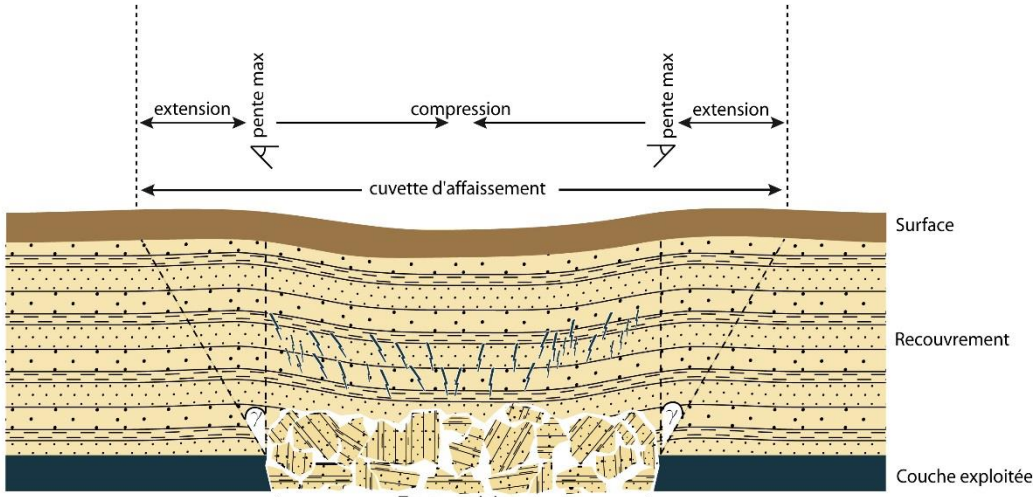
Les outils méthodologiques en France
Guides de gestion des risques et d'évaluation des aléas miniers

R. SALMON, C. FRANCK

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

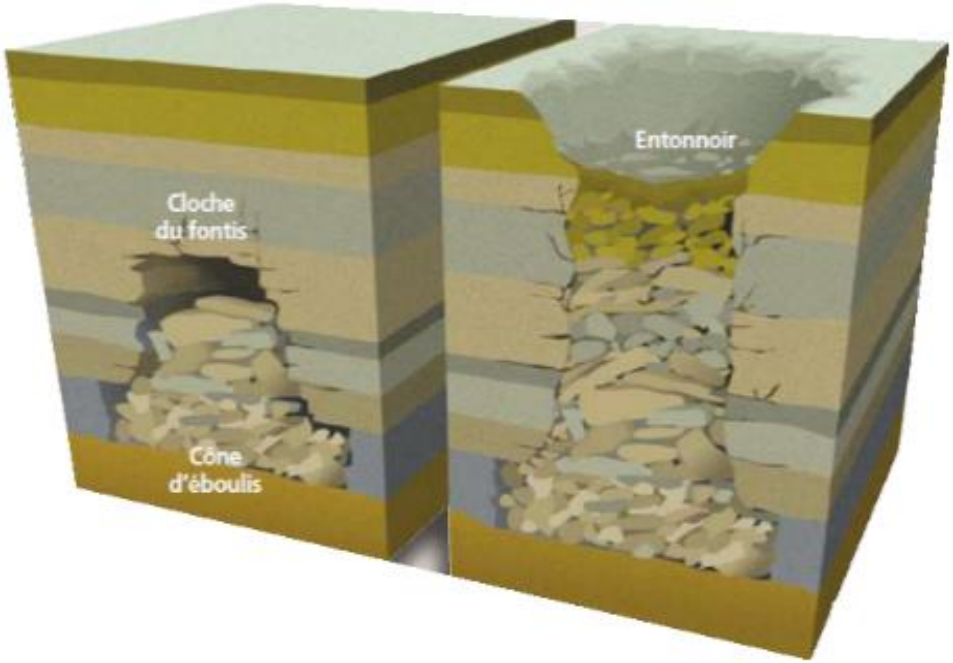
Les mouvements de terrain : les affaissements



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

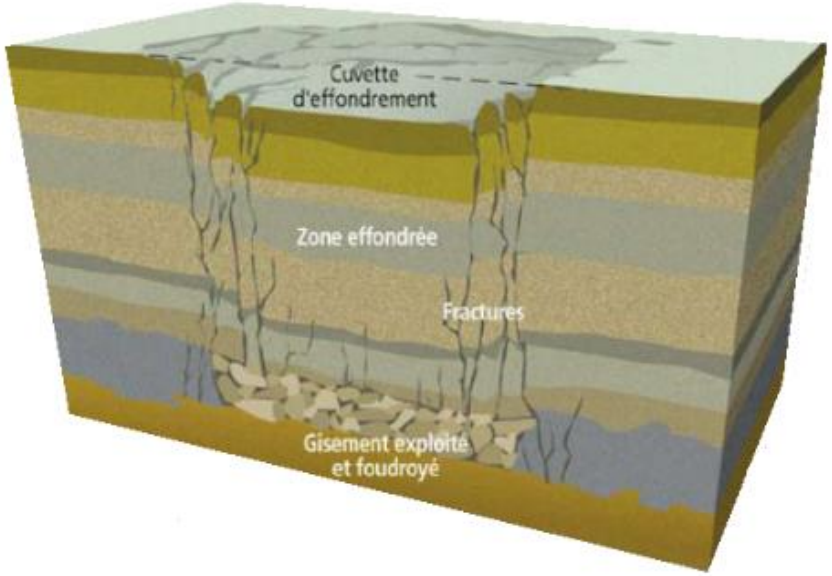
Les mouvements de terrain : les effondrements localisés



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

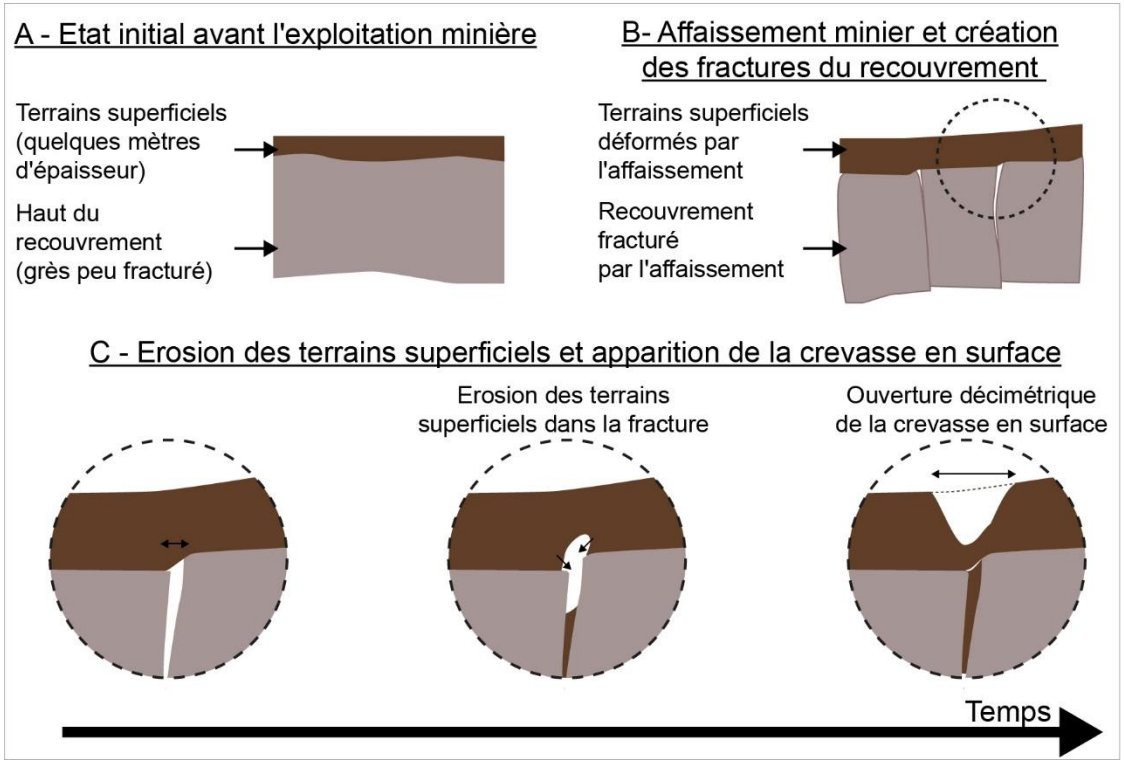
Les mouvements de terrain : les effondrements généralisés



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

Les mouvements de terrain : les crevasses



Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

Les mouvements de terrain : mines à ciel ouvert et ouvrages de dépôt

Mouvements de pente

Glissement profond du terril Mieg, bassin minier de Pechelbronn, Alsace (source : GEODERIS)

Éboulements

Front rocheux disloqué en blocs, bassin minier de Villeveyrac

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

Les perturbations hydrologiques et hydrogéologiques

Arrêt de l'exploitation minière peut entraîner :

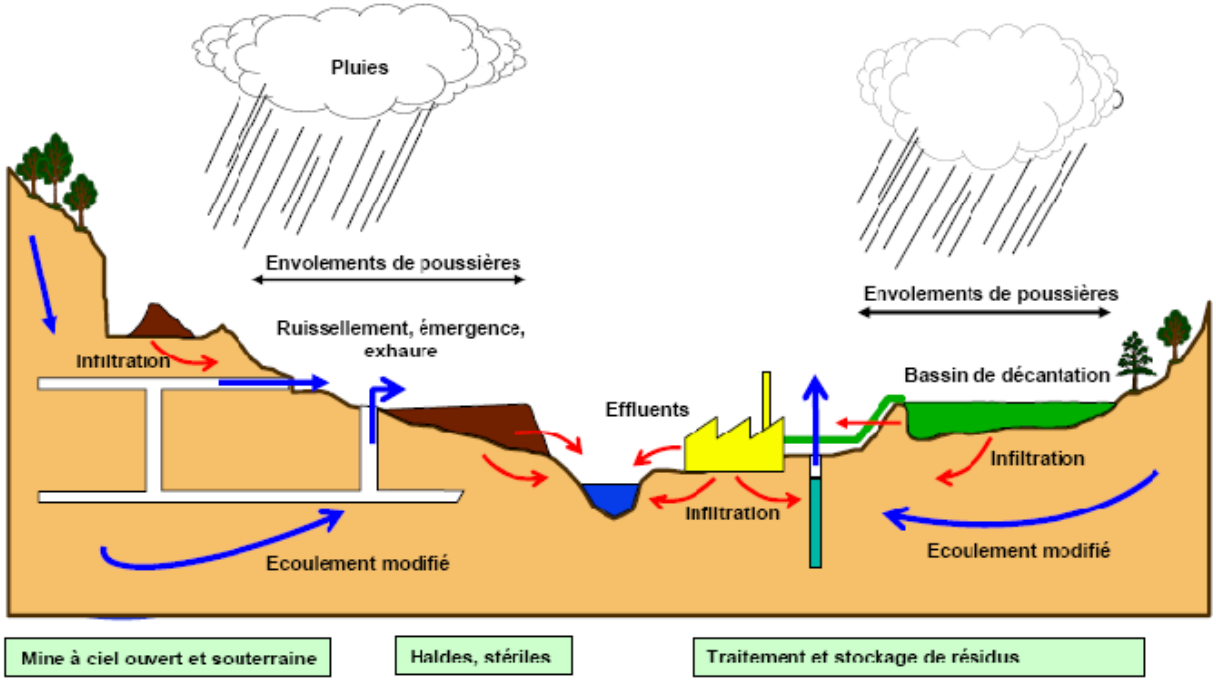
- augmentation ou réduction du débit des sources ou des cours d'eau ;
- remontées de nappes avec apparition de zones détrempées et de marécages ;
- inondations de points bas par des eaux minières ;
- inondations brutales ; etc.

Zone détrempée, mine de fer, Pays-Haut Lorrain (54) (source : GEODERIS)

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

Pollution des milieux d'origine minière



Pollution à l'arsenic d'un cours d'eau,
bassin minier des Cévennes (30). (source : Cerema)

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

Emissions de gaz en lien avec l'exploitation minière

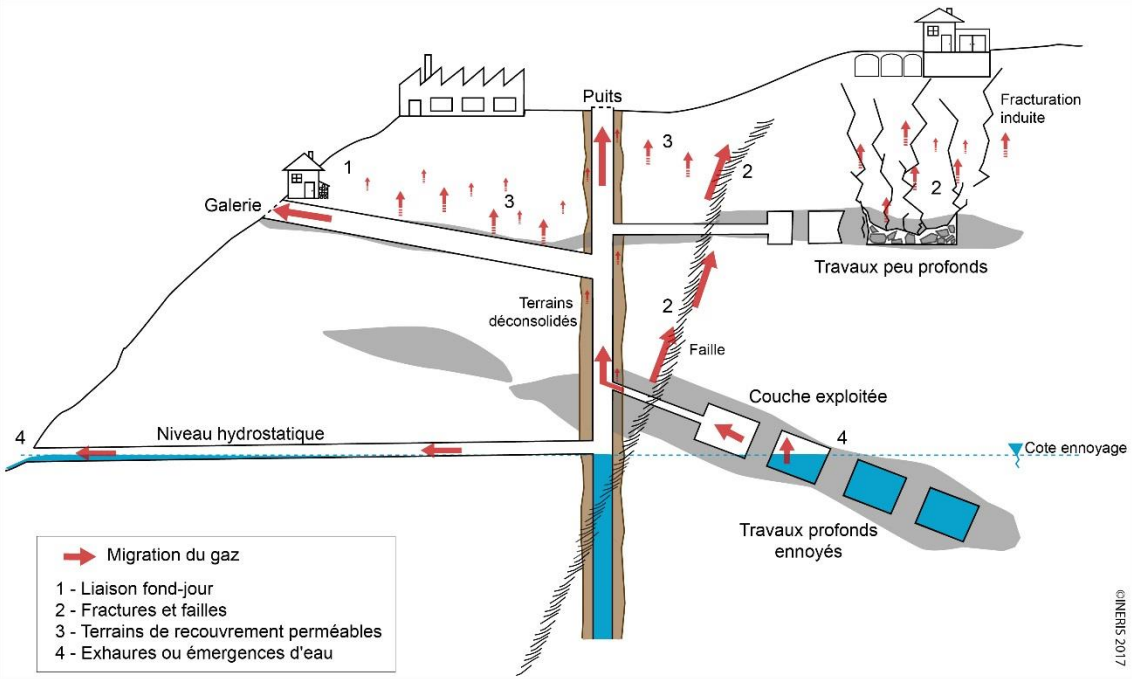


Illustration de gaz de mine débouchant au jour (source : Ineris)

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Les phénomènes redoutés dans la phase « après-mine »

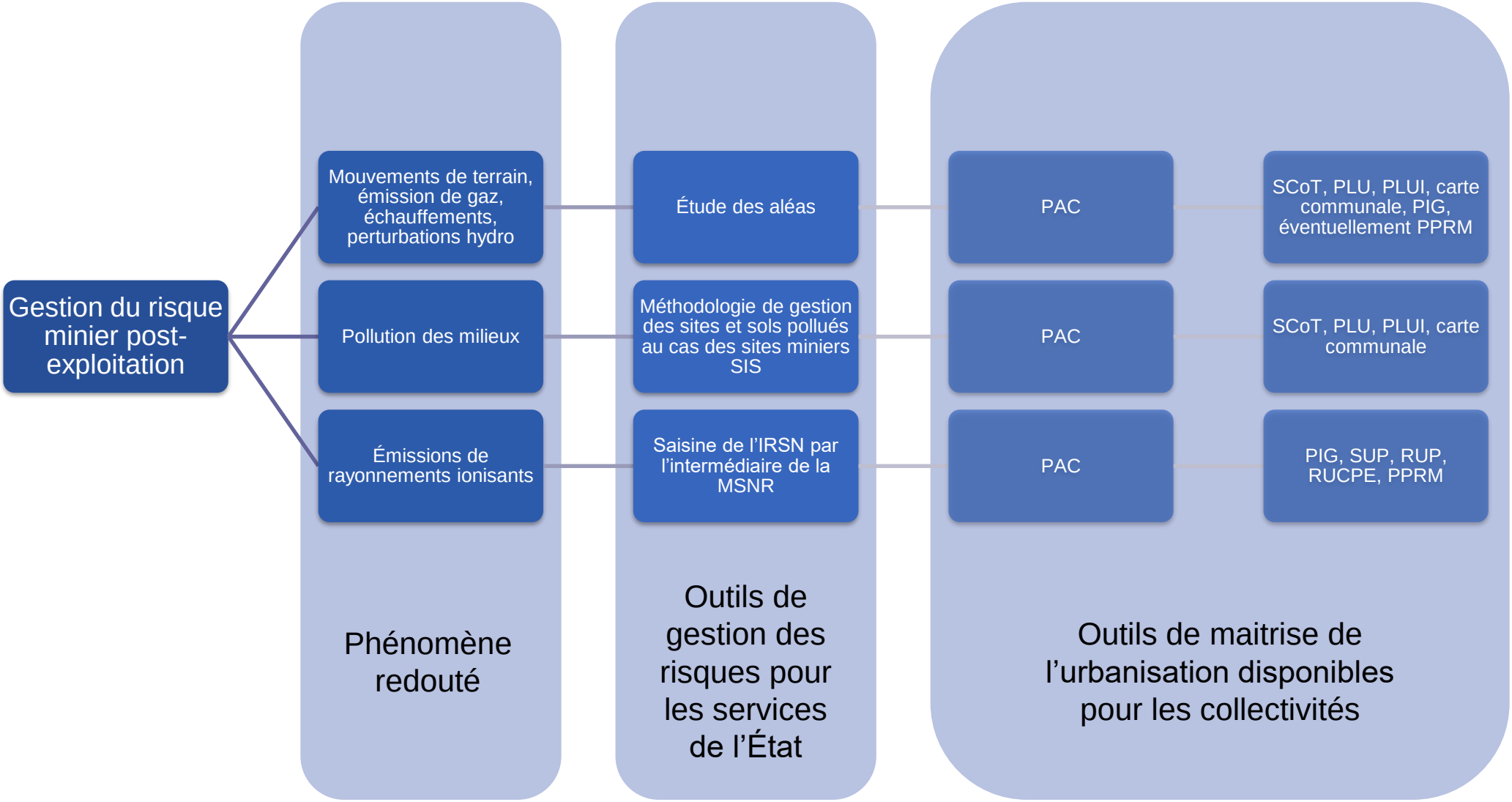
Combustion, échauffements de stériles miniers

Combustion de terril – site de Rochebelle, Bassin minier des Cévennes, Alès (30) (source : GEODERIS)

Défournement et arrosage d'un terril en combustion, bassin minier du Gard

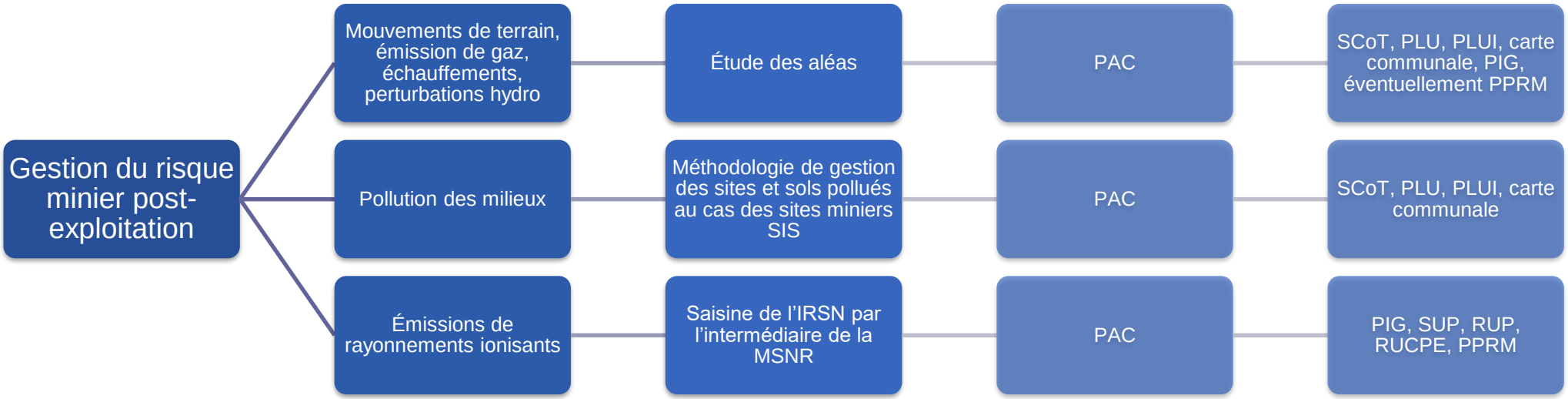
INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La gestion du risque minier post-exploitation



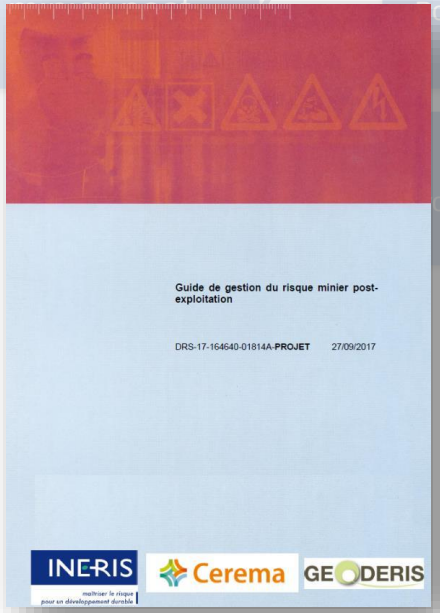
INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La gestion du risque minier post-exploitation



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La gestion du risque minier post-exploitation



Guide de gestion du risque minier post-exploitation

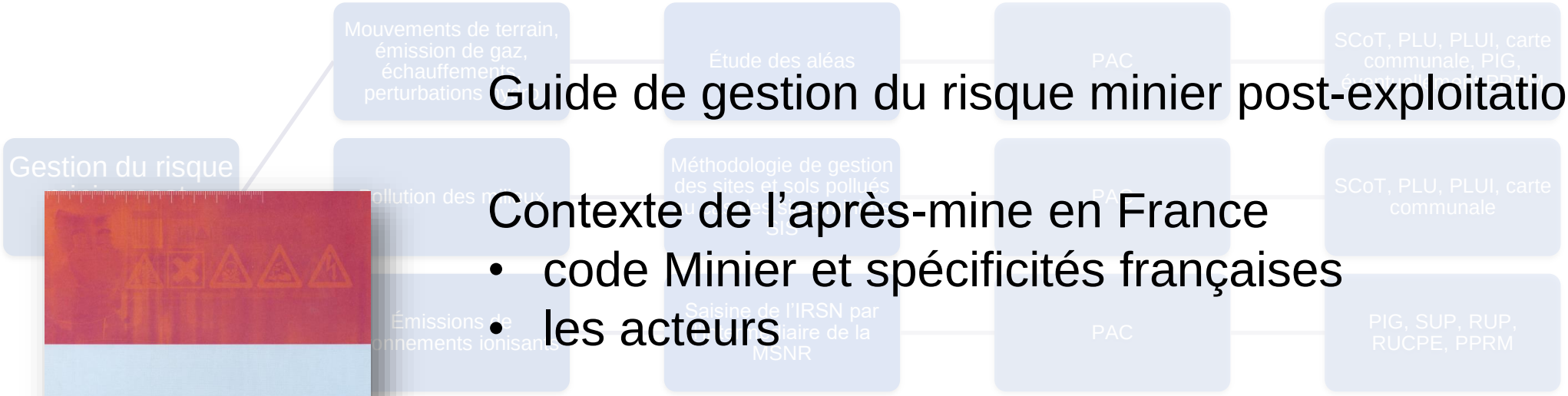
à la demande de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) au sein du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

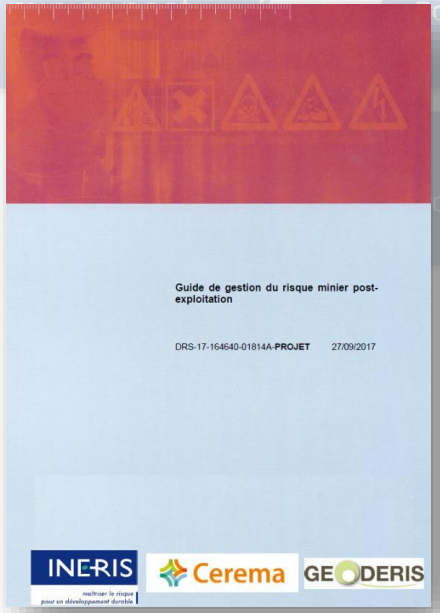
Ineris (Pilote)

GEODERIS
Cerema
B3S
Pôles Après-Mine

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La gestion du risque minier post-exploitation





Guide de gestion du risque minier post-exploitation

Contexte de l'après-mine en France

- code Minier et spécificités françaises
- les acteurs

Les phénomènes redoutés

La gestion de l'après-mine

Quel outil de gestion pour quel aléa « après-mine »

Disponible sur **ineris.fr**

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La gestion du risque minier post-exploitation

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

L’évaluation des aléas

Objectif : délimiter les zones où des aléas existent et en évaluer le niveau, afin de déterminer le risque pour les biens existants et les possibilités de construction ou d’aménagement pour le développement du territoire

Aléa : **probabilité** qu’un phénomène se produise sur un site, au cours d’une période de référence, en atteignant une **intensité** qualifiable ou quantifiable.

Intensité : l’ampleur des désordres, séquelles ou nuisances susceptibles de résulter du phénomène redouté. Cela intègre une notion de grandeur des événements redoutés

Probabilité d’occurrence : la probabilité qu’un point de l’espace soit affecté par un phénomène.

Phénomènes non fréquentiels -> **prédisposition**

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

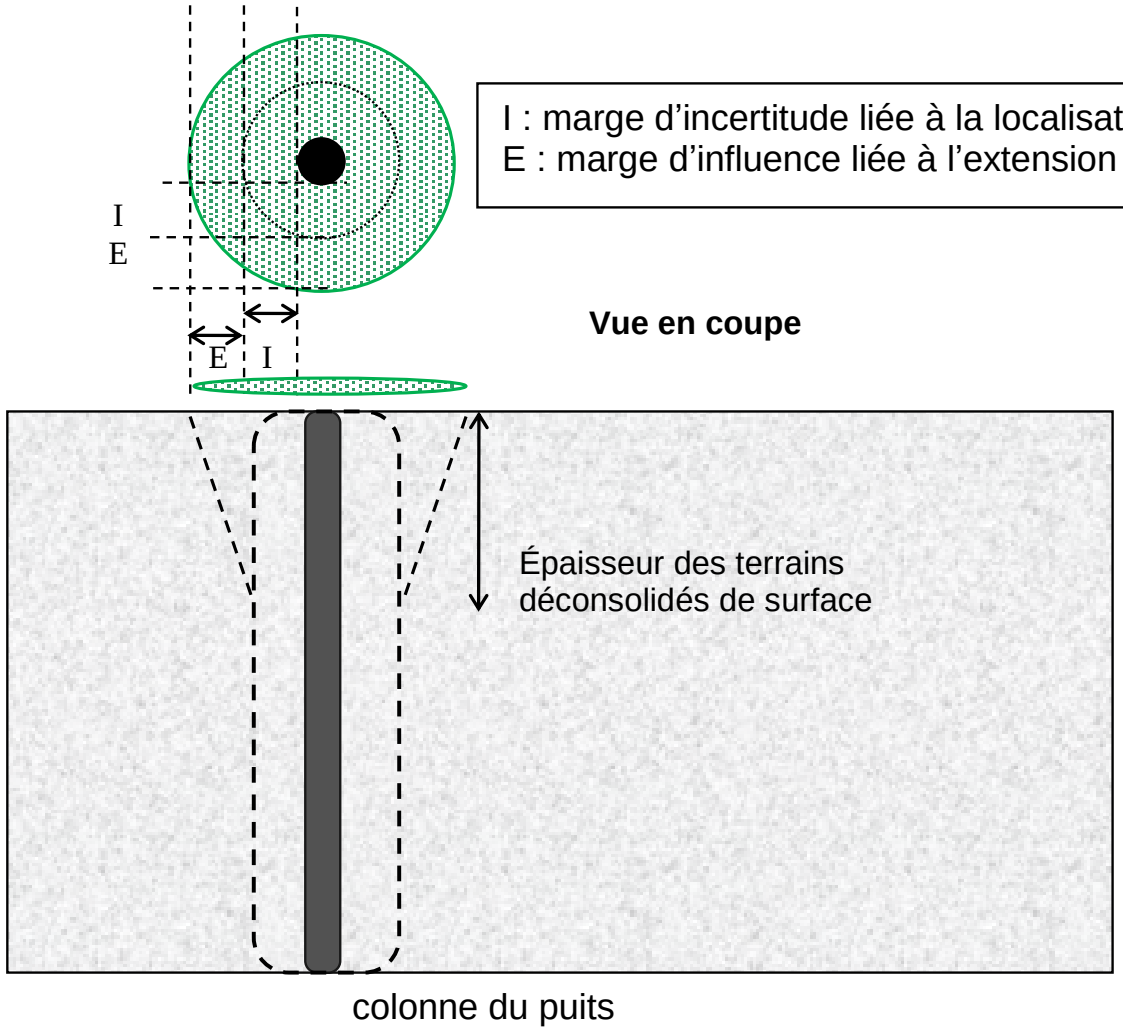
L’évaluation des aléas

Intensité	Prédisposition		
	Peu sensible	**Sensible**	**Très sensible**
Limitée	Faible	Faible	Moyen
Modérée	Faible	Moyen	Fort
Élevée	Moyen	Fort	Fort

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La cartographie de l'aléa

- Évaluer l'extension des effets en surface
- Tenir compte des incertitudes

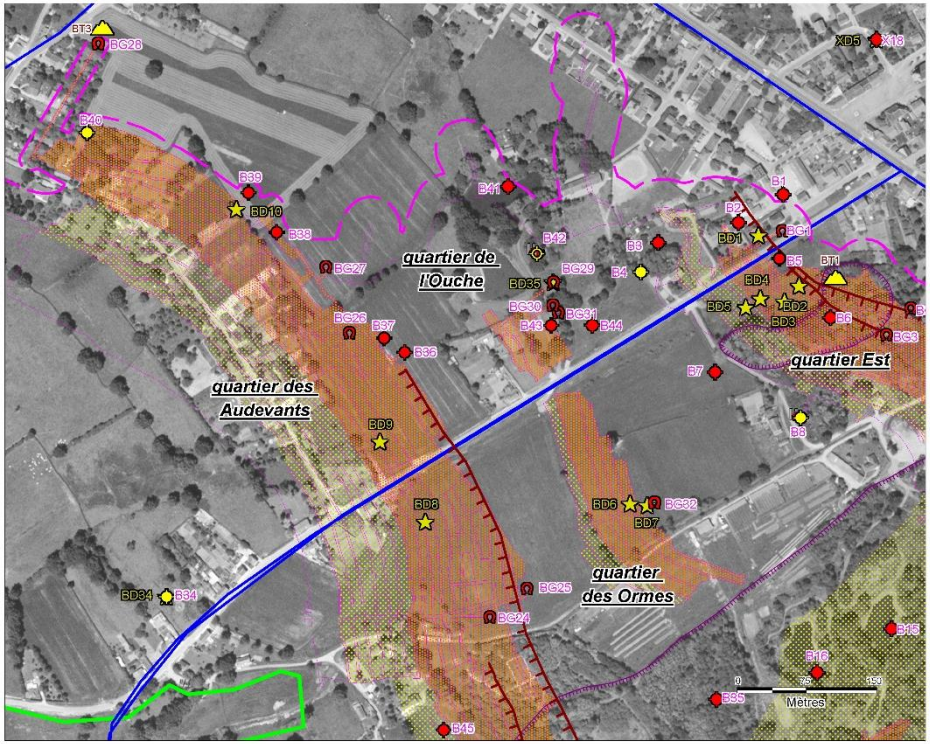


I : marge d'incertitude liée à la localisation du puits
E : marge d'influence liée à l'extension latérale maximale du phénomène

Vue en coupe

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

La carte informative et la carte d'aléa



Limite de commune

Limite de concession

Affleurement de houille

Emprise des travaux souterrains et / ou galeries connues

Enveloppe d'incertitude des travaux souterrains

Travaux situés entre 0 et 25 m de profondeur

Travaux situés entre 0 et 50 m de profondeur

Emprise de travaux à ciel ouvert ou grattage

Infrastructure minière en ruine

Terril

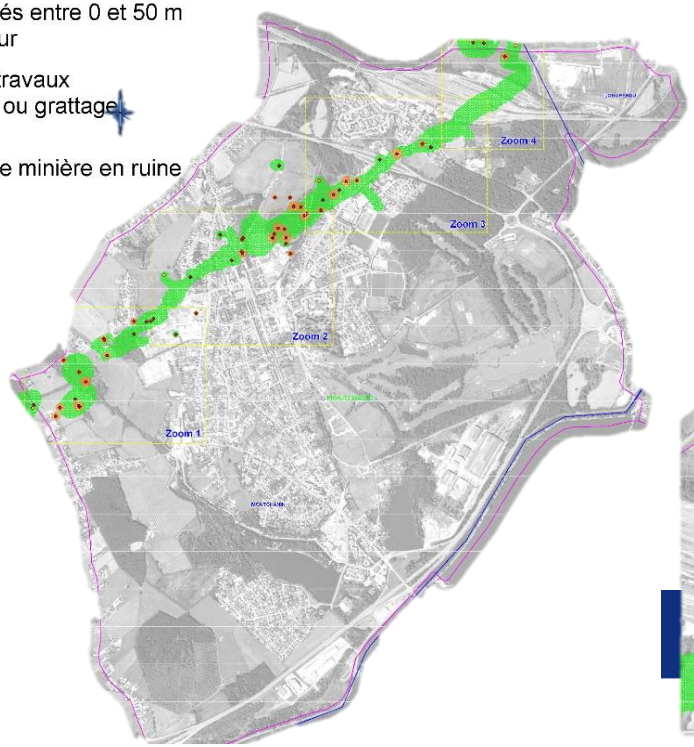
Désordre

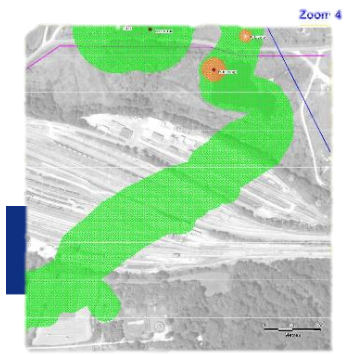
Entrée de galerie

- Retrouvée non ouverte et relevée au DGPS
- Non retrouvée
- Retrouvée ouverte et relevée au DGPS

Puits

- Retrouvé non ouvert et relevé au DGPS
- Retrouvé ouvert et relevé au DGPS
- Non retrouvé





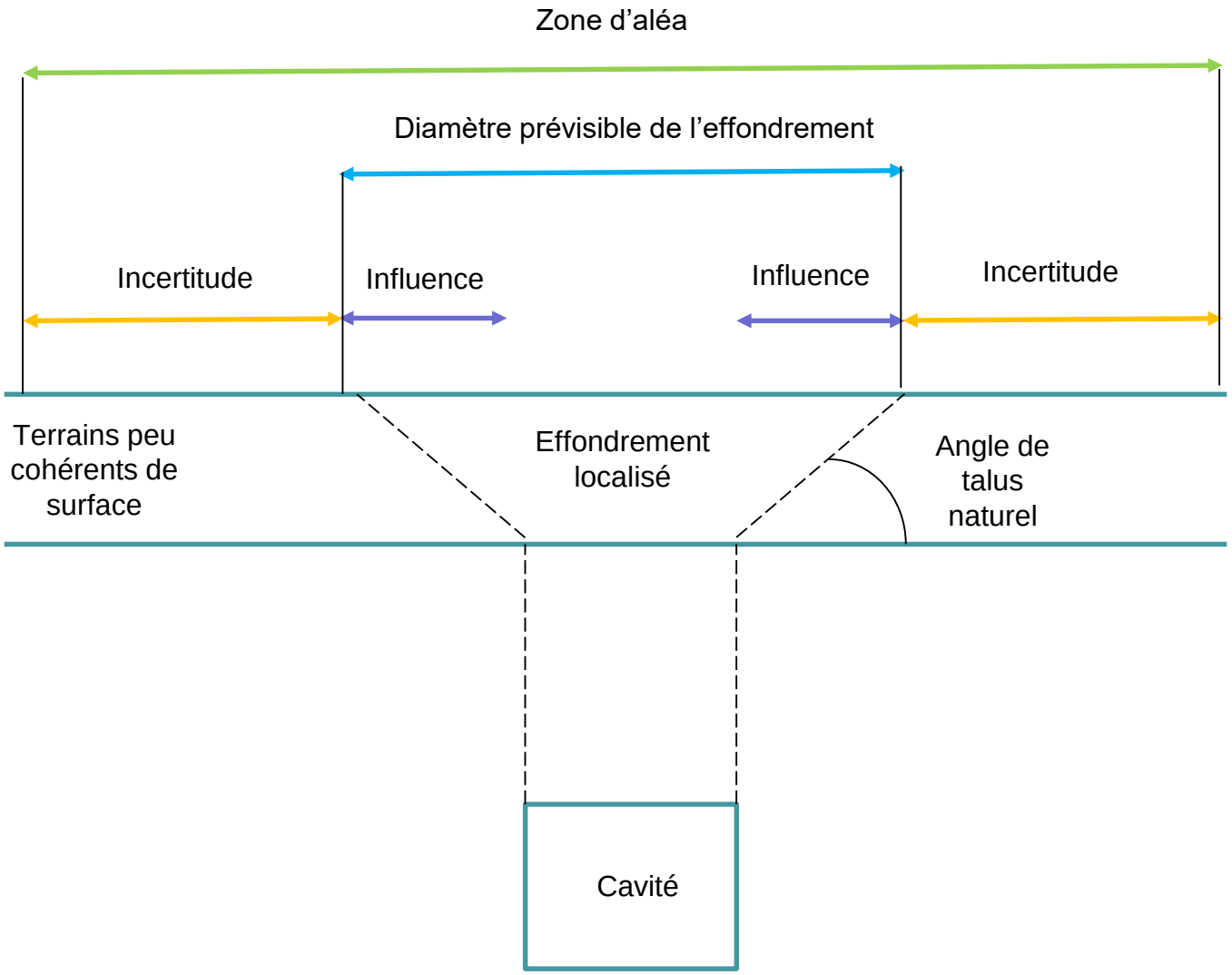
L’aléa « effondrement localisé »

Peut résulter de plusieurs scénarios :

- Au droit d’une galerie
- Par rupture de pilier isolé
- Effondrement d’une tête de puits
- D’une tête de filon
- Débourrage d’un chantier penté remblayé
- Combustion
- Dissolution

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Intensité : diamètre de l’effondrement



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

L'aléa « effondrement localisé »

Intensité

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement
Très limitée	Effondrements auto-remblayés à proximité immédiate de la surface (profondeur centimétrique)
Limitée	Ø < 3 m
Modérée	3 m < Ø < 10 m
Élevée	Ø > 10 m

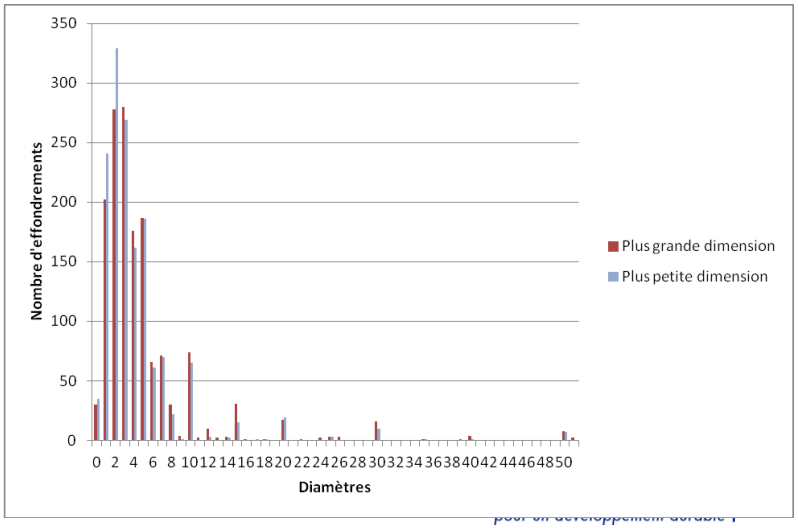
REX

+ 33%

5 m

~66%

90%



Or

La méthode d'évaluation de l'intensité ne permet quasiment jamais d'utiliser la classe [0 – 3 m]

L'aléa « effondrement localisé »

Intensité

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement
Très limitée	Effondrements auto-remblayés à proximité immédiate de la surface (profondeur centimétrique)
Limitée	Ø < 5 m
Modérée	5 m < Ø < 10 m
Élevée	Ø > 10 m

REX

5 m

~66%

90%

- Mieux discriminante
- Plus proche du REX

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

L'aléa « effondrement localisé »

Prédisposition

Prédisposition d'une zone à la manifestation d'un effondrement localisé	Éléments caractéristiques
Très sensible	• le phénomène s'est déjà produit à plusieurs reprises sur la zone concernée ; • et les conditions sont remplies pour que le phénomène se produise plusieurs fois sur la zone concernée à l'échelle de vies humaines (certitude sur l'existence de travaux, connaissance suffisante des caractéristiques permettant de démontrer la réalisation du phénomène, lithologie connue et favorable au développement du phénomène) ; • ou la zone est connue pour présenter des conditions dégradées par rapport à une situation de prédisposition « sensible » établie ; • ou la zone est connue pour présenter des facteurs aggravants pouvant favoriser le phénomène.
Sensible	• un phénomène similaire s'est déjà produit sur la zone concernée ou le phénomène s'est déjà produit sur un site similaire à la zone concernée ; • et les conditions pour que le phénomène se produise sur la zone concernée ne sont pas remplies avec autant de certitude que dans le cas « Très sensible » (par exemple : manque de connaissance sur les dimensions des travaux dont l'existence est par ailleurs avérée, sur l'état de remblaiement, sur la lithologie).
Peu sensible	• l'occurrence du phénomène sur la zone concernée est peu probable mais le retour d'expérience est insuffisant pour pouvoir l'écarter complètement (cas de travaux miniers avérés mais sans aucun phénomène similaire répertorié) ; • et aucun facteur aggravant susceptible de favoriser le phénomène n'est connu.
Très peu sensible	• lithologie particulièrement favorable pour stopper la remontée d'un fontis (bancs résistants massifs et épais) ; • ou la présence de travaux est suspectée ou non connue avec certitude (zone proche des affleurements présentant des caractéristiques géologiques favorables à la réalisation de travaux miniers par exemple, déductions à partir d'informations…) ; • ou la présence de travaux est connue mais leur localisation est mauvaise (la surface des travaux est faible par rapport à la surface d'incertitude) ; • et l'occurrence du phénomène sur la zone concernée est peu probable mais le retour d'expérience est insuffisant pour pouvoir l'écarter complètement.

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Guide d'évaluation des aléas miniers

A la demande de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) au sein du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

- Ineris (Pilote et rédaction)
- GT : GEODERIS, Cerema, B3S, Pôles Après-Mine

Structure guide : approche systématique pour chaque phénomène :

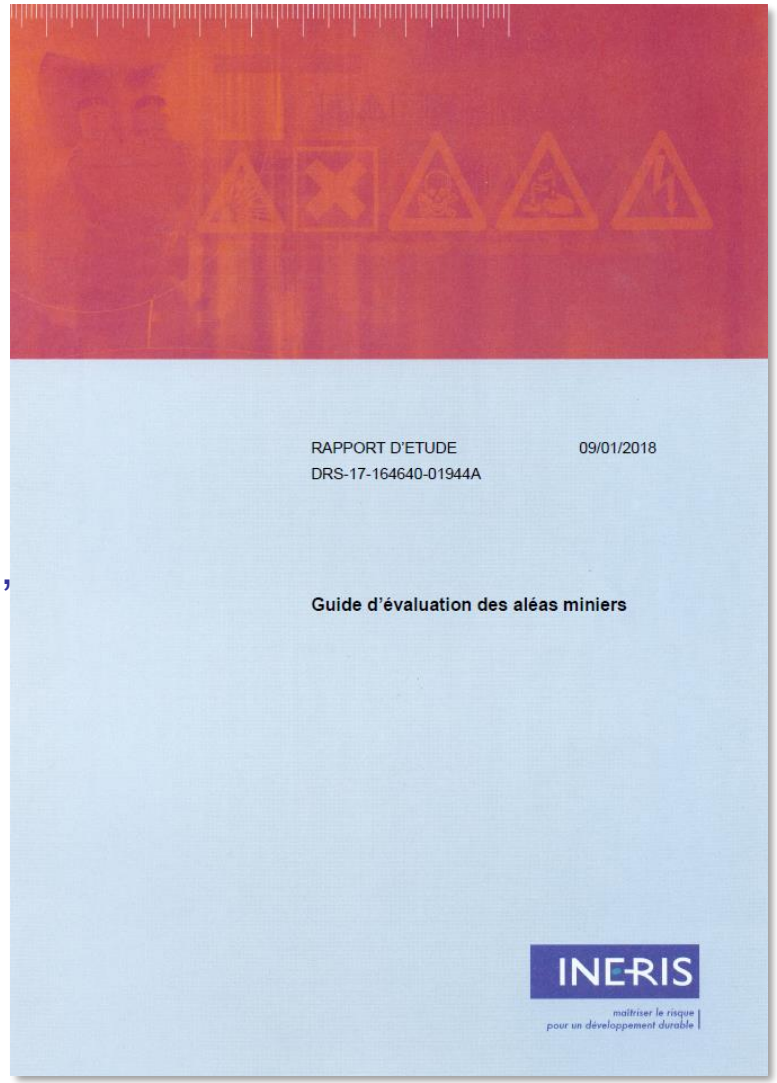
-> Scénarios, critères d'intensité, critères de prédisposition, éléments de cartographie

Tire profit du REX des opérateurs de l'après-mine (terrain, analyse)

-> Fournit des éléments de fréquence

Bientôt disponible sur **ineris.fr**

Sera traduit en anglais pour diffusion élargie.



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Merci de votre attention

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable