

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

**Exploitations lignitifères provençales
(Bouches-du-Rhône et Var)
Concessions de Plan d'Aups,
La Bastide Blanche, Gémenos et Garlaban
Evaluation et cartographie des aléas**

RAPPORT S 2016/021DE - 16PAC22020

Date : 17/05/2016

Exploitations lignitifères provençales (Bouches-du-Rhône et Var) Concessions de Plan d'Aups, La Bastide Blanche, Gémenos et Garlaban Evaluation et cartographie des aléas

RAPPORT S 2016/021DE - 16PAC22020

Diffusion :




DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur
7 ex. papier (1 DREAL, 5 communes, 1DDT)
8 CD (1 DREAL, 5 communes, 1 DDT, 1 Préfecture)

Pôle Après-Mine Sud
GEODERIS

Hubert FOMBONNE

Jehan GIROUD

Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	R. HADADOU	C. VACHETTE
Visa			

SOMMAIRE

1	Introduction	3
2	Synthèse de l'étude des aléas	7
2.1	Aléas mouvements de terrain.....	7
2.1.1	<i>Synthèse des résultats</i>	7
2.1.2	<i>Cartographie des aléas</i>	9
2.2	Autres aléas.....	13
3	Enjeux en zones d'aléa	15
4	Conclusion	17

Mots clés : Roquevaire, Aubagne, Plan d'Aups-Sainte-Baume, Nans-les-Pins, Gémenos, Bassan, Le Garlaban, La Baumone, Plan d'Aups, La Bastide Blanche, aléa, effondrement localisé, tassement, glissement, échauffement, houille

1 INTRODUCTION

A la demande de la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur, le GIP Géoderis, a inclus dans son programme de travail, la réalisation des phases informatives et d'évaluation des aléas sur les anciennes exploitations lignitifères provençales situées dans les départements des Bouches-du-Rhône (13) et du Var (83).

Le présent rapport synthétise les différentes conclusions sur l'évaluation des aléas et la cartographie des aléas. Il présente également par commune la liste des enjeux situés en zone d'aléa « mouvements de terrain ».

Cinq communes sont concernées par la présente étude (cf. figure 1). Il s'agit des communes de Nans les Pins et Plan d'Aups-Sainte-Baume situées dans le département du Var (83) et des communes d'Aubagne, Gémenos et Roquevaire situées dans le département des Bouches-du-Rhône (13). Six titres miniers pour lignite couvrent en partie ou totalement ces communes. Le tableau suivant synthétise, par commune, les travaux miniers réalisés sur leur territoire.

Dép.	Commune	Titre minier						Type d'exploitation	Remarque
		Nom	Type	N° BDSTM ¹	Année Octroi	Année Renonciation	Statut		
Bouches-du-Rhône	Roquevaire	Bassan	Concession	13SM0004	1831	1911	Renoncée	Travaux de recherche	Etude détaillée des aléas de 2008 (cf. GEODERIS S2008/25DE-08PAC2220)
		Le Garlaban	Concession	13SM0054	1824	1932	Renoncée	Travaux de recherche	-
	Aubagne	La Baumone	Concession	13SM0023	1887	Néant	Orpheline	Pas de travaux sur la commune d'Aubagne	Etude détaillée des aléas de 2009 (cf. GEODERIS S2009/55DE-09PAC2230)
		Gémenos	Concession	13SM0052	1856	1964	Renoncée	Travaux d'exploitation jusqu'à 70 m de profondeur	
		Gémenos	Concession	13SM0052	1856	1964	Renoncée	Travaux de recherche	-
Var	Plan d'Aups-Sainte-Baume	Plan d'Aups	Concession	83SM0036	1829	1987	Renoncée	Travaux de recherche et d'exploitation jusqu'à 30 m de profondeur	-
	Nans-les-Pins	La Bastide Blanche	Concession	83SM0034	1866	1936	Renoncée	Travaux de recherche et d'exploitation jusqu'à 100 m de profondeur	-

Tableau 1 : Synthèse des travaux miniers sur les communes concernées par l'étude

¹ Base de Données des Sites et Titres Miniers de Géoderis

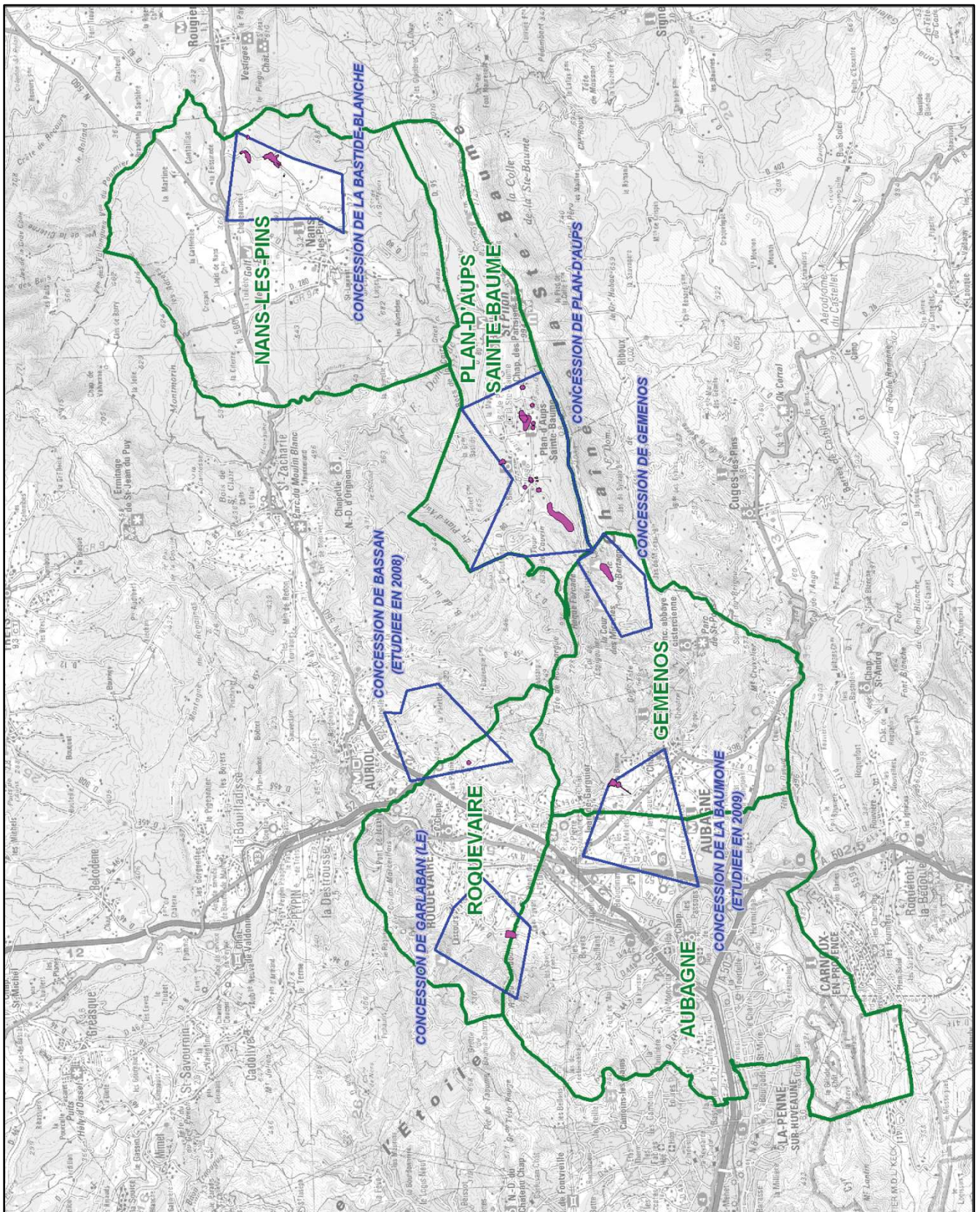


Figure 1 : Communes concernées par les titres miniers étudiés sur fond SCAN100® IGN
 (en vert les communes, en bleu les titres miniers étudiés,
 en rose l'emprise des travaux miniers souterrains)

L'étude détaillée des aléas constitue l'annexe A du présent document.

Remarque : la concession de Bassan qui présente des travaux miniers sur la commune de Roquevaire a fait l'objet d'une étude détaillée des aléas en 2008². La concession de La Baumone qui présente des travaux miniers sur la commune de Gémenos a fait l'objet d'une étude détaillée des aléas en 2009³. Le détail de ces études n'est pas repris dans l'annexe A. En revanche, la cartographie des aléas est reprise dans la présente étude. Ainsi, les cartes des aléas des communes de Roquevaire et Gémenos présentées ici constituent leur mise à jour.

² Bassin de Lignite de Vèdes-La-Fare (13) – Titres miniers de Coudoux, la Fare, Vèdes, Liquette et Bassan – Evaluation et cartographie des aléas miniers. Rapport GEODERIS S2008/25DE-08PAC2220, février 2008.

³ Mine de lignite de Gémenos – Concession de La Baumone (Bouches-du-Rhône) – Phase informative et évaluation des aléas « mouvements de terrain ». Rapport GEODERIS S2009/55DE-09PAC2230, juin 2009.

2 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DES ALÉAS

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. La réalisation d'une étude des aléas comprend généralement 2 phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- une phase informative ;
- une phase d'évaluation des aléas.

Les exploitations lignitifères provençales concernées par la présente étude se trouvent dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Var, le long du massif de la Sainte-Baume et sur le versant est de la montagne du Garlaban. Les travaux miniers ont été réalisés aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles. Il s'agit principalement de recherches ou d'anciens travaux ponctuels et peu profonds situés à proximité d'affleurements de lignite. Seuls quelques quartiers ont connu une réelle phase d'exploitation, leur développement reste cependant limité.

2.1 Aléas mouvements de terrain

2.1.1 Synthèse des résultats

L'exploitation et l'expertise des documents d'archives couplées aux observations sur site ont conduit à retenir sur les titres miniers étudiés trois types d'aléas « mouvements de terrain » : **l'effondrement localisé, le glissement superficiel et le tassement**. En fonction des types de phénomènes, les niveaux retenus varient de **faible à fort** (cf. tableaux 2 à 4).

Dep.	Commune	Titre Minier	Quartier ou secteur	Configuration		Prédisposition	Intensité	Aléa	Remarque
Bouches-du-Rhône	Roquevaire	Bassan	Villecroze	Travaux de recherche par galeries isolées	Prof. potentiellement < 20 m	Peu sensible à sensible	Limitée à Modérée	Moyen	Etude détaillée des aléas de 2008 (cf. GEODERIS S2008/25DE-08PAC2220)
	Aubagne	Le Garlaban	Garlaban	Travaux de recherche par galeries isolées	Prof. potentiellement < 50 m	Très peu sensible à peu sensible	Limitée	Faible	-
	Gémenos	La Baumone	Secteurs 1 et 2	Galeries isolées et descenderies	Prof. < 20 m	Sensible	Modérée	Moyen	Etude détaillée des aléas de 2009 (cf. GEODERIS S2009/55DE-09PAC2230)
					20 m < Prof < 35 m	Peu sensible	Modérée	Faible	
		Secteur 1	Travaux d'exploitations	20 m < Prof < 35 m	Peu sensible	Modérée	Faible		
Gémenos	La Glacière	Travaux de recherche par galeries isolées	Prof. < 50 m	Très peu sensible	Limitée	Faible	-		
Var	Plan d'Aups-Sainte-Baume	Plan d'Aups	La Brasque	Travaux de recherche et exploitations par galeries isolées	Prof. < 50 m	Peu sensible	Limitée	Faible	-
			La Chapelle	Petite Galerie (G18) et Descenderie Nemours n°3 (G23)	Prof. < 25 m	Très peu sensible	Limitée	Faible	-
				Travaux d'exploitation des Fendues Nemours n°1 (G20) et n°2 (G22)	Prof. < 25 m	Peu sensible à sensible	Limitée à Modérée	Moyen	-
			Magdeleine	Travaux de recherche et exploitations	Prof. < 20 m	Sensible	Limitée à Modérée	Moyen	-
			Giniez	Galerie du Plan (G37)	Prof. < 25 m	Sensible	Limitée à Modérée	à Moyen	-
				Petite Descenderie (G36)	Prof. < 25 m	Peu sensible	Limitée à Modérée	à Faible	-
				Travaux des Fendues Coquand et Rosalie	Prof. < 25 m	Peu sensible à sensible	Limitée à Modérée	Moyen	-
				Travaux de recherches autour des Fendues Coquand et Rosalie	Prof. < 20 m	Très peu sensible	Limitée à Modérée	Faible	-
	Nans-les-Pins	La Bastide-Blanche	Jas de Ribie	Travaux d'exploitations	Prof < 35 m	Peu sensible	Modérée	Faible	-
				Galeries isolées	Prof. < 25 m	Peu sensible	Modérée	Faible	-
			Bastide-Blanche	Travaux d'exploitations secteur ouest	Prof. < 25 m	Sensible	Modérée	Moyen	-
				Travaux d'exploitations autres secteurs	Prof < 35 m	Peu sensible	Modérée	Faible	-
				Galeries isolées	Prof. < 25 m	Peu sensible	Modérée	Faible	-
				Recette du Puits à Charbon (P13)	Prof. < 20 m	Peu sensible à sensible	Limitée à Modérée	Moyen	-

Tableau 2 : Aléa effondrement localisé sur galeries, descenderies et travaux

Type de travaux	Critères	Niveau de prédisposition	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa	Puits
Puits	Vides ,dallés, sans revêtement	Très sensible	Limité à Modéré	Fort	P14 et P21
	Vides ,dallés, avec revêtement	Sensible	Limité à Modéré	Moyen	P13 et P35
	Vide ,ouvert, avec revêtement sain et entretenu	Peu sensible	Modéré	Faible	P6
	Traitement inconnu mais potentiellement réalisé par remblayage sur plancher et/ou de mauvais qualité	Sensible	Limitée à Modéré	Moyen	P1, P2, P5, P11, P12 et P43
	Traitement inconnu avec 1 ou plusieurs recette, < 50 m de profondeur ou au niveau d'eau stabilité, Potentiellement non débouchant	Très peu sensible	Modéré	Faible	P7, P8, P9 et P10
	Puits remblayé ou traitement inconnu, avec 1 ou plusieurs recette, < 50 m de profondeur ou au niveau d'eau stabilité	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	17 autres puits recensés

Tableau 3 : Aléa « effondrements localisés » liés aux puits

Glissement superficiel	Tassement
Aléa faible sur l'emprise des dépôts volumineux, haut, à granulométrie variée peu ou non végétalisé (V3, V4 et V5)	Aléa faible sur l'ensemble des dépôts volumineux V3, V4 et V5 hors dépôts ponctuels de quelques mètres cubes (V1 et V2)
	Aléa faible sur zone de travaux de Villecroze (concession de Bassan)

Tableau 4 : Aléas glissement superficiel et tassement

2.1.2 Cartographie des aléas

Concernant l'aléa effondrement localisé la cartographie des aléas tient compte d'une marge de sécurité qui comprend :

Pour les galeries et les descenderies, l'emprise de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de la portion de ces ouvrages comme étant affecté par ce phénomène (L). La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit :

- une marge d'influence (E) correspondant à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface prise égale à 3 m (épaisseur maximale des terrains superficiels non cohésifs issue des observations de terrain en tenant compte d'un angle de 45°) ;

- une marge de sécurité ou d'incertitude globale de localisation des galeries (**I**) qui est issue de celle du plan sur laquelle se trouve cet ouvrage et de celle du fond BD Ortho[®] IGN prise égale à 3 m. La valeur de cette marge est de 13 à 18 m pour les galeries et descenderies. Pour les entrées de galeries ou descenderies matérialisées, elle est réduite de 5 m (dGPS + report sur BD Ortho[®] IGN).

Pour les travaux souterrains, l'emprise de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension des travaux retenus comme instables (**L**). La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit :

- une marge d'influence (**E**) relative à l'extension latérale du cône d'effondrement, prise égal à 3 m sur le même principe que pour les galeries isolées ;
- une marge de sécurité ou d'incertitude globale de localisation des galeries (**I**) qui est issue de celle du plan et de celle du fond BD Ortho[®] IGN. Pour tous les secteurs concernés, la valeur de cette marge est de 5 à 30 m.

Pour les zones potentiellement affectées par les travaux miniers, les marges d'incertitudes et d'influences (50 m au total) sont comprises dans l'emprise de ces zones. La cartographie de l'aléa correspond à l'emprise exacte de ces zones.

Pour les puits, 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 :

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

Avec :

- R_{puits} pris, selon les informations, entre 1 et 1,7 m ;
- $R_{\text{influence}}$, relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 3 m sur le même principe que pour les galeries isolées ;
- $R_{\text{incertitude de localisation}}$ défini de la façon suivante : ouvrages matérialisés ou identifiés sur plan : 5 à 33 m selon :
 - Ouvrages relevés au dGPS : 5 à 6 m, dus à l'incertitude du levé DPGS et à celle de localisation du report sur la BDORTHO[®] de l'IGN ;
 - Ouvrages identifiés sur plan : 18 à 33 m, dus au calage du plan et à l'incertitude du report sur la BD ORTHO[®] de l'IGN.

Concernant l'aléa glissement, le zonage de l'aléa tient compte :

- d'une incertitude correspondant à la précision du dGPS et à la précision de l'observation des frontières des dépôts sur le terrain (évaluée à 5 m environ) ;
- de l'extension vers l'aval des possibles cônes d'épandage (évaluée à 4 m soit environ la demi hauteur maximale des dépôts) ;
- du recul possible des crêtes des dépôts retenus (4 m) ;

Concernant l'aléa tassement, le zonage de l'aléa tient uniquement compte d'une incertitude correspondant à la précision du dGPS et à la précision de l'observation des frontières des dépôts sur le terrain (évaluée à 5 m environ). En effet, le phénomène se manifestant au droit exact des dépôts, il n'y a pas de marge d'extension latérale pour celui-ci.

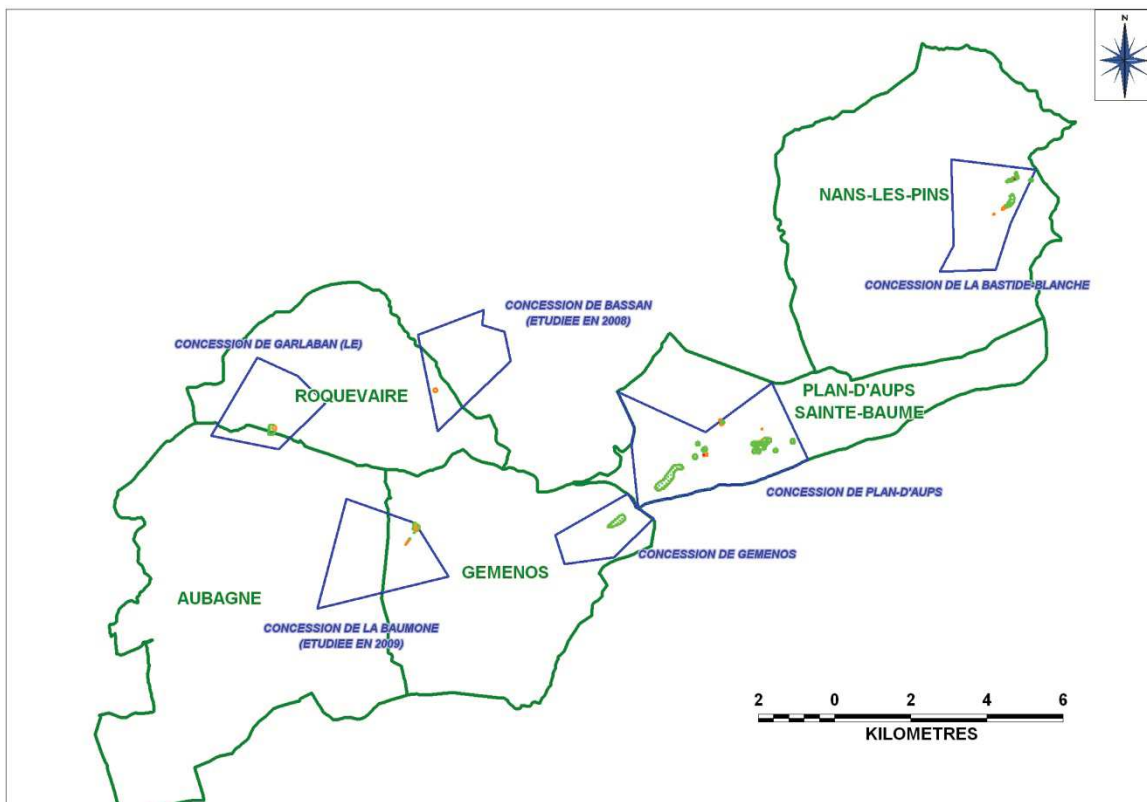


Figure 4 : Répartition de l'aléa effondrement localisé
 (en vert foncé les communes, en bleu les titres miniers étudiés, en rouge l'aléa de niveau fort, en orange l'aléa de niveau moyen et en vert clair l'aléa de niveau faible).

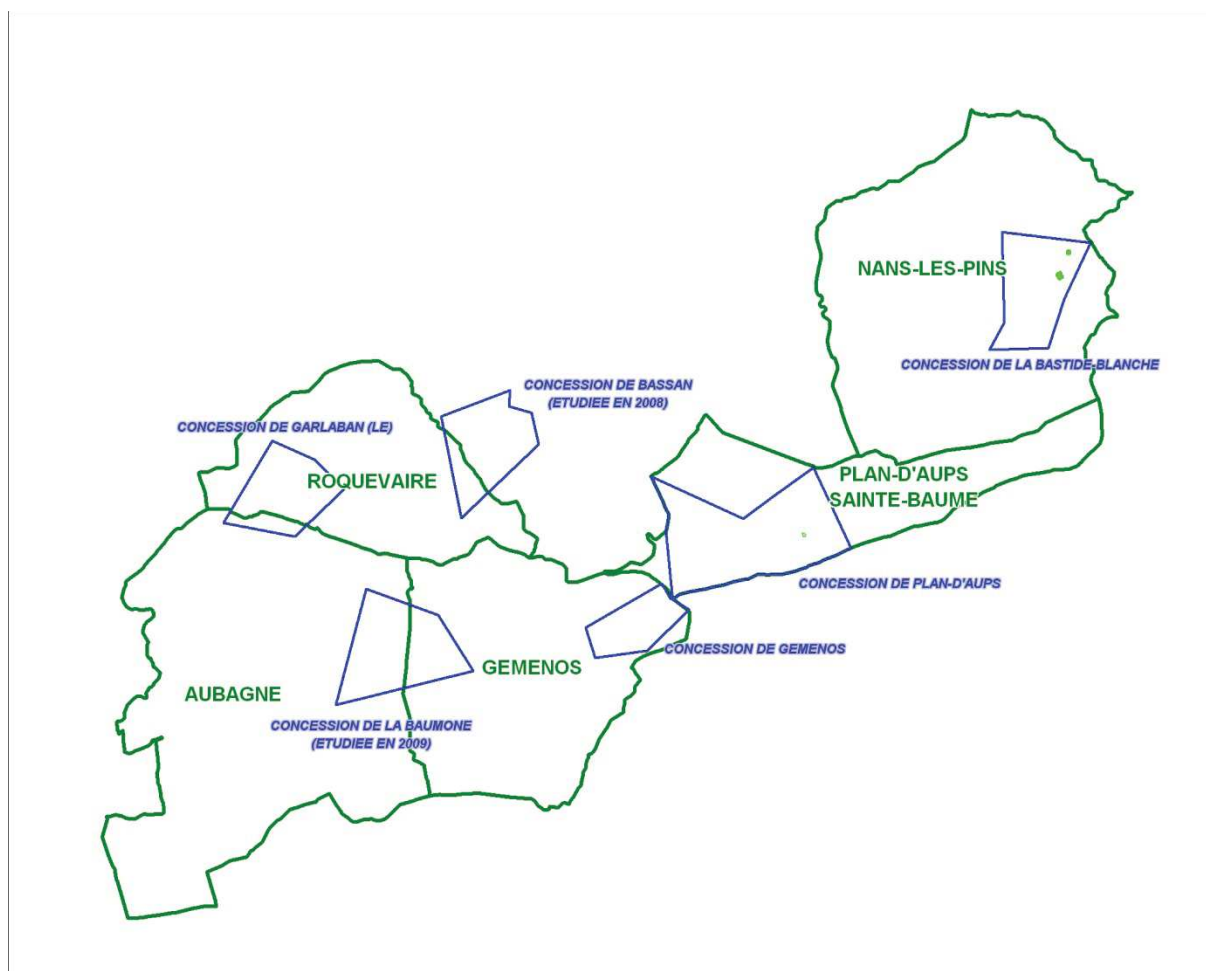


Figure 7 : Répartition de l'aléa glissement
 (en vert foncé les communes, en bleu les titres miniers étudiés,
 en vert clair l'aléa glissement de niveau faible)

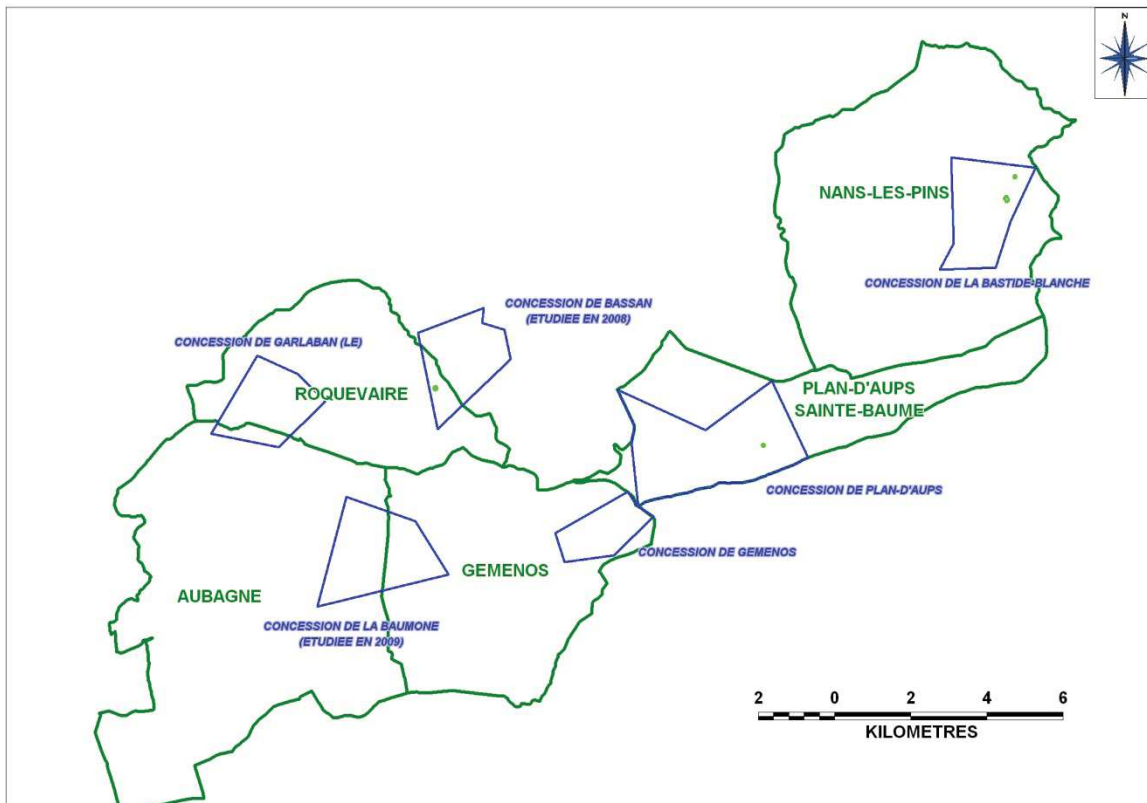


Figure 6 : Répartition de l'aléa tassement
 (en vert foncé les communes, en bleu les titres miniers étudiés,
 en vert clair l'aléa tassement de niveau faible)

2.2 Aléa « échauffement »

Le lignite exploité est décrit dans les archives comme « *pyriteux* ». Cette nature constitue un des critères favorables à l'inflammation du minerai. Par ailleurs, les quartiers souterrains de la concession de la Bastide Blanche ont été le siège feux de mine au cours des phases d'exploitation. Le lignite avait une tendance à s'enflammer mais cela n'avait pas été constaté au niveau des affleurements.

Aujourd'hui, plus de 98 % des ouvrages miniers sont fermés et/ou ennoyés et interdisent les circulations d'air dans les chantiers souterrains. De plus, depuis la fermeture des travaux miniers et l'arrêt de l'exploitation (60 à 150 ans en arrière) aucun événement de type incendie ou points chauds à proximité d'ouvrages miniers, ni même de dépôts, n'a été recensé. Compte tenu de ces informations, même si une combustion au sein des travaux souterrains (ou sur les affleurements) est « sécuritairement » toujours envisageable, il est jugé que sa probabilité d'occurrence n'est pas suffisamment représentative pour générer un niveau d'aléa.

En revanche, en l'absence de données précises sur la composition des dépôts majeurs V3, V4 et V5 (nature et granulométrie), le phénomène de combustion en présence de facteurs aggravants (feux de broussailles, barbecues, réaménagement ou travaux...) ne peut pas être considéré avec une prédisposition nulle. Pour ces raisons, un aléa échauffement sur les trois dépôts (V3, V4 et V5) a été retenu un niveau faible.

2.3 Aléas « émission de gaz de mine »

Les données recueillies dans les archives montrent que le gaz de mine, et en particulier le grisou, n'a pas généré des difficultés lors de l'exploitation des gisements lignitifères du secteur étudié. En revanche, compte tenu de la nature du gisement exploité (lignite), la présence de dioxyde de carbone, d'air désoxygéné et/ou, dans une moindre mesure, de monoxyde de carbone dans l'atmosphère des anciens travaux miniers non ennoyés est envisageable.

Sur les concessions, il est estimé que l'essentiel des travaux souterrains sont ennoyés. Une évaluation de l'aléa « gaz de mine » n'apparaît pas à priori prioritaire. Par ailleurs, 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 cette étude.

2.4 Aléas « inondation » et « émission de rayonnements ionisants »

La configuration et les données acquises sur les travaux miniers des titres étudiés ne prédisposent pas a priori à retenir les aléas inondation et émission de rayonnements ionisants comme pertinents. Toutefois en ce qui concerne le premier cas, des résurgences d'eau temporaires sont susceptibles d'apparaître à la sortie des galeries constituant des drains privilégiés en période de forte pluviométrie.

2.5 Aléas « pollution des eaux et des 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 charbonniers, réalisé dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE), a été menée entre 2012 et 2014. A ce jour, aucune étude environnementale n'est programmée sur ces dépôts.

3 ENJEUX EN ZONES D'ALEA

L'examen des cartes des aléas (sur fond BD ORTHO® de l'IGN – prises de vue 2008 – cf. annexes C et D) permet de constater qu'à l'échelle des cinq communes impliquées par de l'aléa, l'emprise des zones d'aléas retenues est relativement de faible superficie.

Une **zone à risque** « mouvements de terrain » est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouvent des enjeux de surface (habitation, infrastructure, bâtiment recevant du public, etc.). Parmi les aléas « mouvements de terrain » retenus, celui qui apparaît le plus préoccupant est l'« effondrement localisé ». En effet, ce phénomène peut constituer un risque pour la sécurité publique, dans la mesure où il peut présenter une intensité dommageable et qu'il peut se produire à court ou moyen terme, sans qu'il soit possible d'en évaluer la probabilité d'occurrence. Le tableau suivant dresse par commune la liste des enjeux en zone d'aléa lus sur la BD ORTHO® de l'IGN.

Dep.	Commune	Enjeu	Phénomène	Type de travaux	Niveau d'aléa
Bouches-du-Rhône	Aubagne	aucun	Sans objet		
	Roquevaire	5 habitations + annexes	Effondrement localisé	Travaux du secteur du Garlaban	faible
		3 habitations + annexes	Effondrement localisé	Puits de recherche du Garlaban (P43)	moyen
	Gémenos	4 habitations	Effondrement localisé	Grande Descenderie (G54)	moyen
		2 habitations			faible
		3 habitations + annexes	Effondrement localisé	Travaux du secteur 1 de la Baumone	faible
		1 habitation	Effondrement localisé	Puits de recherche (P5)	moyen
Var	Plan d'Aups-Sainte-Baume	3 à 4 bâtiments d'habitations	Effondrement localisé	Descenderie Nemours n°3 (G23) et Puits Fernand (P24)	faible
		3 à 4 bâtiments d'habitations + Ecole	Effondrement localisé	Puits de La Chapelle (P19)	faible
		3 à 4 habitations + annexes	Effondrement localisé	Puits de recherche P59 et P60	faible
		7 habitations + annexes	Effondrement localisé	Travaux Fendues Rosalie (G33) et Coquand (G32)	moyen
		~ 15 habitations + annexes	Effondrement localisé	Zone de travaux potentiels autour des Fendues Rosalie et Coquand	faible
		~ 10 habitations + annexes	Effondrement localisé	Puits Joinville (P30), puits Raoul (P34), puits d'aérage P44, puits Frédéric (P29), puits Aumale (P28) et puits de recherche P31	faible
		1 bâtiment agricole	Effondrement localisé	Petite descenderie (G36)	faible
	Nans-les-Pins	1 habitation + annexes	Effondrement localisé	Travaux de la Bastide Blanche	faible

Tableau 9 : Liste des enjeux bâtis concernés par les aléas

4 CONCLUSION

A la demande de la DREAL de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Géodéris a réalisé l'étude des aléas sur les communes de Nans les Pins et Plan d'Aups-Sainte-Baume (Var - 83) et des communes d'Aubagne, Gémenos et Roquevaire (Bouches-du-Rhône - 13) liés aux exploitations lignitifères relatives aux anciennes concessions minières de Bassan, La Baumone, Gémenos, Le Garlaban, La Bastide Blanche et Plan d'Aups.

Les travaux miniers ont été réalisés aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles. Il s'agit principalement de recherches ou d'anciens travaux ponctuels et peu profonds situés à proximité d'affleurements de lignite. Seuls quelques quartiers ont connu une réelle phase d'exploitation, leur développement reste cependant limité.

Cette étude a permis de retenir en aléa trois phénomènes de « mouvements de terrain » : l'effondrement localisé, le glissement et le tassement. En fonction des types de phénomènes, les niveaux retenus varient de faible à fort. Un aléa échauffement a également été retenu sur les trois dépôts majeurs observés.

Les cinq communes de l'étude sont concernées par des travaux d'exploitations et présentent des aléas. L'examen des cartes des aléas (sur fond BD ORTHO[®] de l'IGN – prises de vue 2008 – cf. annexes C et D) permet de constater qu'à l'échelle de ces communes l'emprise des zones d'aléa retenues est de faible superficie.

Des bâtiments d'habitations sont situés en zones d'aléa effondrement localisé mais aucun ne se situe en aléa fort. Environ 15 et 50 enjeux bâtis sont recensés respectivement en zone d'aléa effondrement localisé de niveau moyen et faible répartis sur les communes de Gémenos, Roquevaire, Plan-d'Aups-Sainte-Baume et Nans-les-Pins. La commune d'Aubagne ne présente pas d'enjeux bâtis en zone d'aléa.

ANNEXE A

Etude détaillée des aléas

(hors texte)

ANNEXE B

Cartes informatives

<i>Commune d'Aubagne</i>	<i>B1</i>
<i>Commune de Gémenos</i>	<i>B2</i>
<i>Commune de Nans-Les-Pins</i>	<i>B3</i>
<i>Commune de Plan d'Aups-Sainte-Baume</i>	<i>B4</i>
<i>Commune de Roquevaire</i>	<i>B5</i>

(5 cartes hors texte)

ANNEXE C

Cartes d'aléas « Mouvements de terrain »

<i>Commune d'Aubagne</i>	<i>C1</i>
<i>Commune de Gémenos</i>	<i>C2</i>
<i>Commune de Nans-Les-Pins</i>	<i>C3</i>
<i>Commune de Plan d'Aups-Sainte-Baume</i>	<i>C4</i>
<i>Commune de Roquevaire</i>	<i>C5</i>

(5 cartes hors texte)

ANNEXE D

Cartes d'aléas « Echauffement »

<i>Commune de Nans-Les-Pins</i>	<i>Echauffement</i>	<i>D1</i>
<i>Commune de Plan d'Aups-Sainte-Baume</i>	<i>Echauffement</i>	<i>D2</i>

(2 cartes hors texte)

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

ANNEXE A

Exploitations lignitifères provençales (Bouches-du-Rhône et Var) Concessions de Plan d'Aups, La Bastide Blanche, Gémenos et Garlaban Evaluation et cartographie des aléas

RAPPORT S 2016/021DE - 16PAC22020

Date : 17/05/2015

SOMMAIRE

1	Introduction	7
2	Définitions et méthodologie	9
2.1	Définitions de l'aléa et du risque	9
2.2	Incertitudes cartographiques	9
2.3	Méthodologie mise en œuvre.....	10
3	Recherches et investigations sur site	11
3.1	Personnes et organismes rencontrés.....	11
3.2	Documents d'archives consultés.....	11
3.3	Qualité des documents	12
3.4	Visites de sites.....	12
4	Situations géographique et géomorphologique du secteur étudié	15
4.1	Concession de Garlaban.....	15
4.2	Concession de Gemenos.....	16
4.3	Concession de La Bastide Blanche.....	17
4.4	Concession de Plan d'Aups	18
5	Contextes géologiques	19
5.1	Concession de Garlaban.....	19
5.2	Concession de Gemenos.....	23
5.3	Concession de La Bastide Blanche.....	23
5.4	Concession de Plan d'Aups	25
6	Contextes hydrogéologiques et hydrologiques	27
6.1	Concessions de Plan d'Aups, Gemenos et Garbalan.....	27
6.2	Concession de Bastide Blanche.....	27
7	Historique des concessions et des travaux miniers	29
7.1	Concession de Garbalan.....	29
7.2	Concession de Gemenos.....	29
7.3	Concession de La Bastide Blanche.....	30
7.4	Concession de Plan d'Aups	31
8	Méthodes d'exploitation et caractéristiques des travaux	33
8.1	Concession de Garlaban.....	33
8.2	Concession de Gemenos.....	34
8.3	Concesssion de La Bastide Blanche	34
8.3.1	<i>Quartier Jas de Ribie</i>	34
8.3.2	<i>Quartier de La Bastide Blanche</i>	34
8.3.3	<i>Autres sites</i>	35

8.4	Concession de Plan d'Aups	36
8.4.1	<i>Secteur de la Brasque</i>	36
8.4.2	<i>Secteur de La Chapelle</i>	36
8.4.3	<i>Secteur Magdeleine</i>	36
8.4.4	<i>Secteur de Giniez</i>	36
8.4.5	<i>Synthèse</i>	36
9	Production	39
10	Etat actuel des sites	41
10.1	Les ouvrages débouchant au jour (ODJ)	41
10.2	Les travaux miniers souterrains	42
10.3	Les désordres observés en surface	42
10.4	Les dépôts	43
10.5	Les installations de surface	43
10.6	Gaz de mine et feu souterrains	44
10.7	Eléments environnementaux	44
11	Cartographie informative	45
11.1	Typologie et incertitudes sur les ouvrages débouchant au jour	45
11.2	Typologie et incertitudes sur les travaux miniers souterrains	45
11.2.1	<i>Plans de mines et géoréférencement</i>	46
11.2.2	<i>Cas du quartier de Jas de Ribié (concession de Bastide-Blanche)</i>	49
11.2.3	<i>Cas du quartier Bastide Blanche (concession de Bastide-Blanche)</i>	49
11.2.4	<i>Cas du secteur du quartier de Giniez (concession de Plan d'Aups)</i>	50
11.2.5	<i>Cas des affleurements de lignite</i>	52
11.3	Incertitude sur les désordres	52
11.4	Incertitude sur la localisation des dépôts	52
11.5	Système d'information géographique	52
12	Identification des phénomènes retenus et écartés	57
12.1	Phénomènes écartés	57
12.1.1	<i>Effondrement généralisé</i>	57
12.1.2	<i>Affaissement</i>	57
12.1.3	<i>Impacts hydrodynamiques</i>	58
12.2	Phénomènes retenus	58
12.2.1	<i>Effondrement localisé</i>	58
12.2.2	<i>Mouvements de pente</i>	58
12.2.3	<i>Tassement</i>	59
12.2.4	<i>Echauffements sur travaux souterrains et dépôts miniers</i>	59
12.3	Aléas non évalués	59
12.3.1	<i>Pollution des eaux et sols</i>	59
12.3.2	<i>Gaz de mine</i>	59
12.3.3	<i>Emission rayonnements ionisants</i>	60

13	Evaluation de l'aléa effondrement localisé à l'aplomb de travaux peu profonds	61
13.1	Description phénoménologique	61
13.2	Concessions du Garlaban et de Gemenos	63
13.2.1	<i>Zones de travaux de Garlaban (concession du Garlaban) et de la Glacière (concession de Gemenos)</i>	63
13.2.2	<i>Zone du puits de recherche de 1849 (concession du Garlaban)</i>	64
13.3	Concession de Plan d'Aups	64
13.3.1	<i>Secteur La Brasque</i>	64
13.3.2	<i>Secteur de la Chapelle</i>	65
13.3.3	<i>Secteur Magdeleine</i>	67
13.3.4	<i>Secteur Giniez</i>	68
13.4	Concession de Bastide Blanche	70
13.4.1	<i>Secteur Bastide Blanche</i>	70
13.4.2	<i>Secteur de Jas de Ribie</i>	71
13.4.3	<i>Recettes du « Puits à Charbon » (P13)</i>	71
14	Evaluation de l'aléa effondrement localisé lié aux puits	73
14.1	Evaluation de la prédisposition	73
14.2	Evaluation de l'intensité	75
14.3	Evaluation de l'aléa	75
15	Evaluation de l'aléa glissement	77
16	Evaluation de l'aléa tassement	79
17	Evaluation de l'aléa échauffement	81
18	Cartographie des aléas	83
18.1	Cartographie de l'aléa effondrement localisé liés aux travaux	83
18.2	Cartographie de l'aléa effondrement localisé sur puits	85
18.3	Cartographie de l'aléa glissement	86
18.4	Cartographie de l'aléa tassement	86
18.5	Cartographie de l'aléa échauffement	87

Mots clés : Roquevaire, Aubagne, Plan d'Aups-Sainte-Baume, Nans-les-Pins, Gémenos, Le Garlaban, Plan d'Aups, La Bastide Blanche, aléa, effondrement localisé, tassement, glissement, échauffement, houille

PREAMBULE

Ce rapport s'appuie sur l'étude INERIS DRS-12-129485-12980 du 21 janvier 2013 intitulée « Exploitations lignitifères provençales (Bouches-du-Rhône et Var) – Concessions de Plan d'Aups, La Bastide-Blanche, Gémenos et Garlaban – Evaluation et cartographie des aléas « mouvements de terrain » et rédigée par F. POULARD et G. GOUILLON, ingénieur et technicien à la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol.

Par ailleurs, l'historique administratif des titres miniers synthétisé dans ce rapport à partir des documents d'archives à disposition est donné à titre indicatif. Cet historique relève de la compétence de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

1 INTRODUCTION

Les exploitations lignitifères provençales concernées par la présente étude se trouvent dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Var, le long du massif de la Sainte-Baume et sur le versant est de la montagne du Garlaban. Les travaux miniers ont été réalisés aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles. Il s'agit principalement de recherches ou d'anciens travaux ponctuels et peu profonds situés à proximité d'affleurements de lignite. Seuls quelques quartiers ont connu une réelle phase d'exploitation, leur développement reste cependant limité.

L'opération Inventaire des Risques Miniers (IRM ou scanning, (cf. [1]¹), menée en 2006, avait abouti au classement des concessions des exploitations lignitifères provençales situées sur les communes d'Aubagne, Gémenos, Roquevaire, Plan d'Aups-Sainte-Baume et Nans-les-Pins comme étant à risque potentiel mais non prioritaire. L'ensemble de ces concessions ont été classées en priorité 4 pour la réalisation d'une étude détaillée des aléas.

Ces aspects ont incité la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur à retenir, dans le cadre du programme de travail de Geoderis, l'étude détaillée des aléas des anciens titres miniers des exploitations lignitifères provençales (ainsi que toute autre zone minière située sur l'une des communes d'Aubagne, Roquevaire, Gémenos, Plan d'Aups-Sainte-Baume et Nans-les-Pins) à savoir (cf. figure 1) :

- la concession de Plan d'Aups (n° BDSTM² 83SM0036) couvrant en partie la commune de Plan d'Aups-Sainte-Baume située dans le département du Var (83) ;
- la concession de la Bastide Blanche (n° BDSTM 83SM0034) couvrant en partie la commune de Nans-les-Pins située dans le département du Var (83) ;
- la concession de Gémenos (n° BDSTM 13SM0052) couvrant en partie la commune de Gémenos située dans le département des Bouches-du-Rhône (13) ;
- la concession de Garlaban (n° BDSTM 13SM0054) couvrant en partie les communes de Roquevaire et d'Aubagne situées dans le département des Bouches-du-Rhône (13).

Remarque : la concession de Bassan (n° BDSTM 13SM0004) qui présente des travaux miniers sur la commune de Roquevaire a fait l'objet d'une étude détaillée des aléas en 2008 (cf. [2]). La concession de La Baumone (n° BDSTM 13SM0023) qui présente des travaux miniers sur la commune de Gémenos a fait l'objet d'une étude détaillée des aléas en 2009 (cf. [3]). Le détail de ces études n'est pas repris dans la présente annexe.

L'objectif de l'étude détaillée des aléas est d'établir, à partir de la synthèse documentaire des données disponibles sur ces sites, les cartes informatives et les cartes d'aléas « mouvements de terrain » de ces anciennes exploitations. Pour le rendu final de ces cartes, nous utilisons des fonds topographiques ou photographiques géoréférencés (Scan 100®IGN, Scan 25®IGN et BD Ortho®IGN).

¹ Références en fin de document, chapitre bibliographie.

² Base de Données des Sites et Titres Miniers de Géoderis

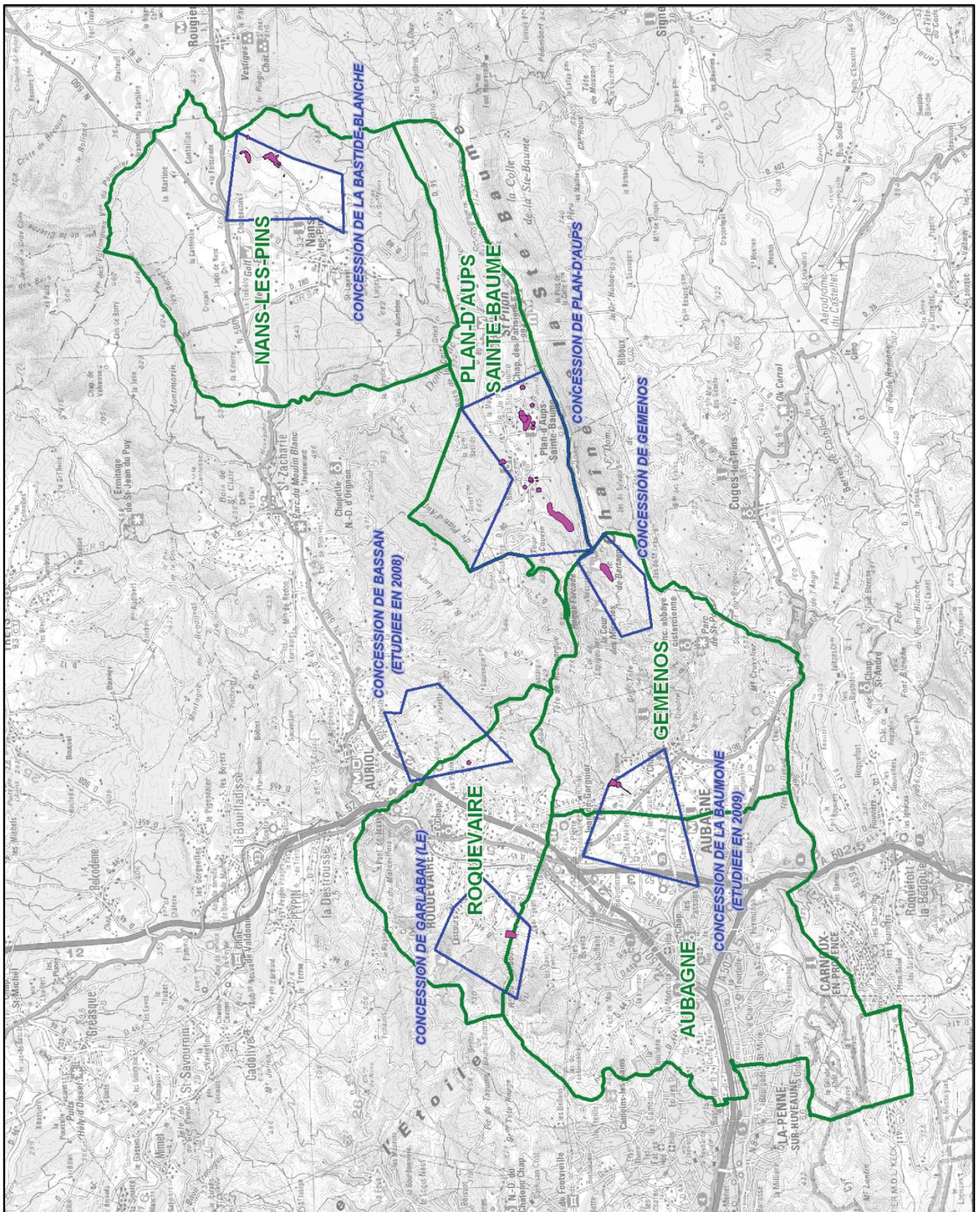


Figure 1 : Communes concernées par les titres miniers étudiés sur fond SCAN100® IGN
 (en vert les communes, en bleu les titres miniers étudiés,
 en rose l'emprise des travaux miniers souterrains)

2 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

2.1 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 2).

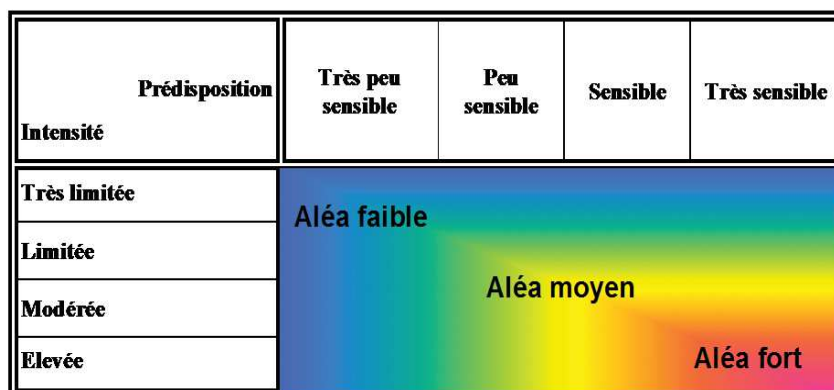
Prédisposition	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Intensité				
Très limitée				
Limitée				
Modérée				
Elevée				

Figure 2 : Grille de croisement intensité /Prédisposition (d'après [4])

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...).

2.2 Incertitudes cartographiques

La première étape de l'étude d'aléa, appelée « phase informative » consiste en partie, 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® de l'IGN dans le cas présent, de par sa précision est lui-même vecteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est estimée à 3 m pour la BD ORTHO® de l'IGN.

Ces incertitudes n'apparaissent pas en cartographie de phase informative, mais 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.

2.3 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. [4]). La réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

1. **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® IGN.
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.

3 RECHERCHES ET INVESTIGATIONS SUR SITE

3.1 Personnes et organismes rencontrés

Le présent rapport s'appuie essentiellement sur les informations disponibles dans les archives de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) à Marseille (M. FOMBONNE) et de l'Unité Territoriale de la DREAL du Var (UT 83) à Toulon (M. DEGLI-ESPOSTI).

Les Archives Nationales (site du CARAN) et les Archives Départementales des Bouches-du-Rhône et du Var à Marseille et Draguignan ont été consultées et ont fourni quelques informations complémentaires sur les exploitations les plus anciennes.

Des recherches sur internet et via le Centre d'Information et de Valorisation Scientifique (CIVS) de l'INERIS ont permis de retrouver des publications (sur la concession de Plan d'Aups notamment).

Les mairies des communes concernées par l'étude, les Archives du Monde du Travail et le Département de Prévention et de Sécurité Minière Sud (DPSM Sud) ont aussi été consultés (mailings et entretiens téléphoniques).

Lors des investigations sur site, un secteur particulier a fait l'objet d'une opération de porte-à-porte qui a permis de rencontrer une partie des propriétaires les 6 et 7 novembre 2012 (cf. tableau 1).

Noms ³	Adresses
Mme MARTIN-COUSIN	Allée des Signes, 83640 Plan d'Aups Sainte Baume
M OBERLI	59 allée des Signes, 83640 Plan d'Aups Sainte Baume
M AUVRAY	Villa Don Bosco, 83640 Plan d'Aups Sainte Baume
M FERRERO	Allée des Signes, 83640 Plan d'Aups Sainte Baume
M LASSIA	4 ?, allée Fayard, 83640 Plan d'Aups Sainte Baume
M ALLIONE	6 ?, allée Fayard, 83640 Plan d'Aups Sainte Baume

Tableau 1 : Liste des propriétaires des pavillons potentiellement sous-minés dans le secteur de travaux Giniez

3.2 Documents d'archives consultés

Les documents concernant les quatre titres miniers étudiés sont constitués essentiellement de (cf. détail en annexe 1) :

- rapports d'Ingénieurs des Mines ;
- Procès-Verbaux (PV) de visite ;
- dossiers de renonciation (historique des travaux, étude géologique, fiches de travaux sur orifices avec plan de situation et extraits d'archives du service des mines) ou d'abandon de travaux ;
- inventaire d'ouvrages miniers ;
- ouvrages d'associations locales.

³ Noms relevés sur les boîtes aux lettres physiques.

Les données de la BDSTM transmises par GEODERIS ainsi que celles de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) ont été prises en compte au démarrage de l'étude.

Dans ces dossiers et rapports peu de documents cartographiques précis représentant les travaux miniers ont été retrouvés.

Malgré des réponses avisées, les informations fournies par les mairies, les Archives du Monde du Travail et le DPSM Sud avaient déjà été récupérées par ailleurs.

3.3 Qualité des documents

Les documents d'archives relatant et décrivant l'historique des travaux miniers étudiés se sont révélés généralement peu concis et souvent imprécis. Même si l'étendue et l'importance des exploitations étudiées sont limitées, de nombreux documents ont été rédigés. Cette redondance et l'ancienneté des travaux décrits, sont certainement à l'origine des approximations sur la situation des travaux et, parfois, des contradictions rencontrées. Il est donc possible que des informations entachées d'erreurs aient été reprises dans la synthèse informative présentée.

3.4 Visites de sites

Les investigations sur site ont été réalisées les 6, 7 et 8 novembre 2012. Les principales remarques et observations sont synthétisées par site minier dans les paragraphes suivants.

La consultation des différentes archives a été réalisée :

- les 23 et 24 mai 2012 pour les Archives Nationales (site du CARAN) à Paris ;
- le 11 septembre 2012 pour les archives de l'UT Var à Toulon ;
- le 12 septembre 2012 pour les archives de la DREAL PACA à Marseille ;
- le 9 novembre 2012 pour les Archives Départementales des Bouches du Rhône.
- le 5 février 2014 pour les Archives Départementales du Var.

PHASE INFORMATIF

4 SITUATIONS GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DU SECTEUR ETUDIE

Les 4 concessions étudiées sont distantes de plusieurs kilomètres à dizaines de kilomètres et sont ainsi concernées par des contextes géomorphologiques distincts.

4.1 Concession de Garlaban

La concession de Garlaban se situe à environ 15 km à l'est-nord-est du centre de Marseille. Elle se trouve dans sa quasi-totalité sur le territoire de la commune de Roquevaire et empiète au sud sur le territoire de la commune d'Aubagne (13). Elle recouvre le versant est de la montagne du Garlaban.

Sur la moitié ouest de la concession, le relief est très penté et accidenté (nombreuses barres rocheuses et plusieurs talwegs dirigés vers l'est). Sur la moitié est, le relief s'aplanit mais reste légèrement vallonné. L'altitude varie entre 175 m et 714 m NGF (Rocher du Garlaban).

Le versant montagneux à l'ouest est couvert par la garrigue et la partie est présente des parcelles cultivées ainsi qu'une urbanisation conséquente.

Même d'après l'historique des travaux et le contexte géologique (voir paragraphes suivants), la localisation des travaux est très difficile, aucune position sûre n'a pu être établie, un secteur potentiel a été identifié (cf. figure 3).

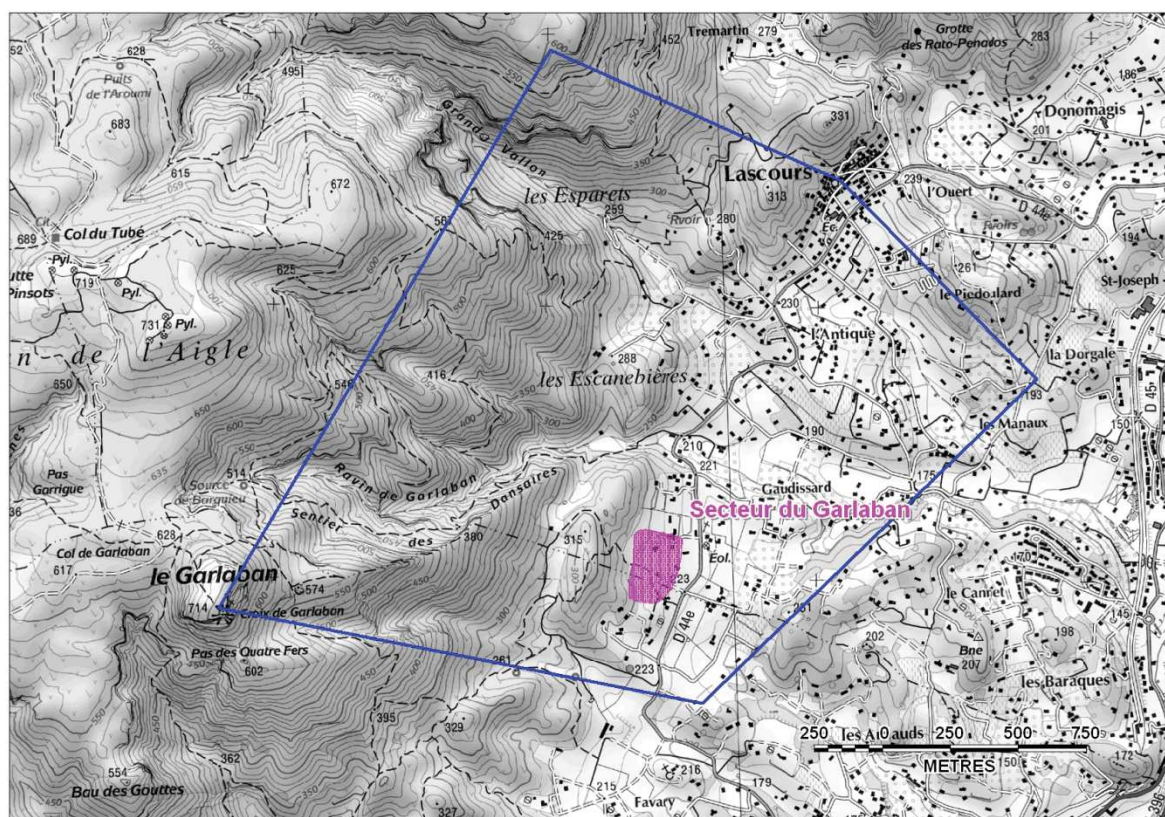


Figure 3 : Situation du secteur de travaux supposé de la concession du Garlaban [IGN et BDSTM]

4.2 Concession de Gémenos

La concession de Gémenos se situe à environ 20 km à l'est de Marseille. Elle est entièrement comprise sur le territoire de la commune de Gémenos (13). Elle recouvre l'extrémité ouest du massif de la Sainte-Baume.

Le relief se compose d'un versant penté globalement vers le sud-sud-ouest, très accidenté (nombreuses barres rocheuses et plusieurs vallons dirigés vers l'ouest). L'altitude varie entre 350 m au sud-ouest et 1041 m NGF au nord-est (Pic de Bertagne). La concession se trouve sur un site naturel et touristique relativement fréquenté par des randonneurs.

Aucune habitation ni culture n'est présente, seule la route D2 recoupe la bordure ouest du périmètre concédé. La végétation se compose exclusivement de bois de taillis et de garrigues.

D'après l'historique des travaux et le contexte géologique (voir paragraphes suivants), seule une zone de travaux a été identifiée entre le vallon du chemin de fer et le vallon des Crides, à proximité du lieu-dit « la Glacière » (cf. figure 4).

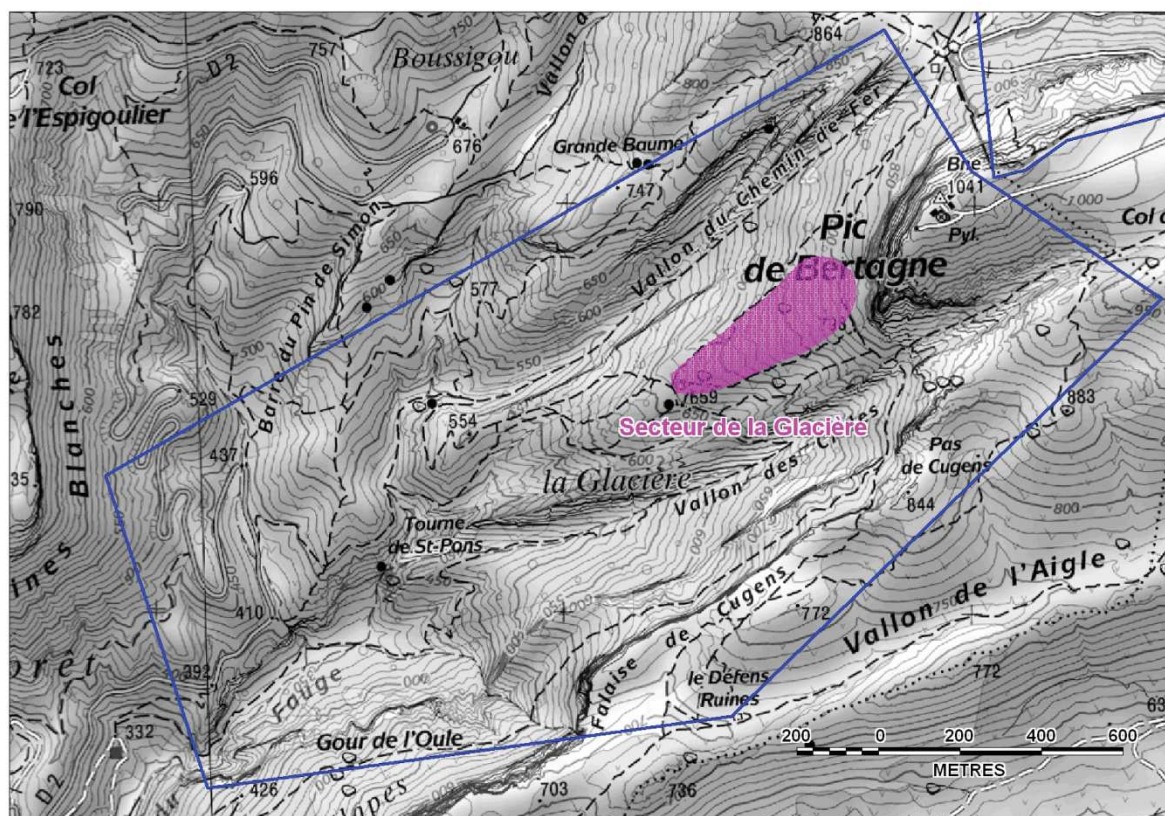


Figure 4 : Situation du secteur de la Glacière, concession de Gémenos [IGN et BDSTM]

4.3 Concession de La Bastide Blanche

La concession de la Bastide Blanche se situe à environ 35 km au nord-est de Marseille. Son emprise est entièrement comprise sur le territoire de Nans-les-Pins (83).

Le périmètre concédé recouvre une vallée évasée représentée un relief de plaines. L'altitude varie entre 350 m et 440 m NGF. Les terrains agricoles recouvrent la majeure partie de la zone mis à part l'angle nord-est de la concession qui est couvert par des bois de taillis. Quelques habitations éparses sont présentes.

D'après l'historique des travaux (voir paragraphes suivants), deux quartiers d'exploitation ont été identifiés en rive droite de la rivière « le Cauron ». Ils sont nommés (cf. figure 5) :

- « secteur jas de Ribié », situé dans le quart nord-est de la concession, à une centaine de mètres au sud-ouest du lieu-dit Jas de Ribié et à quelques dizaines de mètres du ruisseau le Cauron ;
- « secteur de la Bastide Blanche », situé entre les lieux dits la Maison Blanche et la Blanche (anciennement « la Bastide Blanche »), à environ 600 m au sud du quartier Jas de Ribié.

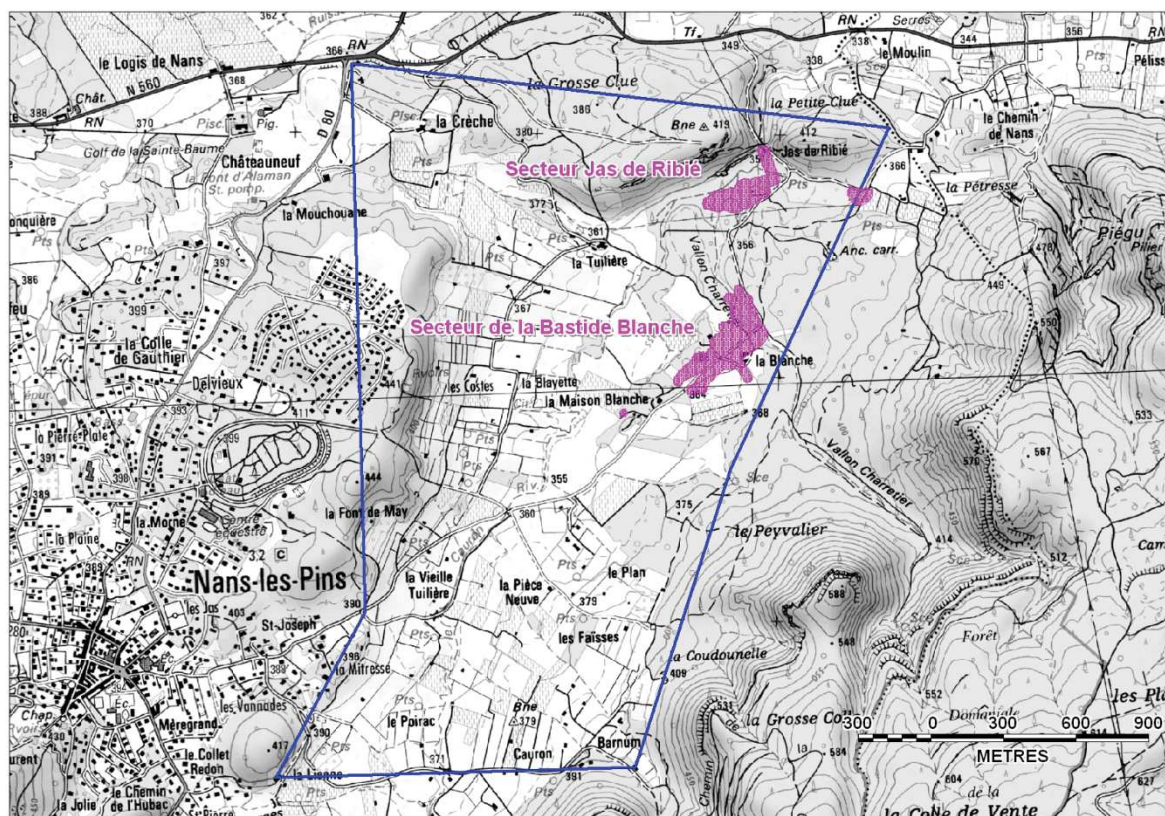


Figure 5 : Situation des secteurs Jas de Ribié et Bastide Blanche, concession de Bastide Blanche [IGN et BDSTM]

4.4 Concession de Plan d'Aups

La concession de Plan d'Aups se situe à environ 30 km à l'est de Marseille. Son emprise est entièrement comprise sur le territoire de la commune de Plan d'Aups-Sainte-Baume (83).

La bordure sud de la concession présente des versants pentés (comparables à ceux de la concession du Garlaban). Les parties centrales et nord-ouest recouvrent un plateau allongé dans la direction est-ouest (1 à 1,5 km de large). L'altitude du plateau de Plan d'Aups varie entre 660 et 680 m NGF. Le point culminant de la concession se situe au sud, sur la crête de la Sainte-Baume, à 1035 m NGF.

L'agglomération de Plan d'Aups et des terrains agricoles se sont développés sur les parties centrales et nord-ouest de la concession. Les parties est et sud sont entièrement couvertes par de la garrigue ou des bois de taillis.

D'après l'historique minier, quatre secteurs de travaux ont été identifiés (cf. figure 6) :

- secteur de « la Brasque », situé au sud-ouest de la concession, sur le versant sud d'un vallon orienté sud-ouest/nord-est et allant du col de Bertagne au lieu-dit « la Brasque » ;
- secteur de « la Chapelle », situé à proximité immédiate du bourg de Plan d'Aups et du lieu-dit « la Toulonnette » ;
- secteur de « Magdeleine », implanté sur un replat de l'escarpement situé immédiatement au nord-est du bourg de Plan d'Aups. Il borde à quelques dizaines de mètres la limite nord de la concession ;
- secteur de « Giniez », localisé dans la partie est de la concession, au nord du vallon Betton et au niveau des lieux-dits « le Plan, Betton et Giniez ».

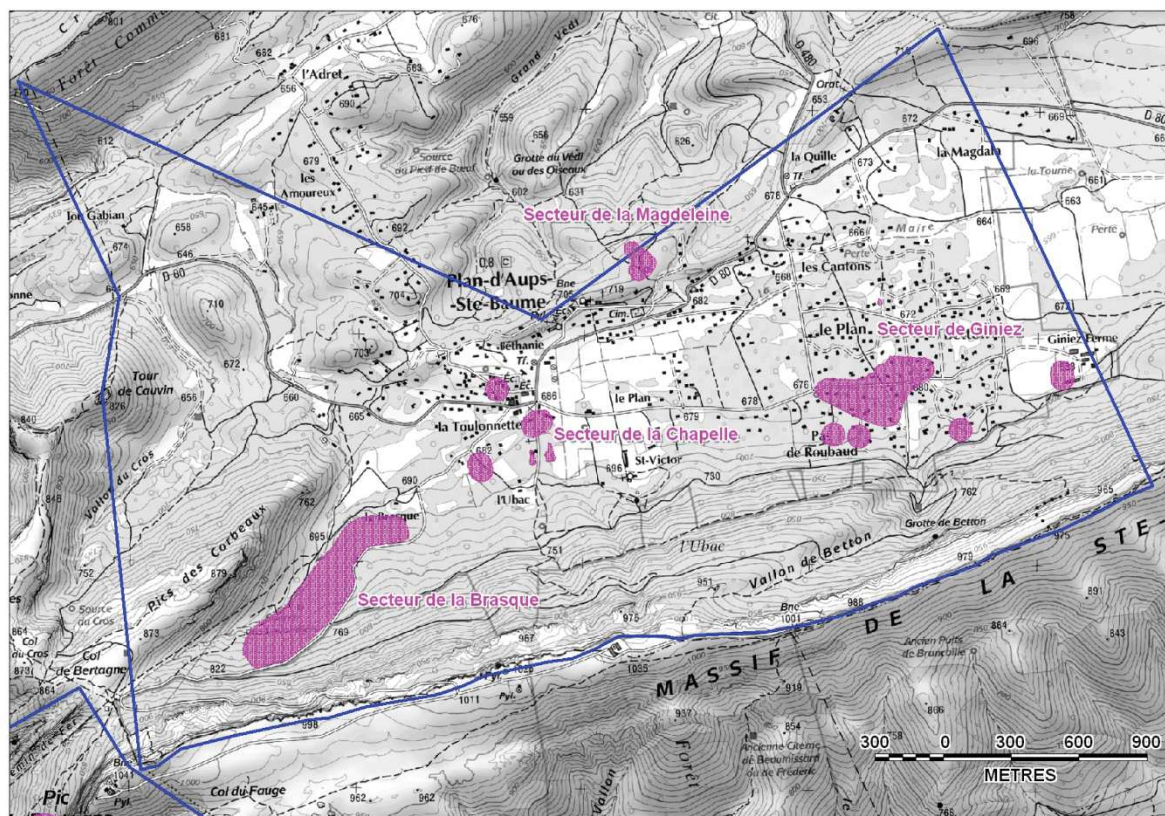


Figure 6 : Situation des secteurs miniers de la concession de Plan d'Aups [IGN et BDSTM]

5 CONTEXTES GEOLOGIQUES

La distance entre les titres miniers et la complexité géologique locale nécessitent une nouvelle fois de distinguer les contextes géologiques par concession voire, localement, par secteurs exploités.

5.1 Concession de Garlaban

Sur la moitié ouest de la concession (versant montagneux) affleurent des calcaires massifs datant du Jurassique et du Crétacé. Sur la moitié est de la concession affleurent des terrains oligocènes inférieurs et quaternaires (partie méridionale de la vallée de l'Huveaune).

La formation lignitifère se situe à la base de ces terrains oligocènes, elle est (cf. figure 7) :

- limitée à l'ouest par les calcaires jurassiques et crétacés ;
- recouverte à l'est par des formations détritiques, principalement argiles et poudingues, du Stampien (Oligocène inférieur) ou directement par des dépôts alluvionnaires et torrentiels datant du Quaternaire.

Cette formation forme une bande de largeur variable (200 m en moyenne) orientée du nord-nord-est vers le sud-sud-est, située directement au pied du versant montagneux. Elle se compose principalement de calcaires lacustres blancs et localement de marnes, argiles, grès verts et lignite.

Les données disponibles au sein de la Banque du Sol et du Sous-sol (BSS) n'apportent pas d'informations complémentaires aux données précédentes.

Le pendage de ces couches est d'environ 40° vers le sud-est. La formation a une épaisseur de 1,5 à 3 m (cf. [5]).

D'un point de vue tectonique, le secteur est fortement bouleversé : présence de plis couchés et de nombreux chevauchements.

Géologie « minière » :

La couche est très irrégulière et se présente sous forme d'amas ou lambeaux isolés faisant 1,5 à 3 m d'épaisseur (cf. [5]).

Le lignite est de médiocre qualité, « *il est terreux et pulvérulent au point de ne pouvoir être utilisé dans les chaudières ou les foyers domestiques* », seuls quelques fours à chaux ou ciment l'ont employé (cf. [5]).

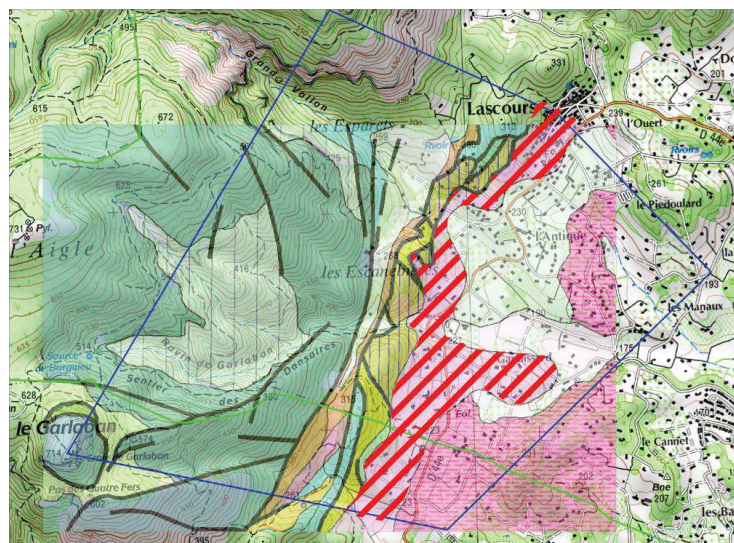


Figure 7 : Aperçu géologique et localisation de la formation lignitifère (vert clair) sur la concession du Garlaban [BRGM]

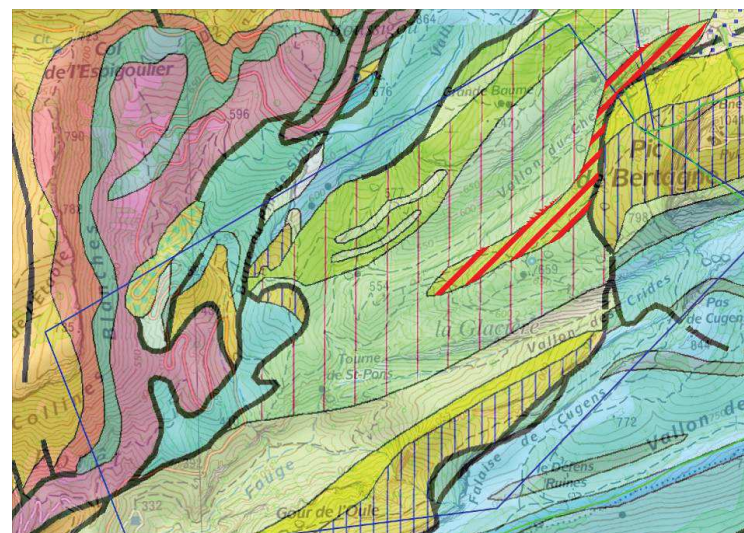


Figure 8 : Aperçu géologique et localisation de la formation lignitifère (vert clair et hachure rouge) sur la concession de Gémenos [BRGM]

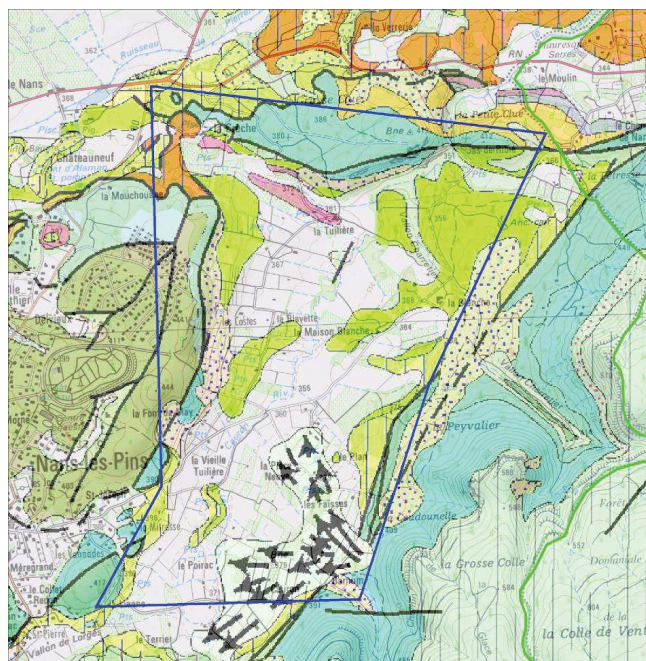


Figure 9 : Aperçu géologique et localisation de la formation lignitifère (vert clair) sur la concession de la Bastide Blanche [BRGM]

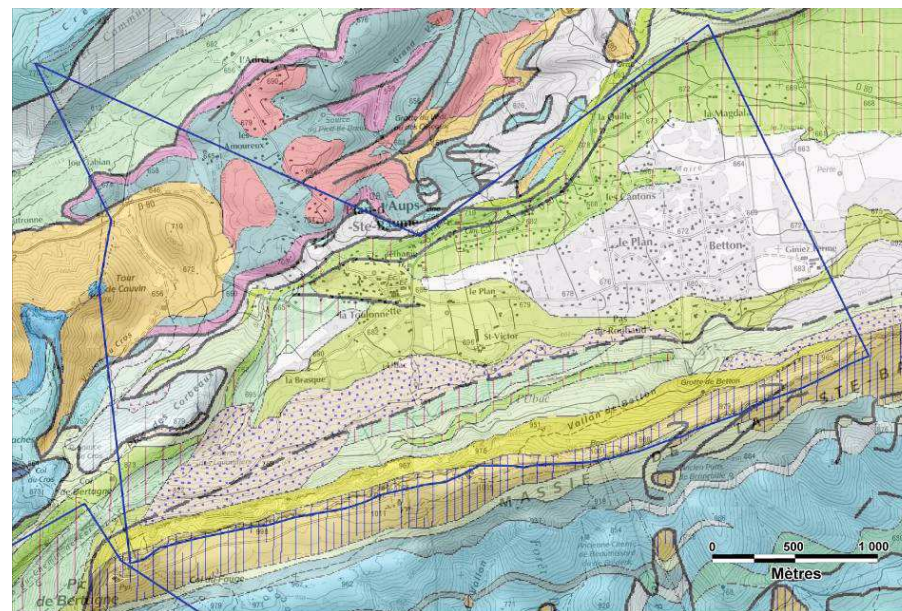


Figure 10 : Aperçu géologique et localisation de la formation lignitifère (vert clair) sur la concession de Plan d'Aups [BRGM]

5.2 Concession de Gémenos

Le massif de la Sainte-Baume est principalement constitué de terrains jurassiques et crétacés. Il comprend un socle autochtone plus ou moins plissé et plusieurs unités allochtones.

La formation lignitifère⁴ de Gémenos (cf. figure 8) se présente comme une fine bande d'une centaine de mètres de largeur, qui :

- disparaît rapidement vers l'ouest à environ 1 km à l'ouest du Pic de Bertagne ;
- disparaît vers l'est « sous » le Pic de Bertagne par une série normale crétacé/jurassique allochtone (contact anormal subhorizontal visible).

La bande lignitifère est constituée de calcaires argileux datant du Santonien (notée C5) avec intercalations de marnes et de lignite. Le pendage des couches est redressé : « *la direction est du N au SO, son inclinaison est de 60°S* » (cf. [8]). Ces calcaires argileux sont enclavés par une autre formation santonnienne (notée C5R) constituée de calcaires à rudistes, caractéristiques dans la région.

La couche de lignite affleurant dans cette formation et explorée à plusieurs époques a une épaisseur inférieure à 1 m : « *au front d'avancement une puissance de 0,65 m dont 0,5 à 0,55 m de charbon, avec 0,1 m de schistes argileux intercalé* ».

Le toit est formé « *par un calcaire marneux avec schistes et veines de charbon, au mur se trouve une couche d'argile noire, avec nerfs de charbon, et au-delà une roche calcaire assez dure* », [4] probablement les calcaires à rudistes santonniers (notée C5R), caractéristiques dans la région.

La formation lignitifère reconnue sur la concession de Gémenos constitue l'extrémité de la même formation plus largement répandue à l'est sur la concession voisine de Plan d'Aups.

Les données disponibles au sein de la Banque du Sol et du Sous-sol (BSS) n'apportent pas d'informations complémentaires aux données précédentes.

5.3 Concession de La Bastide Blanche

La concession de la Bastide Blanche couvre un petit bassin sédimentaire datant du Crétacé supérieur. Ce bassin est limité de toute part (via des failles) par des terrains secondaires (principalement dolomies et calcaires à hippurites datant du Jurassique supérieur, cf. figure 9). L'ensemble du bassin a subi d'importantes contraintes tectoniques postérieures aux dépôts. De ce fait, les terrains sont très plissés et fracturés.

Les couches de lignite sont renfermées dans des calcaires lacustres (calcaires blancs et localement de marnes, grès et lignite), ces derniers reposent sur un substratum d'argiles (intercalations gréseuses) datant du Sénonien inférieur (début du Crétacé supérieur).

Les données disponibles au sein de la Banque du Sol et du Sous-sol (BSS) n'apportent pas d'informations complémentaires aux données précédentes.

⁴ *Etant donné la complexité de la géologie, cet aperçu géologique décrit simplement la formation lignitifère et ses abords immédiats, soit la moitié nord-est de la concession.*

Comme l'ensemble des terrains, ces couches lignitifères sont plissées et fracturées et elles ne présentent pas de pendage régulier.

Géologie « minière » :

Au nord-est de la concession, trois couches de lignite (Jas de Ribié), dirigées de l'est-nord-est vers l'ouest-sud-ouest et pentées de 20 à 30° vers le sud, sont présentes (cf. figure 11) :

- la couche supérieure dite n° 1 ou « gros rocher » à 0,5 m d'épaisseur ;
- la couche intermédiaire dite n° 2 ou « quatre pans » à 0,5 m d'épaisseur, elle se situe environ 20 m en dessous de la couche n° 1 ;
- la couche inférieure dite n° 3 ou « grande mine » à 2 à 3 m d'épaisseur, elle se situe 12 m sous la couche n° 2 (mesurés sur la verticale).

La majorité des travaux a été effectuée dans la couche n° 3 ; cette dernière étant la plus productive avec une puissance utile de 1,5 m.

Le lignite est de « *qualité médiocre* » avec un ou deux bancs marneux intercalés.

Les calcaires au toit et au mur de la couche n° 3 sont toujours décrits comme « *solides* » (cf. [11]).

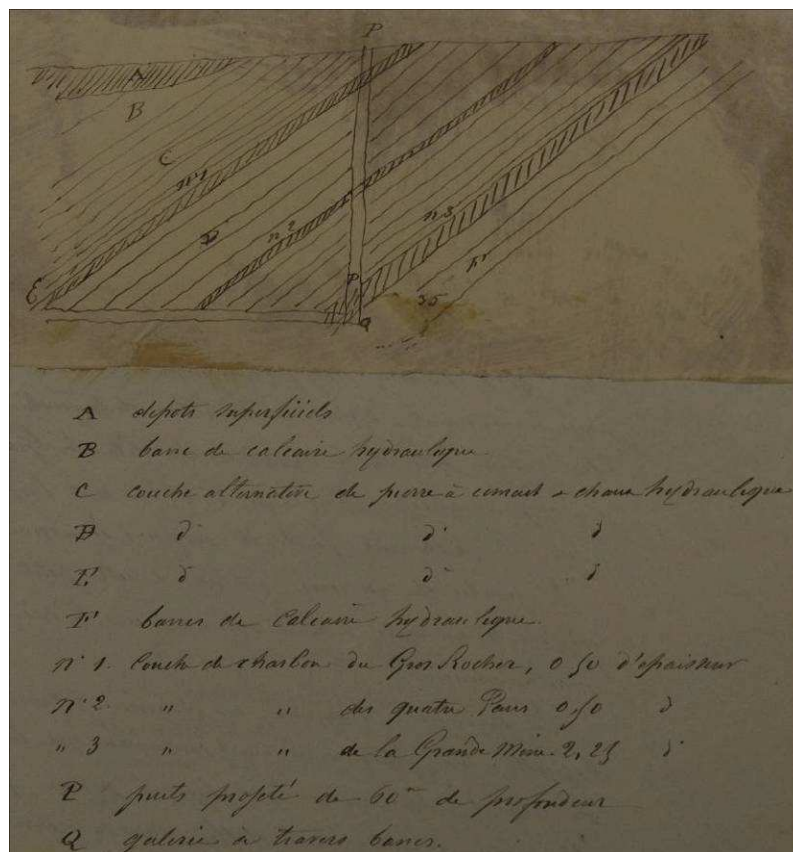


Figure 11 : Coupe géologique SSE/NNO au quartier Jas de Ribié (extrait de la synthèse des PV de 1866-1874)

5.4 Concession de Plan d'Aups

La concession de Plan d'Aups se place sur le flanc nord du vaste pli couché de la Sainte-Baume. Deux unités principales se distinguent :

- le plateau du Plan d'Aups, qui forme une série normale légèrement pentée vers le sud (10 à 15°) constituée de calcaires du Crétacé supérieur ;
- en limite sud de la concession, une série renversée constituée de calcaires crétacés puis jurassiques, cette série forme l'imposante barre rocheuse orientée est-ouest caractéristique du massif de la Sainte-Baume.

En bordure nord de la concession, de nombreux accidents tectoniques orientés approximativement est-ouest, mettent en contact des lambeaux de terrains crétacés et jurassiques. Sur cette zone, le pendage des strates est important et dirigé vers le nord.

Les couches de lignite reconnues appartiennent au Santonien et donc à la même formation que celle reconnue à l'ouest sur la concession voisine du Gémenos.

Cette formation affleure majoritairement sur le plateau du Plan d'Aups et présente un léger pendage vers le sud (10 à 15°), (cf. figure 12) ; elle est parfois recouverte par des formations superficielles de types éboulis.

Les données disponibles au sein de la Banque du Sol et du Sous-sol (BSS) n'apportent pas d'informations complémentaires par rapport aux données précédentes.

Géologie « minière » :

A l'est de la concession (secteur Giniez), 8 couches de lignite sont reconnues, 2 sont dites exploitables. Les couches sont dirigées de l'est vers l'ouest et pentées de 10 à 15° vers le sud (voir figure suivante). Les deux principales couches reconnues sont nommées « Rosalie » (ou couche n°6), de à 0,45 m de puissance et « Coquand » (ou couche n° 7) avec presque 1 m de puissance.

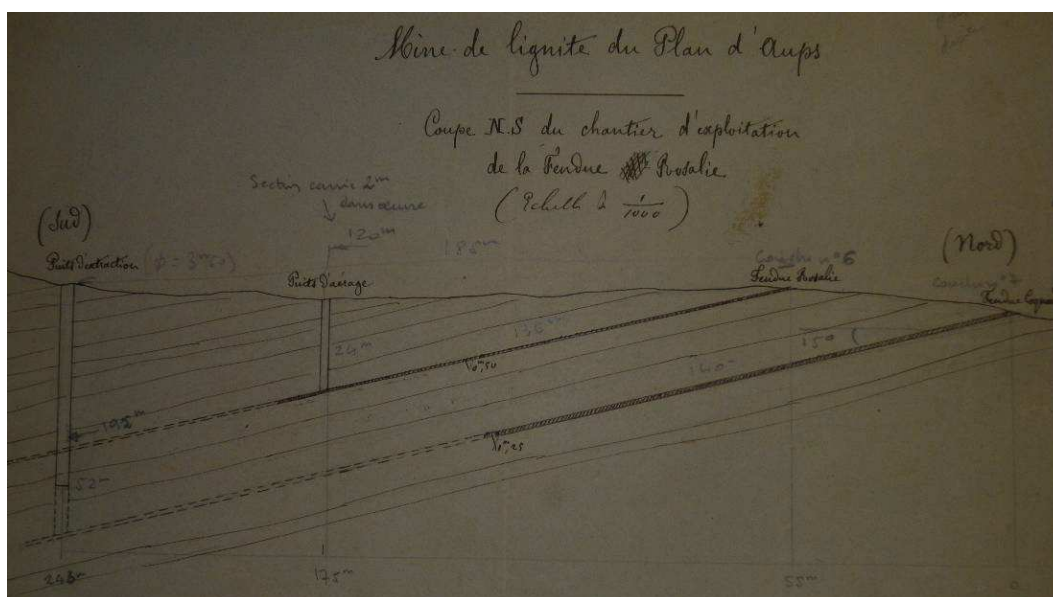


Figure 12 : Coupe des travaux du secteur Giniez (cf. [13]).

A l'ouest de la concession (secteur La Chapelle), les travaux ont rencontré une couche de lignite nommée « la Toulonnette » ou couche n° 5 de 10 à 12° de pendage vers le sud et de 0,4 à 0,5 m d'épaisseur.

Au nord de la concession (secteur Magdeleine), les travaux ont recoupé une couche ou un amas nommé « Juliette ». Elle a quasiment 3 m de puissance au niveau du puits Magdeleine (14 m de profondeur) et elle est pentée vers le nord-est. L'extension du gisement sur ce secteur est très restreinte, les travaux buttent rapidement sur des failles à rejet important.

6 CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

D'après les données hydrogéologiques régionales, le secteur d'étude est situé au sein d'une masse d'eau de niveau 1 de type « *Dominante sédimentaire* ».

6.1 Concessions de Plan d'Aups, Gémenos et Garbalan

- Le cours d'eau principal de ce secteur est l'Huveaune, qui prend sa source au nord du Plan d'Aups et se jette dans la Méditerranée à Marseille (50 km environ). La concession du Garlaban est située en rive droite de l'Huveaune. Elle est traversée par 2 petits cours d'eau temporaires.

Les concessions de Plan d'Aups et de Gémenos sont situées en rive gauche de l'Huveaune. Deux ruisseaux recoupent ce secteur : le ruisseau de la Maire et le torrent du Fauge. Il s'agit également de cours d'eau temporaires et à régime torrentiel en période d'orage, qui burinent de leurs thalwegs, les massifs d'Allauch et de la Sainte-Baume.

- Sur le plateau du Plan d'Aups, les calcaires du Crétacé supérieur sont percés de nombreux avens, tandis que le relief, qui s'élève au nord (la Caïre) est intensément lapiazé. Le karst du Plan d'Aups est très actif, comme en témoigne la forêt de la Sainte-Baume.

6.2 Concession de Bastide Blanche

- La rivière « le Cauron » traverse la concession de Bastide Blanche du sud vers le nord. Elle possède deux affluents le ruisseau du Mouline et celui de Bernarde (données SANDRE⁵).
- Très tectonisés et compartimentés, les dolomies et calcaires à hippurites du Jurassique supérieur sont en fait drainés, au long de leur parcours, par les vallées de l'Argens et surtout du Cauron qui les recoupent, et les sources sont alors peu nombreuses.

Sur les 4 concessions étudiées, au regard des informations disponibles, il est estimé que l'essentiel des travaux souterrains est ennoyé.

⁵ Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau, <http://www.sandre.eaufrance.fr/>

7 HISTORIQUE DES CONCESSIONS ET DES TRAVAUX MINIERS

7.1 Concession de Garbalan

La concession de Garlaban a été instituée par Ordonnance le 22 septembre 1824.

Les travaux miniers ont été réalisés entre la fin du 18^{ème} siècle et les années 1880. En 1930, le concessionnaire a réalisé un dossier de renonciation qui a été accepté par Décret le 26 avril 1932.

La concession du Garlaban n'a jamais connu de véritable exploitation, tout au plus des phases d'exploration ponctuelles et peu étendues. Des documents décrivent ces travaux mais aucune localisation certaine n'a pu être établie (un secteur de localisation supposée a finalement été défini).

L'historique détaillé des travaux est proposé en annexe 1. Ci-après sont synthétisés les principaux éléments :

- fin du 18^{ème} et au début du 19^{ème} siècle : creusement de « *plusieurs plans inclinés* » aux affleurements connus ;
- première moitié du 19^{ème} siècle : alternance de périodes de chômage et de périodes des travaux de recherche ponctuels (fonçage du puits de Pâques, du puits Négrel, de deux autres puits et deux descenderies) qui révèlent un gisement très irrégulier et des difficultés liées aux venues d'eau. La concession est alors définie comme « *inexploitable* » et les travaux sont stoppés ;
- 1929 : dernière tentative exploratoire, elle reste sans succès ;
- 20 octobre 1931 : constat par un ingénieur TPE de l'obturation de 2 puits.

7.2 Concession de Gémenos

La concession de Gémenos a été instituée par décret en janvier 1856.

Les travaux miniers ont été réalisés entre la fin du 18^{ème} siècle et, très probablement, les années 1860. En 1962-1964, la déchéance des propriétaires et l'annulation de la concession ont été prononcées (arrêtés du 20/07/1962 et du 24/04/1964).

La concession du Gémenos n'a connu que des travaux de recherche limités ou des fouilles. Peu d'informations décrivent ces travaux et aucun plan minier n'a été retrouvé. Toutefois, les descriptifs d'archives localisent certainement les explorations dans le secteur de la « la Glacière » (au pied du pic de Bertagne). L'historique détaillé des travaux est proposé en annexe 1, de manière synthétique il s'agit de :

- fin du XVIII^{ème} siècle et au début du XIX^{ème} siècle : creusement de galeries et/ou de fouilles au pied du pic de Bertagne afin « *de tirer parti du combustible* » ;
- 1839 : autorisation de disposer des produits de recherche pour 2 ans :
 - poursuite des fouilles qui « *alimentent quelques fours à plâtre...* » ;
 - « *les derniers travaux ont poussé l'exploration jusqu'à plus de 100 m du jour (...)* dans le voisinage de la Glacière » (cf. [8]).

- 1855 : au quartier de la Glacière, on constate « *des restes d'excavations, des travaux d'anciennes galeries et quelques tas de déblais qui sont autant de témoins des travaux dont ce gisement a été l'objet* » (cf. [8]) ;
- 1856 à 1861 : « *concession inexploitée* » (PV de visite), elle le restera vraisemblablement jusqu'en 1962 ;
- 1962 : annulation de la concession de Gémenos.

7.3 Concession de La Bastide Blanche

La concession de la Bastide Blanche a été instituée par deux décrets du 5 décembre 1866 et du 27 décembre 1871 (périmètres différents). La superficie de la concession actuelle est de 499 ha.

Les travaux miniers ont été réalisés entre 1865 et 1921. En 1936, la concession est renoncée par décret du 16 septembre.

Cette concession a connu des phases d'exploitation souterraine tout en restant probablement limitée à un marché régional. Son historique détaillé est proposé en annexe 1.

Des plans de travaux et les synthèses des rapports d'Ingénieurs localisent les exploitations au sein de deux quartiers principaux et d'un secteur de recherche (cf. tableau 2).

Secteur	Condensés historiques
Jas de Ribié	Il s'agit des plus anciens travaux répertoriés sur la concession. Ils se sont déroulés entre 1865 et 1879. Les travaux ont été réalisés d'abord à partir de descenderies percées directement à l'affleurement de la couche n° 3 puis à partir d'un puits d'extraction pour l'exploitation de l'amont pendage. L'exploitation est abandonnée en 1879 faute de rentabilité
Bastide Blanche	Il s'agit du secteur d'exploitation le plus important de la concession. Ces travaux ont eu lieu entre 1911 et 1921 : niveaux tracés et exploitation totale des panneaux les moins profonds (à moins de 50 m). 11 mars 1921, les travaux sont définitivement arrêtés car en s'approfondissant, le gisement s'est révélé de plus en plus compliqué à exploiter : nombreuses failles avec rejets, passées stériles, épuisement, etc.
Secteur de recherche par puits et galeries	1871 : fonçage du puits dit « <i>puits à charbon</i> » sur la limite est de la concession, à environ 450 m à l'est du quartier Jas de Ribié. Deux recettes sont creusées au fond du puits puis faute d'exhaure suffisant, il est abandonné en 1872. 1912 : fonçage d'un autre puits (noté sur le plan 8 de 1920, voir paragraphe 4.8 « <i>ancien puits d'extraction</i> ») est foncé au lieu-dit « la maison Blanche », à environ 500 m au sud-est du quartier de la Bastide Blanche.

Tableau 2 : Historique synthétique des travaux de la concession de Bastide Blanche

Remarque :

1/ Au sein du secteur Jas de Ribié de la pierre à ciment a été exploitée entre les couches n° 2 et n° 3, à partir du puits d'extraction.

2/ D'autres travaux miniers de la concession de Bastide Blanche n'ont pas pu être localisés, les seules indications retrouvées sont :

- 1870 : « *l'ancien chantier du puits Saint Louis est abandonné* » (cf. [11]) ;
- 1870, « *nouveaux travaux de recherche au-delà de la limite sud-ouest de la concession : fouilles aux affleurements et quelques descenderies ouvertes dans une couche de 2,5 m dirigée NE et pentée à 35°NO* » (cf. [11]).

7.4 Concession de Plan d'Aups

La concession de Plan d'Aups a été instituée le 23 décembre 1829. Elle porte sur une superficie de 886 ha.

Les travaux miniers ont été réalisés entre 1829 et 1918. En 1987, la renonciation de la CIM (Compagnie Industrielle et Minière), dernier titulaire connu, est acceptée par arrêté du 14 octobre 1987.

L'historique de ces travaux est proposé, par secteurs connus (nombre de 4) dans le tableau suivant (les détails sont présentés en annexe 1).

Secteur	Condensés historiques
La Brasque	Des travaux ont eu lieu par intermittence de 1786 à 1918, (cf. [13]) : 1786 à 1828 : premiers travaux recensés et galeries de reconnaissance pour la demande en concession 1853 à 1863 : période la plus productive du secteur (plusieurs descenderies sont réalisées, galerie de la Brasque ou Stollen et 6 chantiers sont en cours en 1861) 1878 et 1879 : travaux à la galerie Saint-Pierre (nouvelle galerie ou reprise de la galerie de la Brasque) et percement de la descenderie de la route de Gémenos 1918 : tentative de reprise des travaux à la galerie de la Brasque (déblayage, boisage, etc.) puis arrêt des travaux faute de rentabilité
La Chapelle	1859 : fonçage du puits de reconnaissance de la Chapelle (abandon en 1860), puis arrêt des travaux 1878 et 1879 : creusement des 2 descenderies Nemours 1 et 2 et réalisation de plusieurs fouilles à l'affleurement. Quelques « chantiers » auraient été ouverts sur la descenderie Nemours 1 mais ils sont arrêtés fin 1879 1918 : remise en état d'un puits (peut-être le puits de la Chapelle) puis arrêt définitif des travaux faute de rentabilité
Magdeleine	Des travaux de recherche sont réalisés sur ce secteur entre 1886 et 1888, un puits dit « Magdeleine » (ou Juliette), 2 descenderies et un travers-bancs (hors concession) sont creusés. Quelques chantiers sont entrepris puis le secteur est abandonné faute d'extension du gisement
Giniez	Il s'agit du secteur ayant connu les plus importants travaux de la concession : 1828 : travaux de reconnaissance pour la demande en concession 1854 à 1859 : multiplications des ouvrages de recherche (puits Henry, fendues Coquand et Rosalie, puits Giniez, notamment) 1859 à 1867 : développements de plusieurs chantiers d'exploitation, notamment sur la fendue Rosalie (10 chantiers d'abattage sur recoupes en 1865) puis arrêt des chantiers 1876-1884 : reprise des travaux en couches Coquand et Rosalie (extraction réalisée auparavant à partir des fendues du même nom, elle se fait désormais via le puits Henry). Les anciens travaux sont notés « effondrés et ennoyés ». De nombreux puits (non localisés) de faibles profondeurs explorent les couches Coquand et/ou Rosalie 1880 : une galerie de recherche est creusée à proximité de la ferme de Giniez 1888 : reprise d'anciens travaux puis abandon en 1889 1918 : tentative de reprise des travaux puis arrêt faute de rentabilité

Tableau 3 : Historique synthétique des travaux de la concession de Plan d'Aups

Selon les informations rassemblées et synthétisées ci-dessus, il semble que la concession de Plan d'Aups ait connu des périodes d'extraction notable de lignite par ouvrages isolés (galerie, fouilles et grattages creusés) et une phase d'exploitation par chantiers.

8 METHODES D'EXPLOITATION ET CARACTERISTIQUES DES TRAVAUX

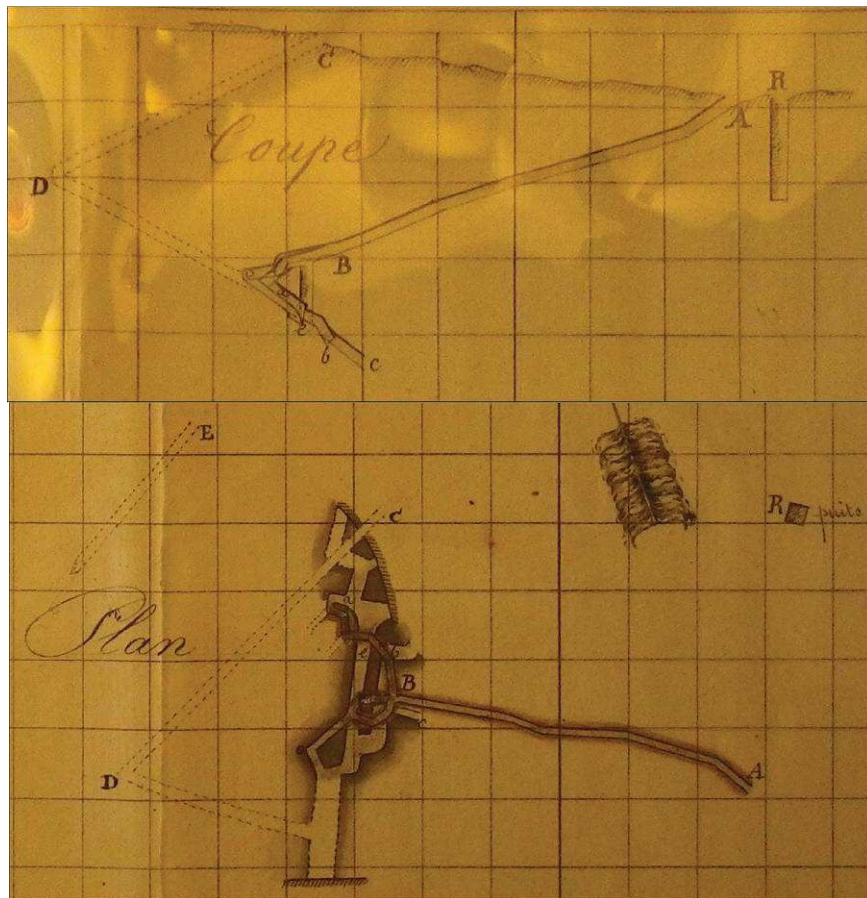
Compte tenu de l'hétérogénéité des secteurs, un descriptif de la nature des travaux miniers et des méthodes d'exploitation par zones est nécessaire.

8.1 Concession de Garlaban

L'exploration et les recherches minières ont été réalisées au moyen de (cf. figure 13) :

- descenderies suivant le pendage des couches ;
- de galeries de niveaux creusées horizontalement dans une couche donnée ;
- de puits de 5 à 84 m de profondeur.

Le développement des travaux miniers sur la concession du Garlaban est très faible.



**Figure 13 : Vues en coupe et en plan des travaux
(d'après l'unique plan des travaux de la concession de Garlaban datant du 1826, AD 13)**

Les caractéristiques des travaux ne sont que partiellement connues :

- le puits de recherche de 1849 de 84 m de profondeur présente une section carrée de 3 m de côté ;
- le second puits de recherche présente, au fond, deux galeries de 34 et 56 m de longueur ;
- les descenderies et les travaux de 1776 présentent une pente de 40° à 60° et la descenderie de 1929 est pentée à 54°.

Les sections des galeries sont modestes : environ 1,5 m de haut et 2 à 3 m de large (voir plan ci-dessus).

8.2 Concession de Gémenos

Les travaux consistent essentiellement en des excavations et des galeries isolées creusées à l'affleurement, en suivant la couche.

Le développement des travaux miniers est faible.

La seule caractéristique retrouvée concerne la longueur de la galerie principale égale à 112 m.

8.3 Concession de La Bastide Blanche

8.3.1 Quartier Jas de Ribie

Les premiers travaux, effectués à partir de l'affleurement de la couche n°3, ont consisté en des descenderies en couche et des galeries d'allongements en direction de la couche. Ensuite, un puits d'extraction a été aménagé (35 m de profondeur) et l'exploitation a débuté, en amont pendage, par des chantiers de « *des tailles montantes de 15 à 20 m de largeur remblayées par déblais du jour (mélangés au stérile de la couche)* », PV de 1878, [7], voir plans en annexe.

Au sein des 3 couches connues, les travaux ont essentiellement portés sur la couche n° 3 ou « grande mine ». Au final, l'emprise des travaux souterrains est d'environ 1 ha.

Epuisement et venues d'eau :

L'exhaure était organisée autour de :

- une galerie d'écoulement débouchant à la cote 345 m (NGF) ;
- d'une petite machine à vapeur ;
- d'une albraque de 100 m³ à la base du puits, et l'épuisement de ce volume (quelques heures par semaine) suffisait à tenir la mine hors d'eau.

Aérage :

L'aérage se faisait naturellement entre les différents ouvrages débouchant au jour (un puits a été foncé uniquement à cet usage).

Quatre entrées de galerie ou descenderies, une galerie d'écoulement et deux puits (un d'extraction et un d'aérage) ont été répertoriées.

8.3.2 Quartier de La Bastide Blanche

Ce quartier a connu une exploitation rationnelle par tailles remblayées présentant les caractéristiques suivantes (cf. [11] et figure 14) :

- 6 niveaux (un tous les 15 m). Les niveaux ou étages étaient reliés par des « *remontées espacées de 20 m en moyenne* » ;
- chaque panneau ainsi découpé était exploité par « *des tailles montantes très étroites (3 m au maximum)* ». Les tailles étaient immédiatement « *remblayées par des déblais provenant de la surface et des stériles de la couche* » ;
- le boisage et l'entretien des galeries de niveaux étaient réalisés régulièrement (présence récurrente d'argiles aux épontes) ;

- les remontés étaient boisées puis remblayées une fois le panneau entièrement exploité ;
- ouverture des travaux est en « moyenne de 2 m et elle atteint parfois 4 à 5 m ».

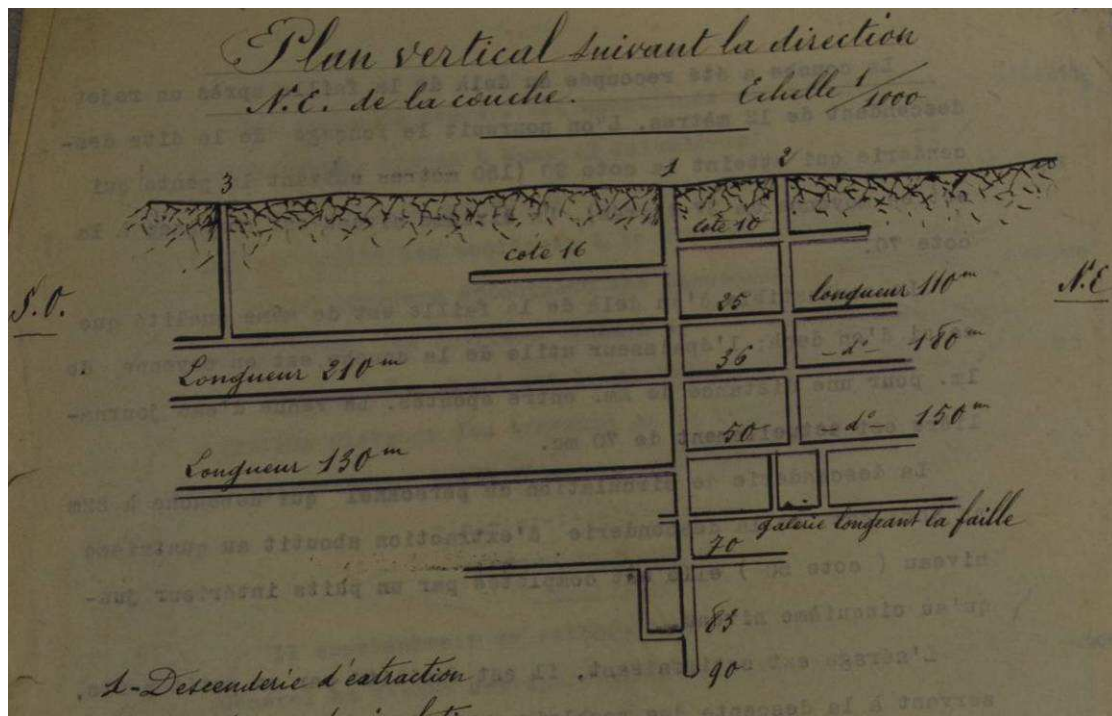


Figure 14 : Coupe des travaux de Bastide Blanche (PV de 1819 - (cf. [11]))

Epuisement et venues d'eau :

L'épuisement était réalisé avec plusieurs pompes placées à différents étages et refoulant l'eau au jour. Le débit quotidien épuisé est de 70 m³ et atteint 150 m³ lors des périodes pluvieuses.

Aéragé :

L'aéragé était bon, deux puits ont été foncés à cet effet et des « portières » étaient mise en place pour définir un circuit d'aéragé.

8.3.3 Autres sites

- Le puits dit « puits à charbon » de 1871 est profond de 20,5 m. Dans la couche inférieure, deux galeries d'allongement d'une dizaine de mètres de longueur et ont été réalisées de part et d'autre du puits.
- Le puits dit « ancien puits d'extraction » de 1912 est certainement borgne et profond de 4 m.

8.4 Concession de Plan d'Aups

8.4.1 Secteur de la Brasque

Les principaux détails d'exploitation révèlent que les travaux ont été réalisés par :

- grattages ou tranchées à ciel ouvert ou petites descenderies foncées directement dans la couche de lignite. Les affleurements sont décrits comme « *déhouillés* » (cf. [13] - sans précision complémentaire ;
- travers-bancs, recoupes et chantiers de « *déhouillage* » (cf. [13] - galerie TB de la Brasque d'une centaine de mètres, 6 chantiers).

8.4.2 Secteur de La Chapelle

Les travaux principaux de ce secteur ont été : le creusement des 2 descenderies parallèles en couche, les descenderies Nemours 1 et 2, de 60 et 45 m de longueur et probablement un « *chantier d'exploitation* » sur la descenderie Nemours 1 (sans détail sur la méthode).

D'autres ouvrages isolés ont également été creusés (sans caractéristique plus précise).

8.4.3 Secteur Magdeleine

Le puits Magdeleine (de 20 m de profondeur) dessert « *quelques chantiers d'exploitation* » (sans détail sur la méthode), deux petites descenderies en couche et un travers-bancs complètent ce schéma.

8.4.4 Secteur de Giniez

Deux types d'exploitation ont été identifiés, ils concernent les couches Coquand et Rosalie :

- puits et galeries isolés, certainement de recherche, de faible profondeur (15-20 m) : caractéristiques précises inconnues ;
- chantiers d'exploitation desservis par 2 descenderies, 1 puits et un réseau de recoupes : sans détail sur la méthode.

8.4.5 Synthèse

Un tableau de synthèse et d'homogénéisation des méthodes d'exploitation est proposé ci-après. Il a été établi sur la base des informations présentées ci-avant.

Zones	Type exploitation	Extensions connues	Profondeurs
Concession de Garlaban (secteur et quartier non localisés)	Galeries et puits isolés pour recherches minières Pente des travaux : 40° à 60°. Ouverture des travaux : inconnue	Ouvrages isolés : galeries de 30 à 80 m d'extension au sein d'un périmètre de 160 x 260 m.	Certainement < 84 m
Concession de Gémenos (secteur de la Glacière)	Excavations et des galeries isolées pour recherches minières Pente des travaux : inconnue. Ouverture des travaux : inconnue.	Une galerie en travers- bancs de 112 m d'extension au sein d'un périmètre de 150 x 500 m	Probablement < 40 m
Concession de Bastide Blanche Secteur Jas de Ribié	Tailles remblayées : Pente des travaux : 20 à 30°. Ouverture des travaux : inconnue.	200 m d'est en ouest 60 m du nord au sud	0-35 m, pour les chantiers de tailles < 70 m, pour les traçages
Concession de Bastide Blanche Secteur Jas de Bastide Blanche	Tailles remblayées : Pente des travaux : inconnue. Ouverture des travaux : 2 m en moyenne et 4-5 m localement.	400 m du nord-est au sud-ouest 120 m du nord-ouest au sud-est	0-100 m chantiers de tailles et traçage
Concession de Bastide Blanche Autres secteurs	Puits isolés et galeries rayonnantes pour recherches minières.	10 m de galerie rayonnante au fond du puits.	4 et 20 m
Concession de Plan Aups Secteur La Brasque	Excavations et des galeries isolées pour recherches minières	Inconnue	Inconnue
	Chantiers de « déhouillage » (sans détail sur la méthode) Pente des travaux : inconnue. Ouverture des travaux : inconnue.	Périmètre de 180 x 900 m. Déhouillage sur quartier de 40 m x 40 m	Probablement < 50 m
Concession de Plan Aups Secteur de la Chapelle	Chantiers de « déhouillage » (sans détail sur la méthode) Pente des travaux : inconnue (couches de 10 à 12° de pendage vers le sud) Ouverture des travaux : inconnue (couches de 0,5 m d'épaisseur)	Périmètre de 70 x 100 m Déhouillage sur quartier de 20 x 20 m	Probablement < 20 m
Concession de Plan Aups Secteur Magdeleine	Chantiers de « déhouillage » (sans détail sur la méthode) Pente des travaux : inconnue. Ouverture des travaux : inconnue (couche de 3 m)	Périmètre de 160 x 180 m Déhouillage sur quartier de 30 x 30 m	Probablement < 20 m
Concession de Plan Aups Secteur Giniez	Puits avec galeries rayonnantes et galeries isolées pour recherches minières	Périmètre de 250 x 500 m	Probablement < 15-20 m
	Chantiers de « déhouillage » (sans détail sur la méthode) Pente des travaux : inconnue (couches de 10 à 15°) Ouverture des travaux : inconnue (couches de 0,45 à 0,80 m).	Périmètre de 120 x 150 m Déhouillage sur quartier de 40 x 50 m	0-30 m, pour les quartiers déhouillés. < 50 m (au puits Henry), pour les traçages

Tableau 4 : Synthèse des méthodes d'exploitation suivies, par secteurs

9 PRODUCTION

Les données de production retrouvées sont synthétisées ci-dessous (cf. tableau 5). Les conditions d'exploitation difficiles, la mauvaise qualité du lignite extrait et la concurrence du minerai de qualité du Bassin de Fuveau tout proche n'ont jamais permis aux exploitations des 4 concessions étudiées ici de produire de grandes quantités de lignite.

Concessions	Données de production retrouvée	Estimations
Concession de Garlaban	Aucune donnée	Etant donné l'irrégularité du gisement, la faible étendue des travaux recensés et l'absence notable d'indices et d'ouvrages miniers retrouvés effectués, le volume de lignite extrait est probablement faible.
Concession de Gémenos	Aucune donnée	
Concession de la Bastide Blanche	Quartier Jas de Ribié, Erreur ! Source du renvoi introuvable. : Entre 1866 à 1879 : productions journalières de 3 à 4 tonnes et de 10 à 12 tonnes lors des périodes les plus productives Site du puits à charbon : Environ 5T/jr entre 1871 et 1872. Quartier Bastide Blanche : Production totale : 31 000 tonnes.	L'ordre de grandeur de la quantité totale de lignite extrait sur la concession est estimé à 50 000 tonnes.
Concession de Plan d'Aups	Tous quartiers : De 5 ou 6 T/jr en général à 15 ou 20 T/jr lors des périodes les plus productives	-

Tableau 5 : Données de production des concessions étudiées

10 ETAT ACTUEL DES SITES

10.1 Les ouvrages débouchant au jour (ODJ)

Les informations sur chaque ODJ, localisé et/ou matérialisé, sont synthétisées dans les tableaux en annexe 5. Elles sont peu nombreuses et ne concernent qu'un nombre limité d'ODJ :

- profondeur des puits : entre 5 et 84 m ;
- galeries ou descenderies en couche de 15° à 50° de pente à sections plus ou moins rectangulaires, typiquement « 1,9 m de large et 1,7 m de hauteur » ;

Les seules données relatives aux traitements des ODJ sont les suivantes :

- un des 2 puits de 1849 sur la concession du Garlaban aurait « été comblé sur plancher, dallé et équipé d'un muret en tête » en 1931 ;
- une des descenderies de 1849 sur la concession du Garlaban aurait « été dallée par une dalle en béton armé de 0,25 m d'épaisseur » ;
- en 1984, le puits de la Madeleine est décrit comme « remblayé » (cf. [13]) ;
- en 1931, PV de cette année (cf. [11]) :
 - le puits 13 est laissé « ouvert et équipé d'une pompe » ;
 - les deux descenderies de Bastide Blanche et le puits 8 « ont été comblés par apport de terre », il ne reste que de « légères dépressions » ;
 - les deux descenderies de Jas de Ribié ont été « fermées par des murs de 0,5 m fait à 1 m en retrait de l'orifice puis comblés de terre » ;
 - Tous les autres ouvrages « ne sont plus visibles ».

D'après les archives compulsées, au sein du périmètre d'étude, ont été recensés et « à peu près⁶ » localisés :

- 18 puits/cheminées (1 sur la concession du Garlaban, 0 sur celle de Gémenos, 5 sur celle de la Bastide Blanche, 11 sur celle de Plan d'Aups et 1 hors titre) ;
- 25 descenderies et galeries débouchant en surface (3 sur la concession du Garlaban, 1 sur celle de Gémenos, 6 sur celle de la Bastide Blanche, 15 sur celle de Plan d'Aups et 0 hors titre).

En outre, environ 6 ODJ sont nommés dans les archives mais aucun indice n'a permis de les localiser : le puits de « Pâques », le puits « Négrel », les « 1 des 2 puits de 1849 » de la concession du Garlaban, le puits « Saint Louis » sur la concession de Bastide Blanche et les puits « n°2 et n°3 » sur la concession de Plan d'Aups.

Enfin, les archives mentionnent régulièrement l'existence de « nombreux puits, descenderies ou galeries » sans aucune autre information. Cette mention concerne particulièrement, la concession du Garlaban, le quartier de la Glacière de la concession de Gémenos, les quartiers de La Brasque et de Giniez de la concession de Plan d'Aups.

Tous ces ouvrages ont été cherchés sur le terrain. Malgré des investigations poussées, nous n'avons pu matérialiser que 8 ODJ avec certitude, soit 19 % des ODJ pré-localisés.

⁶ Localisation issue du géoréférencement de plans miniers ou de triangulations par rapports à des repères et des distances détaillées dans des textes d'archives.

10.2 Les travaux miniers souterrains

Parmi les zones de travaux souterrains recensés, aucune n'a pu être investiguée car aucun accès n'y est possible. Les quelques descenderies et puits observés comme ouverts sont envoyés à quelques mètres de leur entrée ou de leur tête.

10.3 Les désordres observés en surface

Les données d'archives ne décrivent qu'un seul désordre, il s'agit d'un « *éboulement dans une partie non murillée du puits d'extraction* » du quartier Jas de Ribié de la concession Bastide Blanche survenu en 1878 (cf. [11]).

Sur l'ensemble des secteurs concernés par les travaux miniers, nous avons pu localiser 9 désordres dont l'origine minière a été retenue (cf. tableau 6). Il s'agit essentiellement de dépressions en surface, de type effondrements localisés, aux diamètres compris entre 2 et 7 m.

N°	Concession / Secteur	Type Désordre	Dimensions L x l x h (m)	Nature terrain	Travaux connus	Observations
D1	Plan d'Aups / Magdeleine	Effondrement localisé	4 x 2 x 1	Calcaire	oui (non localisé avec certitude)	Il peut s'agir d'un fontis sur travaux ou d'un ouvrage débouchant au jour (tassement remblais ou débouillage partiel). Espace ouvert, zone boisée avec chemin forestier à quelques mètres.
D2	Plan d'Aups / Magdeleine	Effondrement localisé	3 x 3 x 1,5	Calcaire	oui (non localisé avec certitude)	
D3	Plan d'Aups / Magdeleine	Effondrement localisé	4 x 4 x 2	Calcaire	oui (non localisé avec certitude)	
D4	Plan d'Aups / Magdeleine	Effondrement localisé	4 x 4 x 1	Calcaire	oui (non localisé avec certitude)	Dépression en eau. Il peut s'agir d'un fontis sur travaux ou d'un ouvrage débouchant au jour (tassement remblais ou débouillage partiel). Espace ouvert, zone boisée avec chemin forestier à quelques mètres.
D5	La Bastide Blanche / La Bastide Blanche	Effondrement localisé	7 x 7 x 2,5	Calcaire	oui	Effondrement à l'aplomb d'une zone déhouillée à moins de 30 m de profondeur. Espace ouvert, zone boisée.
D6	La Bastide Blanche / La Bastide Blanche	Effondrement localisé	4 x 4 x 2	Calcaire	oui	
D7	La Bastide Blanche / La Bastide Blanche	Effondrement localisé	3 x 3 x 1,5	Calcaire	oui	
D8	Bastide Blanche / Jas-de-Ribié	Effondrement localisé	5 x 5 x 1,5	Calcaire	oui (non localisé avec certitude)	Désordre situé à 20 m à l'est de la position du puits 8. Origine minière incertaine
D9	Plan d'Aups / La Brasque	Effondrement localisé	4 x 4 x 1	Calcaire	oui (non localisé avec certitude)	Entrée de la galerie n°2 (G17)

Tableau 6 : Tableau des désordres observés sur site

10.4 Les dépôts

Au sein des archives compulsées, seuls « quelques déblais épars » sont mentionnés à proximité des grattages du secteur de la Glacière (concession de Gémenos - cf. [8]). D'autre part, la méthode d'exploitation des tailles remblayées suivies sur les quartiers du Jas de Ribié et Bastide Blanche, a « utilisé les stériles et les déblais d'exploitation à des fins de remblayage » (cf. [10] et [11]). Ce point a certainement limité le stockage de stériles en surface

Lors des visites de sites, nous avons observé localement deux types de dépôts :

- déblais ponctuels ou monticules (au nombre de 2) ;
- déblais surfaciques en verses ou terrils (au nombre 3) : de 3 à 8 m de haut et systématiquement végétalisés.

Les informations détaillées sur ces ouvrages sont proposées ci-dessous. Aucun de ces dépôts ne présentait d'indice de combustion ni d'instabilités.

N°	Concession / Secteur	Type	Nature	Surface (m ²)	Hauteur (m)	Pente talus	Végétalisation	Observations
V1	Plan d'Aups / La Brasque	Verse / Tas	Dépôts charbonneux	< 10	< 1	0°	partielle	Trace de dépôts charbonneux visible sur un sentier.
V2	Plan d'Aups / Magdeleine	Verse / Tas	Dépôts charbonneux	< 10	< 1	0°	partielle	
V3	Plan d'Aups / Giniez	Verse tabulaire	Stériles de creusement	2100	4	30°	oui	Stériles de creusement du puits Henry (P35) formant une verse tabulaire au nord (dépôts observé depuis la route).
V4	La Bastide Blanche / La Bastide Blanche	Verse tabulaire	Stériles de creusement	9500	8	40°	oui	Verse tabulaire composée des stériles (sortis par la descenderie (G9)). Présence d'une habitation (même époque que la mine).
V5	La Bastide Blanche / Jas-de-Ribié	Verse tabulaire	Stériles de creusement	1500	3	35°	partielle	Zone boisée comprenant plusieurs monticules / dépôts. Trace d'emprunts postérieure à l'exploitation minière.

Tableau 8 : Tableau des dépôts observés

10.5 Les installations de surface

D'après les archives, des bâtiments miniers ont existé à proximité de certains puits principaux :

- Puits Henry du secteur Giniez (concession Plan d'Aups) ;
- Puits principal du Quartier de Jas de Ribié (concession de Bastide Blanche) ;
- Descenderies principales du quartier de Bastide Blanche (concession de Bastide Blanche).

De plus, une bascule est notée sur certains plans à proximité du secteur Jas de Ribié. Enfin, en 1859-1860, « *un plan incliné automoteur* » est réalisé pour acheminer le minerai extrait sur les concessions de Plans d'Aups et de Gémenos jusqu'au bourg de Saint-Pons (cf. [13]).

Lors de visites de site, nous avons constaté que les bâtiments autour du puits Henry ont été transformés en habitation particulière⁷ comme l'ancienne bascule du Jas de Ribié et les bâtiments autour des descenderies de la Bastide Blanche. Les bâtiments du puits Jas de Ribié, ont, semble-il, fait l'objet d'aménagements en vue d'habitation mais ils sont aujourd'hui à l'abandon.

Des vestiges des ballasts du plan incliné automoteur sont encore ponctuellement visibles.

10.6 Gaz de mine et feu souterrains

Les informations sur cette thématique sont rares, celles retrouvées mentionnent que, dans le quartier Jas de Ribié (concession Bastide Blanche - cf. [11]) :

- « *aucune trace de grisou n'a été relevée* » dans le quartier Jas de Ribié ;
- les mineurs travaillaient « *avec des lampes à flamme nues* » ;
- le lignite extrait « *est très pyriteux, il se délitait systématiquement et parfois s'enflammait seul à l'air libre* » ;
- un incendie souterrain a eu lieu en 1878 dans un chantier « *à proximité du puits d'extraction, le secteur a vite été circonscrit* ».

De plus, le quartier Bastide Blanche (concession Bastide Blanche) a connu, en 1920, un « *incendie souterrain à environ 70 m de profondeur* ».

10.7 Eléments environnementaux

Aucune information spécifique à un éventuel impact environnemental n'a été retrouvée dans les archives. Par contre, le lignite extrait au quartier de Jas de Ribié est décrit comme « *très pyriteux* » (cf. [11]).

Lors de nos investigations sur site, nous n'avons pas observé d'indice ou de trace de potentiel impact environnemental.

⁷ M Auvray.

11 CARTOGRAPHIE INFORMATIVE

11.1 Typologie et incertitudes sur les ouvrages débouchant au jour

Les définitions cartographiques des ouvrages débouchant au jour sont issues de 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 ;*
- un ouvrage « non localisé » : *ouvrage répertorié dans les archives qui n'a pas été retrouvé sur le terrain et qui n'a aucune coordonnée connue.*

Les ouvrages débouchant au jour matérialisés, tous levés au dGPS (Trimble GEO XT), ont une incertitude de localisation de **2 ou 3 m**, selon :

- la position de l'opérateur lors du levé dGPS par rapport à l'ouvrage visé ;
- et du levé dGPS.

Les ouvrages non retrouvés sur le terrain mais localisés à partir de plans géoréférencés ont des incertitudes de localisation variant de **10 à 50 m**. Cette marge est estimée en fonction de l'incertitude de calage du plan qui positionne l'ouvrage et des observations de terrain⁸. La marge d'incertitude peut-être tronquée ou variable selon la direction cardinale. 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 d'après les documents d'archives, mais position incertaine par ailleurs). Dans le cas présent, la majorité des ouvrages repérés sur plans présente une cote « z » ou altimétrique. Cette donnée confère à certains ouvrages non 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.

Dans ce cas d'un ouvrage « non localisé », il n'est pas cartographié en tant que point mais sa position est située au sein d'une zone de travaux de type 2 (cf. paragraphe suivant).

L'incertitude prise pour chacun des ouvrages débouchant au jour peut être consultée dans le tableau relatif de l'annexe 4.

11.2 Typologie et incertitudes sur les travaux miniers souterrains

Compte tenu des spécificités des secteurs étudiés, deux types de représentations des zones de travaux miniers sont proposés sur les cartes informatives :

- type 1 : zone de travaux avérés et localisés et digitalisés à partir de plans miniers, de représentations schématiques de travaux, ou de descriptions triangularisables. L'incertitude de localisation des travaux est liée aux incertitudes intrinsèques et de géoréférencement de chaque plan qui dépend (cf. tableau 11) ;

⁸ Cette marge n'inclue pas l'incertitude liée au support ou fond cartographique.

- type 2 : zone potentiellement affectée par des travaux miniers correspondant à l'enveloppe maximale de localisation supposée de travaux. Cette enveloppe est généralement définie sur la base des localisations sur site d'indices topographiques sûrs (crêtes, fonds de vallon, ruisseaux..) ou du positionnement d'indications géologiques, de type failles, issu des données du BRGM (cartes géologiques ou BSS). L'emprise de ces zones englobe l'ensemble des incertitudes de localisation possibles. Aucune marge d'incertitude supplémentaire ne leur est attribuée.

Les travaux représentés en type 2 sont situés sur les concessions de Garlaban, de Gémenos et de Plan d'Aups et ceux de type 1 sur les quartiers de la concession de Bastide Blanche.

11.2.1 Plans de mines et géoréférencement

Les plans des travaux miniers consultés aux archives sont photographiés ou scannés. Les relevés, effectués au dGPS, des ouvrages débouchant au jour constituent les principaux points de calage des plans des travaux miniers. A défaut d'ouvrage visible en nombre suffisant pour caler les plans, ce sont les repères topographiques du scan 25[®] de l'IGN ou des photographies aériennes (routes, carrefours, anciens bâtiments..) qui sont utilisés comme points de référence. Les plans qui ne présentent pas assez de points de calage connus sont alors calés à l'aide de points calculés à partir de l'échelle et du repère d'orientation qu'est le nord magnétique (connu ou estimé).

Le géoréférencement des données minières s'est avérée pour les sites miniers étudiés très complexe et délicat. En effet :

- la qualité et la précision des plans miniers retrouvés est très hétérogène ; certains sont mêmes contradictoires et d'autres manifestement erronés ;
- les données topographiques classiques (routes, chemins, demeures) ont fortement changé des années 1800 à aujourd'hui, donc peu de repères ou de point de calage ont été levés sur le terrain ;
- peu d'indices ou de traces des travaux de lignite étudiés (généralement limitées à de multiples points de recherche) sont aujourd'hui visibles sur le terrain.

Cette remarque est particulièrement vraie pour les travaux des 3 concessions de Garlaban, de Gémenos et de Plan d'Aups et elle s'applique relativement moins aux cartographies des travaux de la concession de Bastide Blanche, plus récents (1910-1920).

Les plans cartographiques pertinents ont été recalés à l'aide du logiciel ER MAPPER[®] avant d'être exploités sous le logiciel MAPINFO[®]. Les travaux miniers ont été digitalisés (emprises des travaux et ouvrages) pour synthétiser et clarifier l'information sur le fond BD ORTHO[®] de l'IGN.

La liste et des copies des plans des travaux retrouvés et utilisés dans la présente étude sont présentées en annexe 2.

Concession	Secteur	Type	Détails des tracés enveloppes de travaux	Incertitude de localisation ⁹
Garlaban	Garlaban	Type 2	La position des travaux dans l'axe nord/sud de la bande lignitifère est issue de la situation des travaux figurant sur le plan 2 (échelle 1/10 000). L'extension de l'enveloppe travaux autour de cette position est estimée sur la base des travaux cartographiés à partir du plan 1 de 1826 (échelle 1/1 000 mais sans aucun point de repère) avec une marge d'incertitude comprise entre 50 et 100 m. Les limites est et ouest correspondent à l'extension latérale de la formation lignitifère (données des cartes géologiques).	
Gémenos	Glacière	Type 2	La situation de l'entrée de la galerie de la Glacière (G38) est issue du plan 3 de 1827 (échelle 1/10 000). L'extension de l'enveloppe de la zone potentiellement affectée par des travaux miniers correspond à l'emprise de la formation lignitifère (données des cartes géologiques du BRGM).	
Bastide Blanche	Jas de Ribié	Type 1	Digitalisation des plans miniers géoréférencés : plans 5 et 8 (cf. § 11.2.2).	20 m
	Bastide Blanche	Type 1	Digitalisation de plan minier géoréférencé : plan 6 (cf. § 11.2.3).	15 m
	Puits du Charbon (P13)	Type 1	Extension de deux galeries de 10 m de long à partir du puits. Tracé des galeries parallèle à la direction NE-SW des couches. Enveloppe des travaux définie selon un cercle de 16 m de rayon autour du puits = incertitude localisation puits (3 m) + extension galerie (10 m) + incertitude BD Ortho@IGN (3 m)	
	Ancien puits d'extraction (P16)	ODJ	Puits positionné au SW de la croisé deux chemins sur plan 8 (échelle 1/10 000). Chemins et puits digitalisés sur plan 8. Translation de ces objets sur la BD Ortho@IGN (chemin donnant la position du puits. Enveloppe tracée en intégrant la dépression observée sur le terrain (désordre D12) avec une incertitude de 50 m découpée au nord à la limite du chemin	50 m
Plan Aups	La Brasque	Type 2	La limite nord-ouest correspond au talweg du vallon de la Brasque au-delà duquel aucune zone de travaux miniers n'est connue. La limite sud-est correspond à la route menant au Pic de Bertagne : d'après les plans 11 à 14 et les données d'archives minières aucune zone de travaux miniers à l'amont de cette route n'est connue. La limite sud-ouest est issue des mêmes plans. La limite nord-est correspond à la ferme de la Brasque au-delà de laquelle aucune zone de travaux miniers n'est connue.	
	La Chapelle – Fendues Nemours n°1 (G20) et n°2 (G22) + Puisard Nemours (P21)	Type 1	Ouvrages matérialisés (incertitude 2 à 3 m). Travaux digitalisés à partir plan 13 (échelle 1/2 500).	10
	La Chapelle – Descenderie Nemours n°3 (G23)	Type 2	Entrée et galerie G23 positionnées d'après plan 11 (échelle ≤ 1/10 000). Il a été tracé une galerie de recherche de 20 m de longueur (longueur moyenne des galeries de recherche du secteur voisin de la Brasque) suivant la direction indiquée sur le plan 11. Doute sur la réalisation de la descenderie.	50

⁹ Lorsque la valeur d'incertitude indiquée est inférieure à 50 m, celle-ci ne comprend pas celle de la BD Ortho® de l'IGN de 3 m qui est rajoutée dans la cartographie. Lorsque cette valeur est de 50 m, il est estimé qu'elle est suffisamment sécuritaire et intègre de ce fait celle du support cartographique (BD Ortho® de l'IGN ou autre).

Concession	Secteur	Type	Détails des tracés enveloppes de travaux	Incertitude de localisation ⁹
	La Chapelle – Puits de La Chapelle (P19) et Puits Fernand (P24)	ODJ	Puits positionnés à partir du plan 12 (échelle 1/20 000).	50
	La Chapelle – galerie G18	Type 1	Entrée G18 positionnée d'après plan 12 (échelle 1/20 000) Il a été tracé une galerie de recherche de 20 m de longueur (longueur moyenne des galeries de recherche du secteur voisin de la Brasque) perpendiculaire aux cotes NGF de surface et à la direction des couches lignitifères.	50
	Magdeleine	Type 2	La limite nord correspond à une marge de 30 m autour de l'emplacement de l'entrée du TB Magdeleine (G39) positionnée d'après données de Procès-Verbaux (incertitude 30 m). La limite sud correspond à l'entrée de la Descenderie Magdeleine n°2 (G26) matérialisée et levée au dGPS (incertitude 2 m). Les limites est et ouest correspondent à une marge de 30 m autour de l'emplacement de la Descenderie Magdeleine n°1 (G25) et du Puits Magdeleine (P27), positionnés à partir des plans 13 et 14, ainsi que la zone des désordres D1, D2, D3 et D4 observée.	
	Giniez (principal), zone des Fendues Coquand (G32) et Rosalie (G33)	Type 1	Digitalisation des plans miniers géoréférencés : plans 9 et 10 (cf. § 11.2.4).	30
	Giniez (secondaire), zone de travaux des Puits Henry (P35), Aumale (P28), Frédéric (P29), Joinville (P30) et de recherche (P31)	Type 2	La limite nord correspond à une marge de : <ul style="list-style-type: none"> • 30 m autour des entrées des Fendues Coquand (G32) et Rosalie (G33) (positionnées sur les plans 9 et 10) ; • 50 m autour des puits Aumale (P28), Frédéric (P29) et de recherche (P31) (positionnés à partir des plans 8 (échelle 1/10 000) et 14 (échelles 1/2500 et 1/5000). Les limites sud, ouest et est correspondent à une marge de 50 m autour des différents travaux connus et des puits 31 (P28), Frédéric (P29), Henry (P35) et de recherche (P31).	
	Giniez, zone de la Petite Descenderie (G36)	Type 1	Entrée galerie positionnée à partir du plan 12 (échelle 1/20 000). Il a été tracé une galerie de recherche de 20 m de longueur (longueur moyenne des galeries de recherche) perpendiculaire aux cotes NGF de surface et à la direction des couches lignitifères.	50
	Giniez, zone de la galerie du Plan (G37)	Type 1	Entrée de la descenderie matérialisée (incertitude 2 m). Descenderie de 12 m de longueur tracée à partir de la direction de la galerie levée sur le terrain.	5
	Giniez, zones des puits de recherches P59, P60 et P61	ODJ	Puits positionnés à partir du plan 14 (échelles 1/2500 et 1/5000) construit à partir de la BSS.	50

Tableau 11 : Détail des tracés et des incertitudes des emprises de travaux souterrains

11.2.2 Cas du quartier de Jas de Ribié (concession de Bastide-Blanche)

Le plan de référence est le plan 5 (échelle 1/500 mais sans aucun point de repère). Les travaux ont une extension maximale de 300 m de long et 70 m de largeur globalement centrée sur le puits d'extraction P14. Le plan 5 a été géoréférencé en l'orientant de manière à avoir la flèche nord au nord géographique puis en le translatant de manière à faire correspondre le puits d'extraction P14 avec sa matérialisation levée au dGPS. D'après le plan 8 (échelle 1/10 000), les travaux se situent dans le quadrilatère défini par la rivière Cauron et un affluent au nord et à l'ouest et le chemin qui mène du hameau de Jas de Ribié à celui de La Blanche au sud et à l'est. Ce quadrilatère est de 350 m de long et 140 m de large. En tenant compte de l'extension des travaux compris dans ce quadrilatère, l'incertitude de localisation globale ne peut excéder **20 m** (valeur retenue).

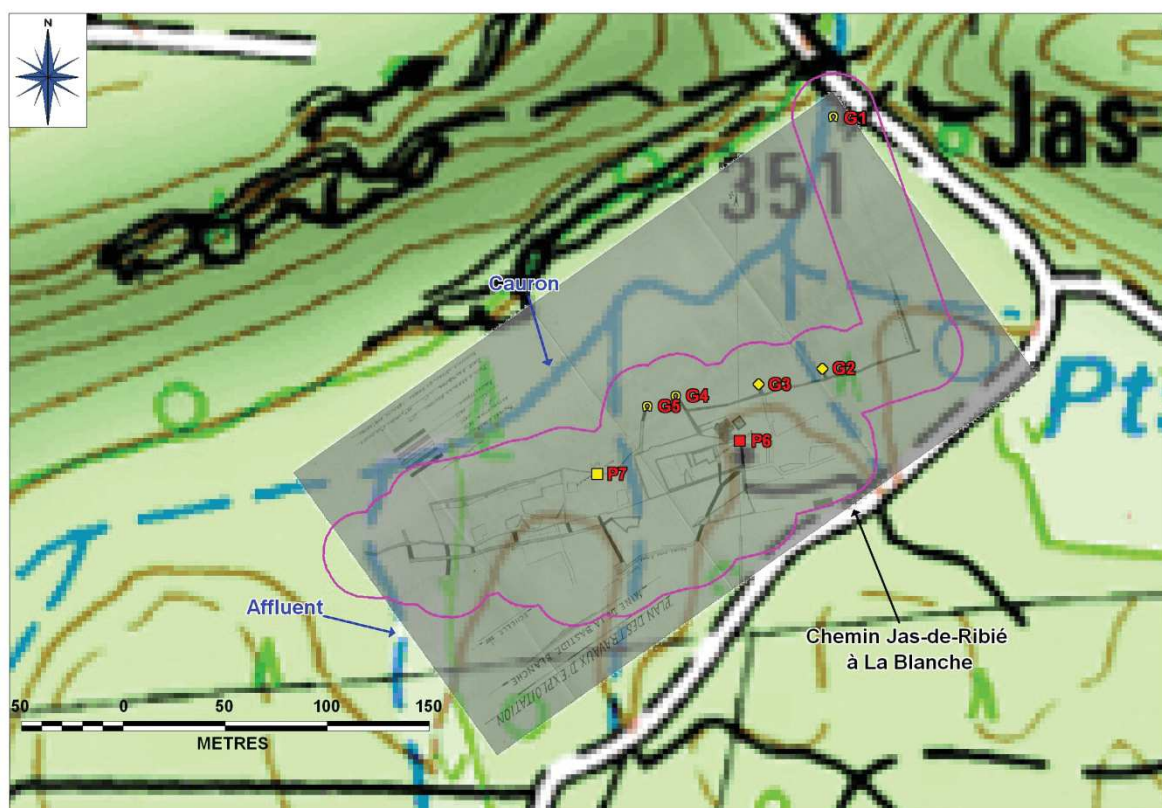


Figure 15 : Cartographie des travaux du Quartier Jas de Ribié

11.2.3 Cas du quartier Bastide Blanche (concession de Bastide-Blanche)

Le plan de référence est le plan 6 (échelle 1/500). Il a été calé à partir des indices de surface (bâtiments et chemins) visibles sur le plan et sur le terrain. Quelques points de calage supplémentaires ont été créés à partir du carroyage du plan et du Nord (pour être sûr qu'il n'y ait pas de déformation aux extrémités). L'incertitude globale de localisation de ce plan est estimée à **15 m**.

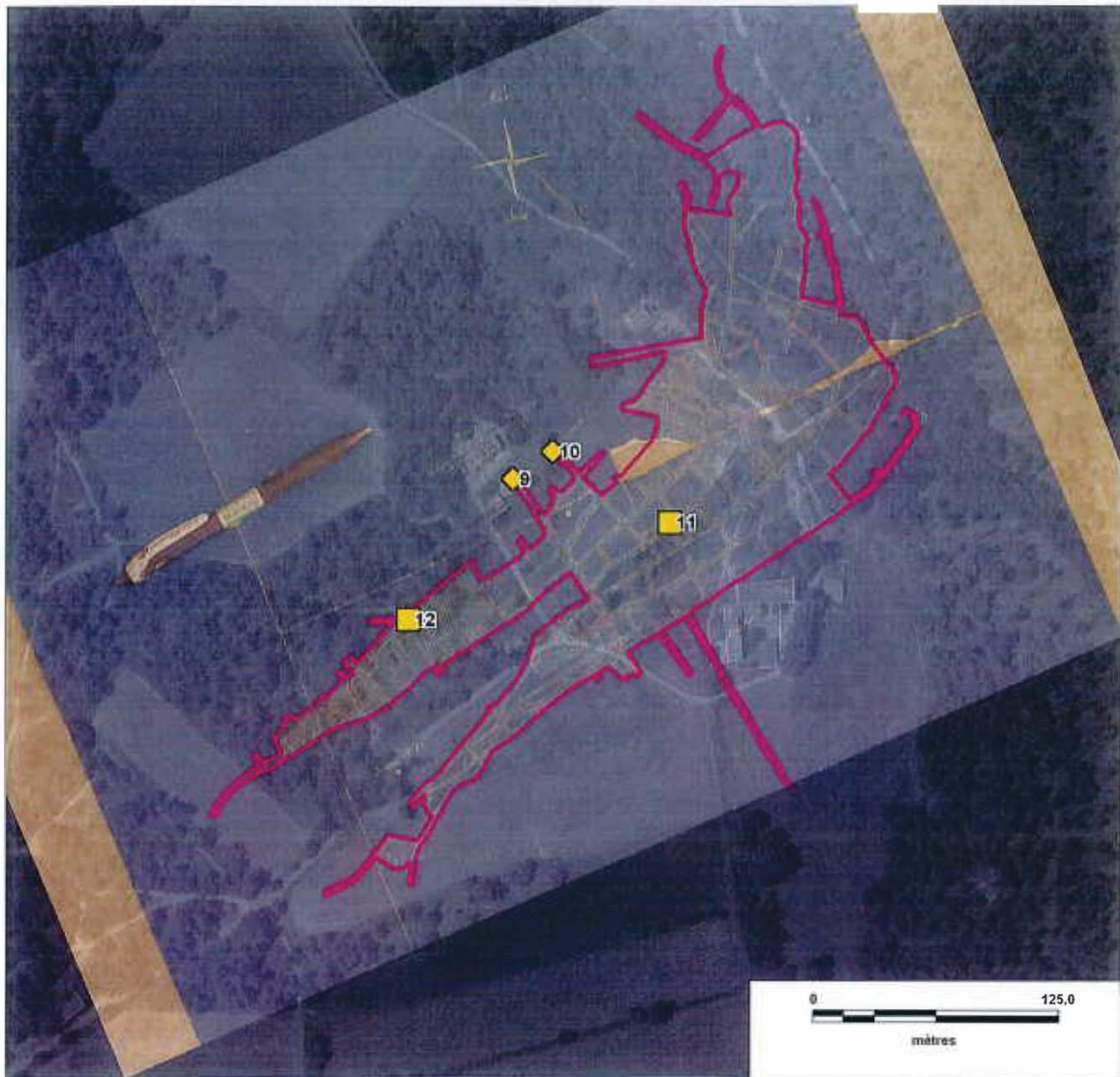


Figure 16 : Cartographie des travaux du Quartier Bastide Blanche

11.2.4 Cas du secteur du quartier de Giniez (concession de Plan d'Aups)

Pour ce secteur, ont été retenus comme représentatifs et utiles les 4 plans de travaux numérotés 9, 10, 11 et 12.

- Plan 9 : il représente, dans sa partie supérieure, une coupe de travaux et, dans sa partie inférieure, une représentation schématique en plan des travaux ;
- Plan 10 : il représente, dans sa partie supérieure, une coupe de travaux et dans sa partie inférieure, une représentation schématique en plan des travaux ;
- Plan 11 : Plan projet à l'échelle de la concession reportant les principaux ODJ ;
- Plan 12 : Plan, « à la main », à l'échelle de la concession.

Les plans 11 et 12, trop approximatifs n'ont pas été retenus comme représentatifs pour le détail des travaux des fendues Rosalie et Coquand. Notons que ces deux plans présentent les deux fendues comme non superposées.

La coupe du plan 9 est un document référence, puisqu'elle précise les valeurs de pendage des travaux et les distances entre les entrées des fendues et les 2 puits 34 et 35 (aéragé et d'exploitation - renommé plus tard Henry-). Ce pendage et ces distances sont validées par ailleurs par des PV de visites. En revanche, le positionnement des entrées des fendues sur la projection du plan 9 n'a pas été retenu comme valide (il s'agit du seul document où les fendues sont superposées, cette superposition n'est en outre jamais mentionnée dans les écrits d'archives).

La coupe du plan 10 est très proche celle du plan 9 et donc tout aussi valide. Il a été jugé que le plan des travaux de la partie inférieure du plan 10 comme étant la meilleure représentation cartographique de ces ouvrages et travaux (plan avec carroyage et détails de tracés fins).

Le point de calage principal des travaux du secteur est le puits Henry (matérialisé), sachant que les deux descenderies visaient ce puits :

- la tête de la fendue Rosalie a été positionnée à 190 m (distance mesurée sur les coupes des plans 9 et 10) suivant la direction donnée par le plan 10 ;
- la tête de la fendue Coquand a été positionnée à 230 m (distance mesurée sur les coupes des plans 9 et 10) suivant la direction donnée par le plan 10.

Le calage absolu du plan 10 est difficile et fait apparaître la fendue Coquand à une trentaine de mètres au nord-est de son positionnement précédent. Ainsi, l'incertitude de positionnement de ces travaux (comme celle des 2 entrées de descenderies) a été estimée de l'ordre de **30 m**.

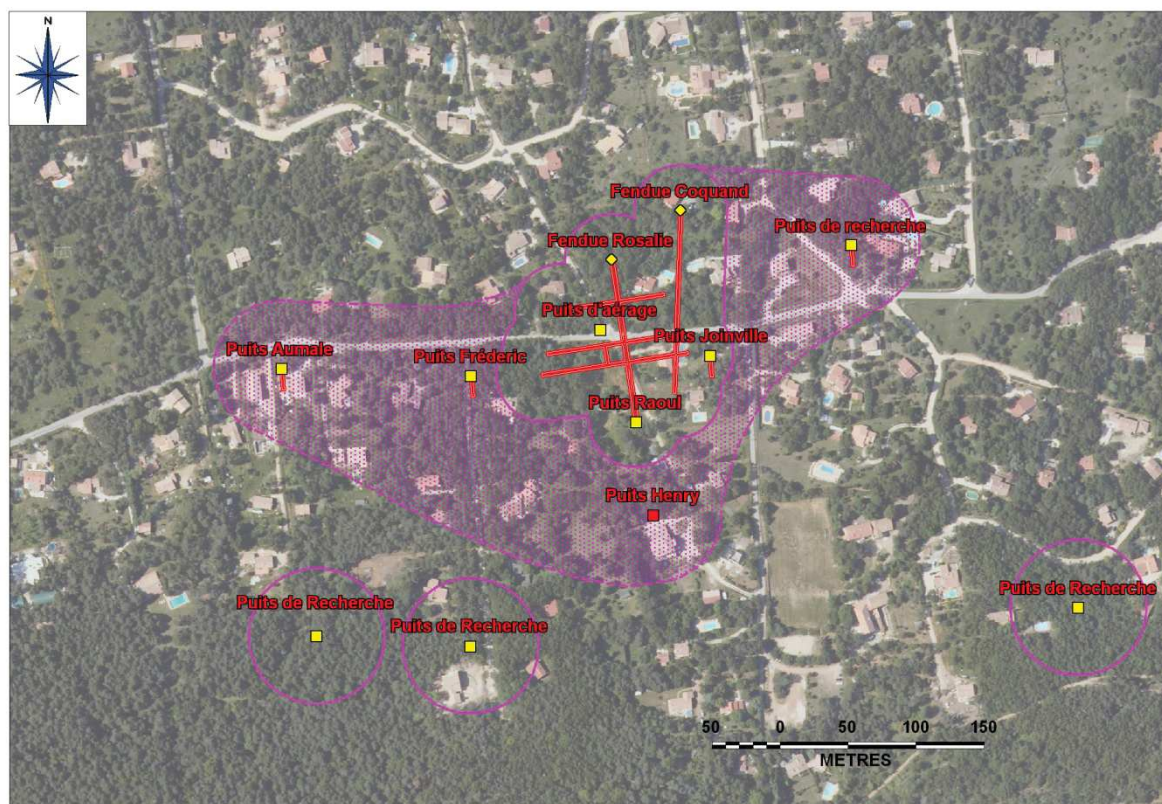


Figure 17 : Cartographie informative du quartier de Giniez (en rose plein = emprise des travaux de type 2, en rose vide = emprise des travaux de type 1)

11.2.5 Cas des affleurements de lignite

Dans le cas des exploitations de charbon, les affleurements des couches minéralisées sont généralement identifiés comme des zones de présence potentielle de travaux. Dans le cadre des exploitations lignitifères étudiées ici cette approche n'a pas été appliquée compte tenu des points suivants :

- sur les 2 concessions de Garlaban et de Gémenos, les enveloppes de type 2 ont été tracées de manière à intégrer toutes les zones où l'on pourrait supposer des travaux (de recherche) ;
- sur la concession de Plan d'Aups :
 - les travaux étudiés sont systématiquement limités ;
 - toutes les zones de travaux décrites dans les textes d'archives et les documents cartographiques consultés ont été identifiées et à peu près positionnées sur la carte informative (sauf deux ouvrages) ;
 - les affleurements sont très mal localisés et couvrent des superficies très étendues (55 ha sur la concession de Plan d'Aups).
- sur la concession de Bastide Blanche, tous les travaux recensés ont été positionnés.

11.3 Incertitude sur les désordres

Les désordres recensés correspondant à des effondrements localisés. Leurs positions ont été levées au dGPS. Ces désordres apparaissent sur la carte informative sous forme de points. Tout comme les ouvrages débouchant en surface retrouvés, l'incertitude de localisation est donc de 2 m.

11.4 Incertitude sur la localisation des dépôts

Aucun dépôt recensé n'est représenté sur les plans miniers retrouvés. Le tracé du contour des 3 dépôts V3, V4 et V5 définis sur la carte informative sont issus des observations de terrain et des indices levés sur les photographies aériennes, ils présentent une incertitude évaluée à 5 m. Les dépôts V1 et V2 de l'ordre de 10 m² de superficie sont quant à eux représentés par des points.

11.5 Système d'information géographique

Les éléments reportés sur la carte informative sont disponibles sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) sous MAPINFO[®] 8.5, au système de coordonnées LAMBERT 93, composé des couches cartographiques suivantes :

- la BD ORTHO[®] de l'IGN ;
- le SCAN 25[®] de l'IGN ;
- les limites des communes ;
- les limites des concessions ou des permis d'exploitation ;
- l'emprise des travaux miniers souterrains ;
- les tranchées ;

- les ouvrages débouchant en surface (entrées de galerie, descenderies et puits) en précisant s'ils sont matérialisés ou localisés (cf. remarque ci-après) ;
- les désordres en surface, connus, actuellement visibles ou répertoriés dans les archives (zone affaissée, effondrements ouverts ou remblayés) ;
- les dépôts.

La nomenclature des objets cartographiques utilisée est :

- Pn pour les puits débouchant au jour ;
- Gn pour les galeries ou descenderies débouchant au jour ;
- Dn pour les désordres ;
- Vn pour les zones de dépôt (tas/verse) ;
- Tn pour les tranchées

n étant un numéro « compteur » arbitrairement choisi.

PHASE D'ÉVALUATION DES ALÉAS

12 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.

12.1 Phénomènes écartés

12.1.1 Effondrement généralisé

L'effondrement généralisé ou « en masse » se produit généralement à l'aplomb d'exploitations ayant laissé des vides résiduels importants, telles que les exploitations par chambres et piliers abandonnés, chambres vides ou celles par dissolution.

D'après les recherches effectuées dans le cadre de la phase informative, la totalité des travaux d'exploitation a été réalisé, à moins de 100 m de profondeur, essentiellement par traçage de galeries isolées et par « *déhouillage* » de quartiers avec remblayage immédiat. Ce type d'exploitation n'est pas compatible l'éventualité d'un phénomène en masse, rapide et soudain. La prédisposition du site au phénomène de type effondrement généralisé est nulle. Ainsi, l'effondrement généralisé est écarté de l'évaluation détaillée des aléas menée aux paragraphes suivants.

12.1.2 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.

Dans les secteurs étudiés :

- toute exploitation a été arrêtée avant 1920 ;
- la profondeur des travaux est souvent de l'ordre de 30 m et ne dépasse pas 100 m ;
- les travaux miniers (autres que ceux menés par galeries isolées, naturellement écartées de tout phénomène d'affaissement) ont été réalisés en suivant une méthode de tailles remblayées ;
- les largeurs des panneaux exploités totalement ne dépassent pas 30 m ;
- aucun affaissement ou mouvement n'a été recensé dans les archives.

Ainsi, des vides résiduels peuvent subsister au sein des travaux (galeries d'infrastructure ou zones mal remblayées), mais leur fermeture a probablement déjà eu lieu et conduirait certainement plus à des phénomènes de type effondrement localisé ou tassements qu'un mécanisme plus global de type affaissement.

Sur la base de ces informations (faible profondeur, faible extension et ancienneté des exploitations totales), tout phénomène d'affaissement minier peut être écarté des aléas retenus comme pertinents pour l'analyse suivante.

12.1.3 Impacts hydrodynamiques

La faible extension des quartiers exploités, la situation hydrogéologique revenue à son état initial depuis l'arrêt des travaux (avant 1920) et la nature karstique des aquifères permettent d'écarter des phénomènes a priori possibles :

- les modifications d'émergences ;
- l'apparition de zones détrempées ou de marécages ;
- les inondations des sous-sols et points bas ;

Toutefois, des résurgences temporaires sont susceptibles d'apparaître à la sortie des galeries constituant des drains privilégiés en période de forte pluviométrie.

12.2 Phénomènes retenus

12.2.1 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 calcaires potentiellement karstifiés et fissurés.

Dans ces conditions, le phénomène d'effondrement localisé ne peut pas, a priori, être écarté. Une étude plus argumentée est nécessaire.

12.2.2 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 de type « tas » (V1 et V2), de moins de 10 mètres cubes de volume, peuvent être écartés de tout phénomène de glissement potentiel.

Les autres dépôts, plus imposants, hauts et pentés (V3 à V5), ne peuvent pas être écartés a priori et seront retenus pour une évaluation d'aléa relative aux glissements.

12.2.3 Tassement

Compte tenu des configurations d'exploitation observées, l'aléa tassement devra être évalué dans les configurations suivantes :

- sur les 3 dépôts (V3 à V5). En effet, ils sont, d'une part, constitués de matériaux granulaires simplement déposés et, d'autre part, suffisamment volumineux pour être potentiellement sensibles au phénomène de tassement. Pour les mêmes raisons que précédemment (glissement), les dimensions modestes des dépôts V1 et V2 permettent de les écarter de toute évaluation complémentaire relative aux tassements ;
- à l'aplomb des travaux souterrains remblayés (tailles remblayées). Dans ces secteurs, une remobilisation des remblais est possible, notamment à la faveur de circulations d'eaux souterraines. Ce mécanisme peut se traduire par un recompaction des terrains déstructurés et conduire à des tassements en surface. Une évaluation argumentée doit être menée.

12.2.4 Echauffements sur travaux souterrains et dépôts miniers

Depuis la fin de l'exploitation aucun évènement de ce type n'a été recensé.

Toutefois, le lignite exploité est décrit comme « *pyriteux* ». Cette nature constitue un des critères favorables à l'inflammation du minerai. De plus, les quartiers souterrains de la concession de la Bastide Blanche ont été le siège feux de mine au cours des phases de travaux. Le lignite avait une tendance à s'enflammer mais cela n'avait pas été constaté au niveau des affleurements.

En conséquence, l'aléa échauffement sur travaux et sur dépôts miniers doit être considéré sur les 3 dépôts importants V3 à V5.

12.3 Aléas non évalués

12.3.1 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 charbonniers, réalisé dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE), a été mené entre 2012 et 2014 (cf. [15]). A ce jour, aucune étude environnementale n'est programmée sur ces dépôts.

12.3.2 Gaz de mine

Les données recueillies dans les archives montrent que le gaz de mine, et en particulier le grisou, n'a pas généré des difficultés lors de l'exploitation des gisements lignitifères du secteur étudié. De plus, il est estimé que l'essentiel des travaux souterrains sont ennoyés. Une évaluation de l'aléa « gaz de mine » n'apparaît pas a priori prioritaire.

Par ailleurs, 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.

12.3.3 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 calcaire. 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 n'est pas encore défini.

13 EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE A L'APLOMB DE TRAVAUX PEU PROFONDS

Remarques préalables :

- Les accès en galeries ou en descenderies minières sont intégrés à la présente analyse d'effondrement localisé lié aux zones de travaux peu profonds. En effet, ces ouvrages ont souvent constitué un mode d'exploration et se rapproche plus d'une configuration de zones de travaux que de celle d'un accès à des exploitations plus profondes ;
- L'évaluation des aléas mouvements de terrain sur travaux souterrains, notamment celle des effondrements localisés, est généralement réalisée par « configuration type ou zones homogènes de travaux » (il s'agit de définir, en fonction principalement de critères d'exploitation et de la géologie, des zones dont le comportement vis-à-vis des phénomènes de mouvement de terrain est similaire ou très proche). Si cette approche est parfaitement adaptée aux vastes exploitations souterraines précisément localisées ayant connu plusieurs longues phases d'exploitation consécutives, elle n'a que peu de sens dans le cas d'exploitations ponctuelles et limitées (dans le temps et l'espace), disjointes, mal localisées comme celles étudiées ici. Dans ce dernier cas, une approche géographique ou par « site » est plus adaptée.

13.1 Description phénoménologique

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.

Le phénomène d'effondrement localisé est causé par l'instabilité locale d'une cavité souterraine. Cette instabilité peut se propager au travers des couches situées au-dessus et créer de cette manière un cratère en surface. Les matériaux impliqués sont donc déplacés et déstructurés de manière importante. La figure 18 schématise les processus possibles à l'origine de ce type de phénomène.

La vitesse de propagation de l'effondrement souterrain peut varier en fonction de plusieurs facteurs. Pour analyser la progression du phénomène et surtout son 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 les galeries isolées de dimensions habituelles (de 6 à 12 m² de section), les retours d'expérience permettent d'affiner la limite d'apparition du fontis en surface, qui se situe autour de 50 m de profondeur pour la cavité initiale. En revanche, des cavités de plus grandes dimensions comme des chantiers non remblayés par exemple, peuvent créer des fontis même si elles sont situées à plus grande profondeur.

S'il existe des approches d'évaluation 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.

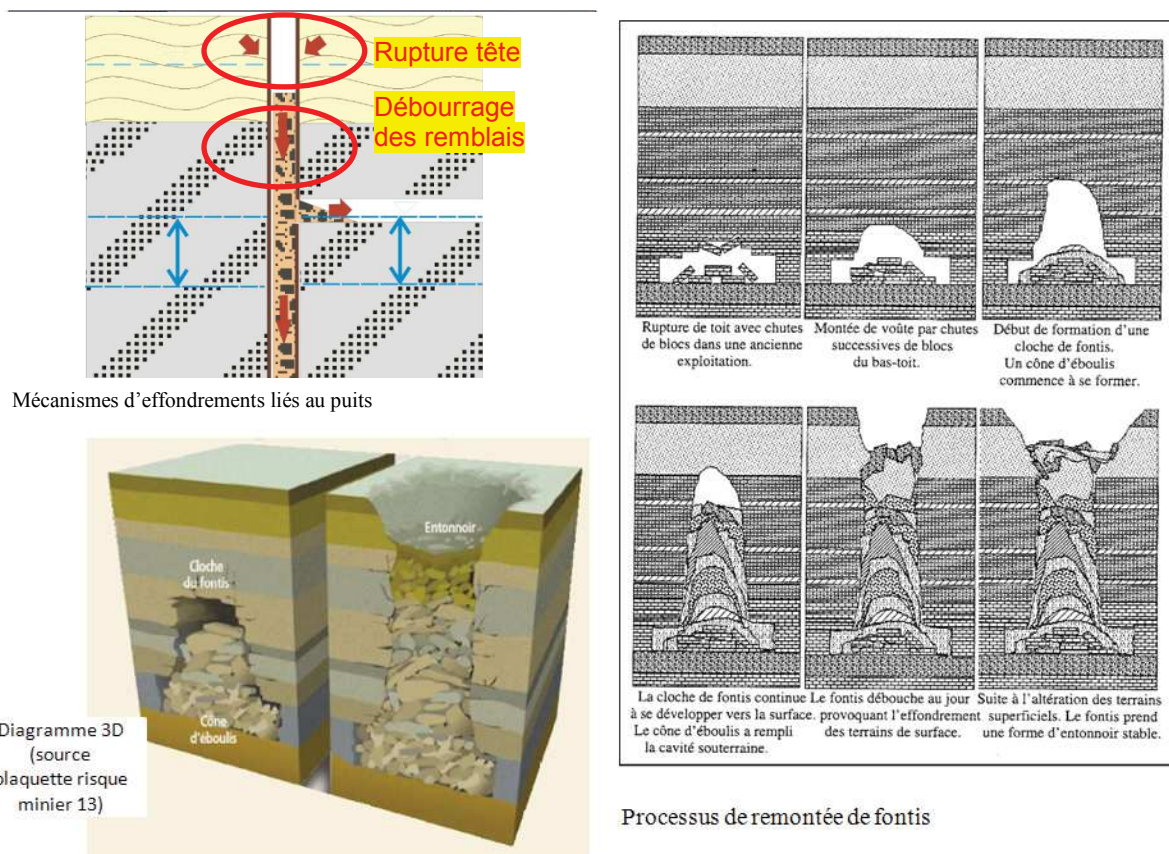


Figure 18 : Schématisations des processus à l'origine des effondrements localisés retenus pour le secteur étudié

Outre le guide méthodologique des aléas (cf. [4]), l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé » s'appuie également sur des guides techniques réalisés spécifiquement pour ce type de phénomène et sur la base des retours d'expérience (cf. [16], [17] et [18]).

13.2 Concessions du Garlaban et de Gémenos

Au moins 3 zones de travaux ont été recensées sur ces deux concessions regroupées par similitude de travaux.

13.2.1 Zones de travaux de Garlaban (concession du Garlaban) et de la Glacière (concession de Gémenos)

Il s'agit de travaux de recherches par galeries, avérées sur plan minier mais mal localisables au sein d'une zone de localisation supposée (type 2).

- En superficie, les galeries représentent environ 1 à 2 % de la zone de localisation supposée.
- D'après les éléments d'archives, ces galeries seraient situées :
 - à moins de 20 m de profondeur (Garlaban) ;
 - à moins de 35 m ou 40 m (Glacière).
- La présence de vides résiduels est possible dans cette zone, leurs dimensions sont probablement de l'ordre de 1,5 m de haut et 2 à 2,5 m de large. Ils peuvent être pentés entre 40° et 60°.
- Aucun désordre n'est recensé sur ces secteurs, qui ne présentent pas d'équivalent (i.e. géologie et conditions d'exploitation similaires) proches.
- Garlaban : la nature des terrains de recouvrement des travaux n'est pas connue en détail : calcaires lacustres blancs et localement marnes, argiles, grès verts et lignite (géologie régionale).
- Glacière : le recouvrement est constitué de calcaire marneux avec schistes et veines de charbon, et au-delà une roche calcaire « *assez dure* » (observée à l'affleurement).

Les caractéristiques géotechniques des formations du toit sont néanmoins insuffisantes pour pouvoir écarter complètement la possibilité d'une rupture du toit des galeries de ces zones. Cette possibilité est probablement plus importante sur le secteur de la concession du Garlaban que sur celui de la Glacière où le toit était indiqué dans les archives comme localement « *solide* ». Dans ce cas et en retenant comme hypothèse l'absence d'un banc suffisamment résistant dans le recouvrement, une montée de voûte ou une rupture successive de bancs peut s'initier et potentiellement atteindre la surface. En effet, une hauteur maximale de remontée de cloche de fontis a été estimée entre 20 à 25 m (cf. annexe 4). Toutefois la localisation très imprécise des galeries ne permet pas de gérer ce degré de finesse au sein de la zone de localisation supposée.

Compte tenu de ces éléments :

- une prédisposition *très peu sensible à peu sensible* est définie pour les effondrements localisés potentiels de la zone de travaux de Garlaban (Concession du Garlaban) ;
- une prédisposition *très peu sensible* est définie pour les effondrements localisés potentiels de la zone de la Glacière (même type de travaux). Cette prédisposition moindre est confortée par le recouvrement du secteur de la Glacière, sans doute plus résistant que celui du précédent secteur.

Les données géologiques locales ne sont pas connues assez précisément pour apprécier finement la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement superficiel qui déterminent le diamètre des effondrements localisés potentiels. Toutefois, sur la base de retours d'expérience d'effondrements localisés survenus dans des configurations de travaux similaires mais sur des exploitations distantes (concessions de Vèdes, de Bassan, de La Baumone et de Plan d'Aups), il est fort probable que ces diamètres ne dépasseront pas 3 m, soit une intensité limitée.

La nature réputée « dure » des calcaires observés sur le secteur de La Glacière (à l'affleurement), va certainement limiter le diamètre d'un effondrement localisé. Ceci justifie d'autant plus la classe d'intensité limitée.

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, l'aléa effondrement localisé lié aux travaux est donc évalué à niveau faible pour les secteurs de travaux de Garlaban et de la Glacière.

13.2.2 Zone du puits de recherche de 1849 (concession du Garlaban)

Cette zone n'a pas pu être localisée même avec les plus grandes marges d'incertitude envisageables. Même si un aléa effondrement localisé est envisageable dans cette zone, la cartographie de tout aléa minier n'a pas de sens. Elle ne sera pas développée plus avant.

13.3 Concession de Plan d'Aups

13.3.1 Secteur La Brasque

Ce secteur regroupe de travaux de recherches et d'exploitation par galeries isolées (G15, G16 et G17) et également un quartier d'exploitation ou de « *déhouillage* » dont la méthode n'est pas connue précisément (organisé autour de la galerie G14). Tous ces travaux sont avérés dans des écrits d'archives (40 x 40 m pour le quartier déhouillé) mais non représentés sur plan. Ils ont néanmoins pu être grossièrement positionnés tout en étant mal localisables au sein d'une zone de localisation supposée (type 2).

- En superficie, les galeries représentent moins de 3 % de la zone de localisation supposée. D'après notre perception du secteur et compte tenu de la production connue, il est probable que d'autres zones de galeries existent dans ce périmètre de localisation supposée ;
- La profondeur de ces galeries est estimée inférieure à 50 m.
- La présence de vides résiduels est possible dans cette zone :
 - galeries laissées vides ;
 - chambres d'exploitation ou « *déhouillage* » suivant une méthode non connue (des tailles remblayées à l'image de la méthode suivie sur la concession de Bastide Blanche sont plausibles mais sans certitude).

Leurs dimensions ne sont pas connues (hauteur / largeur).

- Aucun désordre n'est recensé sur le secteur (point pouvant corroborer l'hypothèse des tailles remblayées) à l'exception d'une dépression marquant probablement l'entrée de la galerie G17. Des effondrements localisés ont toutefois été observés sur le secteur similaire et proche de Magdeleine.
- La nature des terrains de recouvrement n'est pas connue en détail : calcaires argileux et calcaires à rudistes caractéristiques dans la région.

Ainsi, une rupture du toit des galeries est possible à l'aplomb de toutes les galeries de ce secteur. La rupture du toit des chantiers d'exploitation est également envisageable en l'absence de certitude sur la méthode d'exploitation et le recours au remblayage.

Comme sur le secteur de la Glacière :

- même si les galeries sont creusées à faible profondeur, il est probable que la nature localement compétente du recouvrement limite la formation et la progression d'une montée de voûte vers la surface (ou une rupture successive de bancs), sans pouvoir l'exclure totalement ;
- un seuil de hauteur maximale de remontée pourrait être estimé (probablement de 25 m, (cf. annexe 4), toutefois la localisation très imprécise des galeries et travaux ne permet pas de gérer ce degré de finesse au sein de la zone de localisation supposée.

Pour ces raisons, une prédisposition peu sensible est définie pour les effondrements localisés potentiels du secteur de La Brasque.

Les données géologiques locales ne sont pas connues suffisamment précisément pour apprécier finement la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement superficiel qui déterminent le diamètre des effondrements localisés potentiels. Toutefois, sur le secteur proche de Magdeleine, les dépressions observées ne dépassent pas 4 m de diamètre. Ainsi tout en étant en limite basse de la classe d'intensité modérée (3 à 10 m de diamètre), un niveau limité a finalement été retenu car jugé plus représentatif des désordres observés.

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, l'aléa effondrement localisé lié aux travaux est donc évalué à niveau faible pour le secteur de La Brasque.

13.3.2 Secteur de la Chapelle

Plusieurs zones doivent être distinguées dans ce secteur.

Petite Galerie (G18) et Descenderie Nemours n° 3 (G23) :

La Petite Galerie (G18) n'est mentionnée que sur un seul plan de la concession de Plan d'Aups. Les écrits d'archives ne mentionnent jamais l'existence de cet ouvrage. Le témoignage du propriétaire des terrains où a été « à peu près » positionnée cette galerie ne précise pas d'ouvrage minier sur ses terrains, mais il ne nous a pas autorisés à inspecter le site.

La Descenderie Nemours n° 3 (G23) n'est mentionnée que sur un seul plan de la concession de Plan d'Aups nommé « *Projets* ». Aucun indice évident n'a été observé sur le terrain pouvant mettre en doute la réalisation de cette galerie.

Néanmoins, dans ces deux cas, l'existence d'une galerie de recherche ne peut être totalement exclue. Pour chaque ouvrage, il a ainsi été supposé l'existence d'une galerie de recherche de 20 m de longueur (longueur moyenne des galeries de recherche du secteur voisin de la Brasque).

Il s'agirait de travaux de recherche, certainement situés à moins de 25 m de profondeur :

- La présence de vides résiduels est possible dans ces zones mais toutefois peu probable (galerie supposée).
- Aucun désordre n'est recensé sur le secteur (point pouvant corroborer l'hypothèse des tailles remblayées). Des effondrements localisés ont toutefois été observés sur le secteur similaire et proche de Magdeleine.
- La nature des terrains de recouvrement n'est pas connue en détail : calcaires argileux et calcaires à rudistes caractéristiques dans la région.

Ainsi, une rupture du toit des galeries est possible à l'aplomb de cette galerie dont l'existence n'est que supposée. Dans ce cas et en retenant comme hypothèse l'absence d'une strate résistante dans le recouvrement, une montée de voûte ou une rupture successive de bancs pourra s'initier et remonter vers la surface.

Un seuil de hauteur maximale de remontée pourrait être estimée (probablement de 20 à 25 m - cf. annexe 4), toutefois la localisation très imprécise des galeries ne permet pas de gérer ce degré de finesse au sein de la zone de localisation supposée.

Pour l'ensemble de ces raisons, une prédisposition très peu sensible est définie pour les effondrements localisés potentiels de ces deux ouvrages.

Les données géologiques locales ne sont pas connues suffisamment précisément pour apprécier finement la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement superficiel qui déterminent le diamètre des effondrements localisés potentiels. Un intensité limitée est définie à l'image de celle retenue sur le site voisin de La Brasque

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, l'aléa effondrement localisé lié aux travaux est donc évalué à niveau faible pour ces deux ouvrages.

Zone de travaux des Fendues Nemours n° 1 (G20) et n°2 (G22)

Elle correspond à :

- un secteur, d'extension très limitée, d'exploitation un petit quartier ou de « *déhouillage* » (organisé autour de la galerie G22) dont la méthode n'est pas connue précisément ;
- une galerie isolée (G20).

Tous ces travaux sont avérés, représentés à partir d'écrits d'archives ou de plans schématiques (150 ml de longueur cumulée pour les galeries et 30 x 30 m pour le quartier déhouillé) et positionnés sur la base d'indices miniers observés sur site.

- La profondeur maximale de ces travaux a été estimée entre 20 et 25 m.
- La présence de vides résiduels est possible dans cette zone :
 - galeries laissées vides ;
 - chambres d'exploitation ou « *déhouillage* » suivant une méthode non connue. Leurs dimensions ne sont pas connues (hauteur / largeur). Les couches s'enfoncent de 10 à 12° vers le sud et présentent une puissance de 0,4 à 0,5 m.
- Aucun désordre n'est recensé sur le secteur. Des effondrements localisés ont toutefois été observés sur le secteur similaire et proche de Magdeleine.
- La nature des terrains de recouvrement n'est pas connue en détail : calcaires argileux et calcaires à rudistes caractéristiques dans la région. Nous avons également observé une couverture superficielle de type éboulis ou alluvions ou poudingues sur ce secteur.

Ainsi, une rupture du toit des galeries est possible à l'aplomb de toutes les galeries de ce secteur. La rupture du toit des chantiers d'exploitation est également envisageable en l'absence de certitude sur la méthode d'exploitation et le recours au remblayage.

A noter qu'un facteur aggravant a été observé : la présence d'eau dans les galeries dont la circulation peut occasionner des fuites de remblais et/ou initier des ruptures souterraines.

Les travaux ayant été menés très près de la surface (< 20 m), le recouvrement à dominante calcaire est certainement altéré ; il comporte également une épaisseur non déterminée de couverture d'éboulis et poudingues. Une rupture de toit conduira à une montée de voûte (ou une rupture successive de bancs) qui débouchera en surface (hauteur de remontée systématiquement supérieure aux 25 mètres de profondeur maximale - cf. annexe 4).

Pour ces raisons, une prédisposition peu sensible à sensible est définie pour les effondrements localisés potentiels au droit des travaux des galeries Nemours.

Les données géologiques locales ne sont pas connues suffisamment précisément pour apprécier finement l'épaisseur des terrains de recouvrement superficiel qui détermine le diamètre des effondrements localisés potentiels. Toutefois, à l'image des dépressions observées sur le secteur proche de Magdeleine (4 m de diamètre) et en tenant compte de nos observations directes d'une couverture superficielle déconsolidée, il a été choisi de retenir une classe d'intensité limitée à modérée.

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, l'aléa effondrement localisé lié aux travaux est donc évalué à niveau moyen pour les travaux des Fendues Nemours n° 1 et n° 2.

13.3.3 Secteur Magdeleine

Les travaux de ce secteur sont concentrés dans un périmètre limité d'environ 2 ha au nord du cimetière de Plan d'Aups-Sainte-Baume.

Elle regroupe des travaux de :

- recherches par galeries ;
- quelques chantiers (sans détail sur la méthode ni sur l'extension précise).

Tous ces travaux sont avérés dans des écrits d'archives et indiqués comme un secteur abandonné faute d'extension du gisement. Ils ne sont pas représentés sur plan mais ont pu être globalement localisés au sein d'une zone de type 2, en particulier grâce à la présence de nombreux désordres observés.

- La profondeur maximale des galeries et travaux est estimée à 20 m.
- La présence de vides résiduels est possible dans les galeries et chambres exploitées de cette zone. Leurs dimensions précises ne sont pas connues (hauteur ou largeur). La couche/amas présente de 3 m de puissance.
- 4 désordres de type effondrement localisé sur travaux sont recensés sur ce secteur (cette fréquence pourrait être due à la puissance de la couche exploitée qui a pu conduire à de plus hautes chambres d'exploitations relativement aux autres secteurs étudiés).
- La nature des terrains de recouvrement n'est pas connue en détail : calcaires argileux et calcaires à rudistes caractéristiques dans la région. Nous avons pu vérifier ce point en observant directement ces calcaires aux affleurements.

Ainsi, une rupture du toit des galeries est possible à l'aplomb de toutes les galeries et exploitations de cette zone. Une telle rupture sera suivie d'une montée de voûte ou d'une rupture successive de bancs qui débouchera en surface par un effondrement localisé. Ce phénomène a déjà eu lieu en certains points de ces travaux et aucun élément ne nous permet d'exclure de nouvelles occurrences. Au contraire ce secteur Magdeleine semble relativement plus favorable que les autres zones étudiées sur la concession de Plan d'Aups.

Comme précédemment à la Chapelle, compte tenu de la faible profondeur des travaux (< 20 m) aucune estimation de hauteur maximale de remontée n'est nécessaire (cf. annexe 4).

Dans ce cas, une prédisposition sensible à très sensible devrait être définie. Toutefois les galeries et chantiers d'exploitation n'étant que mal localisés au sein d'une zone d'environ 2 ha, une prédisposition tout au plus sensible sera finalement retenue sur ce périmètre entier.

Le diamètre maximal des effondrements observés de 4 m permet de définir une intensité limitée à modérée.

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, l'aléa effondrement localisé lié aux travaux est donc évalué à niveau moyen pour le secteur de la Magdeleine.

13.3.4 Secteur Giniez

Plusieurs zones doivent être distinguées dans ce secteur.

Galerie du Plan (G37) et Petite Descenderie (G36) :

Il s'agit de galeries de recherche isolées de 15 et 25 m de longueur.

L'entrée de la galerie du Plan (G37) a été matérialisée sur le terrain. Elle s'enfonce vers le sud suivant 15° de pente (soit moins de 10 m de profondeur). Son entrée est maçonnée (section semi-circulaire de 1,8 m de haut par 2 m de large). L'entrée de la galerie est remblayée. L'état du corps complet de la galerie n'est pas connu. Dans ce cas, la galerie a été supposée vide derrière les premiers mètres de remblai. Au sein de ce secteur de calcaires subsurfaciques altérés, une rupture de toit est donc possible et aucun élément concret ne nous permet d'exclure sa répercussion en surface sous formes d'effondrements localisés. Une prédisposition sensible lui est donc attribuée.

La Petite Descenderie (G36) est en de nombreux points comparable à la précédente sauf que sa localisation n'a pu être que supposée au sein d'un périmètre de 1 hectare dans les champs de la Ferme Giniez. Le contact auprès du propriétaire n'a pas apporté d'information complémentaire. Sur la base de ces informations, une prédisposition peu sensible est définie pour les effondrements localisés au droit de cet ouvrage.

Les données géologiques locales ne sont pas connues suffisamment précisément pour apprécier finement l'épaisseur des terrains de recouvrement superficiel qui détermine le diamètre des effondrements localisés potentiels. Toutefois, à l'image des dépressions observées sur le secteur proche de Magdeleine (4 m de diamètre) et en tenant compte de nos observations directes d'une couverture superficielle altérée, il a été choisi de retenir une classe d'intensité limitée à modérée.

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, l'aléa effondrement localisé lié aux travaux est donc évalué à niveau :

- moyen pour la galerie du Plan (G37)
- faible pour la Petite Descenderie (G36).

Le secteur de travaux des Fendues Coquand et Rosalie :

Ce secteur comprend deux types de travaux distincts.

Un premier périmètre de travaux défini sur la base des puits Aumale (P28), Frédéric (P29), de recherche (P31) et Henry (P35) autour desquels, sur la base de l'interprétation des archives, il a été supposé l'existence de galeries plus ou moins rayonnantes. Ces travaux ne sont ni avérés ni bien localisés (travaux de type 2). Leur profondeur ne dépasserait pas 20 m, mais ils ne peuvent pas être caractérisés en termes de hauteur ou de largeur.

Compte tenu de ces hypothèses, une prédisposition très peu sensible est associée à l'ensemble de la zone potentiellement affectée par les travaux miniers définie.

Un second périmètre défini au cœur du premier et correspondant à une zone d'exploitation ou de « *déhouillage* » dont la méthode n'est pas connue précisément. Cette zone est organisée autour des Fendues Rosalie (G33) et Coquand (G32) et des puits Joinville (P30) et Raoul (P34). Tous ces travaux sont avérés dans des écrits d'archives et représentés sur des cartographies schématiques : 550 m de longueur totale de galeries et panneaux exploités de 40 x 50 m.

Cette zone de travaux est probablement comparable à celle des galeries Nemours tout en étant plus étendue.

- La profondeur de ces travaux n'excéderait pas 50 m pour les galeries (estimés au puits Henry, P35) et 30 m pour les chantiers exploités.
- La présence de vides résiduels est possible dans cette zone :
 - galeries laissées vides ;
 - chambres d'exploitation ou « *déhouillage* » suivant une méthode non connue.Leurs dimensions ne sont pas connues (hauteur / largeur). Les couches s'enfoncent de 10 à 15° vers le sud et présentent une puissance de 0,75 à 0,8 m. L'ouverture des chantiers pouvait atteindre localement 3 à 5 m (zones en amas).
- Aucun désordre n'est recensé sur le secteur. Des effondrements localisés ont toutefois été observés sur le secteur similaire et proche de Magdeleine.
- La nature des terrains de recouvrement n'est pas connue en détail : calcaires argileux et calcaires à rudistes caractéristiques dans la région.

A noter qu'un facteur aggravant a été observé : la présence d'eau dans le puits Henry dont la circulation peut occasionner des fuites de remblais et/ou initier des ruptures souterraines.

Ainsi, une rupture du toit des galeries et/ou des chantiers de ce secteur est possible en l'absence de certitude sur la méthode d'exploitation et le recours au remblayage. (cas de travaux galeries avérées, localisées et avec des phénomènes répertoriés sur des sites proches).

En retenant comme hypothèse l'absence de banc résistant dans le recouvrement, les calculs en annexe 4 révèlent que les hauteurs de remontée n'excéderont certainement pas 25 m sur galeries et 35 m sur les chantiers.

Dans ce cas, une prédisposition peu sensible à sensible a été définie pour les effondrements localisés potentiels au droit des galeries du secteur situées à moins de 25 m de profondeur et au droit des chantiers situés à moins de 35 m de profondeur sur ce même secteur. Au-delà de 25 m et 35 m, les volumes de vides estimés ne seront pas suffisants pour permettre le développement d'une cloche de fontis, cette dernière s'autocomblant grâce au foisonnement des terrains.

La galerie du Plan et la Petite Descenderie précédemment étudiées couvrent le même secteur. L'intensité y est donc retenue ici à l'identique à savoir un niveau limité à modéré.

L'aléa correspondant est donc retenu à un niveau :

- faible sur la zone potentiellement affectée par les travaux miniers (premier périmètre) ;
- moyen au droit galeries du secteur situées à moins de 25 m de profondeur et au droit des chantiers à moins de 35 m de profondeur de ce même secteur (second périmètre).

13.4 Concession de Bastide Blanche

13.4.1 Secteur Bastide Blanche

Ce secteur correspond à une exploitation menée par tailles remblayées et desservie par les descenderies n°1 (G9) et n°2 (G10).

D'après les données, des tailles ont été réalisées entre les affleurements et 100 m de profondeur. La pendage de la couche est estimé entre 20° et 30° vers le sud-est. L'ouverture moyenne est voisine de 2 m et des tailles très locales « *auraient été menées sur 4-5 m d'ouverture* ».

Trois désordres de type effondrement localisé sont recensés sur l'extrémité ouest du secteur. Cette extrémité est identifiée dans les PV de visite de 1910 à 1921 comme une zone ayant recoupé des « *vieux travaux subaffleurants* ». Aucun autre désordre n'a été ni recensé ni observé au droit de la zone sous-minée.

A la lecture des PV de visite de 1910 à 1921, qui décrivent à de nombreuses reprises « *des chantiers et des galeries d'infrastructures intégralement remblayés* » et de l'absence de désordre observé sur la zone exploitée à cette période, il a été tenu compte d'un remblayage effectif des travaux. Ainsi, même si elle ne pas être totalement écartée, il est retenu une possibilité très limitée de rencontrer des vides résiduels (galeries et zones de tailles peu ou mal remblayées), sauf dans la partie ouest des travaux où l'existence de vides résiduels est plus probable au regard des désordres recensés.

La nature des terrains de recouvrement n'est pas connue en détail : calcaires lacustres (calcaires blancs et localement de marnes, grès et lignite). Toutefois, ces terrains sont définis comme « *un toit solide* » sur les travaux du secteur Jas de Ribié adjacent, tout en étant localement fracturés (cf. [11]).

Ainsi :

- dans la partie ouest du secteur de travaux, il est retenu comme possible une rupture du toit des travaux (galeries et chantiers) ;
- dans le reste de l'exploitation, cette possibilité est également retenue mais avec une probabilité certainement moindre (cas de chantiers avec un toit solide et dont le remblayage est avéré mais dont la qualité est ignorée) ;

Dans les deux cas, la rupture initiée au fond se transmettra vers la surface par un phénomène de montée de voûte ou de rupture de bancs.

En retenant comme hypothèse l'absence de banc suffisamment résistant dans le recouvrement pour stopper la progression, les hauteurs de remontée n'excéderont certainement pas 25 m sur galeries et 35 m sur les chantiers (comme précédemment).

Dans ce cas un niveau de prédisposition au phénomène d'effondrement localisé :

- sensible est défini au droit des travaux de l'extrémité ouest, intégralement situés à moins de 25 m ;
- peu sensible est défini pour les travaux du reste du secteur situés à moins de 25 m de profondeur (cas des galeries) et 35 m (cas des chantiers d'exploitation).

Au-delà de 25 m et 35 m de profondeur, les volumes de vides estimés ne permettront certainement pas d'emmagasiner les volumes éboulés, écartant ainsi l'occurrence du phénomène en surface.

Les désordres observés sur site révèlent un diamètre maximal moyen de 7 m pour 2 ou 2,5 m de profondeur. Un niveau d'intensité modéré est donc retenu.

L'aléa correspondant est donc retenu à un niveau :

- moyen (prédisposition sensible et intensité modérée) au droit des travaux de l'extrémité ouest du secteur ;
- faible au droit des galeries du reste du secteur situées à moins de 25 m de profondeur et des chantiers situés à moins de 35 m de profondeur.

13.4.2 Secteur de Jas de Ribie

Ce secteur est très similaire au secteur de Bastide Blanche précédent, aux différences suivantes près :

- profondeur maximale de l'ordre de 35 m pour les chantiers et 70 m pour les traçages (galeries) ;
- absence de désordre ;
- absence connue de zone de vieux travaux.

Un argumentaire identique au précédent (mené sur Bastide Blanche hors secteur ouest) conduit ici à définir le même aléa de niveau faible pour les effondrements localisés potentiels au droit des galeries situées à moins de moins de 25 m de profondeur (nul au-delà) et pour les effondrements localisés potentiels au droit des chantiers situés à moins 35 m de profondeur (nul au-delà).

13.4.3 Recettes du « Puits à Charbon » (P13)

Au fond du Puits à charbon (P13), à 20 m de profondeur, deux galeries d'allongement d'une dizaine de mètres de longueur ont été réalisées « *de part et d'autre du puits* ». Aucune opération de remblayage n'est évoquée. Ainsi, une rupture du toit de ces galeries est possible qui, compte tenu de la faible profondeur peut conduire à un effondrement localisé en surface.

Dans ces conditions, un aléa effondrement localisé de niveau moyen est défini dans la zone de localisation supposée des galeries du Puits à Charbon (P13) (analyse comparable au secteur Nemours).

14 EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE LIE AUX PUITES

Plusieurs phénomènes peuvent être observés à l'aplomb d'un ancien puits de mine : simple tassement des remblais, coulissage du remblai ou bouchon, débouillage avec ou sans rupture de la tête de puits, rupture de la dalle en surface... Dans l'étude détaillée des aléas, le phénomène le plus défavorable est évalué, à savoir l'apparition d'un effondrement localisé en tête d'ouvrage.

La plupart du temps, la formation d'un effondrement localisé à l'aplomb de la tête d'un puits répond à deux conditions : la colonne du puits est vide (partiellement ou totalement) : soit parce que l'ouvrage n'a pas été traité (puits vide), soit à la suite d'un débouillage de remblai ou d'une défaillance de la structure de traitement (plancher, serrement, bouchon, mauvais remblayage...) ; le revêtement du puits se rompt, entraînant la formation d'un cône d'effondrement dans les terrains meubles de surface.

Il est à noter que, sur certains sites, la roche compétente affleure et que les terrains peu cohésifs de surface soient quasi-inexistants. Dans ce cas, l'aléa effondrement localisé sera évalué en ne considérant que la prédisposition au vide et le cône d'effondrement soient circonscrits au seul diamètre du puits.

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

14.1 Evaluation de la prédisposition

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.

Analyse

Les données informatives ont permis de recenser 22 puits sur le secteur étudié. Peu d'informations relatives aux puits ont été retrouvées dans les archives.

Le puits à Charbon (P13), de 20,5 m de profondeur (concession Bastide Blanche) et le puits Henry (P35) de 52 m de profondeur (secteur Giniez), sont actuellement ouverts, non remblayés et en partie ennoyés. Le puits Henry est équipé d'une pompe utilisée par le propriétaire. Ils présentent une maçonnerie en briques dont la partie visible est en bon état apparent. Aucun indice d'instabilité n'y a été observé. D'après les archives, ces deux puits n'auraient au plus qu'un seul niveau de recettes (le puits Henry pourrait également être borgne).

Le puits d'extraction de Jas de Ribié (P14 – concession Bastide Blanche) et le puisard Nemours (P21 – concession de Plan d'Aups), de 35 m et 20 m de profondeurs respectives, sont actuellement dallés et aucune observation sous dalle n'est possible. Ils ne comportent qu'un seul niveau de recette. D'après les informations disponibles, ils ne seraient pas remblayés. Le revêtement de leur colonne n'est pas connu. Il est donc possible que les colonnes soient vides (sans certitude). Leur revêtement pourrait être maçonné de briques à l'image des puits similaires 13 et 35 (sans certitude). Sans donnée précise sur leur dimensionnement, les dalles de tête pourraient s'avérer sous-dimensionnées et instables à long terme.

Tous les autres puits ne sont pas des puits d'exploitation majeurs. Il s'agit exclusivement de puits de recherche généralement borgnes ou avec au plus une recette. Ils ont des profondeurs faibles (< 25 ou 30 m) sauf un des deux puits du Garlaban de 1849 (84 m). Aucune information sur l'état des colonnes de ces ouvrages n'a été retrouvée ; leur diamètre exact est rarement connu mais probablement de l'ordre de 2 m. Parmi ces ouvrages, seuls deux traitements sont répertoriés :

- un des 2 puits de la concession du Garlaban aurait « *été comblé sur plancher, dallé et équipé d'un muret en tête* » en 1931 ;
- en 1984, le puits Magdeleine (P27 – concession de Plan d'Aups) est « *décrit comme remblayé* ».

Dans le premier cas, le traitement réalisé ne diminue pas la prédisposition aux effondrements de tête de puits. Au contraire les remblais sur planchers de bois constituent un facteur aggravant. Sans certitude quant à lequel des puits a été traité de cette façon, il est considéré dans l'analyse que le puits de recherche (P43), seul puits positionnable et positionné (le puits de 1849 est localisé au sein de la zone potentiellement affectée par les travaux miniers) a été remblayé sur plancher.

De manière à définir les niveaux de prédisposition à l'effondrement localisé, la première partie du tableau en annexe 5 renseigne l'ensemble des facteurs pour chaque puits. Pour chaque facteur, il est indiqué si ce facteur tend à augmenter (couleur orange à rouge), être neutre (couleur jaune) ou diminuer (couleur vert clair à vert foncé) le niveau de prédisposition.

14.2 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 est élevé et si l'épaisseur des terrains meubles ou altérés permettant une extension latérale du phénomène est importante. En revanche, bien que l'épaisseur et la nature de ces terrains jouent un rôle important 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. Ici les puits sont peu profonds (de l'ordre de 20 m) mais suffisamment étroits pour que ce critère n'influe pas sur le niveau d'intensité.

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 de type sable ou alluvions en surface qui ont un effet aggravant sur les dimensions d'un effondrement en surface. Les observations ont montré que ce type de terrains n'était pas présent sur le site étudié.

Les données géologiques locales ne sont pas connues assez précisément pour apprécier finement la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement superficiel qui déterminent le diamètre des effondrements localisés potentiels.

Quelques informations (4 sur 22 puits) sont disponibles concernant les sections des ouvrages. Tous ont des diamètres compris entre 1,5 et 2 m. Seul le puits Henry (P35) présente un diamètre de 3,5 m. Au vu des rares informations retrouvées sur le dimensionnement des puits¹⁰, on peut supposer que la plupart des puits des sites étudiés (sans distinction possible entre les puits d'aération et d'exploitation) ont des sections qui n'excèdent vraisemblablement pas 3 m de diamètre pour une moyenne de 2 m.

Ainsi, compte tenu de l'épaisseur des terrains peu cohésifs de surface évaluée à 3 m, l'intensité est évaluée à un niveau limité à modéré pour l'ensemble des puits (en restant à un diamètre de 5 m maximum) à l'exception du puits Henry (P35) pour lequel un niveau modéré est retenu.

14.3 Evaluation de l'aléa

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, les niveaux d'aléa effondrement localisé retenus pour les puits varient de faible à fort (cf. annexe 5). On retiendra que deux puits ont été retenus en aléa de niveau fort. Il s'agit du puisard Nemours (P21 - concession de Plan d'Aups) et du puits d'extraction (P14) de Jas de Ribié (concession Bastide Blanche), vide au revêtement inconnu et sous une dalle dont l'emprise au sol est possiblement sous-dimensionnée.

¹⁰ A noter que les diamètres des puits de la concession La Baumone aux contextes géologique et géologique similaires (étudiée en 2009 - cf. [3]) sont également compris entre 1,5 et 2 m.

15 EVALUATION DE L'ALEA GLISSEMENT

Dans les 4 concessions étudiées, des stériles d'exploitation (francs ou de sélectivité¹¹) ont été mis en dépôt sous forme de verses ou terrils et de tas ou monticules ponctuels. Ces dépôts peuvent être sujets à des phénomènes de glissements de leurs flancs (ou de tassements).

Les glissements, qu'ils soient superficiels ou profonds, constituent le type de désordres le plus couramment observé le long des flancs des ouvrages de dépôts miniers.

Les glissements superficiels sont de phénomènes généralement lents et mettant en jeu des volumes de matériau restreints (quelques dizaines de m³). Ils prennent principalement la forme de glissements pelliculaires ou de rigoles de ravinement, parfois profondes, avec pour conséquence l'épandage de matériau en pied de dépôt. Le développement de ces instabilités superficielles peut favoriser le déclenchement d'une rupture de plus grande ampleur.

Les glissements profonds résultent du mouvement d'une masse de terrain le long d'une surface de rupture (circulaire, plane ou quelconque) et dont la vitesse de déplacement, en phase critique, varie fréquemment de quelques millimètres à quelques mètres par heure. Les volumes concernés peuvent s'avérer importants et se répandent vers l'aval sous forme de cônes d'épandage.

Le glissement est généralement la conséquence d'une mauvaise gestion des eaux (dans et à proximité des dépôts), d'hétérogénéité granulométriques, des défauts de géométrie des pentes, des emprunts (érosion ou anthropiques).

Dans le cas présent, l'évaluation de cet aléa ne concerne que les dépôts majeurs correspondant à 3 dépôts (V3 à V5) ; les glissements sont exclus des deux dépôts ponctuels V1 et V2 dont les volumes sont très insuffisants.

Aucun système spécifique de gestion des eaux n'a été mis en place sur les dépôts identifiés. Les éléments déposés sont « globalement » de taille centimétrique sur tous les dépôts sur des hauteurs de 5 à 8 m. Les pentes des talus de ces dépôts sont comprises entre 30° et 40° et sont « bien » végétalisées.

Le dépôt V5 a fait l'objet d'emprunts récents, ce qui n'est pas le cas des autres dépôts V3 et V4.

Aucun indice de glissement n'a été observé, mis à part de légers ravinements dus au ruissellement des eaux météoriques sur les flancs des dépôts les plus pentés et les moins végétalisés.

Compte tenu des données précédentes, les flancs des 2 dépôts V4 et V3 sont retenus peu sensibles aux glissements et ceux du dépôt V5 comme sensibles.

C'est principalement le volume de matériau mis en mouvement qui influe sur l'intensité du phénomène de glissement. Dans le cas des dépôts V3 à V5, ce volume n'excèdera probablement pas 100 m³ (dépôts tabulaires peu hauts, soit un volume potentiellement instable limité). Une intensité limitée est donc retenue pour tous les phénomènes de glissements potentiels (i.e. glissements superficiels ou ravinements importants).

L'aléa glissement retenu sur ces 3 dépôts est retenu à un niveau faible.

¹¹ Teneur en charbon valorisable inférieure à la teneur économiquement exploitable au moment du dépôt

16 EVALUATION DE L'ALEA TASSEMENT

Cas des travaux souterrains.

Les tassements considérés ici désignent des mouvements du sol au droit d'exploitations minières souterraines qui ne résultent pas directement de l'extraction mais s'expliquent par la recompaction d'un massif meuble et/ou déconsolidé.

En première approche, les méthodes d'exploitation suivies avaient conduit :

- à supposer des phénomènes de remobilisation de remblais au sein des ouvrages comblés/remblayés ;
- à suspecter des phénomènes d'effondrement localisé potentiellement auto-foisonnés ;
- et donc à retenir conduire, à long terme, des tassements en surface (sous l'action de perturbations extérieures par exemple).

A l'échelle de sites d'exploitations limitées comme ceux des concessions étudiées ici, ces phénomènes apparaissent difficiles à détailler vis-à-vis de l'aléa prédominant d'effondrement localisé.

En effet, ces aléas concernent les mêmes secteurs d'exploitations souterraines subsurfaciques et s'expliquent généralement pas des mécanismes initiateurs très proches. Des phénomènes de tassement sont possibles au droit des « mêmes » travaux miniers que ceux concernées par les effondrements localisés, les conséquences en surface s'apparenteront très certainement à des mouvements verticaux de faible ampleur évidemment « englobés » par les effondrements localisés également possibles sur ces zones.

Ainsi, il est convenu de ne pas affiner l'étude des tassements sur les travaux miniers souterrains et les ouvrages remblayés (l'analyse et la cartographie des effondrements localisés étant suffisantes).

Cette conclusion ne concerne pas les dépôts miniers, dont les tassements potentiels font l'objet d'un paragraphe spécifique ci-après.

Cas des dépôts miniers

Les stériles d'exploitation « *simplement déversés* » en dépôts peuvent subir une compaction susceptible d'engendrer la formation d'une dépression en surface (sous l'effet de leur poids ou de surcharges extérieures par exemple). Des tassements (mouvements verticaux de faible amplitude) peuvent donc affecter leur surface.

De plus, dans les mines de charbon, les terrils peuvent être le lieu d'une auto-combustion et générer la création de vides résiduels. La fermeture de ces vides peut conduire à des mouvements de terrain d'intensité également limitée et similaires à des tassements.

Les conséquences redoutées résultent principalement du fait que la surface peut être affectée par des tassements différentiels qui sont susceptibles d'engendrer des effets sur les bâtiments et les infrastructures (conséquences « assez similaires » au phénomène naturel de retrait-gonflement de certains sols argileux).

En présence de tassements différentiels, c'est principalement l'amplitude verticale des mouvements qui conditionne l'intensité du phénomène prévisible.

Comme précisé ci-avant, l'évaluation de cet aléa ne concerne que les dépôts majeurs 3 dépôts (V3 à V5) ; les tassements sont exclus des deux dépôts ponctuels V1 et V2.

Parmi les principaux facteurs classiques de prédisposition aux tassements de dépôts, sont retenus :

- l'épaisseur du dépôt ;
- la nature et la granulométrie des matériaux déposés ;
- la méthode de mise en place du dépôt (avec ou sans compactage).

La mise en place des 3 dépôts V3, V4 et V5 a vraisemblablement été assurée par simple déversement et elle ne garantit donc pas une compaction complète. Ils ont également été remis en forme et aplanis mais probablement pas compactés.

La composition de dépôts est plutôt hétérogène, tant en terme de nature des matériaux qu'en terme de granulométrie, et elle n'est pas précisément connue ; il s'agit apparemment de schistes plus ou moins charbonneux (observations sur site).

Bien qu'aucun tassement de dépôt n'ait été recensé (aucun suivi particulier n'a par ailleurs été réalisé), ce phénomène ne peut pas être totalement exclu sur les dépôts V3, V4 et V5.

Dans ces hypothèses, les surfaces (partie tabulaire) des 3 dépôts V3, V4 et V5 identifiés sont définies comme peu sensibles à sensibles aux tassements.

L'amplitude de ces tassements est difficile à prévoir précisément : sauf exception, elle demeure généralement limitée à un ordre de grandeur centimétrique ou décimétrique tout au plus, soit une intensité limitée.

Ainsi, le niveau d'aléa tassement associés aux dépôts V3, V4 et V5 est retenu à un niveau faible.

17 EVALUATION DE L'ALEA 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 carbonneux.

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 (tassements, ci-avant)
- 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 ...).

Seul le second type de conséquence sera examiné ici (le premier ayant déjà fait l'objet de discussions aux paragraphes précédents)

A l'image des phénomènes de tassement et glissement, l'évaluation de l'aléa échauffement ne concerne que les dépôts majeurs 3 dépôts (V3 à V5) ; les échauffements sont exclus des deux dépôts ponctuels V1 et V2.

La présence de feux souterrains pendant l'exploitation de certains quartiers et la nature pyriteuse du minerai révèle la possibilité du lignite exploité à prendre feu en présence d'air, toutefois les mineurs travaillaient régulièrement « avec des lampes à flamme nues ».

Aujourd'hui, plus de 98 % des ouvrages miniers sont fermés et/ou ennoyés et interdisent les circulations d'air dans les chantiers souterrains. De plus, depuis la fermeture des travaux miniers et l'arrêt de l'exploitation (60 à 150 ans en arrière) aucun événement de type incendie ou points chauds à proximité d'ouvrages miniers, ni même de dépôts, n'a été recensé.

Compte tenu de ces informations, même si une combustion au sein des travaux souterrains (ou sur les affleurements) est « sécuritairement » toujours envisageable, il est jugé que sa probabilité d'occurrence n'est pas suffisamment représentative pour générer un niveau d'aléa.

En revanche, en l'absence de données précises sur la composition des dépôts V3 à V5 (nature et granulométrie), le phénomène de combustion en présence de facteurs aggravants (feux de broussailles, barbecues, réaménagement ou travaux...) ne peut pas être considéré avec une prédisposition nulle.

Ce phénomène est donc retenu en aléa de niveau faible pour les 3 dépôts V3, V4 et V5 correspondant à :

- une prédisposition peu sensible (en considérant l'absence d'échauffement de dépôt connu) ;
- une intensité limitée, correspondant à un point chaud (en l'absence d'échauffement de dépôt connu de quelle qu'intensité que ce soit).

18 CARTOGRAPHIE DES ALEAS

Le fond utilisé pour le report cartographique est la BD Ortho[®] de l'IGN (prises de vue de 2008), correspondant à la photographie aérienne informatisée, orthorectifiée et géoréférencée de la zone d'étude. On considère généralement une incertitude de 3 m pour l'utilisation de la BD Ortho[®] de l'IGN comme fond topographique.

Les marges d'influence et d'incertitude liées à l'extension de l'aléa, à la précision des levés et des reports cartographiques, telles que définies dans les paragraphes suivants respectivement à chaque aléa, sont intégrées aux zonages figurés sur les cartes d'aléa présentées en annexes.

18.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé liés aux travaux

Pour les galeries et les descenderies, l'emprise 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 19) :

- une marge de sécurité ou d'incertitude globale de localisation des galeries qui est issue de celle du plan sur laquelle se trouve cet ouvrage et de celle du fond BD Ortho[®] IGN. La valeur de cette marge est de 13 à 18 m pour les galeries et descenderies. Pour les entrées de galeries ou descenderies matérialisées, elle est réduite de 5 m (dGPS + report sur BD Ortho[®] IGN);
- une marge d'influence correspondant à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface. Cette marge est calculée par rapport à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface. Sans donnée géologique précise, une marge forfaitaire de 3 m a été retenue (correspondant à 3 m de terrain non cohésifs¹²).

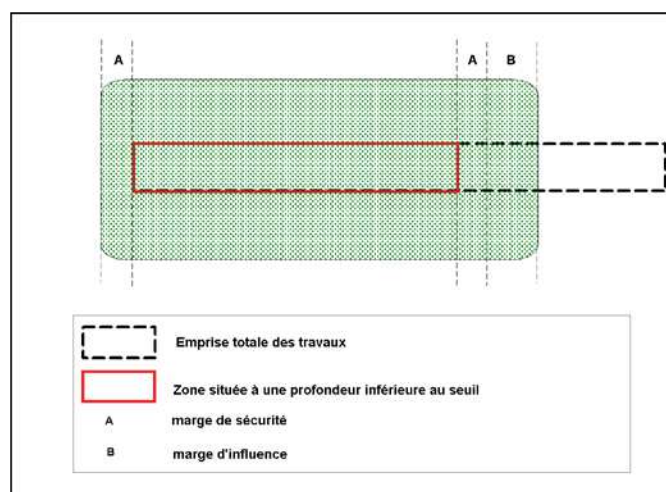


Figure 19 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie ou d'une descenderie

¹² Angle de talus naturel de 45° pour de la terre ou des éboulis.

Pour les travaux souterrains, 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. Ponctuellement, il a été nécessaire de définir la partie des travaux situées en-deçà des profondeurs limites de remontée de fontis (ici 25 et 35 m). En l'absence de cotes NGF sur la plupart des plans miniers, cette phase a été menée sur la base :

- des pendages des couches généralement connues ;
- des cotes des terrains de surface (issues du Scan25® de l'IGN) ;
- des profondeurs de certains puits.

Dans ces conditions :

- l'intégralité des travaux de type 1 du secteur Giniez correspondant aux travaux des Fendues Rosalie (G33) et Coquand (G32) est situé à moins de 35 m de profondeur (travaux de 10° à 15° de pente et de 120 m d'extension maximale) ;
- les 75 premiers mètres des travaux du secteur de Bastide Blanche sont situés à moins de 35 m de profondeur (distance mesurée dans le sens de plus grande pente, ici vers le sud-est, parallèlement aux entrées des descenderies n°1 (G9) et n°2 (G10). Cette distance est calculée en tenant compte d'une topographie plane, d'une pente moyenne des travaux de 25° et de la profondeur du puits d'aérage (P17)) ;
- sur le secteur Jas de Ribié une bande de travaux à moins de 35 m de profondeur est définie sur la base de la profondeur de la recette du puits d'extraction (P14) située à 35 m et d'une topographie plane.

A partir de ce zonage, la marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit :

- une marge de sécurité ou d'incertitude globale de localisation des travaux qui est issue de celle du plan et de celle du fond BD Ortho® IGN. Pour tous les secteurs concernés, la valeur de cette marge est de 5 à 30 m.
- une marge d'influence relative à l'extension latérale du cône d'effondrement, prise égal à 3 m sur le même principe que pour les galeries isolées.

La définition des zones potentiellement affectées par les travaux miniers (type 2) est issue, soit de représentations schématiques de travaux, soit de descriptions triangularisables ; l'une ou l'autre étant non-géoréférencables précisément mais positionnables par rapport à un indice localisé et non-matérialisé. Ces périmètres correspondent donc aux enveloppes¹³ maximales de localisation supposée de ces travaux.

Compte tenu du caractère approché et « globalisant » des tracés de ces zones potentiellement affectées par les travaux miniers, 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 Cette enveloppe est généralement définie sur la base des localisations sur site d'indices topographiques sûrs (crêtes, fonds de vallon, ruisseaux..) ou du positionnement d'indications géologiques, de type failles, issu des données du BRGM (cartes géologiques ou BSS)

18.2 Cartographie de l'aléa effondrement localisé sur puits

La zone d'aléa effondrement localisé est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits de la façon suivante (cf. figure 20) :

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

Avec :

- R_{puits} pris, selon les informations, entre 1 et 1,7 m ;
- $R_{\text{influence}}$, relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 3 m sur le même principe que pour les galeries isolées ;
- $R_{\text{incertitude globale de localisation}}$ est estimée de 5 à 33 m, selon :
 - Ouvrages relevés au dGPS : 5 à 6 m, dus à l'incertitude du levé DPGS et à celle de localisation du report sur la BDORTHO® de l'IGN ;
 - Ouvrages identifiés sur plan : 18 à 33 m, dus au calage du plan et à l'incertitude du report sur la BD ORTHO® de l'IGN.

A l'image des travaux souterrains, le zonage de l'aléa lié aux puits dont la localisation a été estimée à 50 m près est « globalisant » et tient compte des marges d'incertitudes et d'influences. Ainsi, dans ces cas, la cartographie de l'aléa correspond à l'emprise exacte de ces zones, sans y rajouter de marge supplémentaire (ni extension ni incertitude).

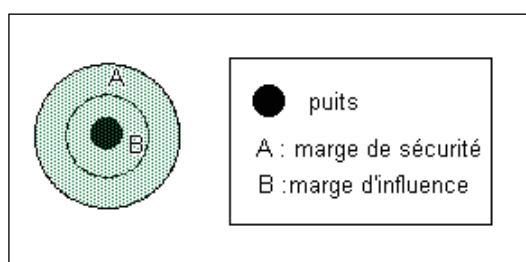


Figure 20 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits

Le tableau 12 suivant synthétise le niveau d'aléa et son rayon par ouvrage.

Id	Nom ouvrage	Prédisposition	Intensité	Aléa	Rayon puits (m)	Rayon influence (m)	Incertitude globale (m)	Rayon aléa
P14	Puits d'extraction	Très sensible	Limité à Modéré	Fort	1	3	6	10
P15	Puits à Remblais	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	23	27
P16	Ancien puits d'extraction	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	0,7	3	50	50
P17	Puits d'aérage	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	18	22
P18	Puits d'aérage	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	18	22
P13	Puits du Charbon	Sensible	Limité à Modéré	Moyen	1,1	3	6	10
P62	Puits d'aérage	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	5	9
P21	Puisard Nemours	Très sensible	Limité à Modéré	Fort	1	3	5	9
P35	Puits Henry	Sensible	Modéré	Moyen	1,7	3	6	11
P27	Puits Magdeleine	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	33	37

Id	Nom ouvrage	Prédisposition	Intensité	Aléa	Rayon puits (m)	Rayon influence (m)	Incertitude globale (m)	Rayon aléa
P24	Puits Fernand	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P19	Puits de la Chapelle	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P28	Puits Aumale	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P29	Puits Frédéric	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P30	Puits Joinville	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P34	Puits Raoul	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	33	37
P31	Puits de recherche	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P44	Puits d'aération	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	33	37
P61	Puits de Recherche	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P59	Puits de Recherche	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P60	Puits de Recherche	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible	1	3	50	50
P43	Puits de recherche	Sensible	Limité à Modéré	Moyen	1	3	50	50

Tableau 12 : Récapitulatif de l'aléa effondrement localisé sur puits

18.3 Cartographie de l'aléa glissement

Les zones d'aléa relatives aux glissements des flancs des dépôts prédisposés aux glissements doivent tenir compte :

- d'une incertitude correspondant à la précision du dGPS et à la précision de l'observation des frontières des dépôts sur le terrain (évaluée à 5 m environ) ;
- de l'extension vers l'aval des possibles cônes d'épandage (évaluée à 4 m soit environ la demi hauteur maximale des dépôts) ;
- du recul possible des crêtes des dépôts retenus (4 m) ;

Soit 9 m de part et d'autre des limites des 3 dépôts V3, V4 et V5.

18.4 Cartographie de l'aléa tassement

Les zones d'aléa relatives aux tassements sur dépôts tiennent compte d'une seule marge. Elle est liée à l'incertitude correspondant à la précision du dGPS et à la précision de l'observation des frontières des dépôts sur le terrain (estimées à 5 environ). En effet, les tassements se manifestant au droit exact des dépôts, il n'y a pas de marge d'extension latérale pour ces phénomènes.

Les marges de l'aléa tassement sur les 3 dépôts V3, V4 et V5 sont évaluées à 5 m au-delà des localisations des dépôts.

18.5 Cartographie de l'aléa échauffement

Les conséquences des échauffements ou combustion des dépôts se manifestent préférentiellement sur les dépôts eux-mêmes et dans leurs périmètres immédiats.

En croisant les approches précédemment détaillées par la cartographie des aléas tassements et glissements sur les dépôts, une marge forfaitaire de 5 m a été retenue sur les 3 dépôts V3, V4 et V5 concernés.

Bibliographie

- [1]** Scanning des titres miniers. Région PACA : Identification rapide des zones de risques miniers importants liés à l'instabilité des terrains. Rapport de synthèse GEODERIS N2006/013DE – 06NAT2100, 2006.
- [2]** Bassin de Lignite de Vèdes-La-Fare (13) – Titres miniers de Coudoux, la Fare, Vèdes, Liquette et Bassan – Evaluation et cartographie des aléas miniers. Rapport GEODERIS S2008/25DE-08PAC2220, février 2008.
- [3]** Mine de lignite de Gémenos – Concession de La Baumone (Bouches-du-Rhône) – Phase informative et évaluation des aléas « mouvements de terrain ». Rapport GEODERIS S2009/55DE-09PAC2230, juin 2009.
- [4]** INERIS(2006). 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, 139 p.
- [5]** Concession de Garlaban. Résumé des PV de visites du Service des Mines de 1833 à 1861
- [6]** Concession de Garlaban. Inventaire et traitement des ouvrages ouverts datant de 1929
- [7]** Concession de Garlaban. Rapport de demande de renonciation datant de 1931
- [8]** Concession de Gémenos. Rapport de demande en concession de Mr Albertas datant de 1855
- [9]** Concession de Gémenos. Résumé des PV de visites du Service des Mines de 1856 à 1861 et de 1883 à 1886
- [10]** Concession de La Bastide Blanche. Rapport de demande en renonciation de 1936
- [11]** Concession de La Bastide Blanche. Rapports et PV de visites du Service des Mines de 1866 à 1934
- [12]** Concession de Plan d'Aups. Dossier de renonciation de la CIM (historique des travaux, étude géologique, fiches de travaux sur orifices avec plan de situation et extraits d'archives du service des mines), datant de la fin des années 1980
- [13]** Concession de Plan d'Aups. Rapports et PV de visites du Service des Mines de 1832 à 1889
- [14]** « Histoire de la mine de lignite du Plan d'Aups-Sainte-Baume » de V. Moussion (ass. découverte Sainte-Baume)

- [15]** Inventaire des dépôts miniers issus des exploitations charbonnières. Rapport GEODERIS N2013/042_bis – 13NAT2440. Juin 2014.
- [16]** GEODERIS (2010). Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – volet « effondrement localisé ». Rapport GEODERIS N2012/010DE-12NAT2210, 37p., 5 ann.
- [17]** Salmon R. (2009). 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. 23 décembre 2009.
- [18]** Evaluation et traitement du risque de fontis lié à l'exploitation minière. Rapport INERIS DRS-07-86090-05803A, 2007.

Annexe 1

Inventaire des archives consultées et historiques d'exploitation détaillée

Référence des documents

Le présent rapport s'appuie essentiellement sur les informations disponibles dans les archives de la DREAL PACA à Marseille et de l'UT du Var à Toulon. Les Archives Nationales (site du CARAN) et les Archives Départementales des Bouches-du-Rhône à Marseille ont été consultées et ont fourni quelques informations complémentaires sur les exploitations les plus anciennes :

- **Archives de la DREAL PACA :**
 - Carton 2D3 (concession de Plan d'Aups) ;
 - Carton 2D4 (concession de la Bastide Blanche) ;
 - Carton 3J5 (concessions de Gémenos et de Garlaban).

- **Archives de l'UT Var :**
 - Carton 19 (concession de Plan d'Aups) ;
 - Carton 20 (concession de la Bastide Blanche).

- **Archives Nationales (site du CARAN) :**
 - Carton F14-3829 (concessions Gémenos/Garlaban) ;
 - Carton F14-3863 (concession Plan d'Aups) ;
 - Carton F14-3869 (concessions de Gémenos/Garlaban) ;
 - Carton F14-3878 (concessions Plan d'Aups/La Bastide Blanche) ;
 - Carton F14-3883 (concession Gémenos) ;
 - Carton F14-3905 (concessions Plan d'Aups/La Bastide Blanche) ;
 - Carton F14-8292 (concession Gémenos) ;
 - Carton F14-8351 (concession Plan d'Aups).

Les documents utilisés concernant les quatre titres miniers sont constitués essentiellement de rapports d'Ingénieurs des Mines, des Procès-Verbaux (PV) de visite et de dossiers de renonciation ou d'abandon de travaux.

Historique détaillé de la concession du Garlaban

La concession de Garlaban a été instituée par ordonnance le 22 septembre 1824.

Les archives consultées relatent brièvement quelques travaux d'exploitation à la fin du XVIII^{ème} et au début du XIX^{ème} siècle mais aucune description précise ni aucun plan de ces travaux n'a été retrouvé. Au milieu du XIX^{ème} siècle, des travaux de recherche ponctuels ont eu lieu, par de petites descenderies à partir d'affleurements, et par puits plus en profondeur. Tout comme pour les plus anciens travaux, peu d'informations sur la situation de ces travaux n'a été retrouvée.

Les seules informations retrouvées sur les travaux miniers de la concession de Garlaban sont les suivantes :

- Des notes manuscrites récentes (origine et date non connues) retrouvées dans les archives de la DREAL relatent : *« ouverte en 1765 et arrêté en 1776. Couche de médiocre qualité de 4 à 5 m d'épaisseur. Plusieurs plans inclinés de 40 à 60° dans bancs calcaire argileux. Exploitation en longeant le mur de la couche par galeries d'extraction subhorizontales ».*

- Une lettre de Mr Louis de Barbarin datant du 1^{er} octobre 1809 relate succinctement l'existence d'une mine de charbon sur la propriété du château de Favary (ce château est situé hors du périmètre concédé, à environ 200 m au sud de l'angle sud-est de la concession) ;
- En 1833, [5], les « *travaux ont été récemment suspendus* ». Ces travaux étaient réalisés au « puits de Pâques ». Des problèmes d'épuisement et des difficultés à réaliser une galerie d'écoulement semble être à l'origine de l'arrêt des travaux. Un autre puits dit « Négrel » est cité ;
- Arrêt des travaux de 1833 à 1848, [5] ;
- Vers la fin de 1849, [5], deux puits sont foncés. Le premier atteint une couche de « *charbon* » à la profondeur de 65 m. Deux galeries de 34 et 56 m de longueur partent du fond du puits. La couche est inclinée de 40° et a une puissance de 1,5 à 3 m. Le combustible est dit « *de qualité inférieure* ». Ce puits a été foncé à proximité de la limite avec les terrains secondaires (bordant la formation lignitifère à l'ouest). Le second, « *situé plus au sud-est* », atteint la profondeur de 84 m sans rencontrer de combustible. Ces travaux sont abandonnés au début de 1850 à cause d'importantes venues d'eau pour le premier, et faute de combustible pour le second ;
- Arrêt des travaux de 1851 à 1854, [5], (changement de concessionnaire en 1854) ;
- En 1855, [5], tentatives infructueuses de reprise d'anciens travaux. D'après le résumé des travaux du rapport de demande de renonciation de 1931, ces travaux sont décrits succinctement comme « *quelques descenderies aux affleurements rapidement abandonnées* » ;
- Arrêt des travaux de 1856 à 1861, [5].
- Une demande de permis de recherche datant du 22 février 1886 à laquelle est jointe un plan positionnant 3 puits projetés, [5]. Aucune suite à cette demande n'a été retrouvée, le percement de ces puits est très incertain. Cette zone de recherche (projeté) est hors concession, elle est située sur une limite des communes d'Aubagne et de Gémenos, à environ 1 km à l'est du hameau de Saint-Pierre les Aubagne, à 500 m au nord de la limite nord de la concession de la Baumone et à environ 3 km au sud-est de la concession de Garlaban.

Au cours du 19^{ème} siècle, la concession de Garlaban a suscité beaucoup d'engouement du fait de sa position idéale pour les débouchés (proximité de Marseille) mais tous les travaux de recherche réalisés ont relevé un gisement très irrégulier et des difficultés liées aux venues d'eau dès que l'on tentait de s'approfondir. Ce faisant, la concession de Garlaban s'est révélée être inexploitable.

A partir de 1929, le concessionnaire réalise un dossier de renonciation et le soumet au Service des Mines. Les seuls travaux exécutés sur la concession sont résumés par « *de petites descenderies amorcées à partir d'affleurement et aujourd'hui éboulées, ainsi que deux puits de recherche* ». Dans la foulée, le Service des Mines réalise une reconnaissance des anciens travaux apparents en surface et relève :

- Un puits « *à section carrée de 3 m de côté avec des déblais de creusement autour de l'orifice* ». Il s'agit du puits de recherche de 84 m foncé fin 1849. D'après un habitant, il serait « *noyé jusqu'à la profondeur de 40 m et un plancher en bois existerait au-dessus du niveau d'eau. Le puits est actuellement comblé à une profondeur de 17 m, on suppose qu'il y a environ 25 m de remblais sur le plancher* » ;
- Une descenderie à flanc de coteau d'une vingtaine de mètres de longueur, pentée à environ 54°, prolongée par une galerie horizontale d'une trentaine de mètres ;

L'obturation de ces deux ouvrages est réalisée et le 20/10/1931, un ingénieur TPE va constater les travaux. L'orifice du puits est fermé par une dalle en béton armé surmontée d'une murette de 1 m de hauteur. L'ouverture au jour de la descenderie a été fermée par une dalle en béton armé de 0,25 m. (voir schéma des fermetures).

Historique détaillé de la concession du Gémenos

La concession de Gémenos a été instituée par un décret du 7 (ou du 9) janvier 1856. Un arrêté du 20/07/1962 prononce la déchéance des propriétaires et l'arrêté du 24/04/1964 prononce l'annulation de la concession.

Des travaux anciens et ponctuels, à proximité d'un affleurement ont eu lieu sur cette concession, à la fin du XVIII^{ème} et au cours du XIX^{ème} siècle. Etant donné la très faible étendue de la formation lignitifère, les travaux réalisés à différentes époques se sont déroulés sur un seul quartier situé à proximité du lieu-dit « la Glacière » (au pied du pic de Bertagne).

Peu d'informations décrivent ces travaux et aucun plan n'a été retrouvé. Les seules données proviennent du rapport de demande en concession de Mr Albertas, [8] , datant du 22 mars 1855 :

- « à différentes époques, des tentatives ont été faites pour tirer parti de ce combustible en l'exploitant, dans le quartier de la Glacière. On y voit en différents points des restes d'excavations, des travaux d'anciennes galeries et quelques tas de déblais qui sont autant de témoins des travaux dont ce gisement a été l'objet »
- Le 17/02/1839, autorisation pour 2 ans de disposer des produits de recherche, « il paraît que dans ce délai les fouilles furent poursuivies, le charbon qu'elles produisirent fut utilisé pour l'alimentation de quelques fours à plâtre... »
- « ...depuis quelques années, toutes extractions avaient cessées, les fouilles exécutées n'ayant été l'objet d'aucun travaux d'entretien s'étaient éboulées,... »
- « ...la couche de combustible reconnue au quartier de la glacière,..., n'est que l'une des couches sur lesquelles des travaux ont été fait à divers époques au quartier de la Brasque, de l'autre côté du col (concession de Plan d'Aups),... » ;
- « les derniers travaux ont poussé l'exploration jusqu'à plus de 100 m du jour. Ces travaux consistent essentiellement en une galerie horizontale ouverte dans le voisinage de la Glacière sur une couche de nature argileuse, à quelques mètres au toit de l'affleurement d'une couche de charbon dans laquelle la galerie pénètre à 50 ou 60 m environ du jour et où elle se poursuit en direction jusqu'à 112 m de longueur mesuré le 15 mars par le garde des mines. L'entrée en galerie est précédée d'une tranchée à ciel ouvert où l'on peut étudier la nature de la roche mise à nue ; c'est une argile compacte avec fragments de bois fossiles et de jayet (lignite). Quant à la couche de charbon elle-même nous lui avons trouvé, au front d'avancement une puissance de 0,65 m dont 0,5 à 0,55 m de charbon, avec 0,1 m de schistes argileux intercalé. La direction est du N au SO, son inclinaison est de 60°S. Le toit est formé par un calcaire marneux avec schistes et veines de charbon, au mur se trouve une couche d'argile noire, avec nerfs de charbon, et au-delà une roche calcaire assez dure. La dimension donnée à la galerie oblige à étayer fortement le toit, et le mur et les parois latérales sont boisées avec soins de manière à laisser un vide de 1,9 m de large et 1,7 m de hauteur. Lignite de qualité moyenne, compact, brillant, beaucoup de cendres » ;
- Projet de relier le quartier de la glacière au quartier de la brasque (concession de Plan d'Aups) par une galerie sous le col de Bertagne (jamais réalisé) ;

- Travaux en cours en janvier 1854, « une galerie percée pour la sortie du lignite et l'exhaure ».

Après l'institution de la concession, les PV de visite effectués de 1856 à 1861, rapportent qu'aucun travail n'a lieu sur la concession de Gémenos.

Historique détaillé de la concession de la Bastide Blanche

La concession de la Bastide Blanche a été instituée par deux décrets du 05/12/1866 et du 27/12/1871 (périmètres différents). La superficie de la concession actuelle est de 499 ha. La renonciation de la concession a été acceptée par décret du 16/09/1936.

Deux quartiers d'exploitation en souterrain ont été réalisés, ils sont nommés « secteur Jas de Ribié » et « secteur de la Bastide Blanche ». Par ailleurs, quelques travaux de recherche par puits, descenderies ou grattages ont aussi été opérés.

Quartier Jas de Ribié ou travaux nord

Le quartier est situé à une centaine de mètres au sud-ouest du lieu-dit « Jas de Ribié » et à quelques dizaines de mètres du ruisseau « le Cauron ». Il s'agit des plus anciens travaux répertoriés sur la concession, ils se sont déroulés entre 1865 et 1879.

Les travaux ont été réalisés d'abord à partir de descenderies percées directement à l'affleurement de la couche n° 3, puis à partir d'un puits d'extraction de 35 m de profondeur (exploitation de l'amont pendage).

L'exploitation est abandonnée en 1879 faute de rentabilité. Au final, l'emprise des travaux souterrains est d'environ 1 ha. Quatre entrées de galerie ou descenderies, une galerie d'écoulement et deux puits (un d'extraction et un d'aéragé) ont été répertoriées.

Quartier de la Bastide Blanche

Le quartier est situé entre les lieux dits « la Maison Blanche » et « la Blanche » (anciennement « la Bastide Blanche »), à environ 600 m au sud du quartier Jas de Ribié. Le vallon Charretier recoupe l'extrémité nord du quartier. Il s'agit du site d'exploitation le plus important de la concession, ces travaux ont eu lieu entre 1911 et 1921.

Les premières recherches sur ce site datent de décembre 1911 avec le creusement de deux descenderies dans une couche de lignite de qualité médiocre de 1,3 m de puissance utile (un ou deux bancs marneux intercalés). Ces premiers travaux sont rapidement abandonnés à cause des venues d'eau. A partir de juin 1916, les travaux sont remis en état et entre 1917 et 1921, la descenderie d'extraction est poussée « *sur 150 m de longueur vers le sud-est et atteint la profondeur de 100 m* ». Six niveaux de direction SO/NE sont établis de part et d'autre de la descenderie (environ 300 m vers l'ouest et 200 m vers l'est) et sont réunis par des montages espacés de 20 m en moyenne. Seuls les panneaux les moins profonds (< 50 m) ont été exploités totalement par tailles. En s'approfondissant, le gisement s'avère de plus en plus compliqué à exploiter (nombreuses failles avec rejets, passées stériles, épuisement, etc.). Les travaux sont définitivement arrêtés le 11 mars 1921.

Au final, l'emprise des travaux souterrains atteint environ 4 ha, deux descenderies desservent les travaux (une pour l'extraction et une pour le personnel) et deux puits ont été foncés pour assurer un bon aéragé.

Autres sites de recherche

D'autres sites ont connus des travaux miniers de faible importance et dont les informations retrouvées sont loin d'être exhaustives. Il s'agit de :

- En 1871, un puits de 20,5 m de profondeur dit « *puits à charbon* » est foncé. Il est situé au lieu-dit « la maison Blanche », à environ 500 m au sud-est du quartier de la Bastide Blanche. Ce puits a recoupé une couche supérieure de 1 m d'épaisseur (profondeur inconnue) et une couche inférieure de 3 m d'épaisseur à 20 m de profondeur. Dans la couche inférieure, deux galeries d'allongement d'une dizaine de mètres de longueur ont été réalisées de part et d'autre du puits. Ce site est rapidement abandonné en 1872 faute de moyen d'épuisement ;
- Un puits a été foncé en 1912 sur la limite est de la concession, à environ 450 m à l'est du quartier Jas de Ribié. Il atteignait 4 m de profondeur en juin 1912 et devait être approfondi jusqu'à ce qu'il recoupe du lignite. Aucune information sur la poursuite de ces travaux n'a été retrouvée. Sur un plan de 1920, il figure sous le nom « *d'ancien puits d'extraction* » ;

D'autres travaux miniers n'ont pas pu être localisés, les seules indications retrouvées sont :

- « *l'ancien chantier du puits Saint Louis est abandonné* » (Synthèse PV 1866-1874, [11], année 1870,) ;
- « *nouveaux travaux de recherche au-delà de la limite sud-ouest de la concession, travaux consistant en fouilles aux affleurements et quelques descenderies ouvertes dans une couche de 2,5 m dirigée NE et pentée à 35°NO* » (Synthèse PV 1866-1874, [11], année 1870,).

Historique détaillé de la concession de Plan d'Aups

La concession de Plan d'Aups a été instituée le 23 décembre 1829. Elle porte sur une superficie de 886 ha. Entre 1829 et 1890, des travaux sporadiques de recherche ou de reconnaissance du gisement sont entrepris en différents points de la concession. Aucune de ces entreprises n'a atteint une véritable phase d'exploitation. Par la suite, plusieurs mutations de la concession sont réalisées mais aucun travail n'est repris. Par arrêté du 14/10/1987, la renonciation du dernier propriétaire (Compagnie Industrielle et Minière) est prononcée et la concession est par conséquent annulée.

Les travaux miniers ont été réalisés en de nombreux points de la concession. Ces travaux consistaient essentiellement en des puits, travers-bancs ou descenderies de recherche percés à proximité des affleurements de lignite. Afin de synthétiser l'information, quatre secteurs ont été définies. Il s'agit des secteurs de « la Brasque », « la Chapelle », « Magdeleine » et « Giniez ».

Secteur de la Brasque

Le secteur de la Brasque se situe au sud-ouest de la concession, sur le versant sud d'un vallon orienté sud-ouest/nord-est et allant du col de Bertagne au lieu-dit « la Brasque ».

Des travaux par intermittence ont lieu de la fin du XVIII^{ème} au début du XX^{ème} siècle. D'après les archives consultées, la chronologie des périodes d'activité est la suivante, [12] , [13] et [14] :

- Premiers travaux recensés entre 1786 et 1789 ;
- En 1828, des travaux de reconnaissance pour la demande en concession ;

- De fin 1853 à 1863, à priori, période la plus productive du secteur. Les affleurements de lignite sont déjà décrits comme « *déhouillés par les anciens* ». Plusieurs travers-bancs et descenderies sont réalisés. La galerie de la Brasque ou Stollen et les chantiers qu'elle dessert semble être les travaux souterrains les plus développés de ce secteur (TB d'une centaine de mètres, 6 chantiers en cours en 1861) ;
- En 1878 et 1879, reprise des travaux. Travaux à la galerie Saint-Pierre (nouvelle galerie ou reprise de la galerie de la Brasque) et percement de la descenderie de la route de Gémenos ;
- En 1918, tentative de reprise des travaux à la galerie de la Brasque (déblayage, boisage, etc.). Abandon la même année.

En résumé, il semble que tous les affleurements de lignite aient été exploités sur le versant sud du vallon, soit par des grattages ou tranchées à ciel ouvert, soit par de petites descenderies foncées directement dans la couche de lignite. Seul un ou deux travers-bancs d'une centaine de mètres ont permis d'exploiter le lignite en profondeur. Ces quartiers présentent cependant une faible extension (< 1ha).

Secteur de la Chapelle

Le secteur de la Chapelle se situe à proximité immédiate du bourg de Plan d'Aups et du lieu-dit « la Toulonnette ».

Très peu de travaux ont été réalisés sur ce secteur. D'après les archives consultées, la chronologie des périodes d'activité est la suivante :

- En 1859, fonçage du puits de la Chapelle pour reconnaissance, abandon en 1860 ;
- En 1878 et 1879, fonçage des descenderies Nemours et plusieurs fouilles à l'affleurement d'une couche de lignite ;
- En 1918, remise en état d'un puits (peut-être le puits de la Chapelle) et rapide abandon.

Les travaux les plus importants de ce secteur sont les descenderies Nemours 1 et 2 (60 et 45 m de longueur). Une recoupe avec quelques chantiers a peut-être eu lieu sur la descenderie Nemours 1.

Secteur Magdeleine

Le secteur de Magdeleine est implanté sur un replat de l'escarpement situé immédiatement au nord-est du bourg de Plan d'Aups. Il borde à quelques dizaines de mètres la limite nord de la concession.

Des travaux miniers sont réalisés sur ce secteur entre 1886 et 1888. Un puits principal dit « Magdeleine » (ou Juliette) est foncé à 20 m de profondeur et recoupe 3 couches de lignite. Deux descenderies et un travers-bancs (hors concession) sont foncés. Quelques chantiers sont entrepris et le secteur est vite abandonné faute d'extension du gisement.

Secteur de Giniez

Le secteur de Giniez se situe dans la partie est de la concession, au nord du vallon Betton et au niveau des lieux dits « le Plan, Betton et Giniez ».

Il s'agit du secteur ayant connu les plus importants travaux de la concession. D'après les archives consultées, la chronologie des périodes d'activité est la suivante :

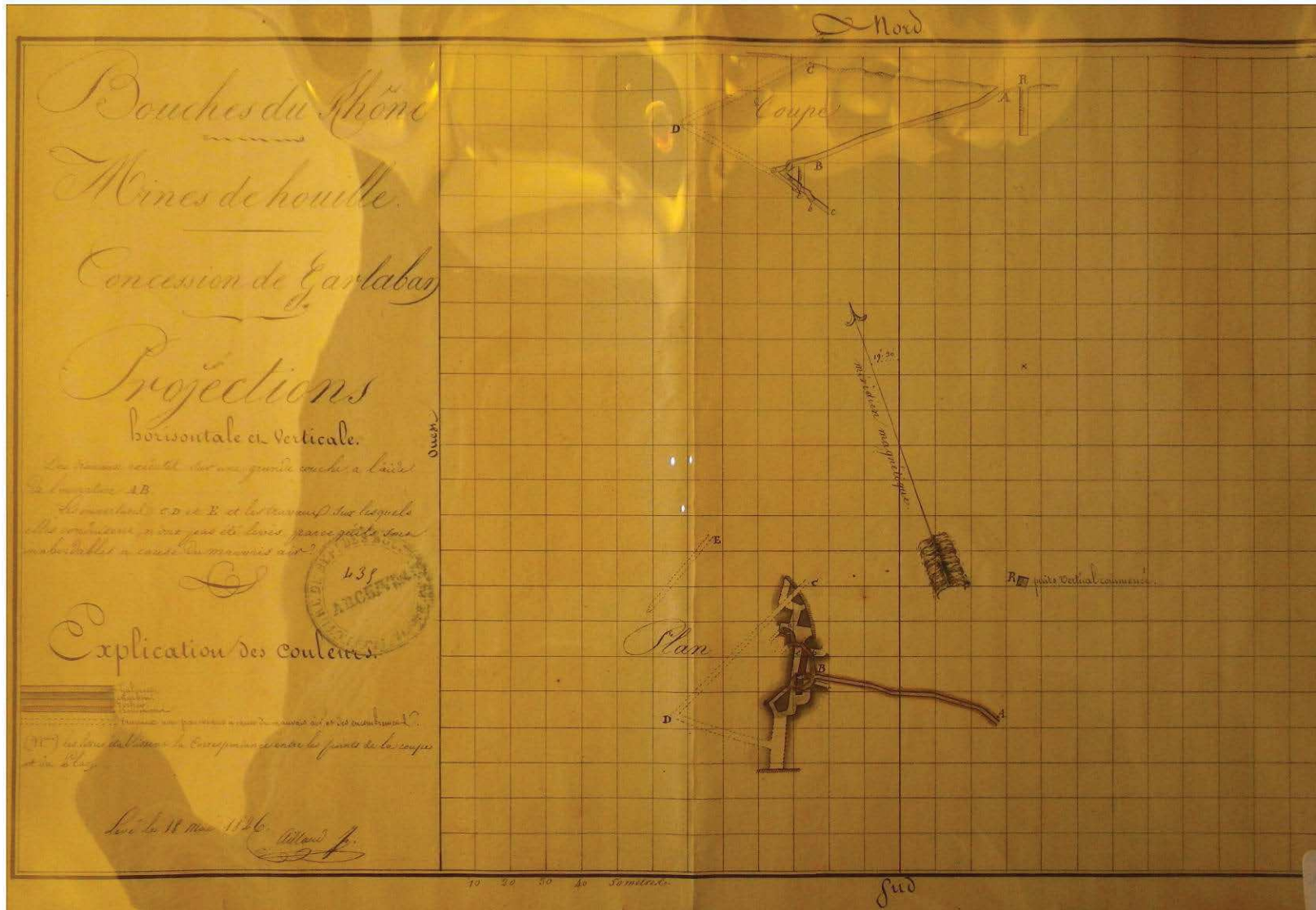
- En 1828, des travaux de recherche ont probablement lieu pour justifier la demande en concession ;
- Entre 1854 et 1857, de nombreux puits et descenderies de recherche sont foncés (puits Henry, fendues Coquand et Rosalie, etc.)
- En 1859, fonçage du puits Giniez (non localisé) pour reconnaissance et abandon en 1860 ;
- Entre 1862 et 1867, des sondages et de nouveaux puits sont percés pour reconnaître le gisement. 5 couches de lignites sont reconnues, 2 sont dites exploitables. Développement de plusieurs chantier d'exploitation, notamment sur la fendues Rosalie (10 chantiers d'abattage sur recoupes en 1865) ;
- Vers 1876/1884, reprise des travaux. Des puits exploitent à faible profondeur (<15 m) la couche Rosalie. Tout les anciens travaux sont dits effondrés et ennoyés. L'exploitation des couches Coquand et Rosalie, auparavant effectuées à partir des fendues du même nom sont dorénavant exploitées via le puits Henry. En 1880, une galerie est percée à proximité de la ferme de Giniez ;
- En 1888, reprise d'anciens travaux, abandon en 1889
- En 1918, reprise des travaux.

En résumé, le secteur de Giniez a connu des travaux sporadiques. De nombreux puits (non localisés) de faibles profondeurs ont explorés les couches Coquand et/ou Rosalie. Des galeries de faible extension ont pu être réalisées à partir de ces ouvrages.

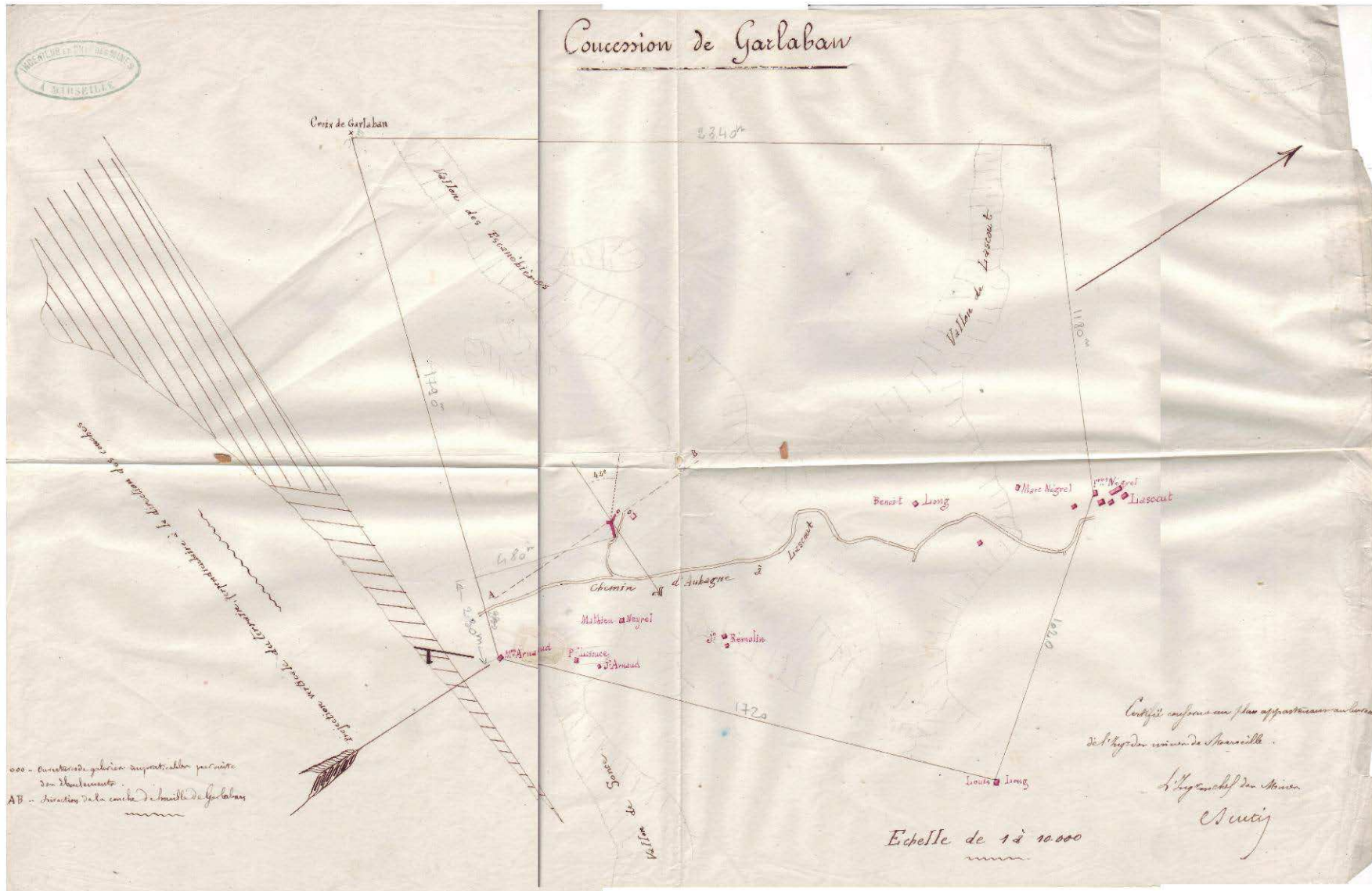
Annexe 2

Liste et copies des plans retrouvés dans les archives

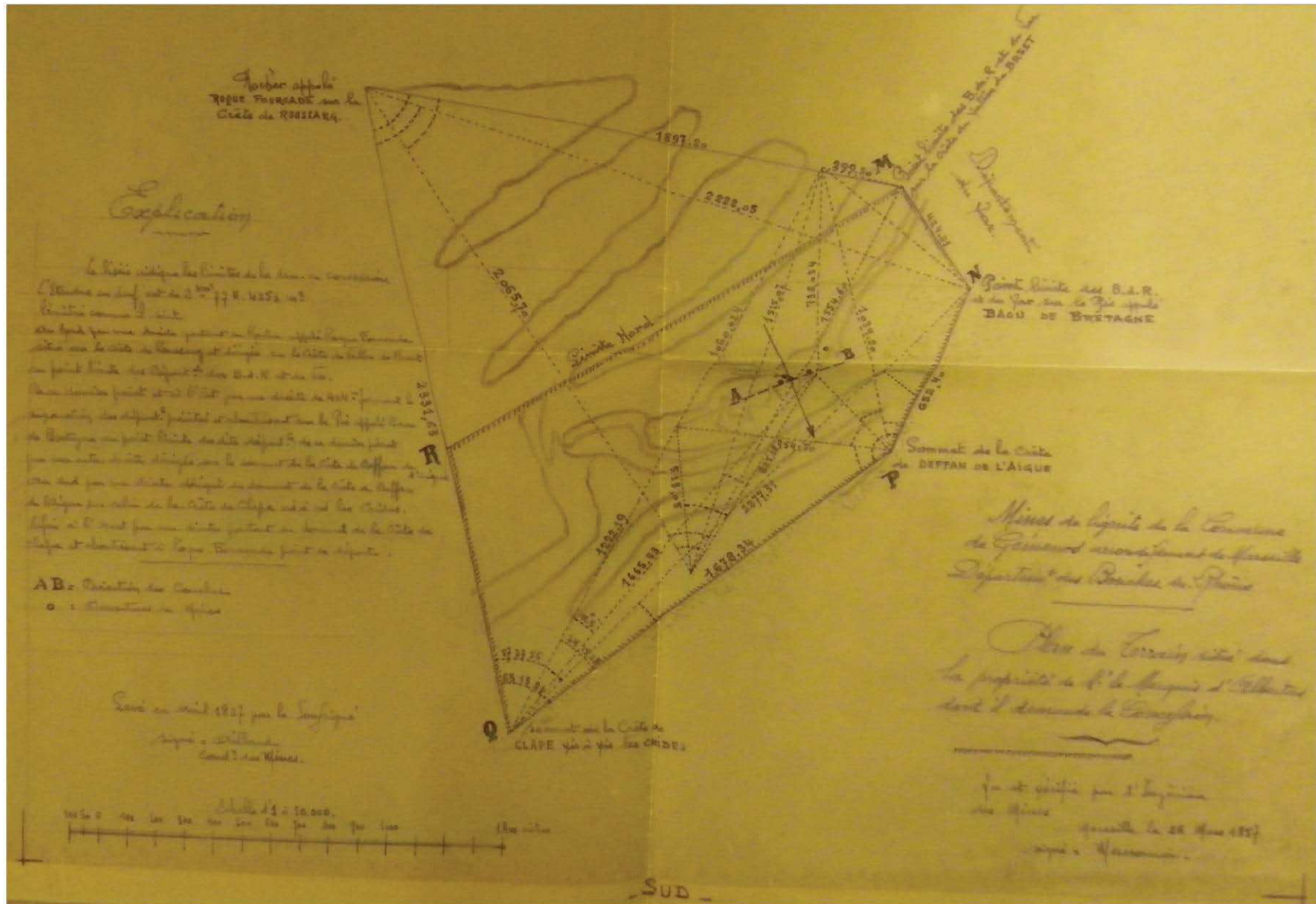
Id	Titre	Concession	Descriptif	Echelle	Date	Lieu d'archivage	Référence archives	Calage (O/N)	Format
Plan 1	Projections horizontale et verticale	Garlaban	Plan et coupe des travaux (non localisé en surface).	1/1000	18/05/1826	AD Bouche du Rhône	1 Fi 435	non	photo
Plan 2	s.o	Garlaban	Plan de surface avec localisation approximative des travaux.	1/10000	non daté	DREAL-Marseille	3 J 5	non	scan
Plan 3	Plan du terrain situé dans la propriété de Mr. Le Marquis d'Albertas dont il demande la concession	Gémenos	Plan de bornage avec localisation approximative des travaux.	1/10000	04/1827	DREAL-Marseille	3 J 5	non	photo
Plan 4	Plan du terrain situé dans la propriété de Mr. Le Marquis d'Albertas dont il demande la concession	Gémenos	Plan de bornage avec localisation approximative des travaux.	1/10000	10/04/1857	DREAL-Marseille	3 J 5	non	photo
Plan 5	Plan des travaux d'exploitation - Mine de la Bastide Blanche	Bastide Blanche	Plan des travaux souterrains du secteur Jas de Ribié.	1/500	01/09/1878	UT Var - Toulon	Carton n°82 - dossier Bastide Blanche	oui	scan
Plan 6	s.o	Bastide Blanche	Plan des travaux souterrains du secteur de la Bastide Blanche.	1/500	1921	DREAL-Marseille	2 D 4	oui	photo
Plan 7	Mine de lignite - La Bastide Blanche	Bastide Blanche	Plan des travaux souterrains du secteur de la Bastide Blanche.	1/500	19/09/1917	UT Var - Toulon	Carton n°82 - dossier Bastide Blanche	oui	scan
Plan 8	Mine de la Bastide Blanche - Plan de la concession	Bastide Blanche	Plan de la surface à l'échelle de la concession avec localisation des travaux.	1/10000	12/06/1920	UT Var - Toulon	Carton n°82 - dossier Bastide Blanche	oui	scan
Plan 9	Mine de lignite du Plan d'Aups - Coupe N/S et plan du chantier d'exploitation de la fendue Rosalie	Plan d'Aups	Coupe et plan schématique des travaux des fendues Rosalie et Coquand (secteur de Giniez).	1/1000	12/10/1865	DREAL-Marseille	2 D 3	non	photo
Plan 10	Coupe géologique du bassin du Plan d'Aups (exploitation Henry Chauwin, vers 1865)	Plan d'Aups	Coupe et plan des fendues Coquand et Rosalie, et du puits Henry (secteur de Giniez).	non connue	1865	BDSTM-PACA	BDSTM_PACA_83 SM0036_C02	oui	scan
Plan 11	Concession de la Sainte-Baume , Var, 886 ha - Planche N°2	Plan d'Aups	Plan "projet" d'exploitation (à l'échelle de la concession) avec localisation d'affleurements et d'anciens travaux.	non connue	1898	DREAL-Marseille	2 D 3	non	photo
Plan 12	Plan d'Aups - Etat des travaux en 1879	Plan d'Aups	Plan de surface à l'échelle de la concession localisant très approximativement les travaux.	1/20000	1879	BDSTM-PACA	BDSTM_PACA_83 SM0036_C02	non	scan
Plan 13	Dossier de Renonciation de la concession - Plan des travaux	Plan d'Aups	Plan parcellaire localisant les ouvrages matérialisé et traité dans le dossier de renonciation de la concession de Plan d'Aups.	1/2500	10/04/1986	UT Var - Toulon	Carton n°81 - dossier Plan d'Aups	non	scan
Plan 14	s.o	Plan d'Aups	Plans et coupes des travaux.	1/2500	non daté	BDSTM-PACA	BDSTM_PACA_83 SM0036_C01	non	scan



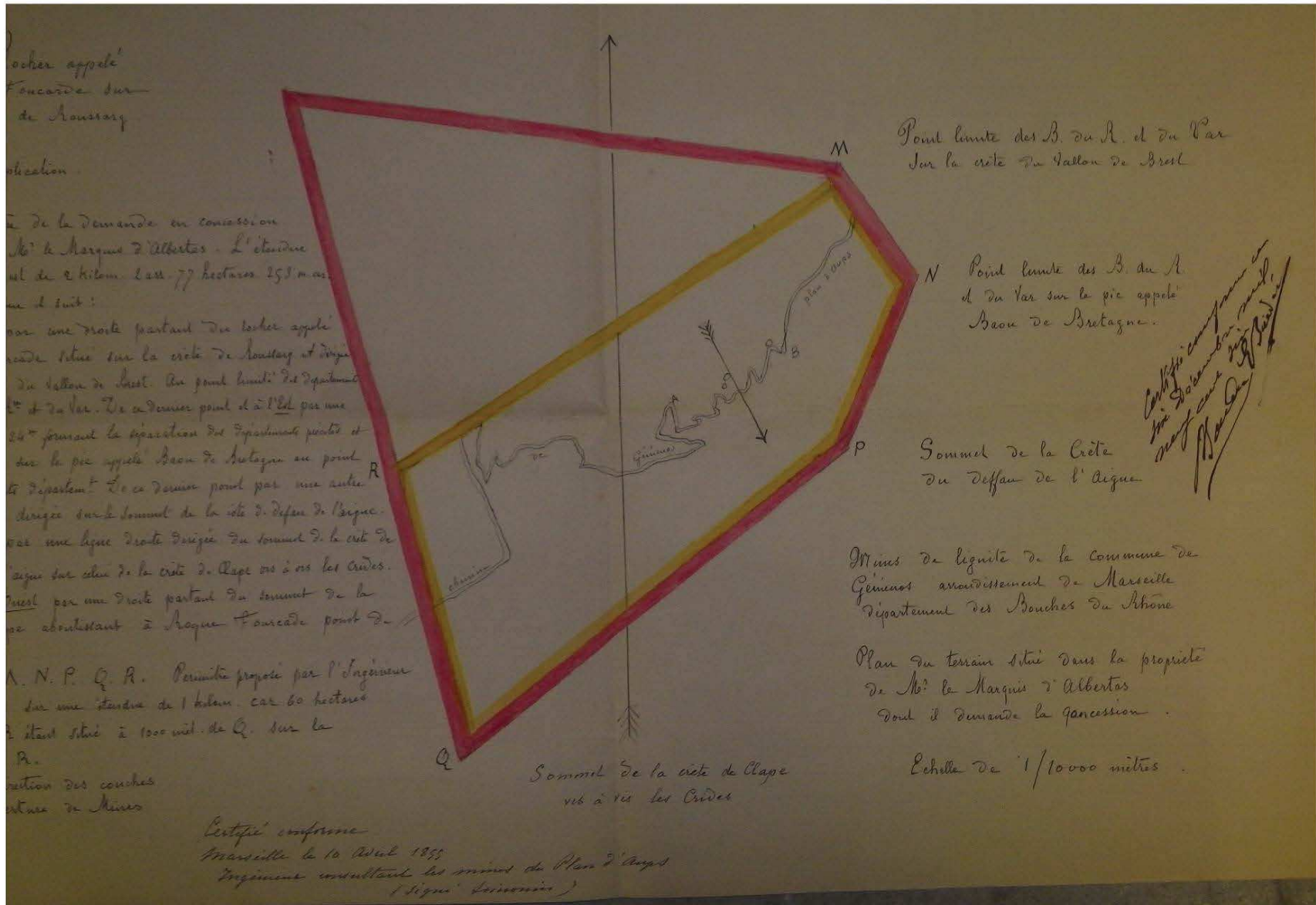
Plan 1 : Plan et coupe des travaux de la concession de Garlaban. Daté du 18/05/1826. Echelle d'origine 1/1000



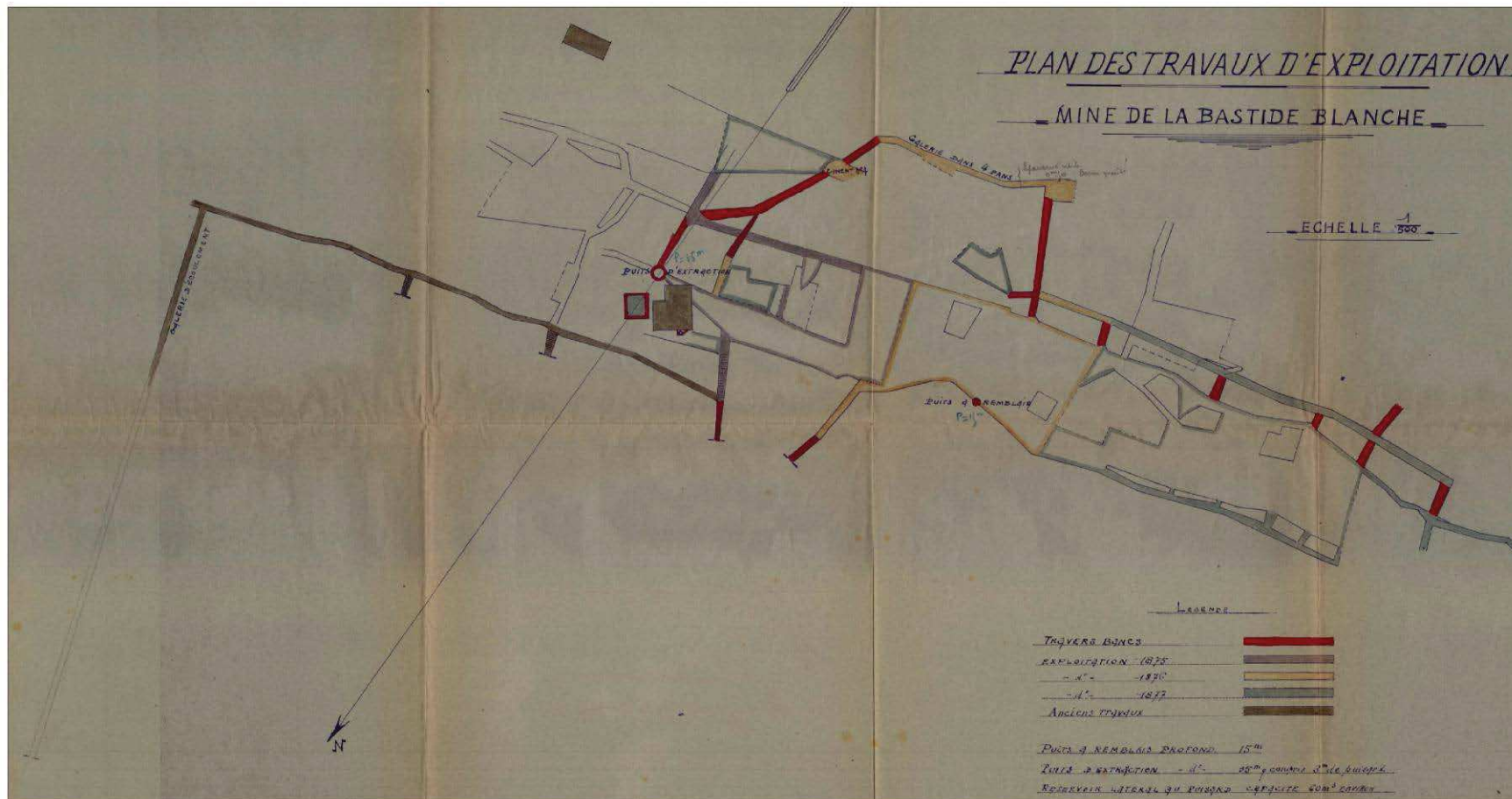
Plan 2 : Plan de surface et localisation des travaux de la concession de Garlaban. Non daté. Echelle d'origine 1/10 000



Plan 3 : Plan de bornage et localisation des travaux de la concession de Gémenos. Levé en avril 1827. Echelle d'origine 1/10 000



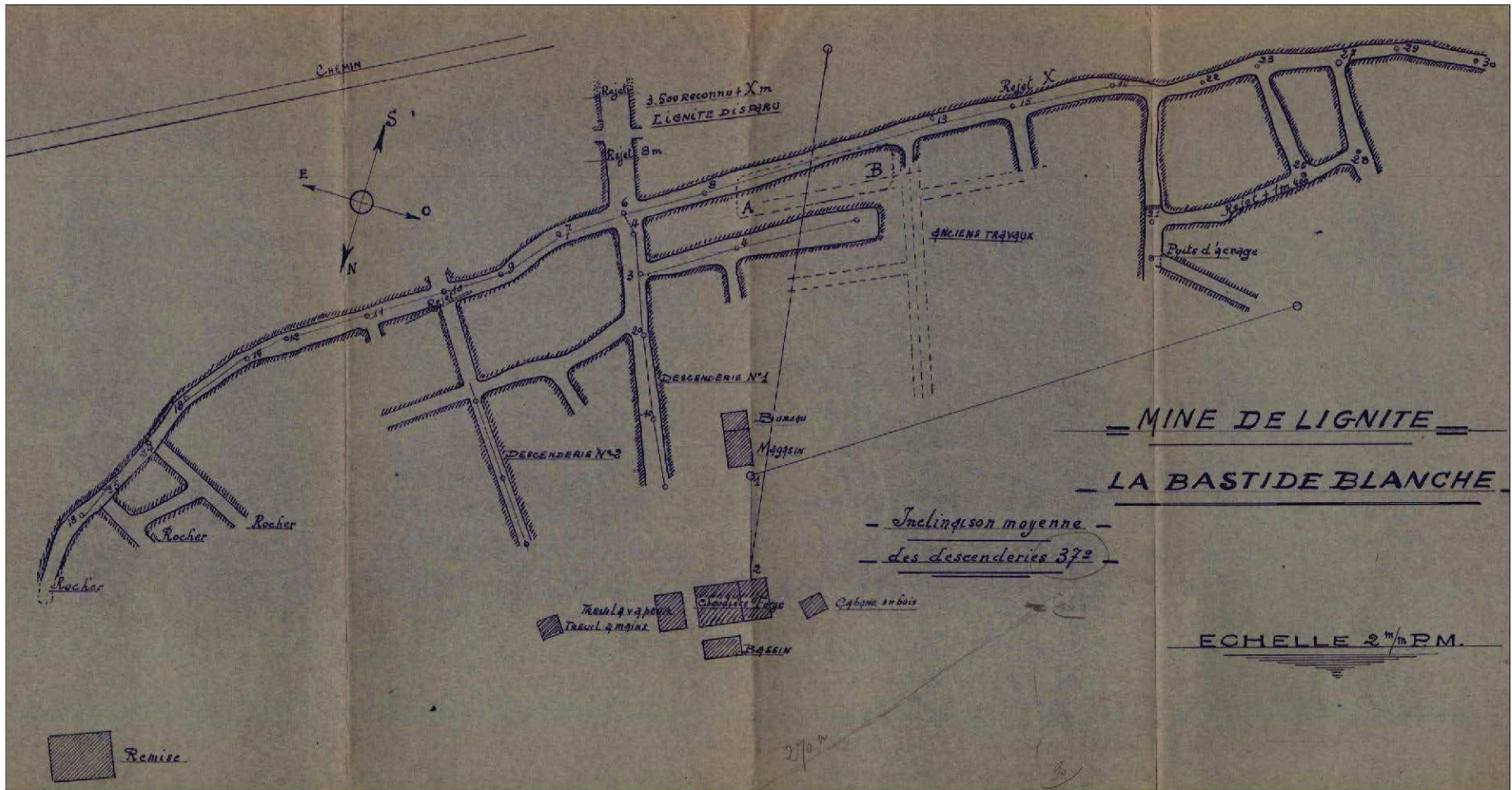
Plan 4 : Plan de bornage et localisation des travaux de la concession de Gémenos. Daté du 10/04/1857. Echelle d'origine 1/10 000



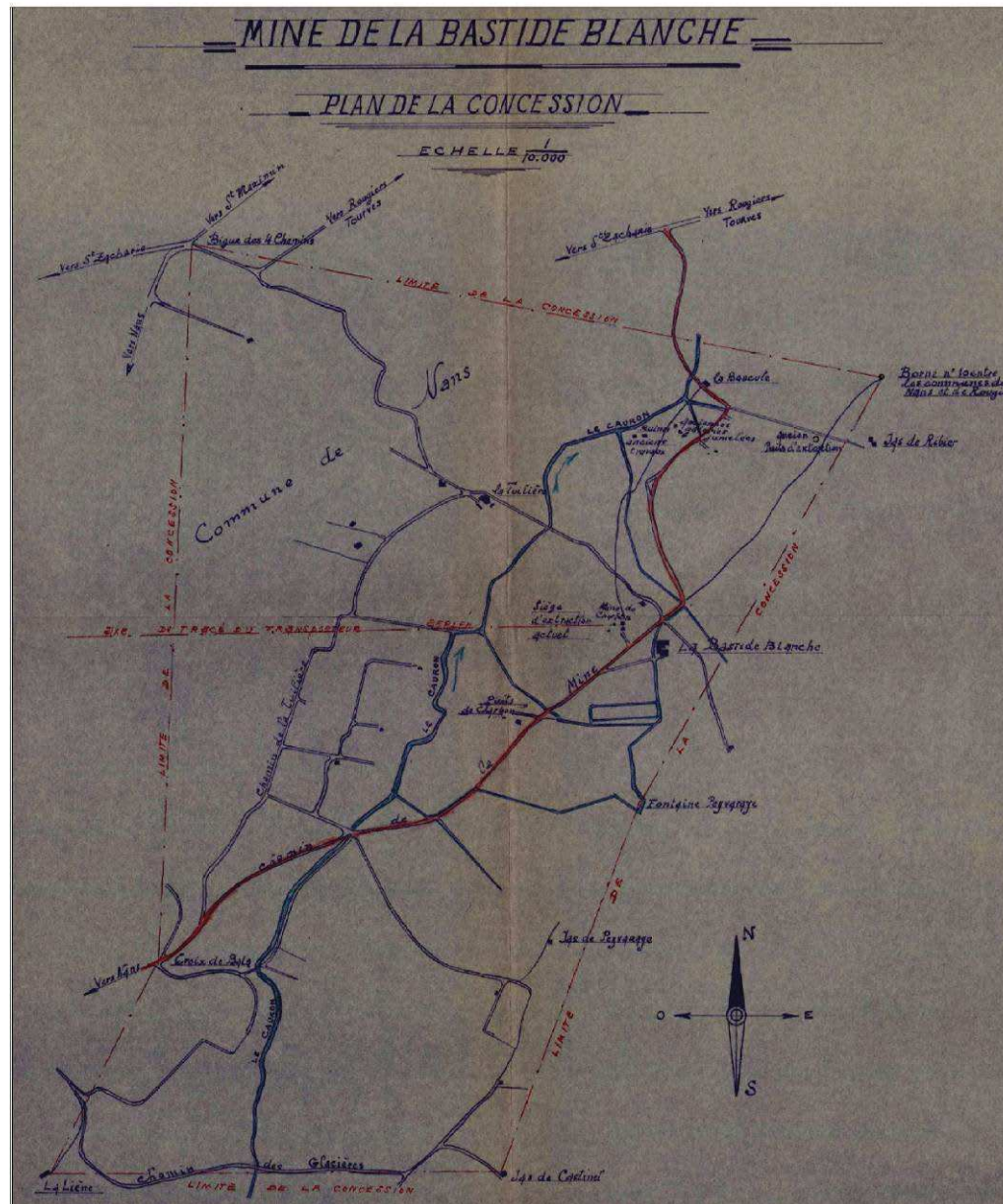
Plan 5 : Plan des travaux souterrains du secteur de Jas de Ribié (concession de La Bastide Blanche). Daté du 01/09/1878. Echelle d'origine 1/500



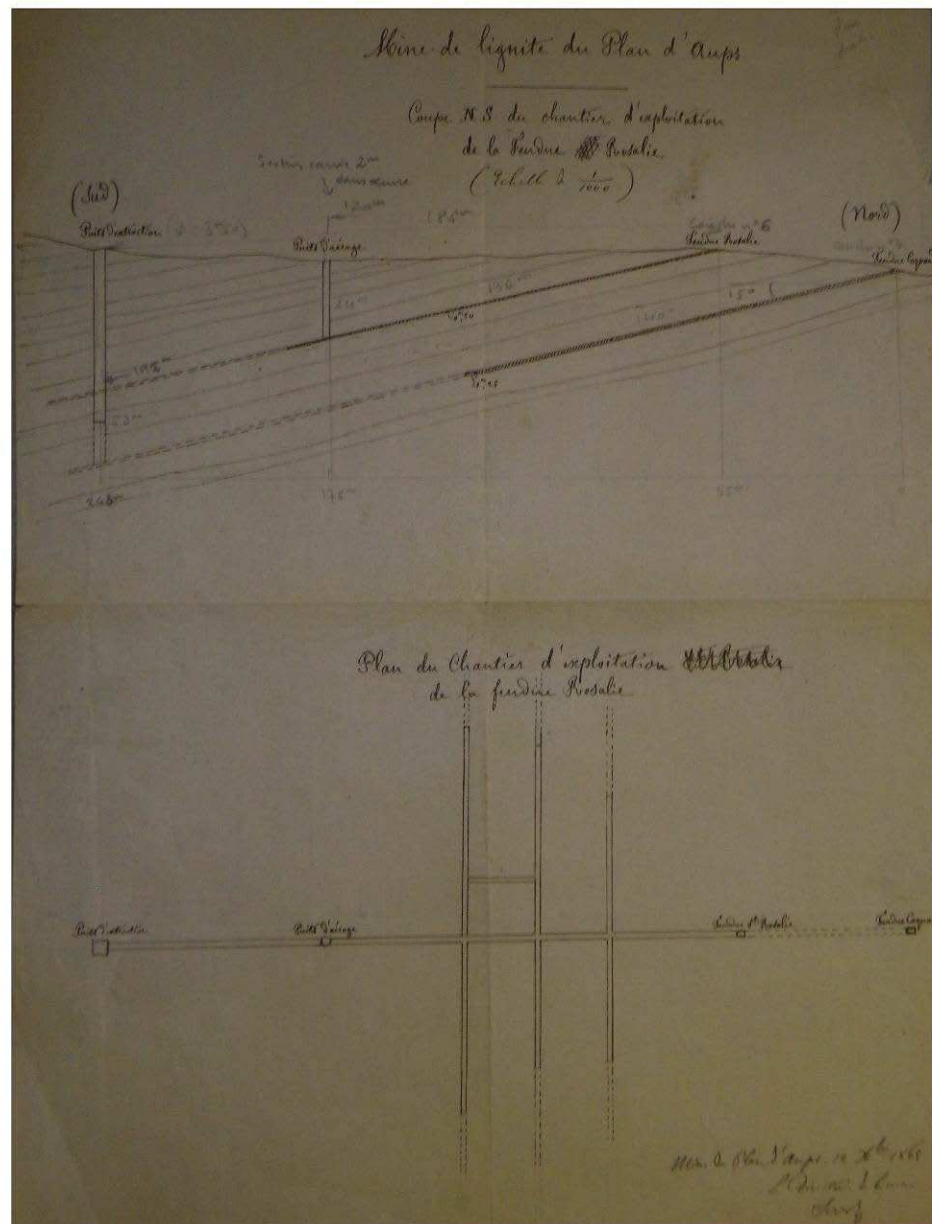
Plan 6 : Plan des travaux souterrains du secteur de la Bastide Blanche (concession de La Bastide Blanche). Date estimée à 1921. Echelle d'origine 1/500



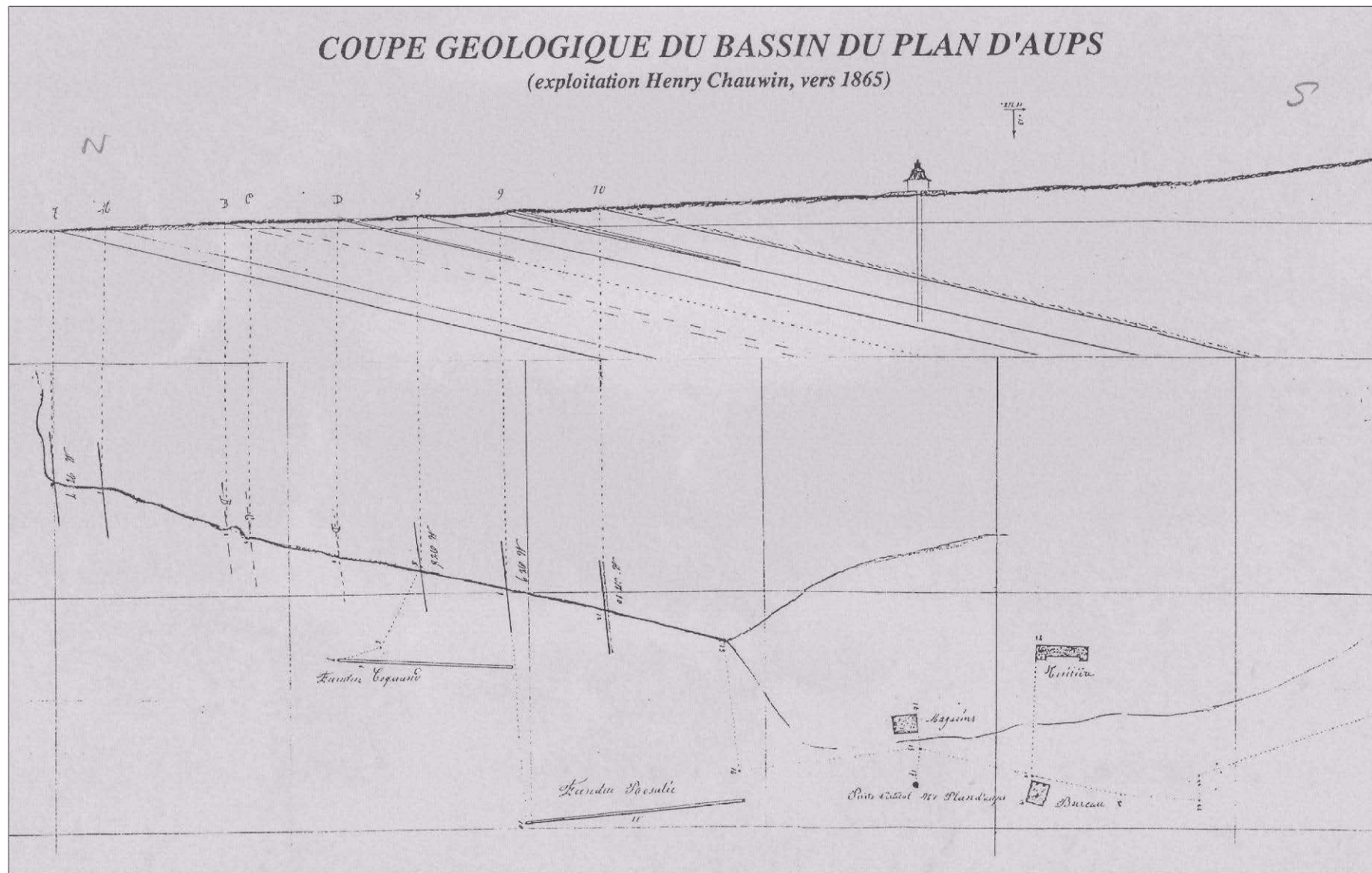
Plan 7 : Plan des travaux du secteur de la Bastide-Blanche (concession de La Bastide-Blanche). Daté du 19/09/1917. Echelle d'origine 1/500



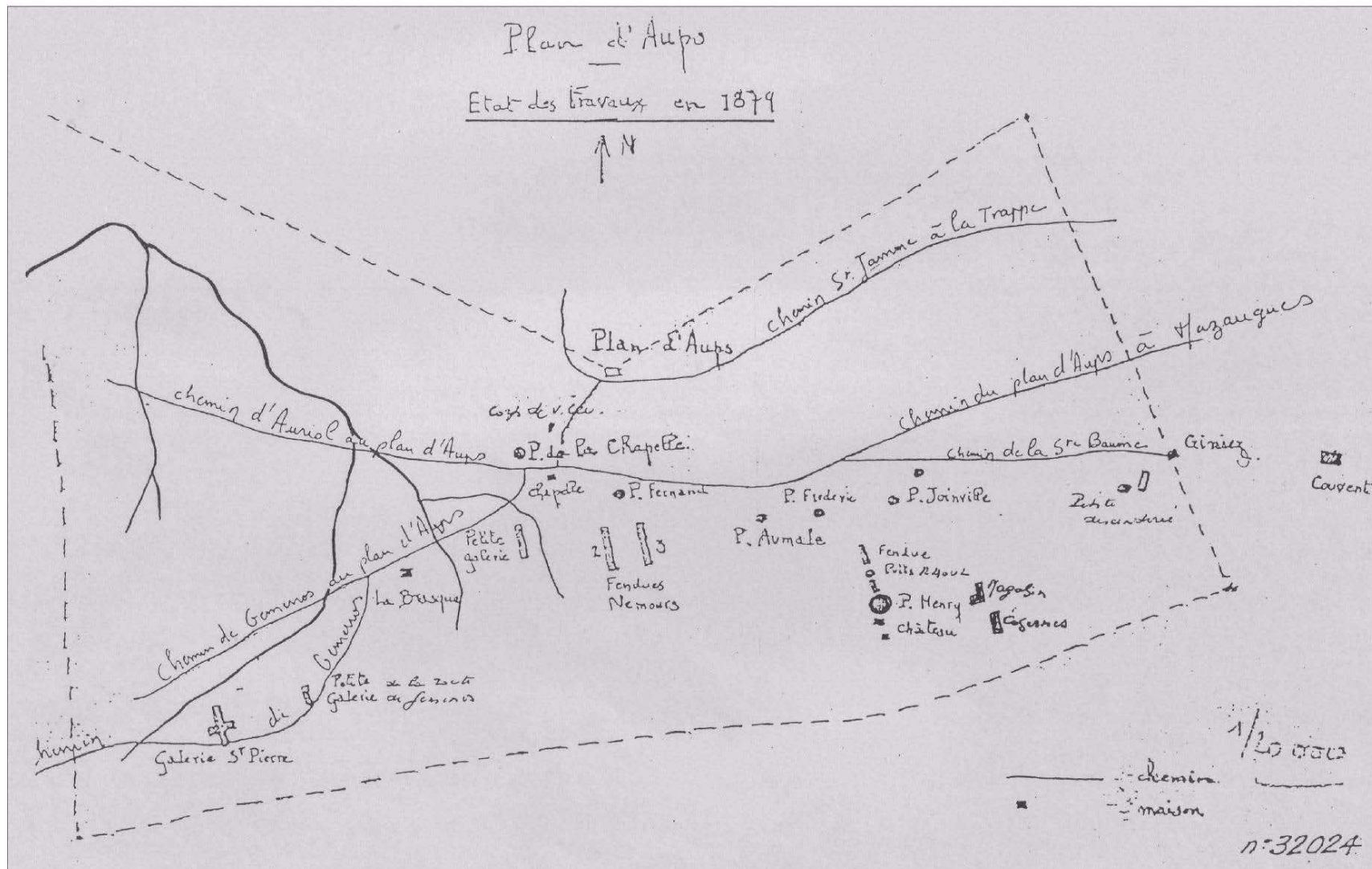
Plan 8 : Plan de surface et localisation des travaux de la concession de La Bastide Blanche. Daté du 12/06/1920. Echelle d'origine 1/10 000



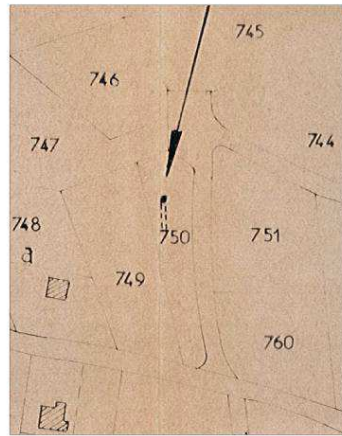
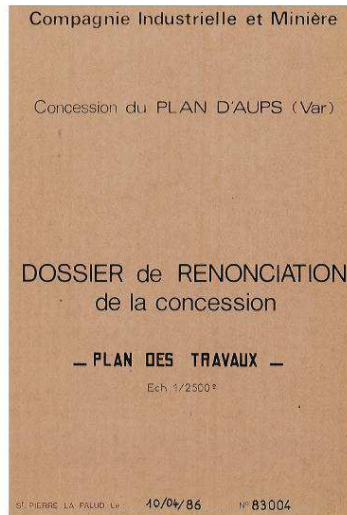
Plan 9 : Coupe et plans schématiques des travaux des Fendues Rosalie et Coquand (secteur de Giniez, concession de Plan d'Aups). Daté du 12/10/1865. Echelle d'origine 1/1000



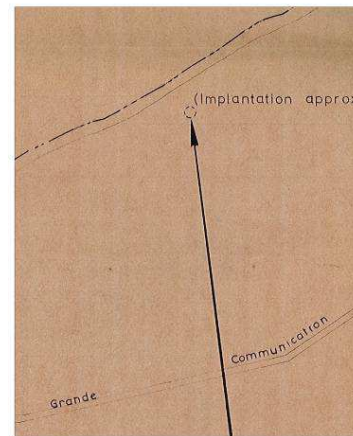
Plan 10 : Coupe et plans des Fendues Rosalie et Coquand (secteur de Giniez, concession de Plan d'Aups). Date estimée à 1865. Sans échelle



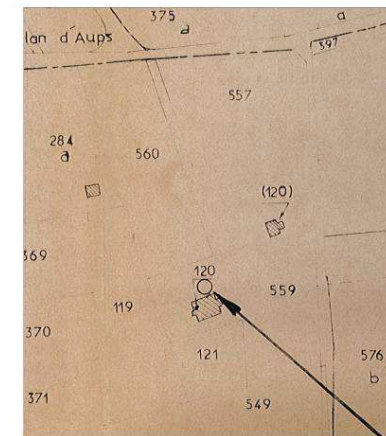
Plan 12 : Plan des travaux de la concession de Plan d'Aups. Daté de 1879. Echelle d'origine 1/20 000



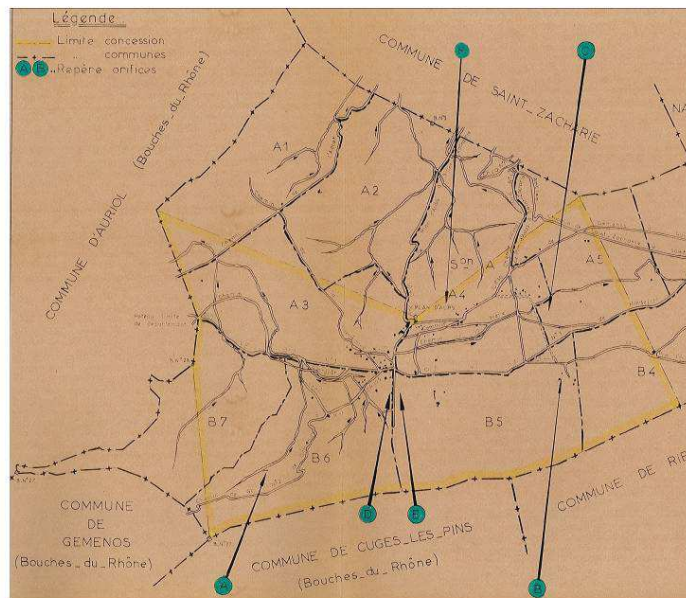
"C" : galerie du Plan



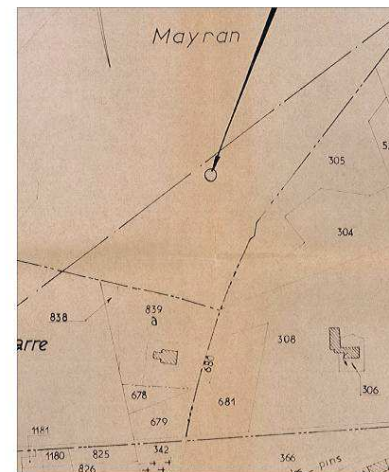
"A" : galerie Saint-Pierre



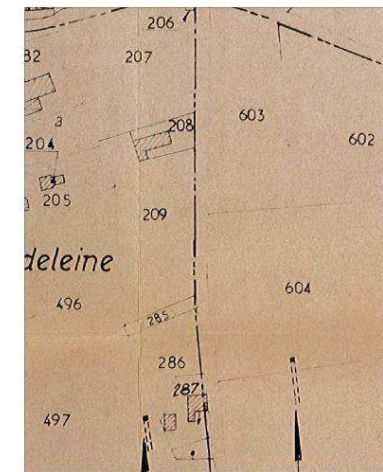
"B" : puits Henry



Plan de situation



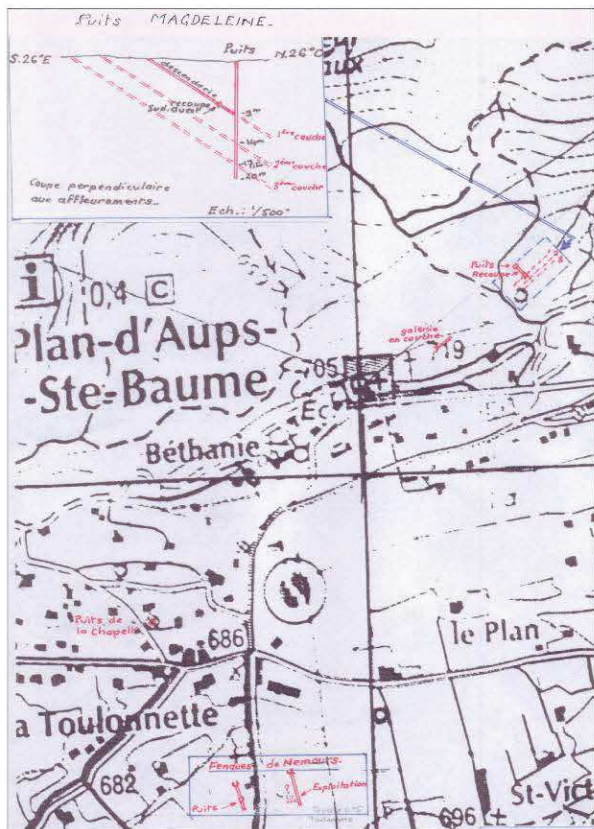
"F" : puits Magdeleine



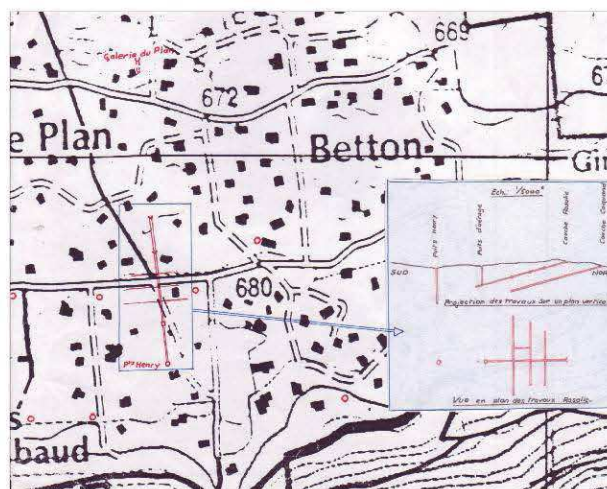
"D" et "E" : fendues Némours

Plan d'Aups.

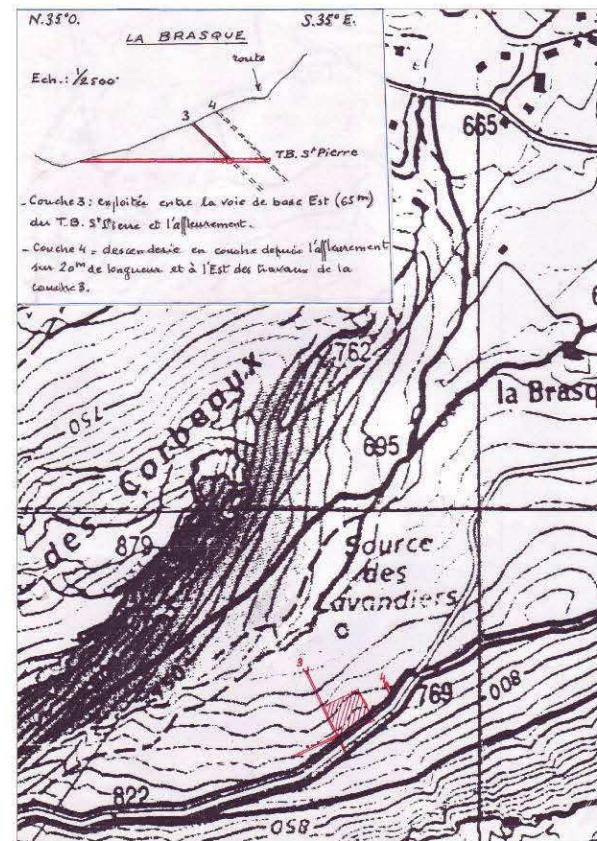
Plan 13 : Extraits du plan des travaux issus du dossier de renonciation de la concession de Plan d'Aups. Daté du 10/04/1986. Echelle d'origine 1/2 500



Secteurs de la Chapelle et Magdeleine



Secteur de Giniez



Secteur de la Brasque

Plan 14 : Plans et coupes des travaux de la concession de Plan d'Aups. Non Datés. Echelle d'origine 1/25 000 (carte IGN)

Annexe 3

Tableau des ouvrages débouchant au jour

Titre Minier	Identifiant	Nom	Source positionnement	Incertitude localisation (m)	Type	Rôle	Date Fonçage / Creusement	Section	Dimensions (m)	Profondeur (puits) (m)	Nombre recettes (puits)	Observations
La Bastide Blanche	G1	Galerie d'écoulement	Localisé à partir de plan de mine	10	Galerie	Exhaure	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	G2	Descenderie n°1	Localisé à partir de plan de mine	10	Descenderie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	G3	Descenderie n°2	Localisé à partir de plan de mine	10	Descenderie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	G4	Galerie n°1	Localisé à partir de plan de mine	10	Galerie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	G5	Galerie n°2	Localisé à partir de plan de mine	10	Galerie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	P14	Puits d'extraction	Matérialisé , levé au DGPS	3	Puits	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	35	1	Ouvrage dallé
La Bastide Blanche	P15	Puits à Remblais	Localisé à partir de plan de mine	20	Puits	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	15	1	nr
La Bastide Blanche	P16	Ancien puits d'extraction	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Vers 1912	Circulaire ?	Ø = 1.4 m	40	Inconnu	En 1934, puits effondré et remblayé de terre
La Bastide Blanche	G9	Descenderie n°1	Localisé à partir de plan de mine	10	Descenderie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Largeur = 3 m	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	G10	Descenderie n°2	Localisé à partir de plan de mine	10	Descenderie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Largeur = 2 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	
La Bastide Blanche	P17	Puits d'aérage	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	Inconnue	Inconnue	Inconnu	50	1	
La Bastide Blanche	P18	Puits d'aérage	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	Inconnue	Inconnue	Inconnu	10	1	
La Bastide Blanche	P13	Puits du Charbon	Matérialisé , levé au DGPS	3	Puits	Recherche	1871	Circulaire	Ø = 2,25 m	20,5	2	Ouvrage utilisé comme puits à eau
Plan d'Aups	G20	Fendue Nemours n°1	Localisé à partir de plan de mine	3	Descenderie	Exploration	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	Remblayée par propriétaire en 1975
Plan d'Aups	G22	Fendue Nemours n°2	Matérialisé , levé au DGPS	2	Descenderie	Exploration	Inconnue	Rectangulaire	Largeur = 1 m Hauteur = 1,8 m	Sans objet	Sans objet	Fermée par mur béton + porte métallique
Plan d'Aups	P21	Puisard Nemours	Matérialisé , levé au DGPS	2	Puits	Aérage	Inconnue	Inconnue	Inconnu	20	1	Ouvrage dallé avec trappe fermée et utilisé comme puits à eau
Plan d'Aups	G14	TB Saint-Pierre	Localisé à partir de plan de mine	50	Galerie	Exploitation	En 1854	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Plan d'Aups	G37	Galerie du Plan	Matérialisé , levé au DGPS	2	Descenderie	Exploration	Vers 1865	Vouté	Largeur = 2,9 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	Remblayage jusqu'à 2m de l'entrée (conservation des 2m à la demande du propriétaire).
Plan d'Aups	P35	Puits Henry	Matérialisé , levé au DGPS	3	Puits	Exploitation	En 1919	Circulaire	Ø = 3,5 m	52	Inconnu	Ouvrage dallé utilisé comme puits à eau
Plan d'Aups	P27	Puits Magdeleine	Localisé à partir de plan de mine	30	Puits	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	20	3	Recherche de l'ouvrage par tranchée en 1985. Retrouvé remblayé
Plan d'Aups	G16	Descenderie de la Brasque	Localisé à partir de plan de mine	50	Descenderie	Exploration	Vers 1879	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	

Titre Minier	Identifiant	Nom	Source positionnement	Incertitude localisation (m)	Type	Rôle	Date Fonçage / Creusement	Section	Dimensions (m)	Profondeur (puits) (m)	Nombre recettes (puits)	Observations
Plan d'Aups	G18	Petite Galerie	Localisé à partir de plan de mine	50	Galerie	Recherche	Vers 1879	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Plan d'Aups	P24	Puits Fernand	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P19	Puits de la Chapelle	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P28	Puits Aumale	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P29	Puits Frédéric	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P30	Puits Joinville	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	G36	Petite descenderie	Localisé à partir de plan de mine	50	Descenderie	Exploration	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Plan d'Aups	G33	Fendue Rosalie	Localisé à partir de plan de mine	20	Descenderie	Exploitation	Vers 1865	Inconnue	Largeur = 3 m	Sans objet	Sans objet	Fendue de 125m de long. Creusée en couche pentée à 15° et aboutissant sur puits d'aérage de à 23m de profondeur Plusieurs recoupe en direction de la couche de part et d'autre de la galerie.
Plan d'Aups	P34	Puits Raoul	Localisé à partir de plan de mine	30	Puits	Aérage	Vers 1865	Carrée	Section de 2 m de côté	23	1	
Plan d'Aups	G25	Descenderie Magdeleine n°1	Localisé à partir de plan de mine	30	Descenderie	Exploitation	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Plan d'Aups	G32	Fendue Coquand	Localisé à partir de plan de mine	20	Descenderie	Exploitation	Vers 1865	Inconnue	Largeur = 2 m	Sans objet	Sans objet	Fendue de 120 à 140m de long creusée en couche pentée à 15°..
Plan d'Aups	G26	Descenderie Magdeleine n°2	Matérialisé , levé au DGPS	2	Descenderie	Exploration	Inconnue	Circulaire	Largeur = 1 m Hauteur = 1 m	Sans objet	Sans objet	Ouvrage ennoyé au niveau du sol
Plan d'Aups	G15	Galerie n°1	Localisé à partir de plan de mine	50	Galerie	Exploration	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	Ouvrage positionné au bout de la tranchée d'accès T1 (30 m de long)
Plan d'Aups	P31	Puits de recherche	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Vers 1879	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	G23	Descenderie Nemours n°3	Localisé à partir de plan de mine	50	Descenderie	Exploration	Vers 1898	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	Ouvrage localisé à partir du plan « projet » de 1898. Doute sur la réalisation de cette descenderie.
Plan d'Aups	G17	Galerie n°2	Localisé à partir de plan de mine	25	Galerie	Exploration	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Hors-titre	G39	TB Magdeleine	Localisé à partir de plan de mine	30	Galerie	Exploration	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	En limite de la concession de Pan d'Aups
Gemenos	G38	Galerie de La Glacière	Localisé à partir de plan de mine	50	Galerie	Exploration	Vers 1827	Inconnue	Largeur = 2 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	
Le Garlaban	G40	Descenderie Garlaban n°1	Localisé à partir de plan de mine	50	Descenderie	Exploitation	Vers 1826	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Le Garlaban	G41	Descenderie Garlaban n°2	Localisé à partir de plan de mine	50	Descenderie	Exploitation	Vers 1826	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	

Titre Minier	Identifiant	Nom	Source positionnement	Incertitude localisation (m)	Type	Rôle	Date Fonçage / Creusement	Section	Dimensions (m)	Profondeur (puits) (m)	Nombre recettes (puits)	Observations
Le Garlaban	G42	Descenderie Garlaban n°3	Localisé à partir de plan de mine	50	Descenderie	Exploration	Vers 1826	Inconnue	Inconnu	Sans objet	Sans objet	
Le Garlaban	P43	Puits de recherche	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Vers 1826	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P44	Puits d'aérage	Localisé à partir de plan de mine	30	Puits	Aérage	Inconnue	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Ouvrage aurait été remblayé lors des travaux du transformateur construit au même endroit.
La Baumone	P6	Puits Saint-Jean	Matérialisé , levé au DGPS	3	Puits	Recherche	1901	Rectangulaire	Largeur = 2 m Longueur = 3 m	63	Inconnu	Ouvrage utilisé comme puits à eau
La Baumone	P5	Puits de Recherche	Matérialisé , levé au DGPS	3	Puits	Recherche	Avant 1885	Circulaire	Ø = 1,5 m	35	Inconnu	Ouvrage surplombé d'une margelle en pierres
La Baumone	P1	Puits n°1	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Recherche	Inconnue	Circulaire	Ø = 1,5 m	31	Inconnu	Ouvrage remis en état en 1917
La Baumone	P2	Puits n°2	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Recherche	Inconnue	Carrée	Section de 2 m de côté	36	Inconnu	Ouvrage remis en état en 1917
La Baumone	P11	Puits d'Aérage	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	1896	Inconnue	Inconnu	20	Inconnu	Au cours de l'exploitation, ce puits s'est éboulé plusieurs fois
La Baumone	P8	Bure n°2	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	1884	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	D'après le plan, cet ouvrage apparaît interne mais a pu être foncé jusqu'en surface
La Baumone	P10	Bure n°4	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	1919	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	D'après le plan, cet ouvrage apparaît interne mais a pu être foncé jusqu'en surface
La Baumone	P9	Bure n°3	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	1919	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	D'après le plan, cet ouvrage apparaît interne mais a pu être foncé jusqu'en surface
La Baumone	P7	Bure n°1	Localisé à partir de plan de mine	15	Puits	Aérage	1884	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	D'après le plan, cet ouvrage apparaît interne mais a pu être foncé jusqu'en surface
La Baumone	G54	Grande Descenderie (Dd)	Matérialisé , levé au DGPS	3	Descenderie	Exploitation	Postérieure à 1900	Inconnue	Largeur = 2 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	Au moins remblayée sur les premiers mètres
La Baumone	G55	Descenderie d'Aérage (Db)	Localisé à partir de plan de mine	15	Descenderie	Aérage	Avant 1887	Inconnue	Largeur = 2 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	
La Baumone	G56	Descenderie d'Accès n°1 (Da)	Localisé à partir de plan de mine	15	Descenderie	Exploitation	Avant 1885	Inconnue	Largeur = 2 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	Ouvrage penté à environ 40°)
La Baumone	G57	Descenderie d'Accès n°2 (Dc)	Localisé à partir de plan de mine	15	Descenderie	Exploitation	Postérieure à 1896	Inconnue	Largeur = 2 m Hauteur = 2 m	Sans objet	Sans objet	
La Baumone	P12	Puits P12	Matérialisé , levé au DGPS	3	Puits	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Inconnu	33	Inconnu	Ouvrage figurant que sur certains plans antérieur à 1886. Présente 2 tuyaux en fer sortant du sol
Plan d'Aups	P61	Puits de Recherche	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P59	Puits de Recherche	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	
Plan d'Aups	P60	Puits de Recherche	Localisé à partir de plan de mine	50	Puits	Recherche	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	

Titre Minier	Identifiant	Nom	Source positionnement	Incertitude localisation (m)	Type	Rôle	Date Fonçage / Creusement	Section	Dimensions (m)	Profondeur (puits) (m)	Nombre recettes (puits)	Observations
La Bastide Blanche	P62	Puits d'aérage	Matérialisé , levé au DGPS	2	Puits	Aerage	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Puits recouvert de taules. Il débouche dans la galerie d'exhaure G1 (non indiqué sur les plans)

Annexe 4

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 banc 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.

Pour étudier ce mécanisme, l'INERIS a développé un outil de calcul s'appuyant sur une modélisation analytique des volumes mis en jeu lors de la propagation d'une cloche d'éboulement ou d'une rupture de bancs successives (Mémoire de DEA de l'Ecole Centrale de Paris. R. Salmon. INERIS. 1998.

Cet outil a été appliqué aux conditions des sites retenues (voir tableaux ci-après) :

- 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) : 1,25 à 1,55 pour des schistes, calcaires et grès caractérisant « globalement » les terrains de recouvrement des exploitations des 4 concessions de Garlaban, Gémenos, Plan d'Aups et Bastide Blanche.
- Les valeurs d'angles de talus naturel pour des roches sont au moins égales à 45° ou 50°.
- Les largeurs des galeries étudiées (4 concessions de Garlaban, Gémenos, Plan d'Aups et Bastide Blanche) sont comprises entre 1,7 et 2,2 m. Dans les chantiers de taille cette largeur peut atteindre 3 m.
- L'ouverture des galeries est estimée entre 1,5 et 2 m, cette ouverture peut atteindre 3 à 5 m dans les chantiers en amas.
- Les galeries ont été supposées non remblayées et les chantiers d'exploitation ont été supposés remblayés à moitié de leur hauteur.

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 80% à 100% du rayon maximal possible).

Compte tenu de toutes ces variables, deux approches probabilistes ont été réalisées, l'une sur les hauteurs de remontée de voûte au droit de galeries et l'autre au toit de chantiers.

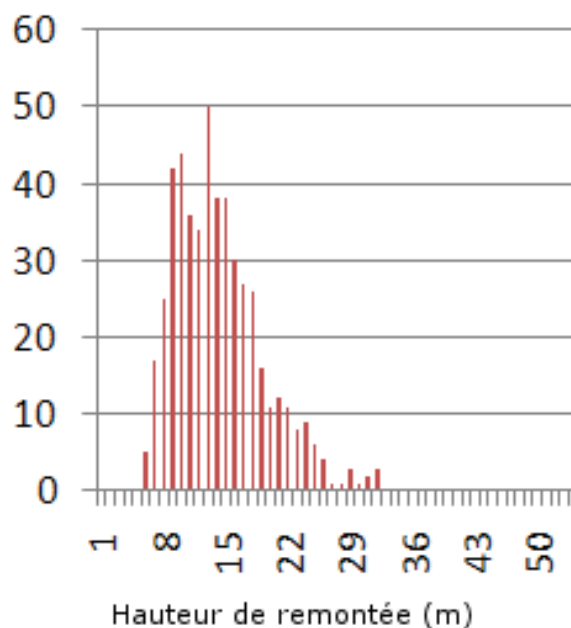


Figure 1 : Hauteur de remontée de voûte par suite de 500 simulations de rupture du toit de galeries prises au hasard dans toutes les configurations de galeries possibles

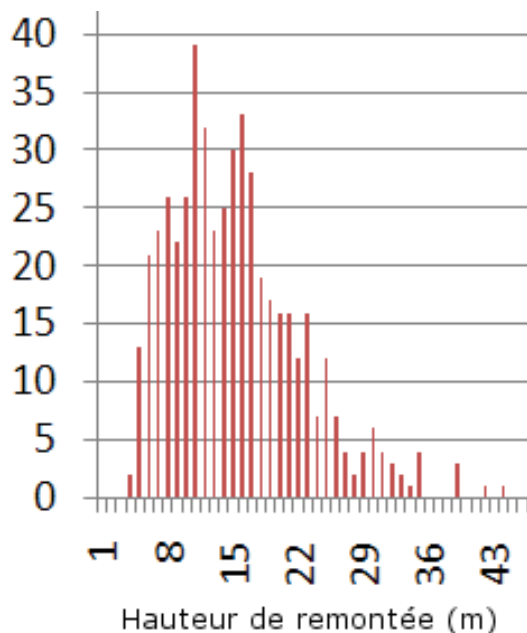


Figure 2 : Hauteur de remontée de voûte par suite de 500 simulations de rupture du toit de chantiers exploités prises au hasard dans toutes les configurations de chantiers possibles

Sur la base des résultats présentés ci-dessus, nous avons défini :

- 25 m comme étant la hauteur maximale de remontées de voûte au droit d'un effondrement initié sur une galerie d'une des 4 concessions de Garlaban, Gémenos, Plan d'Aups ou Bastide Blanche. En effet, environ 95 % des hauteurs simulées sont inférieures à cette limite ;
- 35 m comme étant la hauteur maximale de remontées de voûte au droit d'un effondrement initié sur un chantier d'exploitation d'une des 4 concessions de de Garlaban, Gémenos, Plan d'Aups ou Bastide Blanche (moins de 5 % des hauteurs simulées sont supérieures).

ANNEXE 5

Synthèse de l'évaluation des niveaux d'aléa à l'effondrement localisé lié aux puits

Id	Nom	Titre	Rôle	Mécanisme de débouillage				Niveau de prédisposition au débouillage	Mécanisme de rupture de tête			Accidentologie (désordre)	Niveau de prédisposition à l'effondrement localisé	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa
				Traitement	Profondeur (m)	Recettes	Eau		Revêtement	Terrains encaissant	Niveau de prédisposition à la rupture de tête				
P14	Puits d'extraction	Bastide Blanche	Exploitation	Dallé	35	1	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Très sensible		Très sensible	Limité à Modéré	Fort
P15	Puits à Remblais	Bastide Blanche	Exploitation	non connu	15	1	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P16	Ancien puits d'extraction	Bastide Blanche	Recherche	Remblayé	40	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible	Effondrement en 1934 (remblayé de terre)	Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P17	Puits d'aérage	Bastide Blanche	Aérage	non connu	50	1	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P18	Puits d'aérage	Bastide Blanche	Aérage	non connu	10	1	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P13	Puits du Charbon	Bastide Blanche	Recherche	Ouvert	20,5	2	oui	Sans objet	Maçonnerie en pierres	Calcaires	Sensible		Sensible	Limité à Modéré	Moyen
P62	Puits d'aérage	Bastide Blanche	Aérage	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P21	Puisard Nemours	Plan d'Aups	Aérage	Dallé	20	1	non connu	Sans objet	non connu	Houillers	Très sensible		Très sensible	Limité à Modéré	Fort
P35	Puits Henry	Plan d'Aups	Exploitation	Dallé	52	borgne	oui	Sans objet	Maçonnerie en pierres	Calcaires	Sensible		Sensible	Modéré	Moyen
P27	Puits Magdeleine	Plan d'Aups	Exploitation	Remblayé	20	3	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P24	Puits Fernand	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P19	Puits de la Chapelle	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P28	Puits Aumale	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P29	Puits Frédéric	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P30	Puits Joinville	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P34	Puits Raoul	Plan d'Aups	Aérage	non connu	23	1	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P31	Puits de recherche	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P44	Puits d'aérage	Plan d'Aups	Aérage	Remblayé	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P61	Puits de Recherche	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P59	Puits de Recherche	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P60	Puits de Recherche	Plan d'Aups	Recherche	non connu	non connu	borgne	non connu	Peu sensible	non connu	Houillers	Peu sensible		Peu sensible	Limité à Modéré	Faible
P43	Puits de recherche	Le Garlaban	Recherche	non connu mais remblayage sur plancher sur un des puits de la concession	non connu	borgne	non connu	Sensible	non connu	Houillers	Sensible		Sensible	Limité à Modéré	Moyen

