

Version du 08/11/2007

Notice générale sur les aléas mouvements de terrain dans le bassin ferrifère lorrain

INTRODUCTION	2
EFFETS EN SURFACE DE LA RUINE D'EDIFICES MINIERES SOUTERRAINS	2
1. Le fontis	2
2. L'affaissement	3
3. L'effondrement brutal.....	4
4. Le tassement	5
5. Eboulement de front de mine à ciel ouvert.....	6
CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEAS	6
Eboulement de front	6
Fontis.....	6
Effondrement localisé.....	6
Affaissement	7
Effondrement brutal.....	7
Mouvements résiduels	8
Zone sans aléa	8
DEFINITION DES ZONES DE RISQUE HIERARCHISEES	9
CONSTITUTION DES CARTES	11

INTRODUCTION

Au fur et à mesure de l'arrêt des exploitations minières, les cartes des zones d'affaissement potentiel différé (ZAPD) ont été publiées entre 1988 et 1998 pour chaque commune concernée. Elles repéraient la trace en surface des effets d'une éventuelle rupture des vides résiduels significatifs au fond.

L'ensemble des ZAPD a fait par la suite l'objet d'une analyse de risque dont les résultats ont été présentés au cours du Conseil Scientifique du 21 mars 2002 (bassin Nord) et du 19 février 2003 (bassin Centre et Sud), notamment sous la forme de cartes des types d'aléas.

Ont été définis :

- le type d'effet en surface qui peut s'y produire ; 4 types d'aléa ont été définis : fontis, affaissement, effondrement, éboulement de front de mines à ciel ouvert ;
- le classement des zones présentant une vulnérabilité de surface (bâtiment ou infrastructure) afin de définir la surveillance à mettre en place (zones de risque).

A partir de 2003, l'analyse de risque a été étendue aux autres zones ayant été affectées par l'exploitation minière (ZIPEM ou « zones bleues » des cartes précédentes).

A ce jour, cette analyse a porté sur les communes pour lesquelles un PPRM a été prescrit.

Cette notice présente les types d'effet en surface susceptibles d'être observés à l'aplomb des édifices miniers, y compris les zones dépilées.

Elle expose ensuite la démarche adoptée pour déterminer et cartographier l'aléa associé.

L'ensemble de ces travaux a été effectué avec les données connues au moment de la publication des cartes et les résultats traduisent l'état actuel des connaissances sur le bassin ferrifère lorrain.

EFFETS EN SURFACE DE LA RUINE D'EDIFICES MINIERES SOUTERRAINS

Plusieurs types d'effets en surface ont déjà été ressentis ou peuvent encore se manifester à la suite de la ruine d'édifices souterrains dans les mines de fer de Lorraine.

1. LE FONTIS

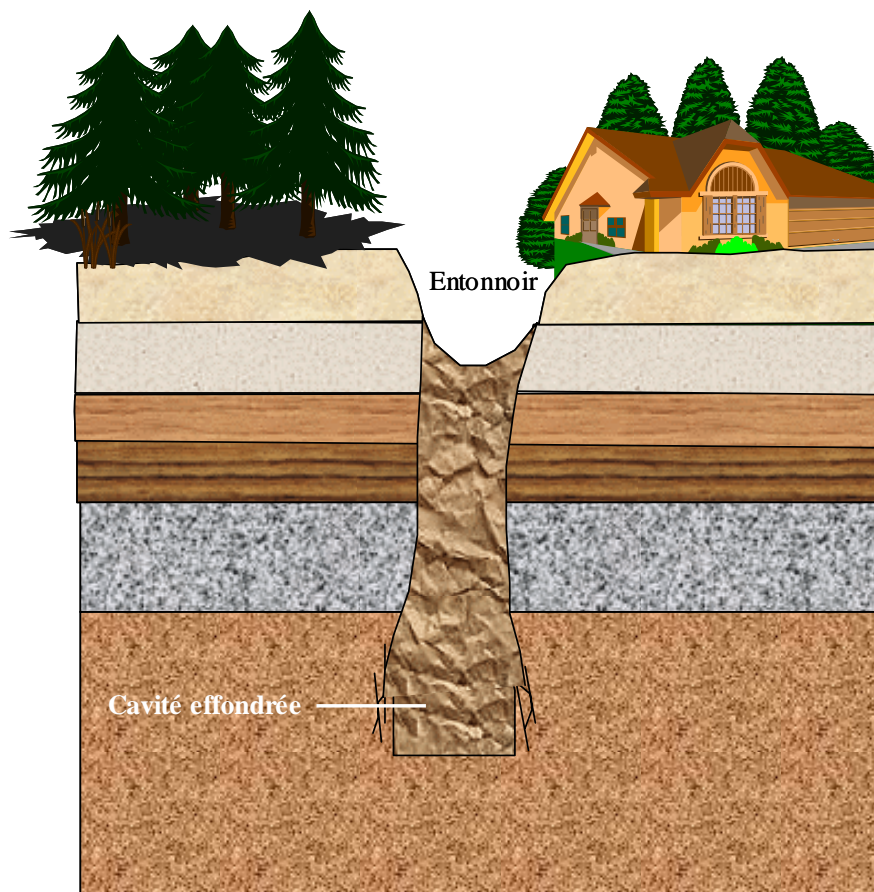
Le fontis est l'apparition soudaine en surface d'un entonnoir de quelques mètres de rayon et quelques mètres de profondeur. Les dimensions du fontis dépendent de l'importance du vide et de la nature des terrains qui le séparent de la surface. Ce phénomène a affecté, par exemple, les communes de Moyeuvre-Grande (cité Curel) et d'Hussigny-Godbrange (abords de la route de la décharge).

Le fontis fait suite à une dégradation progressive de la voûte d'une galerie qui remonte peu à peu dans le recouvrement jusqu'à percer au jour.

Le fontis ne se produira pas si la galerie est suffisamment profonde car le foisonnement des blocs du toit vient combler le vide avant qu'il n'atteigne la surface.

Le risque de fontis peut également être écarté si un banc épais et résistant arrête la dégradation progressive.

Dans les conditions du bassin ferrifère lorrain, les fontis ne peuvent pas apparaître pour des vides de profondeur supérieure à 50m. Cette hauteur limite peut être abaissée dans certains cas par une étude particulière de la zone.



2. L'AFFAISSEMENT

L'affaissement est le deuxième type d'instabilité pouvant survenir au-dessus d'une exploitation par chambres et piliers. Il se traduit par la formation en surface d'une cuvette de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de diamètre. Au centre de la cuvette, les terrains descendent verticalement. Sur les bords, les terrains se mettent en pente avec un étirement sur les bords extérieurs (ouverture de fractures) et un raccourcissement sur les bords intérieurs (apparition de bourrelets).

Ce phénomène a affecté, par exemple, les communes d'Auboué, Moutiers et Roncourt.

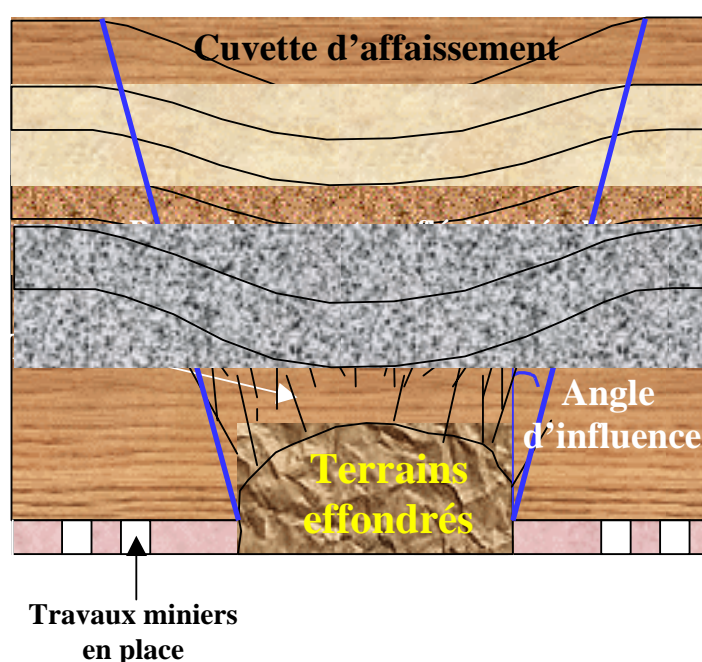
L'affaissement de surface est analogue à celui qui est volontairement produit par un dépilage intégral. Il fait suite à la ruine de travaux miniers souterrains suffisamment étendus pour que les effets remontent jusqu'en surface.

Les bords de la cuvette d'affaissement débordent la verticale des travaux effondrés au fond. L'angle d'influence varie entre 10° et 35° selon l'environnement de la zone au fond. Plus les travaux sont profonds, plus la cuvette d'affaissement est étalée.

L'affaissement de la surface se produit généralement progressivement en quelques jours ou en quelques mois selon une dynamique propre au contexte minier et géologique du site concerné.

Les bâtiments en surface sont sensibles à la mise en pente des terrains ainsi qu'aux effets d'extension dans la zone d'étirement et de compression dans la zone de raccourcissement.

Les effets sont d'autant plus élevés que l'amplitude de l'affaissement au centre de la cuvette est grande et que la profondeur des travaux miniers est faible. Par ailleurs, les bâtiments sont d'autant plus vulnérables qu'ils sont longs et élancés.

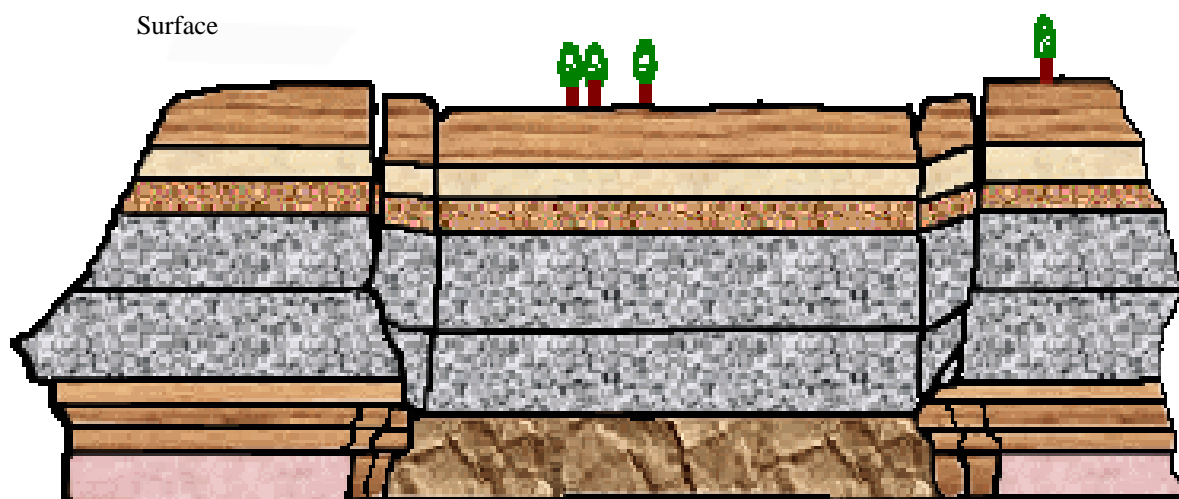


3. L'EFFONDREMENT BRUTAL

Dans certains cas, la ruine de l'édifice minier ne se fait pas progressivement mais on observe l'effondrement en bloc de l'ensemble des terrains compris entre le fond et la surface. L'effondrement de la surface se produit alors de manière dynamique, en quelques secondes. Une forte secousse sismique est ressentie. Les bords de la zone affectée sont plus abrupts que dans le cas de la cuvette d'affaissement, des crevasses ouvertes y apparaissent.

Pour qu'un effondrement brutal se produise, deux conditions au moins doivent être remplies :

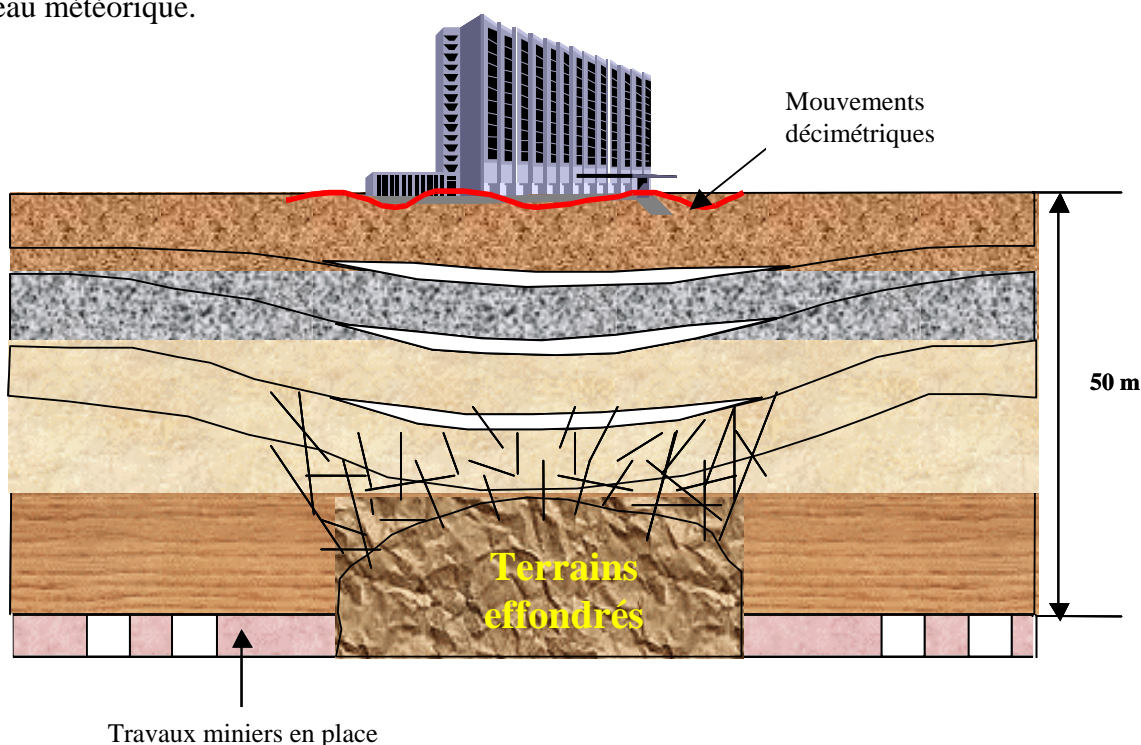
- les travaux du fond doivent être très fragiles (fort taux de défrètement, piliers élancés) : ceci constitue le critère géométrique ;
- un banc épais et résistant doit exister dans le recouvrement. La rupture de ce banc qui protégeait les piliers du poids des terrains déclenche le processus d'effondrement. Ceci constitue le critère géologique.



4. LE TASSEMENT

On qualifie de tassement les désordres de faible ampleur affectant les terrains de surface, tant en terme d'abaissement de terrains (ordre décimétrique) qu'en terme d'extension de la surface affectée. Les effets ne se font généralement sentir que sur les bâtiments les plus sensibles (grandes emprises, grandes hauteurs).

Au-dessus de certains dépilages à faible profondeur (<50m), même bien foudroyés, les terrains ne se recompactent pas complètement. Les zones déconsolidées par le foudroyage sont susceptibles de se compacter localement, par exemple sous l'action de la circulation d'eau météorique.



Par assimilation, ces tassements seront regroupés ci-après avec des phénomènes d'affaissement de faible ampleur et/ou de faible probabilité sous le terme « Mouvements résiduels ».

5. EBOULEMENT DE FRONT DE MINE A CIEL OUVERT

Certains fronts d'arrêt des mines à ciel ouvert sont susceptibles de présenter des instabilités telles que chute de blocs, glissement de terrains, éboulement analogues à ceux que présentent les pentes naturelles.

CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ALEAS

Le type d'aléa est fonction des effets susceptibles de se produire en surface. Il est généralement unique, bien qu'exceptionnellement une même zone peut relever de deux types d'effets (fontis, affaissement).

EBOULEMENT DE FRONT

Les zones d'éboulement de front sont représentées par des losanges mauves sur la carte.

FONTIS

Les zones pour lesquelles le niveau d'aléa a été caractérisé (gradation faite) permettent d'identifier jusqu'à quatre niveaux d'aléa de type fontis définis sur la carte comme suit :

- un aléa fontis de niveau fort repéré par des pointillés « rouge » ;
- un aléa fontis de niveau moyen repéré par des pointillés « orange » ;
- un aléa fontis de niveau faible repéré par des pointillés « jaune » ;
- un aléa fontis de niveau très faible assimilé à un tassement (cf. aléa mouvements résiduels).

Fontis sur galeries, chambres et piliers

Les zones dans lesquelles des travaux miniers ont été détectés à moins de 50 m de la surface ont été classées dans cette catégorie. Pour préciser le niveau d'aléa de type fontis, des données précises sur la géométrie des vides miniers (position, largeur, hauteur) et sur la nature du recouvrement sont nécessaires et nécessitent une caractérisation du site.

Ce niveau d'aléa est estimé à partir des facteurs déterminant son intensité d'une part et sa probabilité d'occurrence d'autre part. Pour les phénomènes géotechniques anthropiques ou naturels qui ne sont pas répétitifs, la probabilité d'occurrence est remplacée par la prédisposition du site à la réalisation du phénomène.

Les zones de fontis sont repérées par des pointillés bleus lorsque la gradation n'est pas réalisée.

Fontis sur dépilages

Des phénomènes analogues peuvent se produire sur des exploitations anciennes par dépilage où le foudroyage complet du toit n'a pas été réalisé lors de l'exploitation. Certains vides résiduels peuvent en effet subsister dans des zones ayant fait l'objet de dépilage, à faible profondeur et dans des conditions mal maîtrisées. Par précaution, en l'absence d'autre information, les dépilages à moins de 50 m et antérieurs à 1945 sont considérés comme des travaux où l'aléa fontis ne peut pas être exclu.

Ils sont représentés par des croisillons bleus sur les cartes lorsque la gradation n'est pas réalisée.

Fontis sur puits

Un puits mal remblayé peut se vider (débourrage) et la tête de puits se rompre en surface donnant également un phénomène de type fontis.

Il est repéré sur la carte par un cercle bleu et des pointillés bleus lorsque la gradation n'est pas réalisée.

EFFONDREMENT LOCALISE

L'effondrement localisé est un phénomène s'apparentant aux mécanismes du fontis mais qui trouve son origine non pas dans la rupture du toit d'une galerie, mais résulte plutôt de la ruine d'un ou de quelques piliers.

Cette instabilité se traduira en surface par la mise en place d'un cône d'éboulement, semblable à celui d'un fontis, mais de dimensions plus importantes. Le diamètre d'un tel cône peut atteindre une dizaine de mètres.

Les zones d'effondrement localisé sont repérées par des pointillés rouges sur la carte, comme pour les zones d'aléa fontis d'intensité forte.

AFFAISSEMENT

Les zones pour lesquelles la contrainte dans certains piliers est suffisamment forte ($\geq 7,5\text{Mpa}$), où l'intercalaire entre 2 couches exploitées est peu épais ($< 7\text{m}$) et où le risque d'effondrement brutal a pu être écarté, constituent les zones d'affaissement.

Les zones d'affaissement sont figurées en rose quel que soit le niveau de l'aléa affaissement.

Pour chaque zone d'affaissement, ont été modélisés les effets qu'un affaissement pourrait produire en surface (étude de modélisation). Ces paramètres accompagnent les cartes :

- l'amplitude maximale de l'affaissement (en mètres) : Am ;
- la déformation maximale : Dm ;
- et la pente maximale : Pm.

Pour chaque zone d'affaissement, l'aléa est classé *in fine* en fonction de son importance en faible, moyen, ou fort.

Ces zones sont représentées en rose sur les cartes.

Les quelques zones qui ont des effets indécélables ou très faibles en surface ne sont pas retenues en aléa affaissement :

- les zones d'affaissement inférieur à 10cm et dont la déformation est inférieure à 1mm/m ne sont pas considérées comme des zones d'aléa ;
- les zones d'affaissement dont les pentes sont inférieures à 0,8% et dont la déformation est inférieure à 4mm/m sont assimilées à des zones d'aléa « mouvements résiduels ».

EFFONDREMENT BRUTAL

Un affaissement ou un effondrement est susceptible de se produire si la contrainte dans certains piliers est suffisamment forte ($\geq 7,5\text{Mpa}$) ou si l'intercalaire entre 2 couches exploitées est peu épais ($< 7\text{m}$).

L'analyse rétrospective des effondrements et affaissements connus depuis un siècle a permis de définir deux critères nécessaires à la formation d'un effondrement brutal. Si un de ces critères n'est pas vérifié, l'aléa d'effondrement brutal peut être écarté. Dans le cas contraire, on ne peut écarter l'aléa effondrement brutal, même si l'affaissement progressif reste possible.

Il a été choisi par précaution l'aléa majorant : l'effondrement brutal.

Le critère géométrique, calculé à partir des plans de mine, a été appliqué à toutes les zones. Pour les zones où le risque d'effondrement brutal n'a pas pu être écarté, l'étude du critère géologique est en cours. Cette étude, qui demande de rassembler des données supplémentaires sur la composition du recouvrement, n'a été finalisée que sur certaines zones.

Les cartes comportent donc :

- des zones où le risque d'effondrement brutal n'a pu être écarté définitivement. Elles sont repérées par des quadrillages rouges ;
- des zones où l'étude du critère géologique est en cours. Elles sont repérées par des hachures rouges.

MOUVEMENTS RESIDUELS

Mouvements résiduels sur dépilages récents

Compte tenu de la mécanisation progressive des exploitations dès 1945, il a été considéré que les dépilages peu profonds et postérieurs à cette date ont donné lieu à des foudroyages efficaces. Les zones concernées ne pourraient dès lors présenter que des mouvements décimétriques de tassement en surface.

Les mouvements résiduels concernent ainsi en premier lieu les zones dépilées récemment (après 1945) à moins de 50m de profondeur.

Mouvements résiduels sur dépilages anciens

Lorsque les dépilages sont plus anciens, potentiellement moins bien foudroyés mais plus profonds, les effets parvenant en surface vont être de même limités. Des phénomènes d'affaissement résiduel localisé sont exceptionnellement possibles au-dessus de ces dépilages anciens.

Par assimilation, on inclut dans les zones de mouvements résiduels les dépilages antérieurs à 1945 à plus de 50m de profondeur.

Mouvements résiduels sur chambres et piliers

Comme dit ci-dessus, les aléas de type affaissement sur chambres et piliers mais de faible intensité (pente inférieure à 0,8%, déformation inférieure à 4mm/m) sont également assimilés à des tassements.

Les zones de mouvements résiduels sont représentées en jaune sur la carte.

ZONE SANS ALEA

Les zones sans aléa sont celles pour lesquelles la stabilité des travaux miniers est assurée ou celles pour lesquelles l'évolution des travaux miniers serait sans effet en surface. Cela inclut notamment les dépilages récents et profonds, les zones de chambres et piliers stables et les puits qui ont fait l'objet d'un traitement pérenne.

Elles sont représentées en vert sur les cartes.

Le tableau ci-après résume la classification retenue :

<i>Conditions d'exploitation minière</i>	<i>Classification en type d'aléa</i>	<i>Observations</i>	<i>Cartographie</i>
- chambres et piliers très défruités avec banc raide	Effondrement brutal non écarté en cours d'étude	Aléa fort	rouge quadrillage hachures
- galerie ou chambres et piliers à moins de 50m - puits traitement non pérenne - dépilages anciens à moins de 50m	Fontis sur chambres et piliers puits dépilage	Aléa fort, moyen ou faible	bleu ou rouge, orange et jaune pointillés bleu cercle bleu croisillons
- chambres et piliers non stables/effets notables en surface - dépilages incomplets signalés sur les plans	Affaissement progressif	Aléa fort, moyen ou faible	rose
- dépilages récents à moins de 50m - dépilages anciens à plus de 50m - chambres et piliers avec effets limités en surface (déformation < 4mm/m, pente ≤ 0,8%)	« Mouvements résiduels »	Aléa très faible	jaune
- dépilages récents à plus de 50m - chambres et piliers stables - puits traitement pérenne	Sans aléa	Aléa nul	vert

DEFINITION DES ZONES DE RISQUE HIERARCHISEES

Les zones de risque (zones hiérarchisées) correspondent à la partie d'une zone d'effet potentiel ayant une occupation vulnérable de la surface ; ont été distingués, d'une part le bâti, d'autre part les infrastructures.

Pour les zones d'affaissement et effondrement brutal, la hiérarchisation a été effectuée pour évaluer le niveau de risque (de C4 : faible à C1 : très fort). Une surveillance adaptée à chaque niveau de risque a ainsi été définie.

Le niveau de risque a été précisé à partir des critères utilisés pour définir le niveau d'aléa selon à la fois l'éventualité du phénomène et l'importance de ses effets, auquel a été ajouté un critère de vulnérabilité de l'occupation de la surface (enjeux).

L'éventualité de la rupture de l'édifice minier est estimée à partir :

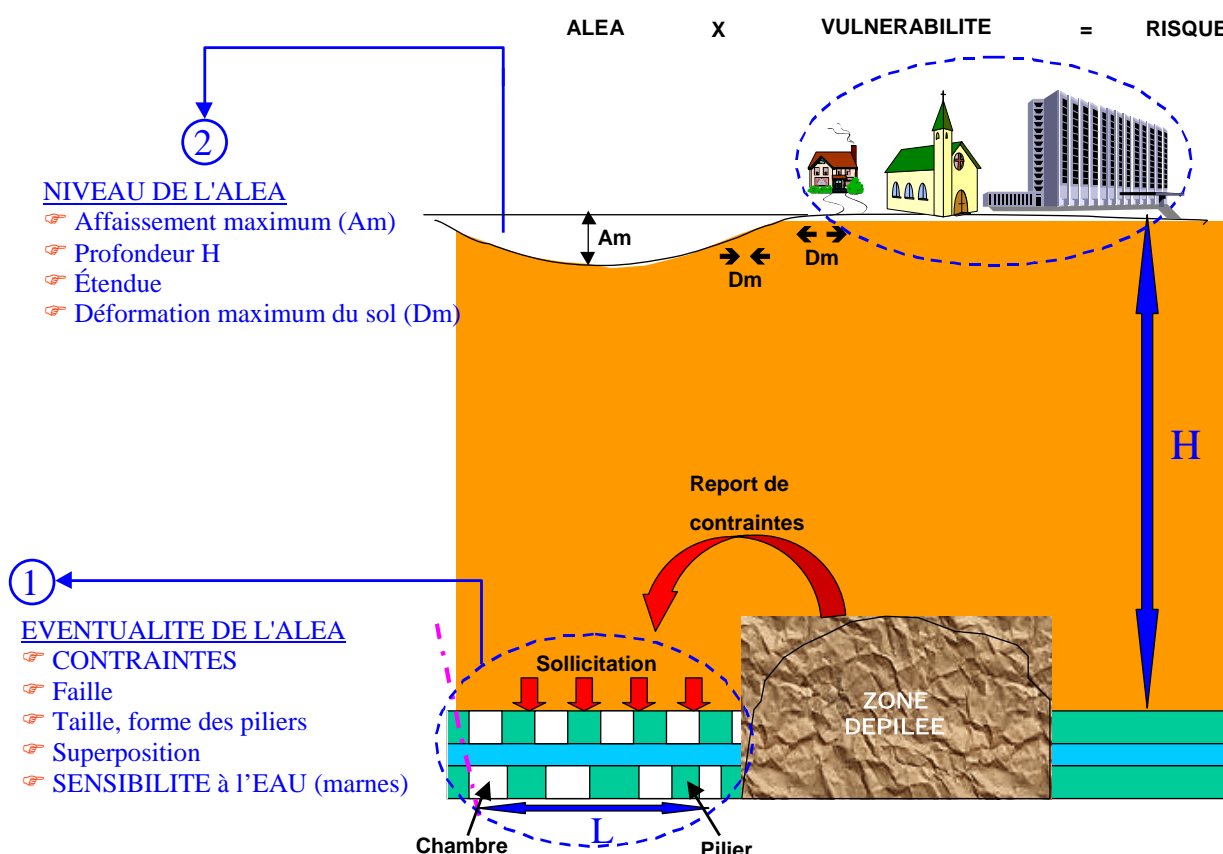
- de la sollicitation maximale à laquelle sont soumis les piliers, calculée à partir du taux de défruitement, de la profondeur de l'exploitation et de la surcontrainte éventuelle imposée à la zone par son environnement ;
- de la géométrie de l'exploitation : taille et régularité des piliers, plus ou moins bonne superposition des piliers dans le cas d'exploitation multicouches ;
- des conditions géologiques : présence de faille, sensibilité des terrains à l'eau en cas d'ennoyage.

L'importance des effets en surface a été quantifiée à partir :

- de l'affaissement maximum prévisible sur la zone (plus l'affaissement est grand, plus les effets seront importants) ;
- de la profondeur de l'exploitation (plus l'exploitation est profonde, moins les effets en surface de sa ruine seront importants) ;
- de la déformation maximale prévisible sur la zone (paramètre auquel sont le plus sensibles les bâtiments ou les infrastructures).

Pour les zones bâties, le critère de vulnérabilité tient compte qualitativement de la densité d'occupation et de la sensibilité du bâti au phénomène d'affaissement (zone commerciale et industrielle, pavillons isolés, bâtiment contigu, village, ville).

Pour les infrastructures, ont été pris en compte la présence éventuelle de routes (autoroutes, nationales, départementales), de lignes SNCF, de lignes EDF, de réseaux importants de fluides (eau, gaz, hydrocarbure), ainsi que d'ouvrages d'art.



Les zones de risque affaissement ont été hiérarchisées en 4 classes. Pour les 2 premières où le risque est le plus fort, une surveillance préventive est mise en place (C1 surveillance continue, C2 surveillance périodique).

Pour l'ensemble des zones de risque affaissement, un réseau de nivellement de la surface est mis en place et entretenu.

Les zones où le risque d'effondrement brutal n'aura pu être écarté devront faire l'objet d'une étude spécifique en vue de leur traitement.

Les zones à risque sont figurées sur la carte par un trait rouge plein entourant la projection en surface de la zone à surveiller au fond. La classe de surveillance est reportée sur la zone. Pour les zones de risque fontis, le tracé est noir.

CONSTITUTION DES CARTES

Les cartes des zones des différents types d'aléa en surface et des risques sur le bâti et les infrastructures existant ont été établies à partir des dossiers fournis par les exploitants (Lormines, Arbed...). Lorsque des informations complémentaires ont été recueillies, elles ont été intégrées par GEODERIS.

L'ensemble des données a été analysé puis soumis à un comité d'experts qui a validé une méthodologie et s'est prononcé sur son application sur l'ensemble des zones.

La précision du tracé des zones est fonction du calage des plans du fond par rapport à la surface et de l'échelle d'origine des données (1/25 000 pour la surface - Scan25 IGN - et 1/5 000 pour les plans du fond). L'utilisation des cartes d'aléa et de risque à une échelle plus petite que le 1/10 000 n'est pas compatible avec l'échelle utilisée actuellement des fonds de carte IGN.

Chaque carte communale est accompagnée d'une liste des zones d'effet potentiel en surface et des zones à risque donnant pour chaque zone :

Affaissement et effondrement	Fontis / Puits
<ul style="list-style-type: none"> - Nom de la zone, - Concession, - Couches exploitées, - Affaissement maximum (m), - Déformation maximum (mm/m), - Pente maximum (%), - Possibilité d'effondrement brutal, - Niveau d'aléa affaissement, - Nom zone à surveiller, - Classe de risque bâti, - Classe de risque infrastructure, - Remarques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nom de la zone, - Lieu-dit, - Concession, - Niveau d'aléa, - Nom zone à surveiller, - Bâti, - Infrastructure, - Remarques.