Journées d'étude belgo-françaises sur l'Après-mine

Evaluation et cartographie des aléas de mouvement de terrain

Un outil adapté aux risques miniers en Wallonie

A. KHEFFI, Institut Scientifique de Service public

D. PACYNA, Service public de Wallonie (DGO3)

Mons, le 22 février 2018

I. Introduction

II. Cartographie des zones d'aléas

1. Inspirations

- **Décret wallon du 05/12/2008 relatif à la gestion et la protection des sols :**
  - Banque de données de l'état des sol (Art. 10 à 17) :
    - **Inventaire de terrains (potentiellement) pollués,**
    - **Données relatives au sol dont dispose l'Administration,**
    - **Certificats de contrôle du sol des terrains étudiés ou assainis.**
  - Certificat de contrôle de l'état du sol (Art. 2) :
    - **Atteste des travaux d'études ou d'assainissements du terrain,**
    - **Conformité des concentrations en polluants mesurées.**

↳ **Fiche d'Informations Sous-sol (FISs) délivrée 2016**

1. Inspirations

- **France – Plans de prévention des risques naturels et miniers :**
  - Similitude de cas rencontrés en Wallonie,
  - Démarche engagée depuis plus de 20 ans,
  - Ensemble d'outils :
    - **Techniques (cartographies des aléas et des enjeux),**
    - **Réglementaires (urbanisme et aménagement du territoire).**
  - Méthodologie :
    - **Simple → Compréhensible**
    - **Basée sur un état de connaissance → Pas d'exhaustivité (Mises à jour)**
    - **Qualitative → pas d'investigations complémentaires**
    - **Efficience : regroupement des données et des ressources.**

2. Cartographie des zones d'aléas en Wallonie :

- **À l'échelle de la Wallonie**
- **Identification des zones à risques et/ou à investiguer**
- **Analyse qualitative (hiérarchie)**

  → Ne remplace pas les études locales (// Plan de Secteur - SCoT)
- **Basée sur les connaissances disponibles**

  → Evolution et mises à jour
- **Démarche basée sur les caractéristiques :**
  - De l'objet souterrain,
  - De ses contextes géologique, hydrogéologique et géomécanique

    → Cartographie des formations superficielles

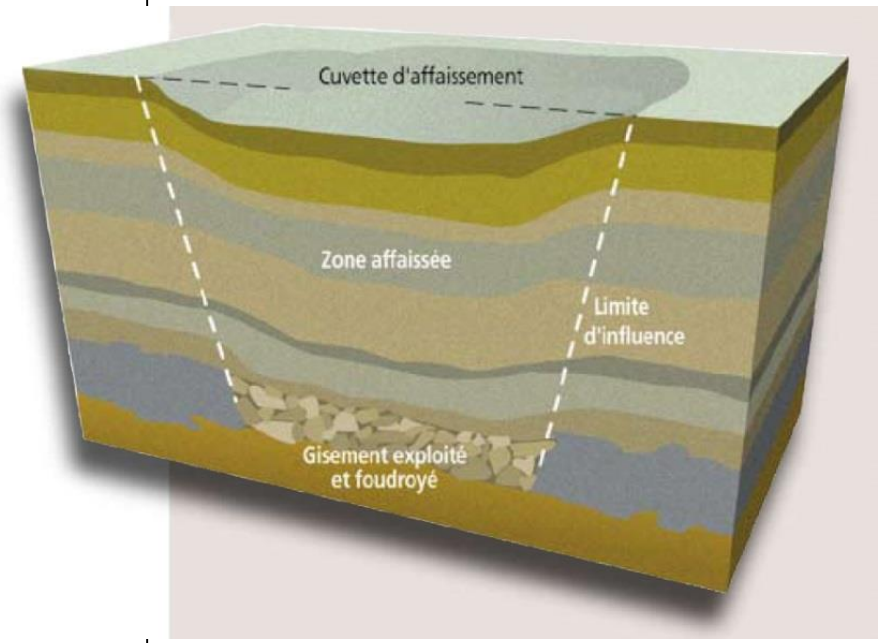
3. Objets visés :

- Formations géologiques particulières (argiles, tourbes, alluvions)
- Karst et crypto-karst
- Veines de houille
- Gîtes métalliques et de minerais de fer
- Carrières souterraines
- Puits de mines connus et zones de vieux puits

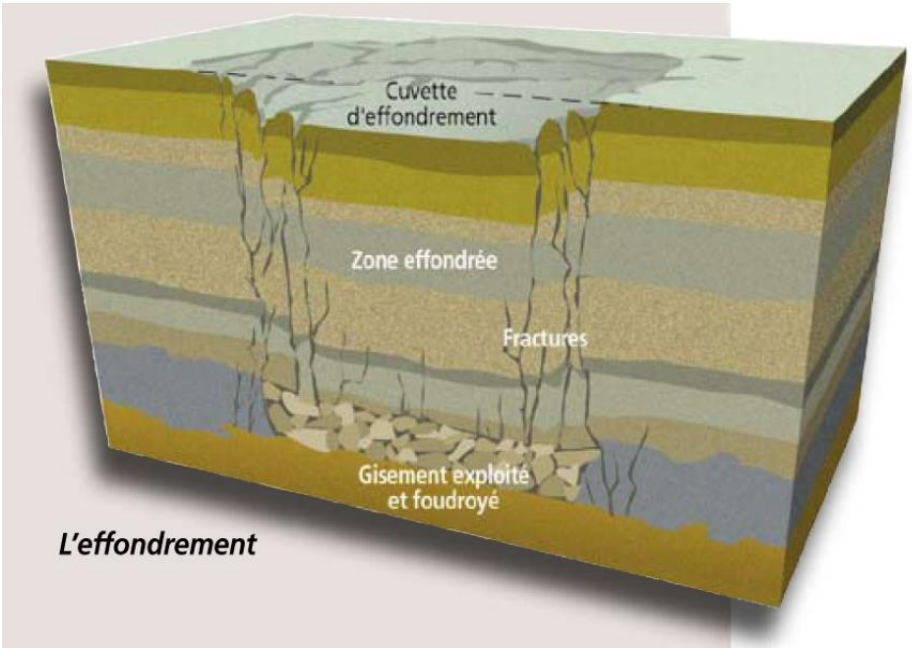
Regroupement selon les types d'effets redoutés :

1) Tassements (// Retrait – Gonflement des Argiles)
2) Affaissements progressifs
3) Effondrements localisés
4) Effondrements généralisés

Phénomènes et effets redoutés



Affaissement



Effondrement

Source : Ministère français de l'écologie et du développement durable, Le risque minier

Phénomènes et effets redoutés

- **Effondrement généralisé, Affaissement**
- **Fontis → Effondrement localisé**

Document INERIS

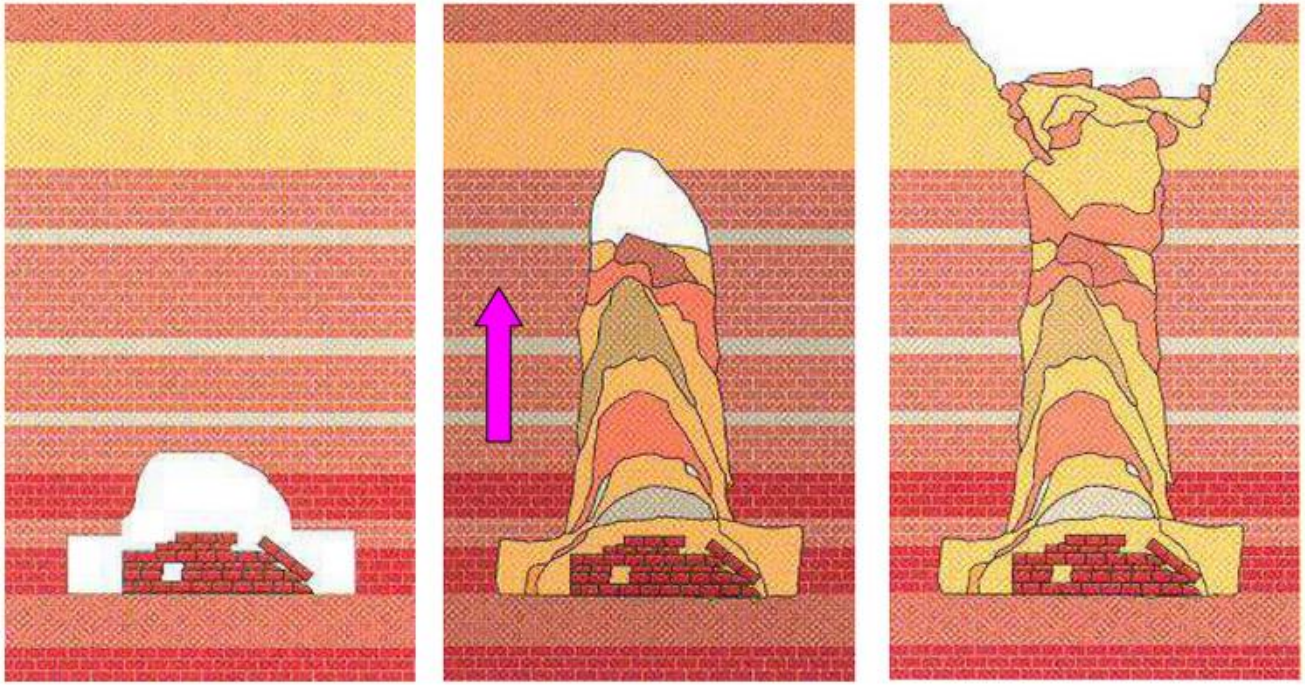


Figure 1 : Principales phases de l'évolution d'un fontis.

4. Généralités et définitions :

- **Aléa :**
  - Manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données et sur une période de temps donnée

    ↳ **Aléa = Intensité de l'effet x Probabilité d'occurrence**

  - Pour les phénomènes naturels non récurrents :
    - **Estimation de la Probabilité d'occurrence :**

      → **Par des probabilités quantitatives → impossible à appliquer !**

      → **Substitution par la prédisposition d'un site à subir un désordre donné d'une certaine intensité sur la période considérée :**

    ↳ **Aléa = Intensité de l'effet x Prédisposition du site**

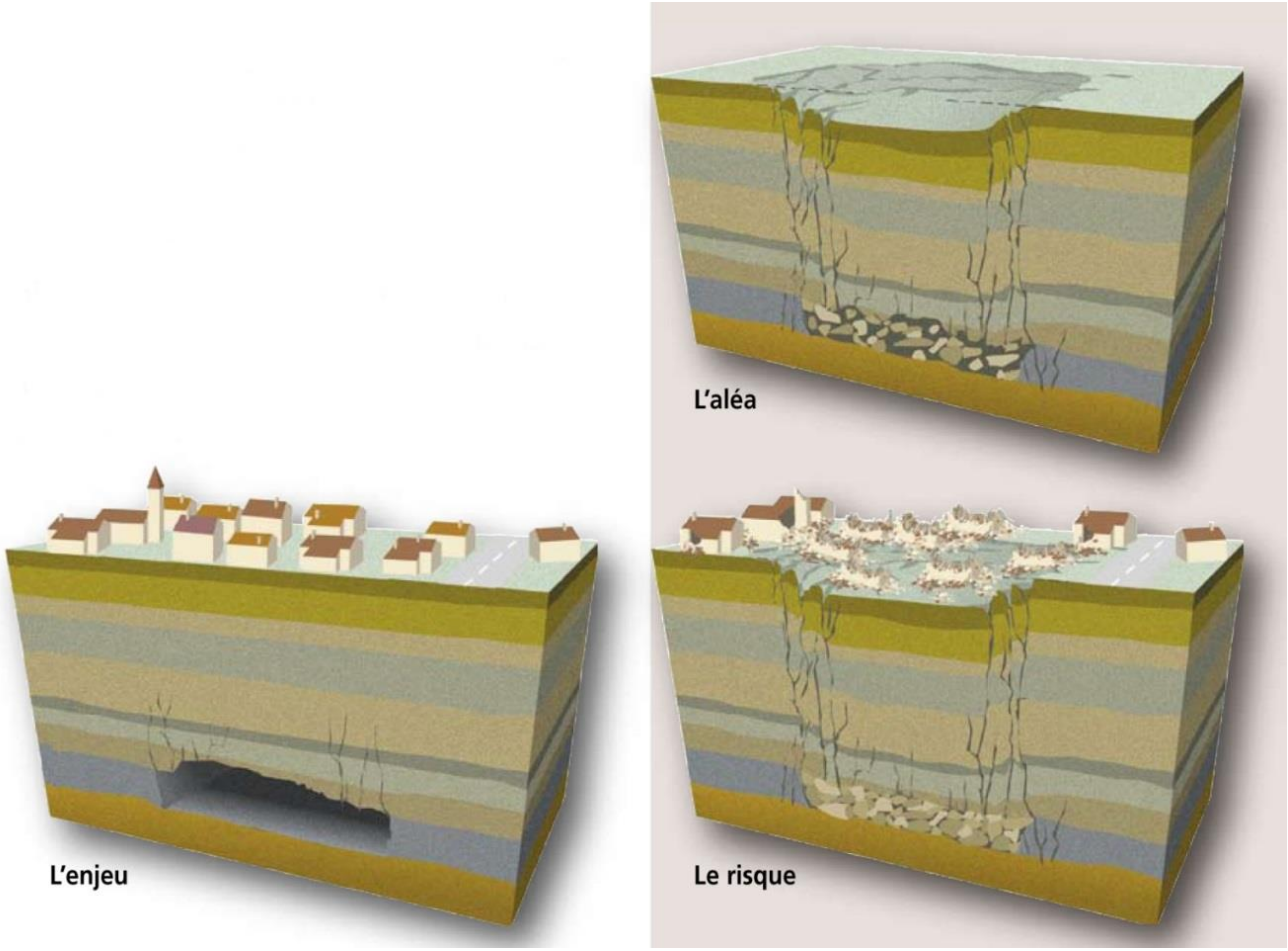
4. Généralités et définitions :

- **Aléa :**
  - Caractérisé par :
    - **Intensité de l'effet**
    - **Prédisposition du site**
    - **Extension géographique**

- **Risque :**
  - Intègre l'intensité d'aléa et la vulnérabilité des enjeux,

  ↳ **Risque = Aléa x Enjeu**

4. Généralités et définitions :



Source : Ministère français de l'écologie et du développement durable, Le risque minier

4. Généralités et définitions :

Exemple de classes d'effet pour l'effondrement localisé

Dimensions Désordre (m)		Classe	Étendue	Enjeux impactés et type de dégâts	Gestion
Min	Max				
-	1,5	**Limitée**	Réduite	Terrains : très limités (petits trous) Bâtiments : très limités (fissures)	Propriétaire seul
1,5	3	**Modérée**	Partie de parcelle	Bâtiments : Structurels	Experts consultés + Déclaration à l'Autorité locale
3	10	**Élevée**	Parcelle entière, voire plusieurs	Bâtiments : Importants	Gestion par Autorités + Experts
10	-	**Très élevée**	Parcelles, quartier	Bâtiments : très importants (Ruine)	Gestion par Autorités + Experts

4. Généralités et définitions :

Exemple de classes de prédisposition de présence de fontis au départ de galerie du bassin lorrain (sources : GEODERIS et INERIS)

Prédisposition	Largeur de la galerie	Phénomène semblables connu	Nature du recouvrement	Densité du vide	Fracturation du toit	Venue d'eau	Soutènement
Très sensible	L > 5 m	Oui	Peu résistant	Avéré	Mauvais	Importante	Cadre ou boulonnage
Sensible	3 m < L < 5 m		Moyen	Suspecté	Moyen	Moyen	
Peu sensible	3 m < L	Non	Résistant		Bon	Faible	Maçonnerie Béton

4. Généralités et définitions :

- **Classe d'aléas :**

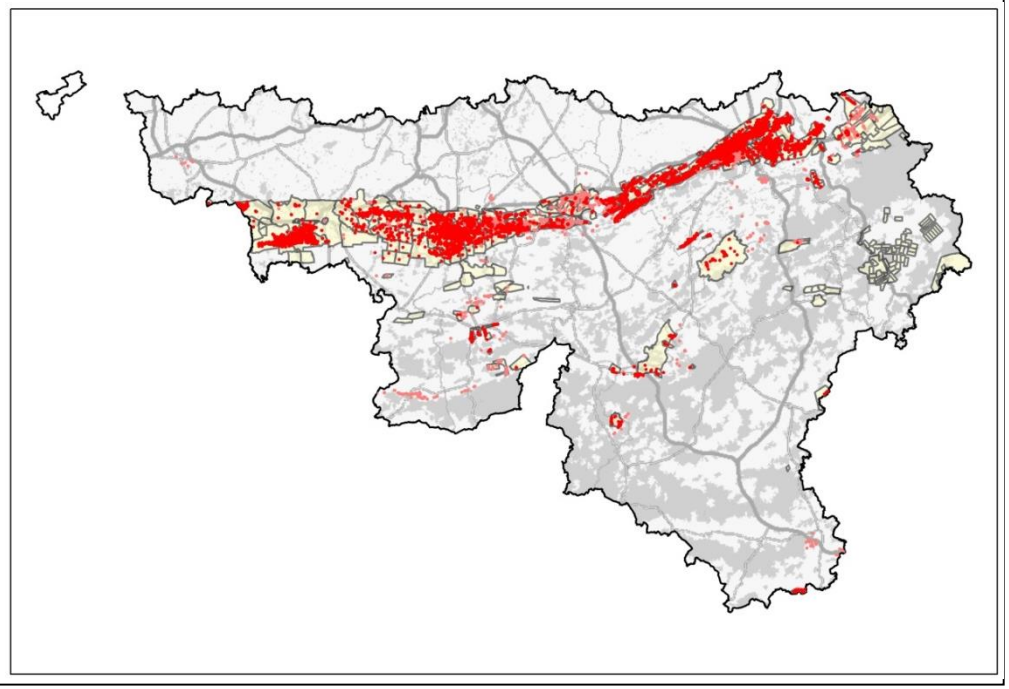
Prédisposition / Intensité	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Limitée			
Modérée			
Elevée			

Source : INERIS, Guide méthodologique PPRM

III. Application aux puits de mines

Les puits de mines en Wallonie

- Environ 15 000 puits de mines (visibles et non-visibles)
- Cartographie des puits de mines (2012) + zones de consultation
- Base de données Puits et Issues de Mines (BD PIM)



Les effets redoutés : le tassement

1) Portée :

- Pour les puits remblayés (quasi-totalité)
- Pas pour les puits sur galerie d'écoulement
- Uniquement à l'aplomb de la section des puits

2) Classes d'effets :

Description	Classe d'intensité d'effet	Étendue	Enjeux impactés et type de dégâts	Gestion
Tassements limités	Très Limitée	Partie de parcelle	Terrains : dégâts quasiment inexistants Bâtiments : très limités (petites fissures)	Propriétaire seul
Tassements sensibles	Limitée	Partie de parcelle ou parcelle entière	Terrains : très limités Bâtiments : limités (fissures)	Propriétaire seul + Experts consultés + éventuelle déclaration aux Autorités locales

Adapté du guide PPRM de l'INERIS, 2006

Les effets redoutés : le tassement

3) Prédisposition :

- **Hypothèse conservatoire : tous considérés par défaut comme « sensibles »**
- **Si circonstances aggravantes (présence d'eau, effondrement récents) : majoration à « très sensible »**
- **Vieux puits : peu sensibles**

4) Aléa « tassement » :

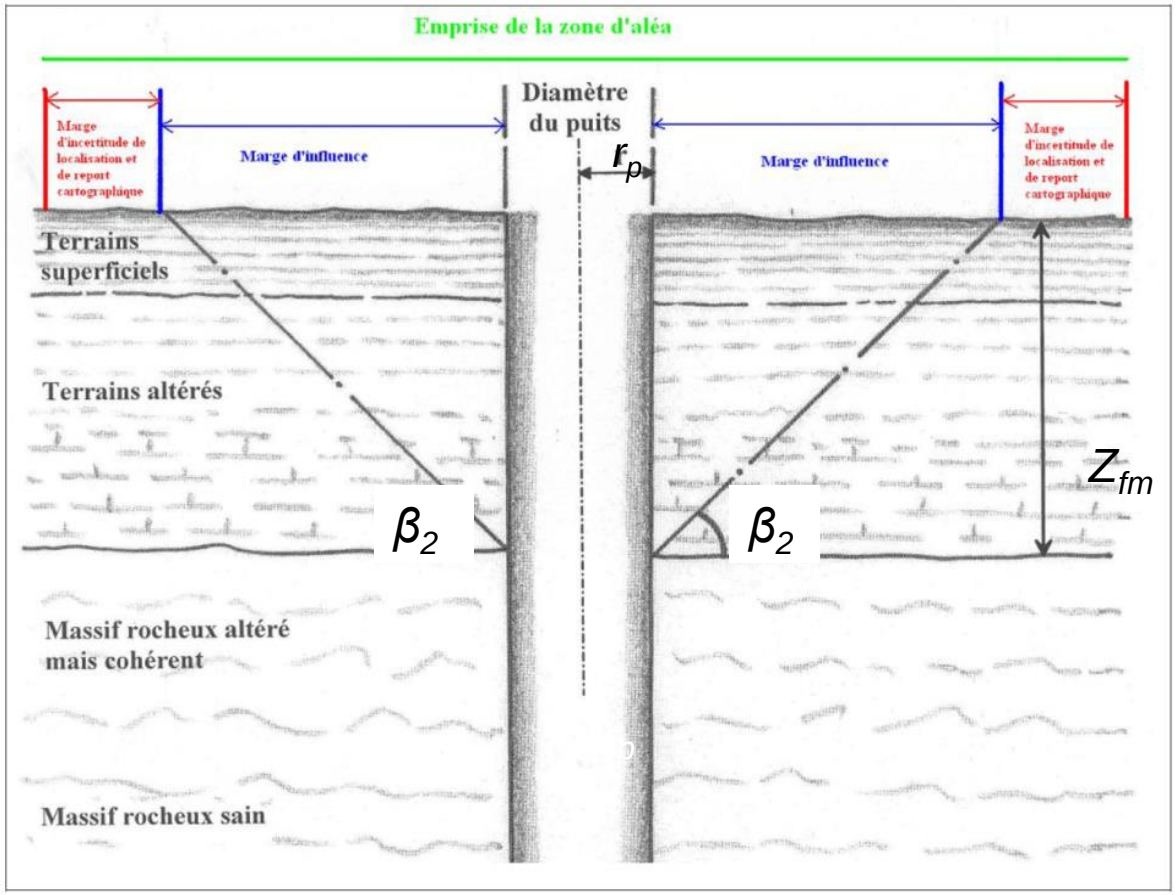
Description	Classe d'intensité d'effet	Prédisposition		
		Peu sensible	sensible	Très sensible
Tassements limités	Très Limitée	Très très faible	Très Faible	Faible
Tassements sensibles	Limitée	Très Faible	Faible	Moyen

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

1) Portée :
   - Pour tous les puits !
2) Calcul de l'effet en surface :
   - **Application du modèle INERIS :**
     - **Volume disponible V_{disp} = Volume de vide apparaissant dans le puits et migrant vers la surface**
       - Volume cylindrique au sommet du puits
       - Hypothèse conservatoire : existence d'un vide créé par un retrait vertical de 30 m
     - **Volume mobilisable V_{mob} = Volume de terrains pouvant combler le V_{disp}**
       - Volume conique ou tronconique selon épaisseur de terrains meubles (et/ ou altérés) superficiels

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

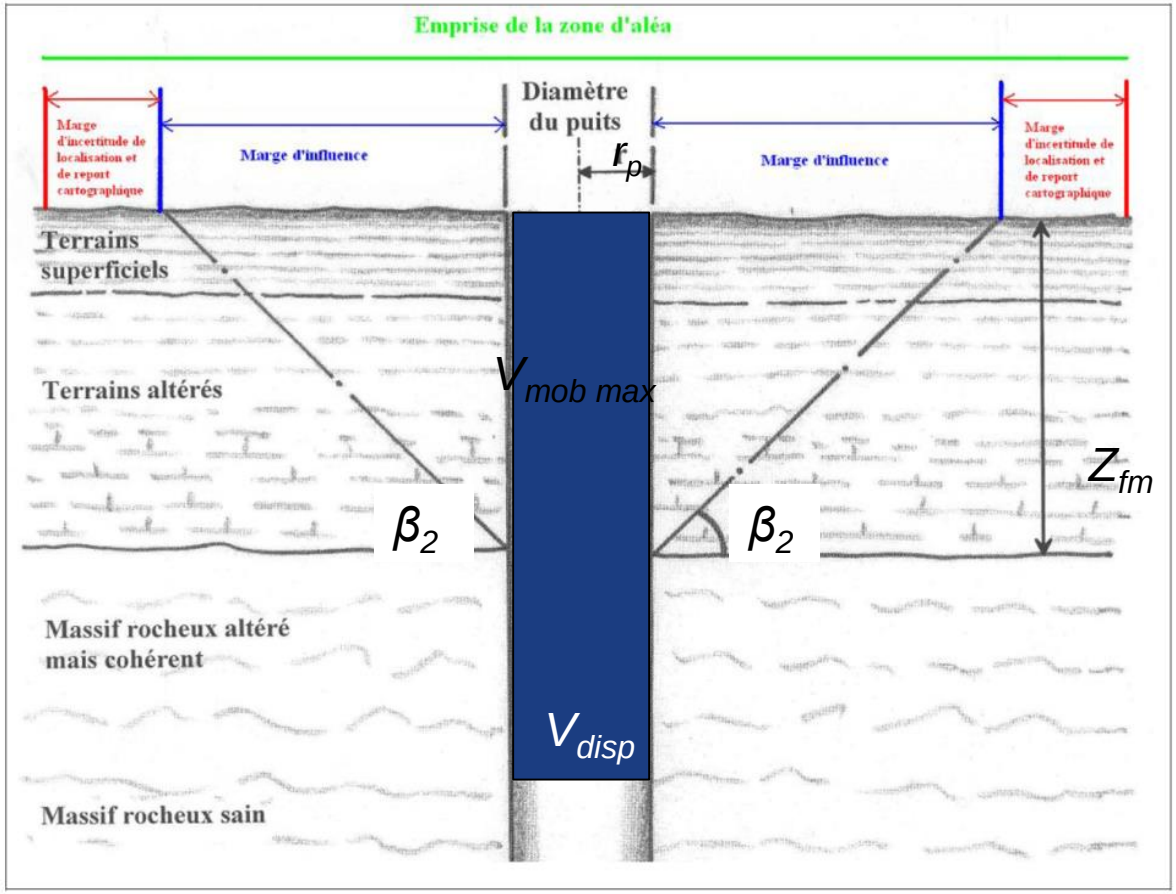
2) Calcul de l'effet en surface :



Source : INERIS

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

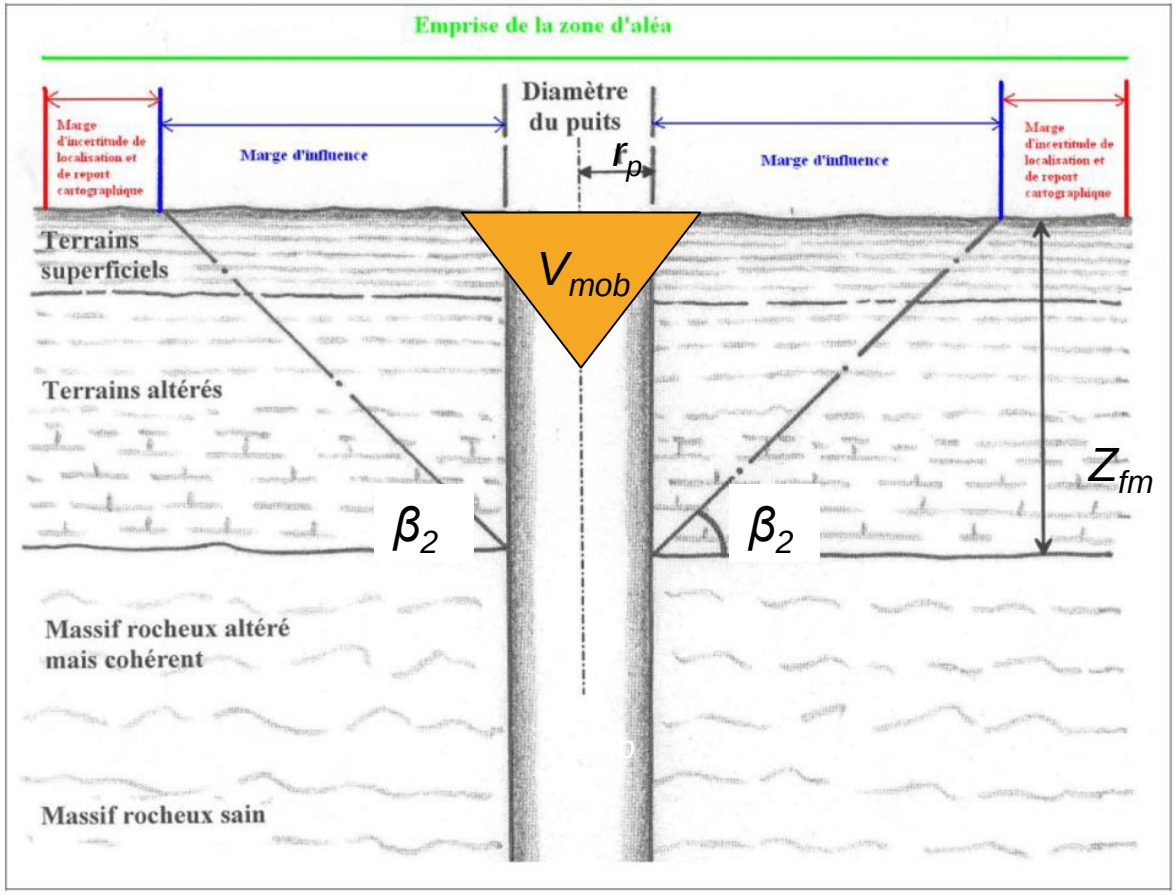
2) Calcul de l'effet en surface :



Source : INERIS

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

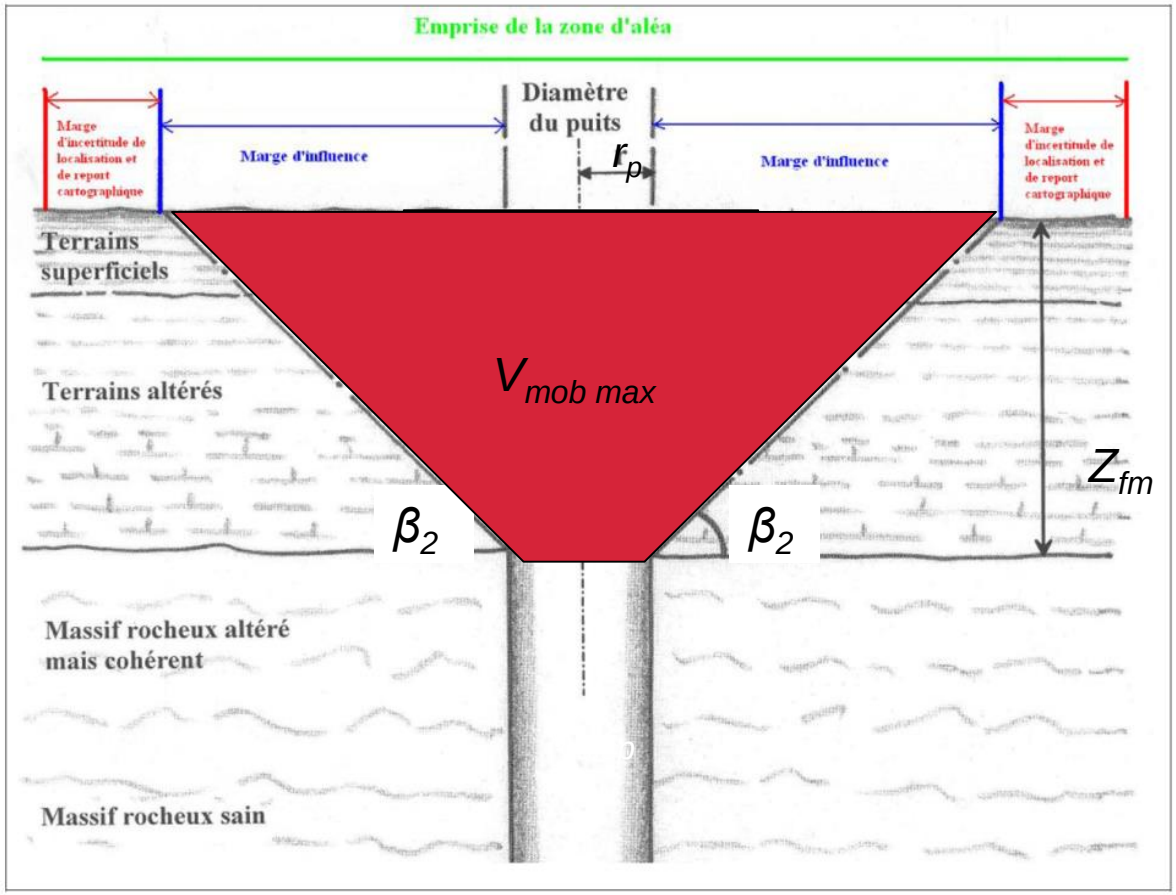
2) Calcul de l'effet en surface :



Source : INERIS

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

2) Calcul de l'effet en surface :



Source : INERIS

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

3) Classes d'effets :

Diamètre Cratère (m)		Classe	Étendue	Enjeux impactés et type de dégâts	Gestion
Min	**Max**				
-	**1,5**	**Limitée**	Réduite	Terrains : très limités (petits trous) Bâtiments : très limités (petites fissures)	Propriétaire seul
1,5	**3**	**Modérée**	Partie de parcelle	Bâtiments : structurels	Experts consultés + déclaration aux Autorités locales
3	**10**	**Elevée**	Parcelle entière, voire plusieurs	Bâtiments : importants	Gestion par Autorités locales + Experts
10	**-**	**Très élevée**	Plusieurs parcelles, quartier	Bâtiments : très importants (Ruine)	Gestion par Autorités régionales + Experts

Adapté du guide PPRM de l'INERIS, 2006

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

4) Prédisposition :

Proposition d'un score *Pred* à partir de 9 critères :

- Diamètre
- Sécurisation / Remblayage
- Parement pérenne
- Puits visible ?
- Cohésion des terrains encaissants
- Nappes d'eau souterraines
- Anthropisation aux abords immédiats du puits
- Phénomènes semblables connus dans les alentours

Les effets redoutés : l'effondrement localisé

4) Classes d'aléa:

Description	Classe d'intensité d'effet	Prédisposition		
		Peu sensible	sensible	Très sensible
		Inf ≤ Pred	Inf < Pred ≤ Sup	Pred < Sup
∅ ≤ 1,5 m	Limitée	Très faible	Faible	Faible
1,5 < ∅ ≤ 3m	Modérée	Faible	Faible	Moyen
3 < ∅ ≤ 10m	Elevée	Faible	Moyen	Fort
10m < ∅	Très élevée	Moyen	Fort	Très fort

IV. Exemple

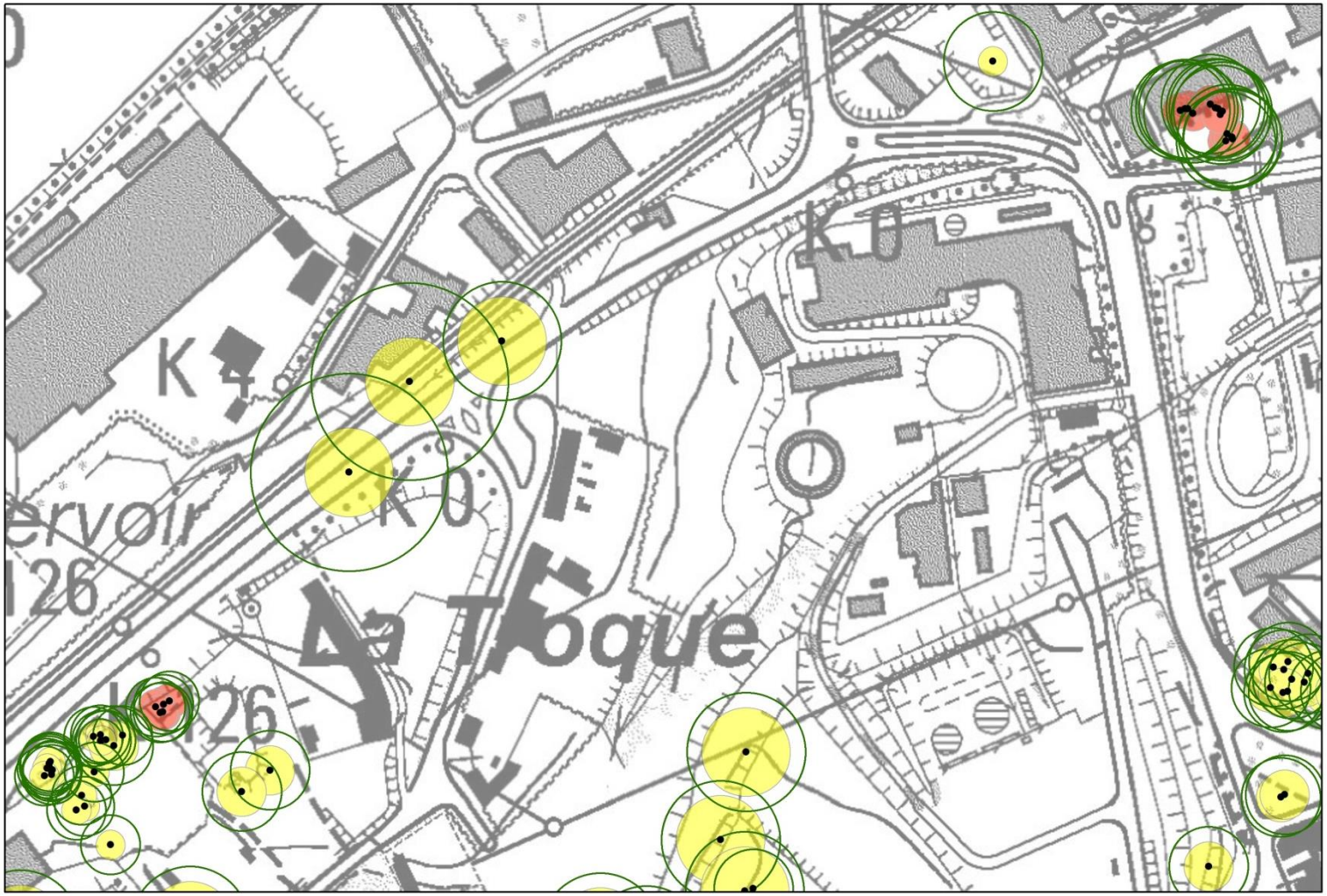
Evaluation de l'aléa d'effondrement localisé

Intensité de l'effet | Prédisposition | Aléa

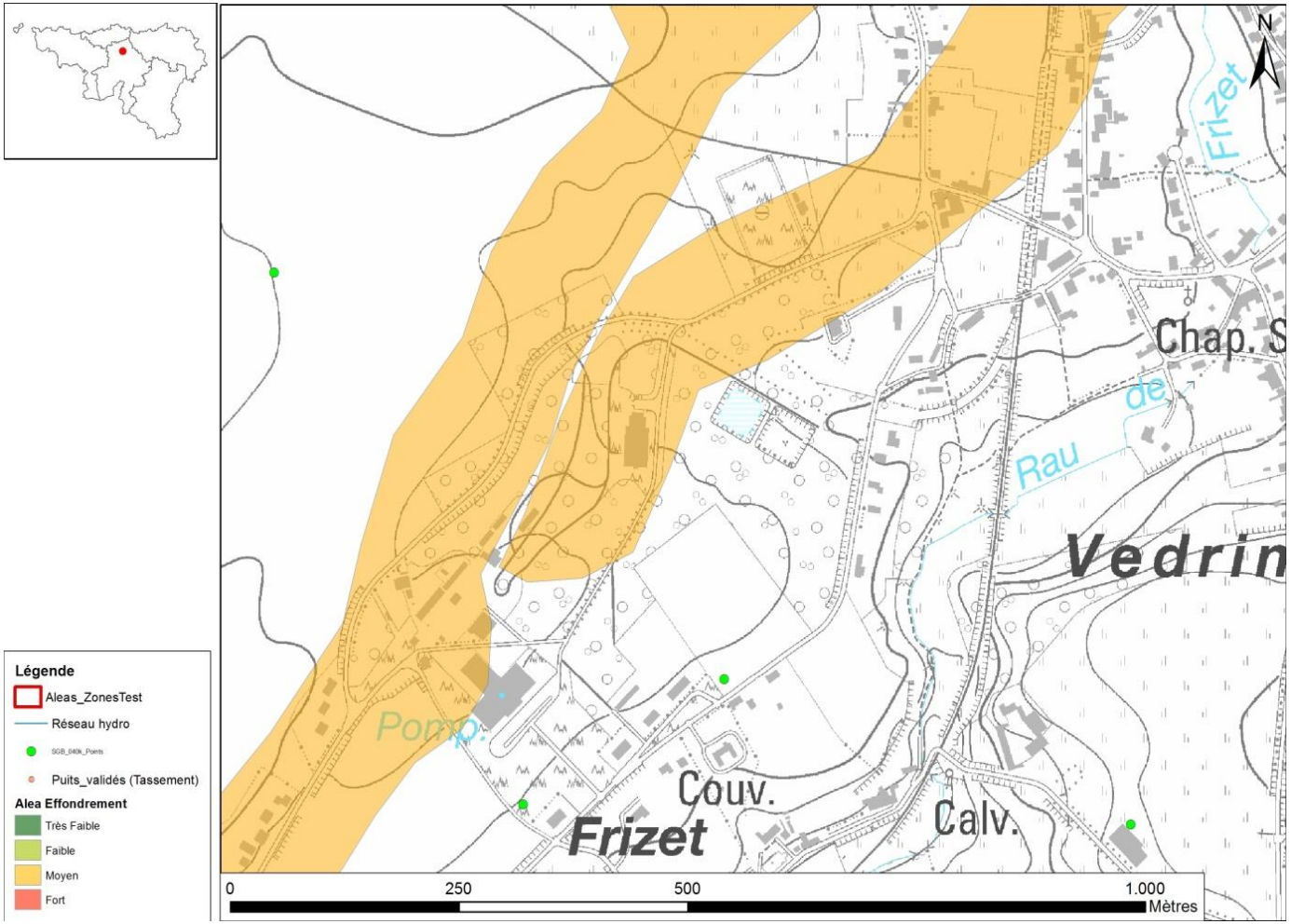
Puits	Rayon puits (m)	$V_{disponible}$ (m^3)	Parement	$r_{mobilisable\ max}$ avec parement (m)	Z_{fm} (m)	$V_{mobilisable\ max}$ (m^3)	$r_{mobilisable\ max}$ sans parement (m)	Imprécision (m)	Rayon aléa (m)	Classe d'effet	Pred	Classe de prédisposition	Classe d'aléa
194189	3,8	1361	Oui	4,84	7	200	-	5	9,84	Élevée	2	Sensible	Moyen
194190	3,3	1026	Oui	4,41	7	180	-	5	9,41	Élevée	2	Sensible	Moyen
194031	(0,79)	60	Non	-	8,2	1 216	1,71	20	21,71	Modéré	1	Sensible	Faible

Description	**Classe d'intensité d'effet**	**Prédisposition**		
		Peu sensible	**Sensible**	**Très sensible**
		Inf ≤ Pred	**Inf < Pred ≤ Sup**	**Pred < Sup**
∅ ≤ 1,5 m	**Limitée**	Très faible	Faible	Faible
1,5 < ∅ ≤ 3m	**Modérée**	Faible	Faible	Moyen
3 < ∅ ≤ 10m	**Elevée**	Faible	Moyen	Fort
10m < ∅	**Très élevée**	Moyen	Fort	Très fort

Evaluation de l'aléa d'effondrement localisé



Evaluation de l'aléa d'effondrement localisé



V. Conclusions et perspectives

- **Cartographie des zones d'aléas :**
  - État des connaissances et des données disponibles
  - Démarche qualitative (hiérarchie)
  - Zonation de la menace du sous-sol à l'échelle de la Wallonie
  - Prise en compte des formations superficielles
- **Cas des puits de mines :**
  - Réduction et justification de la menace et des zones d'influence
  - Éléments permettant la proposition de solutions pour réduire le risque
- **Perspectives :**
  - Extension aux autres objets souterrains (Karst)
  - Outil d'aide à la décision pour la gestion des risques du sous-sol et l'aménagement du territoire en Wallonie
  - Adéquation des mesures de prévention et de protection

Journées belgo-françaises sur l'après-mine

Renseignements :

Ali KHEFFI,

Institut Scientifique de Service Public (ISSeP)

a.kheffi@issep.be