale D27, de nombreux grattages et tranchées sont observables ainsi que quelques galeries et puits ; l'affleurement a été systématiquement fouillé, exploré voir exploité. L'extension en souterrain est difficilement estimable du fait de la présence d'eau ou d'éboulements à proximité immédiate des entrées (de 1,8 x 2 m de section en général).

Notons que l'affleurement de bauxite semble être rejeté vers le nord, en passant du secteur de Manville Ouest à celui du Mas Méjean (possible faille).

## **SECTEUR DE MANVILLE EST**

Une carrière de bauxite aurait existé sur ce lieu-dit mais aucune donnée complémentaire n'a été retrouvée dans les archives, [9].

Sur site, l'affleurement repéré de façon évidente à l'ouest de la route départementale D27 (secteur Manville Ouest), ne se poursuit pas de manière visible de l'autre côté de la route vers l'est. Le secteur de Manville Est se situe en grande partie sur des propriétés privées (Golf et cave vinicole) dont les propriétaires étaient absents lors des investigations. L'examen scrupuleux des photos aériennes n'a pas révélé de secteurs particulièrement préférentiels pour des travaux de bauxite (comme ailleurs sur les autres secteurs explorés). Faute de temps et d'accès simples/autorisés, les investigations n'ont pas été développées plus avant dans ce secteur.

## **SECTEUR DE BAUBESSE**

Ce secteur est mentionné dans les autorisations d'exploiter « *le fer*<sup>5</sup> » sur la commune des Baux-de-Provence qui auraient été accordées de 1873 à 1890.

Lors des visites de sites, au nord du Mas des Lombard, en bordure du chemin forestier, un affleurement a été observé mais sans aucun indice de travaux d'exploitation (ni grattage ni ouvrage), voir photographies du paragraphe 9 de l'annexe 1.

---

<sup>5</sup> Fer dit également « *fer hydrolisé* » ou « *fer d'alluvion* », l'ancêtre de la bauxite.

## **SECTEUR DES GRANDS CALANS**

De 1873 à 1890, de nombreuses autorisations d'exploiter le fer auraient été données sur la commune des Baux-de-Provence et notamment au lieu-dit de la carrière des Grands Fronts (synonymes de Calans), [2]. Ce secteur aurait connu d'autres phases « *d'exploitation* » en 1947 et en 1958, [9].

De toute évidence, les affleurements sont très discontinus et peu visibles sur ce flanc nord du synclinal des Baux. Un vigneron a indiqué la présence d'une seule zone de grattage évidente (difficilement accessible mais facilement localisable), photographie au paragraphe 14 de l'annexe 1.

## **SECTEUR DU MAS DE LA DAME**

Entre 1873 à 1890, une autorisation d'exploiter le fer au lieu-dit du Mas de la Dame aurait été donnée, [2].

Lors des visites de sites, aucune trace d'affleurement de bauxite n'a été retrouvée sur les 3,5 ha fouillés à proximité des fronts calcaires et des vignes de ce secteur.

## **SECTEUR DU MAS ROUGE**

En 1849 et en 1861, deux arrêtés communaux autorisent messieurs Verdian et Xavier à exploiter, à ciel ouvert, le minerai de fer d'alluvions à la carrière du Mas Rouge. En 1923, une carrière sur la parcelle 817 (Mas Rouge) de la commune des Baux-de-Provence a produit 660 m<sup>3</sup> de minerai.

De 1950 à 1960-62, M Rondani explore le site du Mas Rouge par une campagne de 12 sondages (400 m linéaires). Il exploite ensuite à ciel ouvert le site par deux excavations principales :

- excavation Est, située au sud du Mas rouge ;
- excavation Ouest, située à 300-400 m à l'ouest du Mas Rouge. Une galerie aurait été creusée au fond de cette seconde carrière, [8].

Des travaux sont également effectués sur une troisième carrière plus à l'est des précédentes, dite Carrière Lagier.

Sur le terrain, il est très difficile de distinguer les travaux anciens, réalisés par M Rondani sous le régime des carrières, de ceux plus récents menés dans le cadre du permis d'exploiter du Mas Rouge. Ainsi, les remarques de visite seront faites au paragraphe se rapportant aux travaux récents du Mas Rouge.

## **SECTEUR DU VALLON ROUGE**

De vieux décapages auraient été menés sur cette zone mais ils n'auraient pas donné lieu à une exploitation du fait de la mauvaise qualité du minerai, [9].

Quelques points d'affleurements de bauxite sont effectivement visibles sur environ 1,3 ha à proximité immédiate du Mas du Vallon Rouge ; certains ont de toute évidence faits l'objet de grattages mais sont restés sans extension ni développement. Voir photographie au paragraphe 12 de l'annexe 1

## **SECTEUR DES CALANS (HAMEAU)**

Entre l'affleurement remarquable, au croisement de la route départemental D5 et de l'aqueduc du canal de la vallée des Baux (secteur Flandrin) et le hameau des Calans, le gisement est très difficile à repérer à l'affleurement. Même si les investigations n'ont pas été très approfondies, il est fort probable que ce secteur ne recèle pas de réels travaux. Il est probable que les excavations mentionnées dans les archives sur ce secteur, [9], soient celles repérés sur les secteurs plus à l'est.

Vers l'ouest, sur le secteur dit d'Entreconque, le gisement est invisible, aucun affleurement n'a été observé. Ce secteur n'a pas très certainement pas fait l'objet de travaux miniers de bauxite.

## **SECTEUR DES TRENCADES**

De vieux travaux sans réelle production auraient été réalisés face au rocher de Fangas, [9].

Lors des visites de sites, deux points d'affleurement de bauxite, très probablement grattés, ont été repérés à environ 200 m au nord de la route départemental D78 mais aucun autre indice de travaux n'a été retrouvé.

## **CARRIERE DE FANGAS**

De nombreuses excavations à ciel ouvert jalonnent ce secteur, [9]. Leur production et extension réelles ne sont pas connues précisément.

Malgré une végétation arbustive dense, l'affleurement de bauxite est bien visible et à peu près continu sur plus de 300 m, entre le vallon de Gypières à l'ouest et le Mas du Gourgonnier à l'est (observation possible depuis les points hauts du secteur).

Au nord du rocher de Fangas, à 250 m au nord de la de la route départemental D78, se trouvent 4 tranchées d'exploitation de bauxite (photographies au paragraphe 15 de l'annexe 1). Le gisement plonge vers le sud et certains fronts verticaux présentent des hauteurs de 5 à 8 m (fissures du toit calcaires et éboulis).

Au sein de l'excavation à l'extrémité ouest de ce secteur, se trouvent deux galeries ouvertes et pénétrables malgré une grille. Une de ces entrées, creusée de niveau, présente une hauteur conséquente de 8 à 15 m. Ces accès desservent la carrière souterraine de Fangas (panneau informatif). L'extension en souterrain est inconnue car non visitée.

## **SECTEUR D'ANNA MAS**

Dans la carrière d'Anna Mas, la bauxite sommitale rouge (2 m d'épaisseur) aurait été exploitée ponctuellement. Il s'agirait principalement d'excavations mais des galeries « *affaissées* » et des puits « *noyés* » sont également mentionnés, [9].

Immédiatement au nord du Mas d'Anna, se trouvent en effet plusieurs excavations et tranchées d'exploitation de bauxite (7 m de hauteur maximale au sud) ; les fronts en aval pendage révèlent des instabilités : fissures et éboulis (photographies au paragraphe 16 de l'annexe 1).

Au sein, de l'excavation la plus à l'ouest de ce secteur, au moins 3 galeries (de 1,8 x 1,8 m de section) donnent accès à une carrière souterraine visitable sur une dizaine de mètres en aval pendage vers le sud. Elle présente de petits piliers carrés, de 2 m de côté environ, visiblement en mauvais état.

## **SECTEUR DES FLECHONS**

De manière similaire à Anna Mas, une carrière des Fléchons est recensée (pour la bauxite sommitale rouge de 2 m d'épaisseur et mention de galeries « *affaissées* » et des puits « *noyés* »), [9].

Aujourd'hui, l'affleurement, toujours visible depuis Anna Mas, révèle des points de grattages et une excavation en tranchées (vers l'ouest du secteur). Aucun indice d'autres travaux n'a été retrouvé.

Entre le secteur des Fléchons et celui du Mas du Gourgonnier, à environ 700 m vers l'est, l'affleurement, certes visible, n'a pas fait l'objet de travaux (ni grattages ni ouvrage observé).

## **SECTEUR DU GOURGONNIER**

Au Gourgonnier, seules des reconnaissances auraient été réalisées (sondages et grattages), [10]. Une déclaration de carrière de bauxite aurait été faite au domaine du Gourgonnier en 1938, [3].

Les sous-bois, visiblement remaniés, au nord du Mas du Gourgonnier renferment effectivement des terres et des sols plus ou moins bauxitiques (affleurements probables) mais aucune trace d'exploitation ou grattage n'a été retrouvée.

Entre le secteur du Gourgonnier et celui du Destet, à environ 1000 m vers l'est, l'affleurement de bauxite n'est plus visible.

## **SECTEUR DU DESTET**

Des reconnaissances auraient été réalisées par sondages et grattages, [10].

Aujourd'hui, aucune trace ou indice d'affleurement bauxitique, et encore moins de travaux ou de grattages, n'est localisée dans ce secteur (1,6 ha inspectés).

Au croisement des routes départementales D78 et D24, se trouve un second affleurement remarquable (photographie au paragraphe 19 de l'annexe 1). A cet endroit, le flanc nord du synclinal de Mouriès, n'a pas, d'après les archives, fait l'objet de travaux en carrières ou en mines. Un rapide examen visuel a révélé l'absence d'affleurement visible hormis celui mentionné ci-avant.



- [1] Architecte des Monuments historiques. Reprise de l'exploitation des Bauxites. 18 avril 1870 (cote AD : 8 J 179).
- [2] Baux-de-Provence (mairie). « Dossier mines et carrières » Commune des Baux-de-Provence 1853 à 1933. (cote AD : 167 E 20 3).
- [3] NICOLLET. Déclaration d'ouverture de Carrières. 11 octobre 1938. (cote AD : 7 S 41/6).
- [4] PECHINEY. Concession des mines de bauxite de Maussane et des Baux. Abandon des travaux de la mine des Canonnettes. Février 1998.
- [5] VAILLAUD. Concession de Maussane demandée par Pechiney et Ugine. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 7 décembre 1962.
- [6] VAILLAUD. Concession des Baux demandée par la société minière des Baux. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 7 novembre 1962.
- [7] VAILLAUD. Permis d'exploitation des Arcoules demandé par M Rondani. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 3 décembre 1962.
- [8] VAILLAUD. Permis d'exploitation du Mas Rouge demandé par M Rondani. Rapport de l'Ingénieur des Mines. 3 décembre 1962.
- [9] LAJOINIE et LAVILLE. Formations (les) bauxitiques de la Provence et du Languedoc. Dimensions et distribution des gisements. Mémoires du BRGM n°100. Editions du BRGM 1979 sgf mb 100. 1979.
- [10] GAILLARD-BEGIN. Etude géochimique des formations bauxitiques du massif des Alpilles (Bouches-du-Rhône). Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Géologie appliquée. Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). 1978.

# **ANNEXE 6**

## **Calculs basés sur l'hypothèse de l'aire tributaire**



## Modèle de calcul stabilité des piliers par la méthode de l'aire tributaire

<b>CARRIERE</b>	<b>Travaux TMS1</b>
<b>Objectif</b>	<b>Stabilité des piliers</b>
Hypothèses	Poids volumique des terrains fixé à 25 kN/m3 puis 26 kN/m3
	Profondeurs et taux de défructement variables

PARAMETRES DE CALCUL		TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1
Poids volumique (kN/m3)	g	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26
Profondeur max (mètres)	Hr	30	30	30	40	40	40	30	30	30	40	40	40
Taux défructement %	t%	50%	60%	70%	50%	60%	70%	50%	60%	70%	50%	60%	70%
Sollicitation sur les piliers : Qn moy. Standard, = K.g.H/1-t (MPa)	Qn	1,50	1,88	2,50	2,00	2,50	3,33	1,56	1,95	2,60	2,08	2,60	3,47

VALEURS DE RESISTANCE		TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1
Rc (MPa)	Rc	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Re (MPa)	Re	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

COEFFICIENTS D'EFFETS A LONG TERME		TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1
K1 Temps	K1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K2 Echelle	K2	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K3 Elancement	K3	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

K1 : Meudon :  $Ru=0,85*Re$  et Jonzac :  $Ru=0,75*Re$

K2 : Meudon :  $R.massif=0,8*Rlab$  et Herget :  $R.massif=0,7*Rlab$

K3 :  $K3>1$  avec  $El<1$  ;  $K3=1$  avec  $El \in [1-1,25]$  ;  $K3<1$  avec  $El>1,25$

CALCUL DES RESISTANCES LIMITES ( Ru )		TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1
1/ $Ru = 2/3.Re$	Ru	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2/ $INERIS Ru = K1*K2*K3*Re$	Ru	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
3/ Valeur 1990	Ru	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

DETERMINATION DU FACTEUR DE SECURITE = Fs		TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1	TMS1
1/ $Ru/Qn$	$FS = (2/3)*Re/Qn$	2,67	2,13	1,60	2,00	1,60	1,20	2,56	2,05	1,54	1,92	1,54	1,15
2/ $Ru INERIS / Qn$	$FS = K1*K2*K3*Re$	2,82	2,25	1,69	2,11	1,69	1,27	2,71	2,17	1,62	2,03	1,62	1,22
3/ $Ru (1990) / Qn$	$FS = Ru(1990) / Qn$	2,13	1,71	1,28	1,60	1,28	0,96	2,05	1,64	1,23	1,54	1,23	0,92

## Modèle de calcul stabilité des piliers par la méthode de l'aire tributaire

<b>CARRIERE</b>	<b>Travaux Mas Méjean</b>									
<b>Objectif</b>	<b>Stabilité des piliers</b>									
Hypothèses	Poids volumique des terrains fixé à 25 kN/m3 puis 26 kN/m3									
	Profondeurs et taux de défrètement variables									
<b>PARAMETRES DE CALCUL</b>										
	Largeur galerie (mètres)	Lg	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00
	Largeur pilier (mètres)	a	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	longueur pilier (mètres)	b	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Ouverture (mètres)	w	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00
	Elancement (sans unité)	El	0,50	0,75	0,50	0,75	0,50	0,75	0,50	0,75
	Poids volumique (kN/m3)	g	25	25	25	25	26	26	26	26
	Profondeur max (mètres)	Hr	45	45	45	45	45	45	45	45
	Taux défrètement %	t%	47%	47%	58%	58%	47%	47%	58%	58%
	Sollicitation sur les piliers : Qn moy. Standard, = K.g.H/1-t (MPa)	Qn	2,11	2,11	2,71	2,71	2,19	2,19	2,82	2,82
<b>VALEURS DE RESISTANCE</b>										
	Rc (MPa)	Rc	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
	Re (MPa)	Re	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
<b>COEFFICIENTS D'EFFETS A LONG TERME</b>										
	K1 Temps	K1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	K2 Echelle	K2	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	K3 Elancement	K3	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
K1 : Meudon : Ru=0,85*Re et Jonzac : Ru=0,75*Re										
K2 : Meudon : R.massif=0,8*Rlab et Herget : R.massif=0,7*Rlab										
K3 : K3>1 avec El<1 ; K3=1 avec El € [1-1,25] ; K3<1 avec El>1,25										
<b>CALCUL DES RESISTANCES LIMITES ( Ru )</b>										
	1/ Ru = 2/3.Re	Ru	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	2/ INERIS Ru = K1*K2*K3*Re	Ru	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
	3/ Ru Valeur 1990	Ru	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
<b>DETERMINATION DU FACTEUR DE SECURITE = Fs</b>										
	1/ Ru/Qn	FS = (2/3)*Re/Qn	1,90	1,90	1,48	1,48	1,82	1,82	1,42	1,42
	2/ Ru INERIS / Qn	FS = K1*K2*K3*Re	2,00	2,00	1,56	1,56	1,93	1,93	1,50	1,50
	3/ Ru (1990) / Qn	FS = Ru(1990) /Qn	1,52	1,52	1,18	1,18	1,46	1,46	1,14	1,14

## Modèle de calcul stabilité des piliers par la méthode de l'aire tributaire

<b>CARRIERE</b>	<b>Travaux Viaud Ricaud Rondani</b>
<b>Objectif</b>	<b>Stabilité des piliers</b>
<b>Hypothèses</b>	Poids volumique des terrains fixé à 25 kN/m <sup>3</sup> puis 26 kN/m <sup>3</sup>
	Profondeurs et taux de défruits variables

PARAMETRES DE CALCUL			SH3	SH3	SH3	SH3	SH1	SH1	SH1	SH1	SH1	SH1	SH2	SH2	SH2
Largeur galerie (mètres)	Lg		2,50	2,50	2,50	2,50	6,00	6,00	5,50	5,50	5,50	5,50	3,00	4,00	5,00
Largeur pilier (mètres)	a		5,00	5,00	5,00	5,00	8,00	8,00	4,00	4,00	3,50	3,50	4,00	4,00	4,00
longueur pilier (mètres)	b		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	12,00	12,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00
Ouverture (mètres)	w		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Elancement (sans unité)	El		0,40	0,40	0,40	0,40	0,25	0,25	0,50	0,50	0,57	0,57	0,50	0,50	0,50
Poids volumique (kN/m <sup>3</sup> )	g		25	25	26	26	25	26	25	26	25	26	25	26	25
Profondeur max (mètres)	Hr		20	25	20	25	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Taux défruits %	t%		49%	49%	49%	49%	67%	67%	71%	71%	80%	80%	67%	75%	80%
Sollicitation sur les piliers : Qn moy. Standard, = K.g.H/1-t (MPa)	Qn		0,98	1,23	1,02	1,28	3,06	3,19	3,46	3,60	4,93	5,13	3,06	4,16	5,06

VALEURS DE RESISTANCE															
Rc (MPa)	Rc		6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Re (MPa)	Re		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

COEFFICIENTS D'EFFETS A LONG TERME															
K1 Temps	K1		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K2 Echelle	K2		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K3 Elancement	K3		1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

K1 : Meudon : Ru=0,85\*Re et Jonzac : Ru=0,75\*Re

K2 : Meudon : R.massif=0,8\*Rlab et Herget : R.massif=0,7\*Rlab

K3 : K3>1 avec El<1 ; K3=1 avec El € [1-1,25] ; K3<1 avec El>1,25

CALCUL DES RESISTANCES LIMITES ( Ru )															
1/ Ru = 2/3.Re	Ru		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2/ INERIS Ru = K1*K2*K3*Re	Ru		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
3/ Valeur 1990	Ru		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

DETERMINATION DU FACTEUR DE SECURITE = Fs															
1/ Ru/Qn	FS = (2/3)*Re/Qn		4,06	3,25	3,91	3,13	1,31	1,26	1,15	1,11	0,81	0,78	1,31	0,96	0,79
3/ Ru INERIS / Qn	FS = K1*K2*K3*Re		4,29	3,43	4,13	3,30	1,38	1,33	1,22	1,17	0,86	0,82	1,38	1,02	0,83
3/ Ru (1990) / Qn	FS = Ru(1990) / Qn		3,25	2,60	3,13	2,50	1,04	1,00	0,92	0,89	0,65	0,62	1,04	0,77	0,63



## Modèle de calcul stabilité des piliers par la méthode de l'aire tributaire

<b>CARRIERE</b>	<b>Carrière des Canonnettes</b>
<b>Objectif</b>	<b>Stabilité des piliers</b>
Hypothèses	Poids volumique des terrains fixé à 26 kN/m3
	Profondeurs et taux de défrètement variables

PARAMETRES DE CALCUL		zh1	zh1	zh2	zh2	zh2	zh2	zh3	zh3	zh3	zh4	zh4	zh4	zh5
Largeur galerie (mètres)	Lg	4,00	5,50	4,00	4,00	6,00	6,00	2,50	3,50	4,50	3,50	4,50	5,50	2,50
Largeur pilier (mètres)	a	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	8,00
longueur pilier (mètres)	b	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	7,00	7,00	7,00	18,00
Ouverture (mètres)	w	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Elancement (sans unité)	El	0,75	0,75	1,00	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,38
Poids volumique (kN/m3)	g	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Profondeur min (mètres)	Hmin	0	0	0	0	0	0	32	32	32	44	44	44	0
Profondeur max (mètres)	Hmax	21	21	41	41	41	41	49	49	49	63	63	63	16
Profondeur retenue (mètres)	Hr	20	20	40	40	40	40	50	50	50	65	65	65	15
Taux défrètement %	t%	75%	82%	82%	75%	89%	84%	66%	75%	81%	64%	71%	76%	33%
Sollicitation sur les piliers : Qn moy. Standard, = K.g.H/1-t (MPa)	Qn	2,08	2,93	5,66	4,16	9,36	6,50	3,87	5,28	6,91	4,75	5,90	7,17	0,58

VALEURS DE RESISTANCE														
Rc (MPa)	Rc	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Re (MPa)	Re	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

COEFFICIENTS D'EFFETS A LONG TERME														
K1 Temps	K1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K2 Echelle	K2	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K3 Elancement	K3	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

K1 : Meudon : Ru=0,85\*Re et Jonzac : Ru=0,75\*Re

K2 : Meudon : R.massif=0,8\*Rlab et Herget : R.massif=0,7\*Rlab

K3 : K3>1 avec El<1 ; K3=1 avec El € [1-1,25] ; K3<1 avec El>1,25

CALCUL DES RESISTANCES LIMITES ( Ru )														
1/ Ru = 2/3.Re	Ru	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2/ INERIS Ru = K1*K2*K3*Re	Ru	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
3/ Valeur 1990	Ru	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

DETERMINATION DU FACTEUR DE SECURITE = Fs														
1/ Ru/Qn	FS = (2/3)*Re/Qn	1,92	1,36	0,71	0,96	0,43	0,62	1,03	0,76	0,58	0,84	0,68	0,56	6,86
3/ Ru INERIS / Qn	FS = K1*K2*K3*Re	2,03	1,44	0,75	1,02	0,45	0,65	1,09	0,80	0,61	0,89	0,72	0,59	7,25
3/ Ru (1990) / Qn	FS = Ru(1990) / Qn	1,54	1,09	0,57	0,77	0,34	0,49	0,83	0,61	0,46	0,67	0,54	0,45	5,49

## Modèle de calcul stabilité des piliers par la méthode de l'aire tributaire

<b>CARRIERE</b>	Mines des Canonnettes
<b>Objectif</b>	Stabilité des piliers
Hypothèses	Poids volumique des terrains fixé à 26 kN/m3
	Profondeurs et taux de défrètement variables

PARAMETRES DE CALCUL		ZH1	ZH2	ZH3	ZH4	ZH5	ZH7	ZH11	ZH25	ZH12	ZH13	ZH20	ZH18	ZH14	ZH17	ZH16	ZH19	ZH6	ZH9	ZH8	ZH10	ZH21	ZH22	ZH23	ZH24
Largeur galerie (mètres)	Lg	6,50	6,00	6,00	6,50	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	5,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,00	6,50	6,00	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Largeur pilier (mètres)	a	####	####	####	####	####	####	15,00	9,00	11,00	14,00	13,50	8,50	8,50	8,50	11,50	9,50	####	####	####	17,00	14,00	17,00	24,00	14,00
longueur pilier (mètres)	b	####	####	####	####	####	####	17,00	17,00	30,00	14,00	13,50	8,50	8,50	9,50	12,50	18,50	####	####	####	17,00	29,00	17,00	24,00	34,00
Ouverture (mètres)	w	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	8	4,5	4,5	8	8	8	8	4,5	4,5	4,5	8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Elancement (sans unité)	El	0,39	0,32	0,24	0,21	0,26	0,33	0,53	0,50	0,41	0,57	0,59	0,94	0,94	0,53	0,39	0,47	0,67	0,41	0,32	0,26	0,32	0,26	0,19	0,32
Poids volumique (kN/m3)	g	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Profondeur min (mètres)	Hmin	41	58	68	59	56	54	51	51	48	41	45	20	19	23	22	33	53	59	60	61	58	62	68	110
Profondeur max (mètres)	Hmax	65	76	78	74	65	60	57	57	57	58	66	46	47	29	30	51	66	64	69	76	90	73	96	120
Profondeur retenue (mètres)	Hr	65	75	75	75	65	60	60	60	60	60	65	45	50	30	30	50	65	65	70	75	90	75	95	120
Taux défrètement %	t%	59%	47%	42%	40%	44%	48%	47%	56%	46%	46%	54%	68%	68%	66%	56%	56%	48%	60%	51%	45%	42%	45%	36%	41%
Sollicitation sur les piliers : Qn moy. Standard, = K.g.H/1-t	Qn	4,14	3,67	3,38	3,28	3,04	3,01	2,95	3,52	2,89	2,87	3,71	3,64	4,05	2,32	1,76	2,96	3,26	4,28	3,71	3,57	4,03	3,57	3,86	5,24

VALEURS DE RESISTANCE		ZH1	ZH2	ZH3	ZH4	ZH5	ZH7	ZH11	ZH25	ZH12	ZH13	ZH20	ZH18	ZH14	ZH17	ZH16	ZH19	ZH6	ZH9	ZH8	ZH10	ZH21	ZH22	ZH23	ZH24
Rc (MPa)	Rc	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Re (MPa)	Re	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

COEFFICIENTS D'EFFETS A LONG TERME		ZH1	ZH2	ZH3	ZH4	ZH5	ZH7	ZH11	ZH25	ZH12	ZH13	ZH20	ZH18	ZH14	ZH17	ZH16	ZH19	ZH6	ZH9	ZH8	ZH10	ZH21	ZH22	ZH23	ZH24
K1 Temps	K1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K2 Echelle	K2	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K3 Elancement	K3	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,05	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,10	1,10	1,10	1,05	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

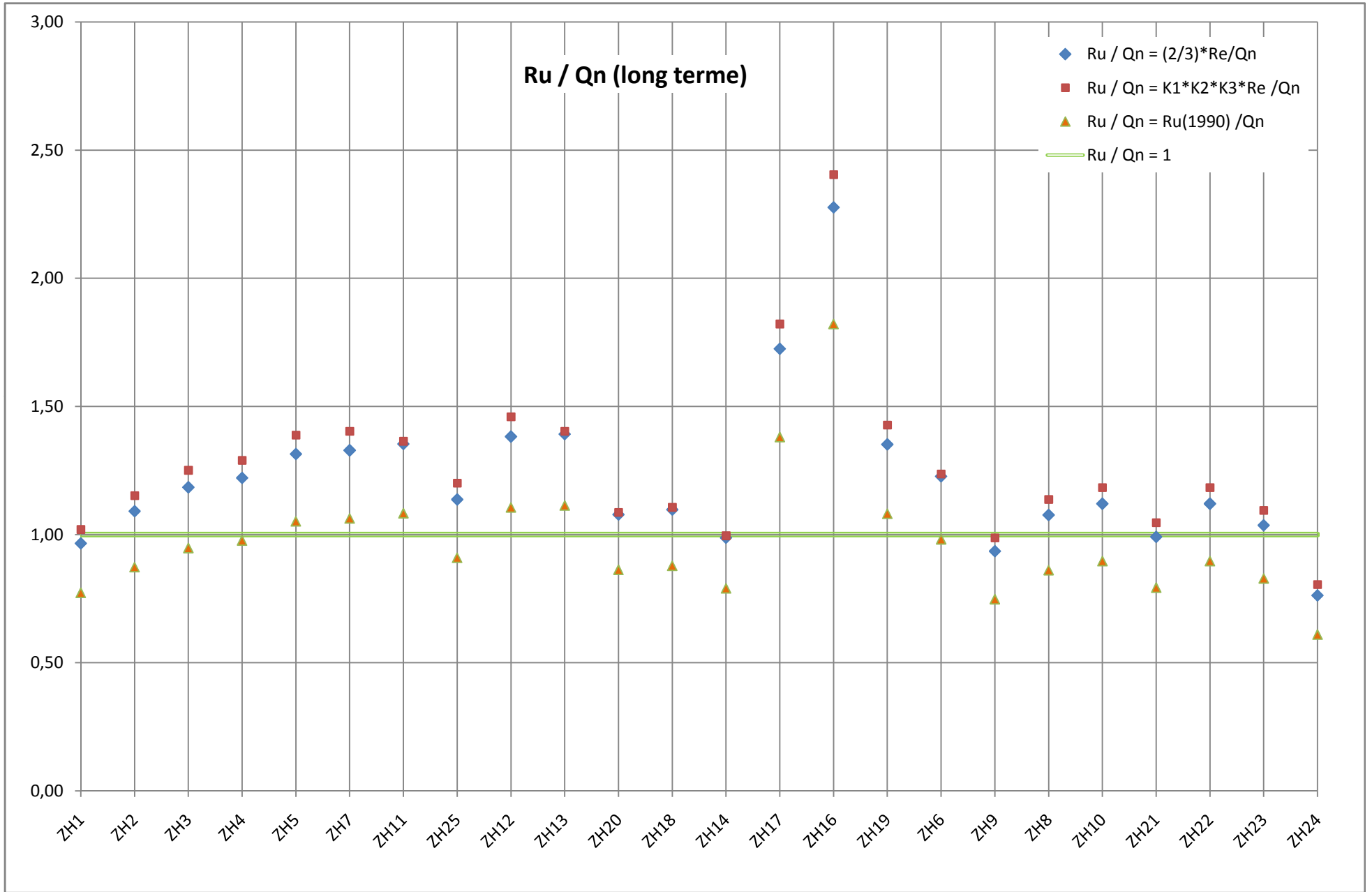
K1 : Meudon : Ru=0,85\*Re et Jonzac : Ru=0,75\*Re

K2 : Meudon : R.massif=0,8\*Rlab et Herget : R.massif=0,7\*Rlab

K3 : K3>1 avec El<1 ; K3=1 avec El € [1-1,25] ; K3<1 avec El>1,25

CALCUL DES RESISTANCES LIMITES ( Ru )		ZH1	ZH2	ZH3	ZH4	ZH5	ZH7	ZH11	ZH25	ZH12	ZH13	ZH20	ZH18	ZH14	ZH17	ZH16	ZH19	ZH6	ZH9	ZH8	ZH10	ZH21	ZH22	ZH23	ZH24
1/ Ru = 2/3.Re	Ru	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2/ INERIS Ru = K1*K2*K3*Re	Ru	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,0	4,2	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
3/ Valeur 1990	Ru	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

DETERMINATION DU FACTEUR DE SECURITE = Fs		ZH1	ZH2	ZH3	ZH4	ZH5	ZH7	ZH11	ZH25	ZH12	ZH13	ZH20	ZH18	ZH14	ZH17	ZH16	ZH19	ZH6	ZH9	ZH8	ZH10	ZH21	ZH22	ZH23	ZH24
1/ Ru/Qn	Ru / Qn = (2/3)*Re/Qn	0,97	1,09	1,18	1,22	1,31	1,33	1,35	1,14	1,38	1,39	1,08	1,10	0,99	1,73	2,28	1,35	1,23	0,94	1,08	1,12	0,99	1,12	1,04	0,76
3/ Ru INERIS / Qn	Ru / Qn =	1,02	1,15	1,25	1,29	1,39	1,40	1,36	1,20	1,46	1,40	1,09	1,11	1,00	1,82	2,40	1,43	1,24	0,99	1,14	1,18	1,05	1,18	1,09	0,81
3/ Ru (1990) / Qn	Ru / Qn = Ru(1990)	0,77	0,87	0,95	0,98	1,05	1,06	1,08	0,91	1,11	1,11	0,86	0,88	0,79	1,38	1,82	1,08	0,98	0,75	0,86	0,90	0,79	0,90	0,83	0,61

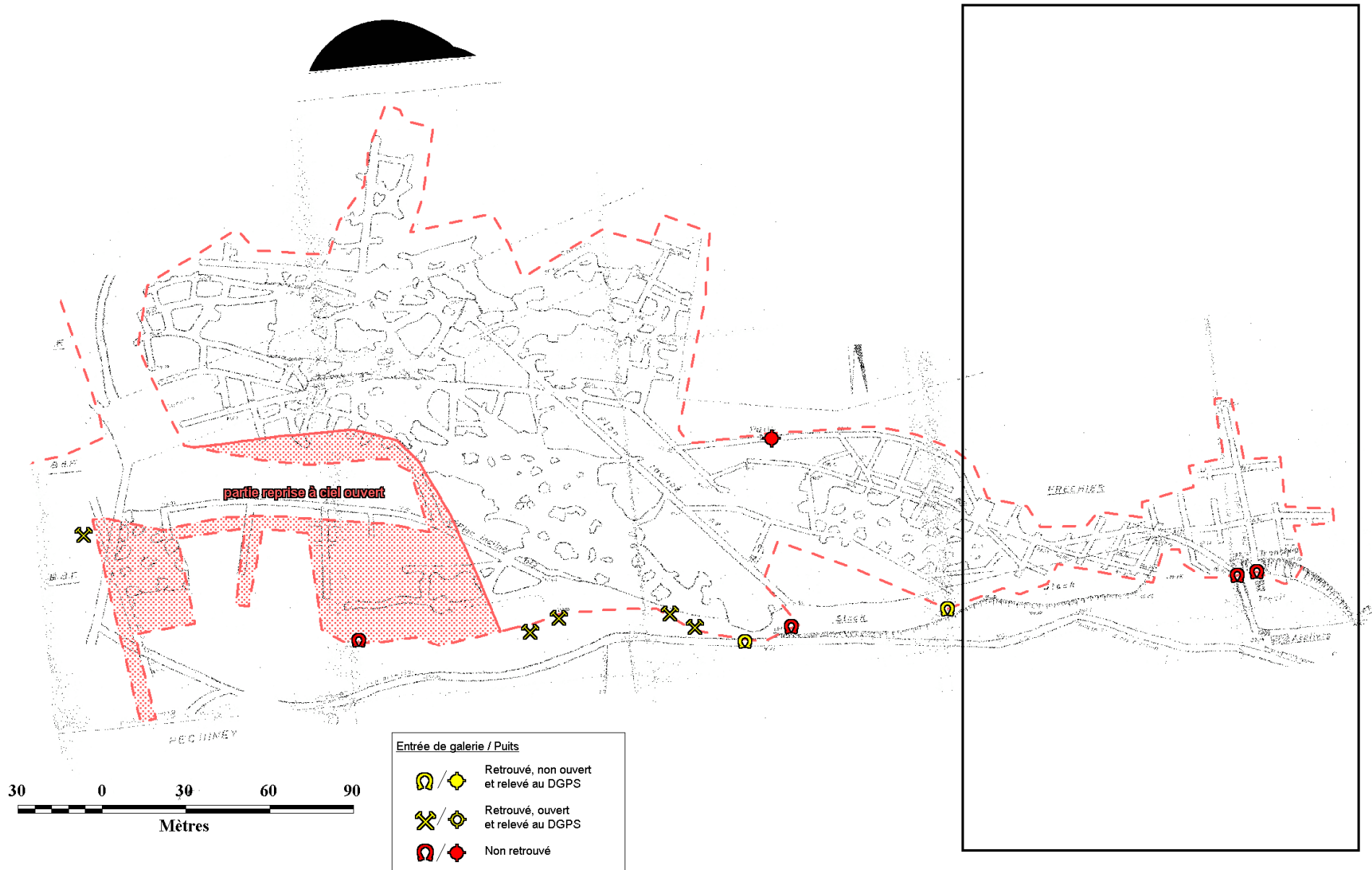


# **ANNEXE 7**

## **Détails des plans miniers calés**



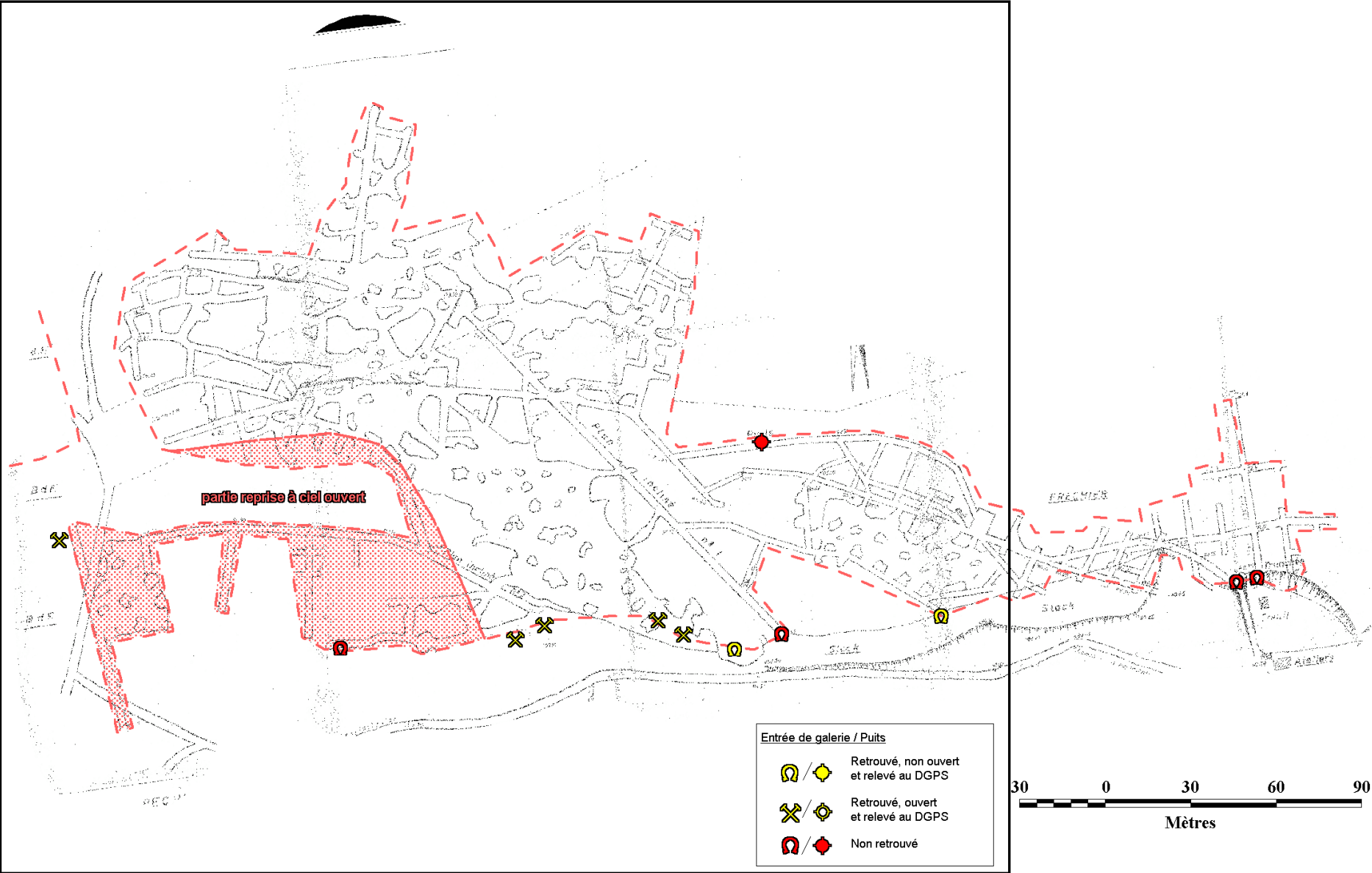
### Carrière des Canonnettes (partie est)





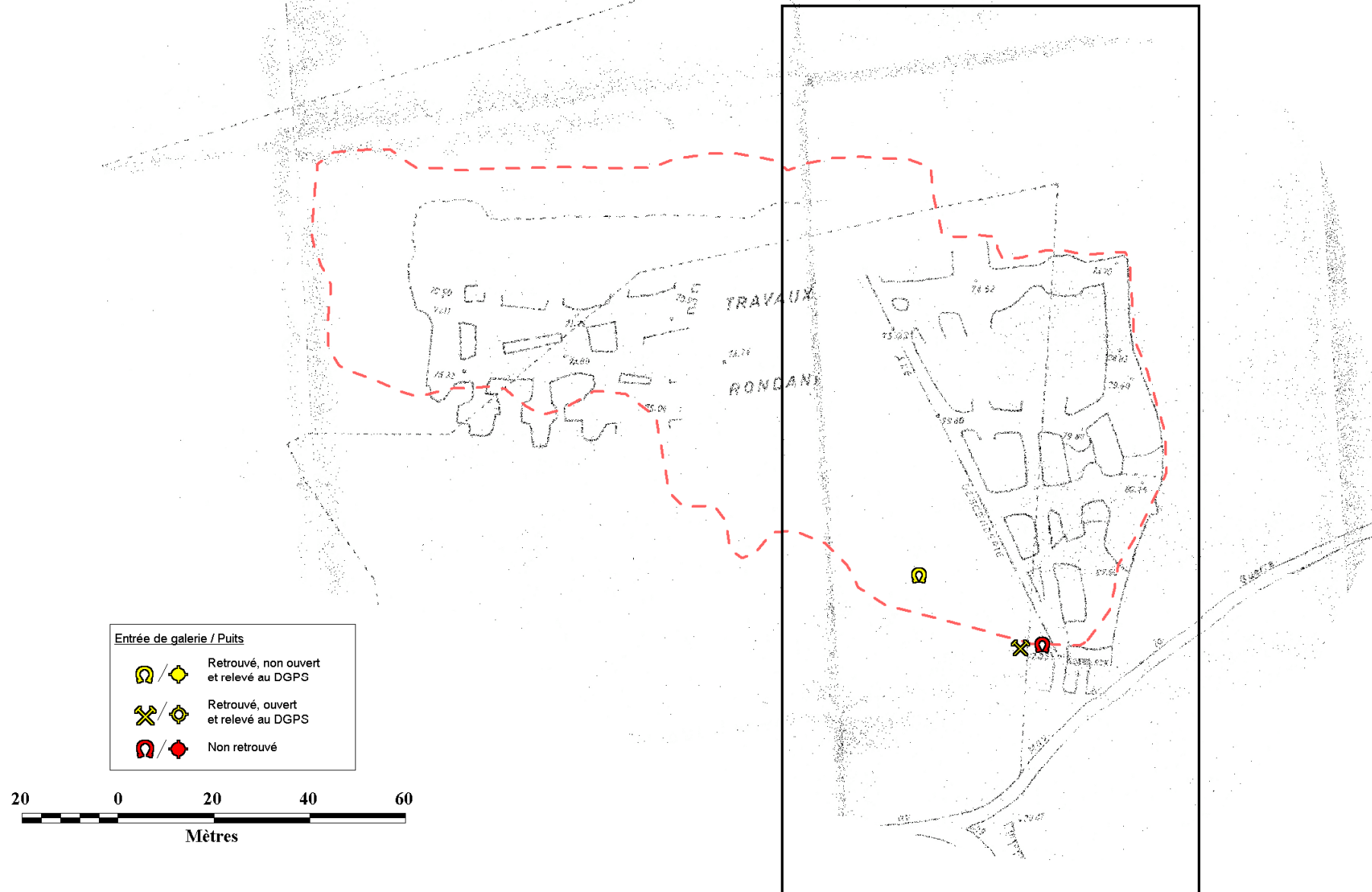


### Carrière des Canonnettes (partie ouest)





### Carrière de Viaud Ricaud - Rondani (partie est)





### Carrière de Viaud Ricaud - Rondani (partie ouest)



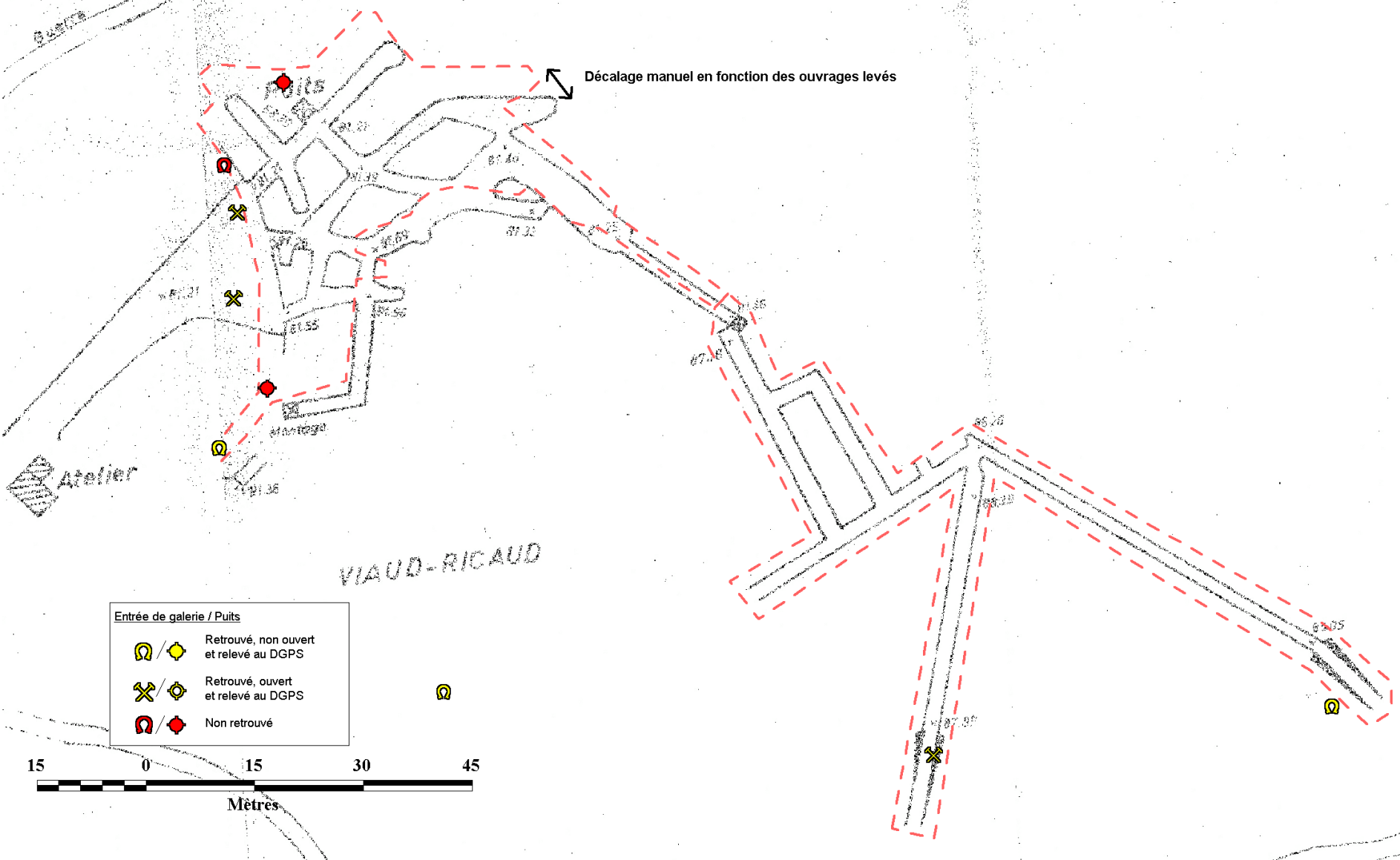




### Carrière de Viaud Ricaud - Non Rondani

Puits  
Profondeur: 10 m.

Décalage manuel en fonction des ouvrages levés



Entrée de galerie / Puits	
	Retrouvé, non ouvert et relevé au DGPS
	Retrouvé, ouvert et relevé au DGPS
	Non retrouvé











### Mines des Canonnettes (Psychiney)



Entrée de galerie / Puits

		Retrouvé, non ouvert et relevé au DGPS
		Retrouvé, ouvert et relevé au DGPS
		Non retrouvé

60 0 60 120 180  
Mètres



# **ANNEXE 8**

## **Carte Informative**





## **ANNEXE 9**

### **Cartes d'aléa :**

- **Affaissement et Effondrement généralisé**
- **Effondrement localisé**
- **Ecrolement**
- **Glissement et tassement**

## ANNEXE C

### *Carte informative*

*(2 cartes hors texte)*



RAPPORT DETUDE DR6-10-13411-0756A

**INERIS**

Exploitations de bauxites des Alpes dans la région des Baux-de-Provence et de Maussane-les-Alpilles (13)  
Phase informative et évaluation des aléas  
GEO-DERIS

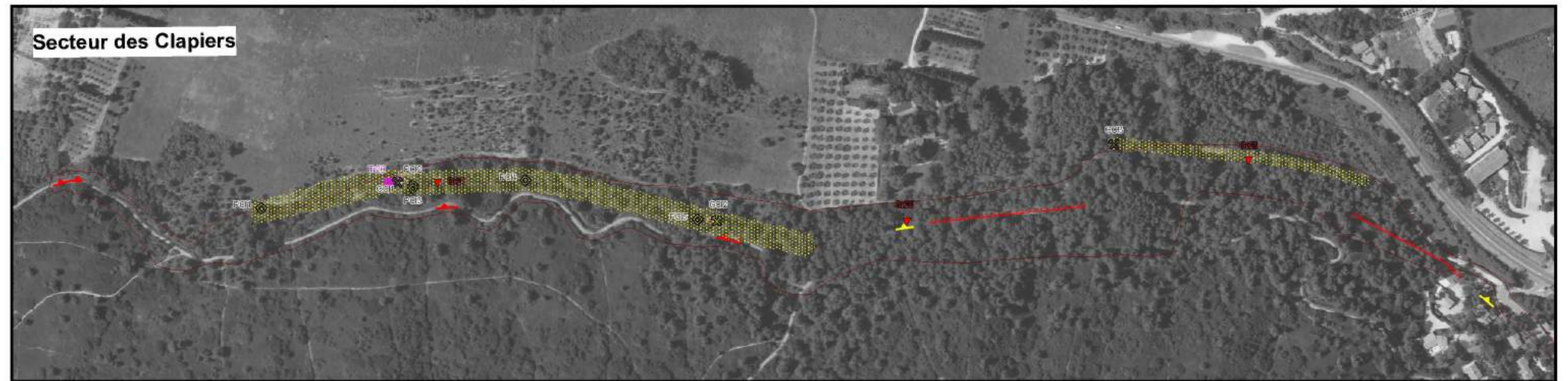
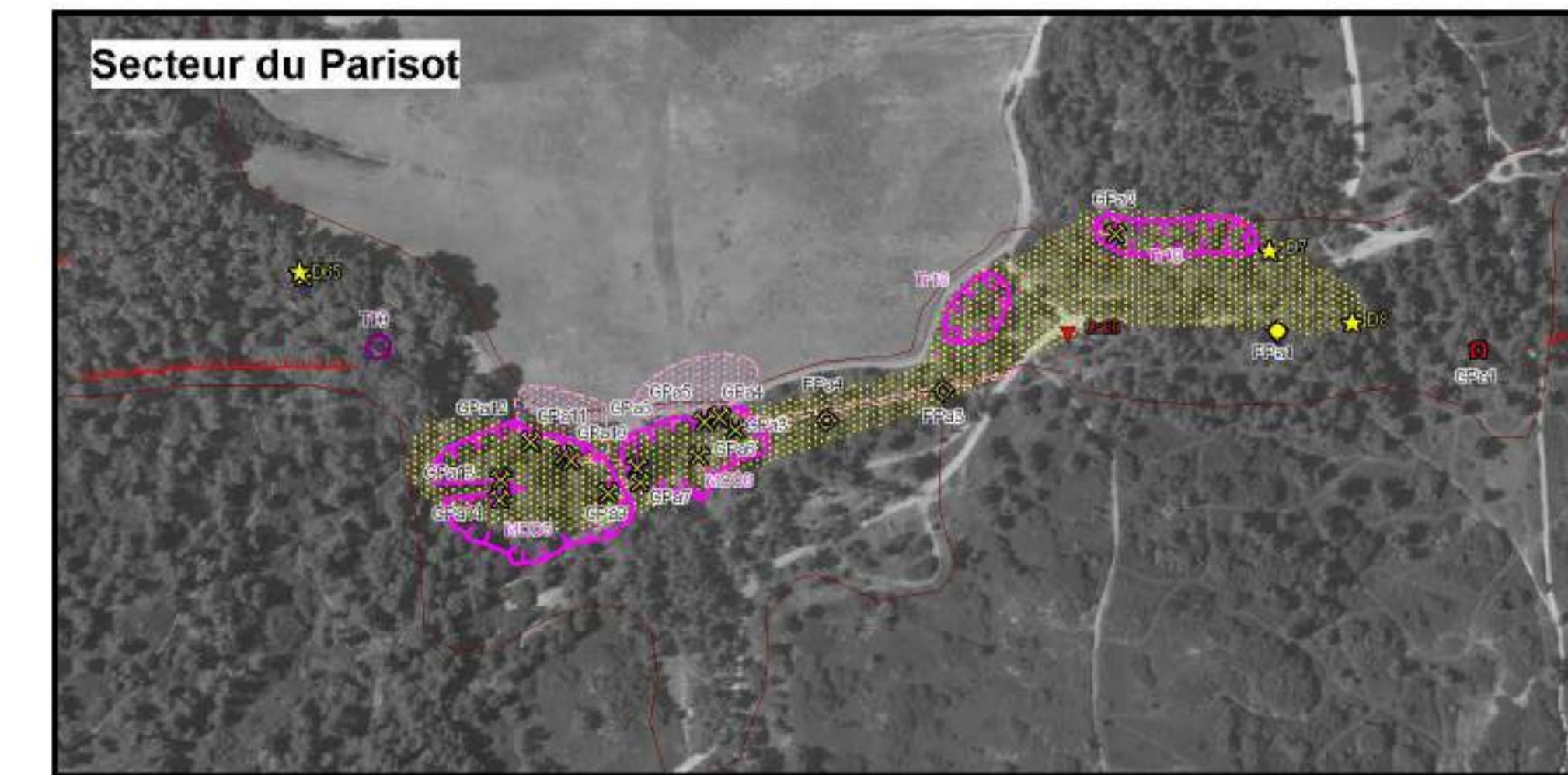
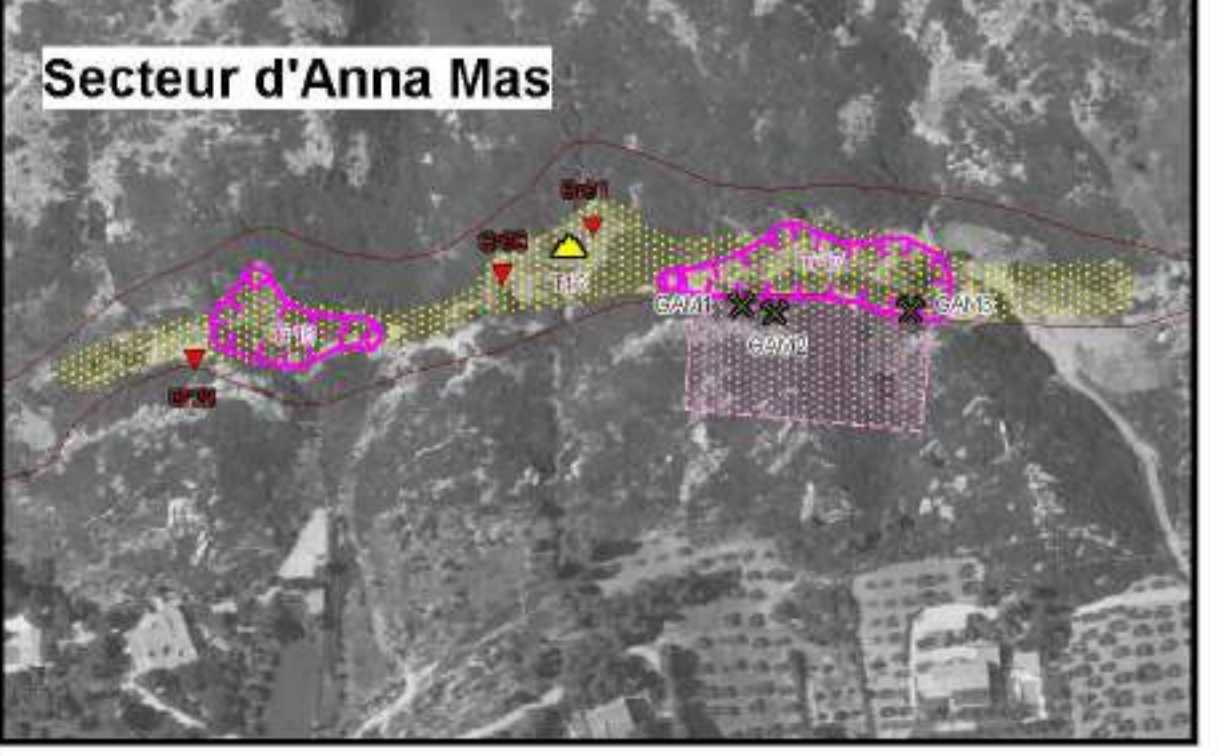
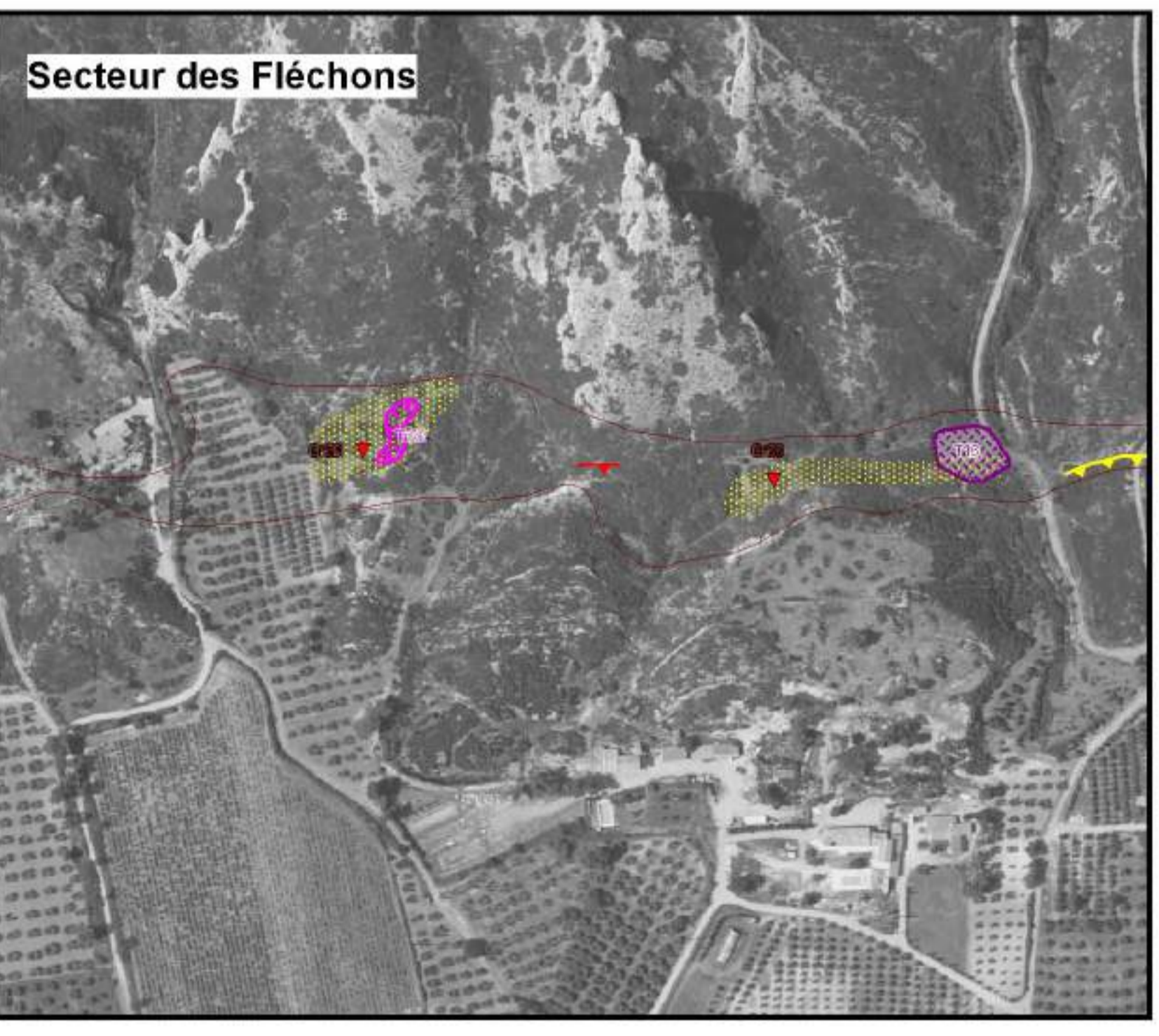
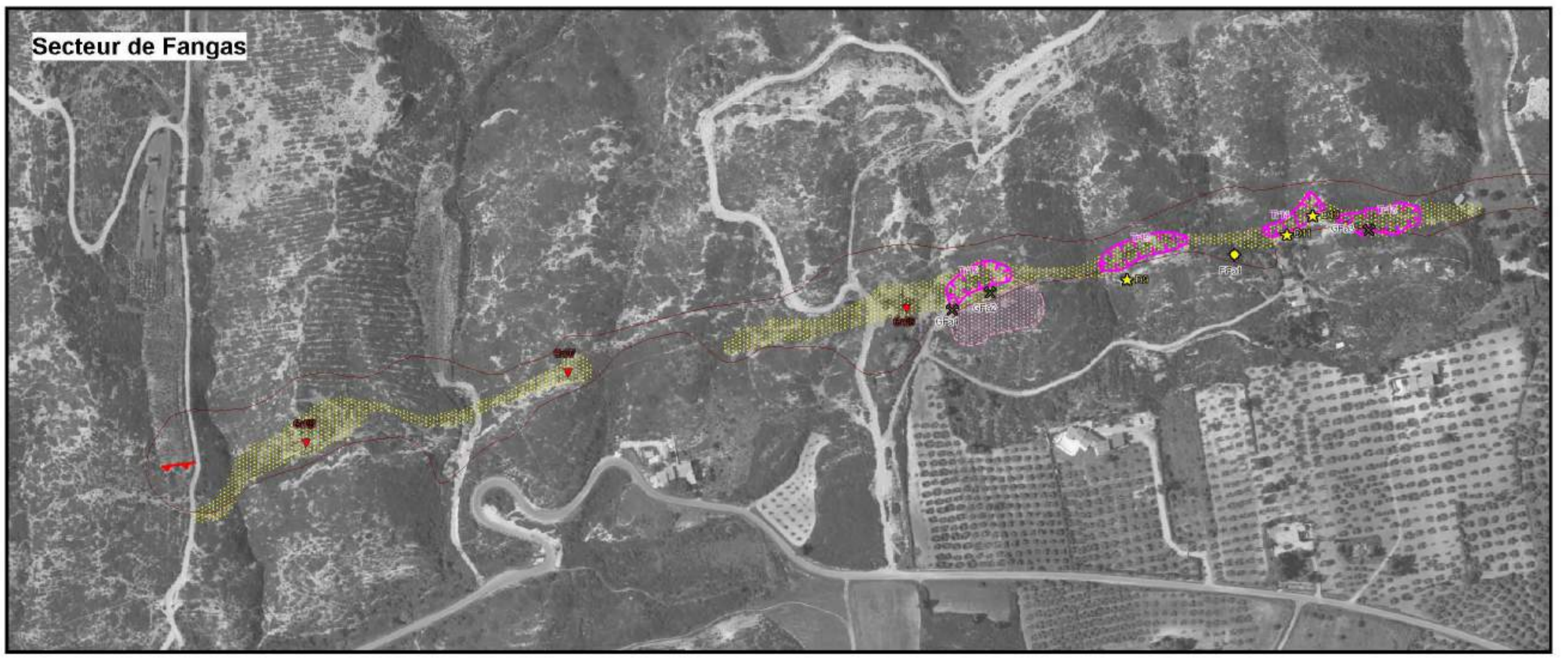
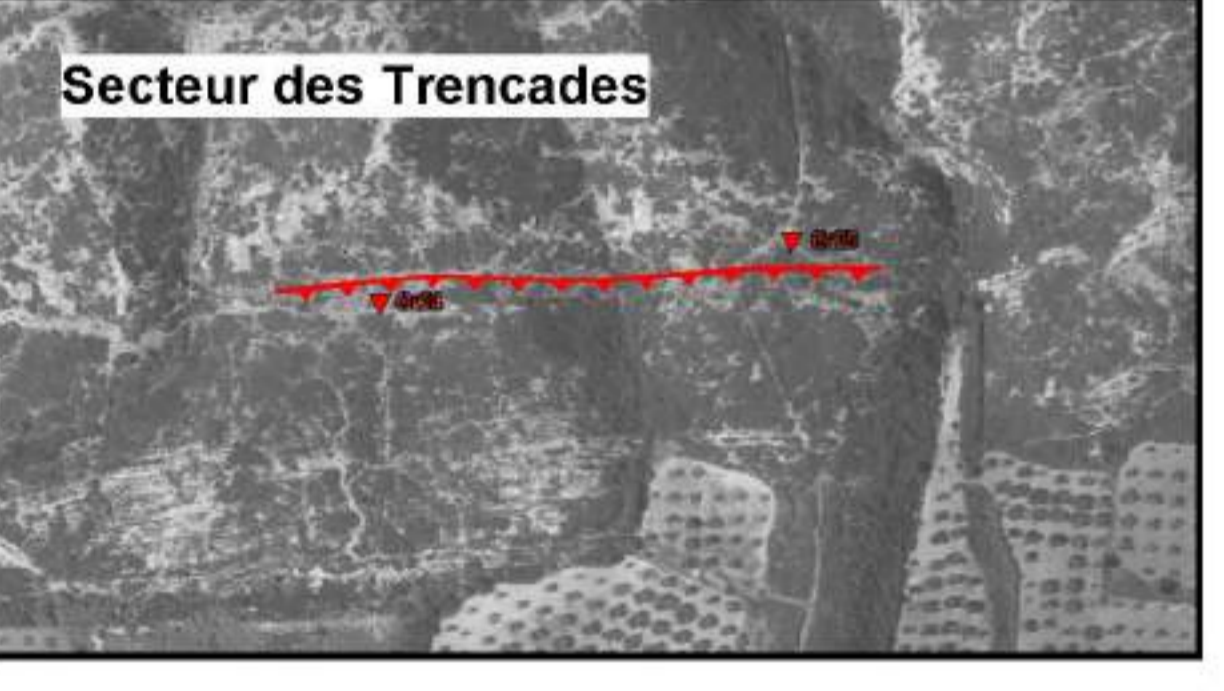
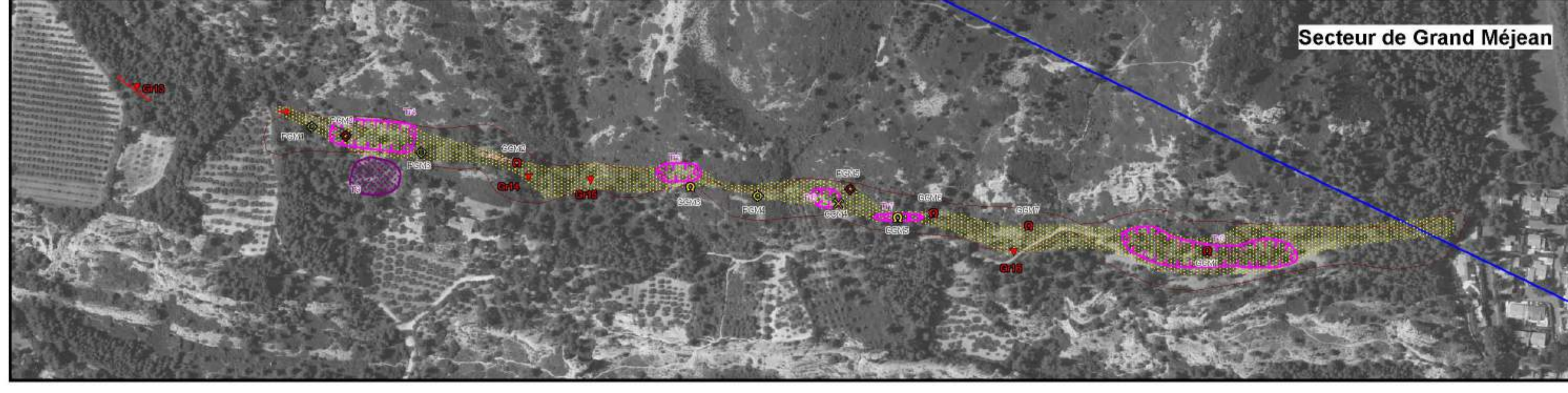
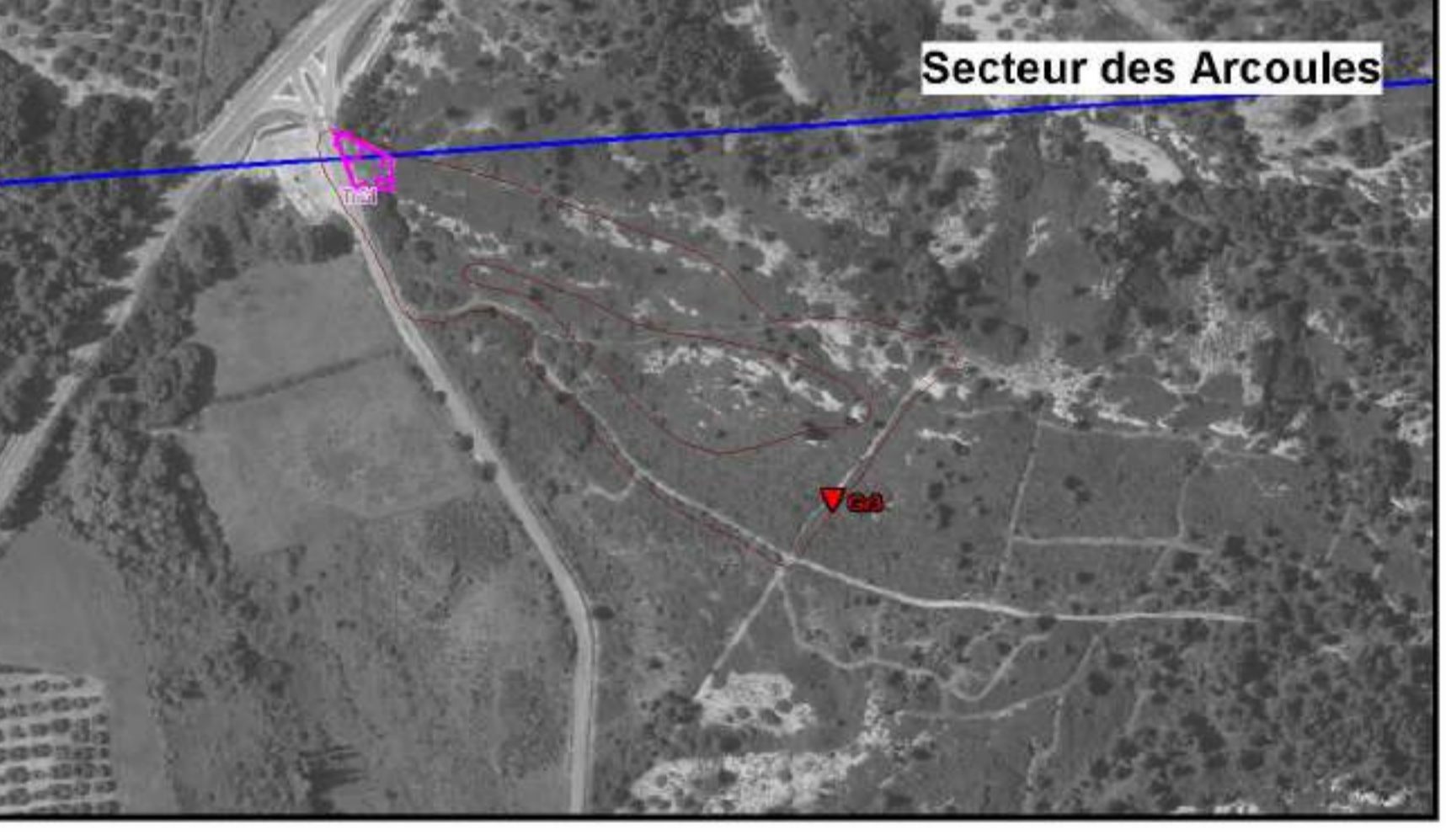
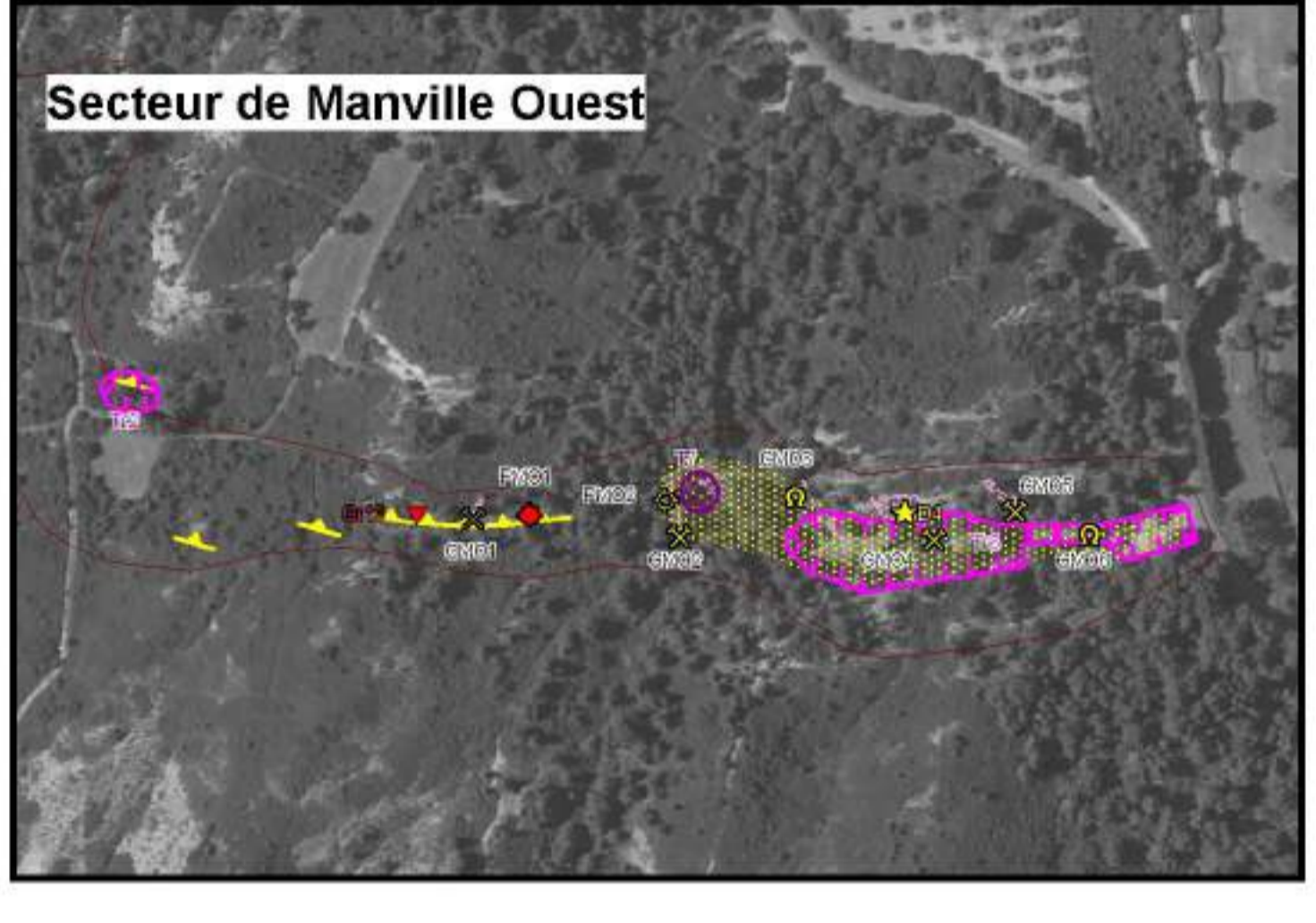
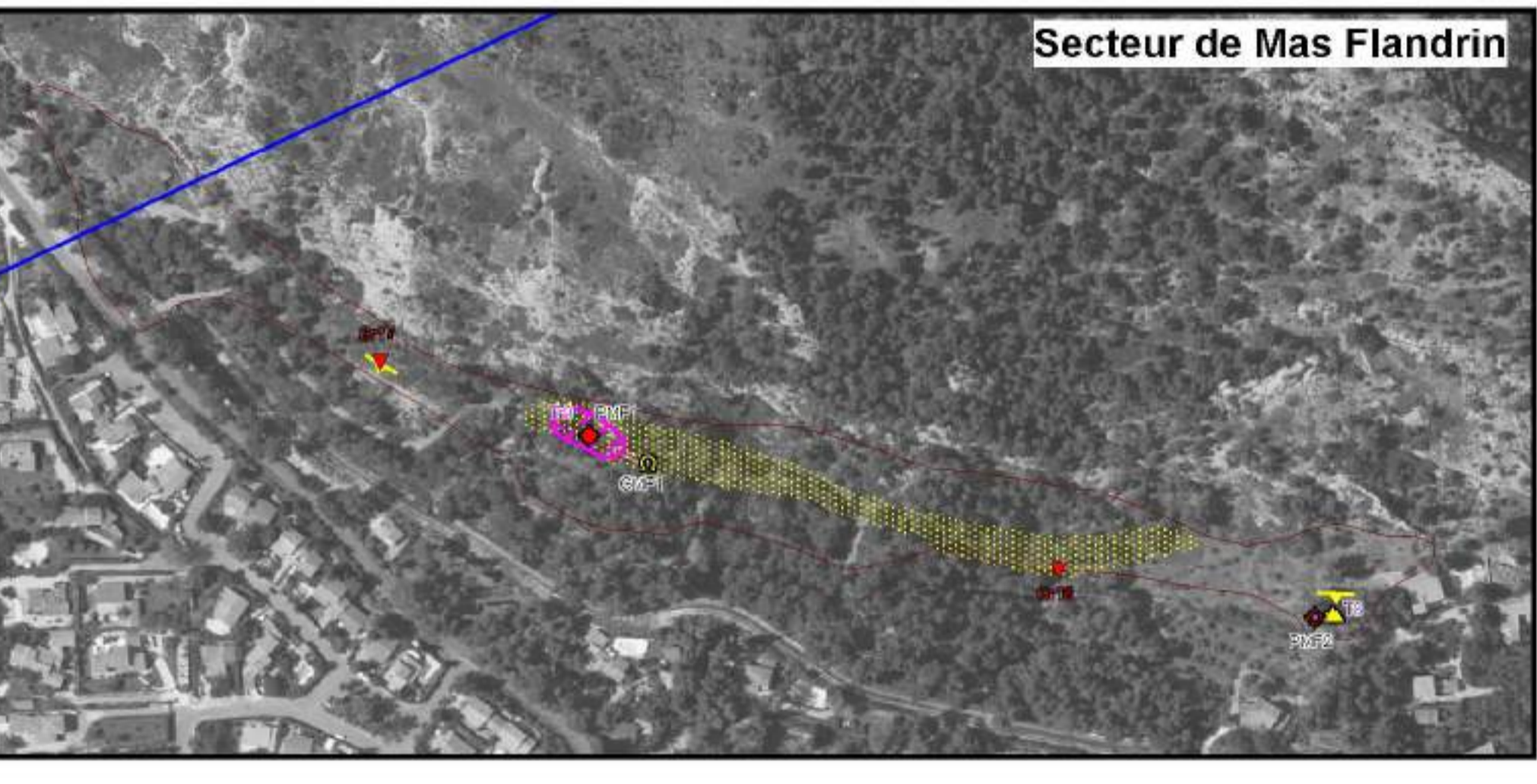
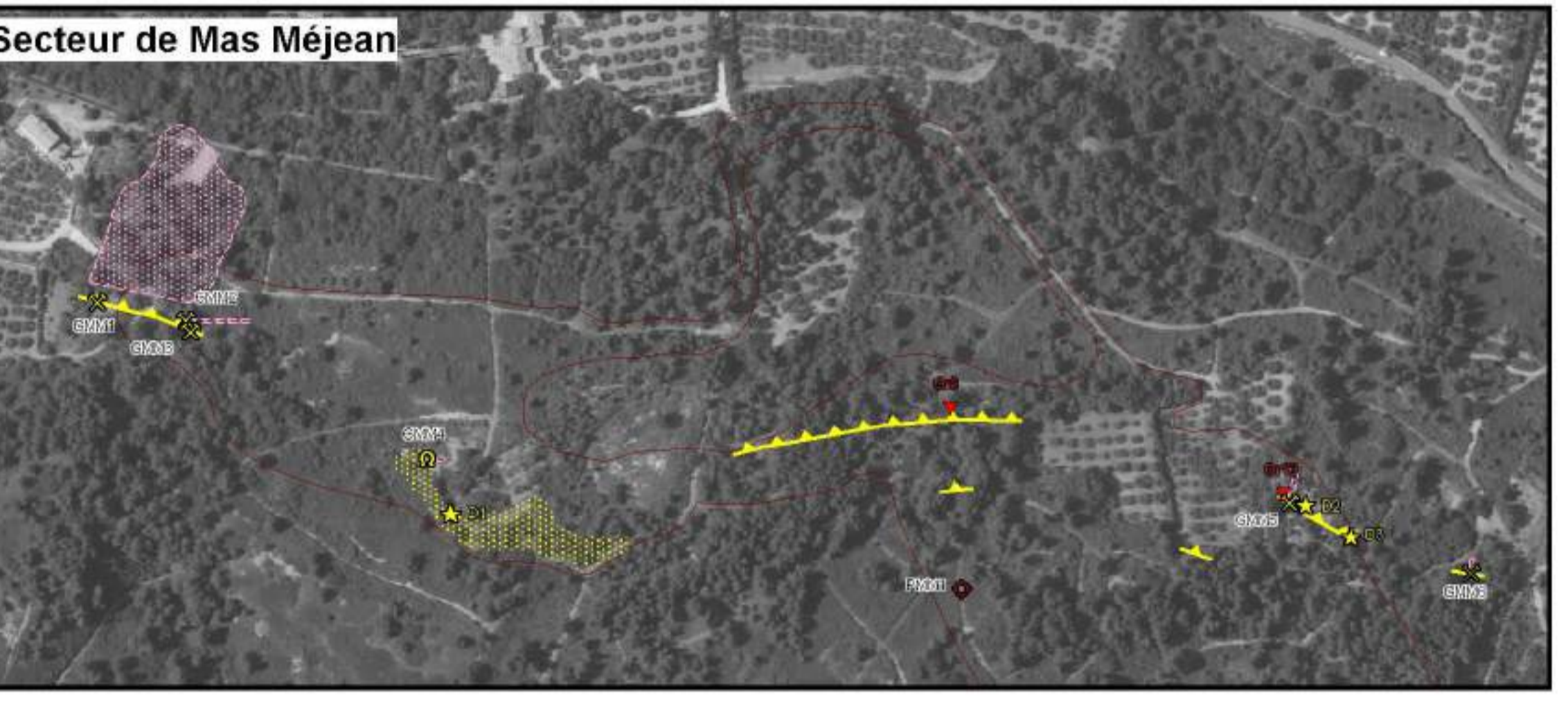
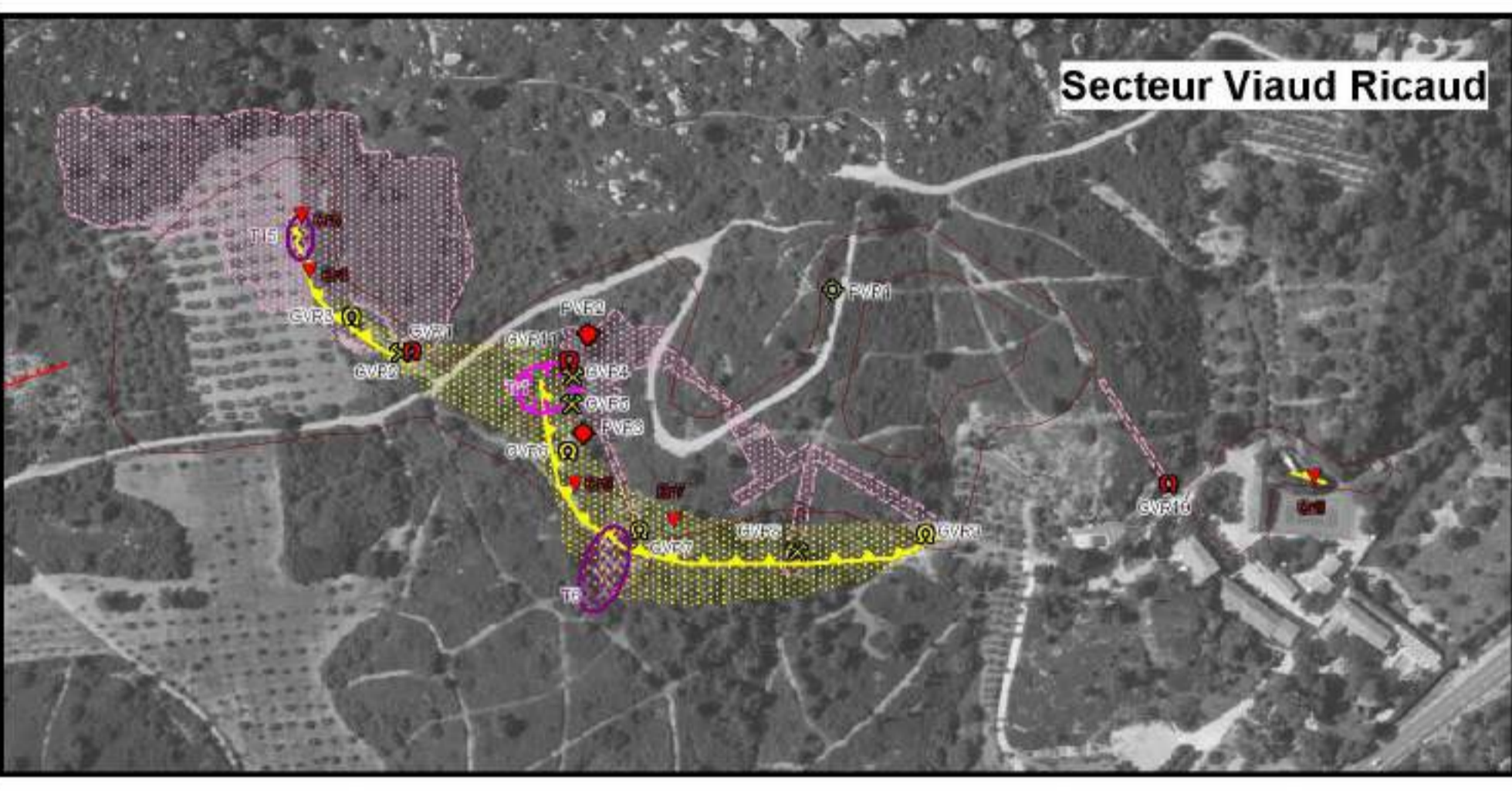
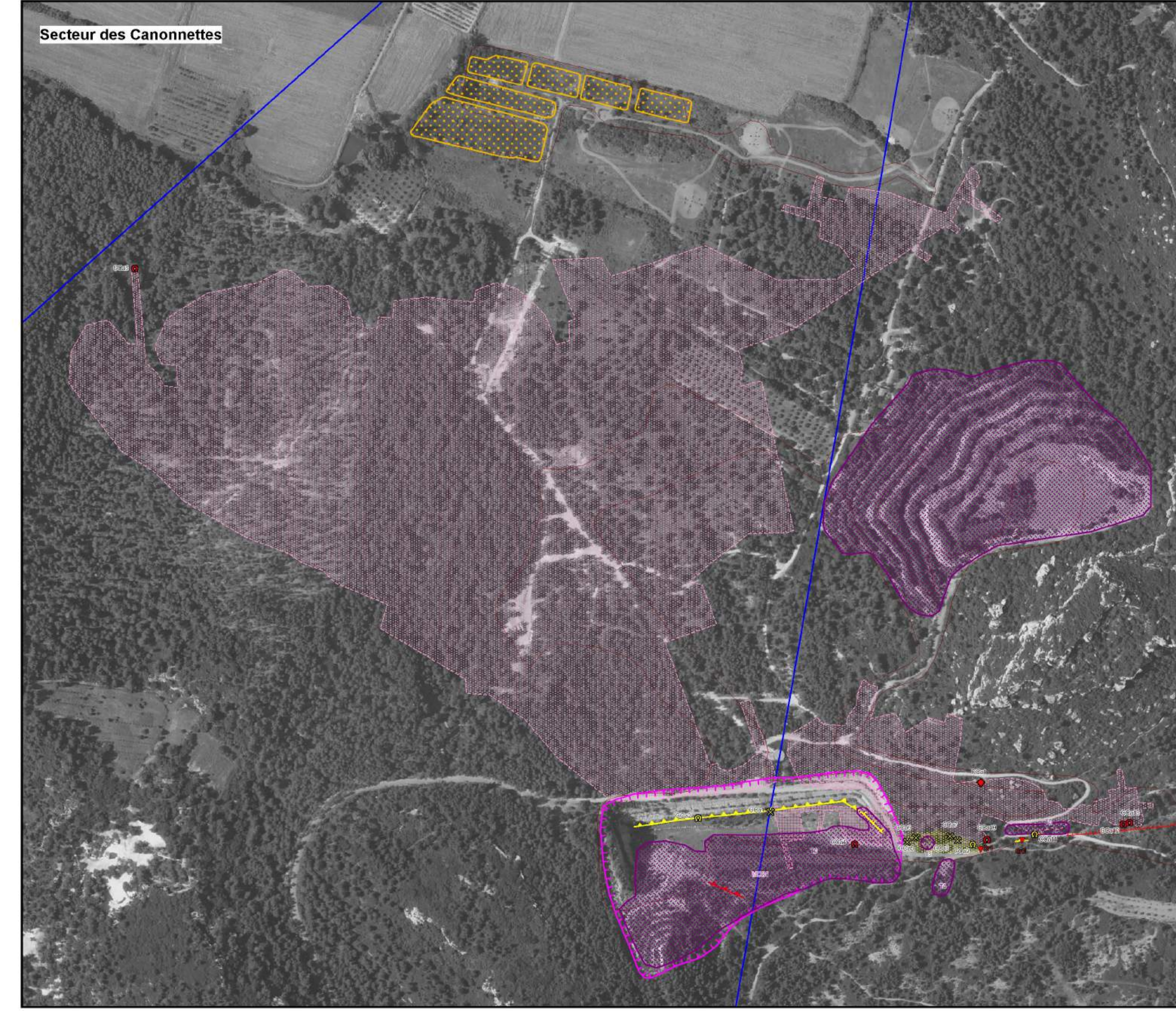
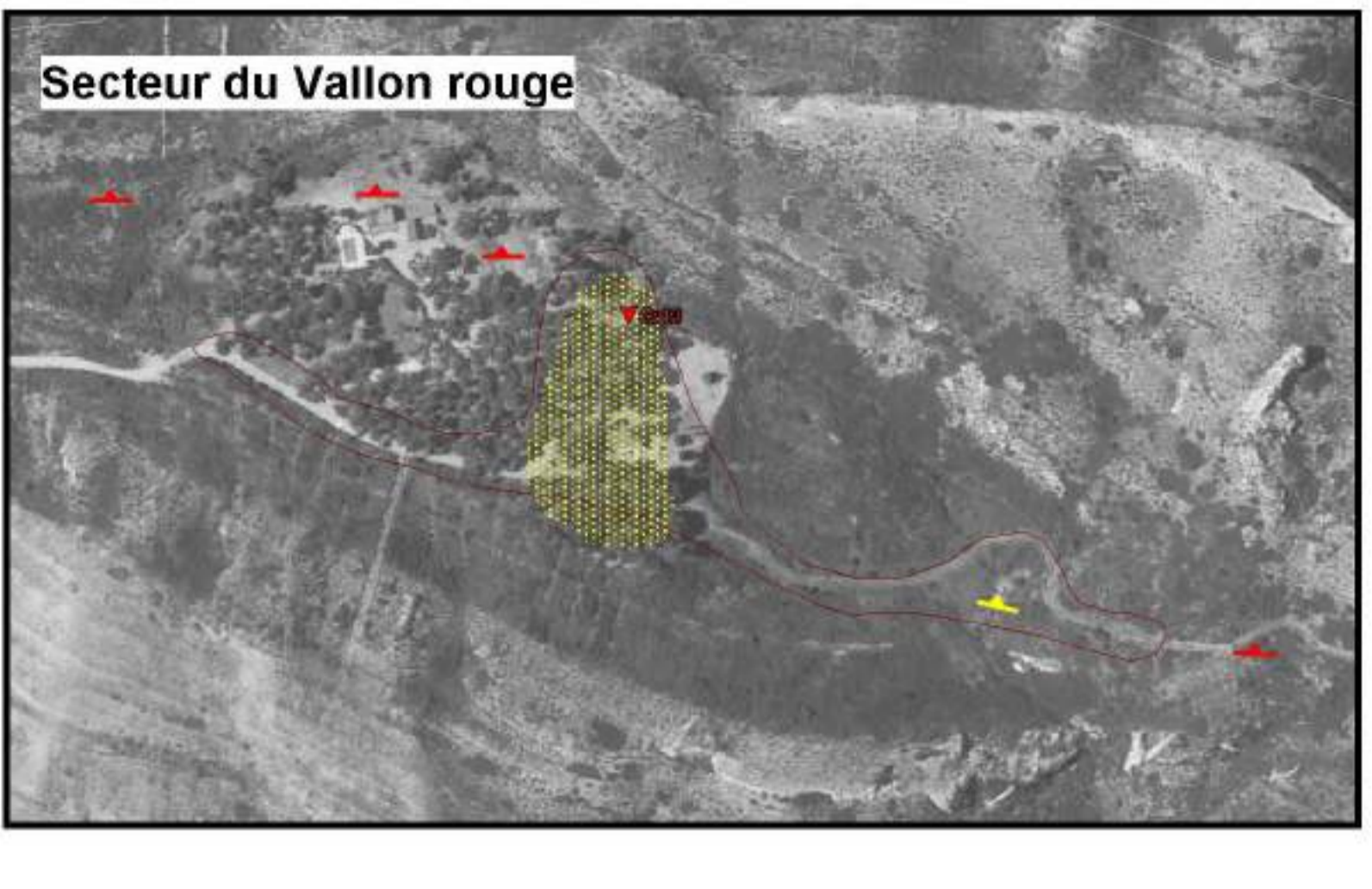
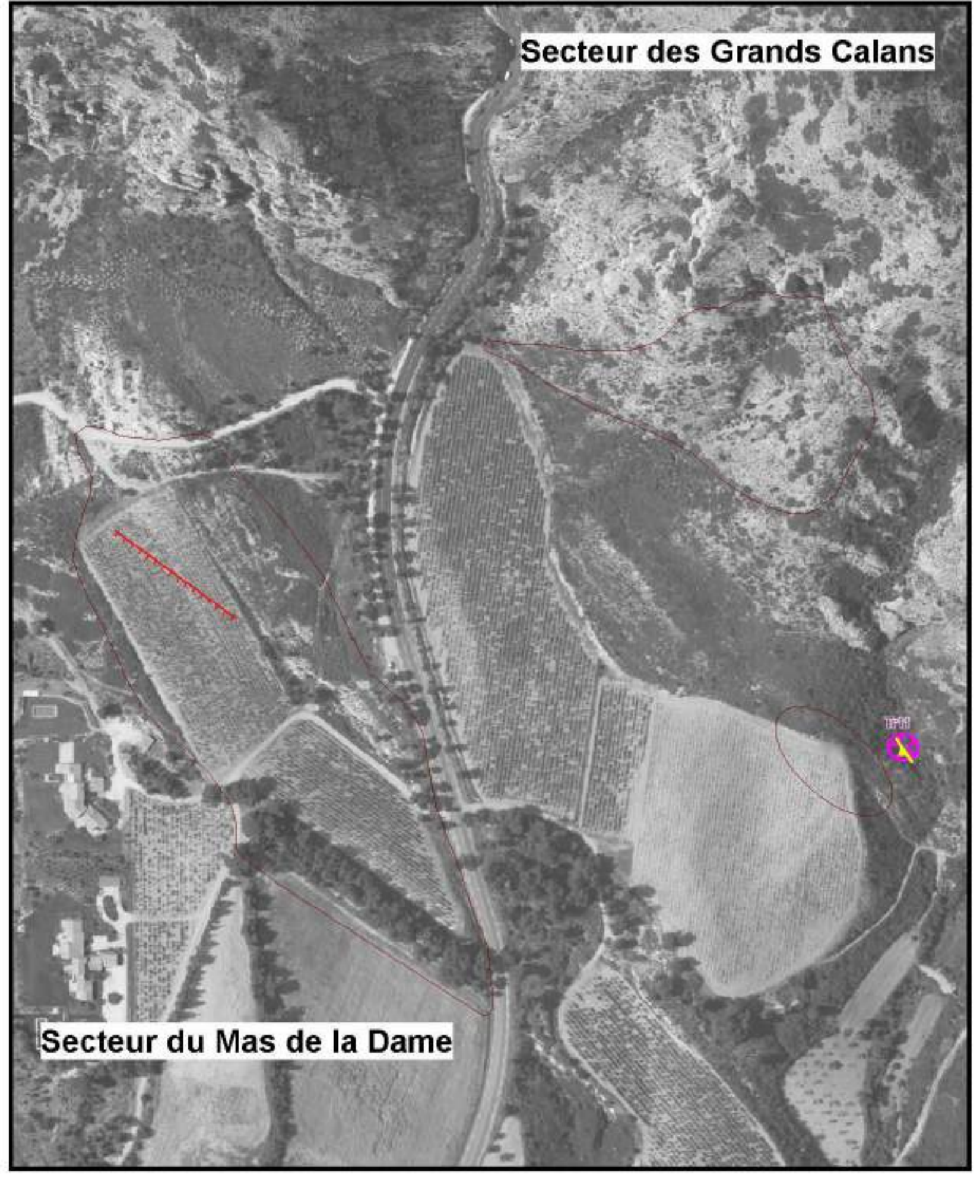
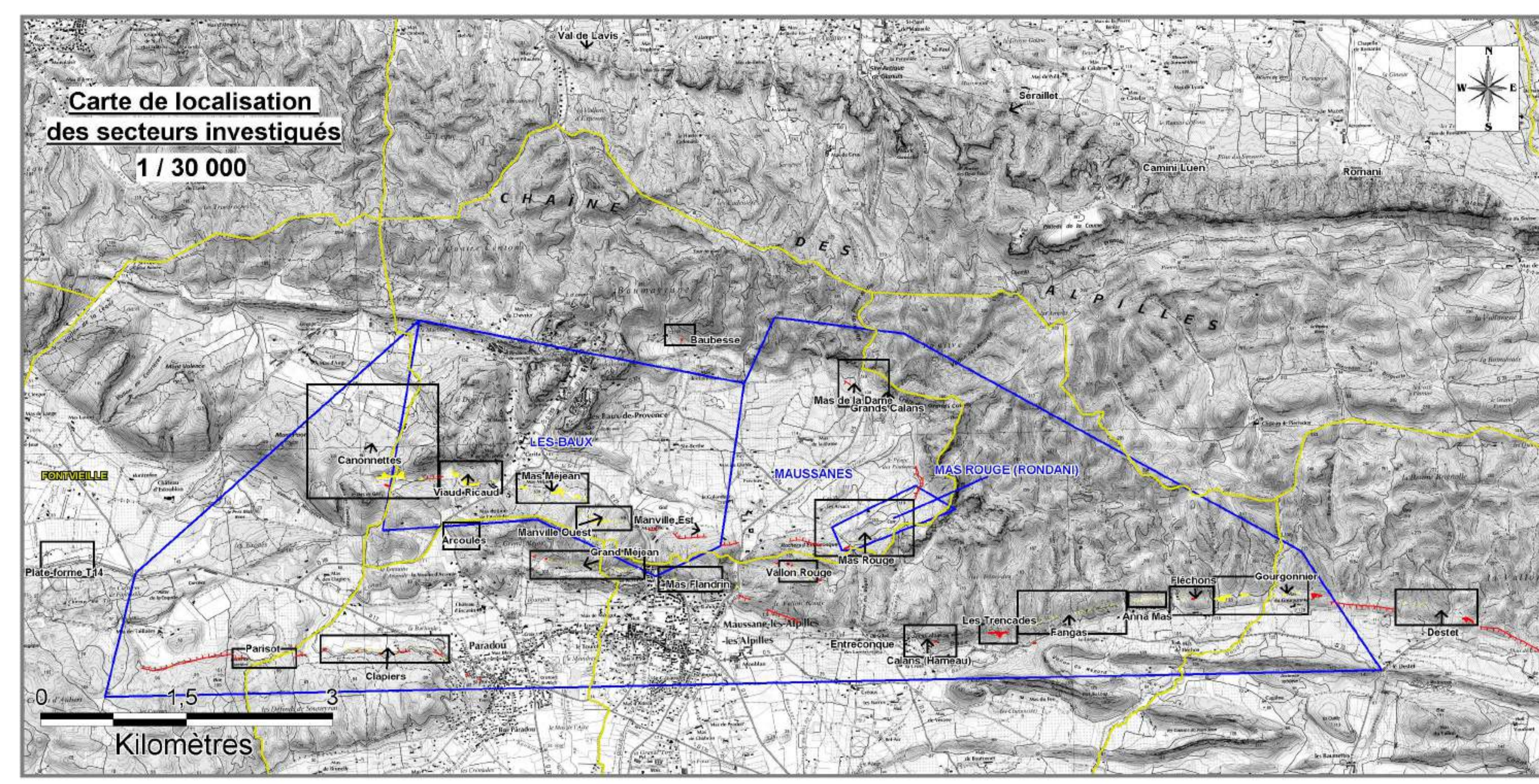
**- Carte informative -  
Concessions des Baux, de Maussane  
et PEX du Mas Rouge**

Carte établie par G. GOUILLEON en décembre 2010  
Carte établie sur ORTHOPHOTOPLAN de IGN  
Echelle 1/2500 (sur chaque extrait de secteur)

**Légende :**

- Limite de communes
- Limite de concessions
- Zones investiguées sur le terrain
- Secteurs investigués
- Affleurements observés sur le terrain
- ou positionnés d'après des données d'archives
- digitalisés d'après la carte géologique
- Désordrie
- Dépôt minier de faibles dimensions
- Emprise de dépôts miniers
- Basin de décantation
- Entrée de galerie / Puits
- Retrouvé, non ouvert et relevé au DGPS
- Retrouvé, ouvert et relevé au DGPS
- Non retrouvé
- Puits non retrouvé mais mentionné "ouvert" dans les archives
- Travaux
- Emprise des travaux souterrains
- Emprise des travaux souterrains repris à ciel ouvert
- Emprise de tranchées entou miné à ciel ouvert
- Gratages à affleurement

La présente carte est indicatrice de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données disponibles et objectives recueillies par l'INERIS et de la réglementation en vigueur. La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées. L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation. Seule la carte fournie par l'INERIS fait foi. Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que ce soit, même partielle, sans autorisation écrite de l'INERIS est formellement interdite.





Exploitations de bauxite des Alpilles dans la région des Baux-de-Provence et de Maussane-les-Alpilles (13)  
Phase informative et évaluation des aléas  
GEO DERIS

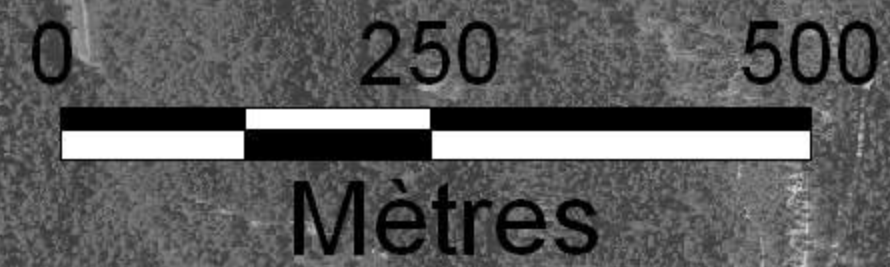
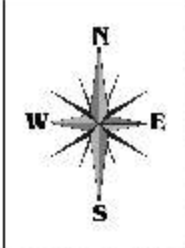
**- Carte informative -**

**Commune de Saint-Rémy-de-Provence**

Carte établie par G.GUILLON en décembre 2010  
Carte établie sur ORTHOPHOTOPLAN de IGN  
Echelle 1/5000

- Légende**
- Limite de communes
  - Limite de concessions
  - Zones investiguées sur le terrain
  - Affleurements**
  - observés sur le terrain
  - positionnés d'après des données d'archives
  - digitalisés d'après la carte géologique
  - Désordre
  - Dépôt minier de faibles dimensions
  - Emprise de dépôts miniers
  - Bassin de décantation
  - Entrée de galerie / Puits**
  - Retrouvé, non ouvert et relevé au DGPS
  - Retrouvé, ouvert et relevé au DGPS
  - Non retrouvé
  - Puits non retrouvé mais mentionné "ouvert" dans les archives
  - Travaux**
  - Emprise des travaux souterrains
  - Emprise des travaux souterrains repris à ciel ouvert
  - Emprise de tranchées et/ou mine à ciel ouvert
  - Grattages à l'affleurement

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données disponibles et objectives retrouvées par l'INERIS et de la réglementation en vigueur.  
La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées.  
L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation.  
Seule la carte fournie par l'INERIS fait document de référence.  
Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que se soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.



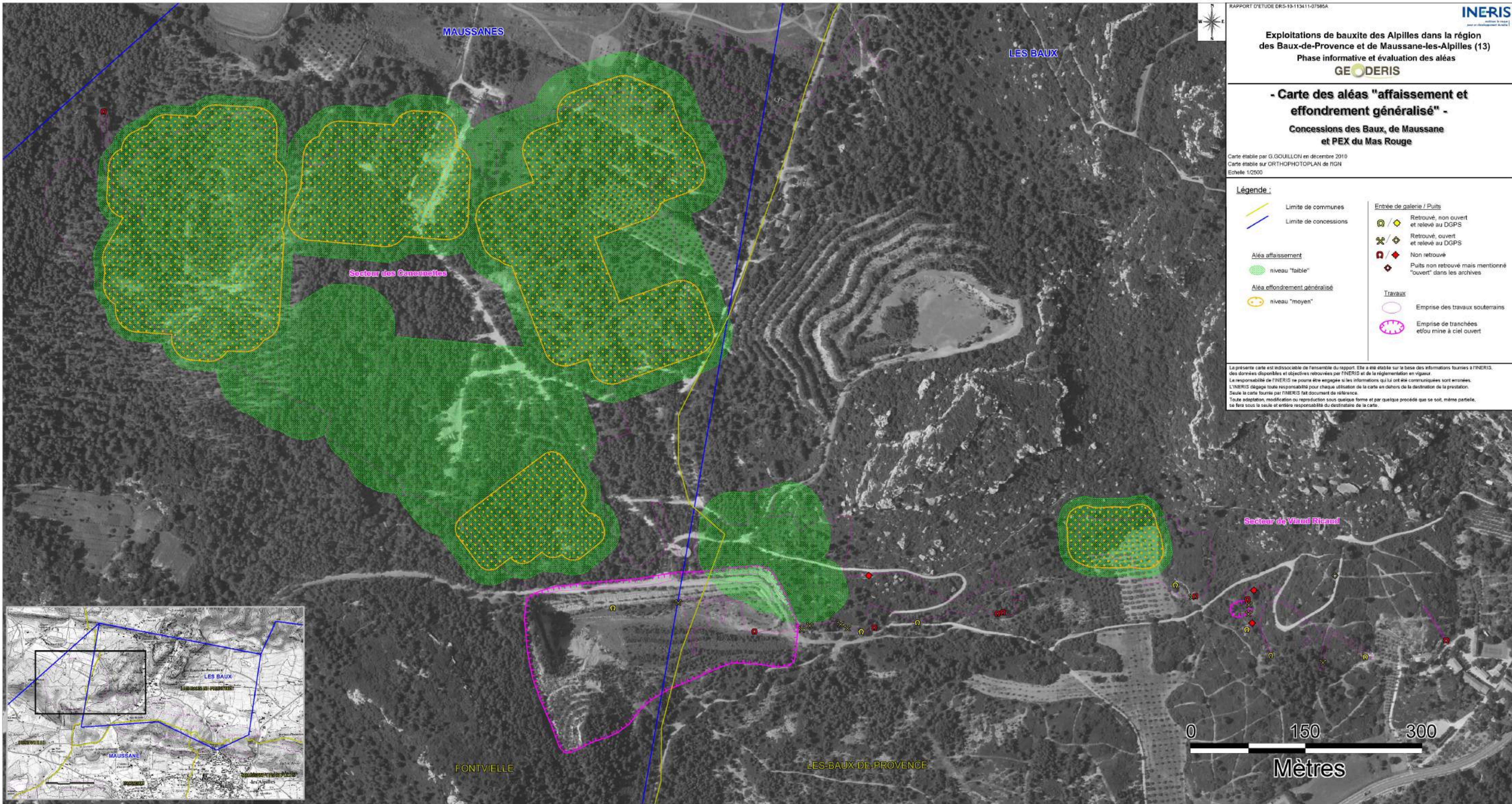


## **ANNEXE D**

### *Cartes d'aléas*

*(4 cartes hors texte)*





RAPPORT D'ETUDE DRS-10-113411-07585A

**INERIS**  
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

**Exploitations de bauxite des Alpilles dans la région des Baux-de-Provence et de Maussane-les-Alpilles (13)**  
Phase informative et évaluation des aléas  
**GEODERIS**

**- Carte des aléas "affaissement et effondrement généralisé" -**  
Concessions des Baux, de Maussane et PEX du Mas Rouge

Carte établie par G. GOULLON en décembre 2010  
Carte établie sur ORTHOPHOTOPLAN de IGN  
Echelle 1/2500

**Légende :**

Limite de communes	Limite de concessions	<b>Entrée de galerie / Puits</b>
Aléa affaissement niveau "faible"	Aléa effondrement généralisé niveau "moyen"	Retrouvé, non ouvert et relevé au DGPS
		Retrouvé, ouvert et relevé au DGPS
		Non retrouvé
		Puits non retrouvé mais mentionné "ouvert" dans les archives
		<b>Travaux</b>
		Emprise des travaux souterrains
		Emprise de tranchées et/ou mine à ciel ouvert

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données disponibles et objectives retrouvées par l'INERIS et de la réglementation en vigueur. La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées. L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation. Seule la carte fournie par l'INERIS fait document de référence. Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que se soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.



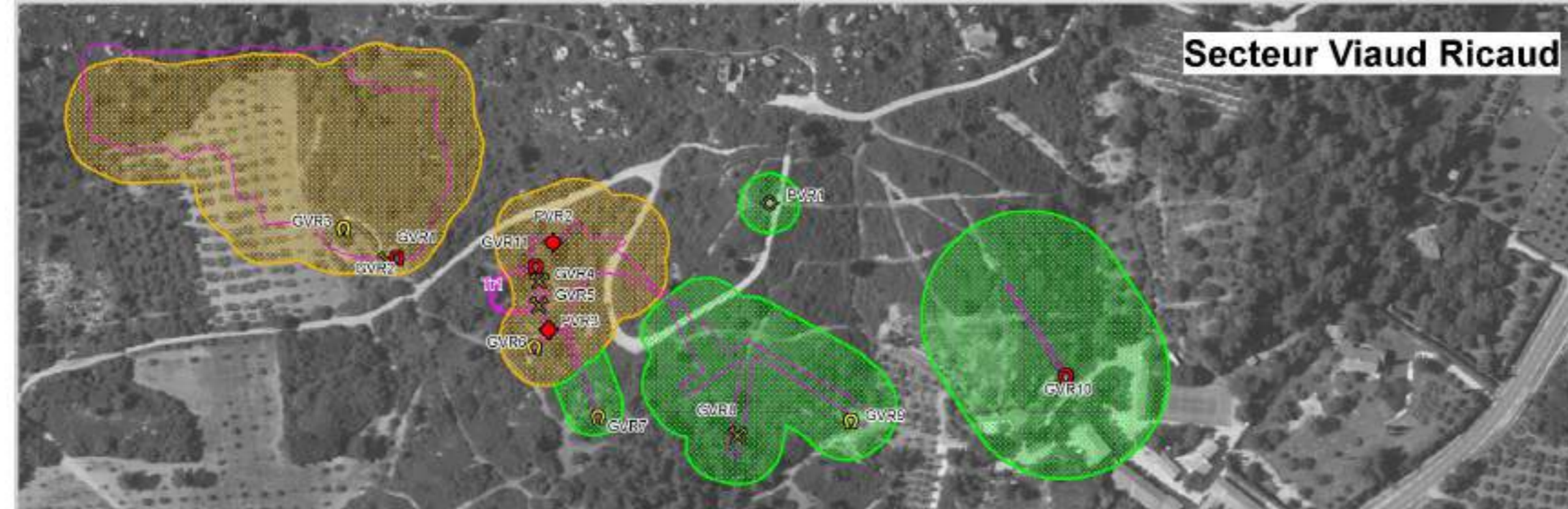
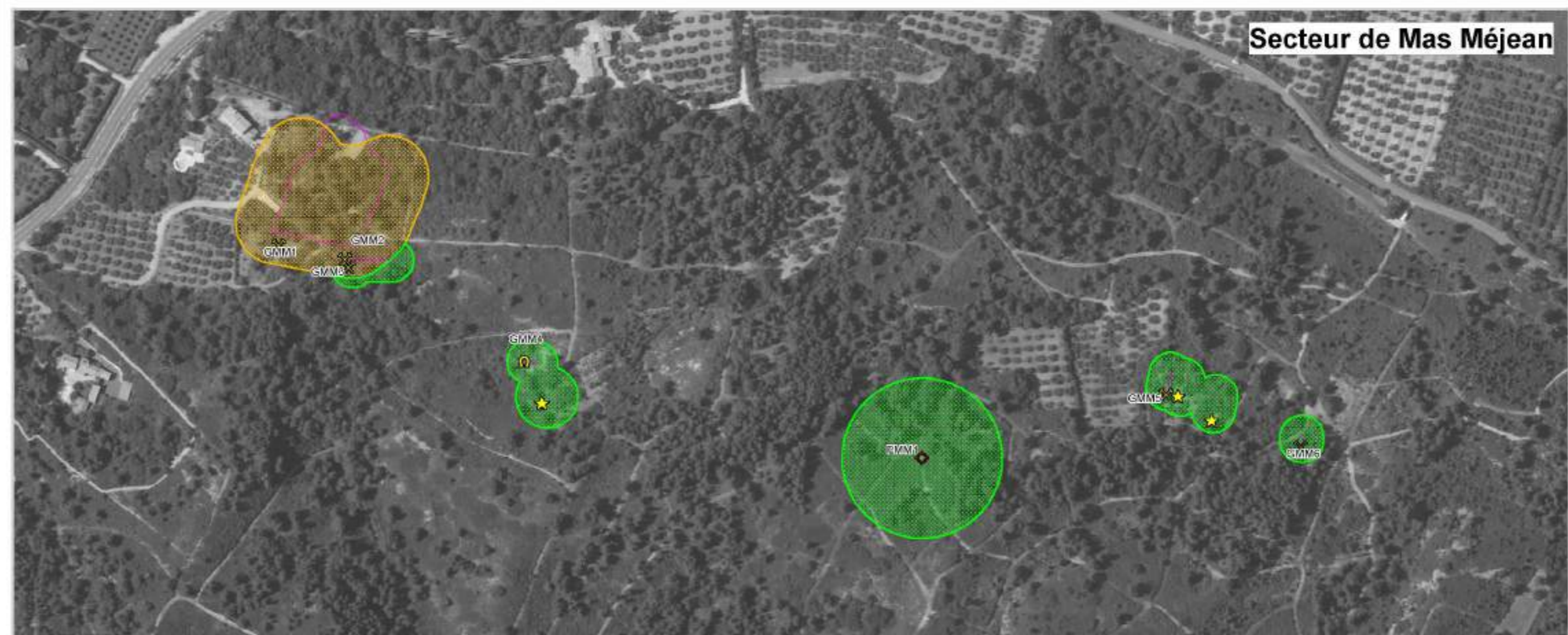
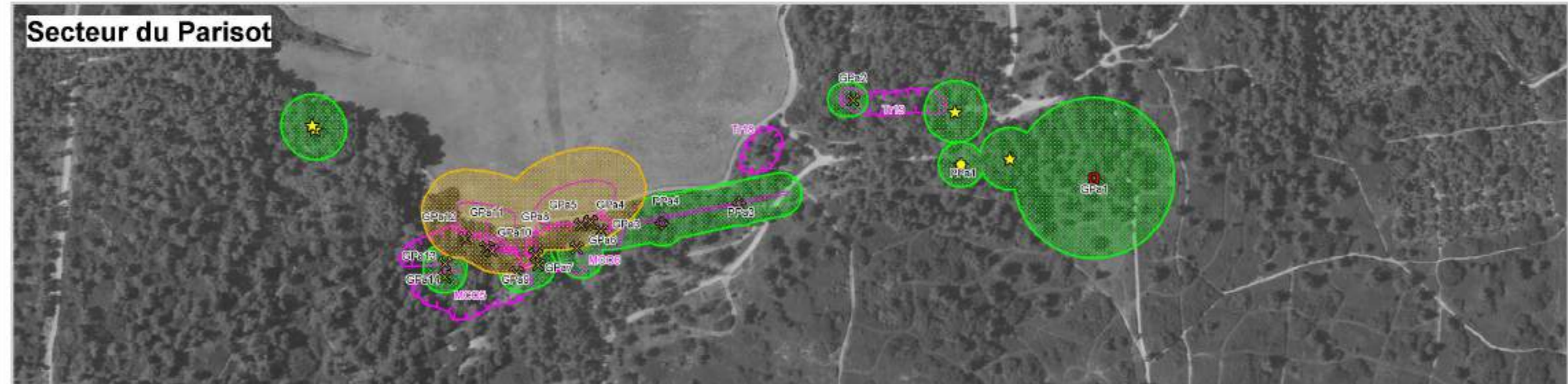
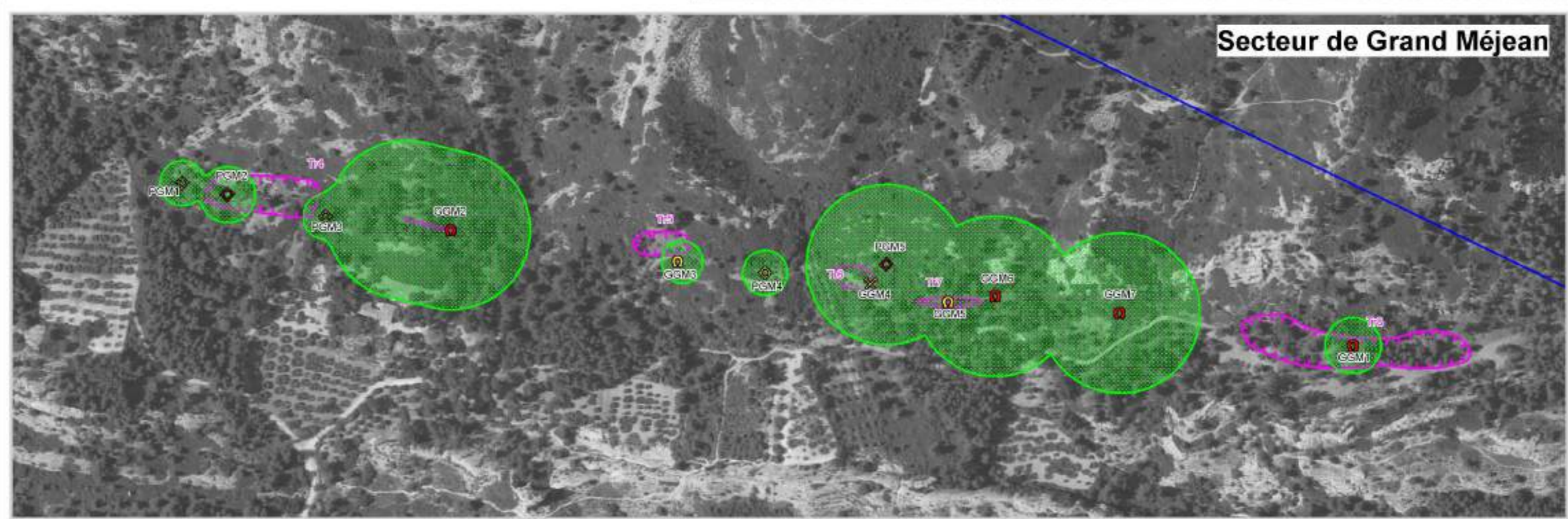
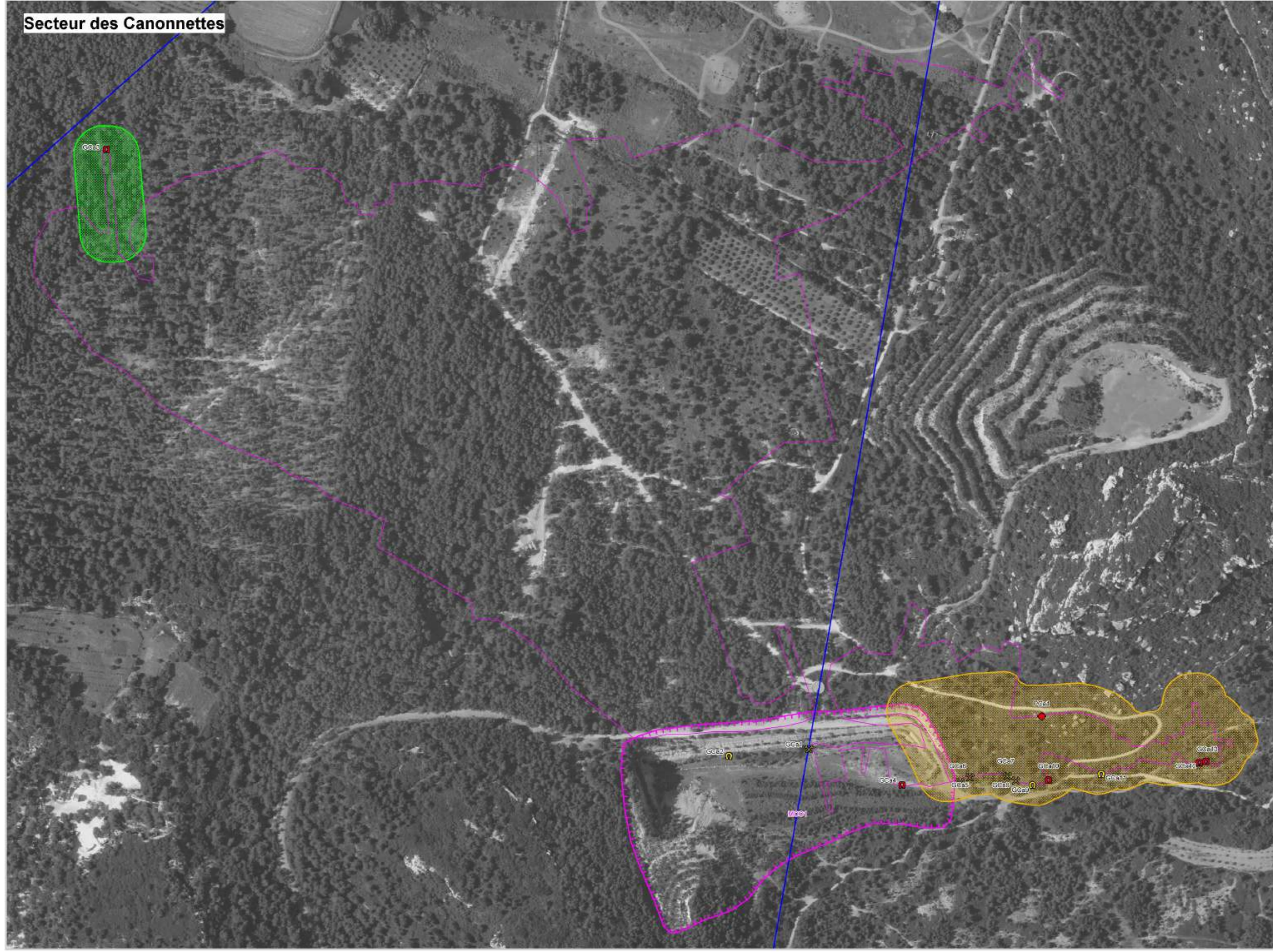
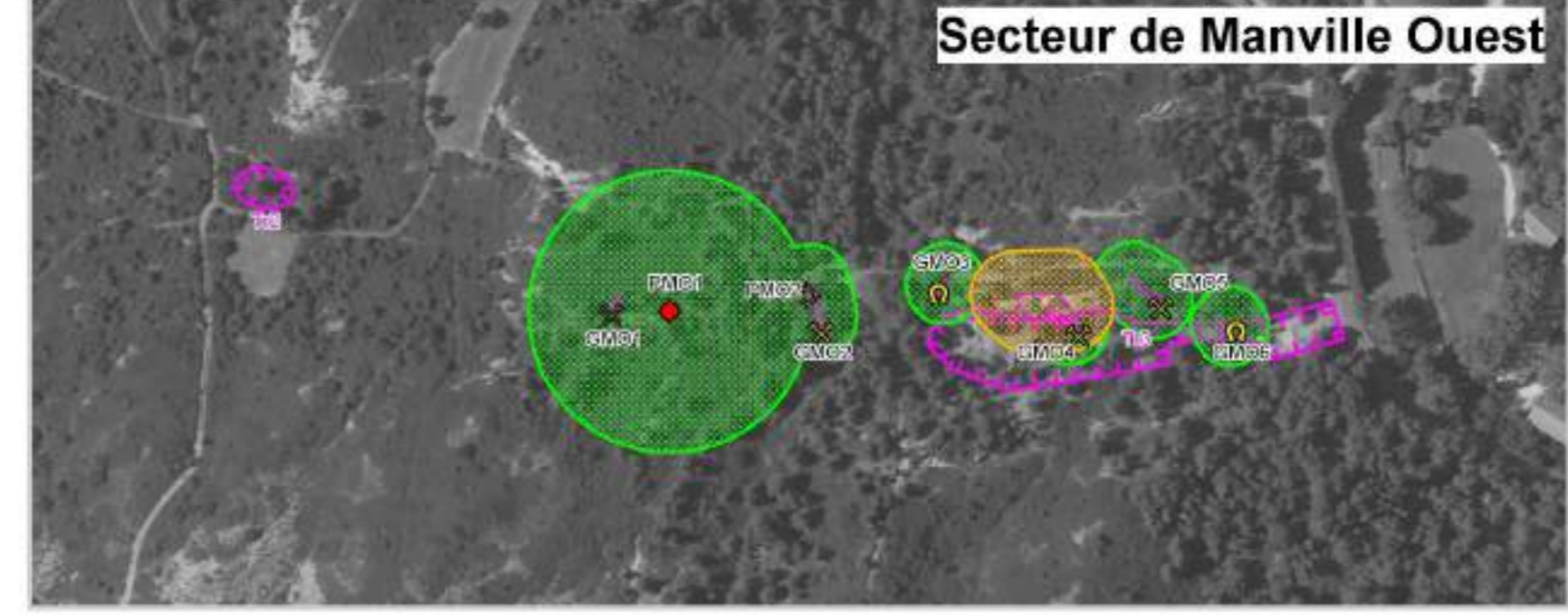
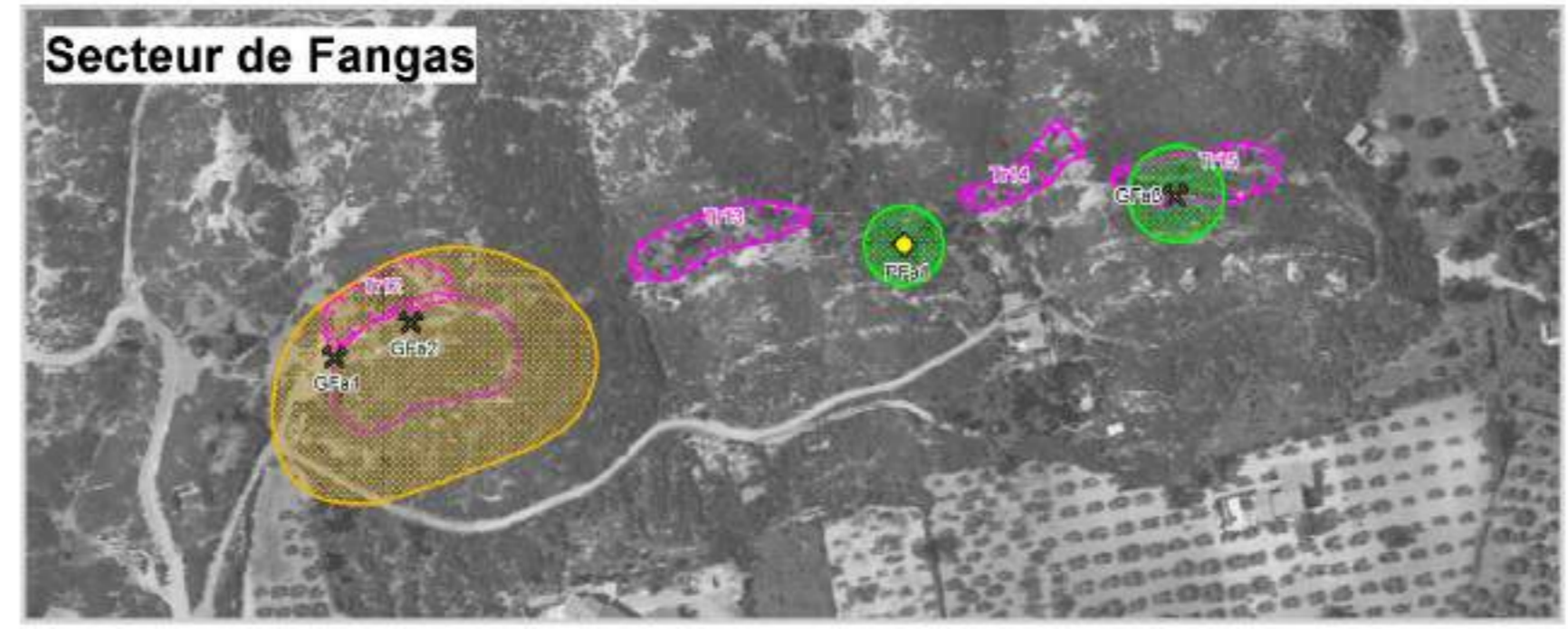
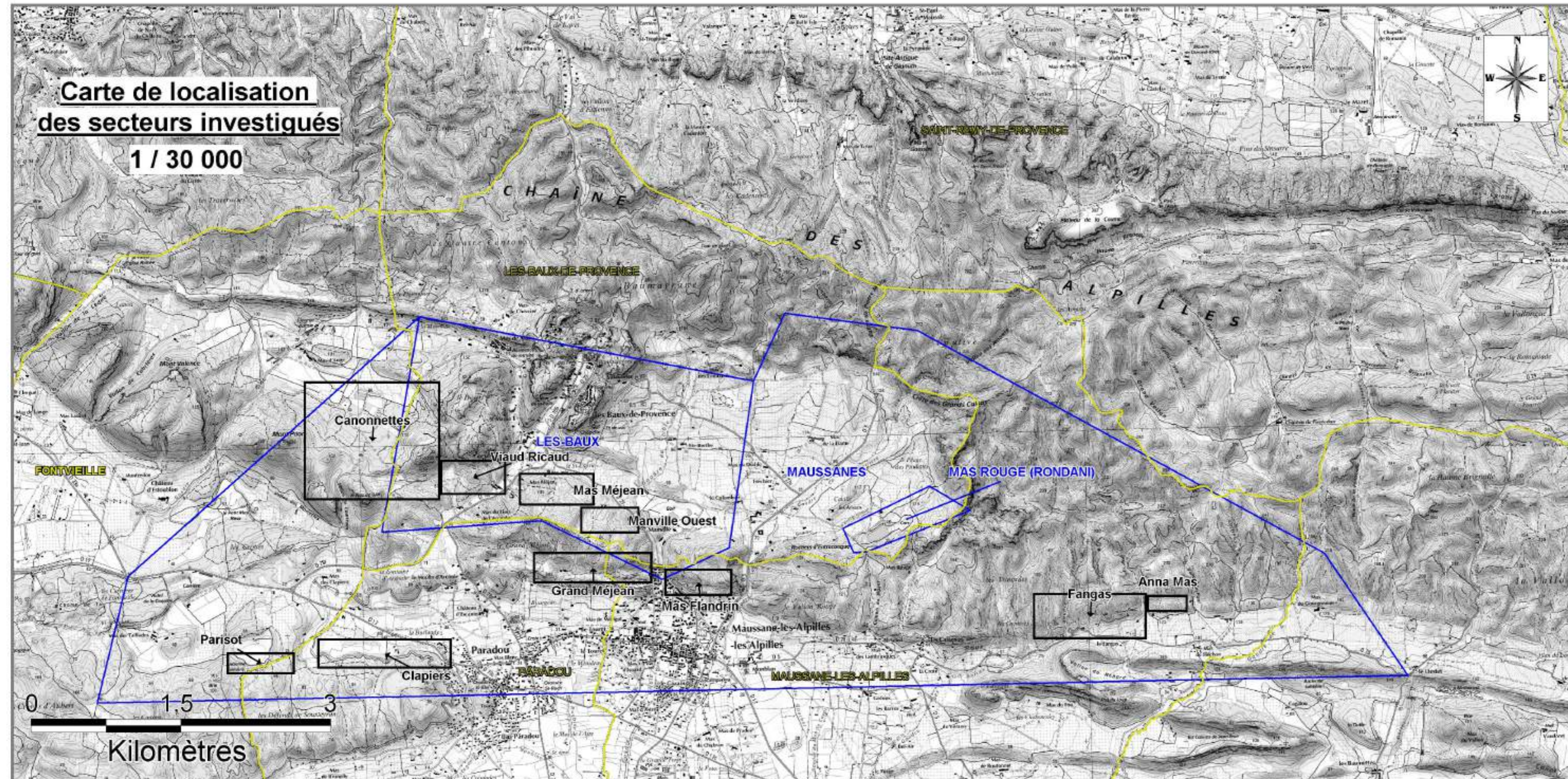
**- Carte de l'aléa "effondrement localisé" -**  
Concessions des Baux, de Maussane et PEX du Mas Rouge

Carte établie par G. GOULLON en décembre 2010  
Carte établie sur ORTHOPHOTOPLAN de FIGM  
Echelle 1/5000

**Légende :**

Limite de communes	Entrée de galerie / Puits
Limite de concessions	Retrouvé, non ouvert et relevé au DCPS
	Retrouvé, ouvert et relevé au DCPS
	Non retrouvé
	Puits non retrouvé mais mentionné "ouvert" dans les archives
	Désordre ayant conduit à supposer l'existence de travaux subsurface
Aléa effondrement localisé niveau "faible"	Emprise de travaux souterrains
Aléa effondrement localisé niveau "moyen"	Emprise de tranchées et/ou mine à ciel ouvert

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à INERIS des données disponibles et objectives retrouvées par INERIS et de la réglementation en vigueur.  
La responsabilité de INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées.  
INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation.  
Seule la carte fournie par INERIS fait document de référence.  
Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que ce soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.





**Exploitations de bauxite des Alpilles dans la région  
des Baux-de-Provence et de Maussane-les-Alpilles (13)**  
Phase informative et évaluation des aléas



**- Carte de l'aléa "effondrement localisé" -**

**Commune de Saint-Rémy-de-Provence**

Carte établie par G.GOUILLON en décembre 2010  
Carte établie sur ORTHOPHOTOPLAN de l'IGN  
Echelle 1/5000

Légende :

Limite de communes

Aléa effondrement localisé

niveau "faible"

niveau "moyen"

Entrée de galerie / Puits

/ Retrouvé, non ouvert  
et relevé au DGPS

/ Retrouvé, ouvert  
et relevé au DGPS

/ Non retrouvé

Puits non retrouvé mais mentionné  
"ouvert" dans les archives

Désordre ayant conduit à  
supposer l'existence de  
travaux souterrains

Travaux

Emprise des travaux souterrains

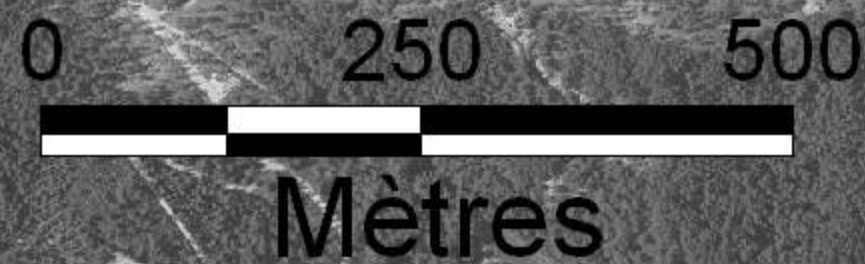
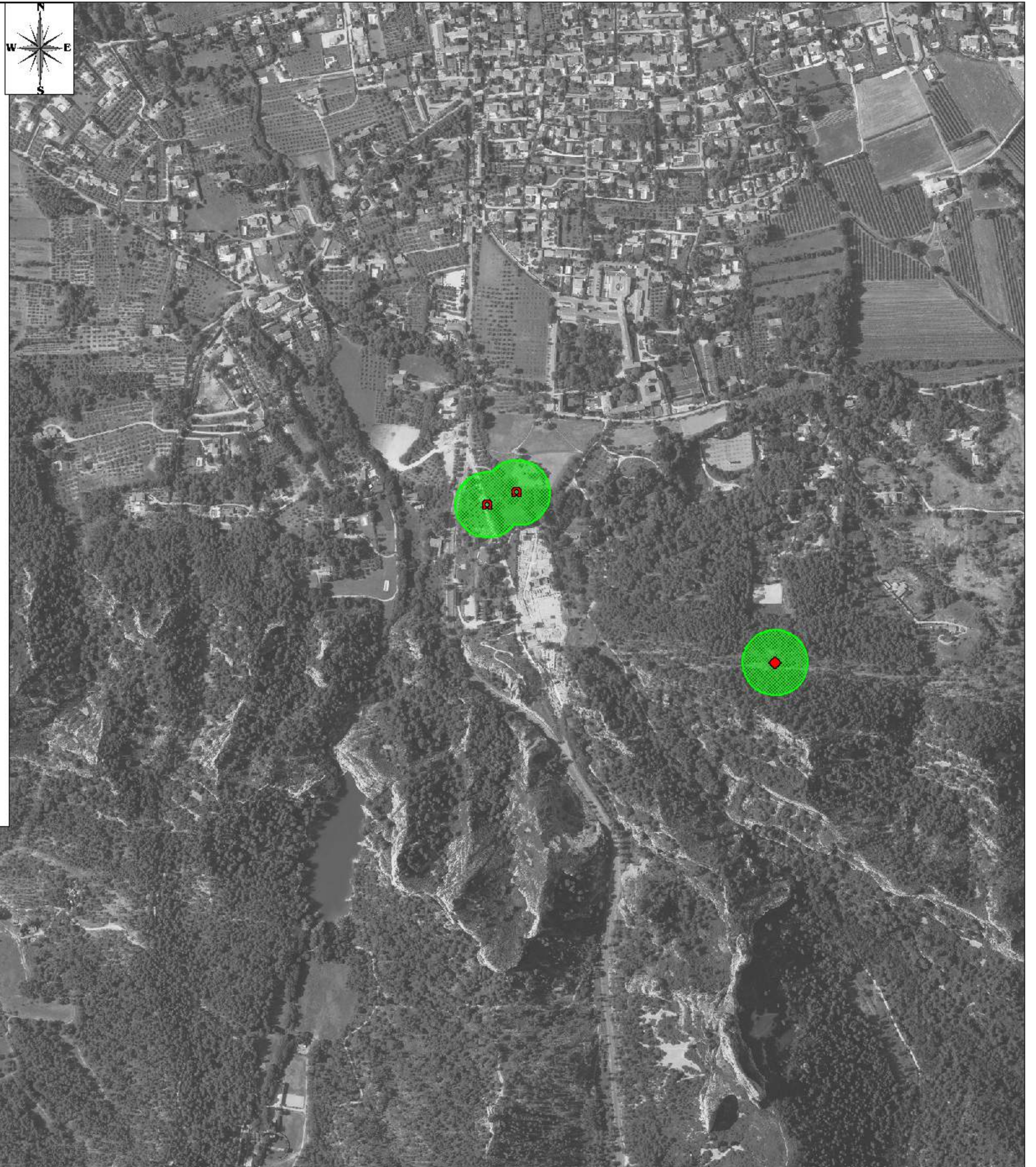
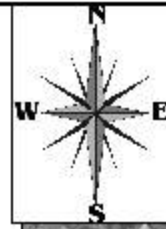
Emprise de tranchées  
et/ou mine à ciel ouvert

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données disponibles et objectives retrouvées par l'INERIS et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées. L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation.

Seule la carte fournie par l'INERIS fait document de référence.

Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que se soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.





**- Carte des aléas "écroulement, glissement et tassement" - Concessions des Baux, de Maussane et PEX du Mas Rouge**

Carte établie par G. GOULLON en décembre 2010  
Carte établie sur ORTHOPHOTOPLAN de IGN  
Echelle 1/2500

**Légende :**

- Limite de communes
- Limite de concessions
- Aléa écoulement
  - niveau "faible"
  - niveau "moyen"
- Aléa glissement
  - niveau "faible"
  - niveau "moyen"
  - niveau "fort"
- Aléa tassement
  - niveau "faible"
- Travaux
  - Emprise de dépôts miniers
  - Emprise de tranchées et/ou mine à ciel ouvert

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS des données disponibles et objectives retrouvées par l'INERIS et de la réglementation en vigueur. La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées. L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation. Seule la carte fournie par l'INERIS fait document de référence. Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que se soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.

