ANTENNE SUD
PIST OASIS 3 – Bât A – Rue de la Bergerie
30319 ALES CEDEX
☎ : 04 66 61 09 80 – 🖹 : 04 66 25 89 68

Bassin de lignite de Provence
Anciennes concessions détenues par les Charbonnages de France
Définition et cartographie préliminaire de l'aléa
Edition par commune

DIFFUSION :

Hubert FOMBONNE	DREAL PACA (1 ex. par commune + 1 CD)
Hafid BAROUDI	GEODERIS D

Réf : GEODERIS S 2010/37DE - 10PAC 2210 **Date : 26/04/10**

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

Bassin de lignite de Provence
Anciennes concessions détenues par les Charbonnages de France
Définition et cartographie préliminaire de l'aléa
Edition par commune

SOMMAIRE

1. Cadre et objectif 5
2. Historique – Travaux effectues 9
2.1. Historique 9
2.2. Déroulement de l'étude 10
2.3. Risque et aléa 11
3. Phase informative 13
3.1. Geologie/hydrogéologie 13
3.2. Exploitation minière 17
3.2.1. Descenderies 18
3.2.2. Puits 18
3.2.3. Verses et terrils 19
3.2.4. Méthodes d'exploitation 20
3.2.5. Elements relatifs aux mouvements de terrain 26
3.3. Gaz de Mine 29
3.3.1. Généralités 29
3.3.2. Le bassin de Gardanne 29
3.4. Elements spécifiques à la gestion des eaux et aux impacts environnementaux 30
3.4.1. Aspects quantitatifs 30
3.4.2. Aspects qualitatifs 32
3.5. Elements relatifs aux echauffements 35
4. Aleas résiduels 37
4.1. Incertitude et marges d'affichage 37
4.2. Nature des aleas résiduels retenus 37
4.2.1. L'effondrement localisé 40
4.2.2. Le phénomène d'affaissement 42
4.2.3. Les phénomènes dynamiques 46
4.2.4. Le phénomène de tassement 46
4.2.5. Les Glissements ou mouvements de pente 46
4.2.6. Le phénomène d'échauffement 47
5. Conclusions 49

Mots clés : Lignite, Provence, Charbonnages de France, étude préliminaire aléas

Avertissement

Ce rapport est une réédition du rapport GEODERIS S2009/58DE-09PAC2210 en vue d'une diffusion auprès des communes. Il comporte le rapport de synthèse et les cartes informatives et d'aléas spécifiques à chaque commune. Les cartes générales à l'échelle du bassin et l'étude de détail sont fournies sur support informatique.

1. CADRE ET OBJECTIF

Le bassin de lignite de Provence se situe entre Aix-en-Provence et Marseille. Il s'étend sur 70 km d'Est en Ouest, depuis St-Maximim jusqu'à l'étang de Berre et présente une largeur maximale de 12 km entre Aix et Marignane (voir figure 1).

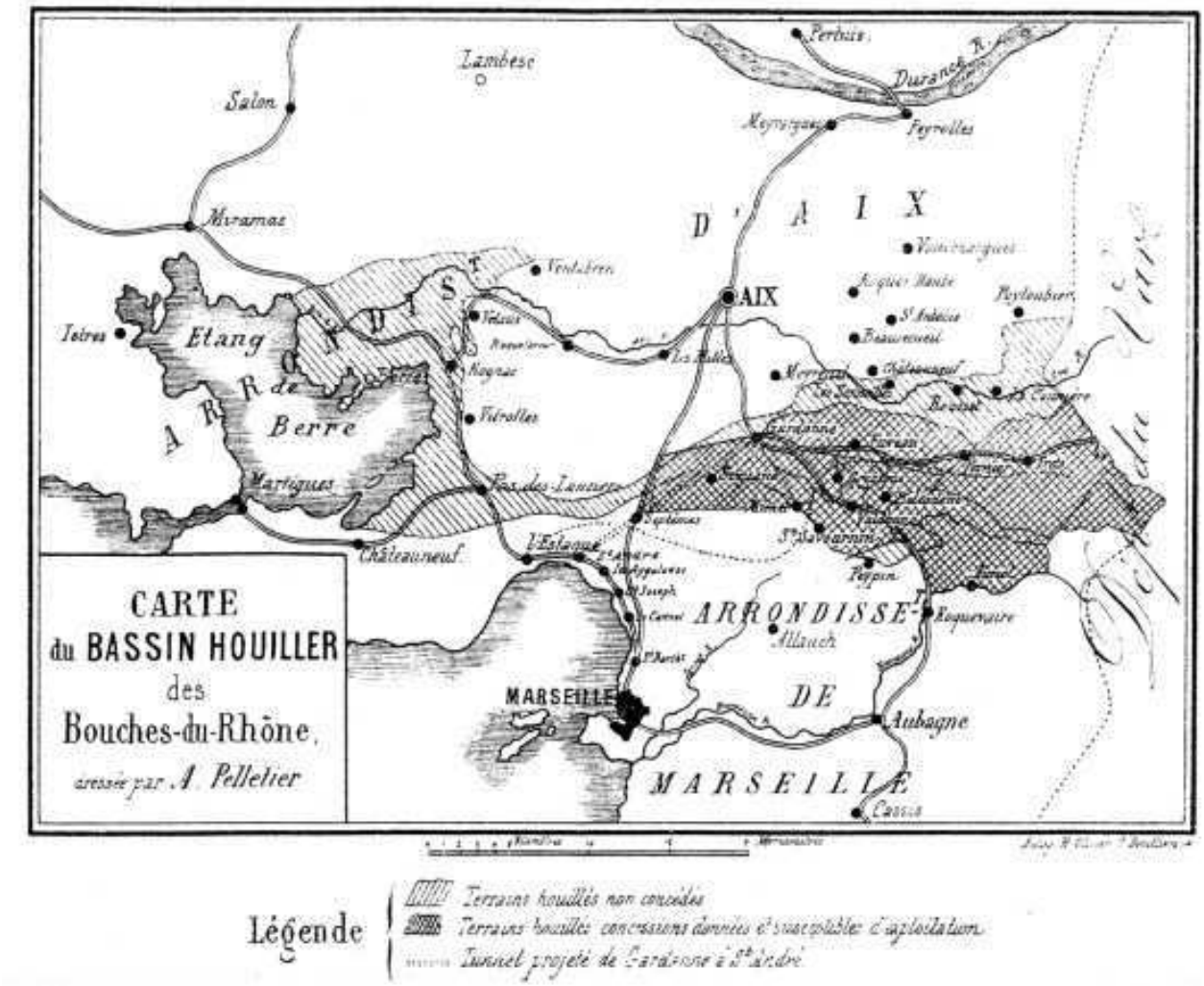

Figure 1 : Carte du bassin houiller des Bouches-du-Rhône

Ce bassin a été l'objet dès le milieu du XVème siècle d'autorisations de recherche pour la « pierre à charbon ». Après plusieurs siècles d'exploitation plus ou moins intensive, la fermeture de Charbonnages de France, devenus titulaires de 16 titres couvrant l'essentiel du bassin, sera prononcée en 2003. C'est le contour de ces 16 titres qui a guidé le périmètre de l'étude d'aléa (fig. 2).

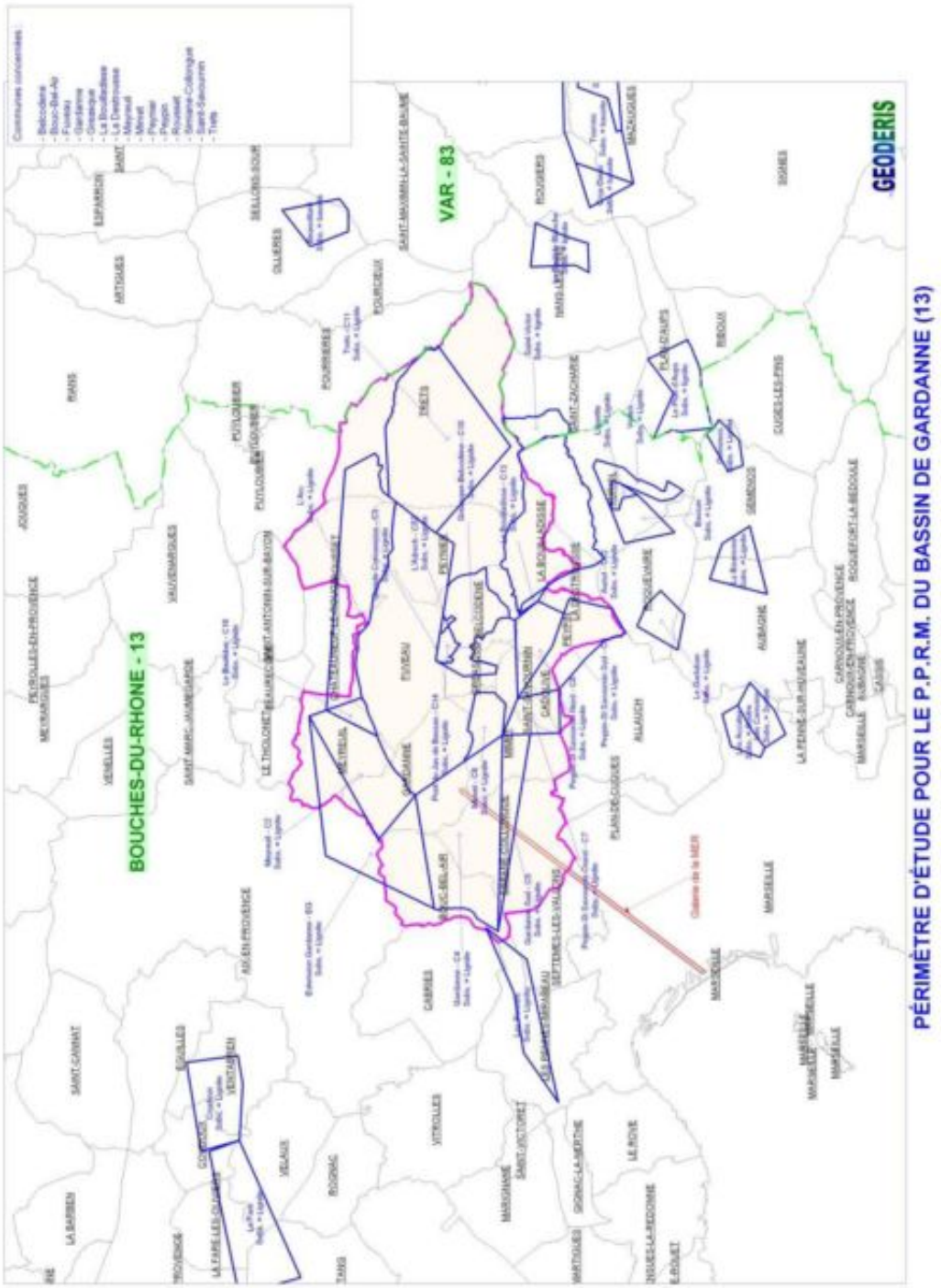

Figure 2 : Périmètre d'étude pour le P.P.R.M. du bassin de Gardanne

Les communes concernées par les titres miniers, au nombre de 16, sont ainsi les suivantes :

- **Allauch,**
- **Belcodène,**
- **Bouc-Bel-Air,**
- **Cadolive,**
- **Fuveau,**
- **Gardanne,**
- **Gréasque,**
- **La Bouilladisse,**
- **La Destrousse,**
- **Meyreuil,**
- **Mimet,**
- **Peynier,**
- **Peypin,**
- **Rousset,**
- **Simiane-Collongue,**
- **Saint-Savournin,**
- **Trests.**

Nous signalerons que la galerie de la mer, qui rejoint le port de Marseille traverse par ailleurs les communes de **Septème-les-Vallons et Marseille**.

L'objectif de l'étude est de :

- déterminer l'existence, la nature et le niveau des aléas résiduels après l'arrêt de l'exploitation,
- délimiter les zones concernées par ces aléas.

GEODERIS a sollicité la collaboration de l'INERIS pour réaliser la synthèse des données et l'évaluation des aléas.

Les données acquises devront permettre de décider de la pertinence de la mise en œuvre d'un PPRM, de définir le cas échéant le périmètre d'instruction et d'établir les cartes réglementaires prescrivant les restrictions d'urbanisme et les modalités de construction.

Elles permettent également d'identifier, à partir des fonds topographiques utilisés les zones à risques potentiels : présence d'aléas significatifs sous des enjeux existants (habitations, voiries…).

La présente note a pour objectif de présenter le contexte de la réalisation de cette étude et d'en rappeler l'essentiel.

2. HISTORIQUE – TRAVAUX EFFECTUES

2.1. HISTORIQUE

Le bassin de lignite de Provence a été l'objet dès le milieu du XVème siècle d'autorisations de recherche pour la « pierre à charbon ». L'exploitation effective semble plutôt remonter aux alentours de 1600, avec exploitation à ciel ouvert par fosses des couches proches de la surface.

Par la suite, l'exploitation a été menée par galeries en couches et travers banc mais de manière assez anarchique et à des profondeurs restreintes (40 m au maximum au XVIIIème siècle).
On recensait déjà ainsi 267 galeries abandonnées en 1805.

C'est à partir de la mise en place d'une véritable législation minière en 1809 que plusieurs concessions furent créées (jusqu'à 24 concessions pour 31 887 ha) dont l'histoire des fusions et des changements de titulaires durera jusqu'à la nationalisation au profit des Charbonnages de France en 1946.

Au total, on recense aujourd'hui 870 ouvrages débouchant au jour (puits et galeries), pour une exploitation menée jusqu'à plus de 1000 m de profondeur (profondeur du puits Yvon Morandat 1 100 m). Depuis 1946, la production a été de 76 millions de tonnes environ et correspond environ un peu plus de la moitié de la production totale (environ 130 millions de tonnes nettes).

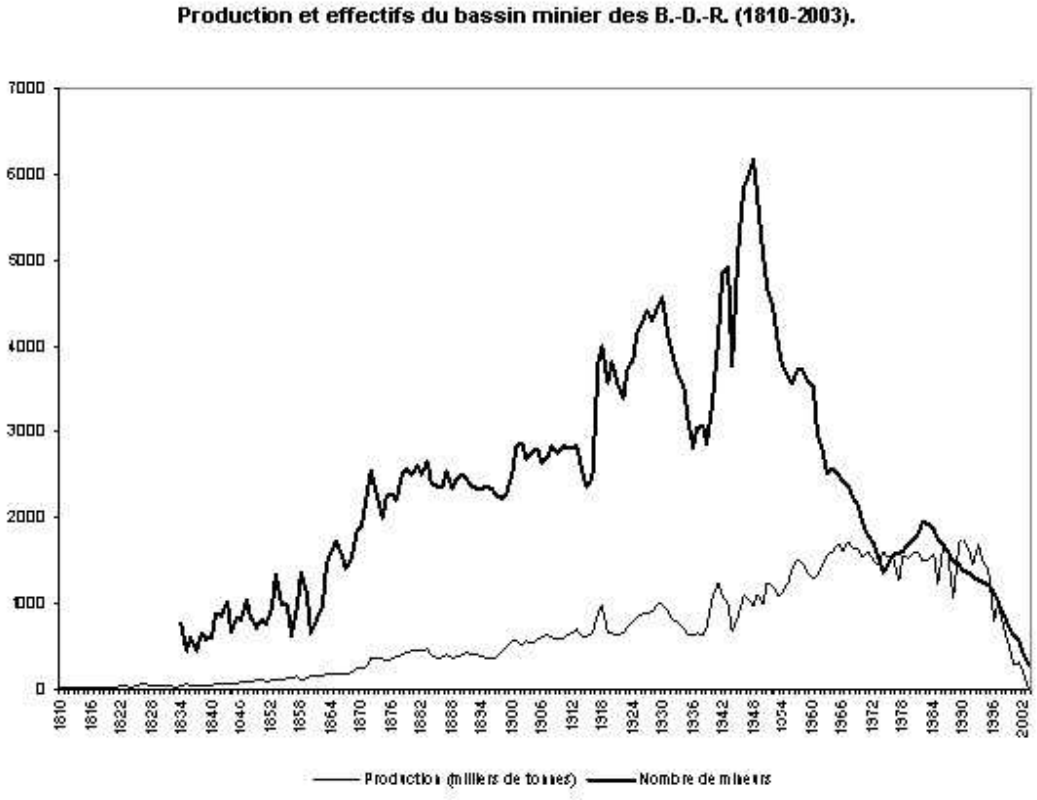

Figure 3 : Production et effectifs du bassin minier des B.-D.-R. (1810-2003)

Le tableau 1 regroupe les principales caractéristiques des 16 concessions qui ont été reprises ou attribuées aux Charbonnages de France.

Référence	Nom	Surface (ha)	Date d'attribution	Remarques
C2	Meyreuil	1 440	1902	
C3	Grande Concession	6 200	1809	
C4	Gardanne	2 950	1817	
C5	Gardanne Sud	606	1938	
C6	Mimet	440	1821	
C7	Peypin et Saint Savournin Ouest	490	1922	
C8	Peypin Saint-Savournin Nord	680	1809	
C9	Peypin et Saint Savournin Sud	1 010	1823	
C10	Gréasque et Belcodène	1 050	1809	
C11	Trets	7 130	1809	
C12	Auriol	2 550	1813	
C13	La Bouilladisse	48	1922	
C14	Pont du Jas de Bassas	180	1843	
C16	Bastidon	200	1962	Extension postérieure à la nationalisation
EG	Extension du périmètre de Gardanne	2 130	1981	Extension postérieure à la nationalisation

Tableau 1 : Concessions reprises ou attribuées aux Charbonnages de France

Dans le cadre de l'arrêt de l'exploitation, ces titres ont fait l'objet de procédures d'arrêt de travaux jusqu'en 2003.

Suite aux procédures d'arrêt des travaux miniers et de renonciation à ces titres menées par Charbonnages de France, et conformément à la loi du 30 mars 1999 et au décret du 6 juin 2000, une démarche en vue de l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques miniers (PPRM) a été envisagée par la DRIRE Provence Alpes Côte d'Azur, qui a confié à GEODERIS l'évaluation des aléas miniers résiduels.

Nous reprendrons ci-après les principaux éléments relatifs à cette étude.

2.2. DEROULEMENT DE L'ETUDE

Les données de base de cette étude, conformément au guide méthodologique pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (rapport INERIS DRS-06-51198/R01), sont essentiellement issues des dossiers d'arrêt de travaux ou de renonciation déposés par Charbonnages de France.

En particulier, le contour et les cotes des panneaux exploités, les données de localisation des ouvrages débouchant au jour et des dépôts de surface, galeries d'écoulements principales, les axes des galeries de niveau et travers bancs ont été convertis directement depuis les fichiers AUTOCAD issus des dossiers Charbonnages.

Quelques visites de sites ont été effectuées afin de réaliser un état des lieux non exhaustif des travaux de mise en sécurité et de visualiser les dépôts de surface.

Une étude d'aléa est structurée en deux volets :

1. **Une phase informative**, présentant la synthèse des données minières, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres…). Le produit de cette phase est une carte informative, positionnant les différents éléments sur photogrammétrie CdF.

2. **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.

Dans le cas présent, l'étude détaillée des aléas a été enclenchée en 2005, avec une première phase informative relative aux mouvements de terrain (rapport INERIS-DRS-06-70734/R01). Ensuite, courant 2006 a été élaborée un volet informatif spécifique au gaz de mine et à l'environnement (rapport INERIS-DRS-06-79371/R01), puis un premier projet relatif aux aléas mouvements de terrain et gaz (rapport INERIS-DRS-06-79371/R02projet), finalisé début 2007.

Ce rapport projet a fait l'objet d'une réunion de concertation à Paris entre les interlocuteurs de GEODERIS et de l'INERIS afin de finaliser l'approche de l'aléa et d'obtenir une argumentation plus claire des hypothèses permettant de hiérarchiser les différentes configurations au regard des phénomènes attendus.

A cette occasion et afin de ne pas multiplier les documents, il a également été décidé d'inclure dans le même rapport les différents éléments informatifs et l'évaluation des aléas mouvements de terrain et gaz.

Début 2008 est ainsi sortie l'étude d'aléas préliminaire concernant les anciennes concessions de lignite du Bassin de Provence détenues par Charbonnages de France, objet du présent dossier (rapport INERIS-DRS-07-79371-17209A, sur support informatique).

2.3. RISQUE ET ALEA

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

L'aléa est hiérarchisé en l'appliquant à différentes configurations. Les termes « aléa fort » ou « aléa très fort » signifient que les zones concernées sont plus prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones « d'aléa moyen » ou « d'aléa faible » ou que les phénomènes susceptibles de se produire dans cette zone sont d'un niveau plus élevé.

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

Trois zones de risque mises en évidence dans le cadre des dossiers déposés par CdF ont d'ores et déjà fait l'objet d'une instrumentation ; le protocole de suivi est en cours de définition.

Dans la suite de cette note, nous présenterons les principaux éléments informatifs ainsi que les aléas étudiés. Nous verrons que compte tenu de la circulaire de mars 2008, de ses conséquences en terme d'urbanisme (inconstructibilité sur l'aléa effondrement localisé quelque soit son niveau) et des hypothèses prises en compte pour la cartographie de cet aléa, des compléments sont possibles pour affiner le zonage en fonction des enjeux.

3. PHASE INFORMATIVE

Le détail de la phase informative peut être consulté dans le rapport INERIS-DRS-07-79371A, présenté sur support informatique.

Les cartes informatives communales sont quant à elles présentées en annexe A.

Six cartes ont été réalisées : 1 par veine exploitée (soit 4 cartes), une carte relative au gaz, à l'eau et à l'environnement et une présentant l'ossature minière, les ouvrages de surface, les terrils et désordres.

Une version numérique au format PDF des cartes informatives générales est fournie sur support informatique.

3.1. GEOLOGIE/HYDROGEOLOGIE

Le gisement exploité se présente sous forme d'un faisceau de 7 couches inséré dans les calcaires du Fuvélien, déposés en milieu fluvio-continental lacustre au crétacé supérieur.

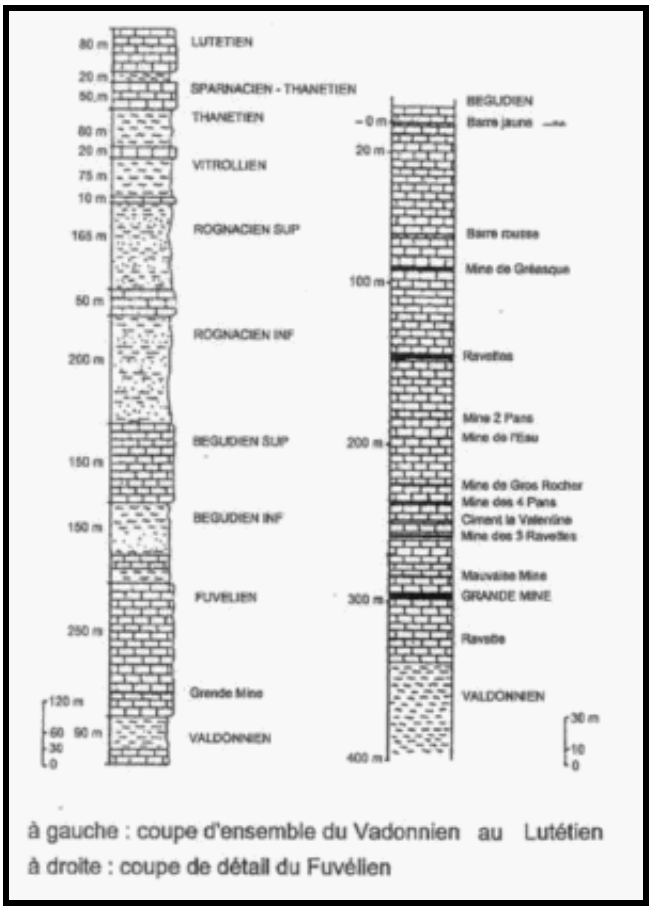

Figure 4 : Coupes stratigraphiques du bassin de l'Arc (Durand, Gaviglio, Gonzalez et Vetter, 1980)

Le tableau 2 présente les caractéristiques des 7 mines (ou couches) exploitées.

La couche grande mine est la plus épaisse à avoir été exploitée ; le charbon est un « flambant sec » riche en matières volatiles.

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

Tableau 2 : Caractéristiques des couches exploitées (source INERIS)

***NB** : Des exploitations souterraines de pierre à ciment (sous le régime des carrières) ont porté sur la couche « ciment la Valentine » et son mur, située entre la couche Grande Mine et 4 Pans, avec création de vides de 2,5 à 4 m de puissance, ce depuis l'affleurement jusqu'à environ 300 m de profondeur au maximum. Les aléas liés à cette exploitation ne sont pas abordés dans le cadre de la présente étude.*

Huit Plans de Prévention des Risques Naturels par commune ont été réalisés ou sont en cours sur ce sujet. Les communes concernées sont :

- *Peypin (PPRN approuvé en 2000),*
- *Gardanne (enquête publique en cours),*
- *Cadolive (enquête publique en cours),*
- *La Bouilladisse (enquête publique en cours),*
- *Trets (enquête publique en cours),*
- *Peynier (enquête publique en cours),*
- *Greasque (enquête publique en cours),*
- *Belcodène (enquête publique en cours).*

La cartographie de ces exploitations est relativement bien connue mais est à ce jour hétérogène et non géoréférencée.

Il **nous semble important, à terme, de cartographier de manière homogène ces exploitations avec le SIG minier** et d'évaluer les possibilités d'interactions des deux systèmes.

Cette approche pourrait être envisagée dans le cadre des compléments éventuels sur les aléas par rapport aux enjeux présents ou futurs mis en évidence par la DDE sur la base de la cartographie des aléas exposée dans la présente étude.

En terme structural, le bassin se présente comme un synclinal dissymétrique avec des bordures perturbant la simplicité d'ensemble : chevauchement du Massif de l'Etoile au Sud de Gardanne (lambeau charrié) ; au Nord chevauchement de la Montagne Sainte Victoire.

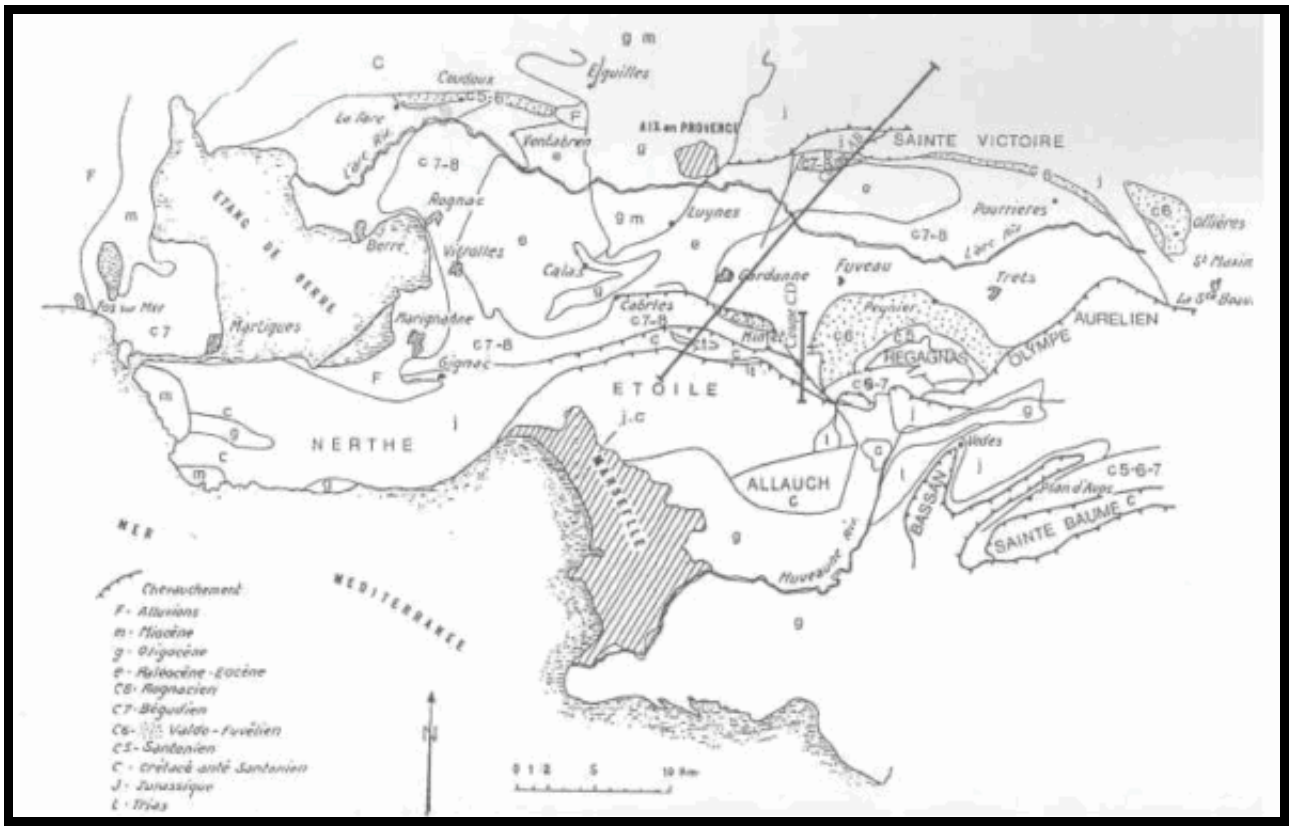

Figure 5 : Carte géologique du bassin (CESAME, 2002)

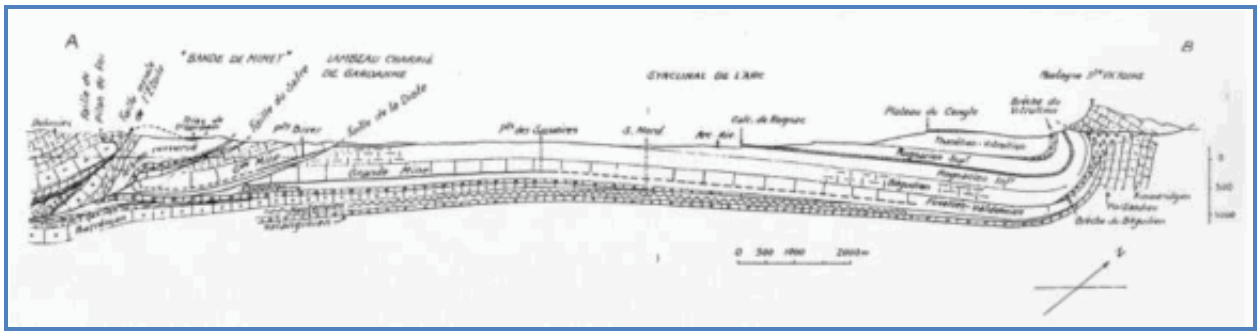

Figure 6 : Coupe géologique (Durand, Gaviglio, Gonzalez et Vetter, 1980)

L'hydrogéologie du bassin se caractérise en surface par la présence du bassin versant de l'Arc, alimenté par une trentaine d'affluents dont la Luyne, dans le bassin versant de laquelle se trouve l'essentiel des travaux miniers (voir figure 7).

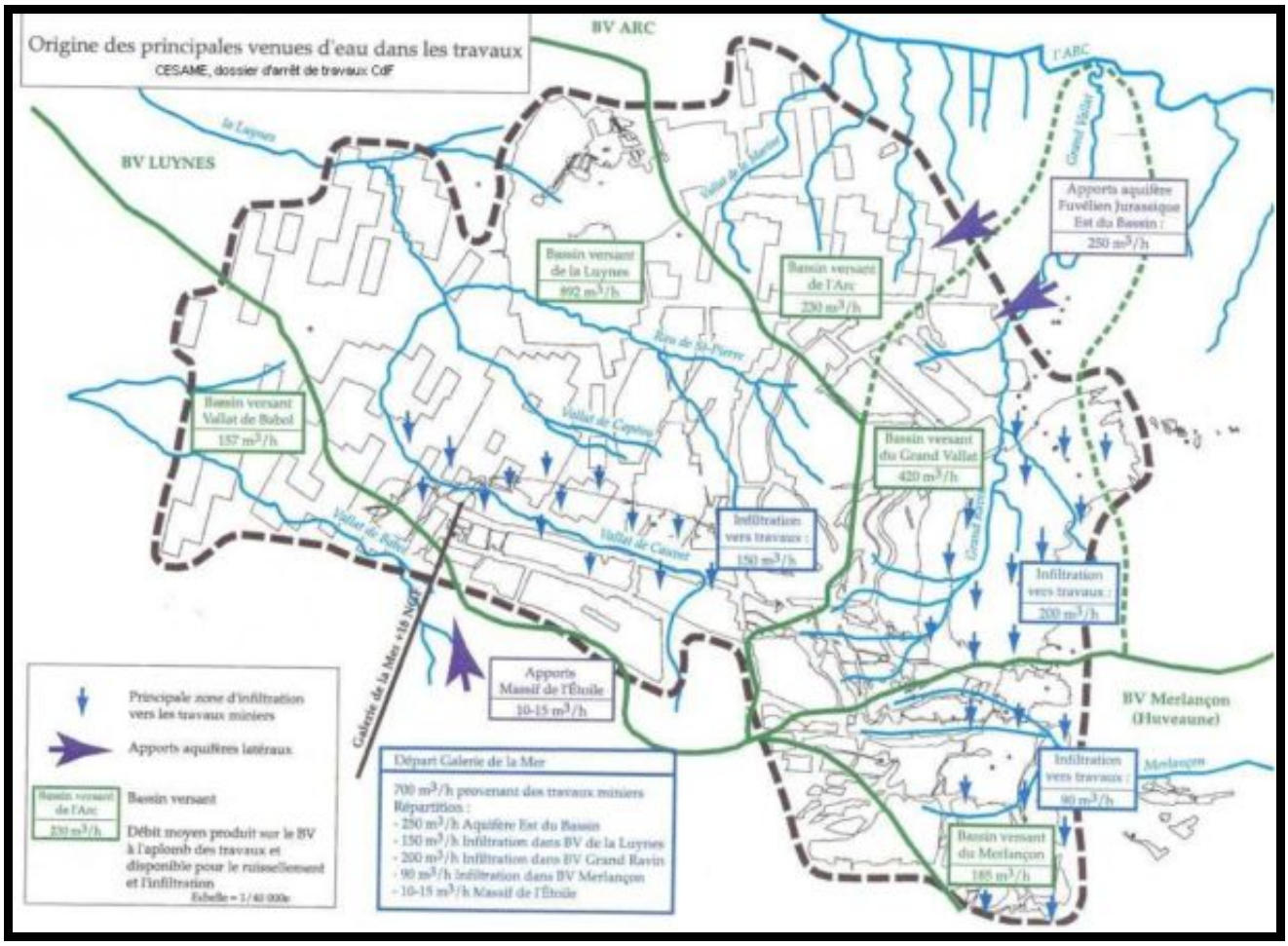

Figure 7 : Origine des principales venues d'eau dans les travaux
(CESAME, dossier d'arrêt de travaux CdF)

L'exploitation a entrainé la création de réservoirs aquifères constitués par les vides miniers, alimentés en partie par l'impluvium sur les affleurements du Fuvélien, par des infiltrations en provenance du massif de l'Etoile et par des circulations dans les calcaires karstiques.

Pendant l'exploitation, la mine était maintenue hors d'eau par des pompages pour les travaux profonds, par des galeries d'écoulement gravitaire pour les petits quartiers isolés ou les amonts pendages. Six galeries présentent ainsi un écoulement significatif aujourd'hui.

La Galerie de la Mer, creusée entre le puits Biver et le port de Marseille, longue de 14,6 km avait été réalisée pour régler des problèmes récurrents de drainage des travaux. C'est elle qui à terme devra assurer le rôle de drainage du réservoir minier principal dont le remplissage suite à l'arrêt de l'exhaure est en cours (voir figure 8). Le suivi de la remontée est effectué par le DPSM au moyen de deux sondes dans les puits Z et Y. Le volume de ce réservoir, le seul dont la situation hydrogéologique n'est à ce jour pas stabilisée, a été estimé à 40 millions de m^3 sous la cote NGF (pour une stabilisation à terme à + 18NGF).

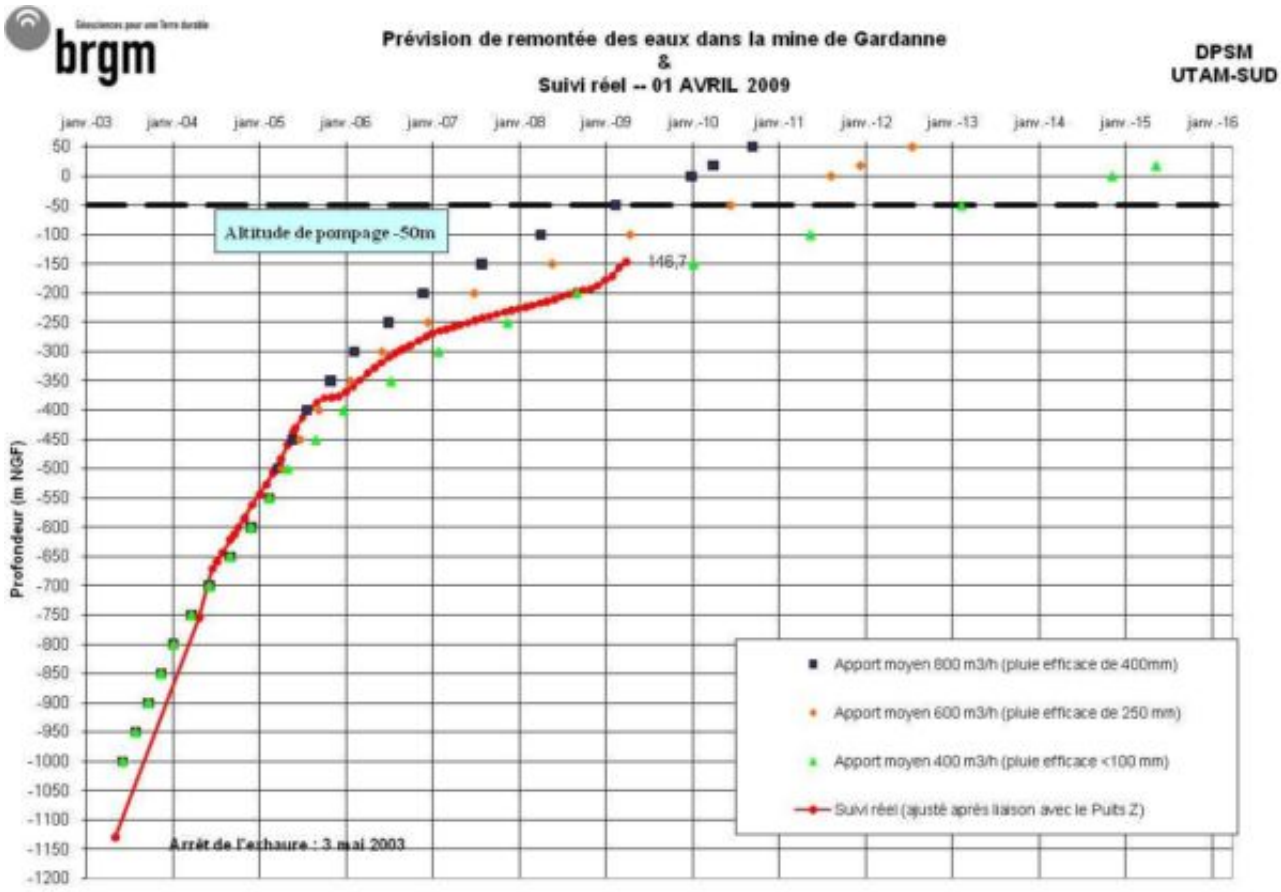

Figure 8 : Suivi de la remontée des eaux depuis l'arrêt de l'exhaure

A partir de la cote - 50 NGF, un pompage sera enclenché au puits Gérard pour maintenir ce niveau et injecter l'eau par conduite jusqu'au large du Vieux Port, où la galerie, équipée sur sa longueur de conduite en PEHD a été prolongée par forages inclinés sous le Vieux Port. Cette injection permettra d'éviter les effets visuels et le colmatage du fond du port en sortie de galerie redouté eu égard à l'oxydation du fer dont la teneur peut temporairement être élevée. Lorsque les teneurs seront jugées compatibles avec un rejet direct au port, le pompage sera réduit puis stoppé jusqu'au débordement gravitaire à la cote + 18 NGF.

3.2. EXPLOITATION MINIERE

Nous ne reviendrons pas ici sur l'historique mais nous attarderons plutôt sur les ouvrages débouchant au jour, les dépôts et sur les méthodes d'exploitation.

Comme nous l'avons déjà mentionné, on a recensé un total de 870 ouvrages débouchant au jour. Ce recensement est probablement incomplet dans la mesure où de nombreuses attaques sur les affleurements très anciennes n'ont jamais été cartographiées et ne sont plus visibles à ce jour.

3.2.1. DESCENDERIES

L'essentiel des ouvrages est constitué par des galeries pentées en couche ou en travers-bancs (voir fig. 9).

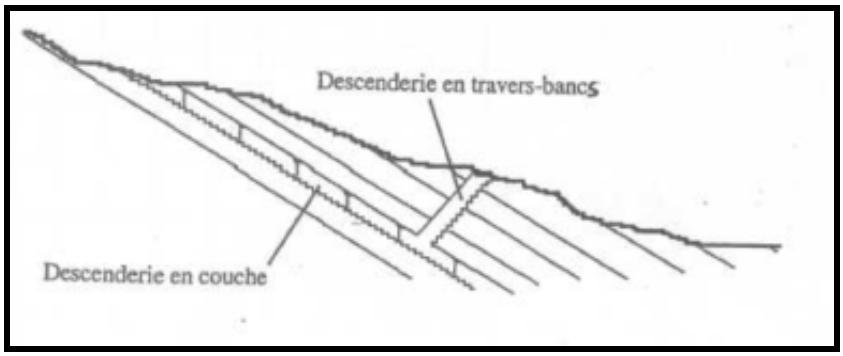

Figure 9 : Deux types de descenderies

Les **descenderies** en couche présentaient une pente de 25 à 30°environ, les descenderies en travers-bancs pouvaient être plus pentées (38 à 44°) et équipées de marches. Leur gabarit était voisin de 1,6 m de hauteur pour 1,5 m de largeur. Ces ouvrages pouvaient s'enfoncer jusqu'à une trentaine de mètres sous la surface.

Au total, 848 entrées de galeries ont été recensées par CdF et annoncées comme traitées de façon diverse suivant les configurations. Dans les meilleures conditions, le traitement a consisté à bétonner les entrées de galeries jusqu'à 10 à 20 m de l'entrée.

Le cas de la Galerie de la Mer est particulier dans la mesure où l'ouvrage est amené à être surveillé et a fait l'objet de dossiers spécifiques. L'aléa a toutefois été évalué à son aplomb.

3.2.2. PUITS

Le premier **puits vertical** remonte à 1820 (70 m de profondeur). Au total, 56 puits ont été creusés, jusqu'à la profondeur extrême de 1100 m (puits Yvon Morandat (ou Y)). Les diamètres des ouvrages n'excèdent que rarement 6 m (puits Z à Gardanne 6m, Puits Y à Gardanne 10m, puits Armand à Peypin (7,2 x 3,6 m).

Le puits de l'Arc, qui a rencontré une grosse venue d'eau lors du fonçage n'a jamais fait l'objet d'exploitation minière et est utilisé pour la ressource en eau.

Tous les puits de mine sont traités par dalle, bouchon avec ou sans remblayage, à l'exception du puits Gérard conservé pour le pompage (cuvelage bétonné avec une réservation pour une cage d'accès).

Cinq puits sont situés le long du tracé de la Galerie de la Mer. Certains sont restés ouverts et sont propriétés de la Société des Eaux de Marseille (puits Neuf et puits Saint-Joseph) ou de Saint-Louis Sucre (puits Saint-Louis). Le puits des Aygalades a été traité par CdF ; le puits de la Mure, non renseigné lors de la réalisation de l'étude, a été considéré comme sans traitement. Il est conservé comme issue de secours de la Galerie de la Mer.

3.2.3. VERSES ET TERRILS

Parmi les 34 terrils inventoriés, d'ampleurs inégales, 7 ont fait l'objet par CdF d'études détaillées par rapport à la stabilité, à la gestion des eaux ou aux problèmes d'échauffement (voir tableau 3), avec parfois réaménagement de sites.

Leur origine, volume et composition sont variables.

Communes	Concession	Désignation du terril	Superficie ou volume	Commentaires
Meyreuil	C2	Défens	32ha	A fait l'objet d'études détaillées
Meyreuil		Grappon	6,5ha	A fait l'objet d'études détaillées
Meyreuil		Carreau de Meyreuil	Faible importance	-
Fuveau – Gréasque	C3	Madame d'André	13,5ha	A fait l'objet d'études détaillées
Gréasque		PHO	2,64 ha pour 0,1 Mm^3	Il constitue en partie la plate-forme de Pho
Gardanne		Sauvaires	35 ha	A fait l'objet d'études détaillées
Fuveau		Bramefan	78,6 ha	A fait l'objet d'études détaillées
Gréasque		Près neufs	-	Reconverti en zone industrielle
Gardanne		Félicie	1,6 ha	Carreau du puits de la Félicie
Gardanne	C4	Saint Pierre	14 ha	A fait l'objet d'études détaillées
Gardanne, Simiane		Molx	13 ha	A fait l'objet d'études détaillées
Mimet		Terril du puits Gérard	0,4 ha	-
Gardanne		Terril du puits Biver	1,1 ha	-
Gardanne		Dépôt entrée galerie St Pierre	-	-
Cadolive	C8	Pâté	69 000 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Cadolive, Saint Savournin		Terril du puits Léonie	75 000 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Cadolive		Notre Dame n°1	1 000 m²	Hors code minier. Ter ril stabilisé, végétalisé
Cadolive		Notre Dame n°2	12 000 m²	Hors code minier. Te rril stabilisé, végétalisé
Cadolive, Peypin		Rouvrières	30 000 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Peypin		Doria	1 500 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Peypin		Lecas	1 700 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Peypin		Cerveau	2 300 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Peypin		Armand	3 000 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Peypin		Baume de Marron	3 000 m²	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Peypin	C9	Les deux terrils du Puits Armand	640 000 m^3	-
Cadolive et Saint Savournin		Terril du puits Germain	500 000 m^3	Ce terril a subi une combustion totale
Gréasque et Belcodène	C10	Terrils de faibles importances	Quelques ares	Ils sont constitués de remblais, pierres de mine et de fines de charbon. Hors code minier
Trets	C11	Un terril	-	A proximité du plan incliné Sainte Barbe, parcelle BY117, propriété des HBCM. Le terril est stabilisé, entièrement recouvert de végétation
La Bouilladisse	C12	Présence d'anciens terrils	De faible importance	Zone de Pinchinier. Totalement envahis par la végétation, devenus invisibles. Ils se situent sur des propriétés privés
Fuveau	C14	Terril de l'Huillier	1,6ha	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Fuveau		Terril du puits n°12	0,2ha	Hors code minier. Te rril stabilisé, végétalisé
Fuveau		Terril de la RN96	0,2ha	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Fuveau		Terril du puits 14	0,6ha	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé
Fuveau		Terril du puits 15	0,04ha	Hors code minier. Terril stabilisé, végétalisé

Tableau 3 : Principales caractéristiques des terrils recensés

3.2.4. METHODES D'EXPLOITATION

Comme pour tous les bassins à longue histoire minière, les méthodes d'exploitation ont varié dans le temps, mais le bassin de Provence apparait comme un des plus riches à ce niveau, de nombreuses méthodes ayant été appliquées pour optimiser l'extraction.

3.2.4.1. EXPLOITATION PAR GALERIES FILANTES

Initialement, les premiers travaux sont des grattages aux affleurements, qui sont été suivis d'exploitations par galeries en couche puis avec travers bancs.

Les zones exploitées par « **galeries filantes** » sont difficilement localisables compte tenu de l'ancienneté des travaux.

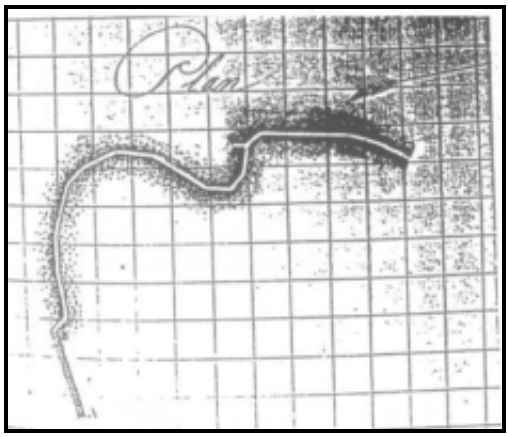

Figure 10 : Galerie filante avec exploitation au pic

Cette méthode a été de mise jusque vers 1850. On peut considérer que les couches entre l'affleurement et les travaux modernes ont pu être exploitées ainsi. Une partie des travaux peut être éboulée, mais il peut rester une partie non négligeable des vides créés.

3.2.4.2. EXPLOITATION PAR CHAMBRES ET PILIERS ABANDONNEES

Cette méthode, qui consiste à extraire le charbon en laissant des piliers en place pour assurer le soutènement du toit laisse des chambres vides. Le dimensionnement des piliers a considérablement varié dans l'histoire de l'exploitation, mais le taux de défruitement (rapport entre la surface déhouillée et la surface totale du panneau exploité) varie entre 50 % et 90 %, avec une moyenne à 75 %.

L'évolution de la technique a consisté à élargir les galeries pour faciliter le passage des engins. On est ainsi passé de galeries de 4 m vers 1800 à 10 ou 11 m dans les années 1950.

Globalement il y avait peu de soutènement (toit raide). Parfois, les piliers pouvaient être repris pour augmenter la production, voire remplacés par des « rangles » (piliers artificiels).

La plus grande partie des zones exploitées par cette méthode l'ont été en couche Grande Mine.

Cette méthode a été employée avec de nombreuses variantes plus ou moins mécanisées jusqu'en 1975 dans le secteur de Gréasque.

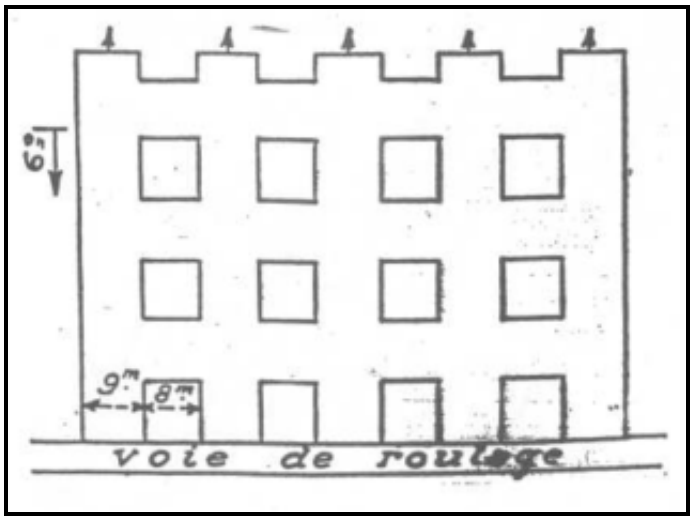

Figure 11 : Vieux travaux en chambres et piliers abandonnés de Valdonne

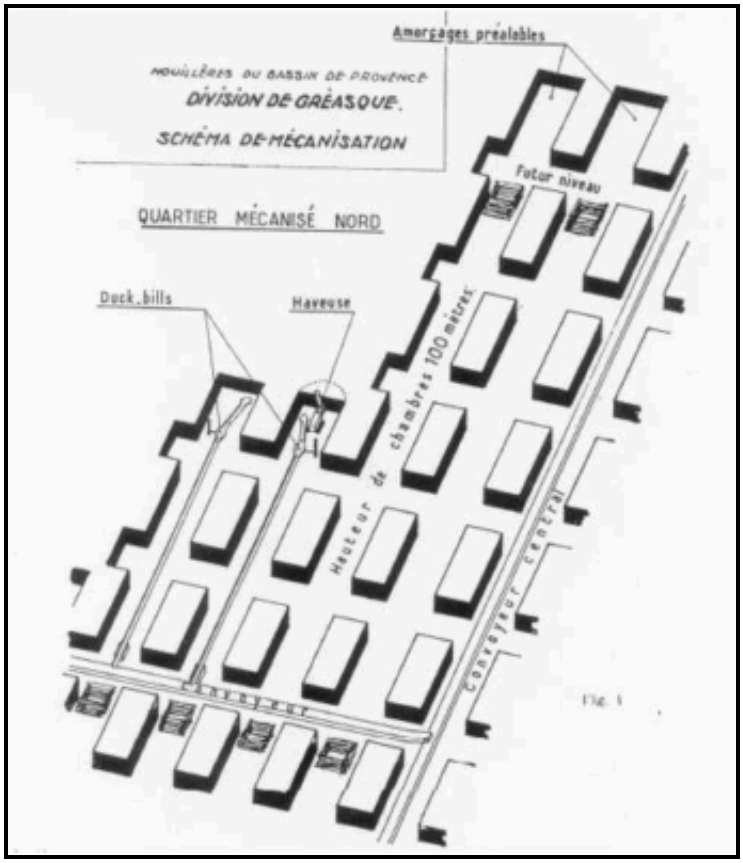

Figure 12 : Exemple de chambres et piliers abandonnés mécanisés

3.2.4.3. EXPLOITATIONS PAR TAILLES REMBLAYEES

Cette méthode permet de récupérer la quasi-totalité du charbon. En Provence, elle induit la persistance d'une partie des vides après délaissement des chantiers, soit à cause d'un remblai ancien partiel ou du fait du non foudroyage du toit consécutif à la présence d'épis de remblais ou de rangles.

Sous cette appellation on peut distinguer différents modes d'exploitation : arêtes de poisson, tailles montantes, chambres américaines (voir fig. 13, 14 et 15).

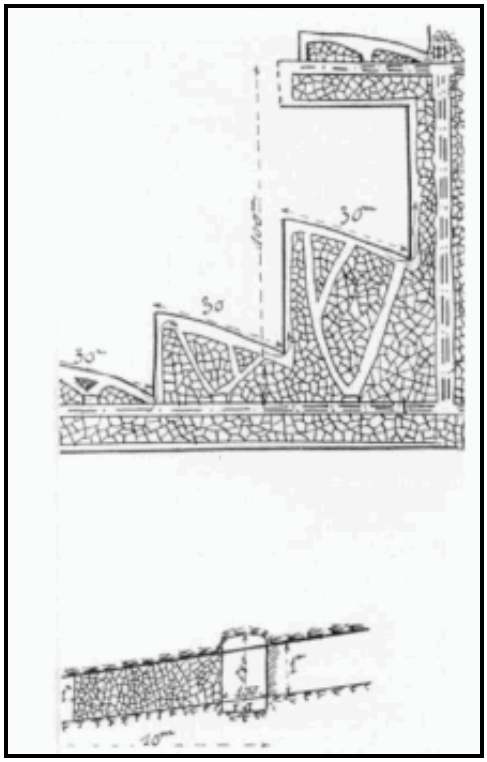

Figure 13 : Schéma d'exploitation en arêtes de poisson

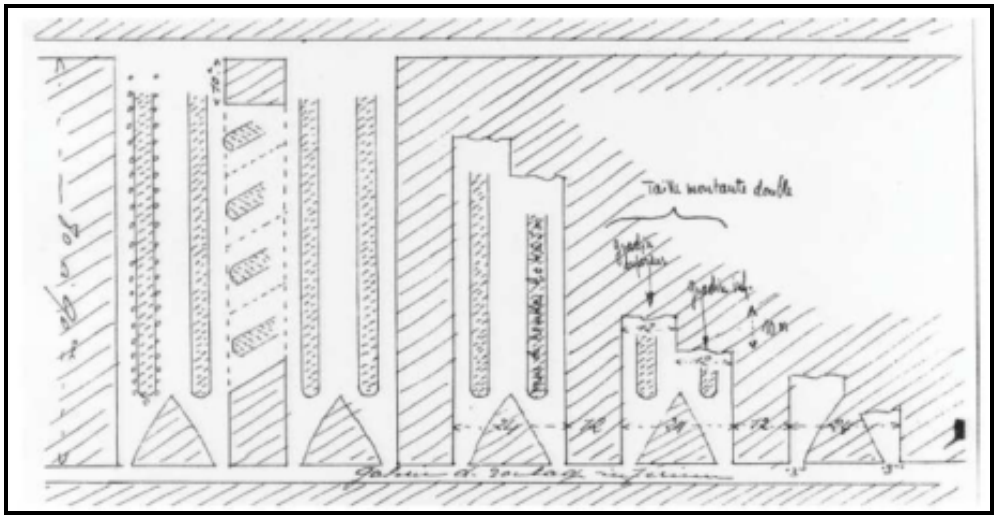

Figure 14 : Courtes tailles remblayées

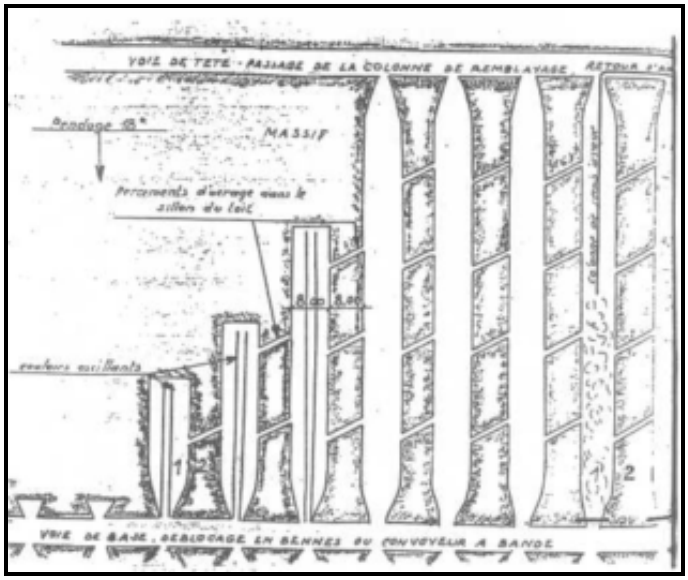

Figure 15 : Chambres américaines en Grande Mine (lambeau charrié)

3.2.4.4. EXPLOITATION PAR LONGUES TAILLES FOUDROYEES

Cette méthode fut essentiellement utilisée en couche Grande Mine dans les quartiers profonds, là où l'exploitation devenait difficile (au-delà de 300 à 400 m de profondeur).
Elle consiste à avancer un front de taille sous forme d'une ligne de soutènement de grande longueur (plus de 100 m) parallèlement à elle-même, en provoquant l'effondrement de l'arrière taille. Le foudroyage entraine dans la foulée un affaissement de surface.

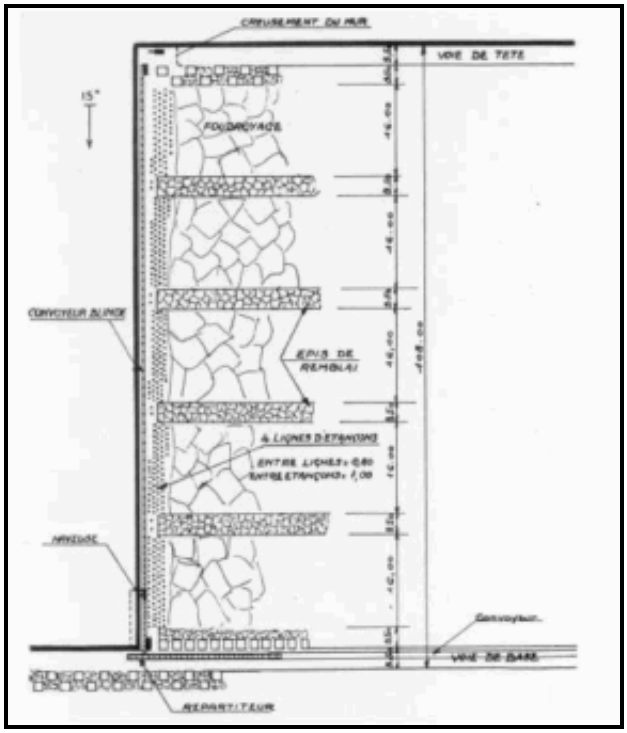

Figure 16 : Schéma d'une exploitation par taille foudroyée

Cette méthode est celle qui à long terme a le moins d'impact pour l'utilisation de la surface. Elle a été menée à partir de 1928 à Meyreuil et jusqu'à la fin de l'exploitation.

3.2.4.5. SECTEURS HOMOGENES

Compte tenu des diversités de configuration, l'objectif de l'étude était d'arriver dans un premier temps à sectoriser les travaux miniers en champs homogènes d'exploitation dont on pouvait attendre à long terme une évolution comparable compte tenu des similitudes d'exploitation et d'environnement.

Cette sectorisation est synthétisée dans le tableau 4 :

Champs d'exploitation	Communes concernées	Période d'exploitation	Profondeur des travaux (GM)	Schéma d'exploitation type (Grande Mine)	Taux de défruitement moyen (GM)	Petites mines exploitées
Bordure des affleurements		Du XVIIIème siècle au milieu du XIXème	0 à 60 m	Ciel ouvert (fosses) galeries filantes chambres et piliers anarchiques	inconnu	Mine de Gréasque 2 Pans Mine de l'Eau Gros Rocher 4 Pans Mauvaise Mine
Rocher Bleu	Gréasque, fuveau, Saint-Savournin, Belcodène	1860 à 1886	100 à 250 m	chambres et piliers irréguliers	75 à 85%	Gros Rocher 4 Pans
Valdonne	Allauch, Peypin, cadolive, Saint Savournin, Mimet	1860 à 1959	50 à 800 m	chambres et piliers irréguliers	75 à 80%	Gros Rocher 4 Pans Mauvaise Mine
Castellane-Léonie	Saint-Savournin, Gréasque, Peypin	1845 à 1920	120 à 500 m	chambres et piliers irréguliers	75 à 80%	Gros Rocher 4 Pans
Gréasque	Gréasque, Saint Savournin, Belcodène, Fuveau	1920 à 1976	200 à 700 m	chambres et piliers assez réguliers puis réguliers	75%	-
Lambeau Charrié de Gardanne	Simiane, Gardanne, Mimet,	1860 à 1959	100 à 700 m	chambres et piliers puis grandes chambres montantes remblayées	60 à 60%	Gros Rocher 4 Pans Mauvaise Mine
Longues tailles en Grande Mine en place	Bouc bel air, Gardanne, Simiane, Meyreuil, Fuveau	1930 à 2003	400 à 1300	Longues tailles foudroyées	Exploitation totale	-
Trets	Trets	1787 à 1935	0 à 480 m	Chambres et piliers Courtes tailles remblayées	inconnu	Mine de Gréasque Gros Rocher 4 Pans
Baume de Marron, La Bouilladisse, Pinchinier	La Bouilladisse, Peypin	1743 à 1911	0 à 140 m	Galeries filantes Chambres et piliers Petites tailles rectangulaires remblayées	Estimé de 70% à 80%	Mine de Gréasque 2 Pans Gros Rocher 4 Pans Mauvaise Mine

Tableau 4 : Sectorisation au sein des travaux miniers

Les cartes pages suivantes présentent la localisation de ces champs homogènes.

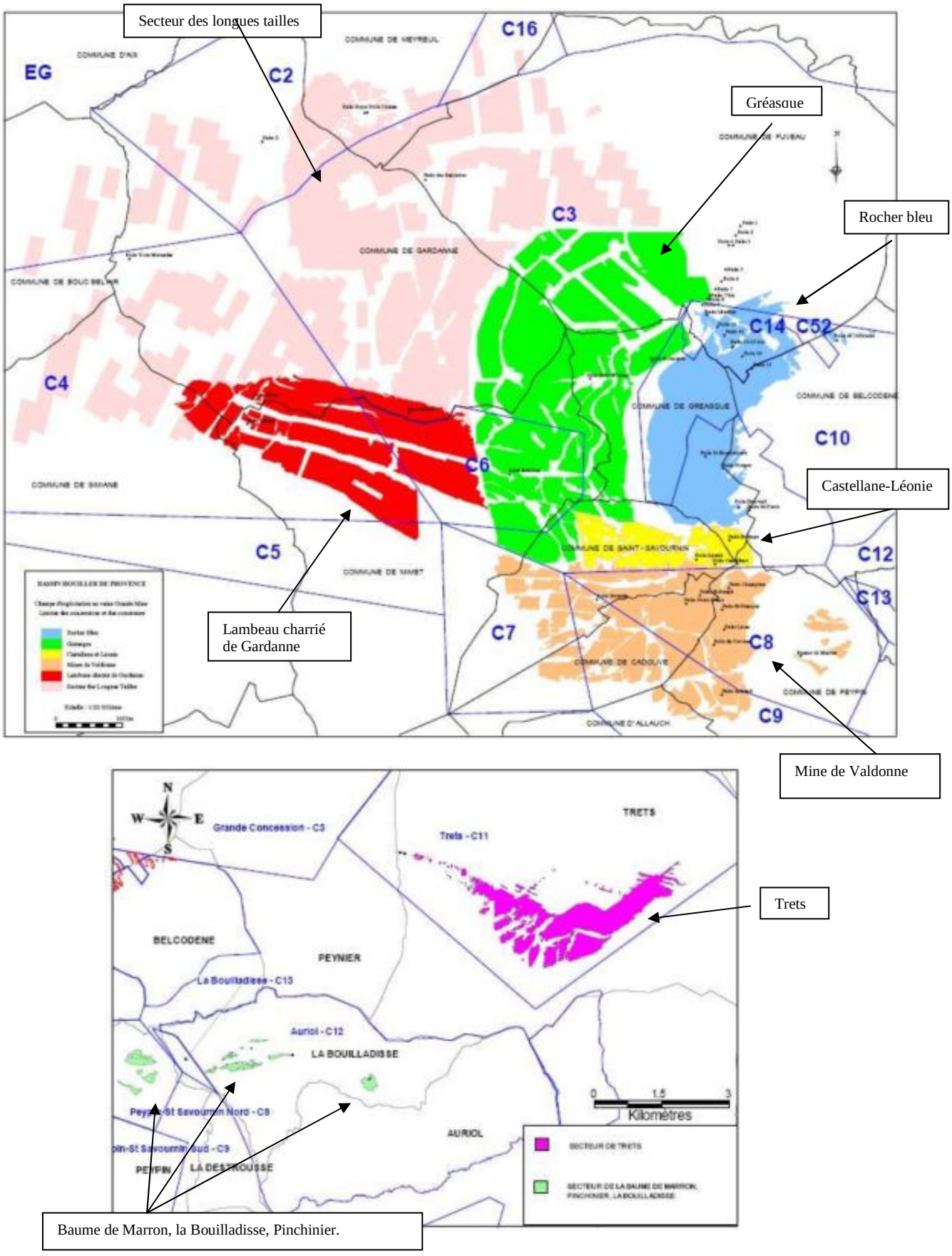

Figure 17 : Répartition géographique des champs d'exploitation homogènes

3.2.5. ELEMENTS RELATIFS AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

Une évaluation pertinente des aléas de mouvements de terrain passe par un inventaire des évènements passés dont le témoignage est recherché par l'intermédiaire :

- **D'enquêtes** auprès de personnes cibles (maires, habitants des communes concernées, anciens mineurs ou descendants de mineurs, …) : les témoins rencontrés ne se souviennent pas avoir vécu ou entendu parler d'instabilités notables ; les terrains sont considérés comme « solides ». Seul un évènement est relaté en 1974 à proximité du puits Lhuillier, avec dégâts sur le bâti.
- **De dépouillements d'archives** (rapports journaliers d'exploitation, dossiers d'indemnisation, …) : la consultation de ces données n'a pas mis en évidence d'informations essentielles vis-à-vis de la stabilité des chambres et piliers ; la majorité des évènements recensés se réfère aux phénomènes liés aux coups de toit (ou de couche), « phénomènes dynamiques » à l'origine de vibrations pouvant dégrader les bâtis en surface, et de quelques effondrements localisés. Le cas de « l'effondrement du Rocher Bleu », exceptionnel est décrit plus loin.
- **D'examen de photographies aériennes** : leur examen n'a pas révélé de manifestation flagrante d'instabilité de terrain,
- **De recherches de mesures topographiques**, sans résultat concluant,
- **De visites d'anciens travaux** : 5 visites spécifiques ont été effectuées par l'INERIS et des équipes de CdF entre 1999 et 2002, dont une pour réaliser des prélèvements de charbon. Ces visites ont concerné :

    1. Les vieux travaux en chambres et piliers dans la Couche Grande Mine dans le secteur de Trets : sous 70 m de couverture en bordure de massif vierge, dans un secteur présentant peu de soutènement, le toit apparaissait en bon état général, malgré un faux toit fracturé ; les galeries montraient une convergence marquée (1 m de vide résiduel pour une ouverture initiale de 2 m).
    2. Quartiers de Regagnas et de l'Olympe : à Regagnas, le quartier exploité par chambres et piliers abandonnés en 1974 sous 200 m de recouvrement. Les piliers sont très fissurés, écrasés, avec une convergence ramenant la hauteur de vide à 1 m, 1,5 m pour une ouverture initiale de 2 à 2,2 m. A Gréasque, les murs de rangles bloquaient l'accès aux chambres d'exploitation. Les vides résiduels accessibles sont restreint et les murs de rangles sains.
    3. Quartier du Regagnas, secteur du puits Lhuillier : des mesures de convergence ont été effectuées en différents points (convergence de 0 à 1 m pour un éloignement du bord ferme de 40 à 197 m). Au-delà de 200 m du bord ferme, la convergence se stabilise, et pour des valeurs de plus de 0,7 m les piliers sont tellement écrasés qu'ils se rejoignent à la base.
    4. Lambeau charrié : visite d'un secteur exploité par tailles montantes en 1930. Si les travaux près de la bordure du massif sont en bon état, les vides sont envahis par les éboulis lorsque l'on s'en éloigne.

- **De sondages de reconnaissance** : une importante campagne de sondages a été effectuée pour reconnaître la nature des terrains de recouvrement et la nature des vides. Ils ont permis de confirmer les éléments suivants :

    1. dans le quartier de Regagnas, à 310 m de profondeur, l'ouverture résiduelle en couche Grande Mine était d'1 m, confirmant les observations réalisées lors des visites ; le toit est peu fissuré,
    2. dans le quartier du Rocher Bleu, la convergence en couche Grande Mine entre 115 et 140 m de profondeur est quasi nulle, de même qu'en couche 4 Pans (90 m de profondeur).
    3. Mines de Valdonne : absence de convergence des épontes dans la couche Grande Mine à 50 m de profondeur et dans mauvaise Mine à une quarantaine de mètres de profondeur.
    4. Dans le Lambeau Charrié, la veine Grande Mine, exploitée par longues chambres partiellement remblayées est ouverte sur 4,5 m, tandis que les autres couches exploitées par tailles montantes partiellement remblayées ne sont pas visibles en sondage.
    5. Quartier Olympe (secteur Gréasque) : convergence des épontes comprise entre 1 et 1,1 m en Grande Mine à 200 m de profondeur.

Les dégâts de surface finalement recensés sont peu nombreux :

- Affaissements de surface et phénomènes dynamiques liés à l'exploitation totale du gisement par longues tailles.
- Un phénomène de glissement sur le terril du Grappon,
- Quelques déclarations de dégâts pour fontis ou coups de toit,
- Un mouvement de terrain avec des manifestations cassantes (désordres du puits Lhuillier, 1974), probablement lié à l'exploitation en couche Grande Mine, avec ouverture de crevasses,
- L'effondrement du Rocher Bleu (1879) : il s'agirait d'un effondrement brutal qui a affecté l'exploitation en couche Grande Mine. Il a été ressenti à l'époque en surface jusqu'à Gardanne (à une petite dizaine de kilomètres), a entrainé l'effondrement d'un bâtiment à Gréasque et s'est traduit par une « grande fente le long de l'affaissement ». Il aurait été consécutif à un sous dimensionnement temporaire des piliers.

Les phénomènes dynamiques sont liés à l'activité sismique du bassin. Les coups de terrains, qui souvent n'engendrent pas de gros mouvement du toit des couches, peuvent par contre entraîner des soufflages violents du mur, avec projection de matériaux (jusqu'à 500 m^3) dans les galeries, détérioration des soutènements… Les secousses les plus fortes peuvent atteindre 3 à 3,5 sur l'échelle de Richter et peuvent être à l'origine de dégâts de surface lorsque la magnitude dépasse 2. Ces phénomènes sont localisés aux fronts de taille en activité, aux voies d'accompagnement et de desserte, aux piliers de démarrage ou d'arrêt de taille et dans les vieux travaux (activité sismique « hors taille »).

L'activité sismique, très intense pendant l'exploitation se réduit aujourd'hui à l'activité « hors taille ». Les évènements sismiques enregistrés hors taille (en dehors des zones d'exploitation), entre 1994 et 2002, montrent qu'une activité hors taille persiste plusieurs années après l'arrêt de l'exploitation, même si elle est largement inférieure à l'activité observée pendant l'exploitation : on a ainsi mesuré pour l'ensemble des quartiers arrêtés 600 évènements de magnitude supérieure à 1,5, 221 de magnitude supérieure à 2 et 2 de magnitude supérieure à 3.

On a relevé une activité jusqu'à une trentaine d'années après l'arrêt de l'exploitation à Meyreuil, mais l'exploitation était en cours à proximité.

Une expertise internationale a été réalisée dans le cadre du dossier d'arrêt de CdF (GEODERIS 2003).

Les principales conclusions de cette expertise portant sur la stabilité des travaux souterrains sont les suivantes :

- **Les exploitations totales** et sèches (au dessus du niveau statique) peuvent être considérées comme stables au regard de l'affaissement dans la mesure où il s'est déjà produit. Des tassements infimes de l'ordre du mm/an peuvent être observés par interférométrie radar. L'activité sismique diminue par ailleurs rapidement après l'arrêt des opérations minières. Pour les zones inondées, une reprise d'activité pourra être observée pendant la phase de remplissage, avec possibilité d'un léger soulèvement non brutal de quelques millimètres.
- Le statut des exploitations partielles dépendrait selon cette expertise de leur profondeur :
    - **En zone profonde** (plus de 250 m sous la surface) et sèche, l'expertise conclut que les piliers sont déjà écrasés et que le recouvrement s'est effondré. La situation peut être considérée comme stable, avec possibilité d'un affaissement minime. Pendant la période de transition, les zones amenées à être inondées (peu nombreuses, l'essentiel étant déjà inondé) pourront être l'objet d'un faible affaissement.
    - **En zone intermédiaire** (50 à 250 m sous la surface), les piliers ont été affaiblis mais les bancs du recouvrement ne sont pas effondrés et aucun affaissement ne s'est produit. L'instabilité peut se manifester de façon progressive et lente, avec éventualité faible de manifestations rapides et cassantes.
    - **En zone peu profonde** (moins de 50 m sous la surface), des effondrements localisés peuvent se produire (formation de fontis de quelques mètres de diamètre), comme par ailleurs autour des ouvrages débouchant au jour. Cet aléa est limité par la bonne qualité du Fuvélien

3.3. GAZ DE MINE

3.3.1. GENERALITES

Sous l'appellation gaz de mine, on regroupe les différents gaz susceptibles d'être émis depuis les travaux souterrains vers la surface. Ces gaz peuvent être du grisou issu des couches de charbon et désorbés suite à la détente des terrains, mais également du radon, de l'hydrogène sulfuré, du monoxyde ou dioxyde de carbone ou simplement de l'air désoxygéné.

Lorsque le réservoir souterrain est suffisamment important, ces gaz peuvent s'accumuler et migrer vers la surface sous l'effet d'un différentiel de pression entre le réservoir et l'atmosphère. Ce différentiel peut avoir pour cause des variations de pression atmosphérique, la remontée de l'eau dans les travaux (en cours pour le réservoir principal) ou encore une augmentation de la pression dans le réservoir sous l'effet de la désorption depuis le charbon en place.

Cette remontée vers la surface est favorisée particulièrement au droit des ouvrages débouchant au jour ou à travers la couverture lorsque celle-ci est assez perméable naturellement ou rendue perméable par l'exploitation souterraine.

L'objectif de la phase informative est de recueillir les éléments ou mesures permettant d'apprécier quantitativement et qualitativement le potentiel d'émission de gaz de mine, sachant qu'au final l'aléa est fonction de la dangerosité du gaz et de son flux d'émission.

3.3.2. LE BASSIN DE GARDANNE

Dans le cas du bassin de Gardanne, les mesures réalisées pendant l'activité minière des valeurs de dégagement spécifique (émission à la tonne extraite) étaient représentatives d'une exploitation moyennement grisouteuse à faiblement grisouteuse. Le grisou était composé à 80% de méthane, avec une proportion de CO_2 de 10 % au maximum.

Les recherches effectuées dans les archives CdF, de la DRIRE, et de l'INERIS montrent que toutes les concessions doivent être considérées comme grisouteuses.

Par ailleurs, tant que la remontée des eaux n'est pas achevée, l'émission de gaz est favorisée.

Des aménagements ont été réalisés dans le cadre de l'arrêt des travaux par CdF afin de contrôler l'évacuation de ces gaz : 3 puits de mine ont ainsi été équipés en dégazage (l'Huillier, Prosper et Béthune) afin de maintenir une liaison entre l'atmosphère minière et la surface. Ce dispositif a été complété par 5 sondages de décompression (Fuveau 2, Champisse, Gardanne, Mimet 3 et Lecas). Au début de la remontée, les gaz ont été évacués par l'aérage entre le puits Z et Gérard). La base du puits Z est maintenant ennoyée.

La composition du gaz de mine émis par les évents a fait l'objet d'un suivi d'abord par CdF puis par le DPSM.

Les paramètres contrôlés sont le sens d'écoulement, la température extérieure, les concentrations en CH_4, CO_2, CO, H_2S et O_2 dans le flux sortant.

Le suivi, intégré à l'étude jusqu'en 2008, fait apparaître l'absence d'H_2S, un mélange pouvant être fortement désoxygéné (7,4 à 20,8 % d'Oxygène), peu de CO (0 à 1,2 ppm) du CO_2 (0 à 5,8 % et un peu de méthane (0 à 0,42 %).

Ces mesures, qui correspondent à un mélange potentiellement asphyxiant, sont conformes à ce qui avait été mesuré entre 1997 et 2002 au puits Léonie, en relation avec des travaux isolés du compartiment principal.

Pour les concessions C11 et C12, les travaux sont considérés comme faiblement grisouteux, mais l'ennoyage est stabilisé et les travaux peu profonds peu propices à des accumulations. Les mesures de méthane effectuées par CdF ont été négatives, mais la présence des autres gaz reste envisageable.

NB : Des mesures effectuées en différents points de la mine et sur le retour d'air du puits Gérard en 2001 ont mis en évidence une activité volumique en radon222 supérieure à 1000 $Bq.m^{-3}$, laissant augurer une possibilité d'émission en surface. Par ailleurs, une étude réalisée entre 2003 et 2005 par la société ALGADE fait état sur 3 périodes de mesures différentes d'activités volumiques de radon au puits l'Huillier comprises entre 1240 et 1730 $Bq.m^{-3}$, largement supérieures aux valeurs observées en milieu naturel dans le secteur (60 $Bq.m^{-3}$).

Des mesures ponctuelles sur les évents du Rocher Bleu et du Lambeau charrié ont également montré des activités de plusieurs milliers de $Bq.m^{-3}$.

Le radon n'a pas été intégré dans l'évaluation de l'aléa gaz, mais il nous semble important d'envisager une étude plus approfondie des activités volumiques au droit des zones potentiellement émettrices et **d'envisager l'évaluation d'un aléa de type émission de radon.**

3.4. ELEMENTS SPECIFIQUES A LA GESTION DES EAUX ET AUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

3.4.1. ASPECTS QUANTITATIFS

3.4.1.1. IMPACT DE LA REMONTEE DES EAUX

Nous avons vu dans le chapitre concernant l'hydrogéologie du bassin que l'exploitation est à l'origine de la création de réservoirs aquifères, les travaux miniers se comportant comme des drains par rapport à leur encaissant. Le réservoir principal, en cours de remontée actuellement n'a pas de possibilité de stabilisation naturelle avant la cote + 18 m NGF (connexion de la Galerie de la Mer avec le puits Gérard). - *Rappelons qu'un pompage temporaire stabilisera le niveau d'eau à -50 m NGF le temps nécessaire à ce que la qualité de l'eau soit compatible avec un rejet direct dans le Vieux Port*.

Ce nouvel état d'équilibre ne modifiera pas le fonctionnement des émergences actuelles :

- Galerie de Fuveau, au Nord de Fuveau,
- Galeries de la Doria (+ 259 m NGF) et Castellane (+ 258 m NGF) sur la concession C8,
- Galeries de Pinchinier et du Pradel (travaux de Pinchinier et de la Bouilladisse),
- Galeries Desfarges et Saint-Jean drainant les travaux de Trets.

Seule la Galerie de la Mer verra son débit augmenter. Pendant l'exploitation, elle présentait un débit moyen de 2900 m^3/h (dont 700 représentant l'exhaure minière : la galerie draine en effet des venues d'eau provenant des formations traversées (voir page 12).

A pleine section, sa capacité d'écoulement a été estimée à 36000 m^3/h.

Elle a été confortée et sera surveillée. Toutefois, dans l'hypothèse très improbable où elle se colmaterait, le point bas susceptible de servir de point de débordement serait le Puits Z à + 218 m NGF (via une galerie technique à + 216 m NGF) ; ce puits a été aménagé de manière à pouvoir assurer le débordement des eaux vers le ruisseau du Payennet puis la Luynes. Une zone d'inondation potentielle a été déclarée entre le puits Z et le ruisseau récepteur. Le puits Boyer Coureau, situé à une cote équivalente a été quant à lui bouché par bouchon béton.

Si les communications ne sont pas parfaites avec le puits Z, les mises en charge locales pourraient entrainer des débordements secondaires au droit des galeries suivantes :

- Saint-Pierre/Saint-Baudille à + 226 m NGF aménagée pour évacuer 400 m^3/h,
- Gardanne Biver à + 229 m NGF, équipée pour évacuer 400 m^3/h,
- Fuveau à + 230 m NGF, équipée pour évacuer 800 m^3/h.

En terme quantitatif, hors colmatage très improbable de la Galerie de la Mer, la remontée des eaux et la stabilisation du niveau d'eau dans le réservoir principal n'auront pas d'impact significatif sur le milieu. On notera depuis l'arrêt de l'exhaure que le ruisseau de la Luyne ne reçoit plus la fraction d'exhaure qu'elle recevait du puits Y.

3.4.1.2. IMPACT LIE AUX DEPOTS DE SURFACE

Certains terrils sont anciens ou stabilisés et végétalisés ou sont d'une taille ne laissant pas envisager de désordre significatif lié à des problèmes d'écoulement des eaux. Nous verrons que les phénomènes d'érosion sont intégrés dans le volet mouvement de terrain.

Certains ouvrages de plus grande ampleur ont fait l'objet d'aménagements spécifiques liés à la gestion des eaux :

- Le terril du Défends : mise en place d'un bassin de rétention recueillant les eaux du talus Ouest ; contrairement aux préconisations initiales, l'évacuation se fait par buse et non par caniveau. Des problèmes de glissement récents (2009) affectent ce secteur. Des merlons, passages canadiens… ont été préconisés à l'époque, une descente d'eau a été mise en place pour acheminer les eaux vers le bassin Ouest. Un bassin a également été mis en place côté Est.

- Terril de Madame d'André : le terril étant déposé en travers d'un vallon, les eaux du Vallat d'Audibert sont canalisées sous le dépôt. Par ailleurs des aménagements de surface (chenal en partie sommitale de plateforme, fossé périphérique, bassin écreteur) ont été réalisés pour limiter l'impact en aval sur la zone urbanisée. L'étude réalisée pour CdF insiste sur la nécessité d'un entretien du dispositif.
- Terril Saint-Pierre : deux fossés concentrent les eaux vers un point de rejet dans le Vallat de Cauvet. Ce terril reçoit les écoulements de la galerie + 229 canalisé par fossé puis buse jusqu'à un ouvrage en pierre le long de la route communale.
- Terril des Sauvaires : il occupe un vallon dont les écoulements étaient canalisés sous le dépôt. La canalisation était partiellement colmatée et un pompage a donc été mis en place pour évacuer l'eau s'accumulant à l'amont.

Ces aménagements hydrauliques nécessitent tous plus ou moins un suivi pour garantir la pérennité des dépôts ou pour limiter leur impact à l'aval. La déficience des ouvrages de gestion est susceptible d'engendrer des phénomènes d'érosion des dépôts (intégrés dans les aléas mouvements de terrain), mais peuvent engendrer des phénomènes d'inondation dont la cartographie n'a pas été réalisée à l'échelle de cette étude.

Cet aléa pourrait être cartographié par le biais d'études spécifiques localisées.

3.4.2. ASPECTS QUALITATIFS

Les connaissances bibliographiques sur les eaux contenues dans des mines de charbon et les analyses qui ont été réalisées dans le cadre des dossiers CdF font apparaître que les eaux de remplissage des travaux miniers du bassin de Gardanne se caractérisent essentiellement par leur minéralisation élevée, essentiellement en sulfates, ainsi que par la présence de fer, de manganèse et potentiellement de zinc et d'arsenic à l'état de traces.

On retrouve des caractéristiques relativement proches pour les eaux circulant à travers des dépôts issus des mêmes formations, encore que les terrils, essentiellement composés de stériles, sont plutôt influencés (hors dépôts anthropiques particuliers) par le faciès des terrains calcaires encaissants.

3.4.2.1. EFFETS SUR LES EAUX DE SURFACE

Pour les émergences existantes, les analyses réalisées font apparaître des eaux à faciès plutôt bicarbonaté calcique, proche des eaux du karst, avec des teneurs en sulfates modérées. Les pH sont légèrement basiques et les teneurs en fer et manganèse faibles.

Ces émergences ne sont pas selon les études consultées, de nature à porter atteinte de manière significative aux cours d'eau récepteurs, dont la qualité est par ailleurs fortement dégradée par les activités humaines.

On notera que la canalisation présente sous le terril de Mme d'André évacue une eau extrêmement minéralisée (conductivité mesurée de 8200 µS/cm), à la limite de saturation. Le débit était faible lors de la mesure, et l'origine de cette qualité non minière, mais nous signalons cette anomalie qui peut avoir un impact sur le milieu.

Le scénario prévu de stabilisation par la galerie de la mer n'engendrera pas de modifications de la qualité des eaux de surface (hors hypothèse hautement improbable du colmatage de la galerie qui ne justifie pas selon nous d'affichage particulier sur les cours d'eau potentiellement récepteurs).

3.4.2.2. CAS DU REJET EN MER

Les analyses effectuées en sortie de Galerie de la Mer pendant l'exploitation montrent une eau bicarbonatée calcique, un pH légèrement basique, pas de pollution organique d'origine minière et des teneurs en éléments toxiques en dessous des seuils de détection ou très faibles.

Ces eaux résultent du mélange des eaux d'exhaure et des différents apports alimentant la galerie.

La qualité de l'eau du réservoir minier, lorsqu'il sera plein, n'est pas comparable à celle que l'on observe en exploitation du fait des phénomènes d'oxydo-réduction qui se produisent pendant la phase de remplissage. Pendant cette phase, les éléments solubilisés par la circulation des eaux dans les terrains et déposés dans la mine en régime aérobie (aérage) se retrouvent mobilisés pendant le remplissage sous l'effet du changement de régime d'oxydo réduction et se retrouvent en dissous à l'émergence, générant un pic de concentration. Avec le renouvellement progressif de l'eau contenue dans le réservoir, le stock soluble diminue et la minéralisation de l'eau décroit.

Dans le cas présent, des analyses ont été effectuées lors de la vidange du quartier de Meyreuil, qui était déjà plein et dont les eaux présentaient un long temps de séjour dans les travaux.

On note un pH légèrement acide (6,6), une tendance sulfatée calco-magnésienne, une minéralisation élevée (2000 mg/l en sulfates), des teneurs en fer élevées (83 mg/l), des métaux lourds sous forme de traces et de fortes teneurs en ammonium (22,9 mg/l). Ce dernier paramètre, non spécifique, est d'après les études réalisées, liés à la distillation de la houille dans des zones en échauffement et n'est donc pas représentatif de l'ensemble.

Un autre suivi effectué sur les premières eaux de débordement des anciens travaux de Valdonne indique également une minéralisation élevée (2600 mg/l au total), avec essentiellement des sulfates. Le fer n'a pas été analysé à l'époque.

Les teneurs en fer envisagées en début de débordement (80 mg/l) engendreraient à l'arrivée dans le port une coloration rouille non acceptée par le port autonome. Dans ces conditions, CdF envisageaient soit un déversement gravitaire avec mise en place d'une station pour traiter l'eau avant rejet, soit une injection en profondeur au-delà des bassins du port en prolongeant la Galerie de la Mer par sondage, pour profiter des effets de dilution, sachant qu'a priori et au vu des éléments avancés et validés par un comité d'experts internationaux, le rejet ne présentait pas d'éléments toxiques à des teneurs significatives.

		Eaux de mine	Mer	taux de dilution
pH		6.6	6.3	1.05
Conductivité	µS/cm	4500	37500	0.12
TAC	°F	68	5.5	12.36
TH	°F	237	656	0.36
Ca	mg/L	488	400	1.22
Mg	mg/L	279	1350	0.21
Na	mg/L	363	10500	0.03
K	mg/L	23	380	0.06
Fe	mg/L	83	0.01	8300.00
HCO_3^-	mg/L	836	68	12.29
SO_4	mg/l	2000	2650	0.75
Cl	mg/L	375	19000	0.02
NO_3	mg/L	4.4		

Tableau 5 : Tableau comparatif présentant la qualité prévisionnel du rejet et les taux de dilution par rapport à l'eau de mer. Source étude d'impact Ramade

On voit que la minéralisation ne présente pas un véritable problème potentiel. Seul le fer ressort comme pouvant présenter une anomalie sensible.

L'étude d'impact relatif au rejet en mer des eaux issues des travaux miniers a été réalisée pour CdF en 2005 (Bassin de Gardanne, Impact du rejet du trop plein minier sur le milieu marin, Cabinet A.RAMADE/Gérim). Au final, l'option avec rejet en mer sans traitement a été étudiée et réalisée et présente d'après le rapport effectué des garanties de bonne dilution.

Cette étude, outre des préconisations sur la mise en place du dispositif (à la fois physiquement et juridiquement) comporte une proposition de suivi à la fois sur la qualité des eaux du réservoir minier en préalable à l'injection et sur la validation du profil chimique en état de fonctionnement.

Il apparaît important de réaliser ce suivi et de valider le fonctionnement du système avant que sa mise en marche continue ne soit opérationnelle : compte tenu de la vitesse actuelle (qui devrait ralentir), on peut envisager d'atteindre la cote -50 dès 2010, voire fin 2009, et il convient donc d'anticiper dès maintenant en vérifiant que le dispositif est opérationnel et en réalisant quelques analyses portant dans un premier temps sur le fer, le manganèse, le zinc, le cadmium, l'arsenic, le plomb, le mercure et l'ammonium. Le protocole d'analyse devra être défini au préalable.

3.4.2.3. EFFETS SUR LES EAUX SOUTERRAINES

L'étude hydrogéologique réalisée pour CdF n'évoque pas la possibilité de contamination d'aquifère suite à la remontée des eaux dans l'hypothèse d'une stabilisation à + 18 m NGF. Selon les données connues et présentées dans l'étude CESAME pour CdF, la mine resterait alors drainante par rapport aux formations environnantes et ne devrait donc pas entraîner de contamination d'aquifères environnants.

3.5. ELEMENTS RELATIFS AUX ECHAUFFEMENTS

L'auto échauffement du lignite ou du charbon est engendré par des réactions exothermiques consécutives à des phénomènes d'oxydation sous l'effet de l'apport d'oxygène ou d'eau, en particulier lorsque la teneur en pyrite est élevée. L'échauffement des couches de matière organique peut se faire progressivement, jusqu'à atteindre des températures élevées et dégénérer en feux souterrains, qui suivant les configurations peuvent être à l'origine d'instabilité de surface ou de dégagements de gaz toxiques (sans parler des problèmes engendrés dans les chantiers pendant l'exploitation).

Ces phénomènes ont été observés au fond pendant la période d'activité minière ainsi que sur certains terrils y compris actuellement (Sauvaire, Défends). Ces échauffements aboutissent à terme à transformer en chaux les terrils. C'est déjà le cas pour les terrils anciens qui ont brûlés, et c'est en cours pour les deux terrils encore en échauffement.

4. ALEAS RESIDUELS

4.1. INCERTITUDE ET MARGES D'AFFICHAGE

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 DGPS 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.

Le support cartographique (SCAN 25, photogrammétrie, orthophotoplan) 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, et de moins de 5 m pour l'orthophotoplan.

Ces incertitudes n'apparaissent pas en cartographie de phase informative, mais sont incluses dans les marges prises en compte pour l'affichage des aléas.

Dans le cas présent, l'incertitude retenue est de 10 m pour les ouvrages et travaux cartographiés ; elle est portée à 20 m pour les zones d'aléa liées à l'affleurement (travaux potentiels non connus).

4.2. NATURE DES ALEAS RESIDUELS RETENUS

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

La cartographie présentée dans le cadre de cette étude concerne les aléas liés aux mouvements de terrain. Cette cartographie est considérée comme préliminaire dans la mesure où en fonction des enjeux de surface, des études locales de détail ou des investigations complémentaires permettraient d'affiner l'affichage des aléas.

Une cartographie des aléas liés aux **émissions de gaz de mine** a été réalisée mais elle n'est **pas présentée ici**, la méthodologie étant en cours d'évolution.

De même, le recueil des données environnementales est présenté, mais **la cartographie des aléas pollutions des sols ou des eaux n'a pas été réalisée, en l'absence de méthodologie validée**. On peut d'ores et déjà avancer que compte tenu de la substance exploitée, les impacts environnementaux ne sont pas majeurs ; **des contrôles devront toutefois être effectués sur les eaux du réservoir principal** pour confirmer les hypothèses quant à la qualité des effluents rejetés.

Par ailleurs, compte tenu des mesures effectuées sur l'activité volumique du radon, un aléa de type **émission de rayonnement ionisant** serait à envisager, au moins par **réalisation dans un premier temps d'une ou plusieurs campagnes de mesures**.

Enfin, **la cartographie de l'aléa inondation n'a pas été effectuée à l'échelle de cette étude** ; des études de détail sont nécessaires pour cartographier de façon pertinente ce phénomène lié essentiellement à la gestion des eaux dans l'environnement des dépôts de surface.

On pourra se reporter au rapport INERIS DRS-07-79371-17209A sur support informatique pour le détail des phénomènes et l'évaluation des aléas.

Les cartes d'aléas se trouvent en annexe B. Comme pour les cartes informatives, les cartes d'aléas générales sont fournies avec le présent rapport sur support informatiques.

Le tableau 6 présente les phénomènes retenus, les configurations correspondantes, les niveaux d'aléa ainsi que les modalités de cartographie.

Aléa	Niveau retenu	Mécanisme	Configuration	Modalités de cartographie
Effondrement localisé	Faible	fontis	Travaux avérés ou suspectés situés à moins de 20 m de profondeur	Extension latérale de 3 m + 10 m pour les travaux cartographiés (20 m pour les travaux supposés)
		fontis	Travaux en chambres et piliers situés à moins de 50 m de profondeur	Extension latérale de 3 m + 10 m liés à l'incertitude de calage
		débourrage, rupture de tête de puits ou de galeries	Puits remblayés ou dallés dont le rayon est inférieur à 2 m, têtes de galeries traitées	Extension latérale de 3 m + rayon du puits + 10 m d'incertitude pour les puits ; cercle de 35 m+10 m d'incertitude pour les galeries
	Moyen	débourrage, rupture de tête de puits ou de galeries	Puits non traités et ouverts dont le rayon est inférieur à 2 m, ou remblayés ou dallés et d'un rayon supérieur à 2 m, têtes de galeries non traitées	Extension latérale de 3 m + rayon du puits + 10 m d'incertitude pour les puits ; cercle de 35 m+10 m d'incertitude pour les galeries
Affaissement	Moyen	Potentiellement cassant	Exploitations partielles avec profondeur des travaux comprise entre 50 et 250-300 m et dimensions des panneaux critiques à surcritiques (Largeur/Profondeur du panneau supérieur ou égal à un)	Projection en surface d'un angle d'influence de 10° + incertitude calage 10 m
	Faible	Souple	Exploitations partielles avec profondeur des travaux supérieure à 50 m et dimensionnement des panneaux sous-critique (Largeur/Profondeur du panneau inférieur à un) ou profondeur supérieure à 250-300 m suivant les configurations de travaux / auréole autour de l'affaissement cassant (entre angle d'influence 10 et 35°)	Projection en surface d'un angle d'influence de 35° (20°lorsque le tuvélien est à l'affleurement) + incertitude calage 10 m
Glissement de terrain	Faible		Ensemble des terrils sauf carreau Meyreuil, Près Neufs	Talus et marge en pieds 15 à 25 m suivant terrils
Tassement	Faible		Tous les terrils	Emprise terrils
Echauffement	Moyen		Terrils Sauvayre et Défends en cours de combustion	Emprise terrils
	Faible		Affleurements	Non cartographié

Tableau 1 : Modalités de cartographie des aléas mouvement de terrain

Tableau 6 : Modalités de cartographie des aléas mouvement de terrain

Les aléas retenus sur les sites étudiés sont présentés ci-après.

4.2.1. L'EFFONDREMENT LOCALISE

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

L'effondrement localisé peut être la conséquence soit de la remontée au jour d'un vide initié en profondeur (fontis sur une galerie par exemple) ou encore de la rupture d'une colonne de puits ou d'une tête de galerie mal obturée. On voit ci-dessous quelques illustrations du phénomène de fontis.

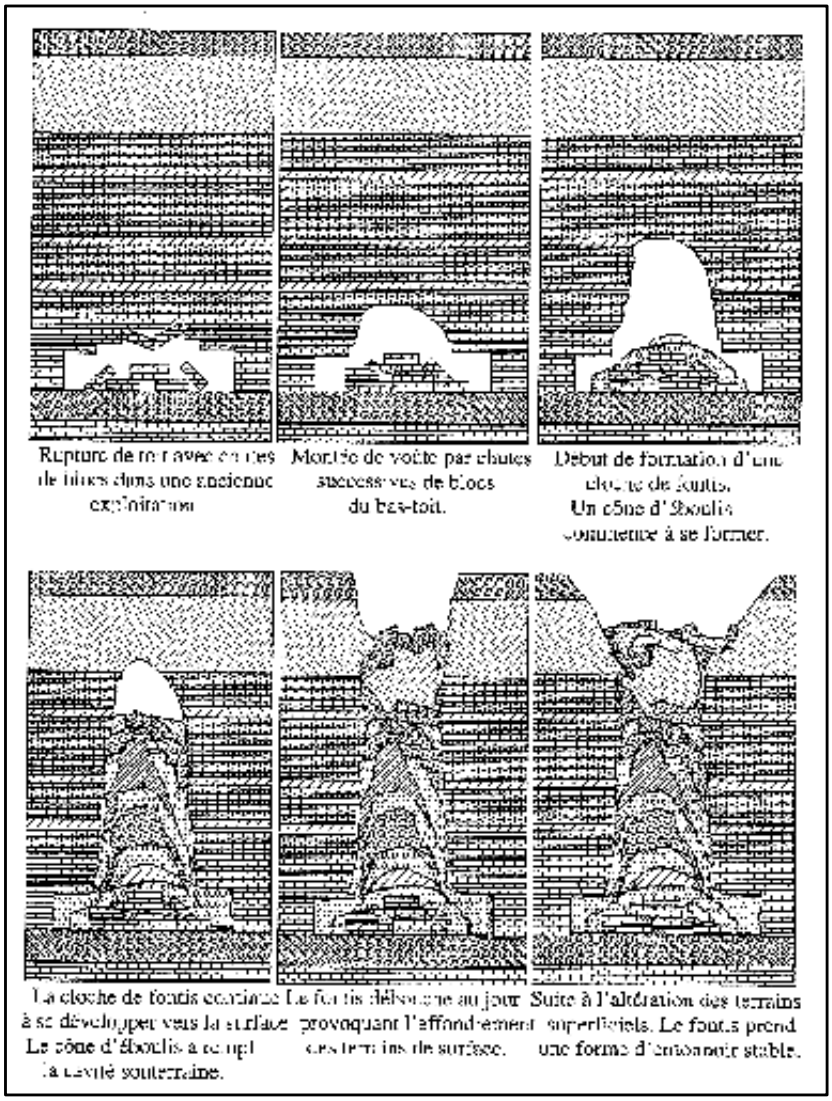

Figure 18 : Schématisation de l'évolution d'un fontis



Photo 1 : Exemples de remontée de cloche

Les témoignages concernant ce phénomène sont rares sur le bassin en raison de la bonne tenue du Fuvélien.

Cet aléa demeure toutefois envisageable dans le cas présent en liaison avec le mécanisme de fontis, (voir ci-dessus), les ruptures isolées de piliers au sein des travaux menés en chambres et piliers et au droit des orifices d'ouvrages débouchant au jour (débourrage de remblais, rupture de colonne de puits).

Ce phénomène a été retenu avec un niveau moyen uniquement autour des orifices des galeries non traitées, des puits ouverts, et enfin des puits remblayés ou dallés de gros diamètre. Pour les autres configurations laissant des vides à faible profondeur (travaux à moins de 20 m de profondeur et chambres et piliers à moins de 50 m de profondeur), le niveau retenu est faible.

La cartographie de cet aléa pourrait être affinée dans les zones à enjeux :

- en précisant la direction et le pendage réels de chaque galerie connue à partir des plans originaux de détail des travaux : l'affichage se fait aujourd'hui sur la base d'un pendage de 40° jusqu'à 30 m de profondeur, et uniquement centré sur la tête de l'ouvrage (la direction réelle de la galerie n'a pas été numérisée par CdF).
- en procédant à des investigations complémentaires pour réévaluer la profondeur maximale des remontées de fontis, diminuer les incertitudes de positionnement pour les galeries connues et préciser la prédisposition effective à la remontée de fontis.



Photo 2 : Exemple d'un effondrement localisé de grande dimension (Ouest de la France)

4.2.2. LE PHENOMENE D'AFFAISSEMENT

Il correspond classiquement à un mouvement souple et progressif des terrains de surface induit par l'éboulement des travaux souterrains. Il se manifeste par l'apparition de dépressions sous forme de cuvettes débordant souvent de l'emprise stricte des travaux miniers (notion d'angle d'influence γ).

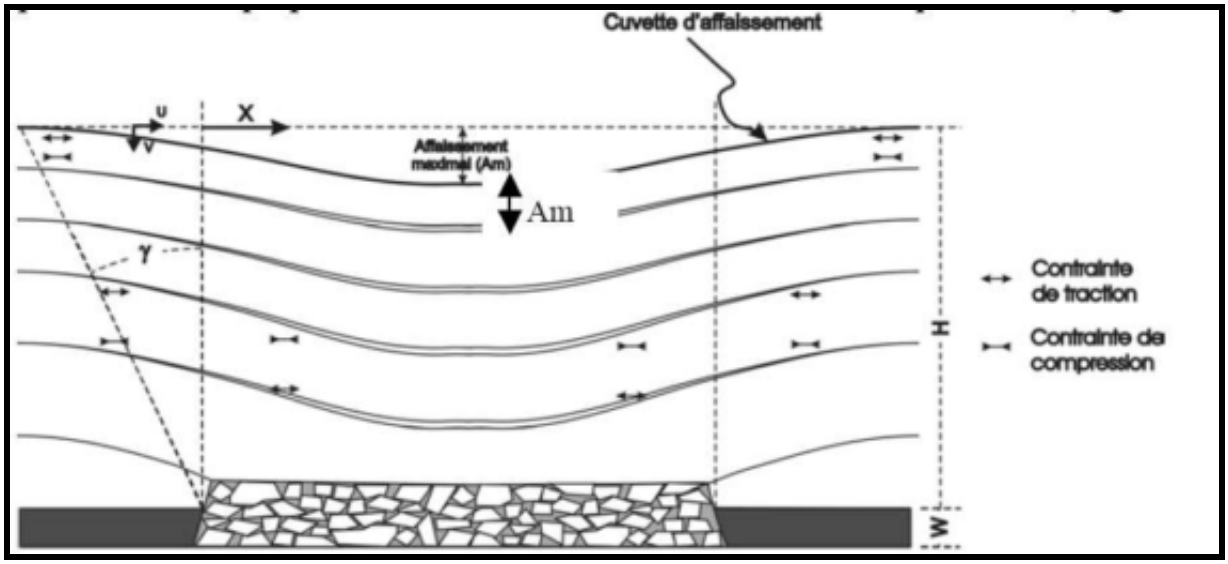

Figure 19 : Schématisation d'une cuvette d'affaissement (GISOS 2003)

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 de l'exploitation du gisement de Gardanne pour les secteurs exploités par tailles foudroyées.



Photo 3 : Cuvette d'affaissement de Bray-en-Cinglais – Soumont (14)

- 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 débourrages de remblai, ou suffisamment profonds pour menacer la stabilité des piliers).

NB *: l'analyse de* ***l'effondrement du Rocher Bleu****, qui s'est traduit par une remobilisation brutale de la surface du sol, a révélé que le mécanisme initiateur s'apparentait en fait à un affaissement, dont l'expression compte tenu de la rigidité de la structure s'est accompagnée de manifestations cassantes. Ce phénomène sera donc qualifié d'affaissement à caractère cassant ;* ***l'aléa de type effondrement généralisé ne sera donc pas retenu****.*

Dans le cas de Gardanne, nous avons vu que l'affaissement lié aux exploitations totales s'était déjà produit.

Compte tenu de l'étendue du bassin et des diversités de configuration, les travaux ont été regroupés en champs d'exploitations homogènes présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation permettant d'envisager une évolution identique. (9 champs homogènes définies, voir chapitre 3.2.4). Au sein des champs exploités par des méthodes partielles, des zones et sous-zones homogènes ont été reprécisées en fonction du schéma de dimensionnement (taux de défruitement, taille et forme des piliers), du rapport L/H (largeur sur profondeur du panneau) et de la profondeur moyenne des travaux et regroupées en 22 « secteurs homogènes » dont le niveau d'aléa a été évalué ainsi que le caractère potentiellement cassant. On se reportera au rapport INERIS sur support informatique pour le détail de l'évaluation.

La valeur d'affaissement maximal attendue sur le bassin a été estimée à 0,8 m, correspondant à des mises en pente comprises entre 4 % pour des travaux situés à 50 m de profondeur et moins de 1 % au-delà de 200 m. Dans ces conditions, **l'intensité de l'affaissement souple** a été qualifiée de limitée pour les secteurs situés entre 50 et 200 m de profondeur, très limitée au-delà. Lorsque des superpositions d'exploitations partielles sont mises en évidence, le niveau d'intensité a été augmenté. Cela concerne des secteurs classés en très limité qui passent en limité, à l'exception du secteur peu profond de Valdonne qui passe en intensité élevée (superposition de 3 niveaux exploités par Chambres et piliers).

Pour l'affaissement à caractère cassant, l'intensité a été qualifiée d'élevée.

La prédisposition a été considéré comme peu sensible en l'absence de prévisions de modifications hydrogéologiques (pour les secteurs non noyés pour un niveau à +18 m NGF), sensible pour les secteurs ennoyés totalement ou partiellement à terme.

Le tableau 7 page suivante présente la synthèse des niveaux d'aléas issus de l'application de la démarche.

Champ d'exploitation	Secteur d'exploitation	n° du secteur homogène	nature de l'aléa	Prédisposition	Intensité	Aléa
Anciens travaux	Anciens travaux non reconnus	0-II	affaissement cassant	peu sensible	élevée	Moyen
Gréasque	Nord de Gréasque	1-I	affaissement	sensible	très limitée	faible
Gréasque	Nord de Gréasque	1-II	affaissement	sensible	très limitée	faible
Gréasque	Nord de Gréasque	1-III	affaissement	sensible	très limitée	faible
Gréasque	Nord de Gréasque	1-IV	affaissement	sensible	très limitée	faible
Gréasque	Gréasque quartier d'Olympe	3-I	affaissement	peu sensible	très limitée	faible
Castellane et Léonie, Gréasque	Sud de Gréasque	2-I	affaissement	sensible	Limitée	faible
Castellane et Léonie, Gréasque	Sud de Gréasque	2-II	affaissement	sensible	très limitée	faible
Castellane et Léonie, Gréasque	Sud de Gréasque	2-III	affaissement	sensible	très limitée	faible
Rocher Bleu, Castellane et Léonie	Sud du Rocher bleu	4-I	affaissement cassant	peu sensible	Elevée	Moyen
Rocher Bleu, Castellane et Léonie	Sud du Rocher bleu	4-II	affaissement cassant	peu sensible	Elevée	Moyen
Rocher Bleu, Castellane et Léonie	Nord du secteur du Rocher Bleu	5-I	affaissement cassant	peu sensible	Elevée	Moyen
Mines de Valdonne	Secteurs de Valdonne à profondeur intermédiaire	6-I	affaissement cassant	peu sensible	élevée	moyen
Mines de Valdonne	Secteurs de Valdonne à profondeur intermédiaire	6-II	affaissement cassant	peu sensible	Elevée	Moyen
Mines de Valdonne	Secteurs de Valdonne à profondeur intermédiaire	6-III	affaissement	sensible	limitée	faible
Mines de Valdonne	Secteurs peu profonds de Valdonne (baume de Marron	7-I	affaissement cassant	peu sensible	Elevée	Moyen
Lambeau charrié	Lambeau charrié de Gardanne	8-I	affaissement cassant	Peu sensible à sensible	élevée	moyen
Lambeau charrié	Lambeau charrié de Gardanne	8-II	affaissement	sensible	limitée	faible
Lambeau charrié	Lambeau charrié de Gardanne	8-III	affaissement	sensible	limitée	faible
Trets et Auriol (Pinchinier, la Bouilladisse)	Trets et Auriol (Pinchinier, la Bouilladisse)	10-I	affaissement	peu sensible	limitée à modérée	faible
Trets et Auriol (Pinchinier, la Bouilladisse)	Trets et Auriol (Pinchinier, la Bouilladisse)	10-II	affaissement cassant	peu sensible	élevée	Moyen
Trets et Auriol (Pinchinier, la Bouilladisse)	Trets et Auriol (Pinchinier, la Bouilladisse)	10-III	affaissement	peu sensible	limitée	faible
Auriol (travaux de Pinchinier)	Auriol (travaux de Pinchinier)	11-I	affaissement cassant	peu sensible	élevée	moyen

Tableau 7 : Qualification de l'aléa affaissement
Extrait rapport INERIS-DRS-07-79371-17209A

4.2.3. LES PHENOMENES DYNAMIQUES

L'activité sismique, intense pendant l'exploitation, apparaît comme la conséquence d'un réaménagement des terrains induit par la mise en place d'un nouvel état d'équilibre du champ des contraintes au sein du massif. Son origine est liée aux volumes extraits, mais également à des mouvements de failles, des explosions de piliers, des réajustements au sein des foudroyages dans les anciennes tailles, aux ruptures de bord de piliers de taille.

Elle est beaucoup moins intense après arrêt de l'exploitation, mais une sismicité « hors taille » demeure après arrêt des travaux souterrains. La mise en place du nouvel équilibre nécessite un temps relativement long et est perturbé par la remontée des eaux.

Certains de ces évènements peuvent avoir des effets en surface sur le bâti, lorsque la magnitude dépasse 2. Rappelons que ponctuellement, des magnitudes de 3 ont été observées.

Les dégâts attendus sont très mineurs et la gêne occasionnée en surface est considérée comme légère.

La mise en place et le suivi du réseau micro-sismique confirme la recrudescence des évènements pendant l'ennoyage.

Dans l'état actuel des connaissances, on sait que cette sismicité va se poursuivre pendant l'ennoyage, mais il n'est pas possible de se prononcer pour la suite.

Ce phénomène n'est pas retenu comme une source d'aléa durable sur le bassin de Provence. Néanmoins, l'enveloppe correspondant au champ des longues tailles, qui n'a pas été sujet à des secousses sismiques, est reportée sur les cartes pour garder en mémoire cette source potentielle de nuisance.

4.2.4. LE PHENOMENE DE TASSEMENT

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

Cet aléa a été retenu sur les dépôts de surface avec un niveau faible.

4.2.5. LES GLISSEMENTS OU MOUVEMENTS DE PENTE

On distingue généralement les glissements superficiels, affectant de petits volumes (type rigoles de ravinement, glissements pelliculaires…) et les glissements profonds pouvant concerner des volumes importants. Ils nécessitent que les ouvrages de dépôts présentent des talus suffisamment importants.

Les études réalisées par l'INERIS dans le cadre des dossiers CdF ont révélé que la stabilité en grand de tous les terrils était assurée : les désordres attendus sont donc assimilable à des glissements superficiels dont l'intensité estimée est limitée à l'exception d'un ouvrage de dépôt (le Molx).

Certains dépôts, non renseignés dans les dossiers CdF et non visibles sur le terrain ne peuvent être qu'à l'origine de phénomènes d'intensité limitée.

Au final, tous les ouvrages de dépôt, y compris le Molx sont affectés d'un aléa glissement de niveau faible.

4.2.6. LE PHENOMENE D'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).

A Gardanne, on peut considérer que tous les dépôts ayant dû brûler se sont déjà consumés ou qu'ils sont en cours de combustion (Sauvaire et Défends).

Par ailleurs, les couches exposées à l'affleurement sont déjà oxydées et une mise à feu n'est envisageable qu'en cas d'incendie de surface, ou de travaux de terrassement dégageant des horizons non encore oxydés.

Dans ces conditions, un aléa faible a été retenu au droit des affleurements pour mémoire et intégration dans les précautions d'urbanisme et un aléa moyen sur les terrils de Sauvaire et du Défends.

Le tracé de l'aléa échauffement lié aux affleurements est centré sur la trace de l'affleurement avec une bande de 20 m (incertitude de tracé).

5. CONCLUSIONS

L'étude réalisée a permis de rassembler et synthétiser une grande quantité d'informations, jusque là dispersées, concernant les travaux miniers et leurs conséquences sur le territoire des communes affectées par les anciennes concessions détenues par CdF dans le bassin de lignite de Provence. La surface concernée par l'étude est vaste (environ 30 000 ha) et l'édifice minier majeur : environ 870 ouvrages débouchant au jour reconnus, 130 millions de tonnes exploitées, travaux menés sur 4 couches de l'affleurement jusqu'à plus de 1000 mètres de profondeur (puits Yvon Morandat 1100 m de profondeur, diamètre 10 m).

Ce volume de données géoréférencées a été rassemblé sur 8 cartes informatives et reporté sur photogrammétrie à l'échelle du bassin (voir support informatique). Ces cartes au 1/25 000ème présentent les travaux par veine exploitée (4 cartes), l'ossature minière, les ouvrages de surface, terrils et désordres miniers (1 carte) ainsi que les données relatives au gaz, à l'eau et à l'environnement (1 carte).

Une mise en page par commune au de chacune de ces cartes a été réalisée sur fond orthophotoplan IGN (annexe A).

Ces informations ont été analysées et les aléas résiduels liés essentiellement aux mouvements de terrain ont été évalués et cartographiés. On pourra se reporter au détail de cette évaluation dans le rapport INERIS DRS-07-79371-17209 présenté sur support informatique.

Les cartes d'aléas sont présentées en annexe B par commune (3 cartes).

Les aléas cartographiés sont :

- **l'effondrement localisé** (niveau faible à moyen) : cet aléa qui couvre des surfaces importantes est cartographié sur la base d'hypothèses globales et à partir de données de base peu précises issues des dossiers CdF (pas de connaissance des trajectoires des galeries débouchant au jour, pendage estimé…) : aujourd'hui, **cet aléa affecte localement des zones urbanisées, mais il est probable que des zones potentiellement constructibles le soient également. La connaissance de ces zones à enjeux permettrait de cibler les secteurs sensibles sur lesquels l'affichage pourrait être affiné.**
- **L'affaissement souple ou à caractère cassant** (niveau faible à moyen) : il concerne des surfaces très importantes pour le niveau faible, avec de nombreuses zones déjà bâties. Les surfaces affectées par l'aléa moyen sont moins importantes, mais plusieurs zones à bâti dense sont toutefois affectées. Certaines de ces zones, mises en évidence dans les dossiers CdF ont fait l'objet d'une instrumentation microsismique dont le protocole de suivi est en phase finale d'élaboration. Certains secteurs densément urbanisés (Pinchinier et Bouilladisse) apparaissent aujourd'hui affectés par un aléa identique sans être ressortis à l'époque. Il paraît nécessaire d'affiner les recherches sur ces secteurs afin de valider l'aléa et d'envisager le cas échéant des investigations complémentaires pour évaluer la nécessité d'une surveillance.
- **Le tassement** et le **glissement superficiel** de niveau faible sur les terrils.
- **L'échauffement** de niveau moyen sur 2 terrils et faible sur les affleurements.

A ce stade, les éléments informatifs relatifs à **l'émission de gaz et aux aspects environnementaux** ont été recueillis mais la **cartographie des aléas n'est pas présentée** en raison d'une méthodologie en cours d'évolution ou non encore validée. Rappelons que le remplissage du réservoir principal n'est à ce jour pas encore achevé mais que l'échéance approche (quelques mois à 3 ans suivant les conditions météorologiques). **Des analyses d'eau sont préconisées avant la fin du remplissage** selon un protocole à définir pour valider les hypothèses initialement avancées pour le rejet en mer.

Le recueil des données concernant les gaz a mis en évidence des **anomalies radon** : des **mesures spécifiques sont nécessaires** pour évaluer un aléa lié aux rayonnements ionisants.

L'aléa **inondation** susceptible d'être cartographié en particulier dans l'environnement de certains terrils nécessite pour être réaliste et applicable à la parcelle des études de détails spécifiques. A ce stade **cet aléa n'a donc pas été cartographié**.

Enfin, **nous attirons l'attention de l'administration** sur les **interactions potentielles entre les vides liés aux exploitations de pierre à ciment (non traitées dans cette étude) et de lignite** en cas de désordre. Aujourd'hui, des PPRN sont en cours de prescription ou prescrits sur 8 communes. La cartographie de ces cavités est connue mais n'est pas homogénéisée et pour partie non géoréférencée. Ce travail de géoréférencement et d'homogénéisation pour superposition avec les données minières nous paraît nécessaire pour évaluer les secteurs d'interaction potentielle.

ANNEXE A

Cartes informatives
(6 cartes)

(hors texte)

ANNEXE B

Cartes préliminaires d'aléas (4 cartes)

(hors texte)