

Bassin bauxitique des Alpilles (13) Evaluation et cartographie des aléas

Présentation PàC
25 novembre 2020



Plan de l'exposé

Présentation du Bassin des Alpilles

Méthodologie de réalisation d'une étude des aléas miniers

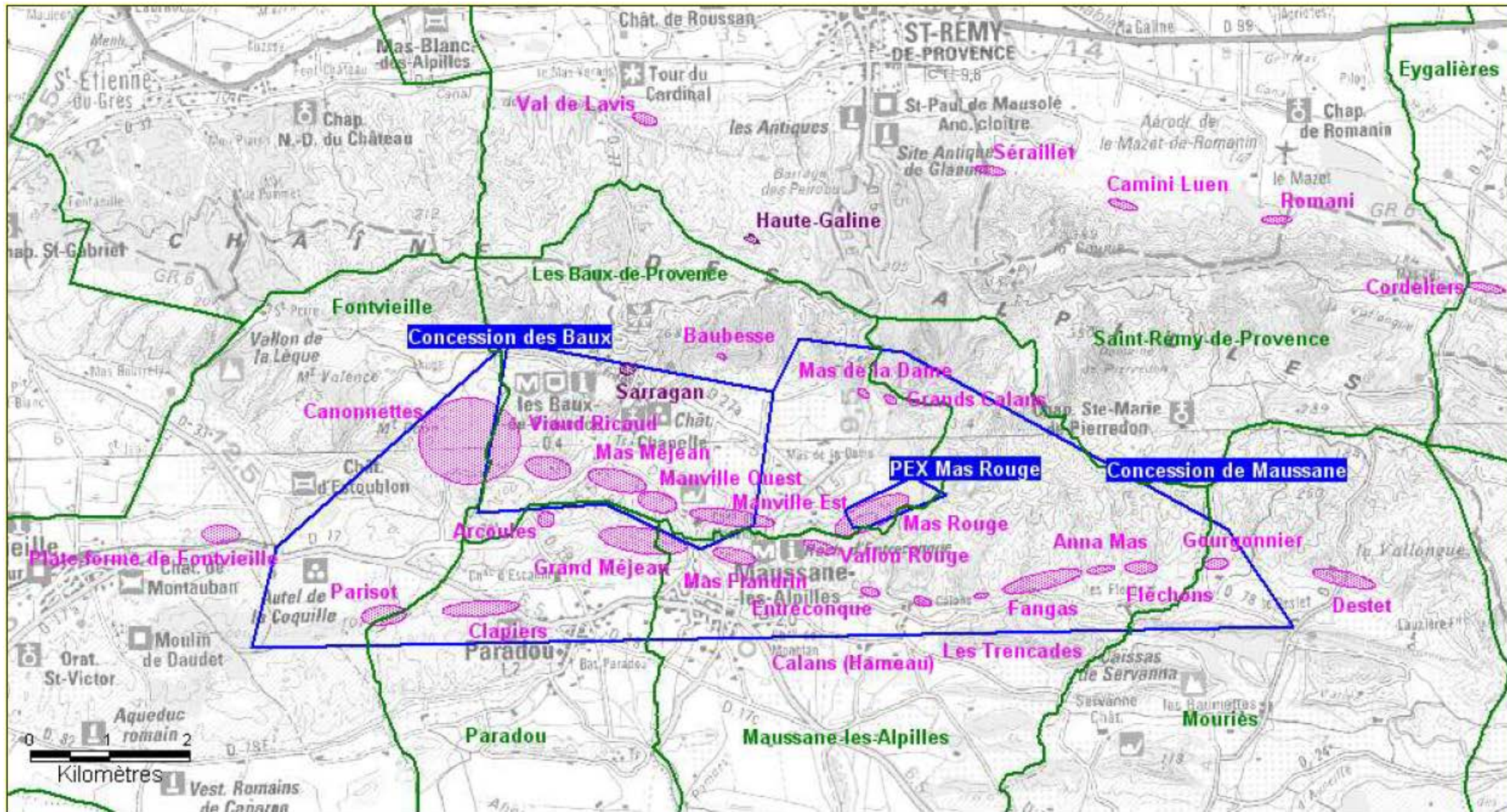
Phase informative

Phase d'évaluation des aléas

Conclusion

Présentation du Bassin des Alpilles

Périmètre de la zone d'étude



Périmètre de la zone d'étude

5 communes concernées par les sites de recherche et/ou d'exploitations de la bauxite :

- **Baux-de-Provence**
- **Fontvieille**
- **Maussane-les-Alpilles**
- **Paradou**
- **Saint-Rémy-de-Provence**

A noter que des travaux de recherches anciens ont été menés sur les communes d'Eygalières et de Mouriès mais ils n'ont consisté qu'à des prospections au marteau ou par sondages

Historique

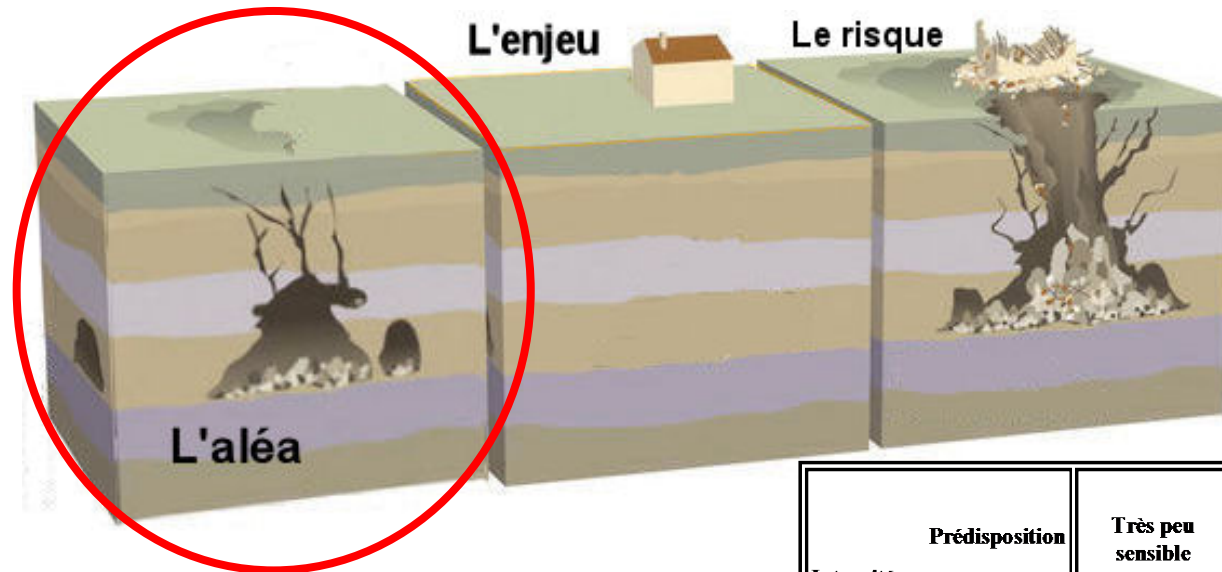
- Premières extractions d'intérêt industriel en 1860
- Exploitation entre la fin du XIX^{ème} siècle et 1960 sous régime des carrières répartie sur environ 30 sites
- Octroi des concessions des Baux et de Maussane (Péchiney) et du Permis d'Exploitation (PEX) du Mas Rouge (M. Rondani)
- Exploitation entre 1960 et 1993 sous régime des mines sur les sites de Mas Rouge et des Canonnettes (concessions des Baux et Maussane)
- 1993 : Arrêt des travaux
- Poursuite du suivi topographique par Pechiney des travaux souterrains de la mine de Canonnettes
- Mise en sécurité par Pechiney des ouvrages les plus « dangereux » dans l'emprise des deux concessions
- 2005 : Renonciation aux deux concessions

Production :

- 5 millions de tonnes de minerai extraites dont l'essentiel sous le régime des mines

Méthodologie de réalisation d'une étude des aléas miniers

ALEA



$$\text{ALEA} = \text{INTENSITE} \times \text{PROBABILITE}$$

l'intensité d'un phénomène

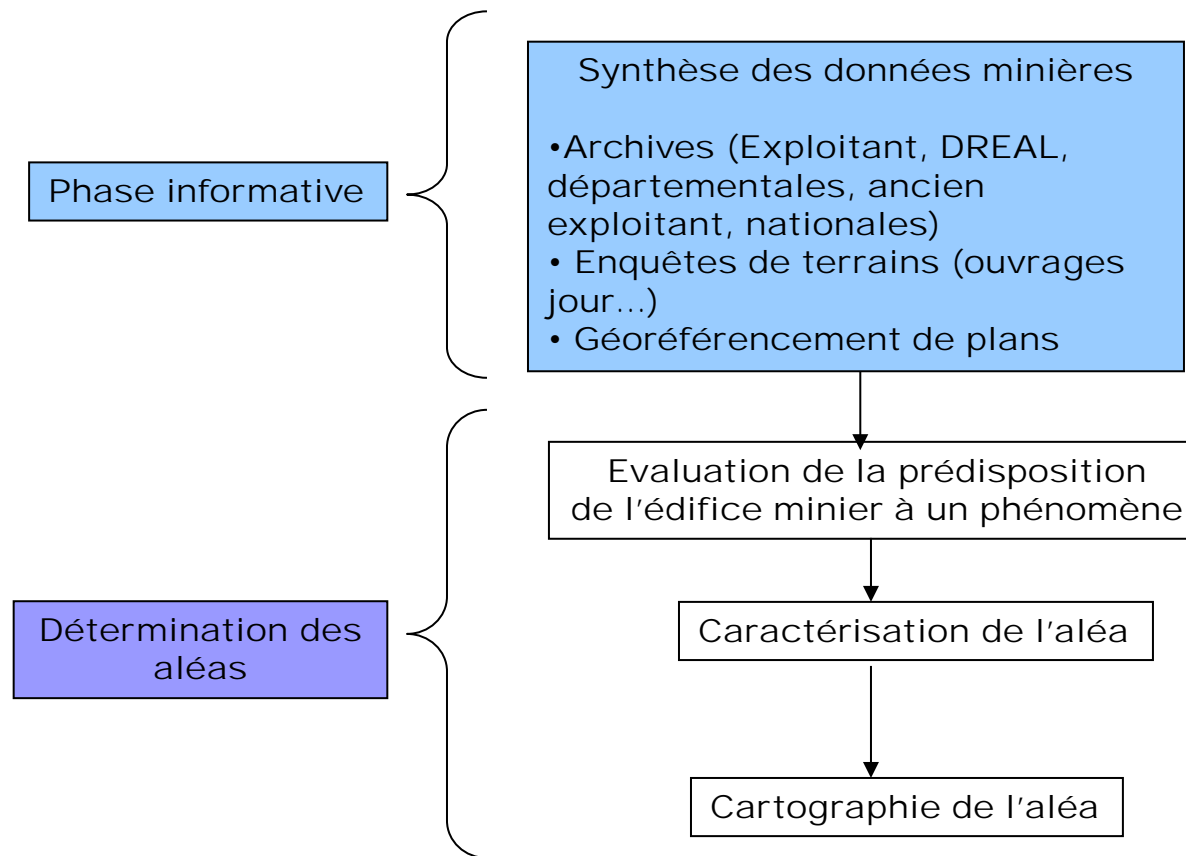
hiérarchisée selon l'importance des dégâts prévisibles : le volume mobilisable, la vitesse d'apparition sont entre autres des critères permettant de qualifier l'intensité

sa probabilité d'occurrence, ou sa prédisposition

prédisposition d'un site à être affecté (présence d'événements passés et comparaison à d'autres configurations ou bassins de risque similaires)

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

Démarche adoptée



L'étude et la carte des aléas localisent et hiérarchisent les zones exposées à des phénomènes potentiels redoutés. Les aléas sont classés selon plusieurs niveaux, en tenant compte de la nature des phénomènes, de leur prédisposition d'occurrence et de leur intensité.

L'étude d'aléas n'intègre pas la nature de l'occupation de la surface. Elle transcrit, de manière objective, le potentiel de dangers ou de nuisances que l'ancienne exploitation minière est susceptible d'engendrer, à terme, dans le secteur d'étude.

Phase informative

Données pour la réalisation des études

- Etude détaillée des aléas à partir :
 - des données sources disponibles collectées, des archives de la DREAL, des Archives Départementales et Nationales et du BRGM.
 - de visites et levés sur sites (ODJ, Terrils, Désordres, etc.) ;
 - d'enquête auprès des services municipaux des 5 communes.



Exemple de plan des vieux travaux souterrains du site des Canonnettes

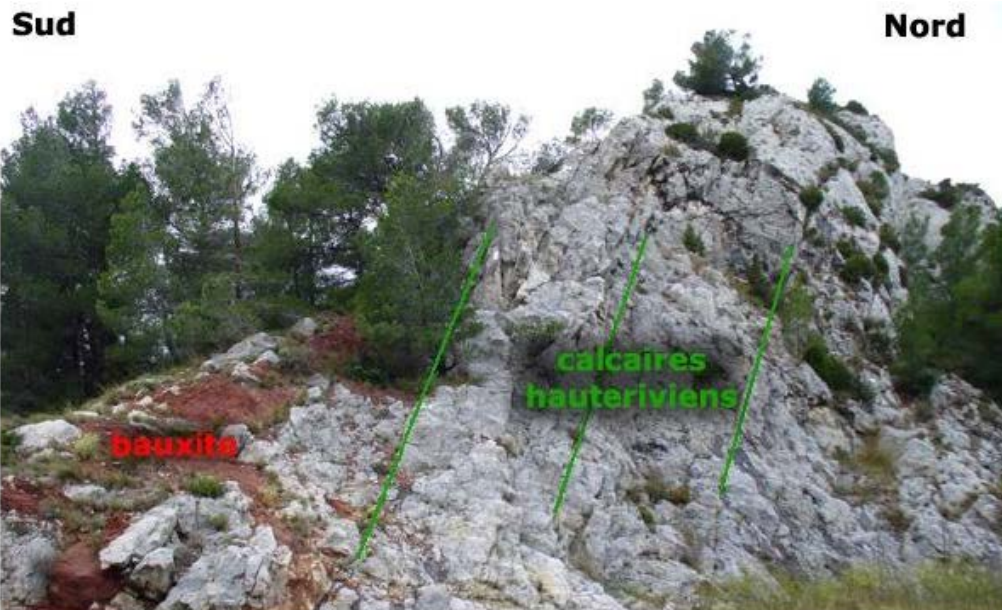
Géologie, Gîtologie et hydrogéologie

Les couches de bauxite appartiennent aux séries sédimentaires de l'unité géologique des Baux au sein du massif des Alpilles et datant du Crétacé Inférieur (environ 125 million d'années). Elles sont interstratifiées au sein des calcaires du Barrémien. Le mur est formé des calcaires hauteriviens et le toit des formations marno-calcaires compactes et massives du Fuvélien.

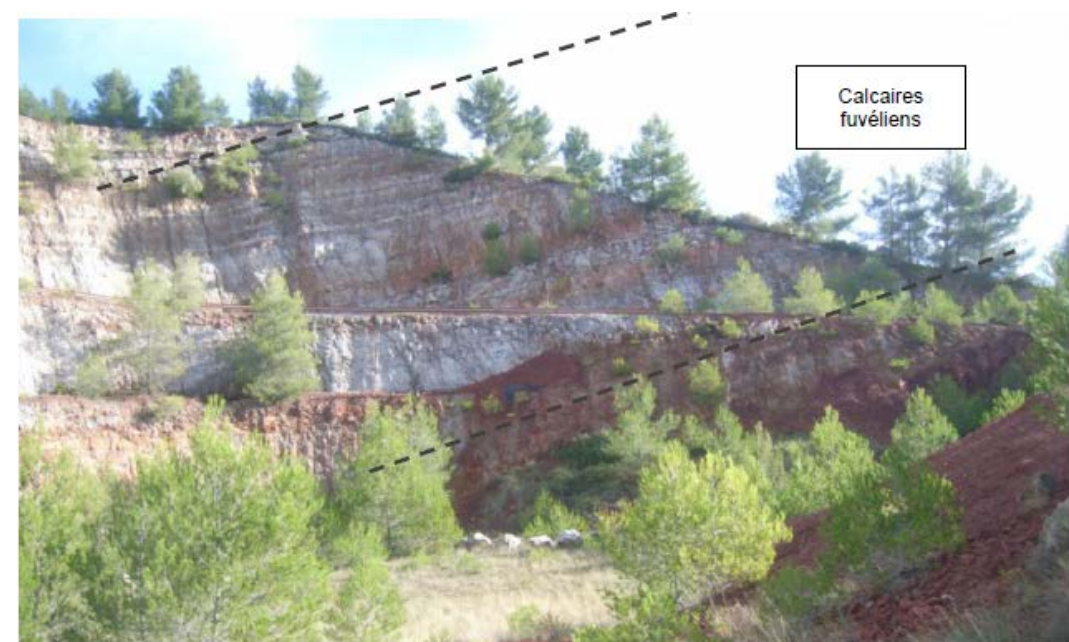
Grande variabilité du gisement selon les secteurs liée à une tectonique chevauchante intense au Crétacé :

- Puissance de 2 et 30 m.
- Pendage de 10° et la verticale

Niveaux d'eau stabilisés suite à l'arrêt des pompages. Ennoyage partiel des MCO et des travaux souterraines compris entre 50 et 90% des volumes exploités



Affleurement de bauxite et mur calcaires hauteriviens



Affleurement de bauxite et toit calcaires fuvéliens (MCO des Canonnettes)

Méthodes d'exploitation

A ciel ouvert :

- 28 Exploitations répertoriées
- Hauteur des fronts résiduels de 4 à 35 m (10 m en moyenne)

Fin XIX^{ème} : exploitation par grattages sur gisements verticaux ou d'une puissance importante. Techniques artisanales (abattage au pic)



Front MCO (site Manville Ouest)

XX^{ème} : exploitation par tranches sur gisements tous types. Techniques industrielles



Grande MCO des Canonnettes

Méthodes d'exploitation

En souterrain :

- Taux de défrusement 40 à 80%
- Profondeur max de 120 m à la mine des Canonnettes

Fin XIX^{ème} : petits puits de recherche et exploitation par chambres et piliers abandonnés aux schémas irréguliers sur gisements en plateure.

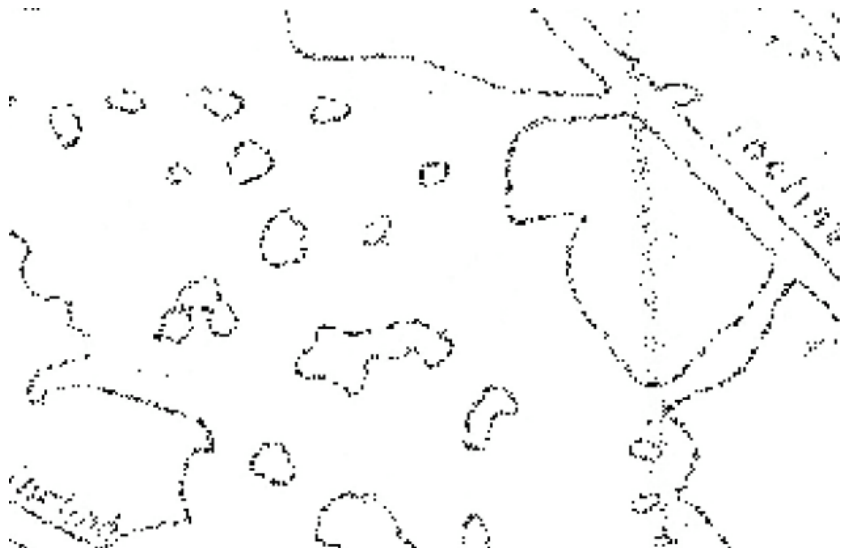


Schéma exploitation ancien (Site des Canonnettes)

XX^{ème} : exploitation par chambres et piliers abandonnés aux schémas réguliers sur gisements en plateure et en semi-dressant.



Schéma exploitation moderne quartier Ouest Mine des Canonnettes)

Ouvrages débouchant au jour

93 ouvrages débouchant au jour (ODJ) dont :

- 24 puits
- 69 galeries ou descenderies

A noter qu'environ 1/3 des ODJ sont ouverts et peuvent présenter un risque corporel en cas de pénétration



Puits (Site de Parizot)



Entrée galerie (Site de Viaud Ricaud)



*Entrées galeries au sein MCO
(Site de Parizot)*



Puits (Site de Grand Mejean)

Désordres

Effondrement localisé donnant accès à une petite zone exploitée (Site de Manville Ouest)

Stabilité des travaux souterrains

Pendant l'exploitation :

- Quelques accidents suite à éboulements dans travaux souterrains recensés fin XIX^{ème} début XX^{ème} et en 1980

Post exploitation :

- Rares indices d'instabilité des travaux souterrains visités
- Pas de signes de convergence des travaux souterrains de la mine des Canonnettes détectés par la surveillance.

12 désordres en surface répertoriés

- 3 effondrements localisés sur galeries : \varnothing 3 m
- 1 effondrement localisé sur chambres et piliers : \varnothing 10 m
- 1 effondrement localisé sur puits : \varnothing 6 m
- Quelques crevasses du toit calcaire (site de Fangas)
- Rares chutes de blocs le long de fronts de MCO



Dépôts de surface

13 dépôts inventoriés, de quelques dizaines à milliers de m³ (hauteur max 10 m)

2 dépôts de 50 000 à 100 000 m³ (hauteur 15 m)

1 dépôt de 1 000 000 m³ (hauteur 80 m)

Composition : stériles de creusement et résidus traitement physique



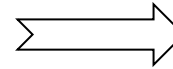
Dépôt n°2 du site de Vieux Ricaud



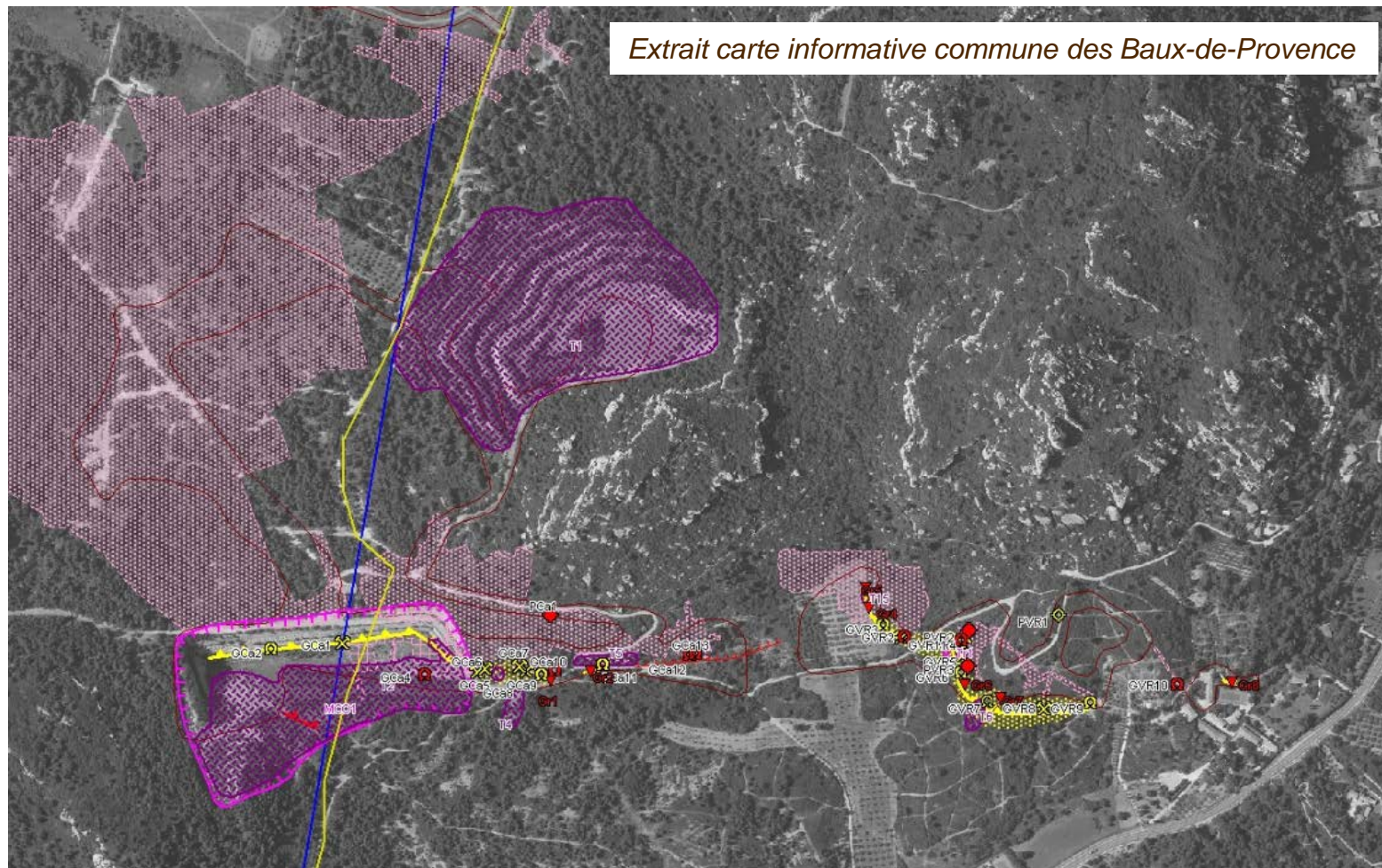
Plateforme sommitale de la grande verse des Canonnettes

Cartographie informative

1. Scan des plans des travaux du fond (plusieurs générations, échelles, etc...)
2. Géoréférencement des plans en RGF 93.
3. Définition des secteurs homogènes d'exploitation
4. Cartographie de l'ensemble des éléments informatifs



L'ensemble est intégré dans un Système d'Information Géographique (SIG) sous le logiciel MapInfo®



Marges d'incertitudes de positionnement des travaux miniers

- ❑ 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 **8 m** pour la BD Ortho® de l'IGN.

La cartographie informative et des aléas intègre les différentes marges d'incertitude

Sur les sites étudiés :

- **Incertaince de localisation des travaux souterrains retenue entre 13 et 38 m**
- **Incertaince de localisation des travaux à ciel ouvert retenue à 13 m**

Phase d'évaluation des aléas

Phénomènes et mécanismes retenus

Parmi la liste des phénomènes à envisager, les mécanismes retenus sont :

- en rouge : retenus pour évaluation des aléas
 - en vert : écartés
 - en bleu : non étudiés ou en cours d'étude
-
- **Mouvements de terrain**
 - Effondrement localisé (fontis, rupture de tête de puits, rupture de piliers...)
 - Affaissement progressif
 - Effondrement brutal
 - Tassements
 - Glissements ou mouvements de pente
 - Coulées
 - Eroulements rocheux

 - **Echauffement**
 - Auto-échauffement sur terril

 - **Effets de l'ennoyage**
 - Modification du régime des émergences
 - Modification du régime des cours d'eau
 - Apparition de zones détrempées ou de marécages
 - Inondations des sous-sols et points bas
 - Inondations « brutales »

 - **Pollution des eaux et des sols**

 - **Émanation de gaz dangereux**
 - Grisou / CO₂ / Radon

L'effondrement localisé

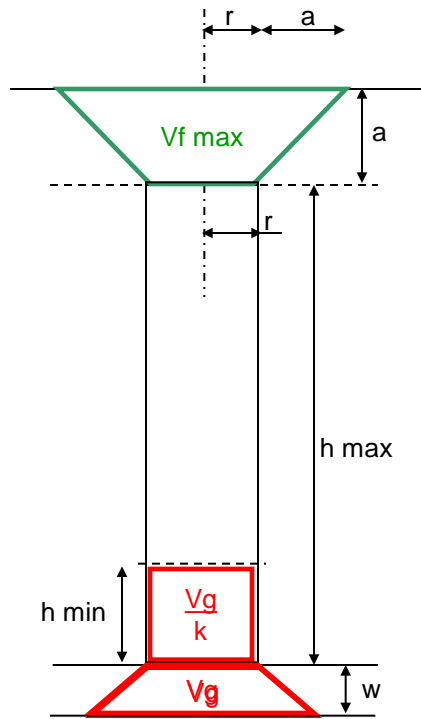
Effondrement localisé : Définition

Un « effondrement localisé » se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale (diamètre) varie généralement de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.

Les effondrements localisés peuvent se produire à l'aplomb de trois types de d'ouvrages ou travaux miniers :

- Les galeries isolées
- Les zones de travaux situées à faible profondeur
- Les puits

Effondrement localisé : Le fontis



- 1 – Chute de bloc
Montée de voûte
- 2 – Cheminée de remontée
- 3 – Cratère en surface

k : coefficient de foisonnement



Commune de Thil Fontis de 1946

Figure 1 : Modélisation de la formation d'un fontis

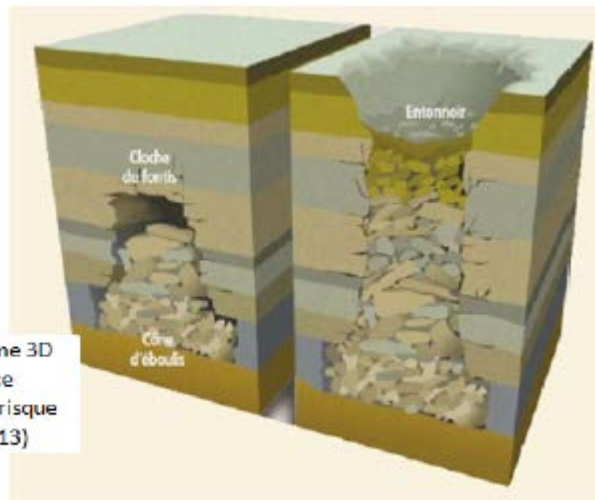
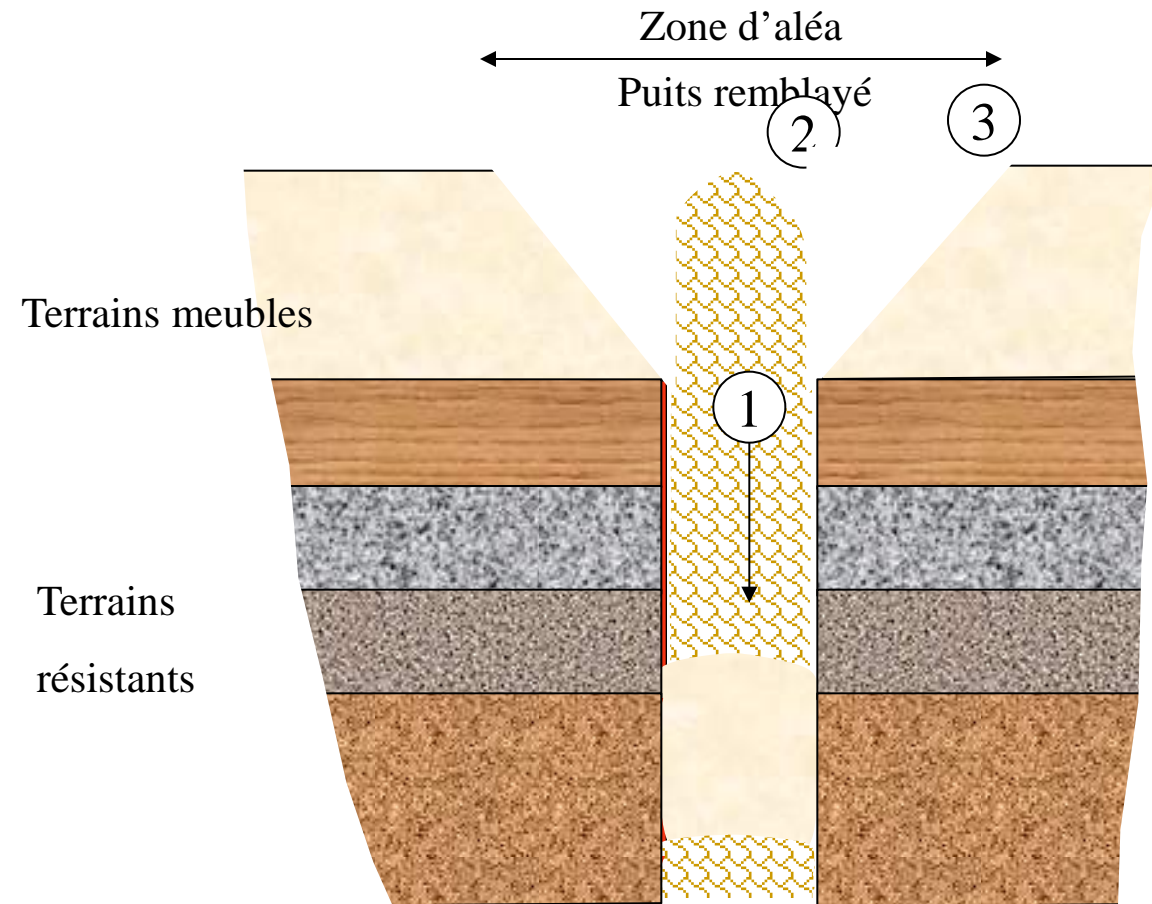


Diagramme 3D
(source
plaquette risque
minier 13)



Vue du fontis depuis le fond

Effondrement localisé sur puits



- 1 Débouillage du puits
- 2 Rupture du cuvelage
- 3 Rupture tête de puits fontis



Evaluation de l'aléa « effondrement localisé »

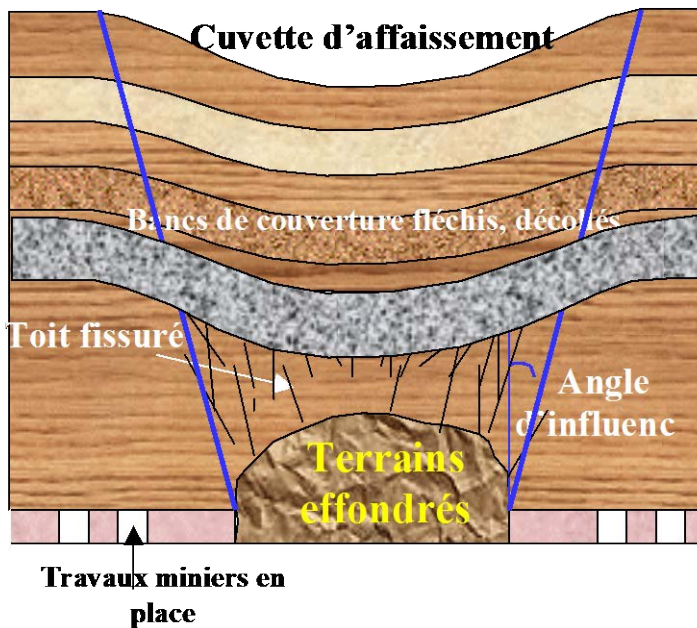
Mécanisme	Configuration	Niveau prédisposition	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa	Modalités de la cartographie or incertitude fond cartographique (ici 8 m pour BD Ortho® IGN)
Fontis	Galeries isolées (Profondeur < 15 m)	Peu sensible à sensible	Limitée ($\emptyset < 3m$)	Faible	Emprise travaux + extension latérale de 3 m + Incertitude 10 à 30 m pour les travaux
	Travaux d'exploitation (Profondeur < 30 m)	Peu sensible à sensible	Modérée ($3m < \emptyset < 10m$)	Moyen	
Débouillage ou rupture tête de puits	Puits remblayés ou dallés dont le rayon inférieur à 2 m	Peu sensible	Modérée ($3m < \emptyset < 10m$)	Faible	Rayon du puits + extension latérale de 3 m + Incertitude de positionnement des puits « levés » (10 m) ou « non visibles » (15 à 50 m)

L'affaissement

Affaissement progressif : Définition

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par **la rupture de quartiers d'exploitations souterraines**. Ce type de manifestation concerne souvent les exploitations menées à grande profondeur et sur des extensions horizontales importantes.

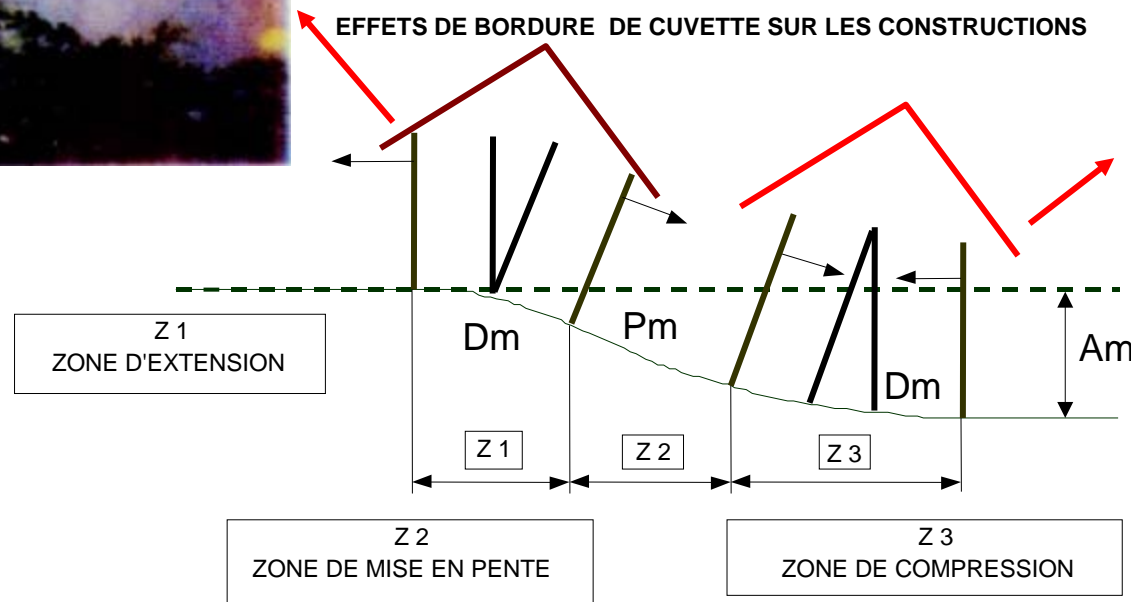
Les désordres en surface, généralement lents et progressifs, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, sans rupture cassante importante.



Affaissement : Caractéristiques de la cuvette



- ❑ **Am** : amplitude d'affaissement maximum (en m) qui est observé au centre de la cuvette
- ❑ **Pm** : pente maximum (en %) que prennent les terrains en bordure de cuvette
- ❑ **Dm** : déformation maximum (en mm/m) que subissent les terrains en bordure de cuvette



Evaluation de l'aléa « affaissement »

Sont concernées exploitations souterraines des Canonnettes et de Viaud Ricaud

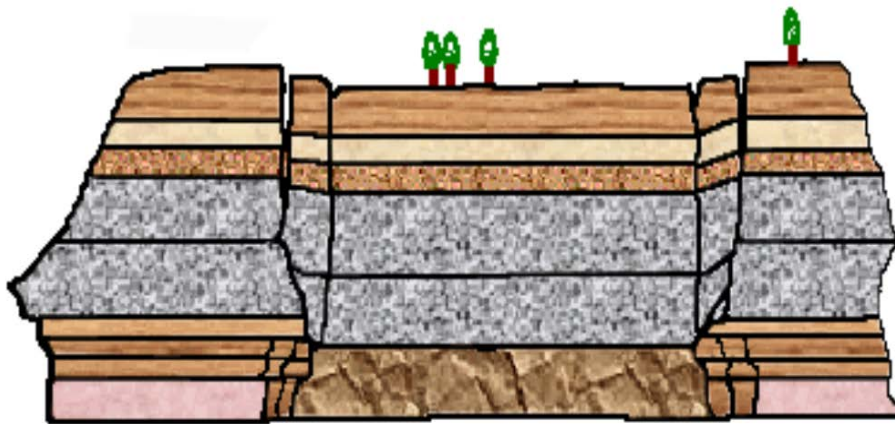
Configuration	Niveau prédisposition	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa	Modalités de la cartographie or incertitude fond cartographique (ici 8 m pour BD Ortho® IGN)
Chambres et piliers avec calcul de contraintes verticales supérieures à la résistance des piliers	Sensible	Limitée ($P < 3\%$)	Faible	Projection verticale des travaux avec un angle d'influence de 20° + Incertitude 10 à 30 m pour les travaux
Chambres et piliers avec calcul de contraintes verticales proches à légèrement supérieures à la résistance des piliers	Peu Sensible			

L'effondrement généralisé

Effondrement généralisé : Définition

L'effondrement généralisé se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par **la rupture du recouvrement** arrivé en limite de résistance au droit de quartiers d'exploitations souterraines ruinées ou en cours de ruine. Ce type de manifestation concerne les exploitations partielles similaires à celles sujettes à l'affaissement.

Les désordres en surface, apparaissant de manière soudaine et brutalement, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, avec des ruptures cassantes importantes.

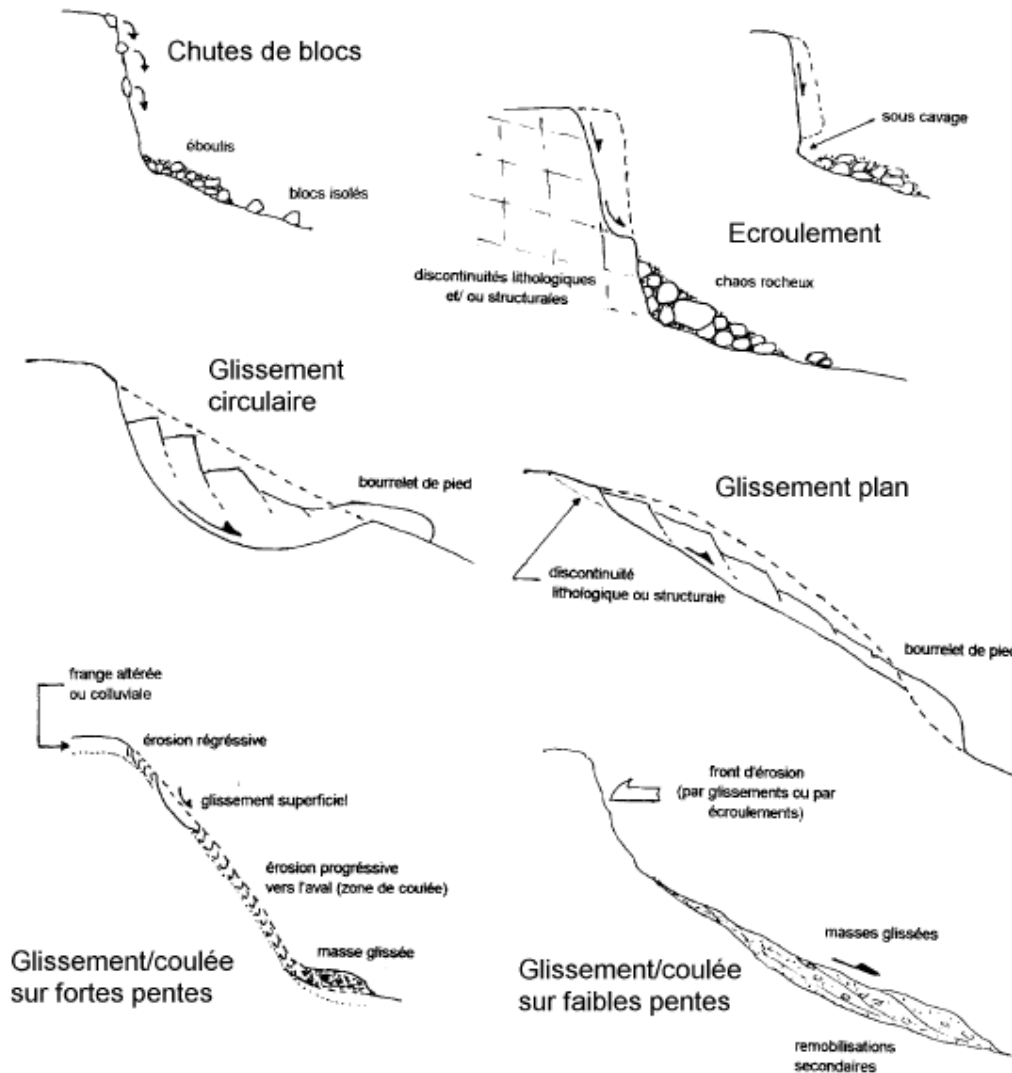


Evaluation de l'aléa « effondrement généralisé »

Configuration	Niveau prédisposition	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa	Modalités de la cartographie or incertitude fond cartographique (ici 8 m pour BD Ortho® IGN)
Chambres et piliers avec calcul de contraintes verticales supérieures à la résistance des piliers	Peu Sensible	Elevée (P > 6 %)	Moyen	Projection verticale des travaux + Incertitude 10 à 30 m pour les travaux

Mouvements de pente et tassement

Les mouvements de pente et le tassement



TASSEMENT

- sous l'effet d'une surcharge, compaction des terrains meubles constituant les dépôts

MOUVEMENTS DE PENTE

Sur terrils ou fronts de mine à ciel ouvert.
Plusieurs types de mécanismes :

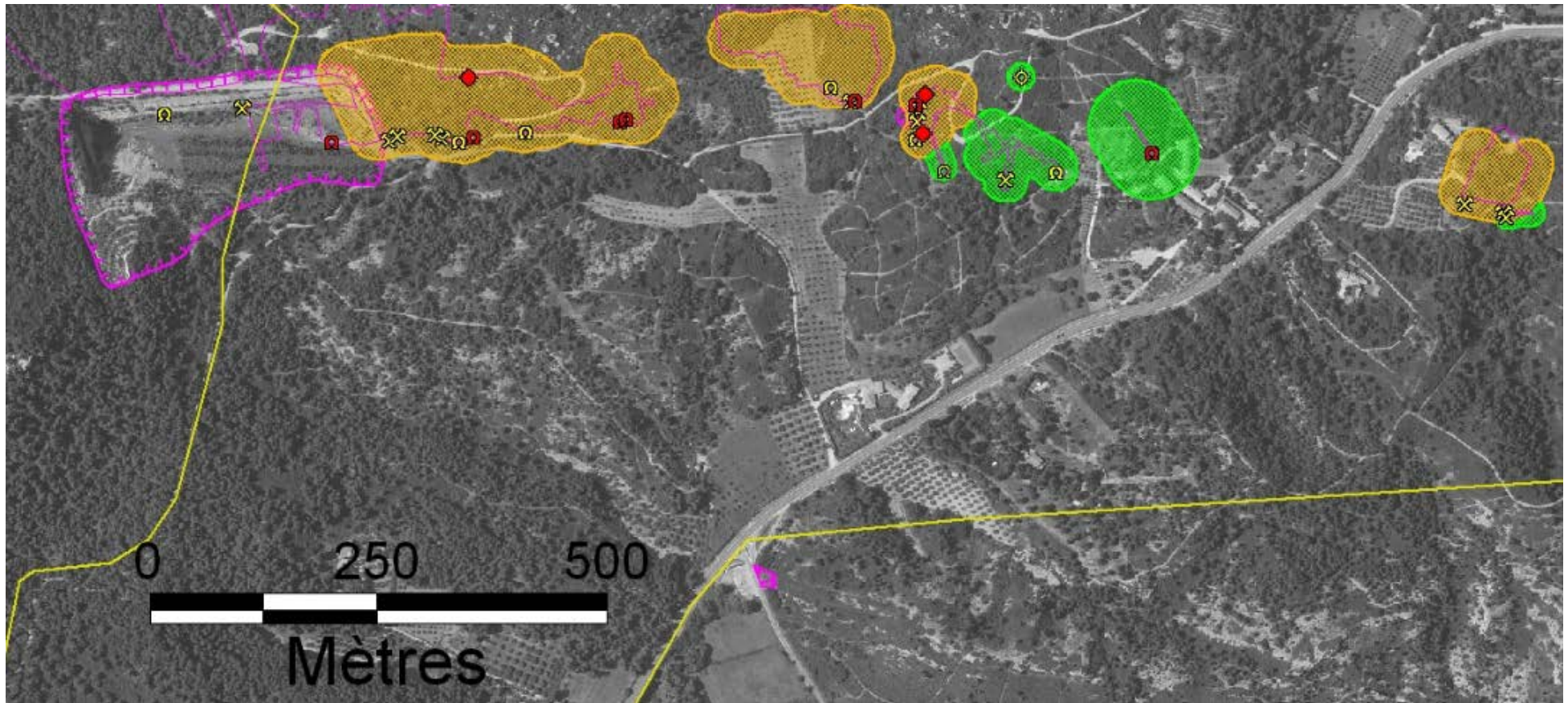
- Glissement superficiel
- Glissement profond (circulaire, plan)
- Coulée
- Chute de blocs
- Ecroulement rocheux

Evaluation des aléas « mouvements de pente » et « tassement »

Phénomène	Mécanisme	Configuration	Niveau prédisposition	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa	Modalités de la cartographie or incertitude fond cartographique (ici 8 m pour BD Ortho® IGN)
Mouvement de pente	Glissements	Selon hauteur, pente et végétalisation du dépôt ou du talus de l'excavation	Peu sensible à sensible	Très limité à limité (< 100m ³) Glissement superficiel	Faible	Talus et marge en pied (hauteur du dépôt ou flanc excavation) et en tête (1/2 hauteur du dépôt ou flanc excavation) + incertitude de leur contour
				Modéré (> 100m ³) Glissement profond	Moyen	
	Idem + traces d'instabilité	Très sensible		Fort		
	Eroulement rocheux	Fronts < 10 m de haut	Peu sensible	Modéré (< 10m ³) Chute de blocs	Faible	
Fronts > 10 m de haut		Sensible à très sensible	Moyen			
Tassement		Tous dépôts et MCO remblayés	Peu sensible	Limitée	Faible	Emprise dépôt ou MCO + incertitude de leur contour

Cartographie des aléas

Exemple de cartographie des aléas « mouvements de terrain »



Extrait carte de l'aléa « effondrement localisé » de la commune des Baux de Provence

Conclusion

Bilan par commune : Etendues en hectare des zones d'aléas par commune

Commune	Affaissement	Effondrement généralisé	Effondrement localisé		Tassement	Glissement			Ecoulement	
	Faible	Moyen	Faible	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen
Baux-de-Provence	4	1	4,5	7,5	5,5	18	3		0,5	3
Fontvieille	35	19	1,6	0,8	2	3	0,2	3		3
Maussane-les-Alpilles			1,5	2	0,2	2	0,5		0,3	2
Paradou			4			1	0,1		0,5	0,8
Saint-Rémy-de-Provence			2							

MERCI DE VOTRE ATTENTION