

RAPPORT D'ÉTUDE
DRS-15-149489-10509A

03/11//2015

**Retour d'expérience sur les effondrements
localisés miniers.**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Retour d'expérience sur les effondrements localisés miniers.

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

Personnes ayant participé à l'étude : G. GOUILLON et M-P. HANESSE, Techniciens Supérieurs à l'unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	R. SALMON	X. DAUPLEY A. CHARMOILLE	M. GHOREYCHI
Qualité	Ingénieur à l'unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Responsable de l'Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol Ingénieur à l'unité Eaux Souterraines et Emissions de Gaz Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	5
2. STRUCTURE DE LA BASE DE DONNÉES.....	7
2.1 Sources et localisation	7
2.1.1 Source	7
2.1.2 Référence	7
2.1.3 Titre minier.....	8
2.1.4 Substance exploitée	8
2.1.5 ID Désordre	8
2.1.6 Coordonnées X, Y	9
2.1.7 Incertitude.....	9
2.1.8 Nombre de désordres	10
2.1.9 Surface impactée.....	10
2.2 Géométrie	10
2.2.1 Dimensions L et l2	10
2.2.2 Profondeur.....	11
2.2.3 Précision profondeur.....	11
2.3 Temps	11
2.3.1 Date d'exploitation et Précision date d'exploitation.....	11
2.3.2 Date manifestation du désordre et Précision date manifestation du désordre	12
2.3.3 Date interprétée	13
2.4 Contextes d'exploitation minière	13
2.4.1 Contexte géologique.....	13
2.4.2 Nature des travaux	13
2.4.3 Profondeur des travaux et Précision prof. Travaux.....	14
2.4.4 Débourrage / Effondrement	15
2.4.5 Niveau d'aléa	15
2.5 Observations	16
3. DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNÉES	17
3.1 Taux de couverture de la base de données	17
3.2 Evénements exclus de la base de données	17
3.3 Quantité et qualité d'information.....	18
3.3.1 Nombre d'individus	18
3.3.2 Précision de localisation	18
3.3.3 Dimensions de l'effondrement	19
3.3.4 Date de manifestation de l'événement.....	20
3.3.5 Date d'exploitation	21
3.3.6 Plateure / dressant.....	21
3.3.7 Nature des travaux miniers	22

3.3.8 Profondeur des travaux miniers	22
3.3.9 Puits.....	23
3.4 Conclusion	24
4. ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES.....	25
4.1 Diamètre des effondrements	25
4.1.1 Analyse de l'ensemble des effondrements renseignés.....	25
4.1.2 Impact de la nature des travaux miniers sur le diamètre	27
4.1.3 Impact du contexte géologique (plateure/dressant) sur le diamètre	30
4.1.4 Impact de la date de manifestation sur le diamètre	31
4.1.5 Analyse des cas de très grand diamètre.....	31
4.1.6 Profondeur des travaux miniers associés aux effondrements	32
4.2 Temps	33
4.3 Niveau d'aléa	35
5. CONCLUSION(S).....	37
6. LISTE DES ANNEXES	39

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre du programme DR03 pour le Bureau du Sol et du Sous-sol (B3S) du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, l'INERIS établit un retour d'expérience des cartes d'aléas liés à l'exploitation minière.

La réalisation des cartes d'aléa « mouvements de terrain » liés à la présence d'anciens travaux miniers sur le territoire national montre que le phénomène majoritairement prévu en termes de superficie d'aléa est l'effondrement localisé.

Ce phénomène peut résulter de situations diverses et, en conséquence, l'aléa de niveau « faible » ou « moyen » associé peut correspondre à des configurations diverses, en particulier en terme d'intensité (c'est-à-dire de diamètre prévisible de l'effondrement localisé).

Or ces configurations diverses induisent des dispositions constructives spécifiques. Dans le « Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de fontis miniers » (Rapport CSTB, référencé 26029541, daté du 5/8/2011), le CSTB identifie des dispositions constructives en zones susceptibles d'être affectées par des fontis de petit diamètre (inférieur à 3 m). Le rapport aborde également les dispositions en zone susceptibles de présenter des fontis de diamètre pouvant atteindre 5 m, mais avec un niveau d'exigence supérieur.

Pour affiner l'analyse, une base de données des effondrements localisés connus liés à l'exploitation minière a été établie. Une première étude réalisée sur un échantillon réduit d'effondrements localisés (101 événements) avait été réalisée en 2013 (« Premières observations sur une base de données réduites relatives aux effondrements localisés et perspectives de travail », rapport INERIS DRS-13-135699-1097A daté du 12/11/2013). Elle avait permis d'identifier les perspectives de travail dont la réalisation d'une base de données plus complète, dont le présent rapport détaille le contenu et les enseignements que l'on peut en conclure.

Cette nouvelle base de données inclut uniquement les événements correspondant à des « fontis » ou « effondrements localisés ». Les « glissements de terrain » et « affaissements » n'ont pas été retenus.

Elle renseigne sur la disponibilité ou l'indisponibilité de certaines informations et la précision des informations disponibles.

L'objectif de ce rapport est de présenter cette base de données et les enseignements que l'on peut en tirer en terme de retour d'expérience.

Compte-tenu qu'une importante part de l'information recueillie est issue de GEODERIS, une version PROJET du rapport lui a été soumis pour avis recueilli lors d'une réunion organisée le 30 avril 2015. Le présent rapport intègre les avis et commentaires exprimés par GEODERIS.

2. STRUCTURE DE LA BASE DE DONNÉES

La base de données a été établie sous le logiciel Excel. Le présent chapitre présente les champs qui la structurent et le protocole mis en œuvre pour renseigner chaque champ. Un extrait de la base de données est présenté en annexe 4.

2.1 SOURCES ET LOCALISATION

2.1.1 SOURCE

Le champ « Source » désigne le type d'étude dont l'information relative à l'effondrement localisé renseigné est issue.

L'objectif de la base de données est de rassembler le plus grand nombre de cas d'effondrements localisés miniers renseignés qui se sont manifestés sur le territoire national. Deux sources principales nous sont apparues les plus accessibles, homogènes et compatibles avec les délais de réalisation de l'étude :

- les Etudes Détaillées d'Aléas (EDA ou étude pré-PPRM). Elles comprennent :
 - un rapport texte ;
 - des cartes informatives et d'aléas.
- les Rapports d'intervention (Avis/analyse/compte-rendu/diagnostic sur désordre), rédigé par GEODERIS suite à des désordres récemment déclarés.

En parallèle de ces études, le Système d'Informations Géographiques (SIG) « désordres » tenu par GEODERIS a été consulté : il s'agit de données cartographiées par régions, au format MapInfo.

L'inventaire des EDA a été fourni par GEODERIS (annexe 1). A partir de ce document, chacune des EDA a été recherchée et téléchargée via la base documentaire accessible en accès restreint sur le site internet <http://www.geoderis.fr>.

Concernant les rapports d'intervention, seule la base documentaire accessible sur le site internet <http://www.geoderis.fr> a été utilisée. Le mot clef « désordre » a été rentré dans le moteur de recherche et avons pris en compte les 250 premiers résultats (considérés les plus pertinents, voir annexe 2).

Seuls les désordres de type « effondrements localisés » ont été retenus. Ont été exclus a priori : les affaissements, les fissures, les effondrements non miniers, les crevasses, les désordres liés aux exploitations de sel, et les tassements (sauf lorsqu'ils se situent à l'aplomb d'ouvrages débouchant au jour).

2.1.2 RÉFÉRENCE

Il s'agit du numéro de référence unique du (ou des) document(s) ayant permis de recenser le désordre et ses caractéristiques.

Lorsque le désordre provient d'une EDA, sa référence renvoie à une étude de l'INERIS, du BRGM ou de GEODERIS.

2.1.3 TITRE MINIER

Il s'agit de la dénomination du titre minier à l'intérieur duquel se situe le désordre. La grande majorité des titres correspondent à des concessions. Dans ces cas, seul le nom du titre figure dans la base de données (non précédé de « concession »).

Lorsque le désordre se trouve dans l'emprise d'un titre minier autre qu'une « concession », le nature du titre précède son nom (ex : PEX¹ Roueyre, PER² Fourat).

Sur certains bassins miniers, plusieurs titres miniers se superposent (titres se succédant dans le temps ou relatifs à des substances différentes). Dans la mesure du possible, le nom du titre valide au moment des travaux ayant généré le désordre a été retenu. Cependant, cette recherche pouvant être chronophage, le titre le plus « commun » ou « représentatif » a été retenu. Dans quelques rares cas, seul le nom du bassin a été mentionné (ex : BFL (Bassin Ferrifère Lorrain), Saint-Etienne)

Quelques désordres ne sont couverts par aucune emprise de titres miniers. Dans ces cas, la mention « hors titre » a été reportée. Pour les désordres se situant à quelques dizaines ou centaines de mètres de la limite d'un titre minier, l'incertitude de position de ces limites étant généralement du même ordre, l'information a été reportée entre parenthèse (ex : hors titre (proche limite Esparon)).

2.1.4 SUBSTANCE EXPLOITÉE

Ce champ désigne la substance ou le minerai exploité (ex : houille, lignite, plomb, argent, etc). Plusieurs substances ont pu être exploitées sur une même zone géographique, voire sur le même gisement (ex : Ho, Fe), au même moment ou à différentes époques.

Pour un événement donné, la liste des substances exploitées n'est pas forcément exhaustive. Dans la mesure du possible, la substance ayant motivé les travaux qui ont généré le désordre est reportée dans la base de données. Lorsqu'il y a un doute, les substances historiques les plus communes sont reportées (ex : Pb, Ag, Zn). La mention « mtx » signifie que d'autres métaux ont été recherchés ou exploités (ex : tungstène, antimoine, etc.).

2.1.5 ID DÉSORDRE

Ce champ désigne l'identifiant du désordre tel que renseigné dans la source.

Pour les désordres issus d'EDA, la plupart est pourvue d'un identifiant (ex : D1, F8, E4, etc.). Dans certaines EDA (souvent celles antérieures à 2003), aucun identifiant n'a été créé pour lister et caractériser les désordres. Dans ce cas, le nom complet utilisé dans le rapport pour identifier le désordre a été retenu (lieu dit, nom du puits, etc.).

Dans quelques cas, la mention « s.o. » (sans objet) figure comme identifiant. Il s'agit de désordre type « fontis » non renseignés, avec pour unique caractéristique leur position sur une carte.

¹ PEX : Permis d'Exploitation

² PER : Permis de Recherche

Les désordres issus des rapports d'intervention ne disposent pas d'identifiant. Comme pour certains désordres issus des EDA, le nom du lieu dit, du quartier de travaux, de l'ouvrage, est reporté et en dernier recours, la mention « s.o. ».

2.1.6 COORDONNÉES X, Y

Il s'agit des coordonnées géographiques de la position du désordre. Ces coordonnées sont rattachées à un système de projection. En fonction de l'année de l'étude, les systèmes de projection utilisés varient :

- avant 2005, projections « Lambert 1, 2, 2 centre ou 3 » (en fonction de leur localisation en France) ;
- entre 2005 et 2011 (+/- 1an), projection « Lambert 2 Etendu » ;
- après 2011, projection Lambert 93 (RGF93).

Les coordonnées ont été uniformisées en Lambert 93 dans la base de données.

Une part conséquente des études consultées (EDA et rapport d'intervention) ne présente pas les coordonnées X, Y des désordres. Lorsque ces désordres sont présents sur le SIG-désordres, les coordonnées ont pu être récupérées grâce au logiciel MapInfo. Lorsque ces désordres ne sont pas reportés sur le SIG-désordres, les positions ont été recherchées sur le site GeoPortail (par analogie entre les photos aériennes des cartes informatives et du site Web) et les coordonnées X, Y ont été récupérées en RGF93 grâce à l'une des fonctions de ce site.

Quelques désordres recensés ne présentent pas de coordonnées et ne sont pas localisés sur carte. Leur position n'est donc pas connue et la mention « non disponible » est portée dans les champs X et Y de la base de données.

2.1.7 INCERTITUDE

Ce champ désigne l'incertitude sur les coordonnées X et Y (écart entre la position réelle du désordre et la coordonnée X, Y affichée). Trois valeurs d'incertitudes ont été prédéfinies et correspondent à :

- « 5 m », lorsque le désordre a été levé avec un GPS Différentiel ou lorsque que sa position peut être précisément retrouvée par rapport à un point remarquable proche visible sur une photo aérienne (ex : arbre isolé, bâti, routes, etc.) ;
- « 20 m », lorsque le désordre a été levé avec un GPS non différentiel ou reporté à la main sur une carte du type SCAN25/BD ORTHO et qu'aucun point remarquable proche visible sur une photo aérienne ne permet de retrouver précisément sa position (ex : forêt, plein champs, etc.) ;
- « 100 m », lorsque le désordre n'a pas été observé mais relaté et positionné approximativement sur un support cartographique ou oralement (ex : « dans ce champs », « à gauche du chemin après le virage », etc.).

Remarque : pour les désordres non localisés, la mention « s.o. » figure dans le champ de l'incertitude.

2.1.8 NOMBRE DE DÉSORDRES

Une ligne de la base de données correspond à un désordre ou à une zone circonscrite présentant plusieurs désordres de caractéristiques proches. Il figure dans ce champ :

- « 1 » pour un désordre unique ;
- « x » si le nombre exact de désordres est connue dans une zone (généralement 2, 3, 4 ou 5) ;
- « 10, 20 ou 50 » si le nombre approximatif de désordre est connu dans une zone ;
- « plusieurs », si aucune information n'est connue sur le nombre de désordres compris dans une zone (définie comme zone à désordres).

2.1.9 SURFACE IMPACTÉE

Ce champ est spécifique aux zones incluant plusieurs désordres.

Lorsqu'une ligne de la base de données réfère à un désordre unique, la mention « s.o. » figure dans le champ. Lorsque la ligne réfère à une zone de désordres, la surface en mètres carrés de l'enveloppe figure dans le champ. Cette valeur provient du SIG-désordres si la zone en question y est reportée, sinon, sa superficie a été estimée à partir de son observation sur carte à échelle connue.

Certaines zones de désordres sont décrites dans les rapports mais ne sont pas cartographiées, dans ce cas, la mention « non disponible » figure dans le champ.

2.2 GÉOMÉTRIE

2.2.1 DIMENSIONS L ET L2

Ces 2 champs désignent l'extension en surface de l'effondrement. « L » correspond au plus grand diamètre et « L2 » au plus petit diamètre.

N'ont été retenues que des dimensions explicitement mentionnées dans les documents sources. En l'absence d'informations, elles n'ont jamais été estimées à partir de photos ou de termes approximatifs comme « fontis métriques, entonnoirs, etc. ». Ainsi, la mention « non disponible » figure pour une part non négligeable des désordres issus des « EDA ».

Pour les zones de désordres, la mention « non disponible » est le plus souvent renseignée, seules les zones de quelques désordres (<5) aux dimensions semblables ont pu être renseignées avec des valeurs précises.

Remarque relative aux désordres de grandes dimensions, supérieures ou égales à 10 m : ces valeurs donnent l'ordre de grandeur du désordre et ne correspondent que rarement à une mesure précise des dimensions. Un certain nombre d'événements de grandes dimensions ont été exclus a priori de la base car ne correspondant pas à un phénomène d'effondrement localisé (voir chapitre 3.2)

2.2.2 PROFONDEUR

Cette caractéristique correspond à l'amplitude du désordre au moment de son apparition (en mètre). Cette donnée est souvent connue pour les désordres issus des rapports d'intervention, l'observation du désordre se faisant généralement peu de temps après sa survenue. Dans le cas des désordres issus des « EDA », la mention « non disponible » est le plus souvent présente car le désordre, même s'il est observé, est rarement récent. Il a alors pu être en partie remblayé et/ou son amplitude a pu diminuer de manière significative du fait de l'aplanissement naturel des bordures.

2.2.3 PRÉCISION PROFONDEUR

Lorsque la profondeur n'est pas renseignée, la mention « s.o. » est présente.

Lorsque la profondeur est renseignée, dans 90% des cas, la valeur +/-0 apparaît, les 10% restant correspondent à ce qui est décrit ci-dessous.

Dans le cas de désordre observé juste après leur apparition, la profondeur relevée est précise et la mention « +/- 0 m » figure dans le champ.

Dans le cas où une amplitude au moment de l'apparition du désordre est relatée (ex : par un riverain, agriculteur), une incertitude sur cette valeur est définie. L'amplitude est généralement déterminée à l'œil, donc plus elle est grande, plus l'imprécision augmente (ex : +/-1 m à 4 m, +/- 5 m à 20 m).

Lorsque qu'aucune valeur d'amplitude n'a été retrouvée, la mention « s.o. » figure dans le champ « Précision profondeur ».

2.3 TEMPS

2.3.1 DATE D'EXPLOITATION ET PRÉCISION DATE D'EXPLOITATION

Ce champ désigne la date d'exécution des travaux miniers ayant généré le désordre. Il est difficile de retrouver l'année exacte : la plupart du temps, seule une période de travaux a été déterminée. Le champ « Date d'exploitation » correspond à l'année médiane de la période, et le champ « Précision date d'exploitation » fournit le nombre d'années pour couvrir la période de travaux à partir de l'année médiane.

Exemple : « le fontis est apparu dans un quartier exploité entre 1928 et 1942 », équivaut dans la base de données à « 1935 +/- 7 ».

Dans les quelques rares cas où l'année d'exécution des travaux est connue, la mention « +/- 0 » figure dans le champ précision (ex : 1928 +/- 0).

Pour les désordres issus des « EDA », une période a systématiquement pu être déterminée grâce aux informations fournies dans les chapitres « Historique des exploitations » des phases informatives. L'étendue des périodes est très variable, elles vont de quelques années à près d'un siècle. En un point donné (position du désordre), plusieurs périodes d'exploitation sont souvent présentes et l'on ne peut attribuer le désordre à l'une des périodes.

Exemple : périodes d'exploitation de 1780 à 1820, de 1860 à 1910 et de 1932 à 1934, équivaut à une période totale de 1780 à 1934, soit « 1857 +/- 77 » dans la base de données.

Sur certains gisements, la présence avérée de travaux romains ou médiévaux, repris plus tard par des travaux aux 18^{ème}, 19^{ème} et 20^{ème} siècles engendre des périodes d'exploitation de plusieurs siècles.

Dans certains cas, des informations approximatives ont été interprétées car apportent tout de même une précision significative. Ci-dessous, quelques exemples :

- « les premiers travaux remontent à la fin du 18^{ème} », retenu « 1780 » ;
- « milieu du 19^{ème} », retenu « 1850 » ;
- « quelques recherches après la seconde guerre », retenu « 1955 +/- 10 ».

Dans le cas des désordres issus des rapports d'intervention, la date ou la période des travaux à l'origine du désordre n'est pas forcément rappelée, les mentions « non disponible » et « s.o. » figurent alors dans les deux champs.

2.3.2 DATE MANIFESTATION DU DÉSORDRE ET PRÉCISION DATE MANIFESTATION DU DÉSORDRE

La date de manifestation correspond à l'année d'apparition du désordre.

Cette information peut être connue avec certitude : dans ce cas, le champ « Précision date manifestation du désordre » présente la valeur « +/- 0 » (exemple : 1995 +/- 0).

Lorsqu'aucune information sur l'année d'apparition du désordre n'est connue, une période est déterminée, elle court de la période de l'exploitation à l'année du recensement du désordre. Le champ « date manifestation » correspond à l'année médiane de cette période et le champ « Précision date manifestation du désordre » fournit le nombre d'années pour couvrir la période.

Exemple : dernière année d'exploitation du quartier en 1928, désordre recensé lors d'une EDA de 2010, retenu « 1969 +/- 41 ».

Entre ces deux situations extrêmes, certaines informations permettent de réduire significativement la période d'apparition du désordre. Il peut s'agir de :

- désordres plus ou moins anciens relatés. Ci-dessous, quelques exemples de dates approximatives relatées et des interprétations faites pour remplir la base de données :
 - « désordre apparu il y a une vingtaine d'années », EDA réalisée en 2010, retenu « 1985 +/- 10 » ;
 - « désordre apparu dans les années 70 », retenu « 1975 +/- 10 » ;
 - « désordre apparu il y a 2 ou 3 ans », EDA réalisée en 2007, retenue « 2004 +/- 1 ».
- désordres mentionnés dans des documents d'archives, par exemple :
 - désordre recensé dans un DADT en 1985, dernière année d'exploitation en 1960, retenu « 1972 +/- 13 ».

- désordres « paraissant récents ou anciens ». Ces désordres ont généralement été observés lors de phase terrain de l'EDA, la mention « récent ou ancien » figure alors dans le descriptif du désordre. En effet, certains indices visuels d'un effondrement permettent de juger s'il s'est produit plutôt récemment ou s'il est très ancien (bordure franche/verticale ou aplanie, végétation, etc.). En fonction de ces indices, la période entre la fin de l'exploitation et le jour de l'observation a été affinée. Lorsqu'un désordre est décrit comme « ancien », nous avons considéré qu'il datait de plus de 20 ans. A l'inverse, la date d'apparition d'un désordre « récent » est considéré comme inférieure à 20 ans.

Remarque : les désordres issus des rapports d'intervention ont une date de manifestation connue (+/- 0) et à l'inverse, pour les désordres issus d'une EDA, des périodes conséquentes ont été définies (plusieurs décennies).

2.3.3 DATE INTERPRÉTÉE

Lorsque l'année de manifestation d'un désordre est connue, c'est qu'une information fiable recense son apparition. Dans ce cas, cette information est « non » interprétée.

Lorsque la date de manifestation du désordre n'est pas connue et qu'une période a été définie à partir des différentes connaissances et observations du site, cette information est interprétée et la mention « oui » figure dans le champ.

2.4 CONTEXTES D'EXPLOITATION MINIÈRE

2.4.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Ce champ apporte une information sur le pendage de l'exploitation ayant généré le désordre. Deux catégories ont été définies :

- « plateure » lorsque que le pendage du gisement est compris entre 0 et 30° ;
- « dressant » lorsque le pendage est supérieur à 30°.

2.4.2 NATURE DES TRAVAUX

Ce champ a pour objectif de caractériser le type de travaux ou ouvrage souterrain ayant généré le désordre. Six catégories ont été définies :

1. « galerie isolée », ouvrage unique et identifié. Il peut s'agir de :
 - galerie d'accès « à plat » (reliant la surface aux travaux) ;
 - galerie type « travers bancs » reliant différentes zones de travaux ;
 - galerie de recherche ;
 - galerie de roulage ou d'infrastructure (au travers d'une zone de travaux) ;
 - galerie « filante » (méthode d'exploitation) ;
2. « puits », colonne verticale reliant la surface aux travaux souterrains ;
3. « descenderie », galerie pentée reliant la surface aux travaux souterrains ;
4. « travaux souterrains à méthode partielle », c'est-à-dire qu'un vide résiduel subsiste après l'exploitation (ex : chambres&piliers) ;

5. « travaux souterrains à méthode totale », lorsqu'aucun vide résiduel n'est censé persister après la phase d'exploitation (ex : taille remblayée) ;
6. une sixième catégorie « non disponible » a été créée, elle correspond aux désordres :
 - dont l'origine ne peut être distinguée de deux des cinq catégories définies (ex : fontis pouvant être lié à un puits non retrouvé ou à une zone de travaux d'exploitation) ;
 - situés à l'aplomb de travaux supposés ;
 - situés hors de toutes zones de travaux cartographiées ;
 - non localisés ou trop approximativement ;

Pour les désordres issus d'une étude d'aléa, l'origine du désordre est parfois décrite. Lorsqu'aucune origine n'est précisée, la position du désordre par rapport aux travaux (carte informative) a quelques fois permis de déterminer son origine (ex : désordre figurant, sans ambiguïté, à l'aplomb d'un travers bancs isolé, de l'orifice d'un puits, d'une entrée de galerie ou d'une descenderie, d'une zone de travaux définie comme totale ou partielle dans le chapitre « méthode d'exploitation » de l'étude).

Pour les désordres issus des rapports d'intervention, la nature des travaux est décrite quasi systématiquement, l'origine du désordre étant l'objet de l'étude.

2.4.3 PROFONDEUR DES TRAVAUX ET PRÉCISION PROF. TRAVAUX

Ce champ désigne la profondeur des travaux à l'origine du désordre.

Cette profondeur est rarement connue au mètre près, seules des tranches ou intervalles de profondeur sont identifiables. La valeur figurant dans le champ « Profondeur des travaux » correspond à la profondeur médiane et le champ « Précision prof. Travaux » correspond à la marge métrique nécessaire pour couvrir cet intervalle (ex : galerie située entre 10 et 30 m de profondeur, retenu 20 +/- 10).

Cette donnée est renseignée dans les rapports d'intervention, elle a alors été reprise telle quelle dans la base de données.

Dans le cas des désordres issus des EDA, cette donnée est rarement précisée dans le texte mais une tranche de profondeur a le plus souvent pu être déterminée grâce aux cartes informatives, ces dernières positionnant les désordres et les travaux souterrains à faible profondeur (limites variables en fonction des études, ex : 0/50 m, 0/25-25/50 m, 0/30-30/50, 0/10-10/30 m). Dans certains cas, lorsque la configuration du gisement et des travaux le permettait, la profondeur des travaux à l'aplomb d'un désordre a pu être affinée. Par exemple, dans le cas d'une exploitation en couche faiblement pentée :

- pour un désordre situé à l'aplomb de travaux entre 30 et 50 m de profondeur mais proche de la limite avec les travaux 0-30 m, au lieu de retenir « 40 +/- 10 », on retiendra « 35 +/- 5 » ;
- pour un désordre situé proche de l'affleurement et figurant à l'aplomb d'une zone de travaux 0/50 m, on retiendra 10 +/-10 au lieu de 25 +/- 25.

Lorsque les mentions « non disponible » et « s.o. » figurent dans les deux champs relatifs à la profondeur des travaux, c'est qu'aucun intervalle de profondeur n'est identifiable à partir des cartes informatives (travaux à faible profondeur non mise en évidence). Dans quelques cas, lorsque l'intervalle de profondeur de l'ensemble des travaux est connu, il a été reporté (ex : exploitation entre 30 et 90 m de profondeur, retenue 60 +/- 30), lorsque cet intervalle est trop important (ex : travaux entre 30 et 600 m de profondeur), les mentions « non disponible » et « s.o. » sont portées dans la base de données.

Dans le cas de travaux superposés, la profondeur des travaux les moins profonds a été retenue.

Dans le cas de désordres liés aux orifices de galeries ou descenderies débouchant au jour, les valeurs « 0 +/- 2 m » figurent dans les deux champs relatifs à la profondeur des travaux (incertitude de position de l'orifice par rapport au désordre).

Dans le cas de désordre lié à aux puits, les mentions « s.o. » figurent dans les deux champs relatifs à la profondeur des travaux.

Seuls les cas d'effondrements « ouverts » ou liés à des galeries de sub-surface ou à des orifices (décrit précédemment) ont permis de déterminer des précisions inférieures à 2 m (profondeur < 5 m).

2.4.4 DÉBOURRAGE / EFFONDREMENT

Ce champ concerne uniquement les désordres liés aux puits et aux orifices de descenderies débouchant en surface. Lorsque l'origine du désordre est d'une autre nature ou non connue, ce champ n'a pas été rempli.

Deux principales catégories ont été définies :

- « le débouillage » : coulissage des remblais dans la colonne de l'ouvrage ;
- « l'effondrement » : rupture des parements en tête de colonne.

Lorsque le phénomène exact (débouillage ou effondrement) n'a pas été explicitement identifié dans l'étude, la mention « non disponible » figure dans le champ. Dans quelques cas, une analyse rapide des données a tout de même permis de reconnaître, sans ambiguïté, le phénomène en question (ex : comparaison des dimensions du désordre par rapport au diamètre du puits, vue de photos de désordre attestant la présence du cuvelage en tête).

Une troisième catégorie nommée « tassement » a été définie (uniquement pour les puits). Cette catégorie ne correspond pas à un mécanisme bien identifié mais regroupe une typologie conséquente de désordre observé sur le terrain, à savoir, l'observation de cuvette ou « flash » à l'emplacement d'ouvrage débouchant au jour. L'amplitude de ces désordres est généralement comprise entre 0 et 0,5 m.

2.4.5 NIVEAU D'ALÉA

Ce champ renseigne le niveau d'aléa « effondrement localisé » au droit de l'événement.

Quelques cas de désordres rapportés dans des rapports d'intervention sont liés à des exploitations minières n'ayant pas fait l'objet d'une étude d'aléas « mouvements de terrain ». Dans ce cas, la mention « pas d'EDA » figure dans ce champ. La même mention a été portée pour les sites n'ayant fait l'objet que d'une étude « scanning phase 2 » (le champ « observation » précise cependant si un aléa « significatif » ou « peu significatif » est présent ou non).

Pour tous les autres désordres recensés (exploitation minière ayant fait l'objet d'une étude d'aléas mouvements de terrain), il y a quatre niveaux d'aléa possible : « faible », « moyen », « fort » ou « nul ».

Dans le cas des désordres issus des rapports d'intervention, cette information est la plupart du temps précisée. Dans le cas des désordres issus d'EDA, l'observation des cartes d'aléas résultantes permet de relever rapidement ce critère. Pour un certain nombre de cas, une EDA a été réalisée mais l'information relative au niveau de l'aléa n'a pas été renseignée dans la base de données : il s'agit des EDA anciennes, sans SIG, qui nécessitent un retour aux archives papier.

2.5 OBSERVATIONS

Diverses informations, jugées pertinentes mais ne pouvant apparaître dans aucun des critères définis précédemment, ont pu être renseignées dans ce champ. Il s'agit par exemple :

- de l'amplitude du désordre observé (non retenu car ne correspond pas à la profondeur du désordre au moment de sa manifestation) ;
- de la justification du « non disponible » dans le champ « nature des travaux » (travaux supposés, deux origines possibles) ;
- effondrement donnant accès aux travaux ;
- de la nature et la date des travaux de mise en sécurité d'un puits (avant le désordre recensé) ;
- d'un effondrement de type « rupture de pilier couronne » ;
- d'une origine minière de l'effondrement incertaine ;
- d'une nature de l'ouvrage spécifique (ex : galerie technique) ;
- etc.

3. DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNÉES

L'objectif de ce chapitre est de présenter la quantité et la qualité des informations renseignées afin de démontrer la représentativité des informations collectées dans la base de données.

3.1 TAUX DE COUVERTURE DE LA BASE DE DONNÉES

L'annexe 1 présente la liste des études d'aléa établies par GEODERIS et, parmi celles-ci, celles que nous avons étudiées dans le cadre de la présente étude.

Sur les 197 études d'aléa établies par GEODERIS, nous en avons étudiées 162, soit 82%. Notons que toutes les études d'aléa ne fournissent pas nécessairement des retours d'expérience d'effondrements localisés.

Sur les 146 études spécifiques fournies par GEODERIS, 58 ont permis d'acquérir des cas supplémentaires. Les autres pouvant soit concerner des événements d'origine non minière, ou bien être déjà intégrées dans les études d'aléa.

Enfin la base de données est le résultat de l'analyse de 785 titres miniers, toutes substances et localisations confondues.

3.2 ÉVÉNEMENTS EXCLUS DE LA BASE DE DONNÉES

Un certain nombre d'événements ont été exclus de la base de données.

La plupart des événements exclus de la base de données sont des affaissements ou des tassements et non des effondrements localisés.

Nous rappelons que la différence principale entre un affaissement et un effondrement localisé réside dans la déformation de la surface : elle est continue pour un affaissement, elle présente une rupture franche pour un effondrement.

Au-delà de ces définitions, un certain nombre de situations peuvent induire une difficulté d'interprétation :

- un fontis qui se produit au droit d'une galerie souterraine et n'atteindrait pas la surface peut générer en surface une déformation souple en surface. Il peut être délicat pour l'observateur de trancher entre l'un ou l'autre des phénomènes ;
- l'observation est, la plupart du temps, réalisée très longtemps après la manifestation en surface du désordre : avec le temps, des effondrements localisés peuvent voir leur pente s'adoucir et prendre la forme d'une cuvette.

En conséquence, il est parfois nécessaire de retourner aux plans miniers, lorsqu'ils existent, pour évaluer, selon leur configuration, la possibilité effective de telle ou telle manifestation.

L'annexe 3 identifie les cas que nous avons exclus de la base de données avec une justification pour chacun d'eux.

3.3 QUANTITÉ ET QUALITÉ D'INFORMATION

3.3.1 NOMBRE D'INDIVIDUS

La base de données présente 1871 lignes : c'est-à-dire 1871 événements. La grande majorité des cas renseignés concerne des effondrements localisés uniques (près de 95 %). Un faible pourcentage d'événements concerne des zones impactées par plusieurs effondrements localisés (Tableau 1). Il s'agit souvent d'effondrements localisés alignés le long d'une galerie. Pour 2 % des événements renseignés, nous ne disposons pas des informations permettant de compter le nombre d'effondrements localisés manifestés. Au total, la base de données recense 2147 effondrements localisés (sans prendre en compte les non comptables). Dans le langage statistique, on dira qu'il s'agit de 2147 individus.

Tableau 1 : Répartition des événements renseignés en fonction du nombre d'effondrements localisés

Nombre d'effondrements par événements	Nombre de cas	Pourcentage
1	1775	94,8%
2	8	0,4%
3	12	0,6%
4	4	0,2%
5	15	0,8%
6	1	0,1%
7	0	0,0%
8	1	0,1%
9	0	0,0%
10	5	0,3%
15	3	0,2%
20	2	0,1%
30	1	0,1%
50	1	0,1%
Non défini	43	2,3%
Total	1871	100,0%

3.3.2 PRÉCISION DE LOCALISATION

Sur les 1871 événements renseignés dans la base de données, on dispose des coordonnées avec une très bonne précision (incertitude ≤ 5 m) pour 80% d'entre eux (Tableau 2).

L'information sur les coordonnées n'a pas pu être retrouvée seulement pour un très faible nombre de cas (11). Cela montre que pour des événements parfois très anciens, la localisation relativement précise des événements est conservée.

Tableau 2 : Répartition des événements renseignés en fonction de l'incertitude sur les coordonnées X et Y

Incertitude de localisation	Nombre d'événements	Pourcentage
Incertitude ≤ 5 m	1497	80%
5 m < Incertitude ≤ 20 m	319	17%
20 m < Incertitude ≤ 100 m	44	2%
Non défini	11	1%
Total	1871	100%

3.3.3 DIMENSIONS DE L'EFFONDREMENT

Sur 1871 événements informés, 1336 (71 %) ont leurs dimensions renseignées (diamètre(s)). Pour les autres (29 %), l'information n'a pas pu être retrouvée dans les sources utilisées.

Les dimensions renseignées sont celles disponibles dans les études sources. Ces dernières ne précisent pas si ces dimensions sont (1) celles de l'effondrement tel qu'il se manifeste, avec des bords francs ou (2) celles de l'effondrement observé longtemps après sa manifestation, lorsque les bords francs se sont mis en pente à l'équilibre et/ou que le temps les a adoucis.



Photo 1 : Effondrement aux bords francs, survenu au droit de travaux à faible profondeur (Mine de charbon de Bosmoreau) (Source : INERIS)



Photo 2 : Effondrement aux bords adoucis, survenu en 1950 au droit d'une galerie sur la concession de Tartaras : la photo et l'observation datent de 2013 (Source : INERIS)

La profondeur n'a pu être renseignée que pour moins de 20 % des événements. En effet, beaucoup d'événements sont anciens et leur observation est réalisée bien après leur manifestation. Dans de nombreux cas, les effondrements ont été comblés (fontis, puits débouffés) et l'information sur la profondeur récente renseigne peu sur la profondeur lors de la manifestation de l'événement.

3.3.4 DATE DE MANIFESTATION DE L'ÉVÉNEMENT

La date de manifestation a pu être renseignée pour 70 % des événements. Cependant l'imprécision sur cette date est souvent forte : le nombre d'événements pour lesquels la date de manifestation est connue à moins de ± 10 ans est de 450 (24 %). Le Tableau 3 présente la répartition des événements selon la précision sur leur date de manifestation.

Tableau 3 : Répartition des événements en fonction de la précision sur la date de manifestation de l'événement

Date de manifestation de l'événement	Incertitude sur la date	Nombre d'événements	Pourcentage
Inconnue		552	29 %
Connue		1319	71 %
	± 0 an	294	16%
	± 1 an	40	2%
	± 2 ans	13	1%
	± 3 ans	14	1%
	± 4 ans	2	0%

± 5 ans	41	2%
± 6 à 10 ans	52	3%
± 11 à 20 ans	89	5%
± 21 à 30 ans	124	7%
± 31 à 40 ans	136	7%
> ± 40 ans	514	27%

3.3.5 DATE D'EXPLOITATION

La date d'exploitation des travaux miniers ayant engendré l'effondrement localisé est souvent renseignée (95 % des événements) mais la précision sur cette date est rarement bonne : comme le montre le Tableau 4, seuls 562 événements (30 %) ont pu être renseignés avec une incertitude inférieure à 10 ans.

Tableau 4 : Répartition des événements en fonction de la précision sur la date de l'exploitation

Date de l'exploitation	Incertitude sur la date	Nombre d'événements	Pourcentage
Inconnue		88	5 %
Connue		1783	95 %
	± 0 an	3	0,2 %
	± 1 an	62	3 %
	± 2 ans	125	7 %
	± 3 ans	31	2 %
	± 4 ans	26	1 %
	± 5 ans	82	4 %
	± 6 à 10 ans	233	12 %
	± 11 à 20 ans	315	17 %
	± 21 à 30 ans	314	17 %
	± 31 à 40 ans	164	9 %
	> ± 40 ans	428	23 %

3.3.6 PLATEURE / DRESSANT

Le Tableau 5 présente la répartition des événements renseignés selon que l'exploitation minière a été réalisée en plateure ou en dressant. Pour la grande majorité des cas, le contexte géologique est connu confirmant la richesse des informations relatives à la localisation comparativement aux données relatives au temps.

Le nombre élevé de cas dans chacune des deux familles (plateure/dressant) permet de confirmer la robustesse de la base

De cette répartition, on ne peut distinguer un contexte plus ou moins favorable à la manifestation d'effondrement localisé.

Tableau 5 : Répartition des événements en fonction du contexte géologique

Contexte Géologique	Nombre d'événements	Pourcentage
Plateure	823	44%
Dressant	919	49%
Inconnu	129	7%
Total	1871	

3.3.7 NATURE DES TRAVAUX MINIERS

La nature des travaux miniers à l'origine des événements recensés a pu être identifiée sans ambiguïté dans plus de 80 % des cas.

Le tableau suivant présente la répartition. Nous reviendrons en détail sur l'analyse de l'impact de la nature des travaux miniers sur la manifestation des effondrements localisés. Soulignons, à cette étape, que la base de données couvre tous les cas de figure avec un nombre d'individus importants pour rendre robuste une analyse statistique.

Tableau 6 : Répartition des événements en fonction de la nature des travaux miniers

Nature des travaux	Nombre d'événements	Pourcentage
Galerie isolée	360	19%
Descenderie	126	7%
Puits	423	23%
Travaux souterrains (méthode partielle)	260	14%
Travaux souterrains (méthode totale)	377	20%
Inconnue	325	17%
Total	1871	

3.3.8 PROFONDEUR DES TRAVAUX MINIERS

Pour la grande majorité des événements associés à des travaux miniers hors puits, la profondeur des travaux et ouvrages initiateurs de l'effondrement a pu être renseignée.

Pour 64 % des événements renseignés (782 événements), l'incertitude sur la profondeur est inférieure à 10 m. On dispose donc d'un nombre significatif d'événements pour lesquels l'information relative à la profondeur des travaux est précise.

Tableau 7 : Répartition des événements en fonction de la précision sur la profondeur des travaux miniers

Profondeur des travaux	Incertitude sur la profondeur des travaux	Nombre d'événements	Pourcentage
Sans objet (puits)		423	23%
	Inconnue	222	12%
	Connue	1226	66%
	± 0 m	2	0%
	± 0,5 m	4	0%
	± 1 m	23	1%
	± 1,5 m	2	0%
	± 2 m	157	8%
	± 2,5 m	31	2%
	± 3 m	22	1%
	± 3,5 m	1	0%
	± 4 m	5	0%
	± 4,5 m	1	0%
	± 5 m	302	16%
	± 6 à 10 m	232	12%
	± 11 à 20 m	287	15%
	± 21 à 30 m	110	6%
	± 31 à 50 m	25	1%
	± 100 m	4	0%
	± 200 m	18	1%

3.3.9 PUIIS

423 événements sont relatifs à des puits. Les « effondrements localisés » liés à la présence de puits peuvent être :

- un tassement de la colonne de remblai, phénomène courant après un remblayage qui peut, s'il est d'amplitude importante, constituer un vide aux bords francs matérialisés par la paroi du puits ;
- un débouillage des remblais dans la colonne du puits : s'il n'est pas suivi par un effondrement de la tête du puits, ce débouillage se manifeste par un vide inscrit dans la colonne du puits ;
- un effondrement de la tête du puits en cas de défaut de remblai (absence, débouillage, tassement important...).

Le Tableau 8 présente la répartition des événements relatifs à des puits selon qu'il s'agit de l'un ou l'autre des phénomènes précédemment cités ou que celui-ci n'a pu être identifié.

L'expérience montre que la majorité des puits remblayés subit un phénomène de tassement, en particulier dans les premières années qui suivent le remblayage. Pour autant, il apparaît comme le phénomène minoritaire dans le Tableau 8 (14 %) parce que nous avons choisi de ne pas intégrer dans la base de données les tassements qui se manifestent rapidement après le remblayage (scenario normal) mais uniquement ceux qui apparaissent longtemps après celui-ci (scenario accidentel).

On peut également observer que 146 événements sont des débousses qui n'ont pas entraîné la rupture des terrains en tête de puits.

La base de données n'a pas été conçue spécifiquement pour les puits miniers : il convient de rester prudent sur les conclusions en termes de mécanismes préférentiellement mis en jeu pour ce type d'ouvrage sur la seule base du Tableau 8.

Tableau 8 : Répartition des événements liés à des puits selon la nature du mouvement de terrain

Nature du mouvement de terrain	Nombre de cas	Pourcentage
Inconnu	102	24%
Tassement	58	14%
Débousses (sans effondrement de la tête)	146	35%
Effondrement de la tête	117	28%
Total	423	

3.4 CONCLUSION

Bien que non exhaustive, son grand nombre de cas et sa couverture très large permettent d'avancer que la base de données est renseignée en quantité et qualité de données.

Les données sont nombreuses et précises concernant la localisation des événements, leurs dimensions et la nature et la profondeur des travaux miniers à l'origine des désordres. En conséquence, on peut être optimiste sur l'identification des mécanismes et configurations favorables à la manifestation d'un effondrement localisé.

En revanche, les données relatives au temps (date de manifestation du désordre, date d'exploitation à l'endroit du désordre) sont peu nombreuses et souvent incertaines. On doit prendre avec prudence les résultats et interprétations en lien avec ces critères temporels sur nos capacités à distinguer de manière claire des périodes caractérisées plus ou moins favorables à la manifestation d'effondrement localisé après l'exploitation minière.

4. ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES

4.1 DIAMÈTRE DES EFFONDREMENTS

4.1.1 ANALYSE DE L'ENSEMBLE DES EFFONDREMENTS RENSEIGNÉS

La base de données recense 1871 événements. Certains événements rassemblent plusieurs effondrements localisés. Au total, 2147 effondrements localisés sont identifiés. Parmi ceux-ci, 1516 ont une information sur le diamètre.

La Figure 1 présente la répartition des effondrements localisés selon leur diamètre. Cette répartition est présentée d'une part en fonction du plus grand diamètre de l'effondrement (en rouge) et d'autre part en fonction du plus petit diamètre (en bleu).

En effet, un certain nombre d'effondrements ne sont pas circulaires et présentent deux diamètres différents.

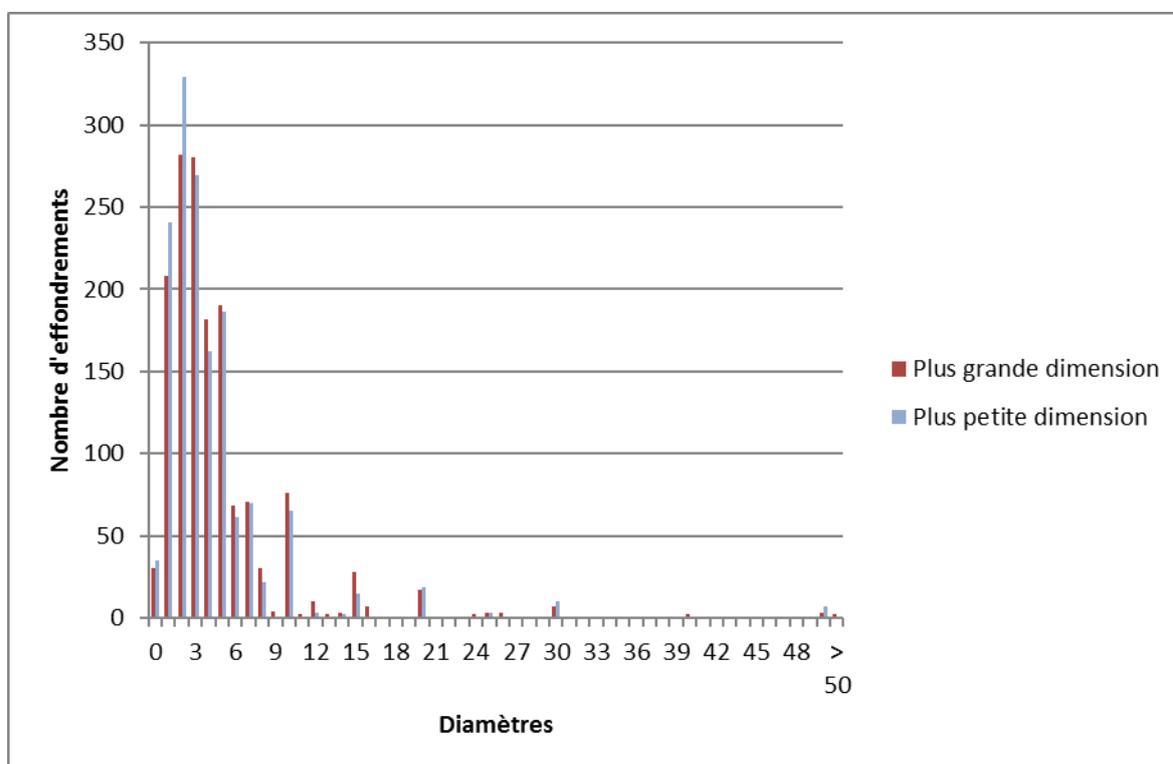


Figure 1 : Répartition des effondrements localisés selon leur diamètre. En rouge : selon leur plus grande dimension, en bleu : selon leur plus petite dimension.

On observe que 90 % des effondrements miniers ont un diamètre inférieur à 10 m. La Figure 1 montre des pics à 10 m, 15 m, 20 m, 30 m et 50 m. Il s'agit d'un biais lors du renseignement de la base de données : pour des effondrements anciens ou en fonction des possibilités d'observation, un arrondi a souvent été réalisé lors de l'acquisition des données pendant la réalisation de l'étude source.

Il faut donc plutôt imaginer un lissage de ces pics autour de leur valeur moyenne.

Le Tableau 9 et la Figure 2 présentent la répartition des effondrements localisés selon leur diamètre rangés en 4 catégories.

Tableau 9 : Répartition des effondrements localisés selon leur diamètre

Catégorie	Répartition selon le plus grand diamètre		Catégorie « Guide PPRM »
	Nombre de cas	Pourcentage	
1 (<3 m)	520	34%	Intensité « limitée »
2 (3 m à 5 m)	462	30%	Intensité « modérée »
3 (5 m à 10 m)	363	24%	
4 (>10 m)	171	11%	Intensité « élevée »
Total	1516	100%	

Plus d'un tiers des effondrements ont un diamètre strictement inférieur à 3 m. Près de deux tiers des effondrements ont un diamètre inférieur à 5 m. La catégorie correspondant aux phénomènes d'intensité « modérée », c'est-à-dire présentant un diamètre compris entre 3 et 10 m couvre la moitié des individus.

Notons que cette répartition couvre tous les cas d'effondrements : un certain nombre de paramètres, en particulier la nature des travaux miniers à l'origine de l'effondrement, impactent sensiblement cette répartition.

■ $D < 3 \text{ m}$ ■ $3 \text{ m} < D < 5 \text{ m}$ ■ $5 \text{ m} < D < 10 \text{ m}$ ■ $D > 10 \text{ m}$

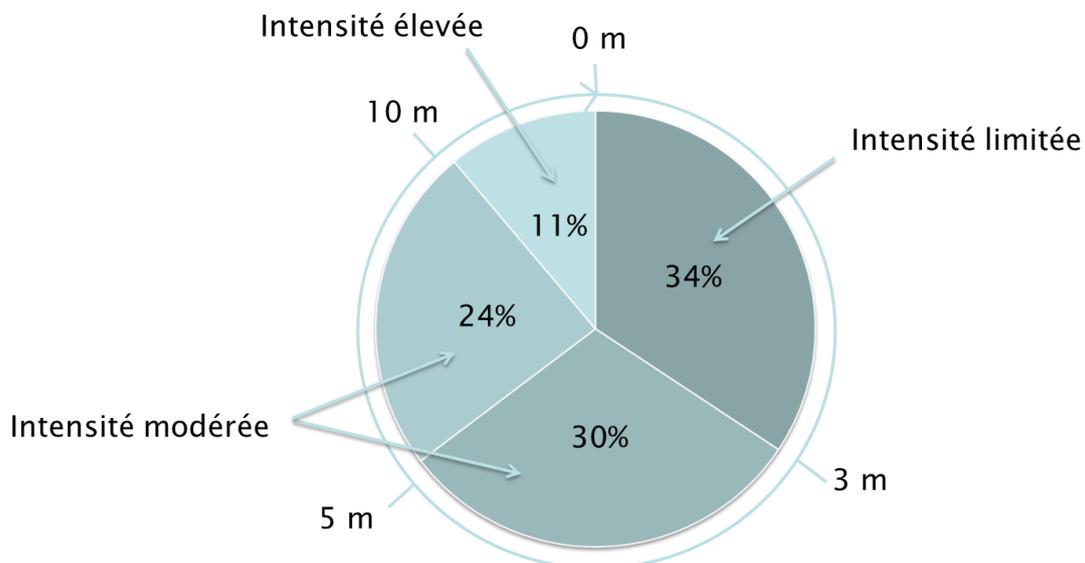


Figure 2 : Répartition des effondrements localisés selon leur diamètre D

4.1.2 IMPACT DE LA NATURE DES TRAVAUX MINIERS SUR LE DIAMÈTRE

Le Tableau 10 présente les caractéristiques statistiques des effondrements aux diamètres renseignés pour l'ensemble des individus et par nature de travaux miniers à l'origine des désordres. D'un point de vue statistique, on peut considérer les familles d'individus distingués selon la nature des travaux miniers comme des échantillons disjoints de l'ensemble des effondrements renseignés.

Il apparaît que ces familles présentent des caractéristiques statistiques différentes les unes des autres.

Parmi les points remarquables :

- la moyenne des valeurs des diamètres d'effondrement au droit de descenderies est sensiblement inférieure à celle des autres familles : en effet, les effondrements localisés liés aux descenderies concernent très majoritairement l'effondrement de la tête de descenderie. Les effondrements survenus au droit du corps d'une descenderie sont plus rares, celle-ci atteignant souvent une profondeur importante ou, parfois, considéré dans la famille des effondrements au droit de galerie ;
- le diamètre des effondrements liés aux descenderies et, dans une moindre mesure, aux puits présentent un écart type faible comparativement aux effondrements sur galeries et surtout sur travaux totaux. Cette observation est le fait que l'effondrement de descenderie ou de puits est le résultat d'un mécanisme unique : effondrement des parois en tête d'ouvrage. A l'instar des effondrements sur travaux exploités par méthode totale : cette dénomination couvre des cas différents (méthode par foudroyage, méthode par remblayage, présence de galeries à proximité des panneaux exploités...) et des dimensions d'ouvrages plus variées. En conséquence, les mécanismes susceptibles d'engendrer des effondrements localisés sont plus nombreux et peuvent aboutir à des effondrements localisés de diamètres plus variables.

- les galeries isolées peuvent engendrer des effondrements dont l'une des dimensions est très supérieure à l'autre. Cette information reflète le cas courant d'un effondrement au droit d'une galerie limitée en extension perpendiculairement à l'axe de la galerie mais qui peut « suivre » l'axe de la galerie sur plusieurs mètres selon l'évolution de sa profondeur, souvent en plusieurs étapes chronologiques.

C'est le cas par exemple d'effondrements survenus à Tartaras et Dargoire (Identifiant D10, D11) de 50 m x 2 m survenus sur les 50 premiers mètres à l'aplomb de fendues (Photo 3).

Pour les autres familles, le maximum du rapport entre plus grande et plus petite dimension est de 4. Le cas des travaux partiels est intermédiaire en cela qu'il peut inclure des situations similaires à des galeries isolées.



Photo 3 : Exemple d'un effondrement suivant une galerie sur une grande longueur (Concession de Tartaras, Source : INERIS, 2013)

Tableau 10 : Caractéristiques statistiques principales des effondrements en fonction de la nature des travaux miniers

	Toute nature de travaux	Galerie	Puits	Descenderie	Travaux partiels	Travaux totaux
Min (m)	0,30	0,30	1,00	0,30	0,50	0,30
Max (m)	130,00	53,00	40,00	15,00	30,00	130,00
Moyenne (m)	4,86	5,58	4,24	2,98	4,91	5,99
Ecart type (m)	6,27	6,91	4,07	2,17	5,08	10,83
Max (L/l2)	53,00	53,00 ³	3,00	2,00	7,50	4,00

³ Biais lié aux effondrements qui « suivent » la direction d'une galerie

Tableau 11 : Répartition des effondrements par catégorie de diamètre et par nature de travaux miniers

Catégorie de diamètre	Galerie isolée		Puits		Descenderie		Travaux partiels		Travaux totaux	
	Nombre de cas	%	Nombre de cas	%	Nombre de cas	%	Nombre de cas	%	Nombre de cas	%
1 (<3 m)	82	33%	103	30%	43	44%	59	37%	105	39%
2 (3 m à 5 m)	62	25%	147	42%	45	46%	46	29%	86	32%
3 (5 m à 10 m)	57	23%	82	23%	4	4%	31	19%	48	18%
4 (>10 m)	46	19%	17	5%	5	5%	23	14%	33	12%
Total	247	100%	349	100%	97	100%	159	100%	272	100%

■ D < 3 m ■ 3 m < D < 5 m ■ 5 m < D < 10 m ■ D > 10 m

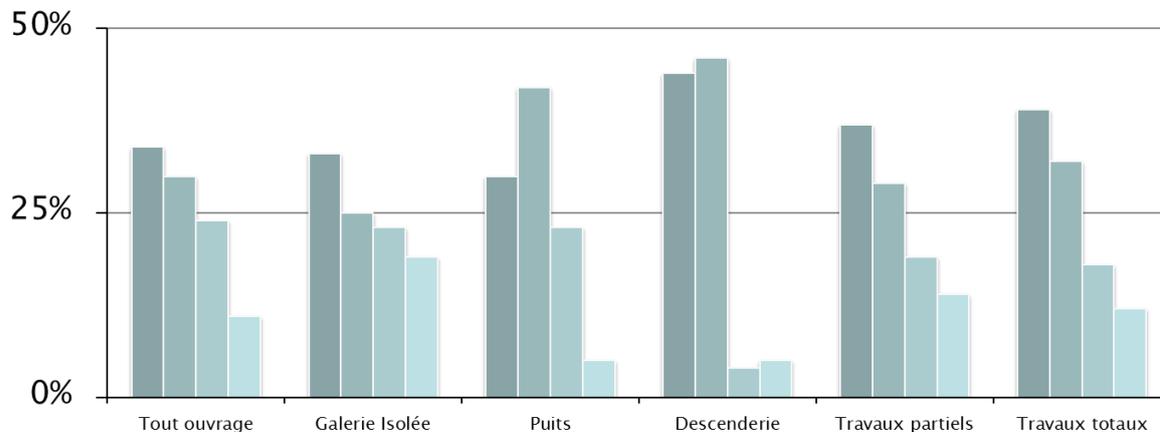


Figure 3 : Répartition des effondrements par catégorie de diamètre D et par nature de travaux miniers

Le Tableau 11 et la Figure 3 présente la répartition des effondrements localisés selon la catégorie du diamètre et par famille d'ouvrage minier à l'origine de l'effondrement. On observe que :

- les effondrements localisés au droit de descenderie sont très majoritairement de diamètre inférieur à 5 m (avec un nombre de cas à diamètre inférieur à 3 m identique au nombre de cas à diamètre compris entre 3 et 5 m) ;

- les effondrements localisés liés aux puits de mine sont principalement de diamètre compris entre 3 et 5 m. Les cas de très grand diamètre (supérieur à 10 m) sont très exceptionnels (voir chapitre 4.1.5). Ceci correspond au fait que la colonne du puits, de diamètre métrique, constitue une valeur minimale du diamètre final de l'effondrement ;
- les effondrements au droit de galerie isolée sont de diamètre majoritairement inférieur à 5 m et, pour un tiers des cas, de diamètre inférieure à 3 m. Les cas de grands diamètres subissent le biais des effondrements qui se prolongent dans la direction des galeries ;
- le nombre d'effondrements au droit de travaux exploités de manière totale (c'est-à-dire pour lesquels il n'est pas prévu de laisser subsister des vides résiduels) est supérieur au nombre d'effondrements au droit de travaux exploités partiellement (dimensionnés de sorte à laisser subsister des vides résiduels).

L'expérience montre que, bien qu'exploitée de manière totale, une zone de travaux peut laisser subsister des vides résiduels de diverses natures (un défilage qui ne s'est pas totalement réalisé, un remblayage qui peut avoir été effectivement total ou partiel, présence de galeries d'aérage qui n'ont pas forcément été remblayées...). L'information importante est que les effondrements localisés de plus grands diamètres sont le plus souvent au droit de travaux exploités (partiellement ou de façon totale). Le chapitre 4.1.5 en présentera un cas précis.

4.1.3 IMPACT DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE (PLATEURE/DRESSANT) SUR LE DIAMÈTRE

Le Tableau 5 montre que, en nombre d'événements, on ne peut établir qu'une exploitation en plateure est plus ou moins favorable à la manifestation d'effondrements localisés.

Le Tableau 12 présente la répartition des effondrements selon la catégorie de leur diamètre pour les exploitations en dressant d'une part, et pour les exploitations en plateures d'autre part. On n'observe pas de différence significative sur les répartitions. Il ne s'agit donc pas d'un facteur discriminant.

Tableau 12 : Répartition des effondrements par catégorie de diamètre et par contexte géologique

Catégorie de diamètre	Dressant		Plateure	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1 (<3 m)	236	37%	233	40%
2 (3 m à 5 m)	205	32%	193	33%
3 (5 m à 10 m)	114	18%	106	18%
4 (>10 m)	80	12%	53	9%
Total	635	100%	585	100%

4.1.4 IMPACT DE LA DATE DE MANIFESTATION SUR LE DIAMÈTRE

La Figure 4 présente les diamètres des effondrements en fonction de la date de leur manifestation, pour les effondrements dont la date est renseignée avec au plus 20 ans d'incertitude (353 individus).

On n'observe pas de variation significative des diamètres avec le temps.

Cette figure semble indiquer une intensification du nombre de phénomènes avec le temps. Il convient de préciser que :

- une partie de l'intensification est liée au développement de l'exploitation minière à partir de 1850/1900 environ ;
- une préoccupation croissante des incidents miniers avec, en particulier, une nette augmentation des cas relevés à partir de 2000 (Études systématiques – scanning, aléa, création de GEODERIS).

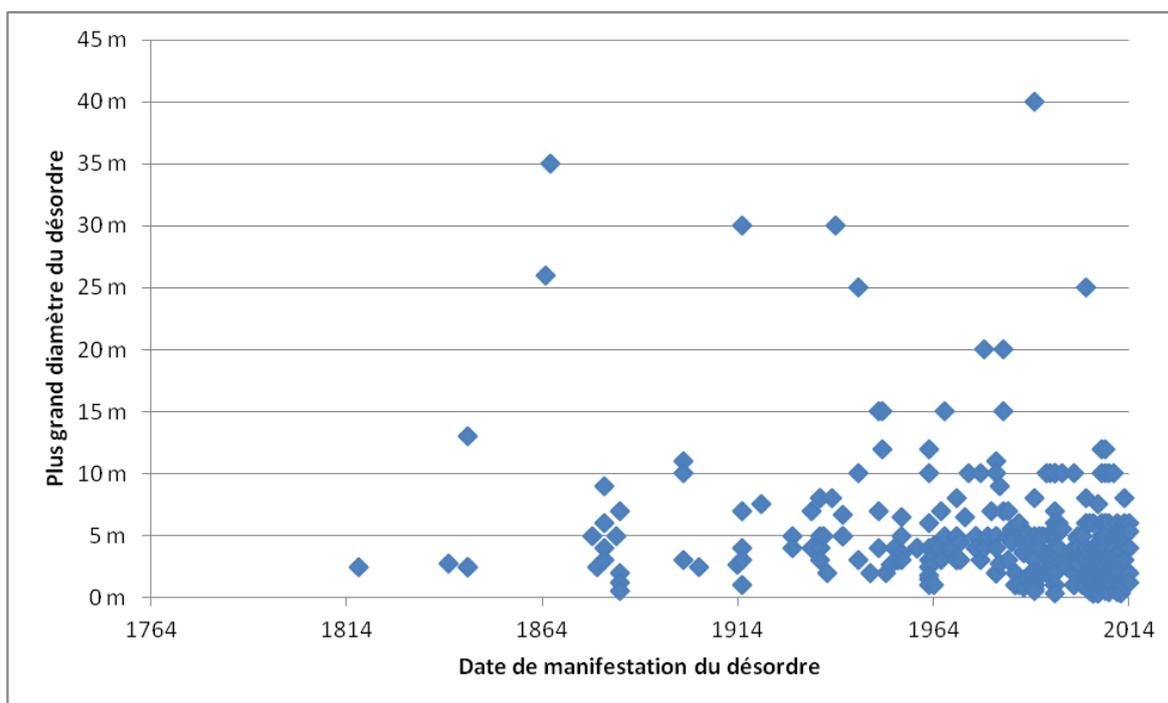


Figure 4 : Plus grand diamètre des effondrements en fonction de la date de manifestation

4.1.5 ANALYSE DES CAS DE TRÈS GRAND DIAMÈTRE

Nous avons analysé en détail les individus présentant des diamètres d'effondrement importants.

Pour un grand nombre de cas, il s'agissait d'affaissement (déformation souple de la surface) et non d'effondrement (rupture des terrains de surface). Ces individus ont été exclus de la base de données (annexe 3).

Quelques cas sont des effondrements dont l'une des dimensions est grande : il s'agit d'effondrements au droit de galeries qui se sont produits, parfois par étape, en suivant la direction d'une galerie peu profonde.

Quelques cas correspondent à une combinaison de présence de travaux miniers et une topographie de surface marquée : l'effondrement ayant engendré un glissement de terrain (désordre D8 à Tartaras et Dargoire par exemple).

Enfin les autres cas correspondent à des situations minières spécifiques qu'il convient de définir :

- Cas 1 : les dépilages de travaux miniers sur 2 niveaux superposés à environ 50 m de profondeur environ (en particulier sur le secteur d'Hussigny Godbrange). Il s'agit du cas qui présente le plus d'individus ;
- Cas 2 : exploitation d'une chambre de grand volume ou d'un amas à proximité de la surface (désordre E4 à Abbaretz par exemple) ;
- Cas 3 : effondrement d'un stot de protection de puits (désordre DD14 à Doyet par exemple) ;
- Cas 4 : dépilages en zone de travaux peu profonds (environ 15 m de profondeur, désordre D101 à Messeix par exemple) ;
- Cas 5 : effondrement de puits traversant un horizon géologique peu cohérent (cas du puits de Marles dans le Nord Pas-de-Calais par exemple).

La catégorie des effondrements de grand diamètre (> 10 m) recouvre l'ensemble des 5 cas cités qui constituent des contextes minières très spécifiques auxquels s'ajoute la situation des effondrements qui suivent la direction d'une galerie peu profonde.

4.1.6 PROFONDEUR DES TRAVAUX MINIERES ASSOCIÉS AUX EFFONDREMENTS

Nous avons analysé en détail les individus présentant des effondrements au droit d'ouvrage minier à grande profondeur (> 50 m).

Pour un certain nombre de cas, nous sommes revenus aux plans minières et avons identifié la mention de puits à proximité de l'effondrement. Au final, nous n'avons identifié aucun cas d'effondrement survenu au droit de travaux miniers situés à plus de 50 m de profondeur.

La situation présentant des effondrements au droit des travaux les plus profonds est celle du cas 1 cité précédemment : les niveaux superposés dont l'un a été exploité par dépilage, à environ 50 m de profondeur (Hussigny Godbrange par exemple).

781 effondrements survenus au droit de travaux miniers dont la profondeur est connue avec une précision meilleure que 10 m ont été renseignés dans la base de données. La Figure 5 présente la répartition des effondrements en fonction de la profondeur des travaux.

Les effondrements survenus au droit de travaux situés à plus de 40 m de profondeur sont ceux appartenant au cas 1 spécifique cité précédemment. Hors contexte géologique et minier exceptionnel, on observe que le nombre d'effondrements décroît sensiblement avec la profondeur.

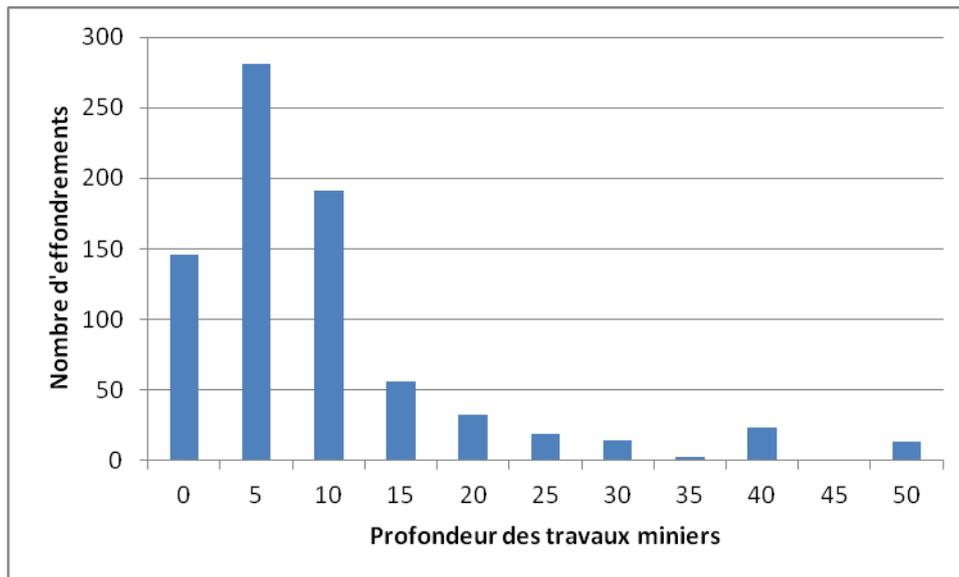


Figure 5 : Répartition des effondrements localisés en fonction de la profondeur des travaux miniers

Sur la base de 781 effondrements, on peut déduire que :

Pourcentage d'effondrements survenus	
20%	En tête d'ouvrage débouchant au jour
55%	Travaux situés à moins de 5 m de profondeur
80%	Travaux situés à moins de 10 m de profondeur
90%	Travaux situés à moins de 20 m de profondeur
95%	Travaux situés à moins de 30 m de profondeur
98%	Travaux situés à moins de 40 m de profondeur

4.2 TEMPS

La Figure 6 présente la répartition des périodes d'exploitation minière des cas d'effondrements localisés renseignés dans la base de données. L'essentiel des effondrements renseignés sont liés à des travaux miniers réalisés entre 1800 et 1950, correspondant à l'intensification de l'exploitation minière en France grâce à l'industrialisation en particulier.

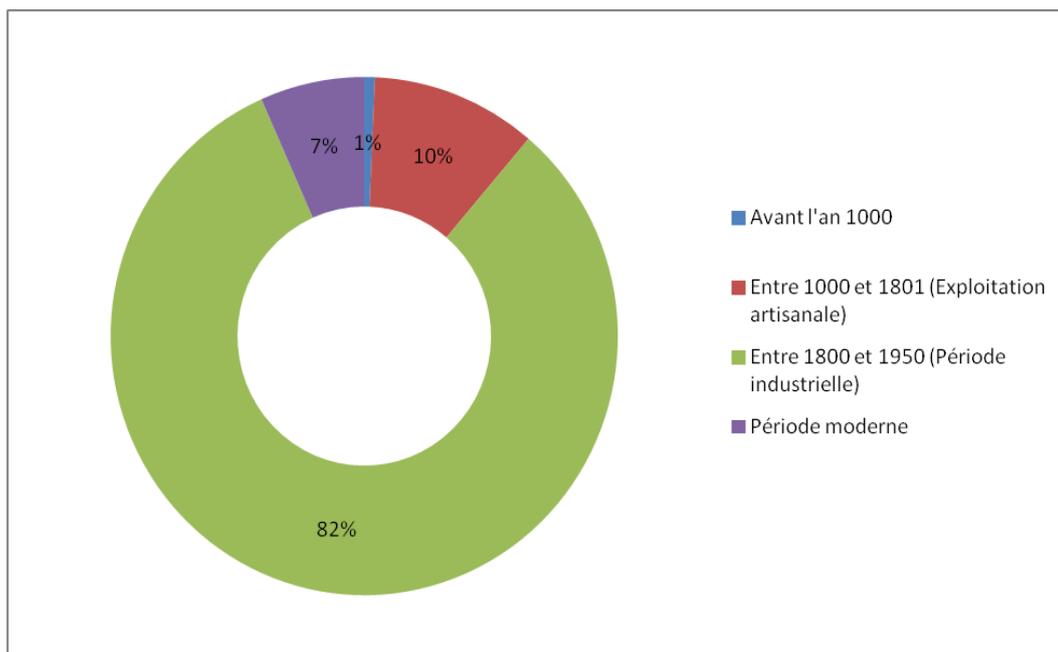


Figure 6 : Répartition des périodes d'exploitation minières des effondrements renseignés

La Figure 7 présente la répartition des effondrements localisés selon le nombre d'années séparant la date d'exploitation de la date de manifestation de l'effondrement. Cette répartition a été obtenue pour les cas dont on connaît la date d'exploitation avec une précision meilleure que 10 ans, et la date de survenue de l'effondrement avec une précision meilleure que 10 ans. Seuls 137 cas présentent ces conditions, cette figure doit donc être considérée avec prudence.

Les 2 premières barres verticales de la figure représentent les événements survenus pendant ou très peu de temps après l'exploitation. On observe que, plusieurs dizaines d'années après la fin de l'exploitation, des effondrements localisés surviennent encore, en quantité similaire à ceux survenus pendant l'exploitation.

La figure semble indiquer qu'au-delà de 200 ans après la fin de l'exploitation, la manifestation d'effondrements localisés est exceptionnelle : il convient de noter que la période de 1800 à nos jours correspond à une période d'intensification de l'exploitation minière, introduisant un biais historique expliquant un plus grand nombre d'effondrements associés.

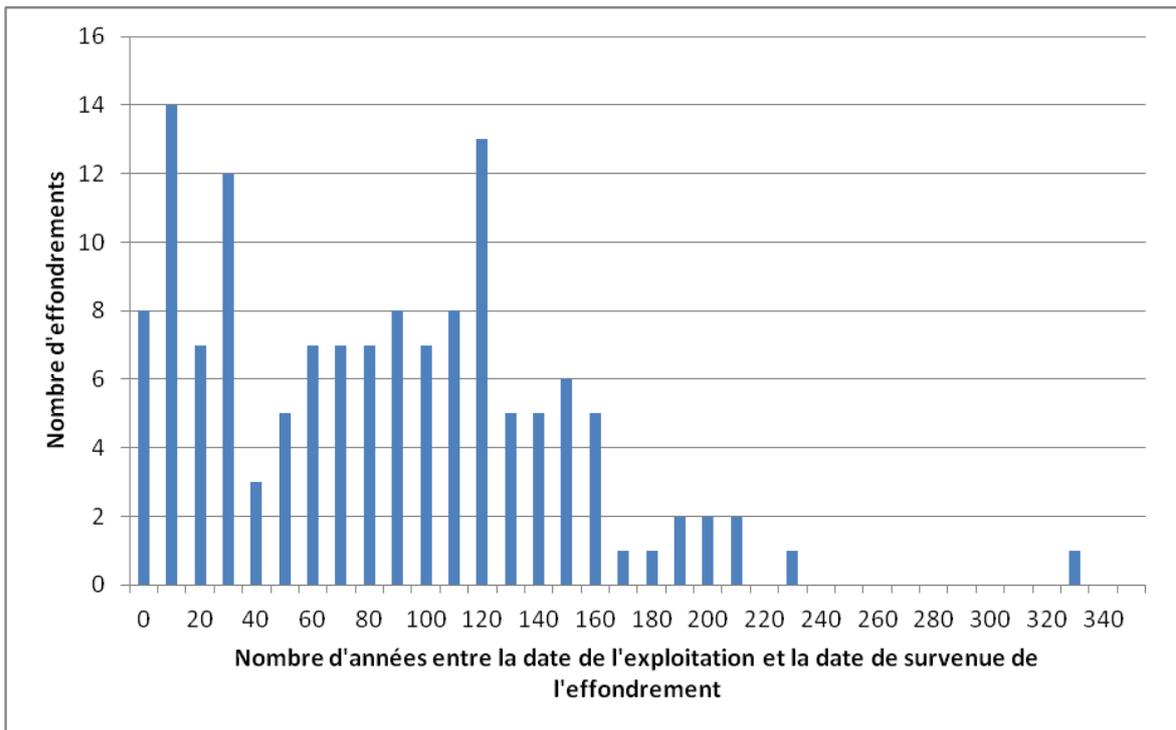


Figure 7 : Répartition des cas d'effondrements localisés en fonction du nombre d'années séparant la date d'exploitation et la date de survenue de l'effondrement

4.3 NIVEAU D'ALÉA

Dans 93 % des cas, une étude d'évaluation de l'aléa « mouvements de terrain » a été réalisée sur les titres miniers identifiés dans la base de données. Nous présentons dans le Tableau 13 la répartition des événements en fonction du niveau d'aléa de leur localisation.

On peut observer que dans la majorité des cas, un effondrement localisé, qui s'est manifesté, se situe dans une zone d'aléa moyen. En effet, l'aléa est la combinaison d'une intensité (diamètre prévisible de l'effondrement) et d'une prédisposition. La survenue, par le passé, d'un effondrement mène à considérer probable souvent la survenance d'un effondrement similaire à proximité.

Quelques rares cas d'effondrement sont survenus dans des zones d'aléa nul : il s'agit la plupart du temps d'effondrements dont l'origine minière est mise en doute ou dont la source (archive) est considérée comme peu fiable.

Tableau 13 : Répartition des événements en fonction du niveau d'aléa

Niveau d'aléa	Nombre d'événements	Pourcentage
Pas d'aléa étudié ou information non récupérée	138	7%
Aléa Nul	108	6%
Aléa Faible	415	22%
Aléa Moyen	935	50%
Aléa Fort	275	15%
Total	1871	

Le Tableau 14 présente la répartition des effondrements, par catégorie de diamètre (lorsqu'il est connu) et par niveau d'aléa. On peut observer qu'en zone d'aléa faible, plus de la moitié des effondrements survenus ont un diamètre inférieur à 3 m, et plus de 80% des effondrements ont un diamètre inférieur à 5 m.

Remarque : le nombre d'événements par niveau d'aléa est supérieur dans le Tableau 13 à celui présenté dans le Tableau 14. La différence correspond au nombre d'événements de diamètre non renseigné.

Tableau 14 : Répartition des effondrements en fonction de la catégorie de diamètre, par niveau d'aléa

Catégorie	Aléa faible		Aléa Moyen		Aléa Fort		Catégorie « Guide PPRM »
	Nombre de cas	%	Nombre de cas	%	Nombre de cas	%	
1 (<3 m)	166	53%	268	43%	98	47%	Intensité « limitée »
2 (3 m à 5 m)	91	29%	187	30%	55	26%	Intensité « modérée »
3 (5 m à 10 m)	34	10%	118	19%	38	18%	
4 (>10 m)	24	8%	47	8%	19	9%	Intensité « élevée »
Total	315	100%	620	100%	210	100%	

5. CONCLUSION(S)

Nous avons établi une base de données des effondrements localisés connus liés à l'exploitation minière. Celle-ci inclut uniquement les événements correspondant à des « fontis » ou « effondrements localisés ». Les « glissements de terrain » et « affaissements » n'ont pas été retenus.

Les principales observations que permet l'analyse de cette base de données sont :

- 90 % des effondrements miniers ont un diamètre inférieur à 10 m : les effondrements de très grand diamètre sont exceptionnels et correspondent à des contextes miniers très spécifiques qui sortent clairement des « cas courants ». Ces contextes ont été identifiés.
- plus d'un tiers des effondrements ont un diamètre strictement inférieur à 3 m et près des deux tiers ont un diamètre inférieur à 5 m : le CSTB a établi des dispositions constructives courantes pour des zones susceptibles de subir un effondrement localisé de diamètre inférieur à 3 m, et des dispositions plus exigeantes mais rendant la construction envisageable pour des zones susceptibles de subir un effondrement localisé de diamètre inférieur à 5 m. En conséquence, il existe très souvent des solutions constructives envisageables dans la majorité des zones soumises à un aléa « effondrement localisé » ;
- en zone d'aléa faible, plus de la moitié des effondrements recensés ont un diamètre inférieur à 3 m et plus de 80 % un diamètre inférieur à 5 m. Cette observation, enrichie de la précédente, permet de consolider la Circulaire du 6 janvier 2012 relative à la prévention des risques miniers résiduels qui établit que « *Les zones d'aléas de type effondrement localisé de niveau faible sont constructibles sous réserve que la conception des bâtiments tienne compte de la présence de ces aléas.* » ;
- l'analyse du diamètre des effondrements localisés est plus pertinente et précise si elle distingue la nature de l'ouvrage minier qui en est à l'origine (galerie isolée, puits, exploitation par méthode totale ou partielle). Il est plus difficile d'être précis sur le diamètre attendu d'un effondrement au droit de travaux souterrains, en particulier exploités par une méthode totale, qu'au droit d'un puits minier par exemple. Ce contexte minier peut également influencer les dispositions constructives envisageables ;
- aucun cas d'effondrement localisé au droit de travaux miniers situés à plus de 50 m de profondeur n'a été identifié explicitement. Le cas très particulier des exploitations superposées par défilage comme celles rencontrés à Hussigny Godbrange a été identifié ;
- hors contexte minier exceptionnel identifié dans le présent rapport, on peut avancer que la prédisposition à l'apparition d'un effondrement diminue avec la profondeur des travaux miniers selon les observations empiriques suivantes :

Pourcentage d'effondrements survenus	
20%	En tête d'ouvrage débouchant au jour
55%	Travaux situés à moins de 5 m de profondeur
80%	Travaux situés à moins de 10 m de profondeur
90%	Travaux situés à moins de 20 m de profondeur
95%	Travaux situés à moins de 30 m de profondeur
98%	Travaux situés à moins de 40 m de profondeur

- des effondrements localisés peuvent se manifester plusieurs dizaines d'années après la fin de l'exploitation minière : les informations que nous avons recueillies ne permettent pas d'identifier une baisse de fréquence de l'apparition des effondrements localisés avec le temps.

Perspectives

A moyen terme, nous identifions les perspectives suivantes :

- enrichir la base de données d'informations relatives à la géologie, en particulier de surface, afin d'en évaluer l'impact sur les diamètres d'effondrement;
- la base de données constituée dans le cadre de la présente étude peut servir de support à d'autres analyses. Nous recommandons de la faire vivre selon des modalités à définir;
- comparer la base de données établie avec un équivalent à construire pour les carrières.

6. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Liste des Études d'Aléa prises en compte	5 A4
Annexe 2	Liste des études spécifiques / d'intervention de GEODERIS analysées	3 A4
Annexe 3	Liste des cas exclus de la base de données	1 A4 + 1 A3
Annexe 4	Extrait de la base de données	1 A4 + 1 A3

ANNEXE 1
Liste des études d'Aléa prises en compte

Région	Nom du Titre / Site d'étude	Analysé pour la base de	Nombre de désordre(s)
ALS	OSENBACH	oui	0
ALS	BLODELSHEIM	oui	0
ALS	PECHELBRONN	oui	1
ALS	SAINTE-MARIE-AUX-MINES	oui	7
ALS	WINKEL	oui	2
AQI	BRINDOS-SUTAR	non	
AQI	DAX	non	
AQI	LALUQUE-LARQUIER	oui	1
AQI	LARRALDE	non	2
AQI	LE BOUDIGOT	oui	0
AQI	ORAAS	oui	0
AQI	LA CHAPELLE-PECHAUD	oui	28
AQI	LE LARDIN	oui	9
AUV	MADRIAT	oui	5
AUV	BRASSAC (Grosménil / Fondary, La Combelle etc..)	oui	14
AUV	LA CHALEDE (bassin de Langeac)	non	
AUV	AUMANCE	non	
AUV	BERT- MONTCOMBROUX	oui	62
AUV	BEZENET (Doyet-Montvicq)	oui	40
AUV	LIMAGNE	oui	8
AUV	NOYANT-MONTET-GABELIER	oui	70
AUV	PONT DU CHATEAU	oui	50
AUV	ROURE	non	
AUV	MESSEIX	oui	74
AUV	CHAMPAGNAC (Lempret/Madic/Prodelles/Lagraille)	oui	6
AUV	SAINT ELOY	oui	9
AUV	COMMENTRY	oui	52
BNO	HALOUZE	oui	6
BNO	LE PLESSIS	non	
BNO	SAINT-REMY-SUR-ORNE	oui	38
BNO	SOUMONT	oui	9
BNO	LA FERRIERE AUX ETANGS	oui	12
BNO	MAY-SUR-ORNE	non	
BNO	LITTRY	non	
	Jurques	oui	28
	Gouvix-Urville	oui	7
BOU	LE CREUSOT	non	
BOU	BLANZY - MONTCEAU-LES-MINES	non	
BOU	MONTCHANIN	oui	25
BOU	CHAPELLE-SOUS-DUN	oui	9
BOU	LA MACHINE	non	
BOU	ROMANECHÉ-THORINS	oui	6
BOU	CHITRY-LES-MINES	oui	5
BOU	AUTUN -SAINT-LEGER-DU-BOIS	oui	78
BRE	LA TOUCHE	non	
BRE	PONT-PEAN	oui	3
BRE	QUIMPER	oui	5
BRE	TREMUSON	non	
COR	CARDO	oui	0

Région	Nom du Titre / Site d'étude	Analysé pour la base de	Nombre de désordre(s)
COR	OSANI	oui	0
FRC	EXINCOURT	oui	2
FRC	GRAND-CHARMONT	oui	5
FRC	RONCHAMP	oui	1
FRC	CHATENOIS-LES-FORGES	oui	5
FRC	ROPPE	oui	0
FRC	AUXELLE-HAUT	oui	54
FRC	GIROMAGNY	oui	48
FRC	ROULANS	oui	2
FRC	METABIEF	oui	1
FRC	PLANCHER-LES-MINES	oui	3
FRC	AUXELLE-BAS	oui	so
FRC	LEPUIX-GY	oui	so
FRC	LONGEVILLE-MONT-D'OR	oui	0
	<i>Ougney</i>	oui	105
	<i>Vernoy-Gémonval</i>	oui	8
	<i>Oppenans-Lomont</i>	oui	16
LIM	BOIS DE ROCHE	oui	0
LIM	CHATELUS-LE-MARCHEIX	oui	0
LIM	LES COTES	oui	1
LIM	MEYRIGNAC-DE-BAR	oui	2
LIM	CHANAC	oui	6
LIM	PANAZOL	oui	1
LIM	LAPLEAU	oui	27
LIM	LA FAGASSIERE	oui	13
LIM	VAULRY ET CIEUX	oui	7
LIM	BOSMOREAU	oui	8
LIM	CHATELET	oui	3
LIM	LA VEDRENNE SUD	oui	0
LIM	BEAUNE-LES-MINES	oui	0
LIM	GLANGES	oui	5
LIM	AHUN	oui	35
LIM	CUBLAC	oui	1
LOR	NOIRE-GOUTTE	oui	10
LOR	LA GRANDE SAULE-FALCK	oui	17
LOR	CASTELBERG	oui	so
LOR	SAINT-AVOLD	oui	2
LOR	<i>Dalem</i>	oui	2
LRO	SALSIGNE - MALABAU	oui	14
LRO	VILLECELLE	oui	0
LRO	ROCHEBELLE - SAINT MARTIN DE VALGALGUES	non	
LRO	GRAND'COMBE OUEST	oui	4
LRO	BARJAC (Cabiac, Avejan)	oui	15
LRO	BIZE	oui	25
	La Caunette	oui	11
LRO	CELAS	oui	21
LRO	GRAISSESSAC-VILLECELLE	non	
LRO	LALLE (fin bassin alésien)	non	
LRO	LES MALINES	oui	0
LRO	SALSIGNE VILLANIERE	oui	14

Région	Nom du Titre / Site d'étude	Analysé pour la base de	Nombre de désordre(s)
LRO	PORTES-ET-SENECHAS, CESSOUS-TREBIAU	oui	3
LRO	ROBIAC-ET-MEYRANNES (Trellys et P.)	non	
LRO	SAINT-JULIEN-DE-PEYROLAS	oui	16
LRO	TAVE CENTRE	non	1
LRO	TAVE EXTENSION	oui	13
LRO	VERNET-SAHORRE	oui	15
LRO	VILLEVEYRAC	non	
LRO	MARTINET ET SALLES DE GAGNIERES	oui	1
LRO	Cavaillac	oui	3
MPY	CREISSELS	oui	1
MPY	TREBAS-CADIX	oui	24
MPY	GAGES	oui	0
MPY	SALIES DU SALAT	oui	0
MPY	BRUSQUE	oui	2
MPY	CARMAUX	oui	3
MPY	CHÂTEAU VERDUN	oui	24
MPY	DECAZEVILLE	non	
MPY	LE MINIER	non	
MPY	MONDALAZAC ET SOLSAC	oui	4
MPY	VILLEFRANCHE-DE-ROUERGUE	oui	2
MPY	PLANIOLES	oui	6
NPC	BOULONNAIS (Hardinghen+Fiennes)	oui	11
NPC	AVESNOIS	non	
NPC	ZONE 1	oui	21
NPC	ZONE 2	oui	20
NPC	ZONE 3	oui	13
NPC	ZONE 4	oui	7
NPC	ZONE 5	oui	11
PACA	PIOLENC	oui	32
PACA	BOIS DE LAGARDE - VALMASQUE	oui	4
PACA	BRIANCONNAIS	oui	11
PACA	COGOLIN	oui	5
PACA	GARROT-FONSANTE	non	
PACA	LA BAUMONE	oui	2
PACA	LA CADIÈRE-FONTANIEU	oui	3
PACA	LES BORMETTES	oui	2
PACA	LES CAMOINS	oui	0
PACA	LES TAPETS SIGNON	oui	5
PACA	LIQUETTE (Vedes, Coudoux, La Fare)	oui	8
PACA	LUBERON	oui	12
PACA	SAINT-MAIME (cf luberon)	oui	so
PACA	MANOSQUE-SIGONCE (cf luberon)	oui	so
PACA	MONTDRAGON	oui	2
PACA	SAINT-VICTOR	oui	3
PACA	LES BAUX-MAUSSANE	oui	6
PACA	GARDANNE	oui	2
<i>paca</i>	<i>Plan d'Aups</i>	oui	13

Région	Nom du Titre / Site d'étude	Analysé pour la base de	Nombre de désordre(s)
<i>LRO</i>	<i>Venejan</i>	oui	10
<i>paca</i>	<i>Mazaugues</i>	oui	65
PAL	ABBARETZ	oui	10
PAL	LES TOUCHES	oui	12
PAL	SEGRE 3 - LA FERRIERE DE FLEE	non	
PAL	SEGRE 1	non	
PAL	SEGRE 2	non	
PAL	LA TABARIERE	oui	9
PAL	L'HUISSERIE-MONTIGNE	oui	5
PAL	LE PAVILLON D'ANGERS	oui	2
PAL	ROCHETREJOUX	oui	9
PAL	PIRIAC	oui	7
PAL	FAYMOREAU (SAINT-LAURS)	oui	13
PAL	SAINT-PIERRE-MONTLIMART	oui	4
PAL	SABLE-SOLESMES	oui	11
PAL	LE LAYON	oui	16
PAL	<i>Le LAYON (SUITE)</i>	oui	29
POC	MALLIEVRE	oui	3
POC	ALLOUE	oui	8
POC	MELLE	oui	3
RHA	PEISEY-NANCROIX	non	
RHA	SAINT PRIEST LA PRUGNE	oui	4
RHA	MONGIROD ET LA THUILE	oui	5
RHA	CHARMES ET SOYONS	oui	0
RHA	TARTARAS-ST JEAN DE TOUSLAS	oui	58
RHA	COMMUNAY ET TERNAY	oui	6
RHA	ST DIDIER DE LA TOUR	oui	27
RHA	BASSIN DU GIERS	oui	17
RHA	DAUPHINE	non	
RHA	BOURBONGES	oui	2
RHA	CHESSY (LA RONCE)	oui	1
RHA	LA FULY/LA VERPILLERE	oui	3
RHA	LA PLAGNE	oui	6
RHA	LA PLAGNE LEQUENAY	oui	12
RHA	LARGENTIERE	non	
RHA	LAY-CHARBONNIERE	oui	3
RHA	L'ONDAINE	non	
RHA	PRADES ET NIEGLES	non	
RHA	SAIN BEL	oui	6
RHA	SAINT ETIENNE OUEST	non	
RHA	SEYSSEL	oui	7
RHA	SAINT ETIENNE EST	non	
RHA	SAINTE-FOY-L'ARGENTIERE	oui	4
RHA	VOGLANS	non	
RHA	CHAMEE	oui	1
RHA	UNIEUX ET FRAISSES	oui	1
RHA	VEYRAS	oui	so
RHA	DOUVRES	oui	0
RHA	LA VOULTE	oui	so
RHA	<i>Aubenas</i>	oui	14
RHA	<i>Saint-Michel de Maurienne</i>	oui	26

ANNEXE 2
Liste des études spécifiques / d'intervention
de GEODERIS analysées

Référence	Concession/Bassin minier	L'analyse de l'étude a fourni des données pour la base de données ?	Observations
GEODERIS S 2010/34DE-10LRO3500	Barjac	non	fissures
GEODERIS/E2009-237DE	Montceau les Mines	oui	
GEODERIS/E2008-220DE	BFL	oui	
GEODERIS/E2009-108DE	Crusnes	non	crevasses
GEODERIS/E2012/056DE-12LOR3500		non	eff. Loc. kartsique
GEODERIS/S2013/055DE-13RHA3502	Quartier Gaillard	non	eff. Loc. lié à ouvrage non minier
GEODERIS E2011/050DE-11NPC3500	Hardinghen	non	
GEODERIS/E2008-074DE	Moyeuve petite	non	
GEODERIS S 2008/77DE-08LIM3420	Vaulry et Cieux	non	non minier et/ou déjà traité avec EDA
GEODERIS S 2009/38DE-09RHA3510	Cros	oui	
GEODERIS S2012/70DE-12AUV3501	Chambonnet	oui	
GEODERIS S 2014/007DE-14LRO3501	Connaux	oui	
GEODERIS S 2011/43DE-11MPY3500	Lavernhe	oui	
GEODERIS W2011/006DE-11BNO3510	Mont-Pinçon	oui	
GEODERIS S2013/078DE-13LIM3501	Lapleau	non	origine incertaine (puits eau/minier?)
GEODERIS W2009/023DE-09BRE3520	hors titre	oui	
GEODERIS S2013/110DE-13AUV3504	hors titre	oui	
GEODERIS W2012/018DE-12BNO3530	hors titre	non	puits eau
GEODERIS W2011/014DE-11BNO3520	Halouze	oui	
GEODERIS S2013/023DE-13LRO3502	Rochebelle	oui	
GEODERIS S2012/87DE-12LRO3530	Rochebelle	oui	
GEODERIS E2009/164DE-09LOR3500	Witten	non	crevasses
GEODERIS S2014/014DE-14LRO3503	Venejan	oui	
GEODERIS S2013/096DE-13LRO3503	La Croix de Pallières	oui	
GEODERIS E2008/145DE-08LOR3400		non	eff. loc. kartsique
GEODERIS E2012/066DE-12NPC3510	Anzin	non	non minier
GEODERIS W2011/020DE-11PAL3520	StPierreMontlimart	oui	
GEODERIS E2008/152DE-08NPC3100	NPdC	oui	
GEODERIS E2011/032DE-11NPC3500	Hardinghen	non	non minier
GEODERIS E2008-071DE-08LOR3400		non	non minier
GEODERIS S2011/87DE-11AUV3500	hors titre	oui	
GEODERIS E2013/159DE-13BOU3501	La Machine	oui	
GEODERIS E2008/277DE-08LOR3400		oui	
GEODERIS E2012/060DE-12LOR3500		non	
GEODERIS E2012/027DE-12NPC3000		non	non minier
GEODERIS S2014/004DE-14LRO3502	Venejan	oui	
GEODERIS E2008/272DE-08LOR3400	BFL	oui	
GEODERIS S2012/86DE-12AUV3503	Saint-Gervais-d'Auvergne	oui	
GEODERIS E2009/044DE-09LOR3500	Tiercelet	oui	
GEODERIS S2012/05DE-12LRO3510	Saint-Victor-la-Coste	oui	
GEODERIS W2014/006DE-14OUE3505	Chazé-Henry	oui	
GEODERIS E2013/132DE-13BOU3503	le Creusot	non	desordre souterrain
GEODERIS E2008/273DE-08LOR3400		non	non minier
GEODERIS E2013/116DE-13BOU3501	La Machine	oui	
GEODERIS E2009/172DE-09NPC3500	Hardinghen	non	non minier
GEODERIS S2008/59DE-08AUV3420		non	glissement non minier
GEODERIS S2010/69DE-10MPY3600		non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2012/061DE-12LOR3500		non	non minier
GEODERIS S2012/110DE-12AUV3504	hors titre	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2011/054DI-11LOR3500	BFL?	non	non minier
GEODERIS S2009/34DE-09LIM3520	Vaulry et Cieux	non	non minier
GEODERIS S2010/51DE-10LIM3500	Ahun	oui	
GEODERIS S2010/57DE-10AUV3500	hors titre	non	non minier
GEODERIS E2008/131DE-08NPC3100	NPdC	non	non minier
GEODERIS E2013/001DE-12LOR3500		non	non minier
GEODERIS S2011/15DE-11AUV3501	Barbecot	oui	
GEODERIS S2010/68DE-10RHA3500	St-Chamond	oui	
GEODERIS E2009/013DE-09LOR2210		non	non minier
GEODERIS E2011/146DE-11LOR3500	Tiercelet	non	non minier
GEODERIS W2012/015DE-12BNO3520	Littry	non	non minier
GEODERIS E2009/202DE-09NPC3500	Hardinghen	non	non minier
GEODERIS S2012/34DE-12LIM3500	Ahun nord	oui	
GEODERIS S2014/028DE-14LRO3503	Venejan	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS W2009/017DE-09BRE3620	Tremuson	non	non minier
GEODERIS E2010/078DE-10LOR3500		non	non minier
GEODERIS W2009/012DE-09PAL3510	Faymoreau	oui	
GEODERIS W2009/060DE-09PAL3530	St-Pierre-Montlimart	oui	
GEODERIS E2010/086DE-10BOU3300	Montceau les Mines	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS S2012/112DE-12RHA3501	Montgirod?	non	fissures non minières
GEODERIS E2011/037DE-11LOR3500		non	non minier
GEODERIS S2008/68DE-08AUV3440	Combelle	non	non minier
GEODERIS S2012/105DE-12RHA3502	Saint-Etienne	oui	
GEODERIS E2006-021E	De Wendel	non	non effloc
GEODERIS S2009/15DE-09LRO2230	La Grand'Combe Ouest	non	non effloc
GEODERIS E2012/062DE-12NPC3500	NPdC Zone2	oui	
GEODERIS W2010/025DE-10PAL3510	Piriac	oui	
GEODERIS S2009/44DE-09RHA3510	Saint-Etienne	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2011/150DE-11LOR3500	BFL?	oui	
GEODERIS E2010/072DE-10LOR3500	La Croix aux Mines	oui	

Référence	Concession/Bassin minier	L'analyse de l'étude a fourni des données pour la base de données ?	Observations
GEODERIS E2011/095DE-11/LOR3500	BFL	non	non minier
GEODERIS E2011/161DE-11LOR3500	BFL	non	crevasses
INERIS-DRS-07-90550-09284A Projet	Trémuson	oui	
GEODERIS W2007/025DE-07BRE4310	Trémuson	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2010/chronoDE-10FRC3500	?	non	fissures
GEODERIS E2014/096DE-14ALS3501		oui	
GEODERIS S2010/07DE-10MPY3500	Carmaux	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2008/052DI-08LOR2210	?	oui	25 eff. Loc. de grdes dimensions
GEODERIS E2013/114DE_bis-13NPC3503	NPdC Zone 4	non	fissures
GEODERIS W2009/003DE-09BNO3510	La ferrière aux Etangs	oui	
GEODERIS W2007/65DE-07BNO2330	May-sur-Orne	oui	
GEODERIS E2006/451DE-06LOR2500	BFL	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2013/019DE-13FRC3501		oui	
GEODERIS W2008/016DE-08BNO3410	Halouze	oui	
GEODERIS E2008/275DE-08LOR3400	BFL	non	crevasses
GEODERIS E2007/399DE-07LOR2220	BFL?	non	karst ou crevasses
GEODERIS S2008/89DE-08RHA3420	site du Haut-Cluzel	oui	
GEODERIS W2007/061DE-07PAL2410	Segré	oui	
GEODERIS W2010/048DE-10PAL3510	Priac	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODEROS S2012/103DE-12LRO3550	Robiac-et-Meyrannes	non	non minier
GEODERIS S2011/72DE-11PAC2214	Piolenc	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS W2007/062DE-07BRE2510	la Touche	oui	
GEODERIS E2006/449DE-06LOR2540	BFL	oui	
GEODERIS E2009/025DE-09LOR3300	BFL?	non	effloc trop peu décrit
GEODERIS E2008/232DE-08LOR2320	BFL?	non	désordre en souterrain
GEODERIS S2011/47DE-11LRO3500	Villeveyrac	oui	
GEODERIS E2013/122DE-13BOU3501	LaMachine	non	fissures non minières
GEODERIS S2009/32DE-09LIM3530	Ahun	oui	
GEODERIS E2012/147DE-12LOR3500	BFL?	oui	
GEODERIS S2009/50DE-09RHA3520	La Catonnière	oui	
GEODERIS E2008/280DE-08LOR3400	BFL?	non	fissures
GEODERIS S2009/18DE-09AUV3510	Noyant	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2013/021DE-13NPC3501	NPdC	non	non minier
GEODERIS E2011/183DE-11LOR3500	BFL?	non	non minier
GEODERIS S2013/093DE-13AUV3501	Brassac	oui	
GEODERIS S2012/61DE-12LIM3510	Ahun	oui	
GEODERIS W2011/027DE-11BNO3530	May-sur-Orne	non	non minier
GEODERIS E2012/215DE-12ALS3500	Pechelbronn	non	non minier
GEODERIS E2013/172DE-13LOR3511	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2013/181DE-13LOR3513	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2014/095DE-14BOU3501	Les télots	oui	
GEODERIS E2009/014DE-09NPC3500	NPdC	non	non minier
GEODERIS E2013/115DE-13LOR3509	BFL?	non	non minier
GEODERIS W2013/002DE-13OUE3510	Mallièvre	oui	
GEODERIS E2007/520DE-07LOR2221	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2007/131DE-07LOR2221	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2011/005DE-11BOU3500	la Machine	non	non minier
GEODERIS S2008/69DE-08LRO3410	Barjac	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS W2013/013DE-13OUE3504	Aulnais	oui	
GEODERIS E2014/035DE-13LOR3514	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2014/046DE-14LOR3502	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2008/181DE-08FRC1100	?	non	non minier
GEODERIS S2008/49DE-08AUV3410	Fondary	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2013/171DE-13LOR3511	BFL?	non	crevasses
GEODERIS E2009/171DE-09LOR3200	BFL?	non	fissures non minières
GEODERIS E2013/013DE-13LOR3503	BFL?	non	fissures non minières
GEODERIS E2012/109DE-12LOR3500	BFL?	non	fissures non minières
GEODERIS E2013/170DE-13LOR3510	BFL?	non	non minier
GEODERIS E2008/222DE-08LOR3500	BFL?	non	crevasses
GEODERIS S2009/60DE-09LRO3520	La Tave	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS W2006/020DE-06OUE7000	hors titres (proche Chazé-Henri)	non	trop peu décrit et origine incertaine
GEODERIS E2007/184DE-07LOR2221	BFL?	non	fissures
GEODERIS S2003/???	Bezenet	non	eff. loc. minier déjà traité avec EDA
GEODERIS E2010/209DE-10LOR3500	BFL?	non	crevasses
GEODERIS S2011/84DE-11AUV3500	Bérauds-et-Gabeliers	oui	
GEODERIS S2013/090DE-13AUV3503	Brassac	non	fissures

ANNEXE 3
Liste des cas exclus de la base de données

Source	Référence	Titre Minier	Substance exploitée	Nombre de désordres	Surface impactée	L	I2	Profondeur	Date d'exploitation	Précision date d'exploitation	Date de manifestation du désordre	Précision date de manifestati	Contexte géologique	Nature des travaux	Profondeur des travaux	observations	Pourquoi est il exclu ?
EDA	DRS-09-104936-11014A	Ronchamp-Champagne	Houille	1	s.o.	150 m	70 m	non disponible	1890	+/- 70 ans	1813	+/- 0 ans	Plateure	travaux souterrains	non disponible	"En 1813, un grand éboulement se produit à la Galerie du Cheval et conduit les Ingénieurs des Mines à préconiser une largeur de 2.30 m pour les galeries et 2.80 m pour d'après agriculteur, cette cuvette ce serait encore enfoncée d'1m ces 15 dernières années	effondrement de grande extension au fond qui se traduit par un tassement souple en surface, pas un eff. Loc.
EDA Commentry	INERIS-DRS-10-112085-08274A	Ferrières	Ho	1	5745	130 m	40 m	3 m	1885	+/- 15 ans	1970	+/- 40 ans	Plateure	travaux souterrains	37,5	0,3à1,5m d'amplitude observé en 2010	"cuvette" : pas d'élément prouvant que c'est un eff loc à l'origine
EDA Commentry	INERIS-DRS-10-112085-08274A	Commentry	Ho	1	3400	80 m	50 m	non disponible	1875	+/- 5 ans	1940	+/- 65 ans	Plateure	travaux souterrains	12,5	Située sur une parcelle cultivée, cette zone présente deux grandes dépressions de Øà2,5m d'amplitude.	"cuvette" : pas d'élément prouvant que c'est un eff loc à l'origine
EDA Commentry	INERIS-DRS-10-112085-08274A	Commentry	Ho	2	16530	80 m	80 m	non disponible	1885	+/- 25 ans	1945	+/- 60 ans	Plateure	travaux souterrains	37,5	0,3à0,5m d'amplitude observée en 2010	"cuvette" : pas d'élément prouvant que c'est un eff loc à l'origine
EDA Commentry	INERIS-DRS-10-112085-08274A	Commentry	Ho	1	5000	70 m	70 m	non disponible	1875	+/- 5 ans	1940	+/- 65 ans	Plateure	travaux souterrains	37,5	2 grandes dépressions cote à cote, de 0,5à1m d'amplitude en 2010	Affaissements avec grattages qui ont modifié la surface
EDA Commentry	INERIS-DRS-10-112085-08274A	Commentry	Ho	2	4980	50 m	50 m	non disponible	1935	+/- 25 ans	1970	+/- 40 ans	Plateure	travaux souterrains	12,5	travaux supposés+aff. Zone avec grde depression+dome, d'après agriculteur, zone ayant "descendue" au fil du temps...	eboulement au fond tassement en surface ? Probablement pas eff loc
EDA Queune	INERIS-DRS-09-87805-03411A	Bérauds-et-Gabelliers	Ho	1	s.o.	30 m	30 m	non disponible	1843	+/- 34 ans	1980	+/- 25 ans	Dressant	non disponible	25	Interpreter: gros effondrement consécutif à travaux	tassement/affaissement. Probablement pas eff loc.
EDA Bize-Minervois	INERIS-DRS-06-77686/R01-R02	PEX Roueyre	Li	1	1450	60 m	30 m	1,5 m	1945	+/- 3 ans	1977	+/- 29 ans	Plateure	travaux souterrains	10	origine minière incertaine, 0,5m d'amplitude	eboulement au fond tassement en surface ? Probablement pas eff loc
EDA Vêdes-La Fare	INERIS-DRS-07-79530-04642A	Coudoux	Li	1	s.o.	30 m	30 m	non disponible	1920	+/- 4 ans	1965	+/- 40 ans	Plateure	travaux souterrains	25	origine minière incertaine, 0,5m d'amplitude	Affaissement
EDA Bize-Minervois	INERIS-DRS-06-77686/R01-R02	PEX Roueyre	Li	1	100	25 m	3 m	1,5 m	1945	+/- 3 ans	1977	+/- 29 ans	Plateure	galerie isolée	5	cuvette de 1m d'amplitude (2009), pas de travaux (ni avérés ni supposés), puits de recherche non retrouvé dans la zone...	indice / travaux supposés
EDA Bezenet-Doyet-Montvicq (03)	INERIS-DRS-09-105720-10107A	Doyet	Ho	1	so	20 m	20 m	non disponible	1900	+/- 40 ans	1950	+/- 50 ans	Plateure	non disponibl	so	emplacement supposé puits de recherche	tassement/affaissement. Probablement pas eff loc.
EDA Bezenet-Doyet-Montvicq (03)	INERIS-DRS-09-105720-10107A	Doyet	Ho	1	so	20 m	20 m	non disponible	1900	+/- 40 ans	1950	+/- 50 ans	Plateure	non disponibl	so	origine minière incertaine, 0,5m d'amplitude	Affaissement
EDA Vêdes-La Fare	INERIS-DRS-07-79530-04642A	Coudoux	Li	1	s.o.	20 m	20 m	non disponible	1920	+/- 4 ans	1965	+/- 40 ans	Plateure	travaux souterrains	25	1m d'amplitude observée en 2009. "affaissement", emprise correspondant a une env.trvx 0/50m de prof. présence d'un niveau superposé inférieur à +50m de prof	Affaissement
EDA Bert	INERIS-DRS-09-103514-04315A	Unieux	Ho	1	so	260 m	177 m	2,5 m	1855	+/- 25 ans	1940	+/- 60 ans	Plateure	errains (mét)	25	2m d'amplitude observée en 2009. "affaissement". Methode partielle+totale, partielle retenue.	Affaissement
EDA Bert	INERIS-DRS-09-103514-04315A	Unieux	Ho	1	so	75 m	40 m	non disponible	1945	+/- 5 ans	1980	+/- 30 ans	Plateure	travaux sout	25	Presence de trvx superposés +50m de prof "affaissement"	Affaissement
EDA Bert	INERIS-DRS-09-103514-04315A	Unieux	Ho	1	so	68 m	7 m	2,5 m	1855	+/- 25 ans	1940	+/- 60 ans	Plateure	travaux souterrains	12,5	"affaissement" 10 ans apres exploitation	Affaissement
EDA Rive-de-Gier	INERIS-DRS-10-112241-08240A	La Catonnière	Ho	1	so	50 m	10 m	non disponible	1940	+/- 10 ans	1960	+/- 5 ans	Plateure	travaux souterrains	15	"affaissement" d'une chaussée, explication rapport info page 111/112	Effondrement Généralisé
EDA Layon	INERIS-DRS-09-103510-08438A	Layon et Loire	Ho	1	so	20 m	5 m	0,25 m	1895	+/- 30 ans	1920	+/- 0 ans	Dressant	galerie isolée	17	"effondrement brutal suite à invasion des travaux sout par une poche d'eau". Alea moyen eff general	Affaissement
Chatenois-les-Forges	INERIS-DRS-0896737-03587A	Chatenois-les-Forges	Fe	1	so	80 m	80 m	10 m	1830	+/- 50 ans	1925	+/- 5 ans	Dressant	travaux souterrains	50	"petit affaissement sur chaussée" (problème date exploitation, probable vieux travaux.)	Affaissement
EDA Faymoreau	INERIS-DRS-05-67785/R01	Faymoreau	Ho	1	so	30 m	10 m	non disponible	1943	+/- 12 ans	1929	+/- 0 ans	Dressant	travaux souterrains	15		Affaissement

ANNEXE 4
Extrait de la base de données

