

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

**Bassin du Lubéron (04)  
Synthèse de l'évaluation des aléas liés à  
l'ancienne activité minière  
Mise à jour de la cartographie des aléas des  
communes de Dauphin, Manosque, Pierrevert,  
Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux,  
Saint-Michel-l'Observatoire, Villemus,  
Villeneuve et Volx**

**RAPPORT S 2018/002DE - 18PAC36010**

Date : 15/01/2018



**Bassin du Lubéron (04)**  
**Synthèse de l'évaluation des aléas liés à**  
**l'ancienne activité minière**  
**Mise à jour de la cartographie des aléas des**  
**communes de Dauphin, Manosque, Pierrevert,**  
**Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux,**  
**Saint-Michel-l'Observatoire, Villemus,**  
**Villeneuve et Volx**

RAPPORT S 2018/002DE - 18PAC36010

Diffusion :

Pôle Après-Mine Sud

DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur  
*12 ex. papier (1 DREAL, 9 communes, 2 DDT)*  
*13 CD (1 DREAL, 9 communes, 2 DDT, 1 Préfecture)*

GEODERIS

Jehan GIROUD

Hubert FOMBONNE

Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	O. LEFEBVRE	C. VACHETTE
Visa			



## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Définitions et méthodologie</b>	7
1.1	Définitions de l'aléa et du risque	7
1.1	Aléa faible	7
1.2	Aléa fort	7
1.2	Incertitudes cartographiques	7
1.3	Méthodologie mise en œuvre	8
<b>2</b>	<b>Contexte et périmètre de l'étude</b>	11
<b>3</b>	<b>Travaux réalisés et démarche adoptée</b>	15
<b>4</b>	<b>Synthèse du contexte géologique et gîtologique du sous-bassin de Manosque</b>	17
4.1	Gisement de lignite	19
4.1.1	<i>Flanc sud</i>	19
4.1.2	<i>Flanc nord</i>	20
4.2	Gisement de bitume	20
4.3	Gisement de soufre	21
4.4	Gisement de sel	21
4.5	Hydrogéologie	21
<b>5</b>	<b>Description synthétique des travaux miniers</b>	23
5.1	Exploitations du lignite	23
5.1.1	<i>Siège de Gaude</i>	23
5.1.2	<i>Site de La Rochette</i>	24
5.1.3	<i>Site de Pierrevert</i>	24
5.1.4	<i>Siège de Bois d'Asson</i>	25
5.1.5	<i>Siège de Biabaux</i>	26
5.1.6	<i>Siège de La Gypièrre</i>	27
5.1.7	<i>Siège de La Colle</i>	27
5.1.8	<i>Siège du Gontard</i>	28
5.1.9	<i>Site Colline d'Ubaye</i>	28
5.2	Exploitations de schistes bitumineux	28
5.2.1	<i>Gisements de Bois d'Asson</i>	29
5.2.2	<i>Site du Ravin de l'Ausset</i>	29
5.2.3	<i>Gisements de Biabaux et La Gypièrre</i>	29

5.3	Exploitations du soufre .....	29
5.3.1	<i>Siège de Biabaux</i> .....	29
5.3.2	<i>Gisement de La Croupatassière</i> .....	30
5.3.3	<i>Gisement de Bourne</i> .....	30
5.4	Exploitation du sel .....	30
5.5	Synthèse par commune des exploitations .....	31
<b>6</b>	<b>Etat des connaissances du bassin</b> .....	<b>33</b>
6.1	Ouvrages débouchant au jour .....	33
6.2	Etat géotechnique des travaux souterrains .....	33
6.3	Désordres de type mouvement de terrains.....	37
6.4	Les dépôts : Verses et terrils .....	39
6.5	Eléments relatifs au gaz de mine .....	40
6.6	Eléments relatifs aux incendies .....	41
6.7	Données environnementales.....	42
<b>7</b>	<b>Cartographie informative</b> .....	<b>43</b>
7.1	Incertitudes de localisation .....	43
7.1.1	<i>Incertitudes sur la position des ouvrages débouchant au jour</i> .....	44
7.1.2	<i>Incertitudes de localisation des travaux miniers souterrains</i> .....	44
<b>8</b>	<b>Liste des phénomènes</b> .....	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>Identification des phénomènes retenus et écartés</b> .....	<b>51</b>
9.1	Phénomènes écartés.....	51
9.1.1	<i>Effondrement généralisé</i> .....	51
9.1.2	<i>Mouvements de pente</i> .....	51
9.2	Phénomènes retenus .....	52
9.2.1	<i>Effondrement localisé</i> .....	52
9.2.2	<i>Affaissement</i> .....	52
9.2.3	<i>Tassement</i> .....	52
9.2.4	<i>Echauffement</i> .....	53
9.2.5	<i>Inondation</i> .....	53
9.3	Aléas non évalués .....	54
9.3.1	<i>Gaz de mine</i> .....	54
9.3.2	<i>Pollution des eaux et sols</i> .....	54
9.3.3	<i>Emission rayonnements ionisants</i> .....	55

<b>10</b>	<b>Evaluation des aléas mouvements de terrain</b>	57
10.1	L'effondrement localisé	57
10.1.1	<i>Description du phénomène</i>	57
10.1.2	<i>Zone d'altération superficielle</i>	59
10.1.3	<i>Evaluation de l'aléa effondrement localisé</i>	59
10.2	L'affaissement	68
10.2.1	<i>Description du phénomène</i>	68
10.2.2	<i>Evaluation de l'aléa affaissement</i>	70
10.3	Evaluation de l'aléa tassement	73
<b>11</b>	<b>Evaluation de l'aléa échauffement</b>	75
<b>12</b>	<b>Evaluation de l'aléa inondation</b>	77
12.1	Modifications des émergences	77
12.1.1	<i>Evaluation de la prédisposition</i>	77
12.1.2	<i>Evaluation de l'intensité</i>	77
12.1.3	<i>Evaluation de l'aléa</i>	78
12.2	Inondation brutale	78
12.2.1	<i>Evaluation de la prédisposition</i>	78
12.2.2	<i>Evaluation de l'intensité</i>	78
12.2.3	<i>Evaluation de l'aléa</i>	78
<b>13</b>	<b>Cartographie des aléas</b>	79
13.1	Cartographie de l'aléa effondrement localisé	79
13.2	Cartographie de l'aléa affaissement	81
13.3	Synthèse de la cartographie des aléas	82
<b>14</b>	<b>Conclusions</b>	85

**Mots clés :** Dauphin, Manosque, Montfuron, Pierrevert, Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux, Saint-Michel-l'Observatoire, Villemus, Villeneuve, Volx, effondrement localisé, affaissement, tassement, inondation, lignite, soufre, bitume



## Introduction

Le bassin du Lubéron a été le siège d'un grand nombre d'exploitations minières entre 1850 et 1965. Ceci a donné lieu à l'institution d'une trentaine de titres miniers, essentiellement pour le lignite, mais également pour le bitume, le soufre et le sel.

Le bassin du Lubéron se décompose en deux sous-bassins. Le premier centré sur la pointe nord de la commune de Manosque a fait l'objet de recherches et/ou d'exploitations de gisements de lignite (16 concessions), de schistes bitumineux (5 concessions), de soufre (3 concessions) et de sel (PEX de Manosque et concession de Passaire). Le second, situé à une quinzaine de kilomètres au nord, est centré sur la commune de Sigonce. De taille plus modeste (5 concessions), ce sous bassin a fait l'objet d'exploitations de gisements de lignite.

Les 26 titres miniers du sous-bassin de Manosque se répartissent sur les territoires de 11 communes : Dauphin, Forcalquier (sud commune), Manosque, Montfuron, Pierrevert, Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux, Saint-Michel-l'Observatoire, Villemus, Villeneuve et Volx.

De 2004 à 2007, à la demande de la DREAL de Provence-Alpes-Côte-d'Azur et par l'intermédiaire du Pôle Après-Mine Sud, Geoderis a réalisé les Etudes détaillées des Aléas (EDA) sur les anciennes concessions minières du Bassin Lubéron (cf. [1]<sup>1</sup>, [2] et [3]).

Parmi les phénomènes évalués, plusieurs types de mouvements de terrain ont été retenus :

- l'effondrement localisé ;
- l'affaissement ;
- le glissement sur les ouvrages de dépôt ;
- le tassement.

Les niveaux d'aléas ont été évalués de faible à moyen pour ce qui concerne l'effondrement localisé et faible pour les autres types d'aléa. Une partie des aléas miniers relatifs aux effondrements localisés de niveau moyen concernait des bâtiments d'habitations. Ces éléments avaient conduit à l'identification d'un risque potentiel de niveau moyen à fort pour 18 habitations réparties sur les communes de Dauphin, Manosque, Pierrevert, Saint-Maime, et Saint-Martin-les-Eaux.

Dans ce contexte, la DREAL de Provence-Alpes-Côte-d'Azur et par l'intermédiaire du Pôle Après-Mine Sud, a sollicité Geoderis pour l'Etude Détaillée des Risques sur ces communes. L'étude a nécessité la réalisation de recherches complémentaires d'archives (Archives Nationales et autres), d'enquêtes de terrain et de travaux de reconnaissances complémentaires (sondages) à proximité des enjeux identifiés comme potentiellement à risque. Les conclusions de l'étude ont permis d'écarter ou de réduire significativement l'aléa « effondrement localisé » (en termes de niveau et/ou d'emprise) et le risque (à un niveau maximal faible) pour les 18 habitations (cf. [4]).

Cette étude conduit à des mises à jour locales de la cartographie des aléas des communes concernées. Afin de faciliter le porté à connaissance des aléas, la DREAL a demandé une ré-édition par commune des cartes informatives et des aléas sur les 11 communes du sous-bassin de Manosque s'appuyant sur un document autoporteur synthétisant les études réalisées sur le Bassin du Lubéron depuis 2003 et en tenant compte de l'ensemble du travail mené jusqu'à ce jour.

---

<sup>1</sup> Référence en fin de document, chapitre bibliographie.

Ce rapport présente ainsi cette synthèse. Il se conclue par le rendu actualisé des cartes d'aléas par commune (8 communes<sup>2</sup>, cf. § 2 et § 5.5) dont les fonds topographiques ou photographiques géoréférencés utilisés sont les fonds IGN dont la BD Ortho<sup>®</sup> IGN (prise de vue de 2009).

Remarque : La commune de Forcalquier est uniquement concernée par des travaux miniers situés dans sa partie nord et dans l'emprise des concessions du sous bassin de Sigonce. Dans l'emprise des concessions de Dauphin et de Villeneuve du sous-bassin de Manosque, la commune ne présente aucuns travaux miniers. La mise à jour de la cartographie des aléas de cette commune a été éditée dans le rapport relatif au sous-bassin de Sigonce (cf. [10])

---

<sup>2</sup> La commune de Volx à l'aplomb de laquelle se situe des travaux miniers ne présente pas d'aléa.

# 1 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

## 1.1 Définitions de l'aléa et du risque

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 (cf. figure 1).

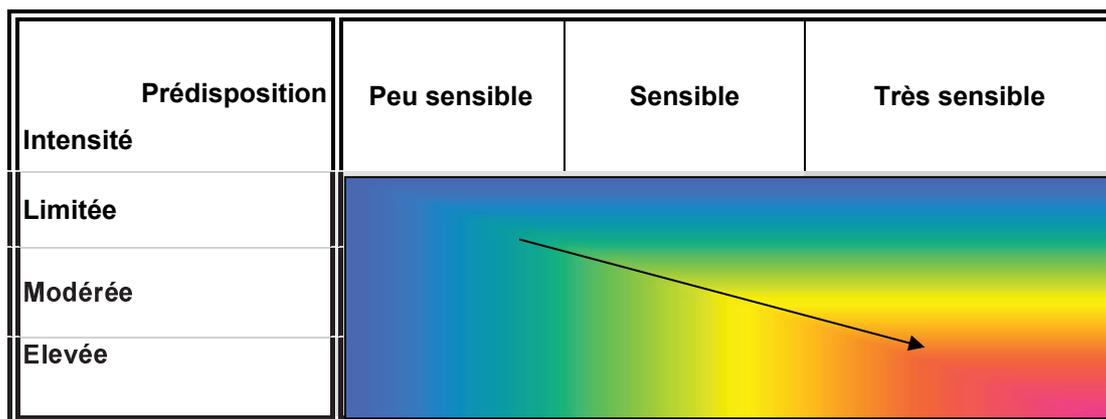


Figure 1 : Grille de croisement intensité / Prédiposition (cf. [5])

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 » ;  
et/ou,
- 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 dans laquelle se trouve un enjeu en surface (habitation, infrastructure...).

## 1.2 Incertitudes cartographiques

La première étape de l'étude d'aléa, appelée « phase informative » consiste entre autre, à positionner sur fond cartographique, 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 pouvant être décomposée de la manière suivante :

- Incertitude de localisation de l'ouvrage minier : elle dépend des éléments ayant mené à son positionnement. Si les ouvrages relevés sur le terrain au 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 : le support cartographique, la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN dans le cas présent, de par sa précision est lui-même facteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est estimée à 3 m pour la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN.

Ces incertitudes sont incluses dans les **marges** prises en compte pour la cartographie des aléas. En effet, la cartographie de l'aléa lié à un élément minier intègre l'extension du phénomène ainsi que l'incertitude globale décomposée ci-dessus.

### 1.3 Méthodologie mise en œuvre

Les différentes investigations ont été réalisées dans le cadre méthodologique retenu pour les études des anciens sites miniers, conformément aux textes réglementaires. Le déroulement de l'étude des aléas s'appuie donc sur la démarche établie dans le guide méthodologique d'élaboration des plans de prévention des risques miniers (cf. [10]). La réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- **Une phase informative**, 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...), l'ensemble s'appuyant sur une enquête de terrain. Le produit de cette phase est une **carte informative**, positionnant les différents éléments sur la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN.
- **Une phase d'évaluation et de cartographie de l'aléa**. 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 affectées par les différents aléas est reportée sur fond cartographique.

## **PHASE INFORMATIF**



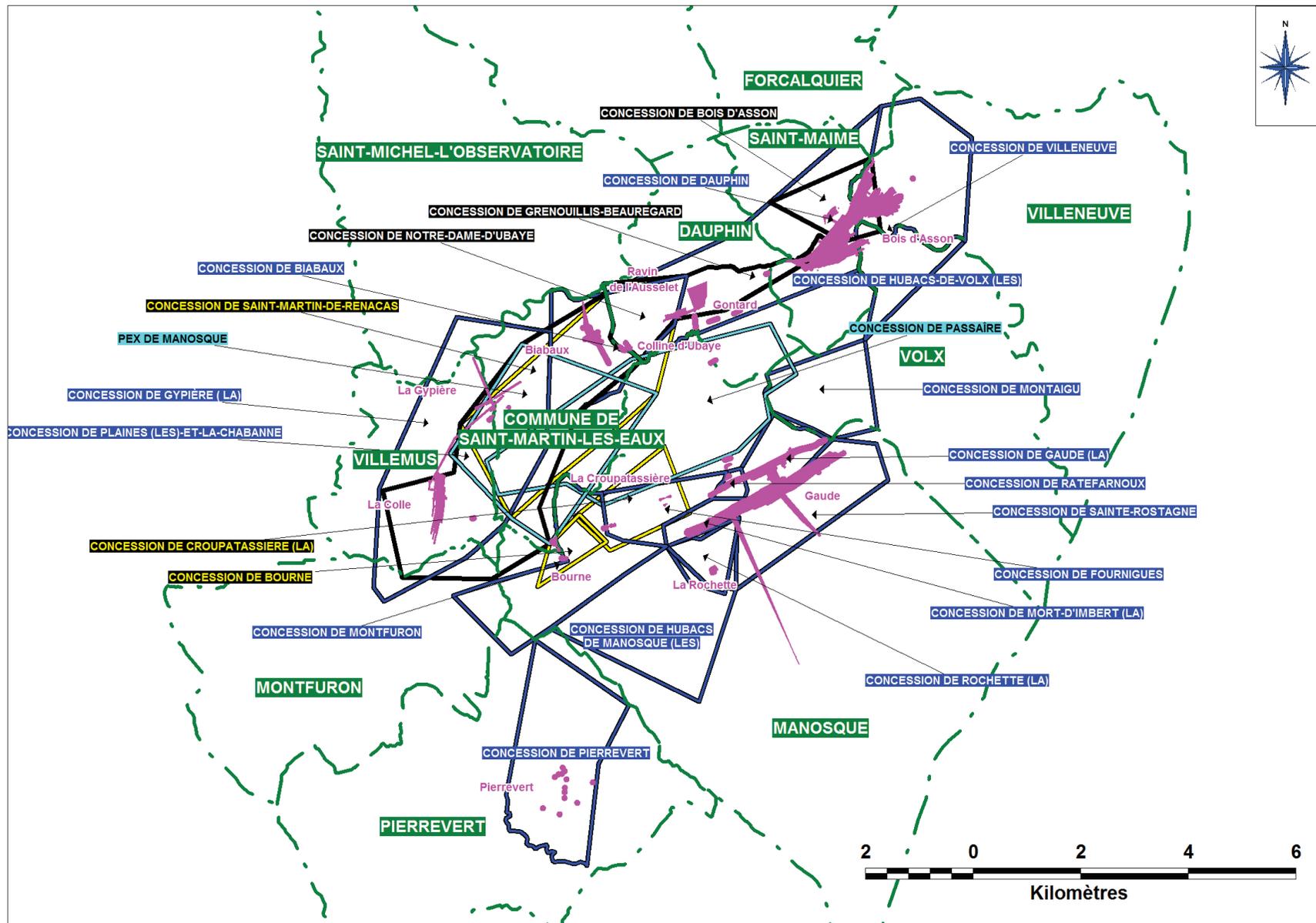
## 2 CONTEXTE ET PERIMETRE DE L'ETUDE

Le bassin du Lubéron a été le siège d'un grand nombre d'exploitations minières entre 1850 et 1965. Ceci a donné lieu à l'institution de 26 titres miniers dont (16 concessions pour le lignite, 5 concessions pour bitume, 3 concessions pour le soufre et une concession et un permis d'exploitation (PEX) pour le sel (cf. tableau 1).

Remarque : La concession de Passaïre, valide, a exploitée le sel par dissolution de masse de sel à plus de 1000 mètres profondeur. Les cavités créées constituent des réservoirs exploités industriellement pour le stockage d'hydrocarbures et de gaz. Cette concession a fait l'objet d'une phase informative succincte, rappelée au paragraphe 4.4, mais n'a pas fait l'objet d'une évaluation des aléas (cf. [3]).

Gaude	La Gaude	Lignite	18/09/1831	400 000 t de 1952 à 1964	Péréemption 9/12/1988	Exploitations par puits	Manosque
	Sainte Rostagne	Lignite	20/10/1848		Péréemption 9/12/1988		Manosque
	Ratefarnoux	Lignite	18/09/1831		Péréemption 9/12/1988		Manosque
	La Mort d'Imbert	Lignite	18/09/1831		Péréemption 9/12/1988		Manosque
La Rochette		Lignite	13/02/1836	Très faible	Février 1937	Traçages	Manosque
Néant	Les Hubacs de Manosque	Lignite	20/12/1820	néant	03/03/1987	Non exploitée	Manosque
Néant	Fournigüe	Lignite	18/09/1831	néant	Péréemption 09/12/1988	Non exploitée	Manosque
Néant	Montfuron	Lignite	20/11/1831	néant	Péréemption 09/12/1988	Non exploitée	Montfuron, Manosque et Pierrevert
Néant	Montaigu	Lignite	05/03/1874	Néant	03/03/1987	Non exploitée	Manosque et Volx
Biabaux	Biabaux	Lignite	21/01/1818	Inconnue (Max annuel de 2000 t en 1897)	05/01/1966	Exploitations par galeries	Saint-Martin-les-Eaux
	Saint Martin de Renacas	Soufre	05/06/1890	Inconnue	05/01/1966	Exploitation par les travaux de Lignite de Biabaux	Dauphin, Manosque, Saint-Martin-les-Eaux et Villemus
La Gypièrè	La Chabanne	Bitume	19/09/1859	Insignifiante	Concessions réunies en 1878 Arrêt de travaux en 2000	Grattages antérieurs à 1903	Montfuron, Manosque, Saint-Martin-les-Eaux et Villemus
	Les Plaines	Bitume	27/01/1844	Insignifiante		Grattages antérieurs à 1945	
	La Gypièrè	Lignite	07/08/1850	Inconnue	Concessions réunies le 17/08/1895. Renoncées le 11/08/1935	Exploitations par galeries et puits	Montfuron, Saint-Michel-l'Observatoire, Saint-Martin-les-Eaux et Villemus
La Colle	Colle de Villemus	Lignite	28/08/1845	Inconnue	Exploitation par descendèries		
Pierrevert		Lignite	27/09/1842	Inconnue	21/11/1960	Exploitations artisanales par puits	Pierrevert
Bois d'Asson	Villeneuve	Lignite	05/03/1874	Inconnue	03/03/1987	Exploitation par puits, galeries et descendèries	Forcalquier et Villeneuve
	Les Hubacs-de-Volx	Lignite	05/03/1874	Inconnue	03/03/1987		Volx
	Bois d'Asson	Bitume	20/10/1848	Inconnue	Annulée	Travaux de recherche	Saint-Maime, et Villeneuve
Gontard	Dauphin	Lignite	05/03/1874	Inconnue	03/03/1987	Exploitation par galeries et descendèries	Dauphin, Forcalquier, et Saint-Maime
Colline d'Ubaye				Inconnue		Travaux de recherche	
Ravin de l'Ausset	Grenouillis-Beauregard	Bitume	20/10/1848	Inconnue	Orpheline	Travaux de recherche	Dauphin et Saint-Maime
	Notre-Dame-D'Ubaye	Bitume	31/03/1892	Inconnue	21/11/1963	Travaux de recherche	Dauphin
Bourne		Soufre	24/11/1896	Très faible	Déchue en mai 1963	Travaux de recherche	Manosque et Saint-Martin-les-Eaux
La Croupatassière		Soufre	24/11/1896	néant	Décembre 1921	Travaux de recherche	Manosque
Passaïrè		Sel	27/03/1973	Environ 25 Mt	Titre valide	Cavités de dissolution utilisées pour le stockage d'hydrocarbures et de gaz	Dauphin, Manosque, Saint-Martin-les-Eaux et Volx
PEX de Manosque		Sel	22/05/1967	néant	Expiré en 1973	Sondages de reconnaissances du gisement	Villemus, Manosque et Saint-Martin-les-Eaux

**Tableau 1 : Principales caractéristiques des titres miniers du sous-bassin de Manosque**



**Figure 2 : Périmètre de l'étude des aléas sous fond SCAN100® IGN**  
 (en bleu concession pour houille, en noir concession pour bitume, en jaune concession pour soufre, en bleu ciel concession ou PEX pour sel, en vert les communes, en rose l'emprise des travaux miniers)



### 3 TRAVAUX REALISES ET DEMARCHE ADOPTEE

Dans le cadre des études des aléas menées entre 2004 et 2007, les données d'exploitations et cartographiques de base étaient issues des dossiers des archives du Service des Mines (disponibles à la DRIRE aujourd'hui DREAL), des Archives Départementales ou encore du BRGM.

En parallèle, des visites du site en surface ont été effectuées, de manière à :

- lever et observer la nature et l'état des ouvrages débouchant en surface (galeries, descenderies et puits) ;
- lever et observer et caractériser les désordres anciens et, le cas échéant, nouveaux en surface, liés à des instabilités minières déjà connues ou non.

Par ailleurs, la rencontre de personnalités locales ainsi que les mairies avait permis de compléter les données recueillies dans les documents d'archives pour un certain nombre d'anciens accès à la mine et de désordres liés aux anciens travaux.

Pour affiner l'évaluation de l'aléa et la cartographie, dans le cadre de l'étude détaillée des risques, un complément d'informations avaient pour objectifs de :

- réduire l'incertitude de calage des travaux miniers par rapport à la surface dans les secteurs à enjeux ;
- apprécier la nature et la qualité géomécanique des terrains de recouvrement de ces exploitations minières ;
- établir autant que possible (par sondages depuis la surface) un nouvel état des lieux géotechnique des travaux miniers, en se focalisant sur les zones d'enjeux à risque potentiel : appréciation de l'état des cavités, des mécanismes d'instabilité observés ou potentiels.

Pour ce faire, les investigations suivantes ont été réalisées à partir de 2014 :

- réalisation de sondages destructifs (25) et carottés (5) totalisant 561 mètres linéaires ;
- auscultation des 9 vides francs sur les 16 cavités rencontrées par sonar (si ennoyée) ou par caméra et laser (si hors d'eau) ;
- valorisation des sondages pour les caractéristiques géologiques et géotechniques des terrains de recouvrement des cavités.

L'ensemble de ce travail est formalisé sous un Système d'Information Géographique (SIG) élaboré sous le logiciel MapInfo®. Il a conduit, en 2015 (cf. [4]), à une réévaluation des aléas en termes d'emprise et/ou de niveau au droit des secteurs investigués.



#### 4 SYNTHÈSE DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE DU SOUS-BASSIN DE MANOSQUE

Sur le sous-bassin de Manosque, quatre substances ont été concédées : le lignite, le bitume, le soufre et le sel. Ces substances sont réparties dans les formations sédimentaires de l'Oligocène et de l'Eocène :

- les lignites, les schistes bitumineux et le soufre dans les formations de l'Oligocène ayant une puissance variant de 300 à 400 m ;
- les formations salifères au sein de l'Eocène.

Ces différentes formations s'organisent selon une structure tectonique anticlinale d'axe nord-est – sud-ouest appelée « anticlinal de Volx » (cf. figures 3 et 5), au cœur de laquelle, les formations salifères de l'Eocène pointent (col de la Mort d'Imbert). En bordure, affleurent de façon symétrique les formations porteuses du Stampien, dans lesquelles les exploitations de lignite à Saint Maime (flanc nord de l'anticlinal) et Manosque (flanc sud de l'anticlinal) furent menées (cf. figure 4). Vers l'ouest, aux sièges de Biabaux, La Gypière et La Colle, les exploitations portaient sur le flanc nord-ouest de l'anticlinal. De façon globale, le pendage des couches diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe de l'anticlinal. En particulier, les formations du Stampien du flanc sud dans les concessions au niveau de la commune de Manosque, ont un pendage vertical, voire renversé.

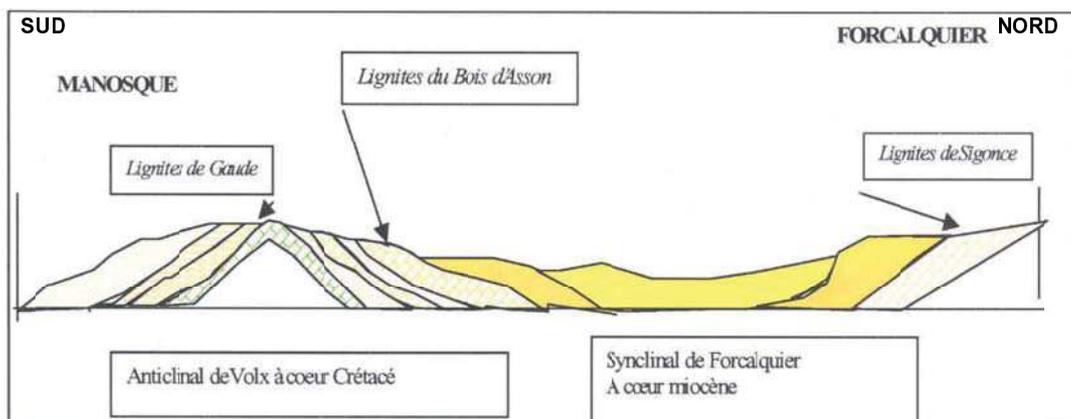


Figure 3 : Coupe géologique synthétique du Bassin du Lubéron (d'après [3])

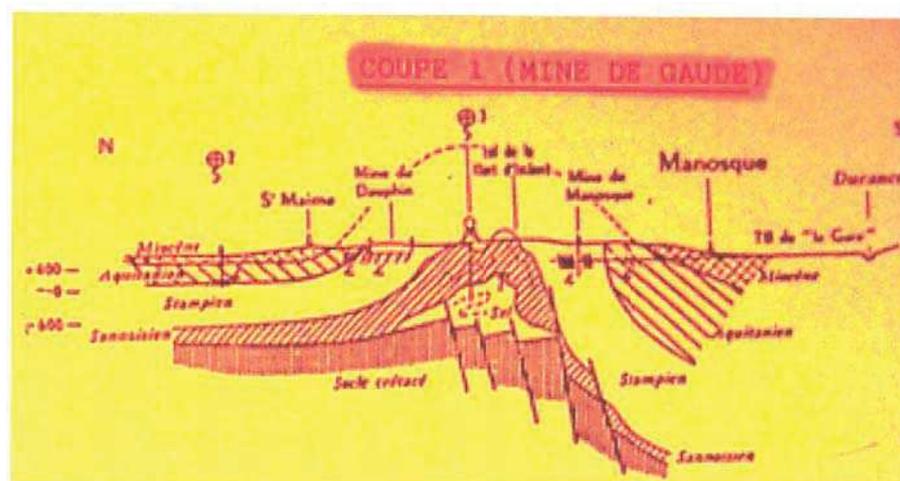
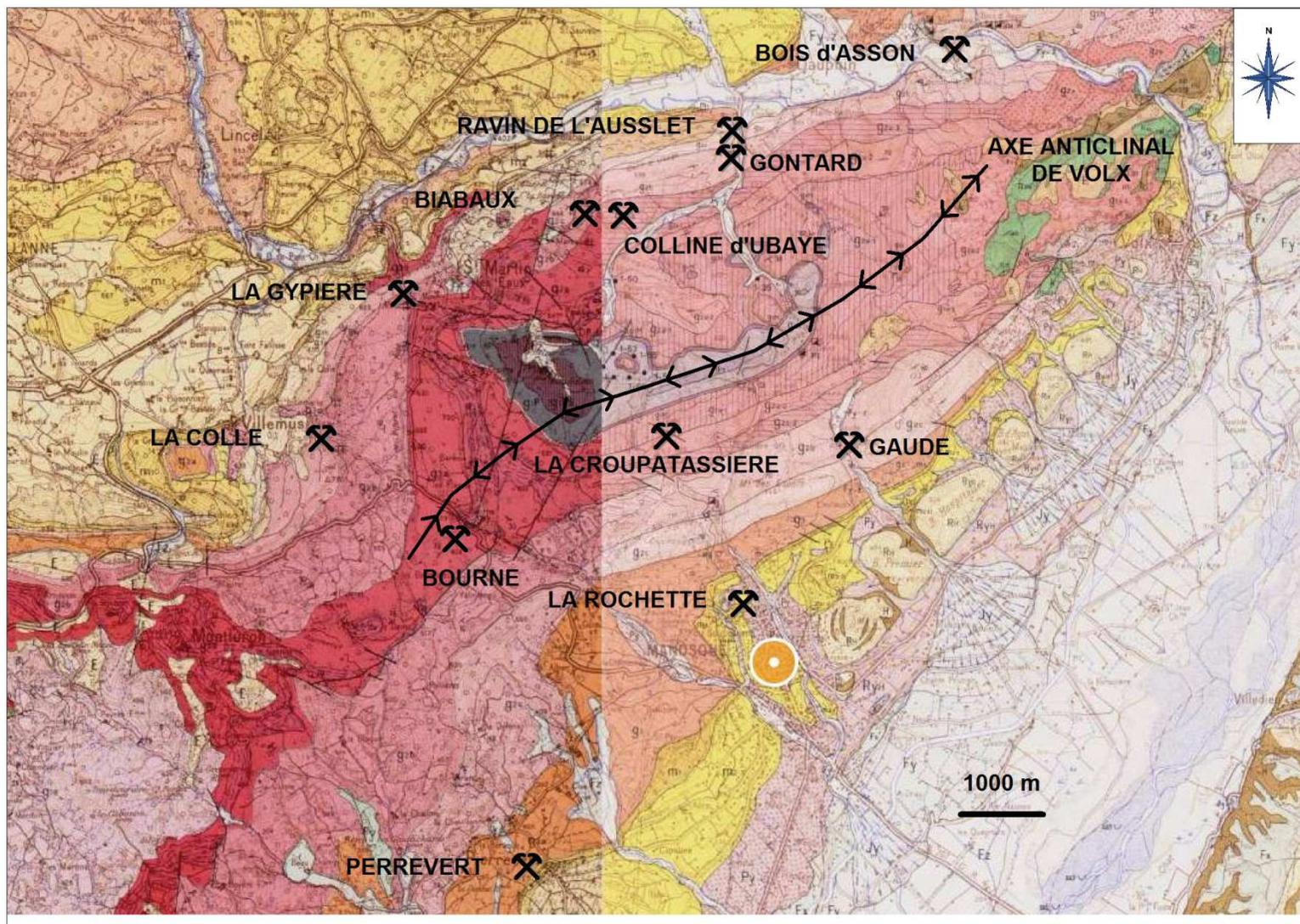


Figure 4 : Coupe géologique du Sous-Bassin de Manosque (d'après [3])



**Figure 5 : Répartition des sites miniers selon l'axe de l'anticlinal de Volx sur fond de carte géologique 1/50 000 BRGM**

## 4.1 Gisement de lignite

Les couches de lignite, affleurent, selon une orientation nord-est - sud-ouest, entre Villeneuve et Villemus pour le flanc nord du synclinal et entre Manosque et Pierrevert pour le flanc sud. Elles font parties de séries fluviolacustres datant du Stampien supérieur. Au nombre de 22, leur puissance varie de 50 cm à 80 cm. On les regroupe selon deux ensembles (cf. figure 6) :

- les couches 1 à 6 dites « grasses », situées dans les calcaires bitumineux du Stampien inférieur (parmi ce faisceau, 3 à 4 couches ont été exploitées, avec une puissance de 60, 70 et 80 centimètres) ;
- les couches 7 à 22 dites « maigres », situées dans des grès, calcaires et schistes bitumineux du Stampien moyen et supérieur. Parmi ce faisceau, les couches 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21 et 22 ont été exploitées, leur puissance variant de 50 cm à 1,20 m). Les couches du Toit et du Mur au sommet du faisceau des couches « maigres », apparaissent plus épaisses avec 2 à 2,8 m et 2,6 de puissances respectives.



Figure 6 : Log synthétique des formations minéralisées du Sous-Bassin de Manosque (d'après [1])

### 4.1.1 Flanc sud

Sur le flanc sud, les faisceaux maigres (couches 9 à 22) et gras (couches 2, 3, 4 et 5) de lignite au pendage subvertical, a fait l'objet d'une importante exploitation au nord de la commune de Manosque au siège de Gaude (concessions de La Gaude, Rateferoux, Sainte Rostagne et la Mort d'Imbert). L'exploitation des couches a été menée jusqu'à une profondeur d'environ 310 m.

Sur la concession de la Rochette (au cœur de Manosque), plusieurs couches de lignite ont été reconnues, mais une seule a été recherchée en souterrain. Sa direction est de 65° est, son pendage de 45° vers le sud-ouest avec une puissance de 50 cm. La formation la recouvrant est marneuse. Le mur est constitué, quant à lui, d'un puissant banc d'argile ayant tendance à foisonner.

Dans la continuité géologique, au sud-ouest, sur la concession de Pierrevert, l'environnement géologique est peu décrit. Il est uniquement mentionné que le lignite est de très mauvaise qualité et que les épontes sont de nature argileuse. Sur les rares coupes disponibles, on observe la présence de 3 filets charbonneux d'une puissance inférieure à 10 cm ainsi qu'une couche de lignite de 42 cm, l'ensemble interstratifié dans des marnes et argiles. Les sondages réalisés sur la commune de Pierrevert en 2014, ont confirmé la présence de ces formations argilo-marneuses (cf. [4] et [14]).

#### **4.1.2 Flanc nord**

Sur le flanc nord, les faisceaux maigres (couches Mur et Toit, 9-10 et 14) et gras (couches Mine Grise et Mine Fine) de lignite au pendage de 30 à 40° vers le nord-ouest, a fait l'objet d'une importante exploitation au nord de la commune de Saint-Maime au siège de Bois d'Asson (concessions de Villeneuve, Hubacs-de-Volx et Dauphin). L'exploitation des couches a été menée jusqu'à une profondeur maximale d'environ 200 m.

A l'ouest, aux sièges de Biabaux puis La Gypière et enfin La Colle, on retrouve 5 couches de lignite de puissance variable avec un pendage compris entre 50 à 80° vers le nord (Biabaux et Gypière) ou de 45° vers l'ouest (La Colle). Les couches 1 et 5 exploitées à Biabaux ont des épaisseurs respectives de 80 cm et 60 cm. A La Gypière et La Colle, seule la veine de lignite n°3 y aurait été exploitée.

### **4.2 Gisement de bitume**

Les gisements de bitumes ont été reconnus sur le flanc nord du synclinal.

Sur la concession des Plaines et de Chabanne, le gisement de calcaires, grès et schistes bitumineux se situe entre les gisements de lignite et les bancs de calcaire marneux feuilletés sur lesquels ils reposent. La puissance des formations comprenant ces bancs riches en bitume varie entre 70 et 80 m. Leur pendage est d'environ 15° dans les bancs supérieurs et 5 à 6° dans les bancs inférieurs. La teneur des bancs de schistes bitumineux est comprise entre 8 et 12 %

Sur la concession de Bois d'Asson, les couches de schistes bitumineux ont été reconnues dans les niveaux lignitifères du Sube. Il n'a pas connu un fort développement de l'exploitation compte tenu de la mauvaise qualité du minerai et de la faible tenue des matériaux au toit (nombreuses chutes de toit signalées).

Sur la partie est de la concession de Grenouillis-Beauregard, les niveaux bitumineux appartiennent à la série des marnes et grès du Bois d'Asson. Cette série contient de nombreuses couches de lignite gras, sulfureux et bitumineux, qui ont été exploitées. Sur la partie ouest de la concession, le long du ravin de l'Ausset, des affleurements de couches de schistes bitumineux ont été reconnus entre les niveaux lignitifères. Certains ont fait l'objet de galeries de recherche, d'autres, comme l'affleurement du Gontard n'ont pas été au-delà de l'observation (confirmé par les sondages menés en 2014).

### 4.3 Gisement de soufre

Le soufre a été exploité dans le cadre des trois concessions de Bourne, de La Croupatassière<sup>3</sup> (flanc sud) et de Saint-Martin de Renacas (flanc nord).

Sur la concession de Saint-Martin de Renacas, ont été reconnus 7 bancs calcaires marneux gris contenant à la fois du soufre natif blanc amorphe sous forme de filets et nodules ainsi que du soufre recristallisé jaune à des teneurs variant entre 8 et 20 %. Ces calcaires présentent également des teneurs assez élevées en bitume.

Sur les concessions de Bourne et de La Croupatassière, le soufre a été reconnu dans des couches calcaires gypseuses. Le pendage des couches est faible sur la concession de Bourne et de l'ordre de 35° sur la concession de la Croupatassière.

### 4.4 Gisement de sel

Le gisement de Manosque se présente de façon relativement tourmentée, et sa connaissance est imparfaite. Il s'agit d'une masse de sel épaisse de 500 à 800 m de puissance apparemment stratifiée, assez régulière sur partie orientale de la structure synclinale, où son épaisseur paraît aller croissant. Le sommet de la structure où des phénomènes de dyapirisme semblent l'affecter est d'allure complexe. La partie occidentale aurait un pendage plus accentué.

Dans l'ensemble, il n'y a qu'une masse principale de sel, coupée de quelques bancs d'insolubles, peu épais, et semée de multiples inclusions stériles, souvent d'allure bréchiq.

Les premiers travaux de recherches ont été réalisés en 1973 dans le cadre du PEX de Manosque. La couche de sel exploitée dans le cadre de la concession de Passaire se situe à plus de 1000 m de profondeur et est puissante de plusieurs centaines de mètres.

### 4.5 Hydrogéologie

Dans l'environnement des lignites, trois types lithologiques aux comportements hydrogéologiques différents : les calcaires, les marno-calcaires et les marnes plus ou moins gréseuses.

Les calcaires sont très perméables, car largement fissurés. Les marno-calcaires ont une perméabilité faible, qui augmente avec la verticalisation des couches, en allant vers le nord-ouest du gisement.

Les marnes qui forment des intercalations irrégulières entre les formations précédentes sont imperméables, mais ne jouent pas un rôle d'écran parfait, car trop lenticulaires. Seul le toit du faisceau d'Asson constitue un niveau marneux continu et donc, a priori, imperméable.

Sur Gaude, actuellement, les travaux sont envoyés jusqu'à la cote + 345 m NGF. Cette cote correspond à la sortie de la galerie d'écoulement dans les travaux miniers située à Manosque. Il s'agit de la galerie de la Gare où l'écoulement en sortie est pérenne. Les observations montrent un léger battement de la nappe de 2 m d'amplitude à la mine de Gaude. Le débit d'exhaure estimé est de 18 m<sup>3</sup>/h en période d'écoulement soutenu (cf. [16]).

---

<sup>3</sup> Les deux concessions de Bourne et de La Croupatassière auraient, semble-t-il, tout d'abord été instituées pour l'exploitation du lignite.

A Bois d'Asson, il est considéré que tous les travaux, à l'exception des anciens travaux en couche Fine (flanc de la colline de Bois-d'Asson au nord de la RD13), sont ennoyés car en-dessous de la cote + 372 m NGF, correspondant au niveau du Largue et de la galerie d'écoulement du puits Neuf. La présence d'aquifères reste possible dans les calcaires au-dessus des marnes du toit de la formation du Bois d'Asson, qui pourrait être attestée par la présence de résurgences à ce niveau.

Sur Biabaux, les travaux seraient ennoyés à la cote + 446 m NGF, soit environ 40 m au-dessus du niveau de la Largue au débouché du travers-bancs de Biabaux. Ce travers-bancs ayant été obturé suite à un effondrement et des essais de réouverture ayant été tentés, on ne sait pas quel type de communication hydraulique existe entre le travers-bancs et les anciens travaux. Cependant, une légère résurgence y a été observée lors de la visite du site.

Sur La Gypière, durant l'exploitation, les eaux venant de l'amont pendage du travers-bancs Sainte-Croix (ou Lincel) étaient évacuées directement par cette galerie. En 1925, le débit moyen de l'exhaure était de 4,9 m<sup>3</sup>/h. Lors de la visite du site, il a été constaté que le niveau de l'eau dans les anciens travaux se situe sous le niveau du Pifferat. Il semble également que le travers-bancs de Sainte-Croix situé à la cote + 443 m NGF drainerait les anciens travaux. Cependant, aucune mesure de débit d'exhaure n'a été réalisée durant la phase informative.

Sur le reste du sous-bassin de Manosque, aucune résurgence minière n'a été constatée au niveau des autres secteurs d'exploitation.

## 5 DESCRIPTION SYNTHETIQUE DES TRAVAUX MINIERS

La figure suivante présente les différents sièges et sites d'extraction dans le sous-bassin de Manosque.

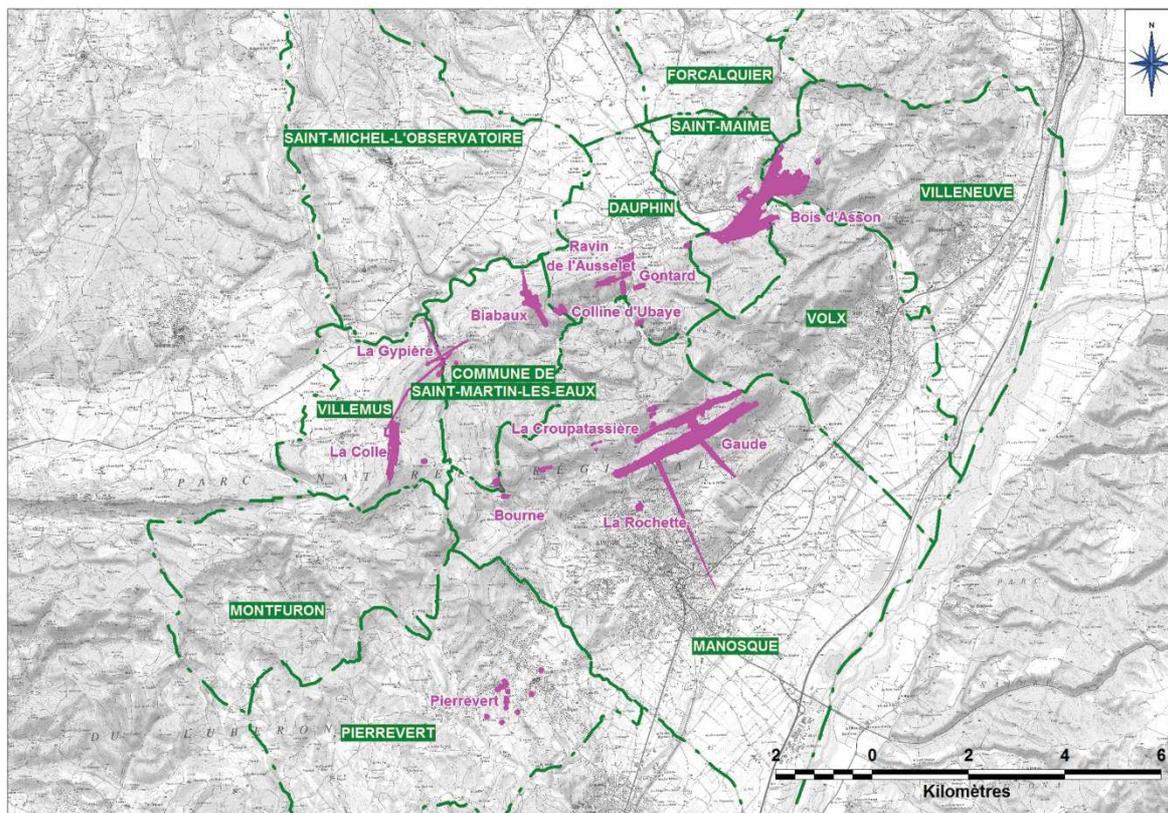


Figure 7 : Sièges et sites d'exploitation dans le sous-bassin de Manosque

### 5.1 Exploitations du lignite

#### 5.1.1 Siège de Gaude

Sur le flanc sud de l'anticlinal de Volx, à Gaude, où se situait le principal siège d'extraction à Manosque, l'exploitation a très probablement débuté avant 1917, depuis les affleurements, vraisemblablement par descenderies. Des archives font état de travaux d'exploitation entre 0 et 30 m de profondeur au début du XX<sup>ème</sup> siècle sans préciser leur extension et la nature des travaux réalisés. A partir de 1917, l'exploitation se faisait par tailles chassantes de 100 m de longueur et de 45 à 75 m de relevée (cf. figure 8). Un stot de lignite de 4 mètres d'épaisseur était parfois laissé dans la partie haute du sous étage pour le maintien de la galerie de tête. A la base d'un sous-étage des piliers triangulaires appelés « chapeaux de gendarmes » étaient abandonnés et protégeaient la voie de base. Au fur et à mesure de l'abattage, le lignite dévalait le long du front de taille à la base duquel, il était chargé dans des wagonnets. Les travaux les plus profonds ont été réalisés entre 240 et 310 m de profondeur.

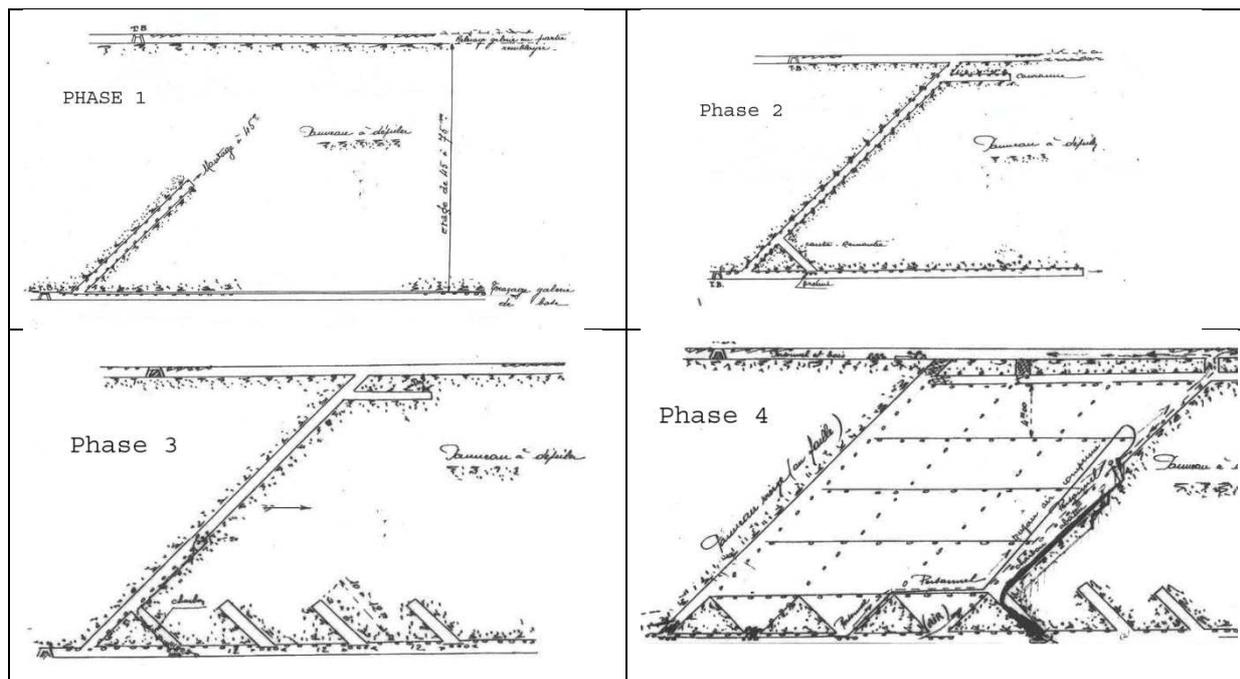


Figure 8 : Méthode d'exploitation par tailles chassantes employée à la mine de Gaude

### 5.1.2 Site de La Rochette

Sur la concession de La Rochette, les travaux n'ont consisté qu'en deux descenderies dont une de 25 m de longueur débouchant sur 3 galeries en couche.

### 5.1.3 Site de Pierrevert

Très peu de descriptions des travaux ont été recensées dans les archives sur les travaux de la concession de Pierrevert. Au cours de l'année 1842, il est indiqué la réalisation d'un travers-bancs de 18 m ainsi que 2 galeries d'environ 20 m desquelles furent extraites environ 45 tonnes de lignite (ces travaux n'ont pu être localisés). A leur base, l'extraction était poursuivie par de petites galeries.

De 1918 à 1921, une série de 8 petits puits fut creusée (de 4 à 5 m de profondeur) dont 5 n'ont pas été poursuivis par des travaux souterrains de plus grande ampleur. En revanche, 3 puits (Du chemin, Arlaud 1 et Arlaud 2) déboucheraient chacun sur un réseau de galeries de quelques dizaines de mètres de longueur.

Enfin, des travaux de recherche ont consisté en 2 tranchées et 3 travers-bancs (de 70 m, 75 m et 25 m). Cependant, un seul de ces travers-bancs recoupa le lignite. Deux puits de recherche infructueux dont l'emplacement est inconnu furent également réalisés :

- moulin franc (117 m de profondeur), situé au moulin de la baraque ;
- maisse (92 m de profondeur) à 300 m au nord du précédent.

Actuellement, aucune trace ne subsiste de ces travaux, d'après la visite de l'ingénieur TPE en mars 1960 consignée dans un Procès-Verbal et l'enquête menée auprès du maire et des riverains. Les sondages réalisés en 2014 dans le cadre de l'étude détaillée des risques sur la commune de Pierrevert (Chemin des Baudets) n'ont recoupés ni de cavités ni de veines de lignite.

## 5.1.4 Siège de Bois d'Asson

Sur le flanc nord de l'anticlinal, sur le siège de Bois-d'Asson, comprenant les concessions de Dauphin, Hubacs-de-Volx et Villeneuve, les premières recherches de lignite datent de 1614, mais c'est à partir de 1874 que l'exploitation s'est vraiment développée. Les mines de lignite du Bois d'Asson ont extrait, entre 1874 et 1949, trois millions de tonnes. L'essentiel des travaux s'étend du Ravin des Baudens, au nord-est de Saint-Maime jusqu'au ravin du Deffend, en passant sous le Largue et la voie de chemin de fer (stot de protection). Vers l'ouest, au-delà du ravin de Champourlier, toutes les couches de lignite deviennent inexploitable. L'exploitation s'est concentrée sur trois quartiers : Bois d'Asson, Collet Rouge et Neuf. Le premier était desservi par la descenderie de Bois d'Asson (concession de Villeneuve) et des galeries creusées à flanc de colline<sup>4</sup> du Bois d'Asson (concession de Villeneuve). Les deux autres étaient respectivement desservis par les puits du Collet Rouge<sup>5</sup> (concessions de Dauphin) et Neuf (concession de Dauphin).

Dans ces quartiers, outre les galeries de recherche, l'exploitation du lignite a été menée par (cf. figure 9) :

- tailles montantes, ou ;
- tailles chassantes, ou ;
- chambres et piliers abandonnés parallèles ou perpendiculairement au pendage, ou ;
- bandes et piliers parallèles ou perpendiculairement au pendage, ou ;
- tailles à foudroyage (méthode de West Canadian Collieries).

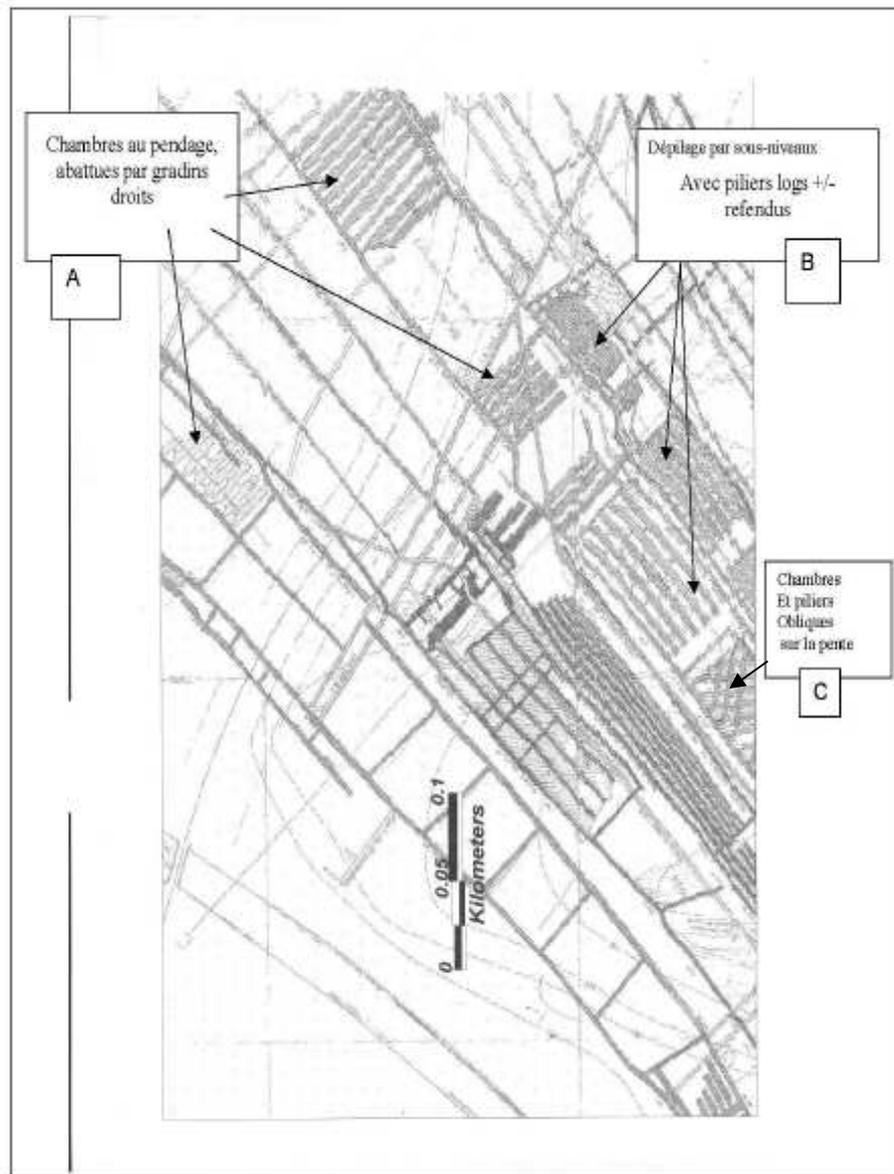
Le remblayage, même partiel, n'aurait été que très peu utilisé.

Par ailleurs, depuis le siège de Bois d'Asson, en se dirigeant vers l'ouest vers les travaux du Ravin d'Ausset (siège du Gontard), il existe d'anciens travaux non répertoriés sur les plans. Des indices (entrées de galerie, désordres, etc.) attestent l'existence de ces zones de travaux (recherches) mais aucun plan ne les délimite précisément.

---

<sup>4</sup> Les travaux sous la colline du Bois d'Asson, situés au nord-est des chantiers modernes, datent de 1878 à 1897. Ils auraient exploité la « couche Mine Fine » depuis des galeries de base et jusqu'aux affleurements à la surface. Pour ces anciens travaux, aucune information quant à la méthode d'exploitation n'a été retrouvée dans les archives.

<sup>5</sup> Les travaux souterrains du Puits du Collet Rouge s'étendent en concession de Les Hubacs-de-Volx, au-delà de la celle de Dauphin.



**Figure 9 : Extrait du plan d'exploitations de la mine de Bois d'Asson**

### **5.1.5 Siège de Biabaux**

Au siège de Biabaux, situé sur la commune de Saint-Martin-les-Eaux et à l'aplomb du flanc ouest de la colline d'Ubaye, la contiguïté des minéralisations a conduit à mener l'extraction du lignite (concession de Biabaux) et du soufre (concession de Saint-Martin-de-Renacas, cf. § 5.3) à partir de la même infrastructure minière comprenant :

- le travers-bancs « Arestein » foncé à la cote de + 483 m NGF en direction du nord sur une longueur de 426 m ;
- le travers-bancs de Biabaux subhorizontal partant en rive sud de la Largue à la cote + 410 m NGF en direction du sud sur une longueur de 776 m, connecté au travers-bancs « Arestein » par un bure de 72 m de hauteur.

Le travers-bancs de Biabaux après avoir traversé 300 m de formation du Miocène marin, a rencontré les 5 couches de lignite entre les points métriques (P.M.) 485 et 675. Parmi ces couches, seule la première et la dernière couche (numéros 1 et 5) ont fait l'objet d'une exploitation. Elle a été menée sur une relevée de 60 m par gradins renversés, avec piliers de protection sur les galeries d'allongement et piliers abandonnés au-dessus sans remblai. Une cheminée percée en couche 1 jusqu'à la surface à l'altitude + 545 m NGF assurait l'aéragé.

### 5.1.6 Siège de La Gypière

Le siège de La Gypière correspond aux travaux d'extraction du lignite et éventuellement de bitume sur la concession de La Gypière.

Sur la concession de la Gypière, parmi les 5 couches de lignite décrites dans le contexte géologique, seule la veine de lignite n°3 y aurait été exploitée<sup>6</sup>. L'exploitation était organisée autour du travers-bancs de Sainte-Croix (ou Lincel) situé à la cote + 435 m NGF en rive droite du Largue, utilisé pour l'évacuation du minerai.

D'après les documents d'archives, son extraction était menée par des chantiers de 10 m de remontée pris simultanément et régulièrement les uns après les autres. Du sommet de chaque remontée, une contre remontée est poussée normalement à la remontée de façon à venir percer au sommet de la remontée précédente. Un triangle est ainsi délimité que l'on commence par dépiler en laissant un massif de protection sous la galerie de tête ou les affleurements. Ensuite, le déhouillement est conduit en descendant à partir de la contre remontée. Lorsque ces fronts de taille atteignent la base des remontées, des triangles se trouvent ainsi formés au-dessus de la galerie de base. Ces triangles sont abandonnés, formant un massif de protection en dent de scie.

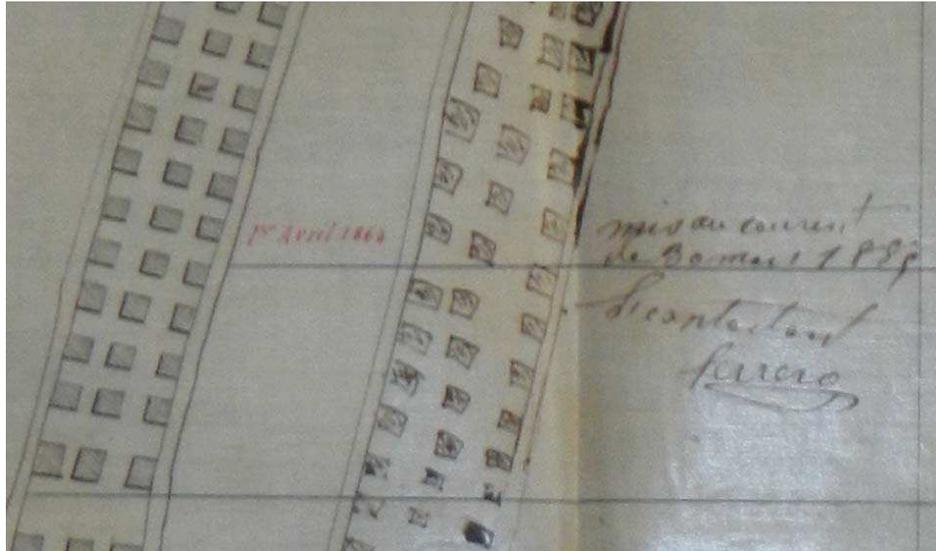
Cette technique a été, d'après les plans de mine, conduite jusqu'à 20 m de la surface (sans semble-t-il l'atteindre) à l'est du travers-bancs de Sainte-Croix.

### 5.1.7 Siège de La Colle

Sur la concession de La Colle de Villemus (fusionnée avec celle de La Gypière en 1895), une couche a été exploitée par l'intermédiaire de deux descenderies, et un travers-banc. Elle présentait une puissance de 0,5 m de « *bon charbon* ». L'exploitation a été menée en 3 périodes ; des travaux menés à partir de la descenderie n°1 dits « travaux d'Alais Frogés Camargue » du nom des premiers concessionnaires, puis des travaux peu profonds en chambres et piliers abandonnés (cf. figure 10) dits « travaux de Ferrer » (ou Ferrero) menés à partir de la descenderie n°2 et du travers-banc Ferrer et finalement des travaux « modernes » répartis sur 5 niveaux et s'approfondissant jusqu'à plus de 150 m menés par la Société Minière de Villemus (SMV).

---

<sup>6</sup> Des traces de galeries (recherches) et des vieux travaux sur d'autres couches sont néanmoins mentionnés sur le plan de mine.



**Figure 10 : Extrait plan de la mine de La Colle : Méthode par chambres et piliers abandonnés (époque Ferrer)**

### 5.1.8 Siège du Gontard

Le long du Ravin de l'Ausselet (sud-ouest de la concession de Dauphin) sont recensés depuis le Largue et en se dirigeant vers le sud :

- des travaux dans les couches du Sube entre la cote 370 et la cote 560, situés sur le coteau ouest du ravin, puis ;
- des travaux dans 4 couches<sup>7</sup> (dites du Pont, couche Grande Mine, Galand et H) sur deux niveaux, en amont de la cote 370, situés sur le coteau ouest du ravin ;
- des galeries de recherche sur le coteau est.

### 5.1.9 Site Colline d'Ubaye

Sur le flanc sud de la Colline d'Ubaye (extrémité sud-ouest de la concession de Dauphin) à proximité des travaux du siège de Biabaux, d'anciennes entrées de galeries de recherches sont répertoriées sur les plans.

## 5.2 Exploitations de schistes bitumineux

Les exploitations des schistes bitumineux du sous-bassin de Manosque concernent uniquement le flanc nord de l'anticlinal de Volx. Du bitume a été répertorié sur le flanc sud (siège de Gaude à Manosque) mais aucune exploitation spécifique à cette substance n'a été réalisée.

<sup>7</sup> Continuité géologique des couches dites du toit et du mur du siège de Bois-d'Asson

### **5.2.1 Gisements de Bois d'Asson**

Trois concessions de schistes bitumineux (Notre-Dame-d'Ubaye, Grenouillet-Beauregard et Bois d'Asson), attribuées en 1848, sont localisées dans le gisement du Bois d'Asson. Ont été répertoriées une dizaine de fouilles ou entrées de petites galeries disséminées le long des affleurements de la couche de schistes bitumineux.

En ce qui concernant les fouilles, il pourrait s'agir de tranchées plus ou moins profondes creusées à l'affleurement. Néanmoins, aucune donnée sur leur géométrie et leur traitement n'a été retrouvée et aucun indice sur le terrain n'a été observé.

### **5.2.2 Site du Ravin de l'Ausset**

Les travaux de dépilage les plus importants se trouveraient au Ravin de l'Ausset (concession de Grenouillet-Beauregard) intercalés entre les travaux pour lignite du siège du Gontard. Néanmoins, aucuns écrits ou plans mentionnent les travaux pratiqués, leur étendue et les méthodes d'exploitation employées. Il est pourtant mentionné plusieurs bâtiments en relation avec l'extraction des schistes bitumineux (usine du Grenouillet par exemple).

### **5.2.3 Gisements de Biabaux et La Gypièrre**

En de nombreux points, ont été extraits quelques dizaines à centaines de tonnes de grès ou calcaires asphaltiques sur les secteurs de Biabaux (concession de La Chabanne) et de La Gypièrre (concession Les Plaines). Une galerie d'environ 20 m de longueur aurait été creusée en 1902 par la société SMAC mais sa localisation est inconnue.

## **5.3 Exploitations du soufre**

Les exploitations de soufre du sous-bassin de Manosque concerne d'une part les travaux de Biabaux sur le flanc nord et d'autre part ceux La Crousparassière et de Bourne sur le flanc sud.

### **5.3.1 Siège de Biabaux**

Au siège de Biabaux, ce sont les mêmes travaux d'exploitation du lignite qui ont servis pour l'extraction du soufre (concession de Saint-Martin de Renacas). Un faisceau de 7 couches de calcaire soufré a été recoupé par le travers banc de Biabaux entre 700 et 750 m de son entrée. L'exploitation a été réalisée par tailles chassantes à gradins renversés avec remblayage partiel entre épontes par le stérile.

A la suite d'un éboulement du travers-bancs de Biabaux, la connexion avec les travaux fut interrompue et les travaux furent noyés. En 1938, en vue de reprendre l'exploitation, des travaux de reconnaissance reprirent. Ils consistèrent en la réalisation d'un travers-bancs dénommé « Sainte Jeanne » ouvert à flanc de coteau sur le versant nord de la colline à la cote + 550 m NGF à 70 m de l'entrée du travers-bancs de Biabaux. Ce travers-bancs traversa de part en part la colline sans pour autant rencontrer les couches de soufre. Un bure fut alors foncé depuis ce travers-bancs à la cote + 456 m NGF puis un nouveau travers-bancs de 53 m fût foré en direction du sud. Ce dernier recoupa les 6 couches de soufre ainsi que les anciens dépilages. Il a alors été constaté que ces anciens travaux étaient « autorembloyés » et noyés.

### 5.3.2 Gisement de La Croupatassière

Situé à quelques kilomètres à l'ouest du siège de Gaude (lignite), le gisement de soufre sur la concession de la Croupatassière, n'aurait fait l'objet que de travaux de recherche. Seules cinq entrées de galeries sont visibles (entrées murées) mais leur extension est inconnue.

### 5.3.3 Gisement de Bourne

A l'ouest de la Croupatassière, l'exploitation du soufre a également fait l'objet de travaux souterrains sur la concession de Bourne. Une dizaine de petites galeries de recherche a été recensée, dont seulement 4 entrées ont pu être localisées. Ces galeries avaient pour dimension 1,8 m de hauteur pour 1,1 m de largeur. Une de ces galeries ayant donné des résultats intéressants, les travaux se poursuivirent pendant une dizaine d'années. Seul un rapport du Service des Mines, datant de 1897 en fait la description écrite : « *les travaux sont peu développés, ils consistent en 4 remontes de 4 m de largeur partant de la galerie de fond et séparés par des piliers de 2 m de largeur. Les 2 dernières remontes sont reliées entre elles par 2 recoupes de 4 m de largeur* ». *Le tonnage de minerai de soufre extrait de ce site était de 125 tonnes en 1895* ».

## 5.4 Exploitation du sel

A partir de 1967, date de l'attribution du permis d'exploitation de Manosque et antérieurement à l'attribution de la concession de Passaïre (1973), des recherches de gisement de sel ont été réalisées par sondages profonds au cœur du synclinal de Volx.

Depuis 1973 (concession de Passaïre), le sel y est extrait par dissolution. Des cavités sont créées dans la masse de sel de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, à plus de 1000 m de profondeur. La saumure produite est évacuée par saumoduc vers l'étang de Berre. Les 35 cavités créées à ce jour ont une forme cylindrique avec les caractéristiques géométriques moyennes suivantes :

- diamètre : 50 m ;
- hauteur : 200 à 300 m ;
- volume : 200 000 à 500 000 m<sup>3</sup>.

La quantité totale de sel extraite serait supérieure à 23 millions de tonnes.

Une fois les cavités créées, elles constituent des réservoirs souterrains pour stocker du gaz pour celles situées à l'ouest (zone du Gontard) et des hydrocarbures pour celles situées à l'est.

Actuellement, 7 cavités sont utilisées pour le stockage du gaz, activité gérée par un groupement entre GDF et GEOSTOCK, dénommé GEOMETHANE. 26 autres cavités, gérées par GEOSEL servent, quant à elles, au stockage de pétrole brut, gazole, essence, carburéacteur et naphta. En parallèle, deux autres cavités sont en cours de création.

A noter également la présence d'au moins un puits de liaison avec la surface<sup>8</sup>, il est constitué d'un cuvelage en acier cimenté au terrain et d'un tube de protection intérieur.

---

<sup>8</sup> D'autres puits doivent exister mais ils n'ont pas été spécifiquement recensés dans le cadre de cette étude dans laquelle l'aléa n'est pas évalué.

**Remarque :** Ces cavités souterraines actuellement employées pour le stockage souterrain ou en cours de réalisation ne seront pas intégrées dans la qualification des aléas. D'ailleurs, d'après les informations disponibles, ces cavités ne sous-minent pas les anciens travaux de lignite, bitume ou soufre.

## **5.5 Synthèse par commune des exploitations**

Parmi les 11 communes couvertes par les 26 titres miniers du sous-bassin de Manosque, 8 présentent des travaux miniers pour lignite, soufre et/ou bitume (hors sel). Les communes de Montfuron, Forcalquier (cf. remarque § 2) et Saint-Michel-l'Observatoire ne présentent pas de travaux miniers. Le tableau suivant synthétise les travaux miniers recensés pour les 8 communes concernées.

Dauphin	Dauphin	Lignite	Gontard	Travaux d'exploitations
			Colline d'Ubaye	Travaux de recherche
	Grenouillis-Beauregard	Bitume	Bois d'Asson (Ravin de l'Ausselet)	Travaux de recherche et d'exploitation
	Notre-Dame-d'Ubaye	Bitume		
	Saint-Martin-de-Renacas	Soufre	Biabaux	Travaux de recherche et d'exploitation
Manosque	La Gaude	Lignite	La gaude	Travaux d'exploitation
	Sainte-Rostagne	Lignite		
	Ratefarnoux	Lignite		
	La Mort d'Imbert	Lignite		
	La Rochette	Lignite	La Rochette	Travaux de recherche
	Les Hubacs-de-Manosque	Lignite	Concessions inexploitées	Néant
	Fournique	Lignite		
	Montfuron	Lignite		
	Montaigu	Lignite		
	Les Plaines	Bitume	Néant	
	Saint-Martin-de-Renacas	Soufre	Néant	
La Croupatassière	Soufre	La Croupatassière	Travaux de recherche	
Bourne	Soufre	Bourne	Travaux de recherche	
Pierrevert	Pierrevert	Lignite	Pierrevert	Travaux de recherche et exploitations artisanales
	Montfuron	Lignite	Concession inexploitée	Néant
Saint-Maime	Dauphin	Lignite	Bois d'Asson	Exploitations du puits Neuf
				Exploitations du puits Collet Rouge
	Grenouillis-Beauregard	Bitume	Néant	
Saint-Martin-les-Eaux	Bois d'Asson	Bitume	Bois d'Asson	Travaux de recherche
	Biabaux	Lignite	Biabaux	Travaux d'exploitations
	La Chabanne	Bitume	La Gypièrre	Travaux de recherche et d'exploitation
	La Gypièrre	Bitume		
	Saint-Martin-de-Renacas	Soufre	Biabaux	Travaux de recherche et d'exploitation
Bourne	Soufre	Bourne	Travaux de recherche	
Saint-Michel l'Observatoire	Biabaux	Lignite	Biabaux	Dépôt
Villemus	La Chabanne	Bitume	La Gypièrre	Travaux de recherche et d'exploitation
	La Gypièrre	Bitume		
	Colle de Villemus	Bitume	La Colle	
	Saint-Martin-de-Renacas	Soufre	Néant	
Villeneuve	Villeneuve	Lignite	Bois d'Asson	Exploitations de la descenderie de Bois d'Asson
	Bois d'Asson	Bitume	Bois d'Asson	Travaux de recherche
Volx	Les Ubacs-de-Volx	Lignite	Bois d'Asson	Extrémité est des exploitations de la descenderie de Bois d'Asson
	Montaigu	Lignite	Concession inexploitée	Néant

**Tableau 2 : Synthèse des travaux miniers recensés pour les 9 communes concernées du sous bassin du Manosque**

## **6 ETAT DES CONNAISSANCES DU BASSIN**

L'état des connaissances fourni ci-après se base sur les phases informatives réalisées dans le cadre des études détaillées des aléas de 2004 et 2007 (cf. [1], [2] et [3]) actualisées par les observations sur site, l'inventaire des dépôts mené par Geoderis dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE) entre 2011 et 2014 (cf. [8] et [9]) et par l'étude des risques réalisée en 2015 (cf. [4]).

### **6.1 Ouvrages débouchant au jour**

Au total, sur l'ensemble du Bassin du Lubéron (hors sel), 162 ouvrages débouchant au jour (puits, cheminée d'aération, descenderies, montages, entrées de galeries, tunnel) ont été recensés. On dénombre, 25 puits, 12 cheminées, 7 descenderies, 31 montages, 84 entrées de galeries, 1 tunnel (2 sorties) et la « sortie échauffée » à Saint-Maime.

Parmi ces ouvrages, 40 ont été matérialisés sur le terrain. Les autres ont été localisés après géoréférencement des plans de mines issus des archives consultés.

Le tableau fourni en annexe 1 liste l'ensemble des caractéristiques disponibles et utiles à l'évaluation des aléas des ouvrages débouchant au jour recensés.

### **6.2 Etat géotechnique des travaux souterrains**

Lorsque les travaux souterrains sont inaccessibles, les reconnaissances par sondages apportent des précisions sur les dimensions des travaux et leur état géotechnique.

Dans le sous-bassin de Manosque, les secteurs investigués dans le cadre de l'étude de risque ont été au nombre de cinq :

- commune de Pierrevert : secteur des Baudets ;
- commune de Saint-Martin-les-Eaux : secteur de la Gypièrre ;
- commune de Dauphin : secteur du Gontard ;
- commune de Saint-Maime : secteur de la descenderie du Bois d'Asson ;
- commune de Manosque : secteur de la galerie de la Gare.

Sur l'ensemble des secteurs, ont été forés 2 forages carottés et 7 sondages destructifs, totalisant 193 mètres linéaires.

Ces sondages ont permis de recouper 4 cavités, à savoir :

- 1 sur la commune de Dauphin (secteur du Gontard) ;
- 2 sur la commune de Saint-Maime (secteur de la descenderie du Bois d'Asson) ;
- 1 sur la commune de Manosque (secteur galerie de la Gare).

Sur ces 4 cavités, la galerie de la Gare est la seule à présenter un vide franc, hors d'eau, permettant son auscultation par laser et caméra vidéo (cf. figure 11). Les 3 autres cavités ont été trouvées remblayées.

### **Siège de Gaude (secteur de la Galerie de la Gare)**

Les reconnaissances visuelles de la galerie de la Gare sur la commune de Manosque n'ont permis d'observer qu'une partie de l'ouvrage. En effet, faute d'aérage suffisant pour poursuivre les investigations par le fond, des sondages ont permis de recouper cette dernière plus en amont et d'observer une partie de la galerie du Ventilateur. Pour les parties visibles, la galerie et le soutènement sont en bon état de stabilité.



*Figure 11 : Galerie de la Gare au débouché du sondage de reconnaissance*

### **Siège de Bois d'Asson (secteur des exploitations de la descenderie de Bois d'Asson)**

Sur ce secteur située sur la commune de Saint-Maime, les sondages de reconnaissances ont recoupé, à proximité des bâtiments concernés, les anciennes exploitations desservies par la descenderie du Bois d'Asson. Ces travaux d'environ 3 m de puissance se sont avérés relativement profonds (à plus de 40 m de profondeur) et remblayés.

### **Siège de La Gypière**

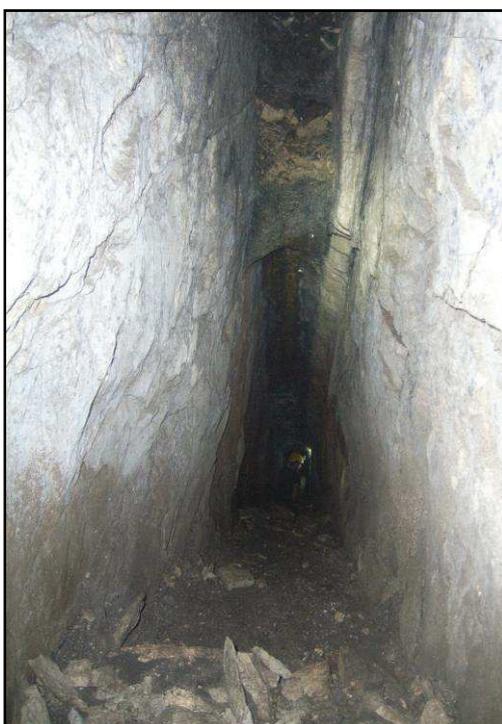
Les sondages de reconnaissances des exploitations au siège de la Gypière situées sur la commune de Saint-Martin-les-Eaux n'ont pas recoupé de travaux. Seules deux couches très minces de lignite ont été recoupées sur un sondage à différentes profondeurs. Compte tenu des résultats (faible épaisseur des couches exploitées, couches de lignite subverticales, géologie très chahutée...) des différentes investigations sur le secteur de la Gypière et au-delà (ravin du Pifferat), il semble peu probable que des travaux conséquents aient été menés sous le village de Saint-Martin-les-Eaux. Si des travaux ont eu lieu, ils se concentrent dans le ravin du Pifferat dans des couches de lignite très inclinées (cf. figures 12). Par ailleurs, aucune donnée ou plan n'a été retrouvé dans les archives, ni d'indice sur le terrain (absence d'indice de présence d'une galerie débouchant au jour et absence de trace de lignite) confirmant selon toute vraisemblance l'absence d'une sortie de la galerie Est Lincel en contre-bas du lieu-dit Les Granges à l'ouest du village (elle serait plus profonde à proximité du niveau 440).



**Figure 12a : Galeries maçonnées dans le ravin du Pifferat**  
(Galerie n° 1 dans la couche n° 3)



**Figure 12b : Travaux d'exploitation du lignite dans le ravin du Pifferat**  
(Galerie n° 1 dans la couche n° 3)



**Figure 12c : Travaux d'exploitation du lignite dans le ravin du Pifferat** (Galerie n° 2)

### Sites du Ravin de l'Ausselet (Siège du Gontard concession de Dauphin et galerie de schistes bitumineux concession de Grenouillis-Beauregard)

Les premières investigations de terrain sur le site du ravin de l'Ausselet (commune de Dauphin) ont permis de retrouver l'affleurement de la couche de schistes bitumineux dans le lit de la rivière de l'Ausselet et dans le talus situé le long la route départementale n° 5, mais sans indice de présence d'une ancienne galerie. Le sondage réalisé dans l'axe de l'affleurement et à proximité de l'habitation concernée par l'étude de risque a confirmé l'absence de recherches par galerie ou de travaux souterrains liés à cet affleurement.

Sur le siège du Gontard, deux sondages ont recoupé la descenderie dite de Gontard qui permettait l'accès à la voie de base du niveau 390 des exploitations de lignite. Cette descenderie fait 1,8 à 2 m de hauteur et est pentée à 26°. Elle a été observée remblayée au niveau des sondages (cf. figure 13).

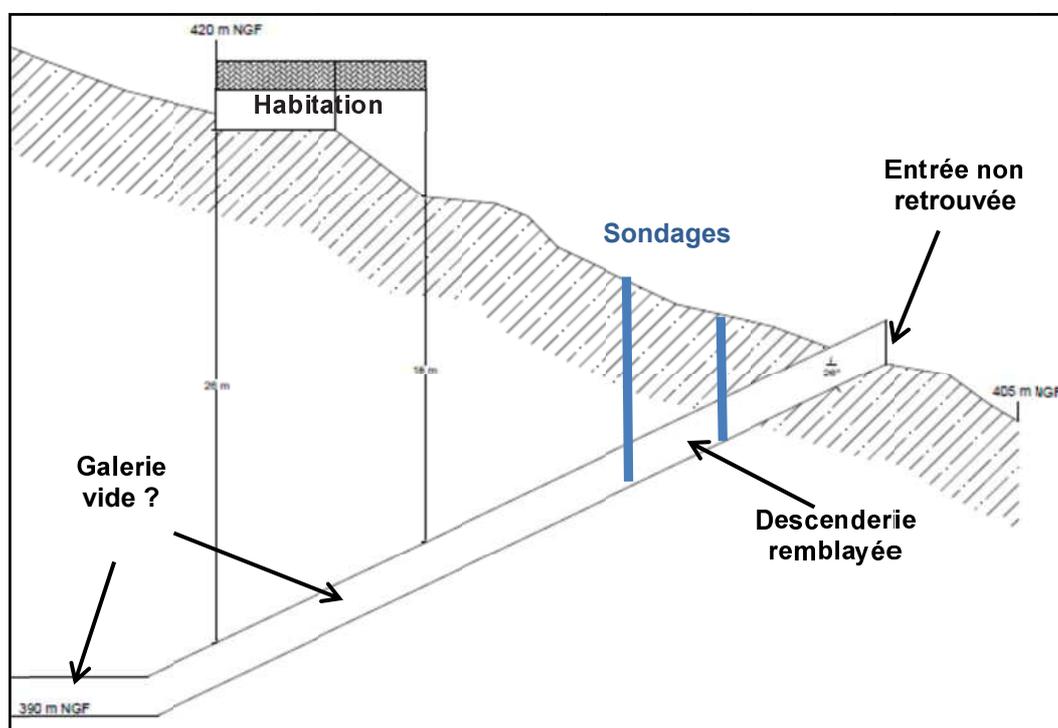


Figure 13 : Coupe schématique de la descenderie du Gontard

### Gisement de Pierrevert (secteur des Baudets)

Les sondages de reconnaissances des exploitations des puits Chemin et Arlaud n'ont pas recoupé de couche de lignite en place ni de travaux miniers. En l'absence de plan précis des anciennes exploitations de ce secteur, l'hypothèse d'un décalage de l'affleurement de la couche a été retenue. Par ailleurs, les travaux menés par galeries isolées de petites sections (< 3 m<sup>2</sup>) dans un encaissant argileux de mauvaise tenue mécanique ont permis de conclure à la probabilité de présence de vides résiduels de petites dimensions.

### 6.3 Désordres de type mouvement de terrains

Une évaluation pertinente des aléas de mouvements de terrain passe par un inventaire des événements passés. Lors des phases informatives, peu de désordres ont été recensés sur le sous-bassin de Manosque. La totalité des 20 désordres recensés sont des effondrements localisés ou fontis (cf. tableau 3).

Lors de la phase informative, neuf mouvements de terrain ont été recensés sur le siège de Bois d'Asson. Aucun autre désordre n'est mentionné sur les autres sites. Seul un « *affaissement* » (très probablement éboulement) du travers-bancs de Biabaux sans, semble-t-il, de conséquences en surface est signalé.

D1	Gaude	Manosque	Effondrement localisé	924327.36	6310821.32	Archives DRIRE 1999	9	3	0	Effondrement localisé de 3 m x 9 m
D2	Bois d'Asson	St-Maime	Effondrement localisé	924864.6	6314528.45	Archives DRIRE 1999	/	/	/	Effondrement à proximité du puits de recherche P188
D3	Dauphin	St-Maime	Effondrement localisé	925691.5	6314789.07	Archives DRIRE 1999	/	/	/	Effondrement remblayé
D4	Bois d'Asson	Villeneuve	Effondrement localisé	926284.45	6315410.04	Archives DRIRE 1999	/	/	/	Effondrement galerie n° 6 (G182) - Désordre remblayé
D5	Bois d'Asson	Villeneuve	Effondrement localisé	925893.81	6315744.18	Archives DRIRE 1999	/	/	/	Zone effondrée puis remblayée (Sogerem) de deux galeries horizontales (galerie n° 2 à 10m de prof.)
D6	Bois d'Asson	St-Maime	Effondrement localisé	925016.86	6314432	Archives Sogerem	3	2	1.5	Cuvette de 3m x 2m x 1,5 de prof. + émanation de SO2 - Désordre remblayé + dalle béton (traité par Sogerem)
D7	Bois d'Asson	St-Maime	Effondrement localisé	924952.87	6314509.73	Archives Sogerem	/	/	/	Zone de plusieurs effondrements proximité du puits de recherche P188 qui ont été remblayés par Sogerem
D8	Bois d'Asson	St-Maime	Effondrement localisé	925481.6	6314831.62	Archives Sogerem	10	10	5	Effondrement circulaire de 10m diamètre x 5m de prof. situé sur Descenderie Grenouillet - Ce désordre a été remblayé par Sogerem
D12	Ravin Ausselet	Dauphin	Effondrement localisé	923102.66	6313876.84	DADT Grenouillis-Beauregard	2	2	5	antérieur à 1998 - désordre miné et remblayé selon DADT
D13	Ravin Ausselet	Dauphin	Effondrement localisé	923103.34	6313858.46	DADT Grenouillis-Beauregard	1	1	/	antérieur à 1998 - désordre miné et remblayé selon DADT
D15	Gontard	Dauphin	Effondrement localisé	923021.08	6313715.61	GPS	3	3	1	Sur travaux. Observé en 03/2014
D16	Gontard	Dauphin	Effondrement localisé	923031.06	6313722.3	GPS	2	2	2	Sur travaux. Observé en 03/2014
D17	Colline d'Ubaye	Dauphin	Effondrement localisé	922945.4	6313432.52	GPS	/	/	/	Sur travaux. Observé en 09/2014
D18	Colline d'Ubaye	Dauphin	Effondrement localisé	922967.75	6313442.51	GPS	/	/	/	Sur travaux. Observé en 09/2014
D19	Ravin Ausselet	Dauphin	Effondrement localisé	923104.7	6313878.77	DADT Grenouillis-Beauregard	2	2	5	antérieur à 1998 - désordre miné et remblayé selon DADT
D20	Bois d'Asson	St-Maime	Effondrement localisé	925229.15	6314406.25	Archives Sogerem	5	3	5	remblayé et dallé par Sogerem (1985)

Tableau 3 : Caractéristiques des désordres recensés sur le sous-bassin de Manosque

## **Siège de Gaude**

Les archives de la DRIRE (ex DREAL) recensent un mouvement de terrain de faible amplitude en 1942 après le fonçage du puits de Gaude et avant son équipement pour l'exploitation. La maçonnerie du puits a légèrement souffert de la remise en place des couches et « un faux aplomb » de 8 cm a été noté dans le puits.

Par ailleurs, ces archives mentionnent deux autres effondrements. Il s'agit d'un cratère de section 9 m x 3 m et d'une zone « *d'affaissements* » (probablement effondrements localisés) datant de 1974 situés dans la garrigue à l'ouest du carreau du puits de Gaude. La zone « *d'affaissements* » aurait été remblayée avec des matériaux récupérés sur le carreau de Gaude.

## **Siège de Bois d'Asson**

Les archives recensent plusieurs mouvements de terrain de type effondrement localisé (fontis) qui ont été traités pour la plupart par remblayage. Sont recensés les effondrements :

- D4 de l'entrée de la galerie n°6 (G182) ;
- D5 de la galerie horizontale n°2 (G178, à 10 m de profondeur) ;
- D8 de la descenderie de Grenouillet (G156, cratère de 10 m de diamètre pour 5 m de profondeur) ;
- D13 au droit d'un travers-bancs reliant les niveaux 338 à 358 en couche C9.10 et situé à moins de 20 m de profondeur ;

Par ailleurs, plusieurs « *effondrements* » sont signalés dans les archives à proximité du puits de recherche (P188). A noter, qu'en 1980, un orifice, analysé comme un effondrement (D6), de section 3 m x 2 m et 1,5 m de profondeur à une soixantaine de mètre de ce puits s'est accompagné d'un dégagement de SO<sub>2</sub> (cf. § 6.5). A proximité immédiate, en 1999 un échauffement accompagné d'émissions de gaz en sortie d'un ouvrage maçonné (galerie ?) s'est également produit et est actuellement surveillé. Ces orifices ont été traités par remblayage puis dallage. Selon les plans disponibles, ces orifices ne sont pas en relation direct avec des travaux miniers connus qui correspondent à l'extrémité ouest de la mine de Bois d'Asson dont la profondeur est dans ce secteur de 190 m. En revanche de nombreux documents d'archives signalent la présence de travaux (recherches) dans le ravin de Champourlier. Par ailleurs l'ouvrage de Bonnet (cf. [13]) indique que ces phénomènes de fumée en surface étaient bien connus des habitants, qui avaient remarqué la présence de dépôts de soufre et de défoliation des arbres ; ce phénomène avait été surnommé « le Muguet ». Pour ces raisons, et bien que l'échauffement et les émissions de gaz associées peuvent potentiellement provenir de fractures naturelles mettant en air des couches de lignite, les orifices sont considérés comme miniers et une zone potentiellement affectée par les travaux miniers a été définie sur ce secteur (cf. § 7.1.2).

## **Autres sites**

D'après les données d'archives, d'autres zones de mouvements de terrain, au-delà des ouvrages de la mine du Bois d'Asson proprement dite, ont été répertoriées. Elles concernent :

- *des galeries qui ont suivi le lignite en bordure sud du Largue où il est mentionné quelques petits effondrements (excepté celui des Granges qui a été traité<sup>9</sup>) ;*

---

<sup>9</sup> Sans autre information quant à cet effondrement, il a été supposé qu'il se situe dans la zone dite « granges du Bois » située à quelque 800 m au sud du Largue.

- *d'anciennes entrées de galeries, en bordure ouest de la colline d'Ubaye, qui sont maintenant à peine visibles ou effondrées,*
- *des effondrements attribués à des travaux non cartographiés sur le site du Ravin de l'Ausselet (D12, D13 et D19 dont les diamètres atteignent 2 m et les profondeurs jusqu'à 5 m)*

Par ailleurs, des effondrements localisés ont été observés lors des visites de terrain au droit des travaux du Gontard (D15 de 3 m de diamètre pour 1 m de profondeur et D16 de 2 m de diamètre pour 2 m de profondeur)

## 6.4 Les dépôts : Verses et terrils

Au total, sur l'ensemble du sous-bassin de Manosque (hors sel), 21 dépôts ont été recensés. Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques de ces dépôts.

V1	Biabaux	St-Michel l'Observatoire et St-Martin-les-Eaux	Stériles houillers/soufre	mm-cm	6400	< 5 m	< 20°	Totale	présence d'un peu de lignite, odeur soufrée présente, sapage très minime par le ruisseau lors de crue (témoignage)
V2	Biabaux	St-Martin-les-Eaux	Stériles houillers/soufre	cm-dm	2900	10 - 20 m	20° - 40°	Partielle	présence d'installation minière à proximité
V3	Bois d'Asson	St-Maime	Stériles houillers	mm-cm	1400	< 5 m	< 20°	Totale	zone servant de stand de tir, présence également de ruines à proximité
V4	Gontard	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	700	< 5 m	20° - 40°	Totale	
V5	Gontard	Dauphin	Stériles creusement	mm-cm	2300	5 - 10 m	20° - 40°	Totale	habitation sur le tas
V6	Ravin Ausselet	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	1700	5 - 10 m	20° - 40°	Partielle	
V7	Ravin Ausselet	Dauphin	Stériles creusement	mm-cm	400	> 20 m	20° - 40°	Partielle	
V8	Ravin Ausselet	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	300	5 - 10 m	20° - 40°	Totale	
V9	Gontard	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	1000	< 5 m	20° - 40°	Totale	
V10	Gontard	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	1900	5 - 10 m	20° - 40°	Totale	
V11	Ravin Ausselet	Dauphin	Stériles creusement	mm-cm	200	5 - 10 m	20° - 40°	Nulle	
V12	Ravin Ausselet	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	1000	5 - 10 m	20° - 40°	Partielle	traces de passage d'engins
V13	Gontard	Dauphin	Stériles houillers	mm-cm	1500	< 5 m	20° - 40°	Totale	
V14	Bois d'Asson	Villeneuve -St Maime	Stériles houillers	cm-dm	3300	5 - 10 m	20° - 40°	Totale	
V15	Bois d'Asson	St-Maime	Stériles houillers	mm-cm	2900	5 - 10 m	20° - 40°	Totale	
V16	Bois d'Asson	St-Maime	Stériles houillers	cm-dm	3400	10 - 20 m	20° - 40°	Totale	
V17	Bois d'Asson	St-Maime	Stériles houillers	mm-cm	5900	< 5 m	< 20°	Partielle	Dépôt constitué d'un mélange de charbon et de stériles. Réaménagé pour les besoins du camping et du restaurant se trouvant sur ce dernier
V18	Bois d'Asson	St-Maime	Stériles houillers	mm-cm	8100	< 5 m	< 20°	Totale	Traces de combustion et hétérogénéité du matériel
V19	Gaude	Manosque	Stériles houillers	mm-cm	2600	< 5 m	< 20°	Totale	Traces de combustion matériaux en partie rubéfiés
V20	Gaude	Manosque	Stériles houillers	mm - cm	32000	< 1 m	0	Zone industrielle	En sortie galerie de la Gare - En 1988 a fait l'objet de surveillance car danger de combustion - Dépôts réaménagés et matériaux combustibles retirés suite à un feu il y a 20 ans.
V21	Gaude	Manosque	Stériles houillers	mm - cm	20000	< 5 m	< 20°	Partielle	

Tableau 4 : Caractéristiques des dépôts recensés sur le sous-bassin de Manosque

## 6.5 Eléments relatifs au gaz de mine

### Siège de Gaude

Les éléments extraits des archives pouvant éventuellement donner une indication sur la qualité de l'atmosphère minière sont :

- le faisceau gras est classé faiblement grisouteux (rapport de l'ingénieur TPE du 28 novembre 1949) ;
- des flambées de grisou ont été signalés en 1879, 1913 et 1921 (rapport de l'ingénieur TPE du 28 novembre 1949) ;

Par ailleurs, en 2014, dans le cadre de l'étude de risques (cf. [4]), il était initialement prévu de visiter la galerie de la Gare pour vérifier son état géotechnique. Seuls les 7 premiers mètres de galerie ont pu être visités. En effet, l'inspection a rapidement été stoppée du fait du taux important de CO<sub>2</sub> dans l'air (taux proche des 3,5 %), ce qui a obligé à procéder à la réalisation de sondages puis des inspections par laser et vidéoscopie depuis la surface. En revanche aucun trace de méthane (grisou - CH<sub>4</sub>) n'a été détectée.

### Siège de Bois d'Asson

Bien que classée non grisouteuse, quelques incidents se sont produits dans la mine. Avant 1930, sont recensés :

- une explosion de gaz (1 blessé) dans les travaux souterrains de la concession de Gaude (au sud des concessions étudiées) en décembre 1879 ;
- une flambée de grisou (1 blessé), référencée sur la concession de Villeneuve, en septembre 1898, dans la mine Fine ;

Pendant cette période, l'administration des Mines admettait que l'exploitation ne présentait aucun danger en ce qui concernait les poussières et le tir à la mèche était autorisé. En janvier 1930, la déflagration d'un coup de poussière dans un cul-de-sac (concession de Dauphin) à la suite d'un tir cause la mort de six hommes et en blesse dix autres. Cet accident a été le seul de ce genre, jusqu'à la fermeture de la mine en 1949 et a eu pour conséquence l'adoption du tir électrique.

Par ailleurs, fin 1999, des émanations de fumées blanchâtres « chaudes » se sont de nouveaux manifestées à proximité immédiate de « l'effondrement » de 1980 qui s'était accompagné d'un dégagement de dioxyde de soufre. Les analyses réalisés à la demande de la DRIRE (ex DREAL) ont conclu à la présence (cf. [7]) :

- d'une forte odeur du goudron. Des tâches de cette matière étaient visibles sur le mur d'obturation de l'ouvrage ;
- d'un débit des fumées de l'ordre de 0,2 à 0,3 m<sup>3</sup>/s ;
- d'une température mesurée dans les cavités derrière le mur d'obturation d'environ 65°C ;
- d'une composition du mélange émis typique des fumées dégagées par un échauffement de terrains houillers. Il s'agit, en effet, d'un mélange gazeux très chargé en vapeur d'eau, pratiquement privé d'oxygène (moins de 1 % vol.) et très enrichi en produits de combustion (environ 16 % vol. de CO<sub>2</sub> et de 0,1 à 0,4 % vol. de CO). Il a été aussi noté la présence d'une certaine quantité d'hydrocarbures (environ 1 % vol.) et d'hydrogène (gaz produits par la pyrolyse de la houille autour du foyer d'échauffement), ainsi que le dégagement de produits soufrés toxiques, lié sans doute à la transformation du soufre (pyrite...) contenu dans la houille. Le complément du mélange était constitué essentiellement d'azote et de gaz rares.

Suite à cet événement, un suivi permanent d'évolution par des analyses en continu a été mis en place. Ce suivi est actuellement assuré par le Département de Prévention et de Sécurité Minière (DPSM) du BRGM. Les mesures menées jusqu'à ce jour montrent que la température des émanations a légèrement diminuée (60°C). En revanche, la composition du mélange évolue peu ; moins de 1 % vol. d'O<sub>2</sub>, environ 17 % vol. de CO<sub>2</sub>, 2500 ppm de CH<sub>4</sub> et 16 ppm de H<sub>2</sub>. Le taux de CO est quant à lui passé sous le seuil de détection.

### **Siège de Biabaux**

Les archives ne donnent pas d'information sur le sujet. Seule la présence de H<sub>2</sub>S est mentionnée, sans que l'on en sache plus sur les quantités et teneurs.

## **6.6 Éléments relatifs aux incendies**

### **Siège de Gaude**

Des incidents fréquents (une vingtaine de cas) en cours d'exploitation sont signalés dans les archives. Ils concernent des échauffements voire des feux. Généralement, ces secteurs étaient isolés par des barrages permettant d'étouffer la combustion.

Par ailleurs, pour éviter tout incendie sur les deux dépôts (V20 et V21) en sortie de la galerie de la Gare dont la portion charbonneuse était importante, une surveillance avait été mise en place en 1988. Ces dépôts ont ensuite été réaménagés en y supprimant tous les matériaux combustibles.

### **Siège de Bois d'Asson**

Toutes les couches de lignite exploitées de Bois d'Asson étaient sujettes à des feux spontanés. Cette facilité à la combustion naturelle est due à la présence de pyrite (sulfure de fer) abondante dont l'oxydation au contact de l'air produit une réaction chimique exothermique.

Le gisement très dense de Bois d'Asson et aussi la présence d'épentes charbonneuses constituaient un facteur défavorable à la lutte contre le feu. De plus, les épentes se trouvant fracturées après le passage des chantiers d'abattage, il était très difficile de colmater les fissures pour empêcher l'oxydation du lignite des couches voisines. Ainsi, le seul moyen de lutte entrepris qui s'est avéré efficace à Bois d'Asson était de compartimenter le gisement par des voies dans les stériles desquelles partent en réseau serré des travers-bancs vers les couches. Chaque panneau était alors exploité le plus rapidement possible pour éviter au massif de se fissurer et ainsi s'oxyder. La région dépilée était ensuite isolée par des barrages.

A partir de 1945, des essais de défournage du charbon ou des remblais en feu ont été réalisés mais les résultats n'ont pas toujours été probants. L'ancienne méthode a été ainsi reconduite.

## **6.7 Données environnementales**

D'une manière générale, les sources potentielles de pollution sont essentiellement constituées par les dépôts ainsi que par les eaux superficielles et souterraines drainées par les vides miniers. Aucune données relatives à la qualité des eaux et des sols n'ont été retrouvées dans les archives du sous-bassin de Manosque. Les observations de terrain ont néanmoins montré que les eaux d'exhaure de la galerie de la Gare (G1 - couleur rouge) et du Travers-bancs de Biabaux (G29 - faible débit de couleur laiteuse) sont minéralisés.

En revanche, les sites ont été intégrés à la hiérarchisation nationale, réalisée dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (cf. [8] et [9]). Les résultats de cette hiérarchisation sont synthétisés au paragraphe 9.3.3.

## 7 CARTOGRAPHIE INFORMATIVE

Par souci de cohérence et afin de synthétiser l'ensemble des informations disponibles, la carte informative est à l'échelle 1/5 000. Elle est établie, par commune, sur la base des études d'aléas de 2004 et 2007 et est actualisée des compléments d'informations recueillis par les investigations de 2012 à 2014 (cf. [8] et [9]) et 2015 (cf. [4]). Elle comprend :

- le fond représenté par la BD ORTHO<sup>®</sup> de l'IGN (PVA de 2009) ;
- les limites des concessions ;
- les limites des communes ;
- les affleurements des couches minéralisées ;
- l'emprise des travaux d'exploitation ;
- les travaux d'exploitations (galeries et chantiers) définies par substance et niveaux exploités ;
- les ouvrages débouchant en surface (puits, descenderies et entrées de galeries) en précisant s'ils sont matérialisés ou localisés (cf. remarque ci-après) ;
- les désordres, dépôts et tranchées recensés ;
- des points remarquables comme les anciens vestiges (bassins, etc.).

Remarque : les définitions cartographiques des ouvrages débouchant au jour ont été homogénéisées par la circulaire ministérielle du 6 janvier 2012 (NOR : DEVP1134619C) relative à la prévention des risques miniers résiduels, à savoir :

- un ouvrage « matérialisé » : *ouvrage qui a effectivement été retrouvé en surface et dont les coordonnées ont pu être relevées au GPS ou dGPS ;*
- un ouvrage « localisé » : *ouvrage qui n'a pas été retrouvé sur le terrain mais dont les coordonnées sont connues (archives ou exploitant) et comportant une incertitude de positionnement.*

Les cartes informatives par commune sont présentées en annexe 4 du présent document. Une version numérique au format PDF et JPG est également fournie sur CD.

Les éléments reportés sur les cartes informatives et d'aléas sont disponibles sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) établi sous un environnement MAPINFO 8.5<sup>®</sup>. Le système de coordonnées est le France Lambert 93. Les fichiers numériques composant ce SIG sont également fournis sur support informatique.

### 7.1 Incertitudes de localisation

L'affichage de l'aléa lié à un élément minier intègre l'extension du phénomène, l'incertitude de localisation intrinsèque de l'ouvrage ou du secteur de travaux concerné et une incertitude propre au support cartographique.

L'incertitude de localisation relative à l'ouvrage minier dépend des éléments ayant mené à son positionnement. Si les ouvrages relevés sur le terrain au GPS se voient attribuer une très faible incertitude (de quelques décimètres à quelques mètres), ceux dont la position est tirée d'anciens croquis portant peu de points de repère se voient attribuer l'incertitude du plan dont ils sont issus. A ceci doit s'ajouter l'incertitude liée à la reproduction du plan. En effet, photographier un plan provoquera une incertitude plus grande que de le scanner.

Le support cartographique (SCAN 25<sup>®</sup> IGN, photogrammétrie, BD Ortho<sup>®</sup> IGN) de par sa précision est lui-même vecteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est de l'ordre de 20 m environ pour le SCAN 25<sup>®</sup> IGN, et estimée à 3 m pour la BD Ortho<sup>®</sup> IGN.

Ces incertitudes sont incluses dans les marges prises en compte pour l'affichage des emprises de travaux sur les cartes informatives.

### **7.1.1 Incertitudes sur la position des ouvrages débouchant au jour**

L'incertitude globale des ouvrages débouchant au jour retenue est prise égale à 5 m pour ceux matérialisés et levés au GPS sur le terrain. En revanche, les autres ouvrages qui ne sont plus visibles à ce jour ont été positionnés à l'aide des plans miniers géoréférencés. Suivant l'incertitude de calage des plans miniers (cf. ci-après), une marge d'incertitude de 10 à 50 m est appliquée sur ces ouvrages.

### **7.1.2 Incertitudes de localisation des travaux miniers souterrains**

Dans le cadre de l'étude préliminaire de 2004 (cf.[1]), la cartographie a été réalisée à partir des plans scannés et géoréférencés en y ajoutant une marge de 15 à 50 m liée à l'incertitude de calage des travaux et à l'imprécision des dessins.

Les investigations menées dans le cadre de l'étude détaillée des risques de 2015 (cf. [4]), en particulier les levés fond/jour des travaux au droit des enjeux existants à l'origine de l'aléa effondrement localisé de niveaux moyen et fort, a permis de réduire localement l'incertitude de positionnement de certaines exploitations.

#### **Siège de Gaude**

En raison de la verticalité des couches de lignite exploitées, les plans disponibles représentent uniquement l'axe des voies principales du niveau - 100 des travaux et à des échelles inférieures ou égales au 1/5 000. Aucun élément de surface autre que les principaux ouvrages débouchant au jour et les anciens bâtiments du carreau du Nouveau puits de Gaude (P35) y sont cartographiés. Seules les coupes des travaux sont précises (échelle du 1/1 000). Les ouvrages débouchant au jour matérialisés sont tous en position centrale par rapport aux exploitations qui s'étendent sur plus d'un kilomètre de part et d'autre. L'ancien carreau du Nouveau puits de Gaude a été entièrement réaménagé pour accueillir les installations et les bâtiments de la société Geomethane. Compte tenu de ces éléments, le calage des plans miniers s'avère au final peu précis, même avec l'appui des anciennes photoaériennes (années 1950) disponibles sur le site internet de l'IGN. L'incertitude de la localisation des travaux miniers est ainsi estimée à 50 m.

Les investigations par sondages menées en 2015 (cf. [4]) ont néanmoins permis d'affiner la position de la galerie de la Gare. Son incertitude de localisation est de l'ordre de 3 m.

#### **Site de Pierrevert**

Les seuls plans disponibles sur les anciennes exploitations artisanales de Pierrevert sont peu précis. Il s'agit de dessin positionnant approximativement les puits. De ce fait, leur incertitude de positionnement a été évaluée à 50 m. Les investigations par sondages menées autour des puits Arlaud (P17) et du Chemin (P25) n'ont pas apportés de données permettant de diminuer l'incertitude de position des travaux miniers.

Compte tenu des données d'archives, il apparaît que les travaux associés aux puits ne s'étendaient pas au-delà de 20 m autour de ces derniers. Ces travaux de faible étendue sont considérés, dans une approche forfaitaire, comme inclus dans la marge d'incertitude précédemment définie autour de chacun de chaque puits.

### **Siège de Bois d'Asson**

Compte tenu de la bonne qualité des plans miniers et du nombre importants d'ouvrages débouchant, l'incertitude de calage des travaux souterrains est évaluée à 15 m. Les investigations menées en 2015 (cf. [4]), n'ont pas permis d'affiner cette incertitude. En effet, les travaux sondés correspondaient à d'anciennes exploitations (1845 - 1924) peu profondes le long de la descenderie de Bois d'Asson et non cartographiées précisément sur les plans miniers. Ces dernières n'y sont au maximum représentées que par un grand aplat hachuré sans plus de détail.

Par ailleurs, dans le ravin de Champourlier (extrémité ouest du siège de Bois d'Asson) sont dénombrés des puits de recherche ainsi que des « effondrements ». Aucun plan de travaux n'a été retrouvé dans ce secteur qui apparaît dans la continuité gîtologique de la mine de Bois d'Asson. Pour ces raisons, une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été tracée le long du talweg du ravin de Champourlier autour des positions des puits et effondrements cartographiés.

### **Siège de Biabaux**

Les plans disponibles du siège de Biabaux représentent les travaux à l'échelle du 1/10 000. Seuls deux ouvrages débouchant au jour ont été matérialisés (Travers-bancs de Biabaux (G29) et galerie Ste-Jeanne Nord (G26)) ne permettant pas d'obtenir une incertitude de localisation des travaux miniers plus précise que 50 m.

### **Siège de La Gypière**

Les plans disponibles du siège de La Gypière représentent les travaux à l'échelle du 1/10 000. Plusieurs ouvrages néanmoins ont été matérialisés. Leur bonne répartition permet d'attribuer une incertitude de localisation des travaux miniers évaluée à 20 m.

### **Siège de La Colle**

Le plan d'exploitation à l'échelle du 1/1 000 du siège de la Colle a été récemment retrouvé aux archives de la DREAL qui n'étaient pas totalement accessibles lors des études antérieures.

Les ouvrages débouchant au jour ont été matérialisés sur le terrain. Leur bonne répartition permet d'attribuer une incertitude de localisation des travaux miniers évaluée à 10 m.

### **Siège du Gontard**

Le plan d'exploitation à l'échelle du 1/1 000 du siège du Gontard a également été récemment retrouvé aux archives de la DREAL. Grâce aux reconnaissances menées en 2015 dans le cadre de l'étude de risques, l'incertitude de localisation des entrées des galeries d'accès aux travaux de lignite du Gontard a été réduite à 5 m au lieu des 30 m initialement retenus dans l'EDA. La bonne répartition de ces ouvrages permet d'attribuer une incertitude de localisation des travaux miniers évaluée à 10 m.

### **Site du Ravin de l'Ausselet**

Aucun plan des exploitations du Ravin de l'Ausselet (Bitume) n'a été retrouvé. Le DADT de la concession Grenouillis-Beauregard confirme cette absence de plans. Seuls les ouvrages débouchant au jour ou désordres qui ont été mis en sécurité y sont cartographiés. Les dimensions des infrastructures de la mine qui ont été détruites dans le cadre des travaux de mises en sécurité des ouvrages et l'important volume de stériles mis en dépôts sur site laissent à penser que l'exploitation a pu être conséquente. Pour ces raisons, une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été tracée en rive gauche de l'Ausselet (lieu des entrées de galeries et des dépôts cartographiés) et entre les travaux pour lignite du Gontard au sud et les premières habitations de la route qui mène au hameau du Plan Notre-Dame au nord.

### **Autres sites**

Les autres sites du sous-bassin de Manosque (La Rochette, la Colline d'Ubaye, La Croupatassière et Bourne) ne présentent que des travaux de recherches par galeries et/ou puits. La cartographie de ces travaux est soit issue de plans à petite échelle (au maximum 1/10 000) ou d'après des archives écrites (type Procès-verbaux de visite). Leur positionnement s'avère peu précis. Lorsque l'ouvrage débouchant au jour n'a pas été matérialisé sur le terrain, une incertitude de localisation forfaitaire de 50 m est attribuée à la galerie ou au puits concerné.

## **PHASE D'ÉVALUATION DES ALÉAS**



## **8 LISTE DES PHENOMENES**

L'étude des aléas est réalisée selon le guide méthodologique (cf. [5]) validé par l'administration et est conforme aux textes réglementaires qui précisent notamment la nature des aléas et risques pris en compte.

Les informations rassemblées lors de la phase informative permettent d'identifier les différents aléas qui seront à retenir pour la deuxième phase de l'étude. D'après les connaissances acquises, la rétroanalyse effectuée sur d'autres bassins miniers très similaires et des travaux de modélisation, les scénarii accidentels ont été examinés pour en déterminer les intensités potentielles, les crédibilités de survenance et évaluer, ainsi, les niveaux d'aléas qui leur incombent.



## **9 IDENTIFICATION DES PHENOMENES RETENUS ET ECARTES**

Sur la base des informations synthétisées aux paragraphes précédents (connaissance des travaux souterrains, de leur organisation et des désordres notamment), une première identification des phénomènes potentiellement redoutés et ceux qui peuvent raisonnablement être écartés, est possible.

### **9.1 Phénomènes écartés**

#### **9.1.1 Effondrement généralisé**

Un effondrement correspond à un abaissement brutal de la surface qui se traduit par une rupture franche des terrains de surface. On parle d'effondrement en masse ou généralisé lorsqu'il concerne une zone étendue en surface (plusieurs centaines de mètres carrés d'extension). D'un point de vue général, les effondrements généralisés peuvent se produire dans des exploitations ayant laissé des vides résiduels étendus telles que les exploitations par chambres et piliers abandonnés, menées dans le gisement du Bois d'Asson. La présence d'un banc raide dans le recouvrement est également nécessaire à l'occurrence de ce mécanisme de rupture.

Aucun phénomène de ce type n'a jamais été constaté sur le territoire concerné par les concessions du gisement du Bois d'Asson. De plus, les rares monographies ou les enquêtes consécutives à des accidents s'accordent à montrer qu'il n'a jamais été observé de rupture généralisée des piliers pour des exploitations souterraines pentées de 25° à 70° et dont les piliers avaient un élancement égal ou inférieur à 1. Cette configuration géométrique étant vérifiée à l'ouest du Puits Neuf et du Puits du Collet Rouge, l'aléa d'effondrement généralisé est écarté dans ce secteur.

A l'est de l'axe Puits Neuf / Puits du Collet Rouge, les exploitations partielles moins pentées laissent des piliers de grandes dimensions, allongés dans le sens du pendage, également peu propices à un effondrement généralisé.

De plus, sur l'ensemble du site, il n'existe à priori pas de banc massif et mécaniquement raide au sein du recouvrement au-dessus des exploitations de lignite. Ainsi, l'aléa d'effondrement généralisé est écarté sur l'ensemble du sous-bassin de Manosque.

#### **9.1.2 Mouvements de pente**

Deux configurations minières particulières peuvent être à l'origine de ce type de phénomène :

- fronts et talus d'exploitation à ciel ouvert ;
- talus et flancs de dépôts miniers.

Aucune exploitation à ciel ouvert n'a été recensée.

Les ouvrages de dépôts ponctuels en fonction de leur volume et hauteur peuvent potentiellement subir des mouvements de pente. En effet, ces dépôts sont constitués par des matériaux déversés sans vraisemblablement avoir été compactés ultérieurement. Ces matériaux bien qu'ayant acquis une certaine cohésion avec le temps, ne permettent, à priori, pas d'exclure que des glissements se produisent le long des pentes des dépôts. Néanmoins, les dimensions des dépôts (hauteur n'excédant pas 5 m, en particulier les dépôts sur siège de Gaude qui ont été arasés et réaménagés) permettent d'y exclure tout phénomène de glissement.

## 9.2 Phénomènes retenus

### 9.2.1 Effondrement localisé

L'effondrement localisé se traduit en surface par l'ouverture d'un fontis en forme de cratère ou d'entonnoir, généralement circulaire. Ils peuvent se produire à l'aplomb de deux types de travaux miniers :

#### Les puits

L'effondrement localisé est généré par le débouillage ou coulissage des remblais au sein de la colonne du puits et/ou la rupture de la tête de puits.

#### Les galeries isolées et/ou les zones de travaux situées à faible profondeur

La phase informative a révélé un certain nombre d'éléments qui conduisent à retenir l'effondrement localisé comme phénomène possible, à savoir :

- la présence de vides miniers à des profondeurs comprises entre 0 à 50 m (tous secteurs de travaux confondus) ;
- l'existence de désordres observés dans des secteurs de vieux travaux ;
- la nature des terrains du toit constitué de marnes et calcaires.

Dans ces conditions, le phénomène d'effondrement localisé est retenu pour évaluation des aléas.

### 9.2.2 Affaissement

L'affaissement minier 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 généralement les exploitations menées à grande profondeur et sur des extensions horizontales importantes. Il peut s'agir d'exploitations totales (où la fermeture des vides est provoquée) mais également partielles (où la fermeture des vides peut être accidentelle). Dans le cas des exploitations totales, les affaissements en surface se stabilisent en général quelques années après l'arrêt des exploitations.

L'aléa affaissement a été retenu pour évaluation au droit des secteurs exploités par chambres et piliers en raison d'un éventuel écrasement progressif à terme des piliers et d'une déformation souple du recouvrement. Trois mines présentent des secteurs ayant ce type de configuration d'exploitation. Il s'agit des mines de La Colle, Bois d'Asson et Bourne.

En revanche, le phénomène d'affaissement n'est pas envisageable pour des exploitations en dressant (cf. [11]). Cela concerne toutes les autres mines du sous-bassin de Manosque. Pour ces dernières, l'aléa affaissement est donc écarté.

### 9.2.3 Tassement

Les matériaux constituant les dépôts du sous-bassin de Manosque ont été déversés sans vraisemblablement avoir été compactés ultérieurement. Ces matériaux meubles sont susceptibles de se compacter sous l'action d'une surcharge extérieure (bâtiments par exemple). Ainsi, l'aléa tassement a donc été considéré au droit de l'ensemble des dépôts recensés.

Par ailleurs, en l'absence d'exploitation souterraine totale (par foudroyage) à faible profondeur, et en particulier sur les gisements peu à moyennement pentés (Bois d'Asson et La Colle), l'aléa tassement sur travaux, qui est envisageable dans ce type de contexte, n'est pas retenu.

#### **9.2.4 Echauffement**

Il s'agit généralement d'échauffements (accidentels ou spontanés) de matière organique persistant au sein d'anciens travaux souterrains ou d'ouvrages de dépôt (verses ou terrils) qui peut initier la combustion du minerai charbonneux.

Cette combustion peut induire :

- la « disparition » de matériau et, de fait, l'apparition de vides résiduels dont la fermeture peut conduire à des mouvements de terrain (effondrement localisé, ...) ;
- d'autres types de risques ou nuisances, plus critique : incendies, points chauds, ou être à l'origine de sur-accidents (proximité de conduites de gaz, présence d'anciennes munitions enfouies au sein du dépôt ...).

Durant et après la fin de l'exploitation des incendies et des échauffements ont été recensés. L'évaluation de l'aléa échauffement est ainsi retenue.

#### **9.2.5 Inondation**

Selon le guide méthodologique (cf. [4]), les phénomènes liés à l'ancienne activité minière qui peuvent être à l'origine d'inondations sont multiples :

- la modification du régime des émergences ;
- l'apparition de zones détrempées ou de marécages ;
- l'inondation des sous-sols et des points bas ;
- la modification du régime des cours d'eau ;
- les inondations « brutales ».

Dans le cas du sous-bassin de Manosque, seule les mines de Gaude, Biabaux, La Gypière sont potentiellement concernées par l'aléa inondation compte tenu des volumes d'eau drainés par les galeries d'écoulement (cf. § 4.5). Depuis l'arrêt des exploitations (mi XX<sup>ème</sup> siècle), l'ennoyage des travaux s'est réalisé. Actuellement, le niveau piézométrique au sein des anciens travaux miniers est stabilisé. Cet état d'équilibre est la conséquence du débordement des réservoirs miniers par les galeries d'écoulement.

## 9.3 Aléas non évalués

### 9.3.1 Gaz de mine

S'agissant d'exploitations de lignite, il est possible que le gaz présent dans les anciens vides miniers se compose de méthane, dioxyde de carbone ... Le phénomène redouté correspond à une remontée jusqu'en surface de gaz de mine accumulé dans le vide minier. Si lors de l'exploitation, ces gaz sont dilués et évacués par la ventilation, à l'arrêt de l'exploitation, ils peuvent s'accumuler dans les vides miniers, sous réserve qu'ils ne soient pas ennoyés totalement et que le réservoir potentiel soit suffisamment volumineux. Ces gaz de mine peuvent, sous certaines conditions, rejoindre la surface. Cette migration nécessite la possibilité de liaisons avec la surface via des ouvrages ou la fracturation des terrains, mais aussi la présence d'un moteur (production de gaz par le gisement ou son encaissant par exemple). Dans le cas présent, le moteur le plus susceptible de générer des émissions de gaz est le tirage thermique qui, pour produire des flux significatifs, nécessite un réservoir suffisamment important d'air désoxygéné et un dénivelé suffisant entre les entrées et les sorties potentielles de gaz. Lorsque l'ensemble de ces paramètres est respecté, les émissions de gaz peuvent se faire de façon privilégiée au travers d'anciens ouvrages reliant les travaux souterrains à la surface (puits, descenderies, galeries d'accès, sondages...) si ceux-ci sont non ou mal obturés, mais aussi au travers des terrains de recouvrement.

Bien que du gaz ait été mentionné lors de l'exploitation à Gaude et Bois d'Asson (cf. § 6.5), aucune archive disponible ne répertorie le sous-bassin de Manosque comme grisouteux. Néanmoins, des émanations de gaz sur le secteur de Bois-d'Asson sont actives et surveillées en relation avec l'échauffement de 1999.

Ces éléments conduisent, à priori, à ne pas écarter la possibilité d'un aléa « gaz de mine » sur le sous-bassin de Manosque. Un manque de retour d'expérience sur les anciennes exploitations minières a amené GEODERIS à engager une réflexion sur le sujet. Ainsi, l'évaluation de l'aléa « gaz de mine » n'a pas été réalisée dans le cadre de la présente étude. Le secteur sera intégré à la hiérarchisation des sites effectuée par GEODERIS afin d'évaluer la nécessité de réaliser des mesures complémentaires avant une éventuelle évaluation de cet aléa.

Néanmoins, la présence d'air désoxygéné au sein des travaux et en particulier dans les zones non ennoyée, est à garder en mémoire en cas de terrassements importants ou en cas de réalisation de forages. Par ailleurs, elle peut également présenter un risque corporel en cas de pénétration dans les travaux, comme toute cavité non ventilée.

### 9.3.2 Pollution des eaux et sols

L'exploitation de gisement minier peut faire redouter la présence éventuelle d'éléments indésirables tels des métaux dans les eaux et les sols à proximité immédiate des ouvrages miniers et des dépôts observés et/ou recensés.

Un inventaire national des dépôts, réalisé dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE), a été mené entre 2012 et 2014 (cf. [8] et [9]). La hiérarchisation nationale a conduit au classement en rang A (sans risque significatif pour l'environnement et la santé humaine) pour l'ensemble des sites du sous-bassin de Manosque à l'exception des concessions de Bois d'Asson, Grenouillis-Beauregard et Saint-Martin-de-Renacas qui sont classées en rang C+, à savoir que les sites « *pourraient présenter un risque pour l'environnement sans pour autant constituer un risque grave identifié compte tenu des données disponibles* ». Ce classement conclue à la nécessité de réaliser « *une étude d'orientation prioritaire (voire une étude sanitaire ciblée sur habitation) pour apprécier le niveau de risque éventuel* ». Cette étude est inscrite au programme de GEDOERIS.

### 9.3.3 Emission rayonnements ionisants

L'aléa lié aux émissions de rayonnements ionisants n'a pas été évalué mais est à garder en mémoire même si ici l'encaissant est marno-calcaire<sup>10</sup>. On notera que cet aléa n'est pas spécifiquement minier compte tenu de la substance exploitée (pas d'exploitation de minerai d'uranium). Le cadre de la prise en compte de cet aléa sort du cadre de la mission de GEODERIS.

---

<sup>10</sup> *Les substances exploitées et les formations géologiques du sous-bassin de Manosque ne sont à priori pas de nature à être émettrices de rayonnements ionisants.*



## **10 EVALUATION DES ALEAS MOUVEMENTS DE TERRAIN**

### **10.1 L'effondrement localisé**

#### **10.1.1 Description du phénomène**

Un effondrement localisé correspond à une rupture des terrains qui ne concerne qu'une zone d'extension limitée à quelques mètres en surface. L'apparition des effondrements localisés en surface est brutale et n'est généralement pas accompagnée d'indices précurseurs visibles. C'est l'effet « pont de neige ». En effet, le phénomène d'effondrement localisé est causé par l'instabilité locale d'une cavité souterraine. Cette instabilité se propage alors au travers des couches situées au-dessus. Lorsqu'elle atteint les formations altérées et non cohésives les plus superficielles, ces dernières rompent soudainement ce qui crée un cratère en surface. Les matériaux impliqués sont donc déplacés et déstructurés de manière importante. La figure suivante schématise les processus possibles à l'origine de ce type de phénomène.

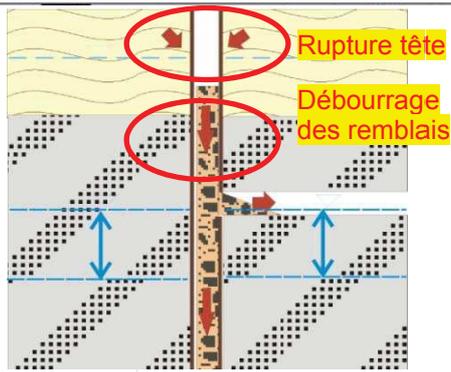
La vitesse de propagation de l'éboulement souterrain varie selon la nature des terrains mais elle est lente. Pour analyser la possibilité d'une apparition en surface, deux conditions doivent être analysées :

- la stabilité des cavités qui se créent au cours de la progression du phénomène ;
- la possibilité d'un autocomblement de la cavité du fait de l'augmentation de volume des matériaux entre leur état « en place » et leur état « effondré ». Ce phénomène d'augmentation de volume est aussi appelé foisonnement.

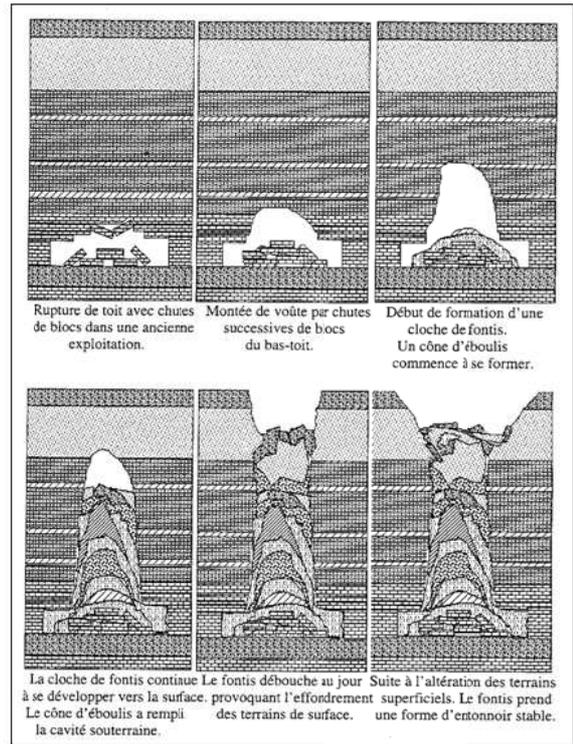
En général, pour la majorité des massifs, l'altération et la fracturation augmentent lorsqu'on se rapproche de la surface. La stabilité d'une excavation de dimension équivalente est donc souvent moindre lorsqu'on se rapproche de la surface. Toutefois, la présence de couches compétentes ou ayant des propriétés spécifiques peut stopper la propagation de l'effondrement.

Le foisonnement des matériaux géologiques est un phénomène connu. Il n'est cependant pas mesuré de manière systématique et il n'existe aucun standard reconnu pour sa détermination. Le phénomène d'auto-comblement est donc difficile à évaluer de manière rigoureuse, mais on admet le plus souvent que la probabilité d'apparition d'un fontis en surface diminue (à cavité de dimension égale) avec la profondeur de la cavité. Pour des cavités de grandes dimensions, comme des chantiers non remblayés par exemple, elles peuvent créer des fontis même si elles sont situées à des profondeurs avoisinant les 50 mètres. Pour les galeries isolées de dimensions habituelles (de 6 à 12 m<sup>2</sup> de section), les retours d'expérience permettent de limiter la hauteur de remontée d'un fontis jusqu'en surface.

S'il existe des approches basées sur l'évaluation naturaliste des coefficients de foisonnement, elles doivent également s'appuyer sur l'observation d'un nombre suffisant d'instabilités, survenues dans les mêmes conditions géomécaniques pour pouvoir être validées.



nismes d'effondrements liés au puits



Processus de remontée de fontis

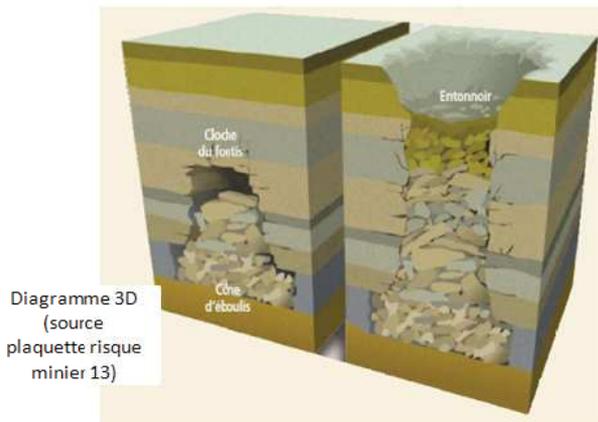
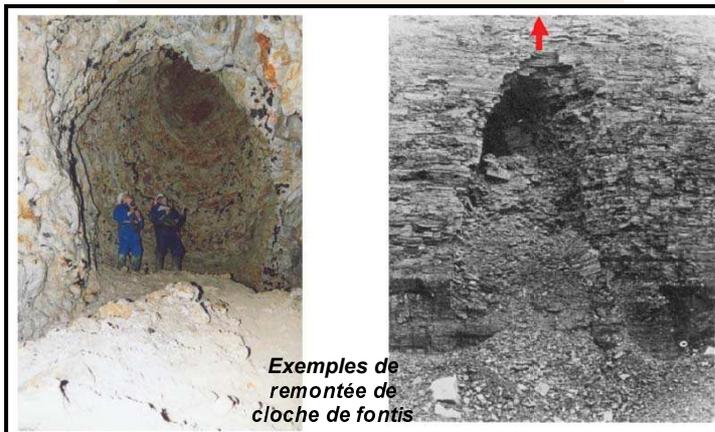


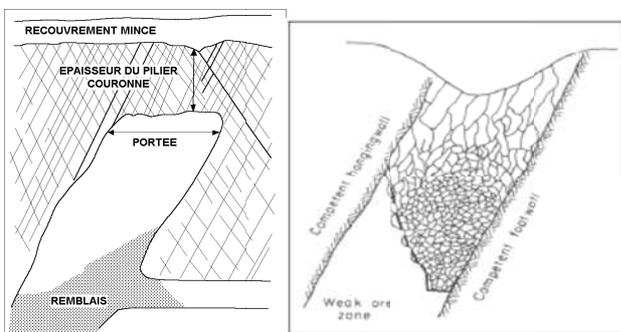
Diagramme 3D (source plaquette risque minier 13)



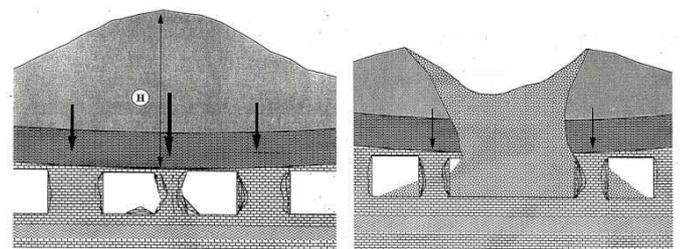
Exemples de remontée de cloche de fontis



Effondrement suite à rupture de couronne



Principe de rupture de couronne



Principe de rupture de pilier isolé

Figure 14 : Schématisations des trois processus à l'origine des effondrements localisés retenus

Outre l'expertise basée sur les calculs de stabilité et les observations du site étudié, l'analyse s'appuie à ce jour sur des guides méthodologiques d'évaluation des aléas (cf. [17]) et en particulier sur l'aléa « effondrement localisé » (cf. [11] et ([12]), rédigés sur la base des retours d'expérience d'études dans tous les contextes miniers et sur l'ensemble du territoire français.

### **10.1.2 Zone d'altération superficielle**

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains à très faible cohésion et donc facilement mobilisables, susceptibles d'être immédiatement affectés par une instabilité.

L'épaisseur de la zone d'altération superficielle est un paramètre déterminant pour les dimensions des désordres potentiels, elle est donc importante pour l'estimation de l'intensité du phénomène d'effondrement localisé. L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir du diamètre du cratère susceptible d'apparaître au jour.

Dans le cadre des études préliminaires de 2007, l'épaisseur de la zone d'altération superficielle a été estimée à 5 mètres (cf. [2] et [3]).

Les investigations par sondages destructifs et carottés (cf. [4] et [14]) ont permis de constater que l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface (sols, roches pulvérulentes et/ou remblais) est comprise entre 1 à 2 m d'épaisseur à l'exception du siège de Pierrevert où elle est de l'ordre de 5 m en raison de la présence de terrains argileux. Ainsi l'épaisseur de matériaux d'altération sans cohésion et faiblement foisonnants de surface est prise à 5 m sur Pierrevert et 2 m sur tous les autres sites concernés par l'aléa effondrement localisé.

### **10.1.3 Evaluation de l'aléa effondrement localisé**

Dans le cas du sous-bassin de Manosque, les mécanismes retenus à l'origine d'instabilités susceptibles d'engendrer un effondrement localisé sont multiples :

- rupture du toit de galeries isolées d'accès à faible profondeur. Ce phénomène, appelé également « fontis », se traduit en surface par l'ouverture d'un cratère ou d'entonnoir, généralement circulaire ;
- rupture de pilier(s) isolé(s) ou du toit des chambres exploitées pour les travaux d'exploitation à faible pendage et situés à faible profondeur ;
- rupture du stot de protection (couronne) peu épais au sommet des chantiers miniers pour les travaux verticaux ou de fort pendage. Ces phénomènes peuvent se traduire en surface par des trous en forme de gouttières ou de tranchées qui suivent la couche à proximité de l'affleurement ;
- débouillage et/ou rupture de têtes d'anciens orifices miniers (puits, cheminées d'aération et descenderies lorsqu'elles sont fortement inclinées) se traduisant en surface par l'ouverture d'un cratère ou d'entonnoir, généralement circulaire au niveau de la tête de l'ouvrage.

#### **10.1.3.1 Effondrement localisé lié aux galeries isolées**

Un effondrement localisé en surface lié à une galerie est au départ causé par l'instabilité du toit de celle-ci. En effet, lorsque la voûte, initiée par la rupture du toit, ne se stabilise pas mécaniquement du fait de la présence de bancs massifs au sein du recouvrement, elle se propage 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 atteindre la surface et engendrer un effondrement localisé (fontis) en surface.

## Evaluation de la prédisposition

Pour évaluer la prédisposition d'apparition du phénomène d'effondrement localisé relatif aux galeries isolées, il convient de prendre en compte :

- la présence de vides. Les archives disponibles et les observations par les sondages ont montré que les chantiers d'exploitation n'étaient pas totalement remblayés ce qui laisse à penser que les galeries d'accès, roulage ou écoulement ne le sont pas. En effet, l'expérience montre qu'il est très exceptionnel que le corps des galeries dites « d'infrastructures » ou travers-bancs soient remblayés à la fermeture des travaux (quelques rares cas répertoriés sur des grands bassins miniers de charbon).
- les dimensions des galeries, observées ou d'après les archives, varient selon :
  - une largeur et une hauteur de 2,5 et 2 m pour la galerie d'écoulement de Biabaux ;
  - une largeur et une hauteur de 1,8 et 2 m, pour la voie de base de la descenderie du Gontard ;
  - une largeur et une hauteur de 2 m pour la galerie de la Gare à Manosque (siège de Gaude) ;
  - une largeur et une hauteur maximales de 3 m pour les galeries d'infrastructures des mines de Bois d'Asson et de Gaude ;
  - une largeur de 1,5 m et une hauteur de l'ordre de 2 m pour les galeries de recherches et les autres galeries aux dimensions inconnues ;
- la nature et l'état géotechnique de l'encaissant. Les galeries ont été creusées au rocher dans les formations marno-calcaires qui contenait les couches de lignite exploitées. Ces formations s'avèrent évolutives à long terme (sensibles à l'eau). Dans ce contexte, la roche s'altère, devient mécaniquement moins résistante. Par ailleurs, ces formations ne contiennent pas de banc raide susceptible de s'opposer à la montée de voûte d'un éboulement.

La remontée d'une cloche de fontis par dégradation des terrains au-dessus d'une galerie peut se poursuivre tant que le foisonnement n'a pas permis de combler le vide disponible dans celle-ci. Sur ce principe, et sans tenir compte d'un éventuel remblayage des galeries, un calcul basé sur une approche volumique déterministe s'attachant à la hauteur de remontée de cloche de fontis est réalisé (cf. annexe 2). En comparant cette hauteur à l'épaisseur du recouvrement, il est possible de déterminer si l'effondrement apparaîtra en surface ou non.

Les résultats des calculs indiquent qu'il est très peu probable qu'un fontis initié au sein d'une galerie débouche au jour si le recouvrement est supérieur à :

- 25 m pour l'ensemble des galeries de recherches ou d'infrastructures (niveaux et accès) des sièges autres que Gaude et Bois d'Asson ;
- 25 m pour les galeries d'écoulement des mines de Gaude (galerie de la Gare) et de Bois d'Asson ;
- 30 m pour les galeries d'infrastructures (niveaux et accès) des mines de Gaude et Bois d'Asson.

Au-delà, lorsque les galeries s'approfondissent, leur auto comblement permet d'écarter ce phénomène.

Dans les gammes de profondeurs retenues, les niveaux de prédisposition à l'effondrement localisés sont définis en fonction de la profondeur de la galerie. Selon les observations, le retour d'expérience et les valeurs statistiques (cf. annexe 2), il est retenu :

- pour les galeries de recherches ou d'infrastructures ou d'infrastructures (niveaux et accès) des sièges autres que Gaude et Bois d'Asson, un niveau de prédisposition :
  - sensible au droit des portions de galerie situées entre 0 et 25 m de profondeur lorsqu'aucun élément sur leurs caractéristiques et état n'a été observé (cas général) ;
  - peu sensible au droit de la portion de la descenderie et voie de roulage du Gontard en référence à l'analyse des investigations réalisées dans le cadre de l'étude de risque (cf. [4]) ;
- pour les galeries d'écoulements des mines de Gaude (galerie de la Gare) et Bois-d'Asson, un niveau de prédisposition :
  - sensible au droit de la portion de la galerie d'écoulement de Bois d'Asson située entre 0 et 25 m de profondeur ;
  - sensible au droit de la portion de la galerie de la Gare située à moins de 25 m de profondeur non pourvus d'un soutènement (au-delà des 180 premiers mètres de la galerie de la Gare et correspondant au 200 m suivants, mesurés sur plan) ;
  - peu sensible au droit de la portion de la galerie de la Gare située à moins de 25 m de profondeur et pourvus d'un soutènement (maçonnerie ou cintres + béton) : il s'agit de la totalité de la galerie du ventilateur et d'une zone d'environ 180 m de longueur depuis l'entrée de la galerie de la Gare ;
- pour les galeries d'infrastructures (niveaux et accès) des mines de Gaude et Bois d'Asson :
  - sensible au droit des portions de galerie situées entre 0 et 30 m de profondeur.

### **Evaluation de l'intensité**

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir du diamètre du cratère susceptible d'apparaître au jour. Ce cratère est issu de « l'évasement » d'une colonne vide débouchant en surface. La dimension de la section de cette colonne est directement liée à la largeur des travaux et la nature des matériaux de surface.

Parmi les principaux facteurs susceptibles d'influer sur la grandeur du diamètre de l'effondrement, on retient : la dimension des vides résiduels au sein des travaux souterrains (volume) ainsi que l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface lorsqu'elle est connue (à défaut c'est l'estimation de l'épaisseur des terrains altérés et fracturés qui est considérée) dont le rôle est prépondérant sur les dimensions de l'entonnoir d'effondrement.

Le tableau suivant définit les classes d'intensité retenue dans l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé ».

Limitée	$\varnothing < 3 \text{ m}$
Modérée	$3 \text{ m} < \varnothing < 10 \text{ m}$
Elevée	$\varnothing > 10 \text{ m}$

**Tableau 5 : Classes d'intensité de l'aléa « effondrement localisé » (cf. [4])**

Compte tenu de la largeur des vides, le rayon maximal de cloche de fontis à court terme atteindra de 1 à 3 m maximum. Le diamètre d'un fontis, à long terme, par évasement des terrains non cohésifs de surface (épaisseur prise égale à 2 m et en y considérant un angle de talus de 45°) pourrait alors atteindre 5 à 6 m maximums.

Ces différentes constatations amènent à considérer l'intensité du phénomène redouté comme modérée, conformément à la classification adoptée.

### Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, les niveaux d'aléa « effondrement localisé » sur galeries isolées ont été retenues :

- pour les galeries de recherches ou d'infrastructures ou d'infrastructures (niveaux et accès) des sièges autres que Gaude et Bois d'Asson, un niveau de prédisposition :
  - moyen au droit des portions de galerie situées entre 0 et 25 m de profondeur lorsqu'aucun élément sur leurs caractéristiques et état n'a été observé (cas général) ;
  - faible au droit de la portion de la descenderie et voie de roulage du Gontard en référence à l'analyse des investigations réalisées dans le cadre de l'étude de risque (cf. [4]) ;
- pour les galeries d'écoulements des mines de Gaude (galerie de la Gare) et Bois-d'Asson, un niveau de prédisposition :
  - faible au droit de la portion de la galerie d'écoulement de Bois d'Asson située entre 0 et 25 m de profondeur ;
  - moyen au droit de la portion de la galerie de la Gare située à moins de 25 m de profondeur non pourvus d'un soutènement (au-delà des 180 premiers mètres de la galerie de la Gare et correspondant au 200 m suivants, mesurés sur plan) ;
  - faible au droit de la portion de la galerie de la Gare située à moins de 25 m de profondeur et pourvus d'un soutènement (maçonnerie ou cintres + béton) : il s'agit de la totalité de la galerie du ventilateur et d'une zone d'environ 180 m de longueur depuis l'entrée de la galerie de la Gare ;
- pour les galeries d'infrastructures (niveaux et accès) des mines de Gaude et Bois d'Asson :
  - moyen au droit des portions de galerie situées entre 0 et 30 m de profondeur.

### 10.1.3.2 Effondrement localisé lié aux exploitations

Les mécanismes de rupture engendrant un phénomène d'effondrement localisé lié aux exploitations dépendent du type d'exploitation.

Pour les exploitations partielles (chambres et piliers abandonnés, tailles montantes) en plateures ou en semi-dressants (pendage du gisement  $< 50^\circ$ ) le mécanisme de l'effondrement prend son origine par la rupture du toit consécutivement à :

- l'éboulement d'une chambre d'exploitation (même mécanisme que dans le cas des galeries isolées), ou ;
- la rupture de pilier(s) isolé(s) entre deux chambres d'exploitation.

Pour les exploitations en dressants (pendage du gisement  $> 50^\circ$ ), le mécanisme de l'effondrement prend son origine par la rupture de la couronne en tête de chambre d'exploitation soit en cisaillement le long des épontes de la couche soit par remontée de voûte (même mécanisme que dans le cas des galeries isolées).

Dans le cas du sous-bassin de Manosque, le premier mécanisme concerne les exploitations en chambres et piliers abandonnés de la mine de Bois d'Asson (pendage  $< 40^\circ$ ), du siège de La Colle (pendage  $\sim 45^\circ$ ) et de la concession pour soufre de Bourne (pendage  $35^\circ$ ). L'évaluation de l'aléa dépend des mêmes critères que pour les galeries isolées, à l'exception du mécanisme par rupture de pilier(s) isolé(s) où s'ajoute en préalable la possibilité de cette rupture.

L'évaluation à la rupture de piliers est définie dans le paragraphe relatif à l'aléa affaissement (cf. § 10.2). Les conclusions de cette évaluation montrent que la stabilité à long terme des piliers ne peut être assurée au-delà de 24 m de profondeur.

Ainsi l'aléa effondrement localisé lié par le mécanisme de rupture de toit lié aux exploitations partielles en plateure ou en semi-dressant est évalué pour :

- l'éboulement d'une chambre d'exploitation quelle que soit sa profondeur ;
- la rupture de pilier(s) isolé(s) pour les exploitations par chambres et piliers abandonnés situés au-delà de 24 m de profondeur.

Le mécanisme de rupture de couronne est privilégié dans le cas d'exploitations en dressant. Sur le sous-bassin de Manosque, il concerne tous les sièges qui présentent ce type d'exploitations : Gaude, Biabaux, Gontard et La Gypière. Dans l'essentiel des cas, l'absence de remblayage a été observée ou décrit dans les archives. L'évaluation de l'aléa ne peut pas dépendre des mêmes critères que pour les galeries isolées, les vides étant considérés comme « infinis ». Une approche plus qualitative sera nécessaire.

#### **Evaluation de la prédisposition**

##### **Cas des exploitations en plateure et semi-dressants : Sièges de Bois d'Asson, La Colle et Bourne.**

L'évaluation de la prédisposition dépend des mêmes facteurs que pour les galeries isolées : la présence de vides, la dimension des vides et la nature et l'état géotechnique de l'encaissant. Les archives disponibles et les observations par les sondages ont montré que les chantiers d'exploitation n'étaient pas tous remblayés. La nature et l'état géotechnique de l'encaissant étant identique au droit des exploitations, seule la dimension des vides va varier par rapport à celle des galeries isolées. En d'autres termes, étant dans les mêmes conditions que pour les galeries isolées, seule la valeur de hauteur de remontée de fontis va varier pour déterminer les niveaux de prédisposition relatifs à l'aléa effondrement localisé lié aux exploitations.

Les dimensions des vides sans tenir compte d'un remblayage partiel (approche sécuritaire) sont retenues selon :

- Cas des chambres d'exploitations en plateure ou semi-dressant sans rupture de pilier :
  - une largeur prise à 5 m de largeur et 3 m de hauteur, pour les chambres d'exploitation des couches du Toit et du Mur de la mine de Bois d'Asson ;
  - une largeur prise à 5 m de largeur et 1 m de hauteur, pour les chambres d'exploitation des autres couches de la mine de Bois d'Asson et du siège de La Colle ;
  - une largeur de 4 m et une hauteur de 2 m pour les chambres d'exploitation de la concession de Bourne.
- Cas des chambres d'exploitations en plateure ou semi-dressant avec rupture de pilier :
  - une largeur prise à 15 m de largeur et 3 m de hauteur, pour les chambres d'exploitation des couches du Toit et du Mur de la mine de Bois d'Asson ;
  - une largeur prise à 15 m de largeur et 1 m de hauteur, pour les chambres d'exploitation des autres couches de la mine de Bois d'Asson et du siège de La Colle ;
  - une largeur de 12 m et une hauteur de 2 m pour les chambres d'exploitation de la concession de Bourne.

Le calcul volumétrique permettant de définir la hauteur de remontée de voûte au toit des travaux par chambres et piliers conduit aux résultats de l'annexe 2. Selon les dimensions estimées des vides, la valeur maximale de remontée maximale de voûte, en optant pour la plus sécuritaire entre les deux mécanismes simulés, est retenue à :

- 35 m pour les exploitations des couches du toit et du Mur de la mine de Bois d'Asson ;
- 6 m, étendus à 10 m, pour les exploitations des autres couches de la mine de Bois d'Asson et du siège de La Colle ;
- 30 m les exploitations de la concession de Bourne.

En référence aux éléments d'analyse liés aux galeries isolées, le niveau de prédisposition à l'effondrement localisé sur les exploitations en plateure ou semi-dressants de Bois d'Asson et de Bourne est retenu à un niveau sensible dans les gammes de profondeur retenues ci-dessus.

#### Cas des exploitations en dressants : Sièges de Gaude, Biabaux, Gontard et La Gypière.

Les facteurs qui gouvernent la prédisposition d'une tête de filon ou pilier couronne à subir une rupture sont principalement :

- Les dimensions et les propriétés de résistance des piliers couronnes (épaisseur, présence d'extraction à ciel ouvert en sub-surface, terrains altérés, présence de failles ou d'accidents tectoniques...);
- Les caractéristiques du gisement (pendage, nature des terrains encaissants, existence d'interfaces entre le filon et les épontes susceptibles de favoriser les ruptures, notamment par glissement...);
- La nature du remblai mis en place.

Les éléments compilés montrent qu'à la mine de Gaude les travaux n'ont pas été remblayés, constituant des vides souterrains, certes d'ouverture limitée mais néanmoins sur des hauteurs pouvant être conséquentes (80 m de relevé). Cette absence de remblais se vérifie également d'après les observations et les archives sur les autres sièges comme le Gontard, La Gypière et probablement Biabaux. De plus, la consultation des plans des différentes exploitations révèle qu'elles se sont approchées très près de la surface (localement < 10 m).

L'estimation de l'épaisseur limite à partir de laquelle la rupture de la couronne peut générer un effondrement localisé dépend du volume de vide disponible. Les vides étant considérés ici comme « infinis », cette épaisseur ne peut être estimée que qualitativement. Ainsi il est communément admis, de manière sécuritaire, qu'au-delà d'une épaisseur d'une cinquantaine de mètres, la prédisposition de la couronne à se rompre devient généralement nulle pour des chambres de dimension habituelle (cf. [11]).

D'après la phase informative, un effondrement (D1 : section 3 m x 9 m, profondeur non connue) s'est produit en 1973 sur la mine de Gaude non loin de la galerie Mathilde, c'est à dire à l'aplomb des anciens travaux en couche grasse C2. L'origine de ce désordre n'est pas explicitée, mais compte tenu de ces dimensions (forme allongée), il s'agit selon toute vraisemblance à un mécanisme d'effondrement par rupture de couronne.

Il existe donc une antériorité d'aléa de type « effondrement localisé » par rupture de la couronne pour la mine de Gaude. De plus, la lecture des procès-verbaux des visites du site révèle :

- l'existence de zones faillées au sein des chantiers (procès-verbal du 12 décembre 1953) ;
- que les chantiers dont l'ouverture n'était que métrique, avait tendance à se refermer. On note, en effet, la constatation suivante dans le procès-verbal de visite du 11 janvier 1951, au sujet de la couche 12 : « *la pression des terrains se fait de plus en plus forte, ramenant la largeur du dépilage à 30 cm* » ;
- que les épontes sont généralement mauvaises car instables : extrait du procès-verbal du 27 décembre 1954 : « *le toit de la couche 2 est assez mauvais, lorsque le terrain travaille, il se délite assez facilement et des portions de bancs se détachent de la paroi. Des intercalaires d'argile, entre la couche et le toit, d'une part et entre les divers bancs du toit d'autre part, rendent cette éponte encore plus mauvaise en créant des surfaces de glissement, ce qui facilite le glissement des bancs du toit lorsque ceux-ci sont fragmentés sous la poussée des terrains* » ;
- la stabilité des travaux souterrains ne semble pas assurée, comme tend à le démontrer le procès-verbal de visite du 27 décembre 1954 : « *la partie dépilée étant laissée vide, les bancs de la paroi se détachent sous la poussée des terrains et il arrive un moment où la chute de ces bancs qui constituent le toit de la couche, intéresse aussi le pilier de protection qui commence à s'effriter jusqu'à ce que, mal soutenu du côté du toit où l'éponte est glissante et peu solide, il se détache du mur et s'effondre* ».

Ce type d'observations pourrait être envisagé sur les autres sièges (Biabaux, Gontard et La Gypière), les contextes géologique et d'exploitation étant très similaires voire identiques.

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, la prédisposition à un aléa effondrement localisé par rupture de couronne au droit des exploitations en dressant de Gaude, Biabaux, Gontard et La Gypière est retenue à un niveau sensible.

## **Evaluation de l'intensité**

A l'image du cas de l'effondrement localisé lié aux galeries isolées, l'intensité du phénomène d'effondrement localisé lié aux exploitations est également retenu à un niveau *modéré*. En effet, compte tenu des dimensions des vides des exploitations et de l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface, le diamètre, à long terme, d'un effondrement serait au maximum de l'ordre de 10 m. D'ailleurs, cette valeur est corroborée avec le retour d'expérience de l'effondrement de 1973 cité précédemment.

## **Evaluation du niveau d'aléa**

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, le niveau d'aléa « effondrement localisé » sur travaux d'exploitations est retenu à *moyen* jusqu'à la profondeur :

- 35 m pour les exploitations des couches du Toit et du Mur de la mine de Bois d'Asson ;
- 10 m pour les exploitations des autres couches de la mine de Bois d'Asson et du siège de La Colle ;
- 30 m les exploitations de la concession de Bourne ;
- 50 m pour les exploitations en dressant de Gaude, Biabaux, Gontard et La Gypièrre.

### **10.1.3.3 Effondrement localisé lié aux puits**

Les effondrements localisés considérés peuvent être associés à deux mécanismes distincts : le débouillage des remblais au sein de la colonne d'un puits (ou cheminée) et la rupture de la tête.

#### **Le débouillage des remblais au sein de la colonne d'un puits**

Le remblai mis au sein de la colonne peut évoluer par compaction naturelle, remaniement en présence d'eau, ou encore comblement des vides résiduels de l'ouvrage. En fonction de la vitesse du mouvement, on peut évoquer les termes de tassement, ou de coulissage. Mais le mécanisme le plus brutal est le débouillage soudain du matériau qui migre dans les recettes ou infrastructures connectées au puits et non obturées. La rupture d'anciens planchers peut également conduire au débouillage brutal de remblais sus-jacents.

#### **La rupture de la tête d'un puits**

Pour les puits miniers dont la partie sommitale n'est pas remblayée ou a subi un mouvement de matériau de remblai, le phénomène qui peut se produire est la rupture du revêtement ou de la structure de maintien ou de fermeture mise en place en partie sommitale de l'ouvrage.

## **Evaluation de la prédisposition**

L'aléa est évalué sur la base des facteurs de prédisposition et d'intensité présentés ci-après.

### **Facteurs de prédisposition au débouillage**

Les facteurs de prédisposition retenus pour le débouillage sont :

- le manque de contrôle lors du remblayage, qui ne permet pas de savoir si la colonne du puits est réellement comblée sur toute la hauteur ;

- la profondeur du puits et par conséquent la capacité à la présence de vide dans la colonne, qu'il soit déjà présent ou consécutif à un débouillage ;
- le nombre de recettes, c'est-à-dire de galeries communiquant avec la colonne de puits et où, potentiellement, les remblais peuvent migrer. Un nombre élevé de recettes (4 ou 5), sans précision de traitement spécial (obturation) avant le remblayage est un facteur pénalisant ;
- le niveau piézométrique, qui est un facteur aggravant s'il n'est pas stabilisé. En effet, la remontée de l'eau dans la colonne de puits peut faciliter les écoulements de matériau dans les recettes et modifier l'organisation des remblais en déstabilisant des voûtes stables avant l'arrivée de l'eau.

### Facteurs de prédisposition à la rupture de tête

Les facteurs de prédisposition retenus pour la rupture de tête de puits sont :

- la nature du revêtement. Un revêtement en bois sera plus sensible qu'un revêtement maçonné ;
- le traitement de la tête de puits. La pose d'un bouchon de béton autoportant constitue une solution pérenne pour éviter une rupture de tête contrairement à la pose d'une dalle en béton.

Les données informatives ont permis de recenser 76 ouvrages verticaux ou fortement inclinés sur le sous-bassin de Manosque. D'une manière globale, peu d'informations ont été retrouvées sur ces ouvrages dans les archives. Les informations disponibles sont synthétisées dans le tableau relatif aux ouvrages débouchant au jour en annexe 1.

De manière à définir les niveaux de prédisposition à l'effondrement localisé, la première partie du tableau en annexe 3 renseigne l'ensemble des facteurs pour chaque puits. Pour chaque facteur, il est indiqué si ce facteur tend à augmenter (couleur rouge), être neutre (couleur jaune) ou diminuer (couleur vert) le niveau de prédisposition.

Il ressort de l'analyse que la quasi-totalité des ouvrages présentent une prédisposition à l'effondrement de niveau peu sensible. Une prédisposition à l'effondrement de niveau sensible été retenu pour 7 ouvrages de grande profondeur, vide et/ou au remblais lâches.

### Evaluation de l'intensité

L'intensité des effondrements localisés est directement liée au diamètre du cône d'effondrement résultant en surface. Ce cratère est issu de « l'évasement » d'une colonne vide. L'intensité de l'effondrement est principalement tributaire de la géométrie et du volume de l'ouvrage et de la nature des terrains de surface.

#### Remarque :

D'une manière générale, la rupture de la tête de puits peut conduire à des effondrements conséquents si le volume pouvant accepter le matériau éboulé au sein du puits et l'épaisseur des terrains meubles ou altérés permettant une extension latérale du phénomène sont importants. En revanche, bien que l'épaisseur et la nature de ces terrains jouent un rôle fondamental dans les dimensions de l'entonnoir d'effondrement en surface, le diamètre maximal du désordre et donc le niveau de l'intensité est atténué par le volume de la cheminée de puits, donc fonction de la dimension des puits et surtout de sa profondeur.

Les puits du siège de Pierrevert sont peu profonds (< 15 m) mais foncés dans des terrains argileux faiblement cohésifs. Le critère de volume n'influe donc pas sur le niveau d'intensité (cf. [4]).

Les facteurs d'intensité retenus sont :

- le diamètre des puits, qui intervient directement dans le diamètre de l'effondrement en surface et donc dans le calcul de l'intensité ;
- la présence de terrains sans cohésion en surface qui ont un effet aggravant sur les dimensions d'un effondrement en surface. Les données des sondages ont montré que ce type de terrains n'excédait pas 2 m d'épaisseur pour l'ensemble des sites à l'exception de celui de Pierrevert où celle-ci est retenue à 5 m (cf. § 10.1.2).

Les quelques informations disponibles concernant les sections des ouvrages montrent qu'ils sont rectangulaires ou carrés. Le diamètre équivalent des puits d'exploitation et des descenderies varie de 2 à 3,5 m. Pour les ouvrages d'aérage ou de recherche, les dimensions sont plus faibles, de l'ordre de 1,5 m.

Ainsi, compte tenu de l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface prise égale à 5 m pour le site de Pierrevert, l'intensité y est évaluée à un niveau modéré.

Sur les autres sites, l'épaisseur des terrains non cohésifs étant retenue à 2 m, le niveau d'intensité est évalué à un niveau :

- modéré pour les puits d'exploitations et les descenderies,
- limité pour les puits de recherche et d'aérage.

Ces niveaux d'intensité apparaissent conformes aux dimensions des quelques désordres passés recensés.

### **Evaluation du niveau d'aléa**

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, les niveaux d'aléa effondrement localisé retenus pour les puits varient de faible à moyen. Le niveau d'aléa par ouvrage est présenté en annexe 3.

## **10.2 L'affaissement**

### **10.2.1 Description du phénomène**

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines résultant de l'extraction du minerai. Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette (cf. figures 15 et 18), sans rupture cassante importante (des fractures ouvertes sont possibles dans la zone en extension, située sur la bordure de l'affaissement).

Les exploitations concernées par les affaissements possèdent généralement quatre points communs : exploitation dite « partielle » en plateaux à faiblement pentée où des vides sur des superficies importantes ont été maintenus, grande profondeur (valeur dépendant du contexte mais en général une centaine de mètres au moins), extensions horizontales importantes (ratio largeur exploitée / profondeur) et recouvrement capable de se déformer de manière « souple » sur des amplitudes importantes.

L'amplitude maximale de l'affaissement est directement proportionnelle à l'ouverture des travaux souterrains. Le coefficient de proportionnalité dépend notamment de la profondeur des travaux, de la méthode d'exploitation (défruitement) et de traitement des vides (remblayage). Dans la majorité des cas, les amplitudes maximales observées sont d'ordre décimétrique à métrique.

Généralement, ce ne sont pas tant les déplacements verticaux qui affectent les bâtiments et infrastructures de surface, que les déformations du sol (déplacements différentiels horizontaux, flexions, mise en pente, etc.). En fonction de leur position au sein de la cuvette d'affaissement, les déplacements différentiels horizontaux peuvent prendre la forme de raccourcissements (zones en compression vers l'intérieur de la cuvette) ou d'extension (zones en traction vers l'extérieur de la cuvette).



**Figure 15 : Photographie d'une cuvette d'affaissement Bray-en-Cinglais – Soumont (14)**

Plusieurs configurations peuvent être à l'origine de ce phénomène :

- les exploitations totales (tout le minerai est enlevé dans les tailles), menées à moyenne ou grande profondeur et présentant des extensions horizontales importantes. Il se produit dans les cinq ans suivant l'arrêt de l'exploitation. Ce phénomène a été observé dans le cadre d'exploitations de gisements houillers (Bassin de Provence) ou ferrifères (Bassin Ferrifère Lorrain) menées par ce type de méthode (dépilages ou foudroyages) ;
- Les exploitations partielles (chambres et piliers) présentant des configurations de profondeur, d'exploitation et de pendage favorables au déclenchement de ce type de phénomène (gisements pentés avec possibilité de débouffrages de remblai, ou suffisamment profonds pour menacer la stabilité des piliers). C'est le cas du Bassin ferrifère de May-sur-Orne en Basse-Normandie.

Sur le sous-bassin de Manosque, même si l'analyse informative ne mentionne aucun affaissement, la présence d'exploitations partielles par chambres et piliers abandonnés des mines de La Colle, Bois-d'Asson et de Bourne rend nécessaire l'évaluation de l'aléa lié à ce phénomène.

## 10.2.2 Evaluation de l'aléa affaissement

### Prédisposition

Afin d'évaluer la potentialité de survenue d'un aléa de type affaissement, il est nécessaire de s'interroger sur la stabilité à long terme des piliers. Pour cela, on utilise le modèle de l'aire tributaire. Il permet d'évaluer la résistance à la rupture des piliers, en comparant les efforts qu'ils supportent à leur capacité d'y résister. Cette méthode, couramment employée, consiste à estimer la charge (ou la contrainte) que supporte chaque pilier en équirépartissant le poids des terrains de recouvrement et ensuite, à comparer cette charge à celle de la résistance ultime des piliers.

La charge (ou la contrainte) exercée sur un pilier s'exprime selon :

$$\sigma = \rho g H / (1 - \tau)$$

où :

- $\rho g$  est le poids volumique des terrains. Sa valeur est prise à 25 kN/m<sup>3</sup> (valeur usuelle pour un recouvrement marno-calcaire) ;
- H est la profondeur de la zone exprimée en mètres ;
- $\tau$  est le taux d'exploitation appelé aussi taux de défrètement de la zone.

Les hypothèses nécessaires sont pour les exploitations des mines de Bois-d'Asson, La Colle et de Bourne :

- le taux de défrètement, variant ici entre 70 et 80% dans les quartiers exploités par chambres et piliers abandonnés ;
- la résistance ultime à la compression simple des piliers de charbon<sup>11</sup> prise égale à 3 MPa (Bois d'Asson et La Colle).
- la résistance ultime à la compression simple de piliers à faciès marno-calcaires<sup>12</sup> prise égale à 3 MPa (Bourne).

Les résultats des calculs indiquent que pour un taux de défrètement de 80 %, la stabilité à long terme ne peut être assurée au-delà d'une profondeur de 25 m pour les exploitations de en chambres et piliers répertoriés sur le sous-bassin de Manosque. Cela exclu les travaux de Bourne situées à moins de 25 m de profondeur. Pour les autres sites (Bois d'Asson et La Colle), le niveau de prédisposition est évalué à peu sensible en raison de l'absence d'évènement recensé.

### Intensité

Les caractéristiques d'affaissement qui matérialisent les dégâts les plus dommageables pour les biens situés en surface sont les déformations différentielles horizontales et, en particulier, les mouvements de mise en pente du sol plutôt que l'affaissement maximal en lui-même. C'est pourquoi c'est ce dernier paramètre qui est choisi pour évaluer l'intensité de l'aléa affaissement. Le tableau suivant donne des valeurs indicatives des pentes qui permettent d'évaluer l'intensité du phénomène.

---

<sup>11</sup> cette valeur est tirée de notre expérience sur les charbons et de nombreux retour d'expérience sur des cas de rupture de piliers de charbon

<sup>12</sup> faciès et valeur de résistance associée pris pour ses cotés conservateur et sécuritaire.

Très limitée	$0 < P < 1$
Limitée	$1 < P < 3$
Modérée	$3 < P < 6$
Elevée	$P > 6$

**Tableau 6 : Classes d'intensité de l'aléa « affaissement »**

Les effets de mise en pente (et des déformations) apparaissent sur les bords de la cuvette d'affaissement. Ils sont proportionnels à l'amplitude de l'affaissement maximum, mais d'autant plus faibles que l'exploitation est profonde (H). Ainsi, les valeurs maximum de la pente (Pm), exprimées en %, sont atteintes à l'aplomb des bords de l'exploitation selon :

$$P_m = \beta A_m / H$$

où :

- Am est l'amplitude d'affaissement maximum exprimée en mètres ;
- H est la profondeur de la zone exprimée en mètres ;
- $\beta$  est un coefficient qui dépend de la nature de recouvrement. La valeur de ce coefficient est retenue à 5, déduite des retours d'expérience effectués sur des bassins aux configurations similaires et pour son aspect sécuritaire.

L'amplitude d'un affaissement maximum au centre de la cuvette est proportionnelle, directement liée au volume de vides exploités. Elle s'exprime selon :

$$A_m = K \tau W$$

où

- W est l'ouverture exploitée ; amplitude d'affaissement maximum exprimée en mètres ;
- $\tau$  est le taux de défruitement ;
- K est un coefficient de réduction de l'affaissement dépendant de la nature du recouvrement, en particulier sa raideur, et de son épaisseur. Selon les retours d'expérience des études de bassins aux configurations similaires, il est considéré que pour des exploitations peu profondes (moins de 100 m), le coefficient K n'excède pas 0,25.

En revanche, pour que l'affaissement se donne en totalité et que l'amplitude Am soit maximale, il est nécessaire que la largeur (L) du panneau rompu soit supérieure à la profondeur (H) moyenne de celui-ci (milieu de panneau). En dessous ( $L < H$ ), les affaissements sont d'autant plus limités et considérés comme non perceptibles si le panneau présente une largeur  $L < 0,4 H$ .

Le tableau suivant donne les résultats obtenus sur les différents exploitations du sous-bassin de Manosque, en considérant un taux de défruitement de 80 % pour l'ensemble des exploitations en chambres et piliers abandonnés.

La Colle	Nord	150 m	50 à 100 m	> 1	80 %	1 m	0,4 m	2 à 4 %	Limité à modéré
	Centre	180 m	50 à 80 m	> 1	80 %	1 m	0,4 m	2,5 à 4 %	Limité à modéré
	Sud	100 m	90 à 140 m	≥ 0,7	80 %	1 m	0,4 m	1 à 2 %	Limité
Bois d'Asson	Travaux Mine Grise (sud TB 10)	90 m	80 à 120 m	0,9	80 %	1 m	0,4 m	1 à 2 %	Limité
	Travaux Mine Fine (sud TB 10)	130 m	80 à 120 m	> 1	80 %	1 m	0,4 m	1 à 2,5 %	Limité
	Travaux C9-C10 Niv 283 (Sud TB10)	40	90 à 120 m	0,4	80 %	1 m	0	0	Nul
	Travaux C9-C10 Niv 240 (sud TB10)	50	120 à 160 m	0,4	80 %	1 m	0	0	Nul
	Travaux C9-C10 Niv 240 (nord TB10)	70	90 à 130 m	0,6	80 %	1 m	0,2	1 %	Limité
	Travaux C14 Niv 283 (sud TB10)	35	90 à 120 m	0,4	80 %	1 m	0	0	Nul
	Travaux C14 Niv 240 (sud TB10)	45	120 à 160 m	0,4	80 %	1 m	0	0	Nul
	Travaux Toit Niv 240 (sud TB 12)	40	130 à 150 m	0,3	80 %	3 m	0	0	Nul
	Travaux Toit Niv 330 (Nord descenderie Bois d'Asson)	50	50 à 180 m	0,8 (limite 0,4H à 125 m)	80 %	3 m	1	1 à 6%	Limité à modéré
	Travaux Toit Niv 330 (Sud descenderie Bois d'Asson)	60	40	> 1	80 %	0 m (Travaux reconnus remblayés par sondage (cf. [4])	0	0	Nul
	Travaux Toit Niv 260 (Nord descenderie Bois d'Asson)	70	120 à 140 m	0,6	80 %	3 m	0,7	1,5 à 2,5 %	Limité
	Travaux Toit Niv 240 (Nord descenderie Bois d'Asson)	90	170 à 210 m	0,5	80 %	3 m	0,1	< 0,2 %	Nul
	Anciens travaux couche Fine (Colline de Bois d'Asson)	300 m	50 à 190 m	> 1	80 %	1 m	0,4 m	1 à 4 %	Limité à modéré

**Tableau 7 : Valeurs des pentes d'affaissement calculées et niveaux d'intensité retenus pour l'aléa affaissement des mines de La Colle et Bois d'Asson**

De ces résultats, il ressort que l'intensité de l'aléa affaissement sur les différentes zones exploitées est de niveau limité ou limité à modéré.

### Evaluation de l'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, l'aléa affaissement des mines de La Colle et Bois d'Asson est évalué à un niveau *faible* sur les quartiers exploités par chambres et piliers abandonnés suffisamment larges et profonds.

### 10.3 Evaluation de l'aléa tassement

Dans le cadre de l'après mine, on parle de tassements lorsque les mouvements du sol résultent de la compaction d'un massif meuble (amas de matériaux granulaires, ...).

Sous l'action de perturbations extérieures (applications de surcharge en surface par exemple) ou sous l'effet de leur propre poids, les terrains qui présentent une forte porosité peuvent être amenés à se tasser et donner naissance à des mouvements de faible ampleur en surface.

Un aléa de cette nature (mouvements du sol résultant de la compaction d'un massif meuble) est susceptible de survenir au droit des dépôts où une surcharge éventuelle risque de remobiliser ces terrains par nature sensibles à ce type de phénomène.

Les matériaux constituant les dépôts ont été déversés de manière gravitaire. Cela ne peut pas d'écarter un tassement de ces dépôts sous l'effet d'une surcharge de surface bien que ces matériaux aient assurément acquis une certaine cohésion avec le temps. C'est pourquoi, la prédisposition à l'aléa tassement au niveau des dépôts du sous-bassin de Manosque a été qualifiée de sensible à l'exception des dépôts du siège de Gaude arasés et remaniés où elle est retenue à un niveau peu sensible.

Les tassements à attendre étant par nature limités, une classe d'intensité limitée a été retenu pour cet aléa. Le croisement de la classe d'intensité et de la prédisposition conduit à retenir un aléa tassement de niveau faible au niveau de l'ensemble des dépôts reconnus sur le sous-bassin de Manosque.



## 11 EVALUATION DE L'ALEA ECHAUFFEMENT

Il s'agit d'un phénomène engendré par l'oxydation de la matière organique combustible. La combustion spontanée est due à une réaction exothermique comme l'oxydation de la pyrite ou un feu externe (type feu de broussailles).

Depuis la fin de l'exploitation deux évènements de type échauffement ont été recensés.

Le premier est constitué par un incendie initié, il y a environ 25 ans, sur l'un des deux anciens terrils houillers en sortie de la galerie de Gare à Manosque. Dès 1988, ces dépôts avaient fait l'objet d'une surveillance contre le risque de combustion. Cet incendie a conduit aux réaménagements de ces terrils avec la suppression des matériaux combustibles. Le troisième terril était situé à proximité de l'ancien carreau de la mine de Gaude. Il était constitué de stériles houillers rubéfiés traduisant leur combustion. Ce dépôt a également été récemment réaménagé. Ainsi, en l'absence de matériau combustible consécutifs aux divers réaménagements des 3 terrils de la mine de Gaude, l'aléa échauffement sur ces dépôts n'est pas retenu. Il en est de même pour les dépôts des sites du Gontard et du Ravin de l'Ausset essentiellement constitués de stériles grossiers de creusement à faible portion charbonneuse.

Le second est constitué par l'échauffement de Bois d'Asson accompagné d'émanations de gaz. Depuis 1999, le phénomène est actif et surveillé. Bien qu'il ne semble pas, selon les plans disponibles, qu'il y ait de relation directe avec les travaux de la mine de Bois d'Asson, ce phénomène reste néanmoins associé à la combustion d'une couche de lignite. Dans ce secteur, les couches de lignite affleurent et il n'est pas exclu que d'anciens travaux de recherches méconnus puissent y être présents. De plus, les gisements charbonneux du sous-bassin de Manosque sont très pyriteux ce qui augmente fortement leur capacité à la combustion. Pour l'ensemble de ces raisons, un aléa échauffement est retenu à un niveau fort à l'endroit où il est actif.

Par ailleurs, ces éléments démontrent la possibilité d'un aléa échauffement sur les affleurements des gisements de combustibles (lignite, schistes bitumineux) associés à des travaux peu profonds et avec un phénomène qui peut s'accompagner d'émissions de gaz. Bien que ces affleurements soient naturellement en place, la présence de travaux miniers peut catalyser et aggraver le phénomène (apport d'oxygène permettant l'oxydation de la pyrite dont la réaction exothermique peut déclencher le mécanisme d'échauffement). C'est pourquoi, un aléa faible est retenu sur les zones d'affleurements où la présence de travaux miniers peu profonds est avérée ou supposée. En cas d'absence de travaux miniers, l'aléa échauffement n'est pas retenu mais la possibilité de développement d'incendies au niveau des affleurements de lignite ou de schistes bitumineux est à garder en mémoire.



## 12 EVALUATION DE L'ALEA INONDATION

### 12.1 Modifications des émergences

Actuellement, sur le sous-bassin de Manosque, seule la mine de Gaudé présente une réelle émergence minière assurée par la galerie de la Gare à la cote + 345 m NGF.

En cas d'obturation de cette galerie suite à un effondrement localisé, il est envisageable que le niveau d'eau monte dans la galerie, puis dans les travaux jusqu'à atteindre un nouveau point de débordement. Dans ce cas, on peut s'attendre à voir apparaître de nouvelles résurgences.

Pour déterminer la localisation des émergences éventuelles, il est supposé que :

- l'ensemble des travaux miniers était hydrauliquement interconnecté ;
- le débordement se ferait par l'ouvrage dont la cote altimétrique est la moins élevée.

En cas d'obturation, très proche de la sortie, le point d'émergence serait constitué par la galerie du ventilateur située à moins de 10 m au-dessus.

Si l'obturation venait à se réaliser en amont de la galerie du ventilateur, le point le plus bas serait alors constitué par la galerie de Fontenouille à la cote + 385 m NGF. Si cette dernière ne peut également pas constituer un point d'exhaure, l'autre ouvrage où une résurgence peut apparaître serait la galerie du Tournail à la cote + 435 m NGF.

#### 12.1.1 Evaluation de la prédisposition

Pour que les résurgences apparaissent à la galerie du ventilateur, il est nécessaire que le bouchon constitué par les matériaux éboulés à proximité de la sortie de la galerie de la Gare retienne une hauteur d'eau de l'ordre de 10 m, ce qui apparaît assez peu probable. Ainsi la prédisposition à l'aléa modification des émergences est qualifiée à un niveau peu sensible sur cet ouvrage identifié.

En cas d'obturation en amont de la galerie du ventilateur, la hauteur d'eau retenue devrait atteindre 40 m (différence entre les cotes de la galerie de la Gare et de celle de Fontenouille) ce qui est très peu probable. De plus, le recouvrement au-dessus de la galerie de la gare étant constitué de formations à dominante calcaire et donc perméables, l'apparition de résurgences à des niveaux intermédiaires le long de la galerie seraient alors à privilégier. Toutes choses égales par ailleurs, il semble néanmoins très peu vraisemblable qu'un tel phénomène puisse se produire. Il n'est donc pas retenu.

#### 12.1.2 Evaluation de l'intensité

La qualification de l'intensité de cet aléa repose sur les débits attendus au nouveau point d'exhaure. Ces nouveaux débits d'exhaure seront supposés identiques aux actuels débits observés car les sources alimentant ce débit ne peuvent que se tarir ou demeurer.

Les débits mesurés à la sortie de la galerie de la Gare sont de 18 m<sup>3</sup>/h en période d'écoulement soutenu. L'intensité de l'aléa modification des émergences est donc qualifié à niveau limité.

### 12.1.3 Evaluation de l'aléa

Un aléa de niveau faible est retenu pour l'aléa modification du régime des émergence à Manosque en sortie de la galerie du ventilateur, résultant du croisement entre une prédisposition peu sensible et une intensité modérée du phénomène.

## 12.2 Inondation brutale

Ce type d'aléa est susceptible de survenir en cas de déboufrage brutal d'un éventuel bouchon s'étant constitué au sein de la galerie de la Gare.

### 12.2.1 Evaluation de la prédisposition

L'élément essentiel permettant de qualifier la prédisposition au phénomène d'inondation brutale est la charge maximale retenue par le bouchon au sein de la galerie. Cette charge correspondrait ici à une hauteur d'eau maximale de l'ordre de 10 m<sup>13</sup>. Dans ces conditions, il apparaît raisonnable de qualifier la prédisposition à l'aléa « inondation brutale » à un niveau peu sensible.

### 12.2.2 Evaluation de l'intensité

Conformément au guide méthodologique (cf. [5]), l'intensité est exprimée en fonction des effets sur les biens et les personnes. Une intensité de niveau modérée est retenue car les flux d'eau attendus seront peu capables d'érosions locales mais engendreraient potentiellement quelques dégradations sur les enjeux en aval à proximité de la sortie de la galerie.

### 12.2.3 Evaluation de l'aléa

Un aléa faible est retenu pour l'aléa inondation brutale résultant du croisement entre une prédisposition peu sensible et une intensité modérée du phénomène.

---

<sup>13</sup> cette hauteur correspond à la différence entre la cote de l'exutoire actuel et la cote estimée de l'exutoire susceptible d'apparaître en cas d'obturation de la galerie d'écoulement à quel niveau que ce soit.

## 13 CARTOGRAPHIE DES ALEAS

Le fond utilisé pour le report cartographique est la BDORTHO® de l'IGN, correspondant à la photographie aérienne informatisée (ici prise de vue de 2009), orthorectifiée et géoréférencée de la zone d'étude. On considère généralement une incertitude de 3 m pour l'utilisation de la BDORTHO® de l'IGN comme fond topographique.

Les marges d'influence et d'incertitude liées à l'extension de l'aléa, et à la précision des levés et des reports cartographiques telles que définies dans les paragraphes respectifs de chaque aléa sont intégrées aux zonages des aléas figurés sur la carte.

Il est important de noter que la marge d'incertitude peut-être tronquée ou variable selon la direction cardinale impactant de fait la cartographie des aléas. En effet, la présence d'un repère topographique précis permet parfois d'estimer sans ambiguïté la position de l'ouvrage (par exemple, certitude que l'ouvrage se situe en rive droite d'une rivière ou de tel côté d'une route, d'après les documents d'archives, mais position incertaine par ailleurs). Par ailleurs, certains ouvrages repérés sur plans ou mentionnés dans les archives peuvent présenter une cote « z » ou altimétrique. Cette donnée confère à ces ouvrages, lorsqu'ils ne sont pas retrouvés sur le terrain, une incertitude de localisation plus faible dans la direction de la ligne de plus grande pente et une incertitude plus élevée dans la direction de la ligne de niveau correspondant à la cote connue de l'ouvrage.

### 13.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé

**Pour les puits et les descenderies** (considérées comme des puits compte tenu de leur forte inclinaison, cf. § 6.1), la zone d'aléa est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits de la façon suivante (cf. figure 16) :

$$R = R_{\text{puits}} + R_{\text{influence}} + R_{\text{incertitude globale de localisation}}$$

Avec :

- $R_{\text{puits}}$  (pris égal à 1 m) ;
- $R_{\text{influence}}$ , relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 2 ou 5 m (site de Pierrevert), correspondant à l'épaisseur en surface des terrains non cohésifs (moyennant un angle de talus de 45°) dans le cas d'une rupture de tête d'un puits ou d'une descenderie ;
- $R_{\text{incertitude globale de localisation}}$  est estimée selon :
  - Ouvrage matérialisé et levé par GPS ou dGPS : la valeur d'incertitude est prise entre 3 et 5 m selon l'appareillage et la qualité de réception ;
  - Ouvrages localisés sur plan d'exploitation : de 10 à 50 m dus à l'incertitude estimée de géoréférencement des plans miniers.

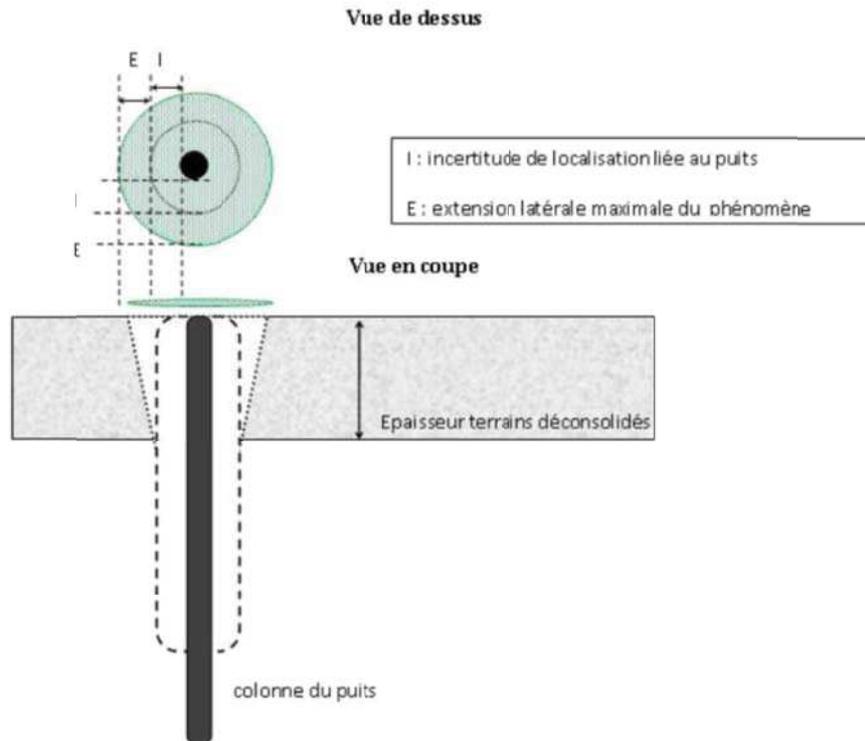


Figure 16 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits et aux descenderies

**Pour les galeries isolées**, l'extension de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension de ces ouvrages. La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit (cf. figure 17) :

- une marge d'incertitude globale de localisation des galeries qui est issue de celle du plan sur laquelle se trouve cet ouvrage. La valeur de cette marge est de 10 à 50 m pour les galeries non matérialisées. Pour les entrées de galeries matérialisées, elle est réduite de 3 ou 5 m selon les mêmes critères que pour les puits et descenderies.
- une marge d'influence correspondant à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface (en tenant compte d'un angle de talus de 45°) prise égale à 2 ou 5 m (site de Pierrevert) selon l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface.

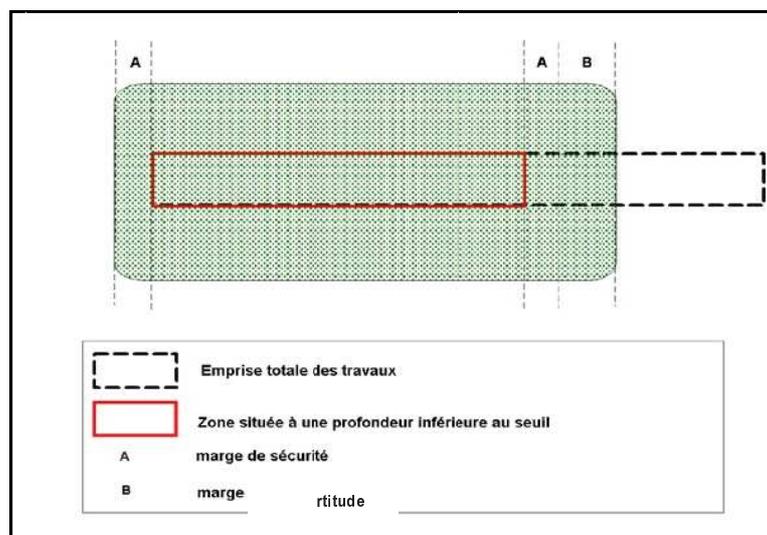


Figure 17 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie ou d'une descenderie souterraine (vue en plan)

**Pour les travaux d'exploitations**, l'emprise de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension des travaux retenus comme instables pouvant générer un aléa effondrement localisé en surface. La définition de la partie des travaux situées en-deçà des profondeurs limites de remontée de fontis retenues a été effectuée sur la base des cotes sur les plans soustraites à celles issues de la BD Topo® de l'IGN, précise à 10 m.

L'extension de l'aléa est défini à partir des zones de travaux jugés instables auxquelles s'ajoute la marge d'incertitude et d'influence selon les mêmes principes et valeurs que pour les galeries isolées.

Par ailleurs, compte tenu du caractère approché et « globalisant » des zones potentiellement affectées par les travaux miniers tracées sur les sites de Bois d'Asson et du Ravin de l'Ausset, il est considéré que les marges d'incertitudes et d'influences sont comprises dans leur emprise. La cartographie de l'aléa correspond à l'emprise exacte de ces zones, sans y rajouter de marge supplémentaire (ni extension ni incertitude).

## 13.2 Cartographie de l'aléa affaissement

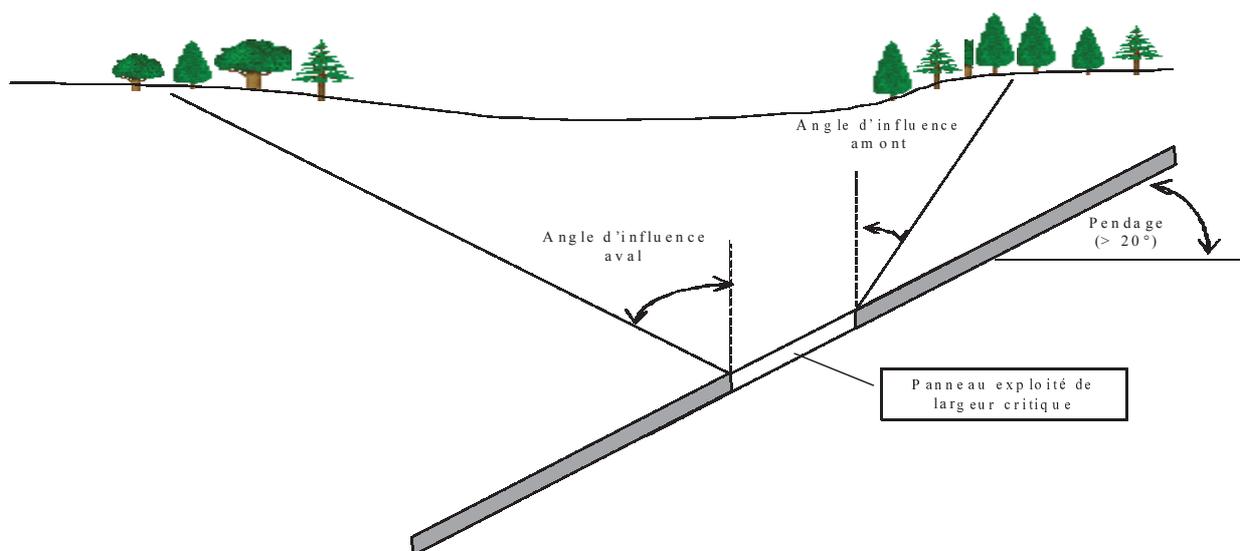
L'extension de la zone d'aléa affaissement est définie selon l'emprise des travaux d'exploitations jugés instables. Les emprises tiennent compte de la marge d'incertitude de localisation des travaux d'exploitation concernés qui comprend les incertitudes relatives au géoréférencement des plans et du support cartographique (BD Ortho® de l'IGN).

A ceci s'ajoute une marge d'influence qui varie selon le pendage de la couche exploitée. Cette marge d'influence, qui permet de cartographier les limites en surface de la zone possiblement influencée par un affaissement, est déterminée à partir d'un angle dit « angle d'influence », pris sur la verticale, qui relie l'extrémité du panneau, au fond, aux points de surface où les affaissements, déformations ou pentes sont considérés comme imperceptibles ou nuls.

Le choix des valeurs de l'angle d'influence joue donc directement sur l'importance de la zone affectée et doit être pris avec précaution.

Pour évaluer l'aire de la cuvette d'affaissement en surface, si l'on considère le plus souvent dans une couche située en plateure (pendage subhorizontal), un angle d'influence ( $\gamma$ ) de l'ordre de 20° à 35°, en gisement penté (pendage supérieur à 20°) on est conduit à distinguer trois angles limites qui varient en fonction du pendage (cf. figure 18) :

- l'angle limite ( $\gamma$ ), dans la direction de chassage dont la valeur est égale à l'angle limite en plateure ;
- l'angle limite « amont », plus petit que l'angle  $\gamma$  ;
- l'angle limite « aval », toujours plus grand que l'angle  $\gamma$ .



**Figure 18 : Schéma montrant la dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté**

Selon les abaques d'affaissement de grands bassins miniers (cf. tableau 9) et le retour d'expérience sur ce type de phénomènes (bassins ferrifères de l'Ouest), les angles d'influence amont et aval sont pris respectivement égaux à 30° et 45°, pour les mines de Bois d'Asson et La Colle concernées par cet aléa (pendage moyen de l'ordre de 40°).

Valeurs du pendage		0°	15°	25°	30°	40°	50°	60°	70°
Angles d'influence donnant les limites d'affaissement nul	Angle amont ( $\gamma_{\text{amont}}$ )	35°	32°	30°	30°	30°	28°	27°	27°
	Angle aval ( $\gamma_{\text{aval}}$ )	35°	38°	40°	43°	45°	47°	48°	55°

**Tableau 9 : Valeurs données dans les abaques d'affaissement des bassins houillers du Nord Pas-de-Calais (cf. [15]), de Lorraine et de la Sarre et utilisées dans les bassins ferrifères de l'Ouest**

### 13.3 Synthèse de la cartographie des aléas

Les cartes relatives aux aléas retenus sont présentées en annexe 5. Pour les mêmes raisons que pour les cartes informatives (cf. § 7), l'impression des cartes d'aléas par commune a été réalisée à l'échelle du 1/5 000. Néanmoins, compte tenu de la précision des échelles des supports cartographiques utilisés, il est estimé que l'échelle maximale de validité des cartes d'aléas est celle du 1/2 500.

Dauphin	Effondrement localisé	Galeries et travaux Puits et descenderies			
	Tassement	Dépôts			
	Echauffement	Affleurements sur travaux peu profonds			
Manosque	Effondrement localisé	Galeries et travaux Puits et descenderies			
	Tassement	Dépôts			
	Echauffement	Affleurements sur travaux peu profonds			
	Inondation	En sortie d'exhaure			
Pierrevert	Effondrement localisé	Puits et travaux			
Saint-Maime	Effondrement localisé	Galeries et travaux Puits et descenderies			
	Affaissement	Travaux chambres et piliers abandonnés instables			
	Tassement	Dépôts			
	Echauffement	Affleurements sur travaux peu profonds			
Saint-Martin-les-Eaux	Effondrement localisé	Galeries et travaux Puits et descenderies			
	Tassement	Dépôts			
	Echauffement	Affleurements sur travaux peu profonds			
Saint-Michel-l'Observatoire	Tassement	Dépôts			
Villemus	Effondrement localisé	Galeries et travaux Puits et descenderies			
	Affaissement	Travaux chambres et piliers abandonnés instables			
	Echauffement	Affleurements sur travaux peu profonds			
Villeneuve	Effondrement localisé	Galeries et travaux Puits et descenderies			
	Affaissement	Travaux chambres et piliers abandonnés instables			
	Tassement	Dépôts			
	Echauffement	Affleurements sur travaux peu profonds			
Volx	Aucun aléa				

**Tableau 10 : Répartition et étendue en hectares des aléas par commune**



## 14 CONCLUSIONS

La DREAL de Provence Alpes Côte d'Azur, a demandé à Geoderis, dans le cadre de son programme de travail, une réédition des cartes d'aléas par commune du sous-bassin de Manosque, base de travail à l'établissement d'un porté à connaissances aux communes concernées (Dauphin, Manosque, Pierrevert, Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux, Saint-Michel l'Observatoire, Villemus, Villeneuve et Volx). Il était également demandé que ces cartes s'appuient sur un document autoporteur qui synthétise l'ensemble des travaux menés depuis l'édition des premières études en 2004.

Ces études ont permis de retenir en aléa cinq phénomènes dont trois de « mouvements de terrain » : l'affaissement, l'effondrement localisé, le tassement, l'échauffement et l'inondation. En fonction des types de phénomènes, les niveaux retenus varient de faible à moyen (exceptionnellement fort pour le phénomène d'échauffement en cours sur la commune de Saint-Maime).

Les communes de Dauphin, Manosque, Pierrevert, Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux, Villemus, Villeneuve et Volx sont concernées par des travaux d'exploitations et la commune de Saint-Michel l'Observatoire par une partie d'un dépôt. Parmi ces communes toutes présentent des aléas à l'exception de la commune de Volx où les travaux sont situés à une trop grande profondeur pour générer des aléas. L'examen de la carte des aléas (sur fond BD ORTHO<sup>®</sup> de l'IGN – prises de vue 2009 – cf. annexe 5) permet de constater qu'à l'échelle des 8 communes concernées, l'emprise des zones d'aléa retenues est de faible superficie (cf. tableau 10).

Les enjeux bâtis, qui étaient classés en risque potentiel de niveau moyen à fort, ont fait l'objet d'une étude en 2015. Ces enjeux situés sur des zones d'aléa effondrement localisé de niveau moyen sont reconnus sans risque pour la sécurité publique.



## Bibliographie

- [1] *Gisement de lignite et de schistes bitumineux du Bois d'Asson (04), Communes de Dauphin, Saint-Maime, Villeneuve et Volx, Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM) Cartographie des aléas.* Rapport GEODERIS 04-PACA-2303-R02/RH, 2004.
- [2] *Bassin du Lubéron, Evaluation et cartographie des aléas « mouvements de terrain » et « émission de gaz de mine » sur les communes de Fontienne, Forcalquier, Pierrevert, Villemus et Saint-Martin-les-Eaux.* Rapport GEODERIS S2007/54DE-07PAC2120, 2007.
- [3] *Bassin du Lubéron, Evaluation et cartographie des aléas miniers sur les communes de Manosque et Sigonce.* Rapport GEODERIS S2007/36DE-07PAC2120, 2007.
- [4] *Bassin minier du Lubéron - Communes de Dauphin, Manosque, Pierrevert, Saint-Maime, Saint-Martin-les-Eaux et Sigonce (04) - Etude de risques liés à l'effondrement localisé.* Rapport GEODERIS S2015/083DE-15PAC36060, 2015.
- [5] *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 DRS-06-51198/R01, 2006.
- [6] *Avis sur l'origine d'un désordre apparu sur la commune de Sigonce (Alpes de Haute Provence).* Rapport GEODERIS S 2014/059DE - 14PAC3501, 2014.
- [7] *Echauffement dans la zone de l'ancienne mine de lignite du Bois d'Asson (04) – Analyse et premier diagnostic du phénomène.* Rapport INERIS DRS-00-23761/R02, janvier 2000.
- [8] *Inventaire des dépôts issus des exploitations minières selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE – Synthèse des résultats.* Rapport GEODERIS N2012/009DE–12NAT2120, 2012.
- [9] *Inventaire des dépôts miniers issus des exploitations charbonnières.* Rapport GEODERIS N2013/042\_bis – 13NAT2440. Juin 2014.
- [10] *Bassin du Lubéron (04) - Synthèse de l'évaluation des aléas liés à l'ancienne activité minière - Mise à jour de la cartographie des aléas des communes de Fontienne, Forcalquier et Sigonce.* Rapport GEODERIS S2017/008DE-17PAC22030, février 2017.
- [11] *Contribution au développement d'outils d'aide à l'évaluation des aléas dans le cadre des PPRM Aléas « mouvements de terrain » pour les gisements pentés et filoniens – Partie 2 : Typologie des événements redoutés au droit d'exploitations pentées et/ou filoniennes.* Rapport INERIS DRS-05-55102/R02, 2005.
- [12] *Annexe technique au guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers - Evaluation de l'aléa « effondrement localisé ».* Rapport INERIS DRS-09-103953-12226A, décembre 2009.
- [13] *Bonnet P., Préf. de Aiguier Y. (1990) - L'Album de la mine : recueil de photographies et témoignages des mines du Bassin de Forcalquier-Manosque.* L'œuvre au noir, 134 p.

- [14] *Notes de suivi des forages de reconnaissance du bassin minier du Lubéron (04). Rapport INERIS DRS-14-147192-10954A, décembre 2014.*
- [15] Proust A. (1964). *Etude sur les affaissements miniers dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais*. R.I.M
- [16] *Etude pré PPRM Lubéron Phase informative - Compte rendu de visite GEODERIS - 21 et 22/02/06. Rapport GEODERIS S2006/38DE – 06PAC2202, mars 2006.*
- [17] *Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – volet « effondrement localisé ».* Rapport GEODERIS N2012/010DE-12NAT2210, novembre 2012.
- [18] Didier C. et Salmon R. (2004). *Evaluation du risque d'apparition d'un fontis en surface*. JNGG.

## **Annexe 1**

### **Liste des ouvrages débouchant au jour**



DAUPHIN	G158_Galerie sans nom	Galerie	92353.41	6313728.54	INERIS DRS-15-147192-02315A (EDR)	non	5	exploitation		-	-	-	-							
DAUPHIN	G159_Galerie G1	Galerie	923162.9	6314104.44	DADT conc. Grenouilles-Beauregard 1998	non	20	Recherche		-	1.4	-	1.6			fontis coté ouest de la CD5	post 2---	embouage prévu de la partie sous la CD5		
DAUPHIN	G160_Galerie Mur 42-	Galerie	9243-5.35	6314349.52	DSCN1561.jpg	non	5-	Recherche		-	-	-	-							
DAUPHIN	P161_Puits sans nom	Puits	9243-7.96	631439-82	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	oui	5	Recherche		-	1.5	1.5	-	35						
DAUPHIN	G162_Galerie Est Biabaux	Galerie	921738.96	6312972.1	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Non	5-			-	2	2	-						Campagne de terrain faite en 2--2 par le BRGM	
DAUPHIN	G163_Galerie du Gontard	Galerie	921645.59	6312933.18	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Non	5-			-	2	2	-	-						Campagne de terrain faite en 2--2 par le BRGM
DAUPHIN	G164_Galerie Est du Gontard	Galerie	92321-9	6313458.51	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Non	5-			-	2	2	-							Campagne de terrain faite en 2--2 par le BRGM
DAUPHIN	G165_Galerie Est du Gontard	Galerie	923673.71	63136-9.86	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Non	5-			-	2	2	-							Campagne de terrain faite en 2--2 par le BRGM
DAUPHIN	G166_Galerie du Gontard	Galerie	922962.99	6313356.96	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Non	5-	vers 1866		-	2	2	-							Exploitation des couches verticales par dépiéages et tailles chassantes - Campagne de terrain faite en 2--2 par le BRGM
DAUPHIN	G203_Galerie du Gontard	Galerie	923114.91	6313765.87	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	non	5	Exploitation		-	2	2	-							entrée de galerie au niveau du Gontard
DAUPHIN	G204_Descenderie de Gontard	Descenderie	923115.93	6313745.11	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	non	5	Exploitation		-	2	2	-		remblayée					Retrouvée par sondage. Escalier de 26"
DAUPHIN	P209_Cheminée Gontard 2	Cheminée	922798.13	6313584.11	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	oui	3	aérage		-	-	-	-		ouvrage en pierres, bouché					photo IMG_2129
DAUPHIN	P21_Cheminée Gontard 1	Cheminée	922988.4	6313693.83	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	oui	3	aérage		-	-	-	-		bouché, ouvrage en pierres					photo DSCN3292 et DSCN3294
DAUPHIN	P211_Cheminée Gontard 3	Cheminée	923-22.33	6313687.36	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	non	1-	aérage		-	-	-	-							
DAUPHIN	P212_Cheminée Gontard 4	Cheminée	92295-.73	631365-.94	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	non	1-	aérage		-	-	-	-							
DAUPHIN	P213_Cheminée Gontard 5	Cheminée	922685.35	6313528.85	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	non	1-	aérage		-	-	-	-							
DAUPHIN	P214_Cheminée Gontard 6	Cheminée	92264-.98	6313529.31	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan 11 DREAL PA	non	1-	aérage		-	-	-	-							
MANOSQUE	G1_Galerie de la gare	Galerie	924881.62	63-7149.26	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR)	oui	1	exhaure et roulage du charbon jusqu'à la gare	1914-1924	4.2	2	-	2.1	-		maçonnerie + grille scellée + rigoles de chaque côté	bricks jointives ou béton + cintres jusqu'au serrement	1982 et 1984	Serrement à 5-m de sa sortie. Tube d'évacuation des eaux débit exhaure 18m3/h.	Mur galerie situé à la cote + 337 m NGF
MANOSQUE	G2_Galerie de Fontenouille	Galerie	925257.85	63-9525.6	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-	Ecoulement		-	-	-	-							Relie l'ancien puits de Gaude à la cote 41-
MANOSQUE	G3_Galerie de retour d'air et entrée du personnel	Galerie	92445-.46	631-368.5	BRGM/RP-54522-FR	oui	15	retour d'air et entrée du personnel		-	2	-	2	-		mur maçonné de 8- cm de large + double rangée d'ag				
MANOSQUE	G4_Galerie d'aspiration du ventilateur	Galerie	92483-.11	63-7286.55	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR)	oui	1	aérage : gal. équipée d'un ventilateur pendant l'exp	1818-1819	-	1.5	-	1.5	5	remblayée	cintres et béton projeté		1986	dalle béton + plaque métal	
MANOSQUE	G5_Montage de Fournigues	Montage	923-1-.41	63-9666.86	coupe	Non	5-	aérage		-	-	-	-							Rive droite du ruisseau
MANOSQUE	G6_Galerie Buisson	Galerie	924713.35	6311121.54	Plan DADT	Non	2-			-	-	-	-							Doit déboucher dans anciens travaux de la couche n°2
MANOSQUE	G7_Escalier de Gaude	Descenderie	924336.78	631-6-1.66	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-	entrée du personnel		-	2	-	2.5	-	remblayée					
MANOSQUE	G8_Galerie Couche Puits	Galerie	924482.12	631-247.32	Plan et coupe DADT	Non	5-	aérage		-	-	-	-							Galerie horizontale accès sommet dépiéages couche du puits
MANOSQUE	G9_Galerie Robert	Galerie	924581.51	631-8-6.69	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-			-	2	-	2.5	-	remblayée					

MANOSQUE	G1-_Galerie couche Marion	Galerie	924848.71	631-533.93	Plan et coupe DADT	Non	5-			-	-	-	-	-						accès horizontal au toit des chambres couche Marion
MANOSQUE	G11_Poudrière	Galerie	924586.73	631-368.16	BRGM/RP-54522-FR	oui	2-	dépôt d'explosifs		-	2.5	-	2.5	-						murée + remblayée avec les produits récupérés sur le carreau
MANOSQUE	G12_Ancienne poudrière	Galerie	924611.13	631-783.31	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-	ancien dépôt d'explosifs		-	2	-	2	-						soutènement de l'entrée en béton + remblayée
MANOSQUE	G13_Galerie Couche Chêne	Galerie	924391.12	631-429.88	Coupe et plan DADT	Non	5-	Accès horizontal au toit chambres couche chêne		-	-	-	-	-						
MANOSQUE	G14_Galerie de recherche	Galerie	9235-3.63	631-912.66	INERIS DRS-6-81365/R-1	Non	5-	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						
MANOSQUE	G15_Galerie de recherche	Galerie	923538.92	631-781.27	INERIS DRS-6-81365/R-1	Non	5-	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						
MANOSQUE	G16_Galerie de recherche	Galerie	923515.32	631-582.26	INERIS DRS-6-81365/R-1	Non	5-	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						
MANOSQUE	G17_Galerie de recherche	Galerie	923243.24	6312699.22	INERIS DRS-6-81365/R-1	Non	5-	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						
MANOSQUE	G21_Galerie n°3	Galerie	92-547.96	63-91-9.65	BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	accès aux chantiers du fond	aux environs de 189-	-	1.1	-	1.8	-						
MANOSQUE	G22_Galerie n°1 La Croupatassière	Galerie	921328.-1	63-9672.3	plan 1921 - BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						murée en 1921 en pierre sèche d'une épaisseur de 7
MANOSQUE	G23_Galerie n°2 la Croupatassière	Galerie	92136.-12	63-968.-7	plan 1921 - BRGM/RP-54522-FR	Oui	5	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						murée en 1921, en pierre sèche d'une épaisseur de
MANOSQUE	G24_Galerie n°3, Croupatassière	Galerie	922422.66	631-1-3.66	BRGM/RP-54522-FR	Oui	5	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						en pierre sèche d'une épaisseur de 7- cm à 1m
MANOSQUE	G25_Galerie n°4, Croupatassière	Galerie	922415.-8	631-219.19	BRGM/RP-54522-FR	Oui	5	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						en pierre sèche d'une épaisseur de 7- cm à 1 m
MANOSQUE	G26_Galerie n°5, Croupatassière	Galerie	922393.64	631-2-8.63	BRGM/RP-54522-FR	Oui	5	galerie de recherche		-	2	-	2.5	-						en pierre sèche d'une épaisseur de 7- cm à 1m
MANOSQUE	G27_Galerie n°1, la Rochette	Galerie	923349.55	63-892.-62	BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	accès aux travaux souterrains	188-	-	2	-	2.5	-						entrée éboulée
MANOSQUE	G28_Galerie n°2, la Rochette	Galerie	923342.63	63-8934.92	BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	galerie de recherche	1917	-	2	-	2.5	-						entrée éboulée
MANOSQUE	G32_Galerie de Tournail	Galerie	9246-7.83	631-181.-6	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-			-	2	-	2.5	-						
MANOSQUE	P34_Ancien puits de Gaude	Puits	92456.-98	631-299.-6	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-			-	3	-	3.5	51						remblayé avant la fin de l'exploitation
MANOSQUE	P35_Nouveau puits de Gaude	Puits	924465.78	631-449.63	BRGM/RP-54522-FR	Non	2-		1956	-	3.6	-	-	-31-						en 1965 dalle en béton armé ancrée de 45cm. Trappe d'observation de .5 m
MANOSQUE	G225_Montage C9	Montage	9238-9.-7	631-78.61	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-							
MANOSQUE	G226_Montage C13	Montage	923426.59	63-9891.28	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-							
MANOSQUE	G227_Galerie du Feyroulets C13-1	galerie	923125.24	63-971.-42	coupe	Non	5-	aérage		-	-	-	-							Rive gauche du ruisseau
MANOSQUE	G228_Galerie du Feyroulets C13- 2	galerie	923153.49	63-9722.11	coupe	Non	5-	aérage		-	-	-	-							Rive gauche du ruisseau
MANOSQUE	G229_Montage C14	Montage	92418.-88	631-19.-14	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-							
MANOSQUE	G23-_Galerie du Feyroulets C19	galerie	923118.2	63-9664.13	coupe	Non	5-	aérage		-	-	-	-							Rive gauche du ruisseau
MANOSQUE	G231_Montage du Feyroulets C19	Montage	923216	63-97-6.68	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-							Rive gauche du ruisseau
MANOSQUE	G232_Montage C19	Montage	925261.73	631-774.69	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-							
MANOSQUE	G233_Montage C22	Montage	924226.95	631-137.49	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-							
MANOSQUE	G234_Galerie Mathilde	galerie	924423.35	631-763.8	Plan et coupe DADT	Non	2-	accès personnel		-	-	-	-							
MANOSQUE	G235_Ancienne Galerie	Galerie	923379.73	631-348.42	Coupe	Non	5-			-	-	-	-							

MANOSQUE	G236_Montage C5-n°3	Montage	924-19.42	631-596.78	coupe 1/1---	non	5-	aerage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G237_Montage C5-n°3bis	Montage	924-35.2	631-6-4.95	coupe 1/1---	non	5-	aerage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G238_Montage C5-n°2	Montage	924131.75	631-649-9	coupe 1/1---	non	5-	aerage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G239_Montage C5-n°1	Montage	924165.45	631-663.27	coupe 1/1---	non	5-	aerage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G240_Montage C5	Montage	924356-6	631-755.74	coupe 1/1---	non	5-	aerage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G241_Galerie C2	Galerie	923627.3	631-495.8	Coupe	Non	5-			-	-	-	-						
MANOSQUE	G242_Galerie Patin	Galerie	923649.43	631-494.33	Coupe	Non	5-			-	-	-	-						en couche C3
MANOSQUE	G243_Cheminée Patin	Montage	923871.92	631-586.91	Coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-						en couche C3
MANOSQUE	G244_Retour d'air	Montage	924313-6	631-81-32	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G245_Montage Mathilde	Montage	924428	631-87-	Plan et coupe DADT	non	2-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G246_Galerie d'aerage C2	Galerie	924644.48	631-987.32	Plan et coupe DADT	Non	5-	aerage		-	-	-	-						Inclinée en couche C2
MANOSQUE	G247_Montage C2-1	Montage	924775.19	6311-63.11	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G248_Galerie d'aerage C2-TB2	Galerie	924789.94	6311-69.8	Plan et coupe DADT	Non	5-	aerage		-	-	-	-						Inclinée en couche C2
MANOSQUE	G249_Montage C2-2	Montage	924811.5	6311-77.52	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G25_Montage C2-3	Montage	924837.48	6311-86.82	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G251_Montage C2-n°4	Montage	924877.53	63111-89	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G252_Montage C2-n°5	Montage	924942.77	6311117.91	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G253_Montage C2-n°6	Montage	925-8.35	6311131.75	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G254_Montage C2-4	Montage	924962.63	6311122	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G255_Cheminée aérage - C3	Montage	92436-4	631-82-19	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G256_Montage C3-1	Montage	925163.45	6311167-4	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G257_Montage C4-3	Montage	925-8-6	6311132.89	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G258_Montage C4-2	Montage	925-64.52	631113-17	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G259_Montage C4-1	Montage	924971.48	63111-9.4	Plan et coupe DADT	non	5-	Aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G26_Galerie d'aerage C4	Galerie	924671.71	631-971.77	Plan et coupe DADT	Non	5-	aerage		-	-	-	-						Horizontale en couche C4
MANOSQUE	G261_Montage Couche Puits	Montage	924296.95	631-127.62	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G262_Montage Couche Chene	Montage	924199.6	631-325.5	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-						
MANOSQUE	G263_Montage Couche Chene	Montage	924489-4	631-485.37	coupe	non	5-	aérage		-	-	-	-						
PIERREVERT	P12_Puits 4	Puits	92-564.75	63-5-28.33	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	Recherche	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P13_Puits Arnaud	Puits	92-534.12	63-4873.23	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	5					
PIERREVERT	P14_Puits 5	Puits	92-53-49	63-4794.26	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P15_Puits 6	Puits	92-526.74	63-4685.79	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P16_Puits du Chemin	Puits	92-414.87	63-512-8	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR)	non	5-	-	XIX éme siècle	-	2	-	-	4					
PIERREVERT	P17_Puits Arlaud	Puits	92-347.7	63-5-71.9	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR)	non	5-	-	XIX éme siècle	-	2	-	-	4					
PIERREVERT	P18_Puits Maurel	Puits	921-52.75	63-4972.39	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P19_Puits Buisson	Puits	921258.46	63-5475.71	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P20_Puits Jourdan	Puits	92-126.57	63-4497.22	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P21_Puits Julien	Puits	92-436.66	63-4384.89	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P22_Puits 1	Puits	92-493.39	63-5242.88	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P23_Puits 2	Puits	92-53-83	63-5181-5	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P24_Puits 3	Puits	92-48-68	63-5131.58	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	-	XIX éme siècle	-	3	-	-	15					
PIERREVERT	P25_Puits du chemin	Puits	92-763.2	63-4596-4	INERIS DRS-6-77372/R-1	non	5-	Extraction	1918	-	3	-	-	5	obstruée				
SAINT-MAIME	G155_Descenderie sans nom	Descenderie	925586.17	6314968.56	Plan 8	non	15	aérage		-	-	-	-	-					répartoriée sur plan 4

SAINT-MAIME	G156_Descenderie Grenouillet	Descenderie	9255-2.59	6314835.7	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Oui	5			-	-	-	-	-	Zone remise en état		Effondrements circulaires 1-m de diamètre 5m de prof			Ouvrage mis en sécurité par Sogerem (1985)
SAINT-MAIME	P170_Puits aéraie	Cheminée	925627.97	6314971.63	Plan 8	non	15	aéraie		-	-	-	-	-						
SAINT-MAIME	P171_Puits aéraie	Cheminée	9256-5.95	6314918.19	Plan 8	non	15	aéraie		-	-	-	-	-						répartoriée sur plan 4
SAINT-MAIME	G172_Galerie Sube 42-	Galerie	925435.76	6315361.93	INERIS DRS-4-55936/R-1	oui	5			-	-	-	-	-						
SAINT-MAIME	G173_Galerie exhaure Puits Neuf	Galerie	925364.96	6315267.42	Rapport mis en secu Mica avril 2-3	oui	5	exhaure		-	1	-	1	-	maçonnerie		non	2-3	mur béton 1 m + lucarne + buse à 15 m de l'entrée	
SAINT-MAIME	P175_Puits Neuf	Puits	92535-44	6315392.34	Plan 8	non	15	Extraction + circulation du personnel	1928	-	-	-	-	87	Dalle béton masquée + remblai					Situé sur le carreau du Foulon cet ouvrage a été mis en sécurité par Sogerem, était équipé de 2 cages actionné par moteur électrique
SAINT-MAIME	G177_Galerie n°1	Galerie	925884.73	6315598.73	Plan DSCN1562.jpg + Rapport mise en secu Mica 2-3	oui	5	recherche		-	2	-	1.5	-	murée ; présence de chauves souris			2-3	Murée béton 1 m + chiroptères	couche principale schistes bitumineux étage 38-
SAINT-MAIME	P184_Puits du Collet Rouge	Puits	925912.3	6314815.28	Plan 8	non	3-	exploitation + aéraie		3	-	-	-	88	Dalle					Jusqu'en 1932 il assure l'extraction des étages 318 et 283 - Dès 1949 il est utilisé pour l'aéraie comme puits de secours
SAINT-MAIME	G185_Entrée de galerie n°8bis	Galerie	925855.88	6314847.39	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	oui	5	Inconnu		-	-	-	-	-	L'une est comblée, remblayée sur 3- m					
SAINT-MAIME	G186_Galerie de recherche	Galerie	92511-47	6314425.42	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Non	3-	Recherche		-	-	-	-	4-	Obturée et remblayée					Ouvrage mis en sécurité par Sogerem (1985)
SAINT-MAIME	P187_Puits de recherche	Puits	925229.15	63144-8.25	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Oui	5	Recherche		-	5	3	5	112	remblayé et dallé		fontis 5m x3 m et 5m de profondeur			Ouvrage traité par Sogerem (1985)
SAINT-MAIME	P188_Puits de recherche	Puits	924946.4	6314459.35	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	non	3-	Recherche		-	1.5	1.5	-	65						ouvrage mis en sécurité par Sogerem (1985) : terrassement + déboisement + dalle en béton
SAINT-MAIME	P189_Puits de recherche	Puits	925612.76	6315549.83	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	OUI	5	Recherche		-	2	-	-	8-	NR					ouvrage mis en sécurité par Sogerem
SAINT-MAIME	P190_Cheminée d'aéraie couche Grise	Cheminée	925752.55	6314722.92	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Oui	5	cheminée d'aéraie		-	1	-	-	1-	Obturée par une dalle en béton et remblayé					ouvrage mis en sécurité par Sogerem
SAINT-MAIME	G191_Entrée de galerie n°8	Galerie	925858.52	6314847-5	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	oui	5	Inconnu		-	-	-	-	-	L'une est comblée, remblayée sur 3- m					
SAINT-MAIME	G192_Galerie sans nom	Galerie	925734.28	6314839.33	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Oui	5	Recherche		-	-	-	-	-	Eboulée					ouvrage mis en sécurité par Sogerem (1985)
SAINT-MAIME	P195_Sortie échauffée	Inconnu	925--2.11	6314432.69	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	Oui	1-		<1946	-	-	-	-	-		Effauchement + Gaz				ouvrage mis en sécurité par INERIS en 2-- , à la demande de la DRIRE PACA, suite à un échauffement
SAINT-MAIME	G200_Galerie sans nom	Galerie	925938.85	6314836.95	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	non	15	personnel ou aéraie		-	-	-	-	-	NR					cheminée ou entrée de galerie située près d'un bâtiment du Collet rouge
SAINT-MAIME	G201_Galerie bitume	Galerie	9248-6.51	6314576.33	Rapport INERIS DRS-4-55936/R-1	non	5-	recherche		-	-	-	-	-	NR					Galerie / fouilles pour exploitation de schiste bitumineux
SAINT-MAIME	G218_Montage aéraie	Montage	925925.8	6314832.98	DSCN1547.jpg	non	15	aéraie		-	-	-	-	-						
SAINT-MAIME	G219_Galerie n°5	galerie	925746.31	6315287.16	Plan DSCN1562.jpg	Non	2-	recherche		-	-	-	-	-						affleurement sur couche inférieure schistes bitumineux étage 38-
SAINT-MAIME	G22-_Tunnel canal entrée ouest	tunnel	92562-48	6315165.87	Plan 8	non	15			-	-	-	-	-						
SAINT-MAIME	G221_Tunnel canal entrée est	tunnel	925782.95	6315256.76	Plan 8	non	15			-	-	-	-	-						
SAINT-MAIME	G222_Galerie n°3	galerie	925566.58	6315233.5	Plan DSCN1562.jpg + Rapport mise en secu Mica 2-3	Non	2-	recherche		-	-	-	-	-				2-3	entrée effondrée et remblayée	affleurement sur couche principale schistes bitumineux étage 38-
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G26_Galerie Ste-Jeanne Nord	Galerie	92-972.76	63134-8.92	BRGM/RP-54522-FR	oui	1-	-	XIX éme siècle	-	2.5	-	2	-	murée					
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G27_Galerie Ste-Jeanne Sud	Galerie	92121-69	6313-86.35	BRGM/RP-54522-FR	non	5-	-	XIX éme siècle	-	2.5	-	2	-	éboulée					
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G28_Galerie d'Arstein	Galerie	92135-36	6312689.92	BRGM/RP-54522-FR	non	5-	-	XIX éme siècle	-	2.5	-	2	-	éboulée					
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G29_Travers-Bancs de Biabaux	Galerie	92-862.7	631384-76	Rapport Mise en secu Mica 2-3	oui	5	Exhaure	1882	-	4	-	3	-	murée			2-3	Murée béton 1 m + canal coffré + chiroptères	Eau sulfureuse en sortie
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G33_Galerie sud	Galerie	91923-33	6311841.34	BRGM/RP-54522-FR	oui	2-	-		-	1	-	1	-	réouverte pour chiroptères					

SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G18_Galerie n°7	Galerie	92-374.37	63-9456.95	BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	galerie de recherche	aux environs de 189-	-	1,1	-	1,8	-					1-- m en amont de la galerie n°4
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G19_Galerie n°4	Galerie	92-378.79	63-9357.67	BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	galerie de recherche	aux environs de 189-	-	1,1	-	1,8	-					D (m) à définir / Prédiposition = sensible ; Intensité = modérée ; Alea= moyen / Rapport GEODERIS S2-7/36DE
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G20_Galerie n°6	Galerie	92-432.57	63-9271.1	BRGM/RP-54522-FR	Non	5-	galerie de recherche	aux environs de 189-	-	1,1	-	1,8	-					1-- m en aval de la galerie n°4
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G205_Galerie Pifferat est route	Galerie	919239.98	6312-56.8	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR)	oui	3			-	-	-	-					donne accès à des travaux à pendage subvertical de moins d'1 m de large	
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G206_Puits Pifferat est route	Puits	919215.47	6312-39.9	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR)	oui	3			-	-	-	-	ouvert					
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	G217_Galerie n°6 Lincel	Galerie	919462.59	6311863.69	Plan 12_Quartier Pifferat	Non	5-			-	-	-	-					plan calé dans le cadre de l'EDR ouvrage non recherché	
SAINT-MARTIN-LES-EAUX	P224_Puits de la Colline	puits	921143.41	6313267.66	Rapport Mis en secu Mica 2-3	non	5-			-	1	1	-			Dépression	2-3	remblayé	Puits tassé sur 2,5 m. non répertorié surplan
VILLEMUS	G30_Galerie Lincel ou Ste-Croix	Galerie	918836.-6	6312785.68	BRGM/RP-54522-FR	oui	2-	Exhaure		-	2	-	1,5	-	bétonné (mur d'1 m. + 2 buses pour évacuation eau				
VILLEMUS	G31_Galerie n°1 Lincel	Galerie	919158.63	6312-6.66	Plan 12_Quartier Pifferat	oui	1-	-		-	1	-	1,8	-	ouverte				couche subverticale de moins d'1 m d'épaisseur
VILLEMUS	G32_Galerie n°2 Lincel	Descenderie	919169.86	6311986.69	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) plan DREAL PACA	oui	1-	-		-	-5	-	-	-	ouverte				couche subverticale de -.5m, galerie pentée à 3°
VILLEMUS	P36_Puits du Piferat	Puits	919216.-4	6311941.76	vieux plan - BRGM/RP-54522-FR	oui	2-	-		-	3	-	3	2-	remblayée				
VILLEMUS	G37_Descenderie n°1	Descenderie	9183-9.14	631-6-5.63	BD ORTHO	oui	5	Exploitation		-	2,5	-	2	-	-			Murée	Nommée aussi "courant d'air de Villemus"
VILLEMUS	G38_Descenderie n°2	Descenderie	918337.96	631-2-1.83	DGPS	oui	3	-		-	2,5	-	2	-	-				
VILLEMUS	P39_Cheminée d'aérage 12	Cheminée	919167.7	6312-19.82	BRGM/RP-54522-FR	oui	2-	aérage		-	1	-	-	1-	ouverte				
VILLEMUS	P40_Cheminée d'aérage 1	Cheminée	918993.31	6312429.87	BRGM/RP-54522-FR	oui	2-	aérage		-	1	-	1	1-	ouverte				
VILLEMUS	G43_Galerie la Cuculière	Galerie	918-64.41	631-537.22	BRGM/RP-54522-FR	oui	1-	-		-	2,5	-	2	-	murée				Parcelle n° B/215 (dans une propriété)
VILLEMUS	G207_Galerie Ferrer n°1	Galerie	918311.75	631-258.22	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) mémoire 1947 (Ad	oui	3			-	-	-	-		effondrée mais accessible par un trou dans dalle				
VILLEMUS	G208_Travers-banc Ferrer	Galerie	9183-1.31	631-386.88	INERIS DRS-15-147192-2315A (EDR) mémoire 1974 (Ad	oui	1-			-	-	-	-		effondrée				
VILLEMUS	G215_Galerie n°5 Lincel	Galerie	919191.87	6311695.88	Plan 12_Quartier Pifferat	Non	5-			-	-	-	-						plan calé dans le cadre de l'EDR ouvrage non recherché
VILLEMUS	G216_Galerie n°3 Lincel	Galerie	9192-7.42	6311861.54	Plan 12_Quartier Pifferat	Non	2-			-	-	-	-						plan calé dans le cadre de l'EDR ouvrage non recherché
VILLEMUS	G223_Galerie recherche	galerie	918842.75	63-9839.77	Plan DSCN1617.jpg	non	5-	recherche		-	-	-	-						non recherchée. sur affleurement lignite direction N-S pendage 15° Ouest
VILLENEUVE	G15_Galerie sans nom	Galerie	926178.71	6315392.45	Plan 8	non	15			-	-	-	-	9					
VILLENEUVE	G151_Galerie sans nom	Galerie	926535.54	6315424	Plan 8	non	15	exploitation, personnel		-	-	-	-	9-					
VILLENEUVE	G152_Galerie sans nom	Galerie	926616.21	631544.-11	Plan 8	non	15	exploitation, personnel		-	-	-	-						
VILLENEUVE	G153_Galerie sans nom	Galerie	92619.-17	63154-96	Plan 8	non	15			-	-	-	-	9					
VILLENEUVE	G154_Galerie sans nom	Galerie	9262-4.24	63154-4.94	Plan 8	non	15			-	-	-	-	9					
VILLENEUVE	G178_Galerie n°2	Galerie	925941.57	6315763.59	Plan DSCN1562.jpg	non	1-	recherche		-	-	-	-						Mise en secu par Sogerem. Plan DSCN1562.jpg. sur affleurement couche principale sch. bitumineux étage 38-. Observée effondrée par Mica Environnement en 2-3
VILLENEUVE	G179_Galerie n°4	Galerie	925885.-7	6315648.76	Plan DSCN1562.jpg + Rapport mise en secu Mica 2-3	Oui	5	recherche		-	1,5	-	1,5	-	effondrée		2-3	entrée effondrée et talutée	Plan DSCN1562.jpg. Sur affleurement couche principale sch. bitumineux étage 38-
VILLENEUVE	P180_Puits d'aérage n°1	Cheminée	925995.69	631583.-87	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	oui	5	aérage rectangulaire		-	2	2	-	45	Terrassement + dallage				ouvrage mis en sécurité par Sogerem (1985)
VILLENEUVE	G181_Galerie n°5	Galerie	926419.7	6315425.-2	Rapport Mise en secu Mica 2-3	non	5	Exploitation du faisceau du Queyron		-	1	-	1				2-3	toit effondre sur 1- m + remblayée	Haldes brûlées en sortie
VILLENEUVE	G182_Galerie n°6	Galerie	926285.7	6315414.-1	Rapport mis en secu Mica 2-3	non	15	extraction		-	-	-	-		Effondrée	Zone effondree			Haldes brûlées en contre-bas
VILLENEUVE	G183_Galerie n°7	Galerie	9263-4.-8	6315395.86	Rapport mise en secu Mica 2-3	non	15	extraction		-	-	-	-		Effondrée				Haldes brûlées en contre-bas

VILLENEUVE	G194_Descenderie de Bois d'Asson	Galerie	926115.17	63154-1-8	Rapport BRGM/RP-533-5-FR	non	15			-	-	-	-	-	Remblayée					ouvrage mis en sécurité par Sogerem (1985)
VILLENEUVE	G202_Galerie bitume	Galerie	926994.49	6316-95.69	INERIS RP-55936/R-1	non	5-	recherche et exploitation de schistes bitumineux		-	-	-	-							

## **Annexe 2**

### **Approche volumétrique déterministe de la hauteur de remontée de cloche de fontis**



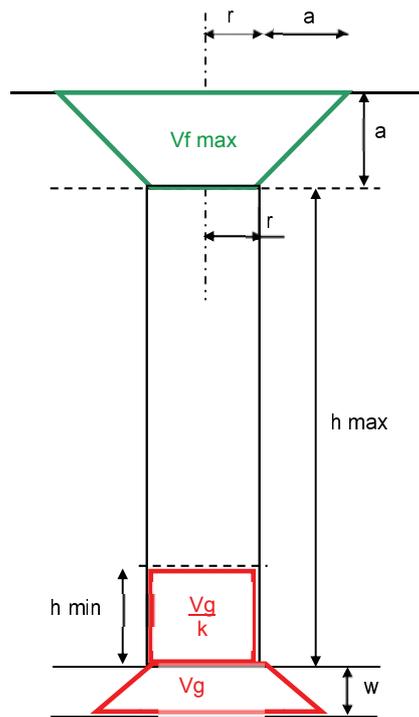
Dans le cas, où un effondrement du toit d'une excavation souterraine est susceptible de survenir, une montée de voûte peut être initiée. Ce mécanisme peut se propager vers la surface (montée de cloche de fontis ou ruptures de bancs successives).

Ce phénomène peut être bloqué par :

- l'existence d'un banc rocheux suffisamment résistant pour supporter la contrainte sans se ruiner ;
- le phénomène d'auto-comblement (les terrains éboulés envahissent les volumes disponibles, ils foisonnent et de fait suppriment les vides nécessaires à la poursuite du mécanisme).

Le nombre généralement « restreint » de désordres observés ne permet pas, à lui seul, d'établir la profondeur limite à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface devient nul.

Il est possible d'estimer la hauteur maximale de remontée de fontis à partir d'un modèle de calcul prenant en compte en particulier les caractéristiques géométriques des cavités résiduelles ( $V_g$ ), le coefficient de foisonnement ( $k$ ) et l'angle de talus naturel des terrains constituant le recouvrement (cf. [5]).



**Figure 1 : Modélisation de la formation d'un fontis**

Pour ce faire, 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 ou d'une rupture de bancs successives (cf. [18]).

Cet outil a été appliqué aux conditions des sites retenues, à savoir :

- Les valeurs du coefficient de foisonnement retenues sont issues de la classification R.T.R. (Recommandations pour les Terrassements Routiers (RTR). SETRA et LCPC. 1976) : 1,3 à 1,5 pour les calcaires plus ou moins marneux caractérisant « globalement » les terrains de recouvrement des exploitations des cas étudiés.
- Les valeurs d'angles de talus naturel pour des roches sèches ou humides sont comprises entre 35° et 5°.
- Les largeurs des vides étudiés sont comprises entre ou estimées à :
  - 4 m, pour les chantiers d'exploitation de la concession de Bourne ;
  - 5 m pour les chantiers d'exploitation des mines de Bois-d'Asson et de La Colle ;
  - 1,8 et 2 m, pour la voie de base de la descenderie du Gontard ;
  - 2 à 3 m, pour les galeries d'infrastructures des mines de Bois d'Asson et de Gaude ;
  - 2 m, pour la galerie de la Gare à Manosque (siège de Gaude) et la galerie d'écoulement de Biabaux ;
  - 2 m, pour la galerie de la Gare à Manosque (siège de Gaude) ;
  - 1,5 m pour les galeries de recherches et autres galeries aux dimensions inconnues.
- L'ouverture des vides étudiés sont comprises entre ou estimée à :
  - 2 m, pour les chantiers d'exploitation de la concession de Bourne ;
  - 1 ou 3 m pour les chantiers d'exploitation des mines de Bois-d'Asson et de La Colle ;
  - 1,8 et 2 m, pour la voie de base de la descenderie du Gontard ;
  - 2 à 3 m, pour les galeries d'infrastructures des mines de Bois d'Asson et de Gaude ;
  - 2,5 m, pour la galerie d'écoulement de Biabaux ;
  - 2 à 2,1 m, pour la galerie de la Gare à Manosque (siège de Gaude) ;
  - 2 m pour les galeries de recherches et autres galeries aux dimensions inconnues.

Les galeries et les chantiers d'exploitation ont été supposés non remblayés.

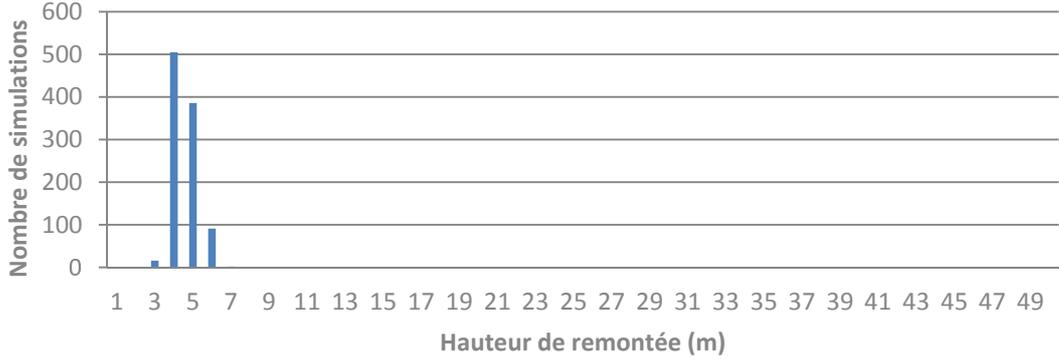
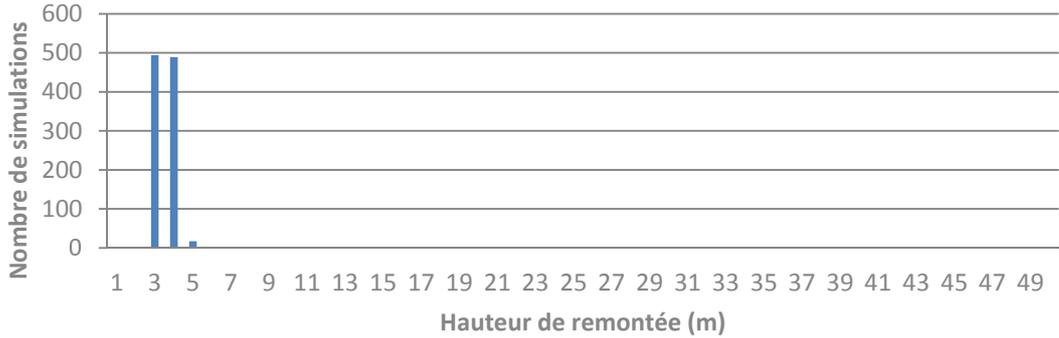
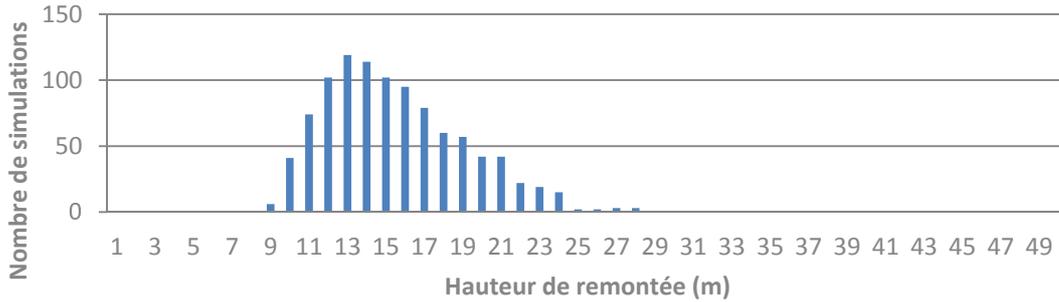
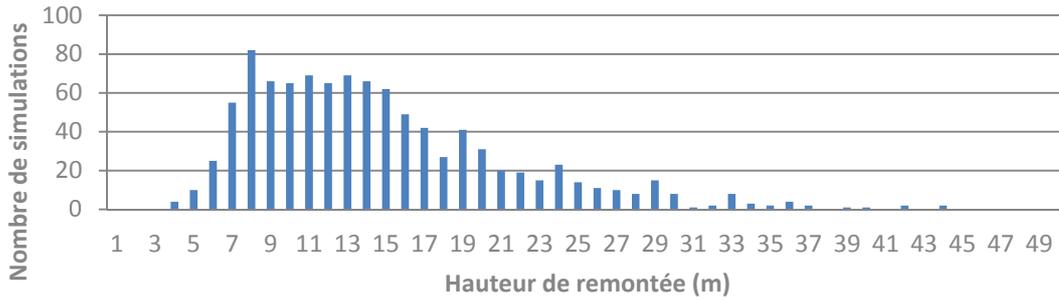
L'expérience montre que les fontis s'initient sur une largeur égale ou légèrement inférieure à la largeur totale de la galerie (rayon du fontis variant dans une gamme de 8-% à 1---% du rayon maximal possible).

Compte tenu de toutes ces variables, trois approches probabilistes de calculs de hauteurs de remontée de voûte ont été réalisées selon les configurations suivantes :

- au droit de galeries isolées ;
- au droit de chantiers d'exploitation.

Le tableau suivant présente pour chaque cas étudié les résultats des calculs de hauteur de remontée de voûte par suite de 1--- simulations de rupture du toit de galeries ou chantiers prises au hasard dans toutes leurs configurations possibles.

<p>Chantiers d'exploitation de Bourne (sans rupture de pilier)</p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>3- m</p>	<p>98 % des hauteurs simulées sont inférieures à 3- m</p>
<p>Chantiers d'exploitation de Bourne (avec rupture de pilier)</p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>15 m</p>	<p>100% des hauteurs simulées sont inférieures à 3- m</p>
<p>Chantiers d'exploitation de Bois-d'Asson couches Toit et Mur (sans rupture de pilier)</p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>35 m</p>	<p>98 % des hauteurs simulées sont inférieures à 35 m</p>
<p>Chantiers d'exploitation de Bois-d'Asson couches Toit et Mur (avec rupture de pilier)</p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>2- m</p>	<p>100 % des hauteurs simulées sont inférieures à 2- m</p>

<p>Chantiers d'exploitation de Bois-d'Asson autres couches et de La Colle (sans rupture de pilier)</p>		<p>6 m</p>	<p>99 % des hauteurs simulées sont inférieures à 6 m</p>
<p>Chantiers d'exploitation de Bois-d'Asson autres couches et de La Colle (avec rupture de pilier)</p>		<p>5 m</p>	<p>100 % des hauteurs simulées sont inférieures à 5 m</p>
<p>Voie de base de la descenderie du Gontard</p>		<p>25 m</p>	<p>99 % des hauteurs simulées sont inférieures à 25 m</p>
<p>Galeries d'infrastructures des mines de Bois d'Asson et de Gaude</p>		<p>3- m</p>	<p>97 % des hauteurs simulées sont inférieures à 3- m</p>

<p><b>Galerie d'écoulement de Biabaux</b></p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>25 m</p>	<p>99 % des hauteurs simulées sont inférieures à 25 m</p>
<p><b>Galerie de la Gare</b></p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>25 m</p>	<p>98 % des hauteurs simulées sont inférieures à 25 m</p>
<p><b>Galerias de recherches et autres galeries</b></p>	<p>Nombre de simulations</p> <p>Hauteur de remontée (m)</p>	<p>25 m</p>	<p>99 % des hauteurs simulées sont inférieures à 25 m</p>



## **ANNEXE 3**

### **Synthèse de l'évaluation des niveaux d'aléa à l'effondrement localisé lié aux ouvrages verticaux ou fortement inclinés**



P161_Puits sans nom	DAUPHIN	Recherche					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G204_Descenderie de Gontard	DAUPHIN	Exploitation					Sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P209_Cheminée Gontard 2	DAUPHIN	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
P210_Cheminée Gontard 1	DAUPHIN	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
P211_Cheminée Gontard 3	DAUPHIN	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
P212_Cheminée Gontard 4	DAUPHIN	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
P213_Cheminée Gontard 5	DAUPHIN	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
P214_Cheminée Gontard 6	DAUPHIN	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G5_Montage de Fourmigue	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G7_Escalier de Gaude	MANOSQUE	entrée du personnel					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P34_Ancien puits de Gaude	MANOSQUE	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P35_Nouveau puits de Gaude	MANOSQUE	Recherche / extraction					Sans objet		marno-calcaires	Sensible		Sensible	Modéré
G225_Montage C9	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G226_Montage C13	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G229_Montage C14	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G231_Montage du Feyroulets C19	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G232_Montage C19	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G233_Montage C22	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G236_Montage C5-n°3	MANOSQUE	aerage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G237_Montage C5-n°3bis	MANOSQUE	aerage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G238_Montage C5-n°2	MANOSQUE	aerage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G239_Montage C5-n°1	MANOSQUE	aerage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G240_Montage C5	MANOSQUE	aerage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G243_Cheminée Patin	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité

G244_Retour d'air	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G245_Montage Mathilde	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G247_Montage C2-01	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G249_Montage C2-02	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G250_Montage C2-03	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G251_Montage C2-n°4	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G252_Montage C2-n°5	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G253_Montage C2-n°6	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G254_Montage C2-04	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G255_Cheminée aérage - C3	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G256_Montage C3-01	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G257_Montage C4-03	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G258_Montage C4-02	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G259_Montage C4-01	MANOSQUE	Aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G261_Montage Couche Puits	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G262_Montage Couche Chene	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
G263_Montage Couche Chene	MANOSQUE	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité
P12_Puits 4	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P13_Puits Arnaud	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P14_Puits 5	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P15_Puits 6	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P16_Puits du Chemin	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P17_Puits Arlaud	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P18_Puits Maurel	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré
P19_Puits Buisson	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré

P20_Puits Jourdan	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P21_Puits Julien	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P22_Puits 1	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P23_Puits 2	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P24_Puits 3	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P25_Puits du chemin	PIERREVERT	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
G155_Descenderie sans nom	SAINT-MAIME	aérage					Sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Sensible	Limité	
G156_Descenderie Grenouillet	SAINT-MAIME	Exploitation					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible	Effondrement 10 m de diamètre 5 m de profondeur	Peu sensible	Limité	
P170_Puits aérage	SAINT-MAIME	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
P171_Puits aérage	SAINT-MAIME	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
P175_Puits Neuf	SAINT-MAIME	Extraction + circulation du personnel					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P184_Puits du Collet Rouge	SAINT-MAIME	exploitation + aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P187_Puits de recherche	SAINT-MAIME	Recherche					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
P188_Puits de recherche	SAINT-MAIME	Recherche					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
P189_Puits de recherche	SAINT-MAIME	Recherche					Peu Sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P190_Cheminée d'aérage couche Grise	SAINT-MAIME	cheminée d'aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
G218_Montage aérage	SAINT-MAIME	aérage					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
P195_Sortie chauffée	SAINT-MAIME						Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
G206_Puits Pifferat est route	SAINT-MARTIN-LES-EAUX	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	
P224_Puits de la Colline	SAINT-MARTIN-LES-EAUX	recherche					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible	Puits « lassé » sur 2,5 m	Peu sensible	Limité	
P36_Puits du Piferat	VILLEMUS	Recherche / extraction					Peu sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	
G37_Descenderie n°1	VILLEMUS	Exploitation					Sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Sensible	Modéré	
G38_Descenderie n°2	VILLEMUS	Recherche / extraction					Sensible		marno-calcaires	Peu sensible		Sensible	Modéré	
P39_Cheminée d'aérage 12	VILLEMUS	aérage					Sans objet		marno-calcaires	Sensible		Sensible	Modéré	

P40_Cheminée d'aérage 1	VILLEMUS	aérage					Sans objet		mamo-calcaires	Sensible		Sensible	Modéré	
P180_Puits d'aérage n°1	VILLENEUVE	aérage rectangulaire					Peu sensible		mamo-calcaires	Peu sensible		Peu sensible	Limité	

**ANNEXE 4**

**Cartes informatives**

*(hors texte)*



**ANNEXE 5**  
**Cartes d'aléas**  
*(hors texte)*