

PRÉFET DE LA SEINE-SAINT-DENIS

Direction régionale et interdépartementale
de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France

Bobigny, le 25 JAN. 2018

Unité Départementale de Paris

Pôle interdépartemental de Prévention des risques naturels

Nos réf. : PIRIN/2018/43885

Vos réf. :

Affaire suivie par : Sylvia ETTENAT

sylvia.ettenat@developpement-durable.gouv.fr

Tél. : 01 87 36 46 13 - Fax : 01 87 36 40 00

Courriel : pirin_ut75_driee-if@developpement-durable.gouv.fr

LR avec AR 1A 145 120 1530 8

Monsieur le maire,

Votre commune est exposée aux risques d'affaissement et d'effondrement de terrain liés à la présence d'anciennes carrières et à la dissolution du gypse. À ce titre, un arrêté préfectoral du 16 décembre 1986 modifié le 18 avril 1995, pris au titre de l'ancien article R. 111-3 du code de l'urbanisme, approuve la délimitation du périmètre des zones de risques liés aux anciennes carrières souterraines et l'existence de poches de dissolution de gypse antéludien.

Afin d'améliorer la connaissance de ces phénomènes sur votre territoire, j'ai demandé à l'Inspection générale des Carrières (IGC) de réaliser une étude d'aléas liés aux anciennes carrières et à la dissolution du gypse.

Une carte des aléas a été élaborée et présente plusieurs niveaux d'aléas allant de faibles à très forts. L'ensemble de ces zones correspondent aux secteurs exposés aux risques d'affaissements et d'effondrements localisés liés à la présence des anciennes carrières.

De plus, trois niveaux d'aléas allant de faible à fort ont été retenus pour la dissolution du gypse. Une carte d'aléas relatifs à la dissolution du gypse antéludien est présentée à titre d'information. Néanmoins, une étude hydrogéologique dédiée et à une échelle plus fine a été commandée afin d'identifier les zones de dissolution préférentielles.

Monsieur Bertrand KERN
Maire de Pantin
Hôtel de ville
84/88, avenue du Général Leclerc
93 507 PANTIN CEDEX



Certificat N° A 1607

Champ de certification disponible sur :

www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr

Après une première réunion avec les services techniques le 16 mai 2017, puis avec les élus le 20 novembre 2017, je porte donc à votre connaissance cette étude réalisée en 2016/2017 par l'IGC que vous trouverez ci-jointe. Je vous invite à mettre en œuvre les recommandations concernant l'urbanisme et l'information préventive indiquées dans l'annexe technique ci-jointe.

Enfin, je vous rappelle qu'en application de l'article L. 563-6 du Code de l'environnement, dès que l'existence d'une cavité souterraine dont l'effondrement est susceptible de porter atteinte aux personnes ou aux biens est portée à votre connaissance, il vous appartient de m'en informer sans délai.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'expression de mes salutations distinguées.

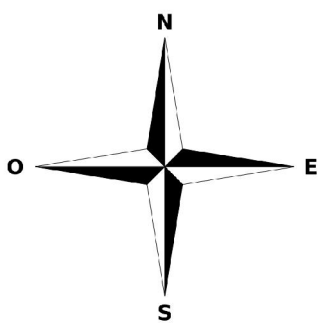
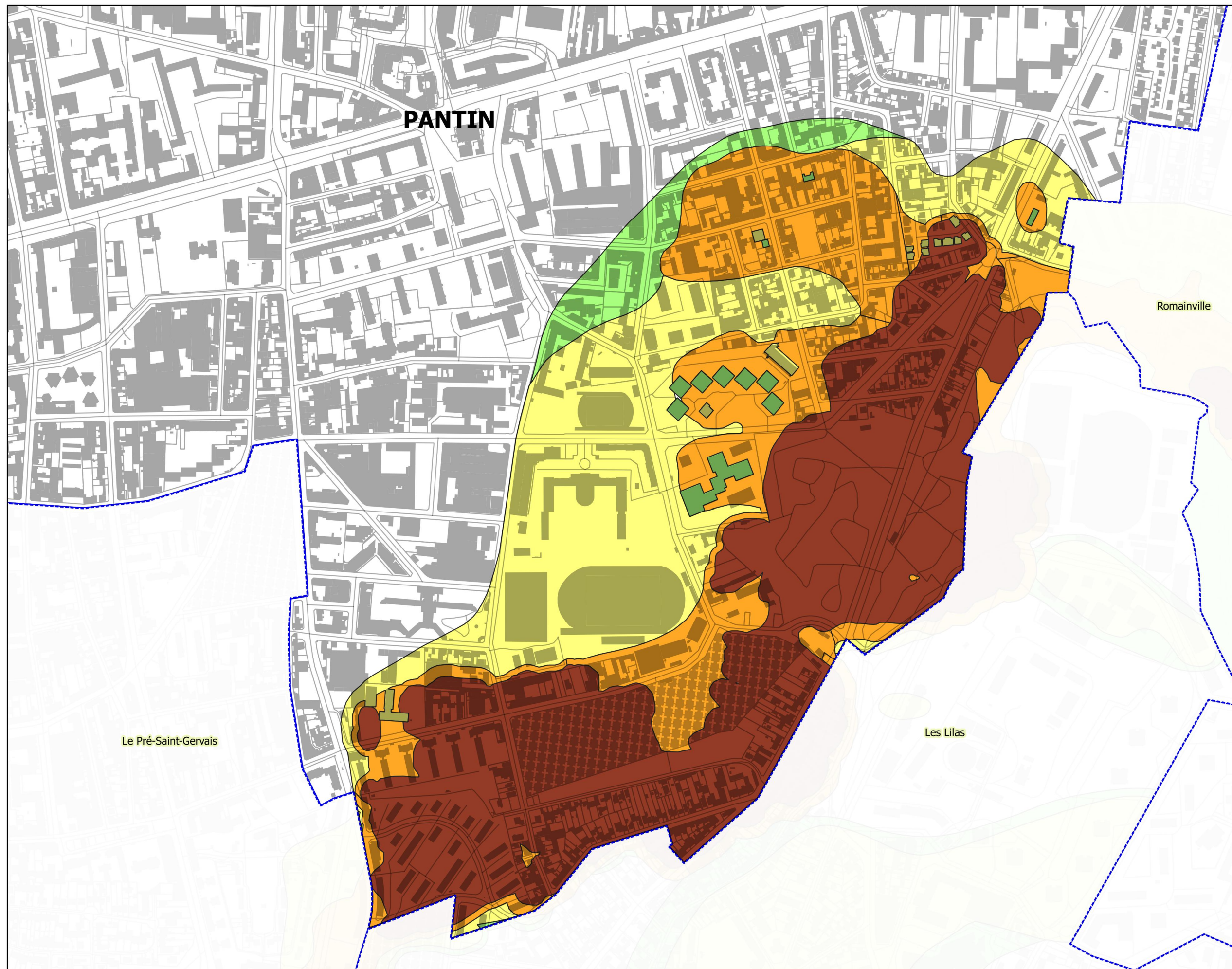
bon à val,

Le Préfet,

Le préfet de la Seine-Saint-Denis


Pierre-André DURAND

Carte des aléas mouvements de terrain liés aux anciennes carrières Commune de Pantin

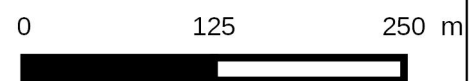


--- Limite communale

Niveaux d'aléas

- aléa très fort
- aléa fort
- aléa moyen
- aléa faible

N.B : la partie Nord de la commune n'est pas concernée par les aléas liés aux anciennes carrières



Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France

Pôle interdépartemental de prévention des risques naturels

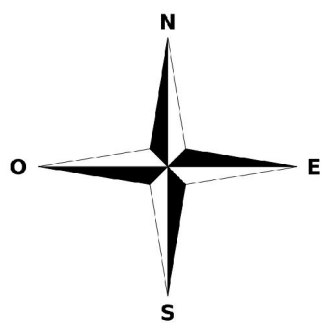
Date : Novembre 2017

Echelle : 1/5 000
Format d'impression : A3

Données : DRIEE - IGC
Fond de carte :
IGN - BD Topo 2015
IGN - BD Parcellaire 2011



Carte informative des aléas mouvements de terrain liés à la dissolution de gypse antéludien Commune de Pantin



▭ Limite communale
Niveaux d'aléas dissolution
■ aléa fort
■ aléa moyen
■ aléa faible

0 250 500 m



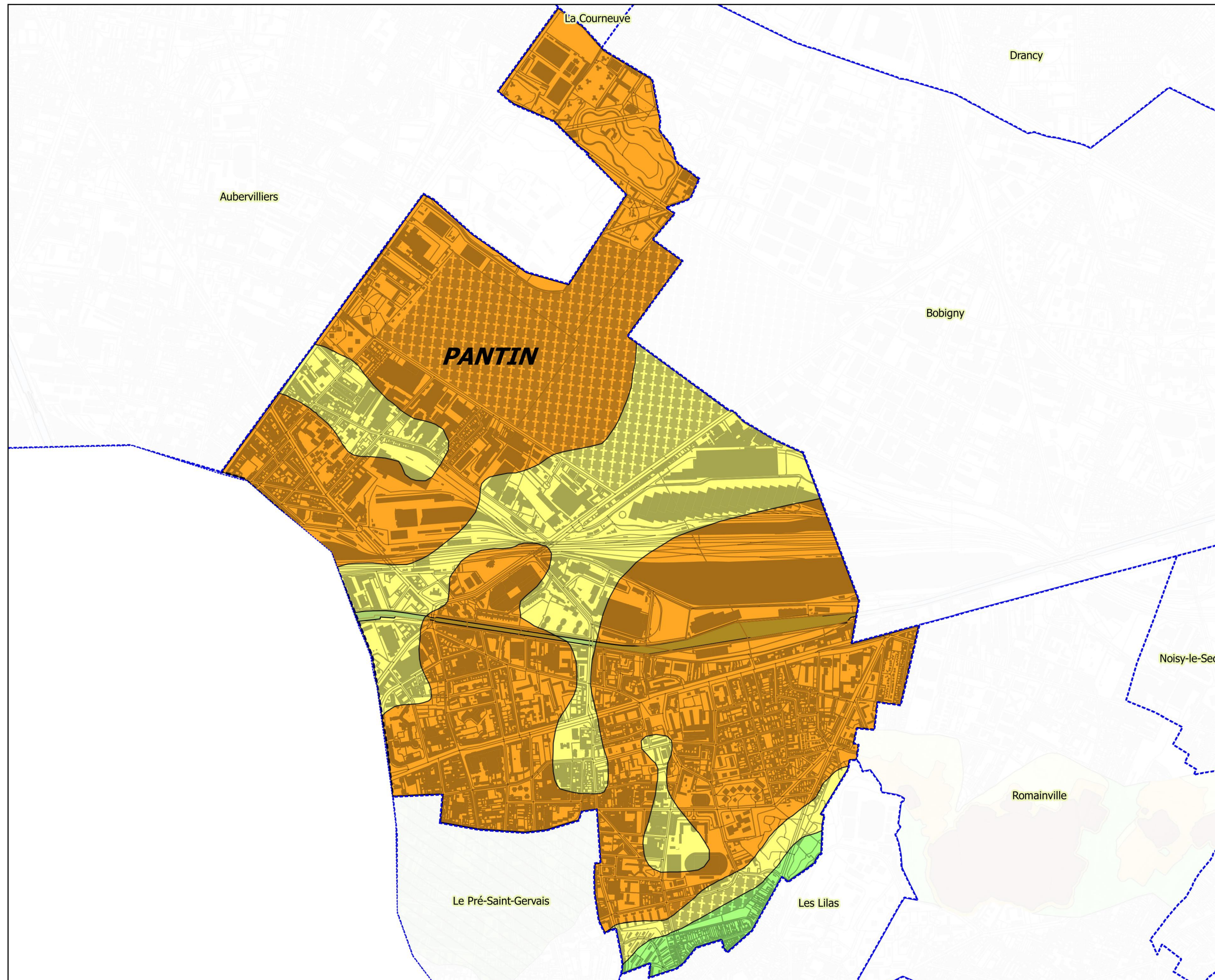
Direction régionale et
interdépartementale de
l'environnement et de l'énergie
d'Île-de-France

Pôle interdépartemental de
prévention des risques naturels

Date : Novembre 2017

Echelle : 1/15 000
Format d'impression : A3

Données : DRIEE - IGC
Fond de carte :
IGN - BD Topo 2015
IGN - BD Parcellaire 2011



ANNEXE TECHNIQUE

Préfecture de la Seine-
Saint-Denis

Direction régionale et
interdépartementale de
l'environnement et de
l'énergie Île-de-France

Pôle interdépartemental
de prévention
des risques naturels

Novembre 2017

Porter à connaissance anciennes carrières et dissolution du gypse antéludien commune de Pantin

Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie
d'Île-de-France

www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr



PRÉFET DE LA
SEINE-SAINT-DENIS

1 - Introduction

La commune de Pantin est concernée par un arrêté du 16 décembre 1986 modifié le 18 avril 1995, pris au titre de l'ancien article R. 111-3 du code de l'urbanisme, approuvant la délimitation du périmètre des zones de risques liés aux anciennes carrières souterraines et l'existence de poches de dissolution de gypse antéludien. En effet, la présence de cavités souterraines peut être à l'origine de mouvements de terrain et de désordres en surface pouvant aller de l'affaissement de terrain à l'effondrement généralisé.

En 2016, l'Inspection générale des Carrières (IGC) a mené une étude de l'aléa mouvements de terrain liés aux anciennes carrières exploitées en souterrain ou à ciel ouvert du territoire de Pantin.

Le rapport de cette étude d'aléa, établi en avril 2017, décrit d'abord le contexte géologique et les types d'exploitations sur le territoire étudié ainsi que les phénomènes redoutés. Ce rapport présente ensuite un aperçu historique des carrières connues sur le secteur étudié ainsi que l'évaluation et la caractérisation des aléas.

À partir de la méthodologie d'évaluation des niveaux d'aléas, qui est présentée en pages 23 à 31 du rapport d'étude, **une carte d'aléas relatifs aux anciennes carrières** (ci-jointe) a été élaborée. Quatre niveaux d'aléas (très fort, fort, moyen et faible) ont été retenus dans le cadre de l'évaluation des aléas réalisée par l'IGC. Seule la partie sud du territoire communal est concernée.

Par ailleurs, l'ensemble de la commune de Pantin est concerné par les phénomènes de dissolution de gypse antéludien. La méthodologie d'évaluation des niveaux d'aléas liés à la dissolution de gypse est présentée en pages 24 à 25 du rapport d'étude. **Une carte d'aléas relatifs à la dissolution du gypse antéludien** (ci-jointe) est présentée à titre d'information. Trois niveaux d'aléa ont été retenus : fort, moyen et faible.

Néanmoins, une étude hydrogéologique dédiée et à une échelle fine sera nécessaire afin d'identifier les zones de dissolution préférentielles.

2 - Recommandations en matière d'urbanisme

En application de l'article L. 563-6 du Code de l'environnement, les communes ou groupements de communes compétents en matière d'urbanisme élaborent en tant que de besoin des cartes délimitant les sites où sont situées les cavités souterraines et les marnières susceptibles de provoquer l'effondrement du sol. En outre, l'article L. 101-2 du Code de l'urbanisme mentionne que l'action des collectivités publiques en matière d'urbanisme vise à atteindre notamment l'objectif de prévention des risques naturels prévisibles. **Il convient donc d'annexer au plan local d'urbanisme, les cartes des aléas mouvements de terrain ci-jointes.**

♦ **Lors de l'instruction des demandes de permis de construire**, dans les secteurs concernés par les anciennes carrières, il est recommandé, en recourant aux dispositions de l'article R. 111-2 du Code de l'urbanisme :

- **en zone d'aléa très fort**, d'interdire les constructions nouvelles lorsque les projets sont localisés en dehors des zones d'aménagement concerté (ZAC) et des quartiers prioritaires de la politique de la ville (QPV) ;
- **dans toutes les zones d'aléa**, d'interdire les puisards ou les puits d'infiltration et de rendre obligatoire le raccordement des eaux usées et pluviales aux réseaux collectifs lorsqu'ils existent.
- sous réserve que le pétitionnaire mette en œuvre des mesures nécessaires pour s'assurer de la stabilité du sous-sol (comblement ou traitement des anciennes carrières, adaptation des fondations...), notamment par la réalisation d'études géotechniques :
 - **en zone d'aléa très fort**, d'autoriser les constructions nouvelles uniquement lorsque les projets sont situés au sein de ZAC ou de QPV ;
 - **dans les zones d'aléa fort à faible**, d'autoriser les constructions nouvelles ;
 - **dans toutes les zones d'aléa**, d'autoriser les travaux nécessaires au fonctionnement des services publics ou les travaux et aménagements permettant de réduire l'exposition aux risques ;
 - **dans toutes les zones d'aléa**, d'autoriser les reconstructions après sinistre.

Une fiche relative aux modalités de mise en œuvre des études et travaux est également jointe : elle pourrait utilement être transmise aux pétitionnaires.

Il est conseillé d'avertir les pétitionnaires, le plus en amont possible, que les **coûts associés** à la réalisation des études géotechniques et des travaux de consolidation peuvent s'avérer onéreux, ainsi que de **l'exigence de qualité** des études et du respect de leurs conclusions afin de garantir la sécurité des personnes.

Rappel : les dispositions de l'arrêté du 16 décembre 1986 modifié le 18 avril 1995 approuvant la délimitation du périmètre des zones de risques liés aux anciennes carrières souterraines et l'existence de poches de dissolution de gypse antéludien dans la commune de Pantin demeurent applicables. En application de cet arrêté, la demande d'autorisation de construire sera soumise à l'avis de l'IGC ou de tout autre organisme compétent.

♦ **Dans le règlement du document d'urbanisme**, il est conseillé de retranscrire ces dispositions.

♦ **L'analyse approfondie des enjeux qui sera conduite lors de la phase d'élaboration du plan de prévention des risques permettra de préciser les zones d'inconstructibilité.**

♦ **Plusieurs actions de prévention sont envisageables à l'échelle de la collectivité, en particulier dans les zones de dissolution du gypse :**

- création de réseaux de collecte des eaux ;
- contrôle périodique (annuel) de l'étanchéité des installations des réseaux de collecte des eaux / bassins d'orage ;
- étude évaluant les risques pour les usagers des espaces publics (réseaux, infrastructures, parcs ...) en zone d'aléa très fort à moyen et mise en œuvre de solution de maîtrise du risque.

3 - Recommandations en matière d'information préventive

Afin de sensibiliser et de responsabiliser les citoyens face aux risques liés aux anciennes carrières, il convient de réaliser les actions d'information préventives suivantes :

- l'élaboration du **document d'information communal sur les risques majeurs** (DICRIM) qui synthétise la description des phénomènes et leurs conséquences sur les personnes et les biens, et précise les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mises en œuvre ainsi que les moyens d'alerte en cas de survenance d'un risque. **Il conviendrait de diffuser le DICRIM très largement sur le territoire communal.**
- l'élaboration du **plan communal de sauvegarde** (PCS) qui regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Le PCS détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population
- la réalisation d'**une information périodique**, a minima tous les deux ans, sur les risques liés aux anciennes carrières via des réunions publiques ou par tout autre moyen approprié. En particulier, il conviendrait de rappeler que conformément à l'article 552 du Code civil, **la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous**. De ce fait, la responsabilité de la bonne exécution des travaux de consolidation des cavités souterraines et leur prise en charge financière incombe, sauf situation de propriété particulière, au propriétaire des terrains de surface. Il en est de même pour l'entretien des ouvrages de protection ou de consolidation. En outre cette information serait l'occasion de rappeler aux particuliers qu'en application de l'article L. 563-6 du Code de l'environnement, obligation leur est faite d'informer le maire de la connaissance de l'existence d'une cavité souterraine.

Fiche relative aux modalités de mise en œuvre des études et travaux

Objectifs des études

Lorsque les cavités sont accessibles (et non accessibles actuellement mais pouvant être rendues accessibles aisément), les objectifs de l'examen géotechnique sont les suivants (norme NF P94-500 mission de type G5 ou norme européenne équivalente) :

- évaluer l'état de conservation des cavités
- suivre l'évolution des cavités
- définir les travaux confortatifs éventuellement nécessaires pour garantir la stabilité des cavités et/ou la surveillance à exercer
- vérifier la concordance des structures du bâti existant ou futur avec le contexte géotechnique

Lorsque les caractéristiques et/ou l'extension des cavités sont mal connues, les objectifs de la campagne de reconnaissance des sols par sondages sont les suivants (norme NF P94-500 mission de type G2 - PRO phase projet ou norme européenne équivalente) :

- déterminer l'existence des cavages
- préciser les contours et l'extension des cavages
- connaître leur état de comblement (vides, partiellement remblayés, comblés,...)
- évaluer leur état de stabilité (partiellement effondrés, toits effondrés,...)
- apprécier la qualité du recouvrement (terrains décomprimés, amorces de fontis, cloches,...)
- définir les travaux éventuels nécessaires et suffisants pour assurer la mise en sécurité de la propriété (comblement des vides, traitement des anomalies,...)
- prendre en compte le contexte géotechnique dans le dimensionnement des fondations de la construction projetée et/ou vérifier la concordance des structures existantes avec les résultats des études et travaux menés

Les études sont menées avec les moyens appropriés par un organisme compétent, possédant dans la mesure du possible les qualifications 1001 « étude de projets courants en géotechnique », 1002 « étude de projets complexes en géotechnique » et 1201 « étude de fondations complexes » de l'Organisme Professionnel de Qualification de l'Ingénierie : infrastructure - bâtiment - industrie (O.P.Q.I.B.I.), ou une qualification européenne équivalente telles que :

- maîtrise des techniques permettant d'appréhender le confortement réciproque des sols et ouvrages complexes
- connaissance approfondie des procédés spéciaux de traitement des sols, des fondations, et des conditions de stabilité et de soutènement des terres
- ou des compétences reconnues dans ces domaines, certifiées et vérifiables

Ces qualifications sont également requises pour le maître d'œuvre des travaux selon le cas d'espèce.

Il est recommandé de se faire assister par un maître d'œuvre ou par un bureau d'étude spécialisé pour la définition et le contrôle des investigations et des travaux de mise en sécurité des cavités souterraines.

La réalisation de ces travaux spécifiques nécessite de les faire effectuer par une entreprise spécialisée dans ce domaine. La définition, la réalisation et le contrôle de ces travaux restent de l'entière responsabilité du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre du projet, du bureau de contrôle et de l'entreprise.

Il est fortement recommandé de mener les investigations et les travaux éventuels en accord avec tous les propriétaires concernés par les excavations.

Documents de référence

Les études et les travaux recommandés sont réalisés en conformité avec les règles constructives et notices techniques en vigueur notamment les documents de référence suivants, téléchargeables depuis les sites internet ci-après.

Études

Recommandation - I.G.C. - Service Interdépartemental – 78/91/95	
Reconnaissance des sols par sondages	2017
Recommandation pour les examens géotechniques	2017
Note sur l'accès aux cavités et le droit de propriété	2017

Travaux

Notices techniques - I.G.C. - Ville de Paris	
Injection gravitaire, clavage et traitement des fontis, préalables à la mise en œuvre de fondations profondes, de type pieux ou micropieux de type supérieur ou égal à II, en zone sous minée par d'anciennes carrières souterraines ou à ciel ouvert	6 janvier 2003
Travaux de consolidations souterraines exécutés par injection pour les carrières de Calcaire Grossier, de gypse, de craie et les marnières	15 janvier 2003
Travaux de consolidations souterraines exécutées par piliers maçonnés dans les carrières de calcaire grossier situées en région parisienne.	15 juillet 2004
Travaux d'injection des anomalies liées à la dissolution du gypse antéludien	31 janvier 2016

Sites internet à consulter :

- Site de l'Inspection Générale des Carrières Yvelines – Val d'Oise – Essonne : <http://www.igc-versailles.fr>
- Site de la Ville de Paris : <http://www.paris.fr>



PLAN DE PREVENTION DES RISQUES MOUVEMENTS DE TERRAIN

ANCIENNES CARRIERES ET DISSOLUTION DU GYPSE ANTELUDIEN

Identification des phénomènes et des aléas
liés à la présence d'anciennes carrières
et à la dissolution du gypse antéludien



Commune de Pantin

avril 2017

Sommaire

INTRODUCTION	5
1. PRÉSENTATION	7
2. ANALYSE DES DONNÉES	9
2. 1. GÉOLOGIE DE PANTIN APPLIQUÉE AUX RISQUES.....	9
2. 2. CONSÉQUENCE DE L'HYDROGÉOLOGIE SUR LES CARRIÈRES ET LA DISSOLUTION	11
2. 3. EXPLOITATIONS DES MATÉRIAUX ET DISSOLUTIONS.....	11
2. 3. 1. <i>Matériaux exploités et taux de défrètement</i>	12
2. 3. 2. <i>Dissolutions de gypse</i>	14
3. DESCRIPTION SOMMAIRE DES DÉSORDRES	16
3. 1. DÉFINITION DES DÉSORDRES	16
3.1.1 <i>Aléas liés à la remontée à la surface des désordres dus aux anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert et aux karsts.</i>	17
3.1.2 <i>Les glissements de terrain liés aux carrières</i>	20
3 2. FACTEURS AGGRAVANT LE PROCESSUS DE DÉGRADATION DES CARRIÈRES	20
4. APERÇU HISTORIQUE DES CARRIÈRES A PANTIN	22
5. MÉTHODOLOGIE : ÉTUDE ET RÉPARTITION DES ALÉAS À PANTIN.....	23
5 1 - ÉVALUATION DE L'ALÉA POUR LES CARRIÈRES.....	23
5.2. - CARACTÉRISATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA LIÉ À LA DISSOLUTION DU GYPSE ANTÉLUDIEN	24
5 3. - CARACTÉRISATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA POUR LES CARRIÈRES.....	25
5.3.1. <i>Zones de protection et marge de reculement</i>	26
5.3.2. <i>Détail des aléas</i>	27
5.3.3. <i>Précisions utiles à la cartographie de l'aléa carrières</i>	30

Illustrations

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des zones de protection et des marges de reculement	27
Tableau 2 : Trois niveaux d'aléas pour les carrières à ciel ouvert	27
Tableau 3 : Quatre niveaux d'aléas pour les carrières souterraines	27
Figure 1 : Extrait du tableau d'assemblage des cartes de carrières de l'IGC	7
Figure 2 : Extrait de la carte géologique réalisée au 1/20000 – quart Nord Est de Paris.....	9
Figure 3 : Coupe schématique des terrains	10
Figure 4 : Schéma d'une carrière à ciel ouvert remblayée, masquant une entrée en cavage et sous minées par d'autres carrières souterraines	13
Figure 5 : mécanisme de venue à jour d'un fontis dans le cas d'une superposition d'étage.....	18
Figure 6 : Méthodologie de la cartographie de l'aléa lié à la dissolution du gypse antéludien	24
Figure 7 : Schéma zone de protection - marge de reculement.....	26
Figure 8 : Superposition de la carte des carrières et de la carte d'aléa lié aux carrières souterraines de PANTIN.....	31
Photo 1 : Maquette de l'Inspection générale des carrières montrant une carrière de gypse ludien à ciel ouvert et souterraine	12
Photo 2 : Schéma d'une carrière souterraine exploitée par la méthode des piliers tournés dans le gypse ludien	13
Photo 3 : Exemple d'un fontis de carrière de gypse de 1ere masse à Pantin (2016).....	18

Introduction

L'existence d'anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert abandonnées dans le département de la Seine-Saint-Denis et sur la commune de Pantin, pouvant être à l'origine de mouvements de terrains, constitue un risque pour les aménagements existants, et une contrainte vis-à-vis de l'occupation ultérieure du sol et du sous-sol.

En vertu de l'arrêté interpréfectoral du 26 janvier 1966, l'IGC doit être consultée dans les communes de l'ancien département de la Seine pour toute autorisation d'urbanisme en zone de carrière. Pour la commune de Pantin, l'arrêté préfectoral du 16 décembre 1986 modifié le 18 avril 1995 vient préciser la notion de zone de risque lié aux anciennes carrières et y adjoindre celle de zone de risque lié aux poches de dissolution du gypse antéludien. Il y prévoit la saisine de l'IGC, ou de tout organisme compétent en la matière (depuis 1995), pour toute autorisation d'urbanisme. Pris en application de l'ancien article R 111-3 du Code l'urbanisme, cet arrêté a aujourd'hui valeur de Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain (PPRMT)

Dans le cadre de la révision de ce PPRMT sur la commune de Pantin, le Préfet de la Seine-Saint-Denis a retenu plusieurs experts pour assister techniquement la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE, anciennement DRIEA, anciennement DDE) qui a pour mission d'élaborer et de mettre en application la révision du PPR. Chaque expert traite de sa partie : les carrières et les dissolutions de gypse sont traitées par l'Inspection générale des Carrières de Paris (IGC).

De manière générale, l'IGC recense l'ensemble des informations sur les carrières ainsi que sur les poches de dissolution du gypse antéludien, inspecte les galeries de carrières, assure une expertise de première urgence en cas de désordre important survenant sur une zone de carrière, et émet des avis sur les demandes d'autorisation de construire.

Ici, l'expertise confiée à l'IGC porte sur l'identification et la cartographie au 1/5000 des aléas engendrés par les carrières souterraines ou à ciel ouvert ainsi que par les dissolutions de gypse antéludien.

Le présent document résume la méthodologie de l'élaboration de l'étude d'aléas et les caractéristiques des carrières et des dissolutions de gypse à Pantin. Après un exposé du type de désordres et des facteurs aggravant les phénomènes d'instabilité, les aléas sont décrits et synthétisés afin de permettre d'en donner une cartographie simple. Ce document technique a vocation à être repris en partie dans la note de présentation du PPRMT et est accompagné des cartes d'aléa « aléa lié à la dissolution du gypse dans les horizons antéludiens à Pantin » et « aléa lié à la présence d'anciennes carrières à Pantin ».

À partir de ce document technique pourra être défini un règlement qui prendra en compte les enjeux en regard des aléas. Le document réglementaire du PPRMT, élaboré par la DRIEE en concertation avec l'IGC et les autres experts missionnés, s'attachera à proposer des dispositions réglementaires dont la prise en compte conditionnera la constructibilité éventuelle des zones sous-minées ou exposées à un risque de mouvement de terrain.

La cartographie comprend un report à l'échelle 1/5000 des cavités connues ou suspectées à la date de la publication de ce plan. La cartographie est réalisée à partir de l'étude des données disponibles à ce jour.

Les cartes suivantes ont été établies :

↳ à l'échelle 1/5000 : carte des aléas liés à la présence d'anciennes carrières à Pantin

↳ à l'échelle 1/5000 : carte des aléas liés à la dissolution du gypse dans les horizons antéludiens à Pantin (Calcaire de Saint-Ouen et Marnes et Caillasses)

Le PPRMT, une fois sa révision approuvée, sera tenu à la disposition du public en préfecture et en mairie. Il sera annexé in extenso aux documents d'urbanisme en vigueur (PLU), et vaudra alors servitude d'utilité publique. Le présent document sera consultable en mairie et à la DRIEE, mais ne sera pas intégré aux dits documents d'urbanisme.

1. Présentation

L'Inspection générale des Carrières (IGC) a mené cette étude à partir des différentes cartes disponibles :

- la carte géologique au 1/20 000 de l'Inspection générale des carrières, quart Nord-Est ;

- la carte géologique « minute » au 1/5000 existant à l'IGC et comportant des points de sondages avec des coupes résumées ;

- les cartes des carrières de l'atlas au 1/1000 réalisées initialement soit à partir des plans fournis par les carriers ou autres mais non vérifiés par l'IGC (délimitations en pointillés) soit à partir de ceux dessinés sur la base des relevés topographiques directement mesurés par des agents de l'IGC (délimitations en traits pleins). Ces cartes de carrières sont tenues à jour à partir des déclarations d'incidents et des récolements de travaux (voirie, permis de construire, grands travaux).

Il convient de noter que certains documents consultés sont anciens et peuvent ainsi être incomplets.

La DRIEE a mené une enquête auprès des divers organismes susceptibles de connaître ou d'archiver des informations géologiques et géotechniques.

Dans le cadre des conventions passées avec le Conseil Départemental de la Seine-Saint-Denis et la commune de Pantin, la Ville de Paris, représentée par l'Inspection générale des Carrières, peut procéder à des visites de contrôle sous le domaine public. Toutefois, les carrières de Pantin ne sont plus aujourd'hui accessibles. Quelques inspections de surface ponctuelles sont effectuées lors d'incidents, à la demande de la ville ou des particuliers. Cependant, dans l'hypothèse de la mise en place de puits de service donnant accès aux carrières souterraines de Pantin, l'Inspection Générale des Carrières serait à même d'effectuer des visites d'inspection permettant de reconnaître dans un premier temps puis de surveiller leur état.

Le présent document expose l'ensemble des données géologiques, géographiques et historiques liées à l'existence des carrières, qui ont été recueillies sur le territoire de la commune de Pantin. L'analyse de ces données a permis de mettre en évidence les critères d'existence des cavités liées aux carrières à ciel ouvert ou souterraines, ainsi que les facteurs entraînant leur dégradation ou leur remontée plus ou moins rapide, sous forme de fontis, vers la surface.

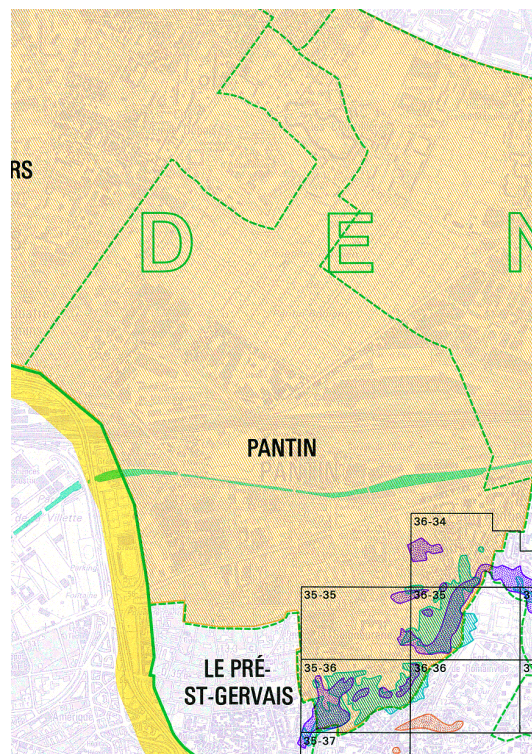


Figure 1 : Extrait du tableau d'assemblage des cartes de carrières de l'IGC

La cartographie des aléas comprend un report au 1/5000 des aléas dus aux cavités connues à la date de la publication de ce plan. Cette cartographie est réalisée à partir de l'étude des données disponibles à ce jour : géologie, hydrogéologie, diagraphies, coupes de sondages et visites quand elles sont possibles. L'analyse critique de ces données permet de définir les niveaux d'aléas et d'établir la carte correspondante.

On déplore une absence d'informations pour certaines parties de carrières souterraines dont l'existence est fortement présumée. En ce cas, il n'existe pas de cartes de carrières permettant de les localiser précisément et de pouvoir informer le public. De la même manière, les limites d'exploitation des carrières à ciel ouvert peuvent être mal définies. Dans ce cas cette carte d'aléa incorpore cette incertitude.

Une seconde partie consiste à déterminer les niveaux d'aléa liés à la dissolution du gypse. La commune de Pantin est en effet soumise aux aléas liés à la dissolution du gypse antéludien inclus par bancs lenticulaires dans les horizons des Marnes et Caillasses ainsi que du Calcaire de Saint-Ouen.

La dissolution peut également affecter les Masses et Marnes du Gypse ludien. Il n'existe toutefois pas de facteur « naturel » déclenchant ce phénomène à Pantin ; l'ensemble de commune est concernée par la présence de gypse ludien, mais celui-ci se dégrade principalement à la faveur de circulations anthropiques (fuites de réseaux notamment). Cet aléa ne justifie donc pas de cartographie à part entière.

Les données disponibles relatives à la dissolution du gypse sont bien moins détaillées qu'elles ne le sont en ce qui concerne le risque lié aux carrières. Aucune cartographie de ces vides aveugles et évolutifs n'existe aujourd'hui ; les données disponibles ne sont que très ponctuelles : sondages localisés et accidents recensés. Ces données ponctuelles combinées à une analyse des dynamiques géologiques permettent de proposer une répartition sommaire de l'aléa.

2. Analyse des données

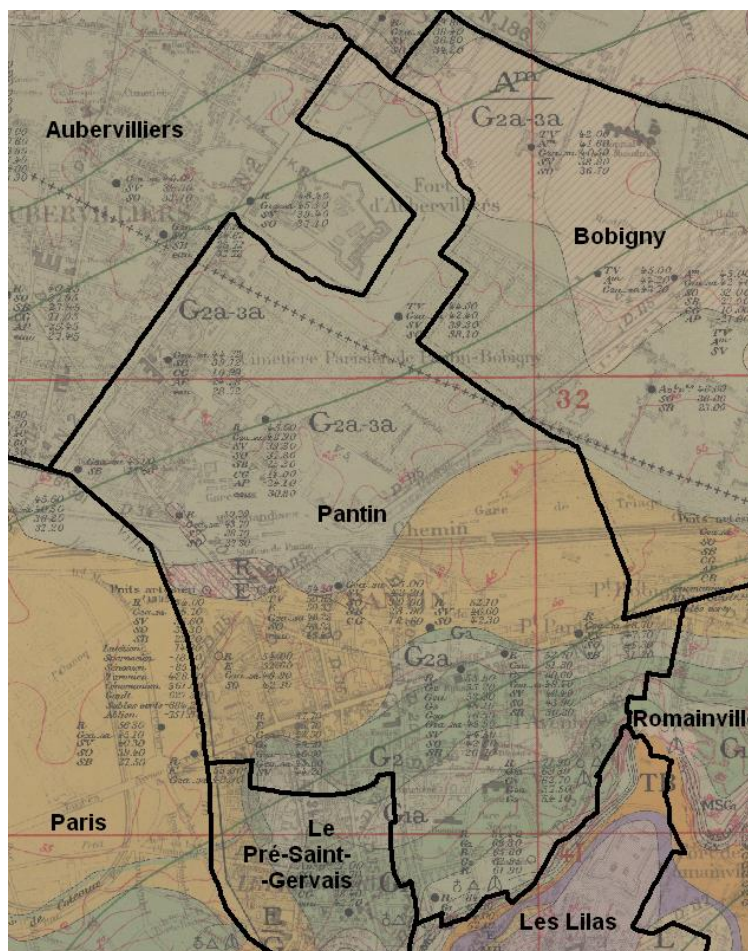
2. 1. Géologie de Pantin appliquée aux risques

La commune de Pantin peut être divisée en deux ensembles topographiques principaux : la partie sud-est, structurée par le versant nord de la Butte de Romainville, et le nord, et la plaine située au nord du canal de l'Ourcq.

La Butte de Romainville est une butte témoin laissant affleurer successivement les différents horizons s'étageant du Marinésien (4^e masse du gypse) au Sannoisien (Glaises Vertes).

Figure 2 : Extrait de la carte géologique réalisée au 1/20000 – quart Nord Est de Paris

R : remblais ; TV : terres végétales ; E : formations de pente ; TB : Travertins de Brie ; GV : Glaises vertes ; MC : marnes à Cyrènes ; MSG : marnes supra-gypseuses ; G(1) : masse du gypse (1^{ère} masse) ; SO : marno calcaire de Saint Ouen ; SB : Sables de Beauchamp ; M et C : Marnes et Caillasses du Lutétien ; CG : Calcaire Grossier ; AP : Argile Plastique



À Pantin, on recense des exploitations de gypse ludien de 1^e, 2^e et de 3^e masse. Elles sont situées sur le flanc de la butte de Romainville, au Sud de la commune et jusqu'aux limites de Romainville, des Lilas et du Pré-Saint-Gervais.

La série ludienne repose sur un ensemble marinésien composé de Marno calcaires (de Saint-Ouen) et de sables (de Beauchamp) recouvrant des Marnes et Caillasses lutétiennes. Ces différents horizons ne se rencontrent pas à l'affleurement à Pantin car ils sont relativement profonds, mais sont atteints par certains sondages dans la plaine, au pied de la butte de Romainville. Ces formations sous-jacentes au Ludien peuvent contenir des bancs lenticulaires de gypse dit « antéludiens », qui peut se dissoudre lors des circulations d'eau et des mouvements des nappes souterraines.

Les bancs les plus massifs sont rencontrés dans les Marnes et Caillasses Lutétiennes, mais le Calcaire de Saint-Ouen, plus proche de la surface, est également le siège d'une karstification accidentogène. Le gypse peut également être présent dans les sables de Beauchamp, mais de manière plus anecdotique et très généralement sans conséquences en termes d'aléa.

Le Ludien et le sommet du Marinésien sont relativement homogènes dans les dépôts sédimentaires. Ils se composent de quatre assises ou masses de gypse et de cinq couches de marnes à entrefilets gypseux fréquents : les marnes inférieures, les trois marnes intercalaires et les marnes supérieures. Ces horizons ont environ 35 millions d'années et ont au total une puissance avoisinant 50 mètres.

Les trois horizons de gypse ludien ont été exploités pour la production de plâtre : la première masse (ou « Haute Masse »), les deuxième et troisième Masses. Ces bancs de gypse sont séparés par des ensembles marneux de 3 à 5 mètres d'épaisseur et surmontent les Marnes Infra-gypseuses, dans lesquelles s'intercalent des bancs de gypse moins épais, inexploitable dans des conditions techniques et économiques satisfaisantes. Les horizons sous-jacents de la quatrième masse du gypse et des Marnes infra-gypseuses, bien qu'appartenant au marinésien et donc exclues du Ludien au sens géologique, ont été comprises dans les « masses et marnes de gypse » dans le cadre de cette étude puisque leurs conséquences sur l'aléa est similaire.

La coupe schématique suivante donne la succession des terrains de recouvrement et les supports des gisements.

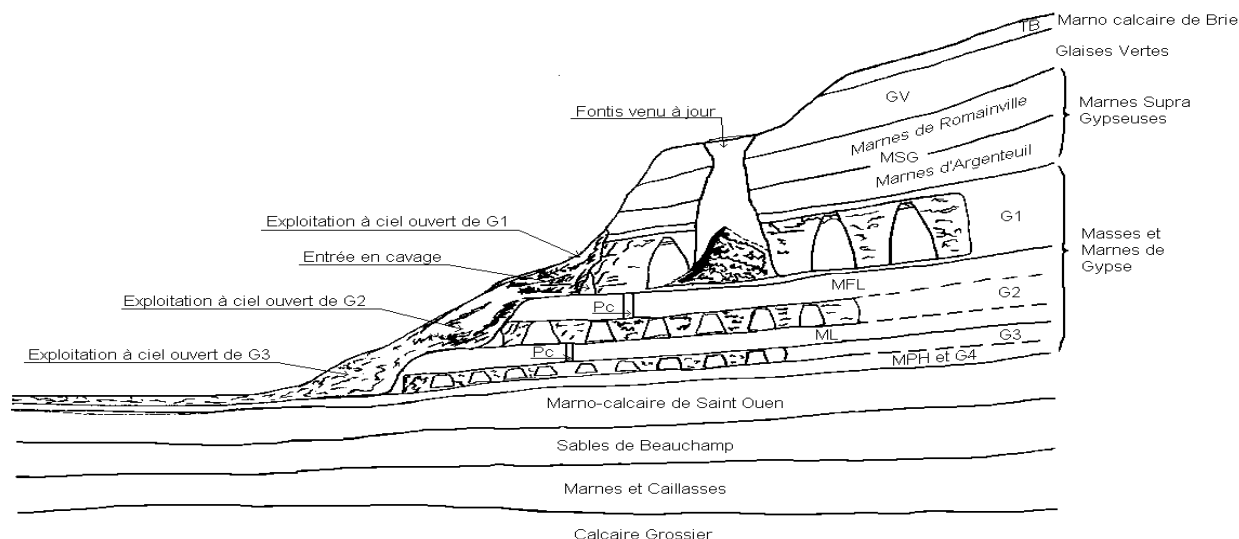


Figure 3 : Coupe schématique des terrains

Les Marnes Supra Gypseuses recouvrent le haut des plateaux. Se situent en tête les Marnes dites « de Pantin » qui sont des marnes calcaireuses blanchâtres, puis les Marnes dites « d'Argenteuil » bleutées et plastiques qui peuvent renfermer quelques petits niveaux de gypse en base. Cet ensemble est surmonté par les Glaises Vertes, un horizon imperméable sur lequel se concentrent les eaux d'infiltration.

Ces terrains, déposés horizontalement au long du tertiaire, ont été largement érodés et remaniés au quaternaire, pour former une plaine où affleure la base des Masses et Marnes du gypse (3^e Masse, 4^e Masse et Marnes infra-gypseuses), recouvertes par un faciès d'altération aux propriétés mécaniques médiocres, par des colluvions de versant et des remblais urbains. Ces horizons sont sensibles aux circulations d'eau, qui peuvent provoquer des désordres par affouillement.

Cette plaine s'étend jusqu'au versant nord-ouest de la Butte de Romainville, au sud de Pantin, qui constitue une butte témoin composée des Masses et Marnes du Gypse, des Marnes Supra-Gypseuses et des Glaises Vertes. Le versant ainsi formé est abrupt et a déjà fait l'objet de glissement et de travaux de stabilisation. La présence massive de remblais hétérogènes de mauvaise qualité en accentue encore la fragilité.

2. 2. Conséquence de l'hydrogéologie sur les carrières et la dissolution

Les eaux naturelles constituent un facteur déclencheur ou aggravant des risques de mouvements de terrain. Il est donc essentiel de définir en amont de l'étude, les différentes nappes en présence. Leur rôle spécifique, tant pour les risques liés aux carrières qu'aux dissolutions de gypse.

La présence d'une nappe perchée contenue par les aquifères sus-jacents aux Glaises Vertes, essentiellement dans le Calcaire de Brie, peut avoir un impact sur la stabilité des carrières souterraines et à ciel ouvert situées sur le flanc du versant. En effet, cette nappe, alimentée par les précipitations, peut s'écouler le long des versants de la butte de Romainville, fragiliser le ciel des galeries souterraines et lessiver les remblais de ciel ouvert.

Il existe également un écran imperméable constitué dans les Sables de Beauchamp, qui soutient la nappe du Bartonien. Cette dernière baigne la partie supérieure des sables et atteint le Calcaire de Saint-Ouen, gypsifère, provoquant la formation de poches de dissolution.

Le même principe est appliqué à la nappe du Lutétien, soutenue par les Argiles de Laon, et qui baigne le Calcaire Grossier et les Marnes et Caillasses. Ces dernières étant gypsifères, des phénomènes de dissolution active et fossile sous l'effet de la nappe sont fréquents à Pantin.

Il est important de souligner que le Gypse n'est soluble que dans les eaux non saturées ; le renouvellement de l'eau est donc un facteur déterminant dans le phénomène de dissolution. À Pantin, les nappes du Lutétien et du Bartonien ont des propriétés chimiques et physiques variables (saturation et gradient notamment), et peuvent même être mises en connexion localement. En l'absence d'étude hydrogéologique dédiée, nous n'avons pas pu nous appuyer sur ce facteur pour évaluer le niveau d'aléa.

2. 3. Exploitations des matériaux et dissolutions

Les cavités susceptibles d'entraîner des désordres en surface, sur le territoire de Pantin concernent essentiellement le gypse, qu'il s'agisse de cavités anthropiques (carrières) ou naturelles (dissolutions karstiques).

D'autres couches géologiques, telles les Glaises Vertes et les Marnes Supra-gypseuses, ont pu être extraites à ciel ouvert lors de la découverte du gypse.

2. 3. 1. Matériaux exploités et taux de défrètement

L'activité de la majorité des carrières a cessé dans la seconde moitié du 19^e siècle, bien que certaines exploitations aient pu être reprises plus tard.

Les modes d'exploitation se sont succédés et ont varié dans le temps d'un lieu à l'autre, mais les principes généraux en sont restés semblables.

Différentes méthodes d'exploitation coexistent sur une même carrière en fonction de leur rentabilité et de leur répartition.

La méthode la plus simple, lorsque le matériau affleure directement ou lorsque le recouvrement le permet (faible profondeur), est l'exploitation **à ciel ouvert**. La carrière est alors ouverte directement à flanc de coteau, en rognant sur la falaise. Il arrive que cette méthode soit aussi utilisée lors d'une reprise d'exploitation (dépilage).

Pour le gypse ludien, cette méthode a pu être utilisée en association avec d'autres exploitations (extraction des Glaises Vertes et/ou Marnes supra gypseuses comprises dans le recouvrement), et s'arrêtait pour passer en souterrain quand le recouvrement devenait trop important ou que la surface était déjà occupée (terres agricoles, ouvrages bâtis ...).



Photo 1 : Maquette de l'Inspection générale des carrières montrant une carrière de gypse ludien à ciel ouvert et souterraine

Les hauteurs d'exploitation étaient très variables. Les vides créés ont presque toujours été comblés à l'aide de remblais divers (déblais, terres stériles du recouvrement... mais aussi avec des gravats, bois, briques ...), ayant des qualités mécaniques variables, souvent plus réduites que le matériau d'origine. En plus d'une grande hétérogénéité de nature et de propriétés (perméabilité, compacité, teneur en argiles et donc susceptibilité au retrait-gonflement ...), les remblais ont une épaisseur qui varie de 3 à plus de 35 mètres.

Le recouvrement augmentant, les carriers ont extrait le gypse **en souterrain** sur 3 niveaux. La Haute Masse (ou première Masse) a été exploitée intensément sur des hauteurs pouvant dépasser 13 mètres à Pantin. Les deuxième et troisième masses, moins puissantes, ont été également exploitées sur des hauteurs oscillant entre 2m et 5m par la méthode dite « des

piliers tournés ». Cette technique consistait à extraire la pierre en laissant régulièrement du matériau en place pour constituer des piliers naturels. Cette méthode permet d'obtenir des salles d'exploitations assez hautes et de ne pas remblayer la carrière derrière soi.

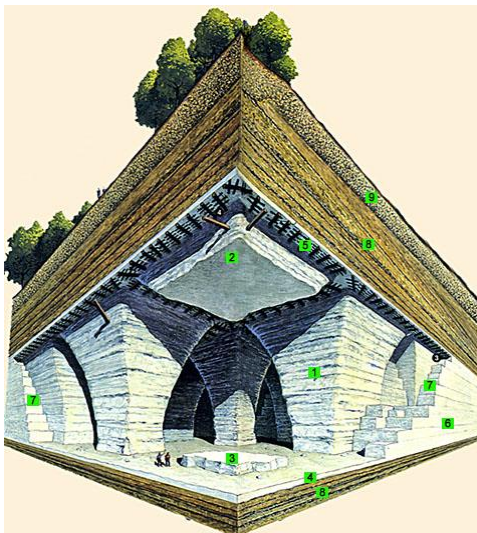
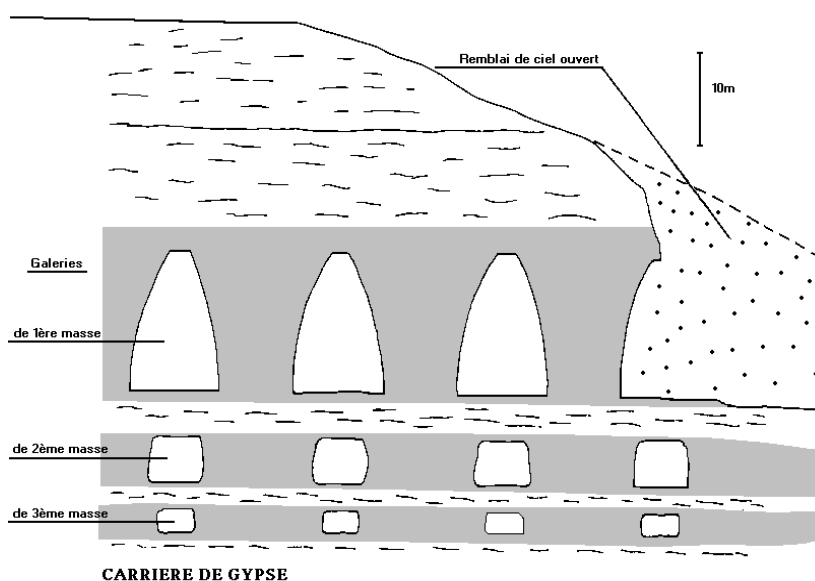


Photo 2 : Schéma d'une carrière souterraine exploitée par la méthode des piliers tournés dans le gypse ludien

1, 2 et 3 : pilier tourné ; 4 : pied de carrière ; 5 : toit de carrière ; 6 et 7 : masse en place ; 8 et 9 : recouvrement

Figure 4 : Schéma d'une carrière à ciel ouvert remblayée, masquant une entrée en cavage et sous minées par d'autres carrières souterraines



L'examen des plans et des archives a révélé que l'exploitation en souterrain du gypse a été conduite exclusivement par cette méthode, avec un taux de défrètement (rapport entre la surface des vides et la surface totale de l'exploitation à 1 mètre du pied de carrière) moyen de 65%.

En vue de réduire la portée du ciel entre deux piliers, précaution rendue nécessaire par la faible résistance à la traction et l'altérabilité du gypse, les carriers ont donné aux galeries une structure ogivale (Haute Masse) ou trapézoïdale (2^e et 3^e Masses), large à la base et étroite au sommet. Les piliers peuvent présenter des signes visibles d'altération tels que l'écaillage, la fragmentation, la fissuration, voire la ruine.

Les terrains situés au-dessus des masses exploitées sont de nature marneuse à argileuse ; et ont pu localement faire l'objet d'un décapage. Ainsi la protection naturelle contre les venues d'eau a été localement retirée. La superposition de plusieurs niveaux accélère l'apparition des fontis (Cf. partie 3.1.1) et accentue leur diamètre.

En fin d'exploitation, la carrière était abandonnée le plus souvent sans remblayage ou avec un remblayage très partiel, laissant subsister des vides résiduels importants. Ces carrières sont actuellement inaccessibles et peut-être en très mauvais état de conservation. Aucune confortation spéciale n'a été répertoriée sur les plans des exploitants et n'a donc été reportée sur les cartes au 1/1000 de l'Inspection générale des carrières. Dans l'hypothèse de la mise en place de puits de service donnant accès aux carrières souterraines de Pantin, l'Inspection Générale des Carrières effectuerait des visites d'inspection permettant de surveiller leur état.

2. 3. 2. Dissolutions de gypse

Le gypse est un minéral soluble : en présence d'eau non saturée (donc nécessairement renouvelée par une circulation), des cavités karstiques peuvent se développer dans des proportions suffisantes pour générer un aléa significatif en cas d'effondrement. Contrairement aux carrières, qui sont historiquement connues et souvent cartographiées, les karsts gypseux sont aveugles et peuvent être évolutifs ; on ne les découvre qu'à la faveur de sondages de reconnaissance ou à la suite d'incidents. Des méthodes moins ponctuelles de détection, par géophysique notamment, existent mais sont très difficilement applicables dans un milieu densément urbanisé comme Pantin.

a) Gypse du Ludien et du Marinésien

Ce sont ces horizons géologiques qui constituent les Masses et Marnes du Gypse, exploitées à Pantin et dans la région. Les vides existants dans cette formation sont essentiellement dus aux carrières ; toutefois, certains vides ou décompressions dans le gypse ludien ou dans son faciès d'altération peuvent résulter de phénomènes de dissolution et sont susceptibles de provoquer des désordres. Ces cavités sont engendrées par la circulation d'eau dans les fractures du massif, qui érodent les parois et les élargissent par dissolution jusqu'à former de véritables cavités.

À Pantin, la portion de versant sujette à des circulations « naturelles », issues de la nappe soutenue par les Glaises Vertes, est largement exploitée par les carrières, si bien que les infiltrations d'eau constituent un facteur aggravant de l'aléa lié aux carrières, dont elles fragilisent le ciel, plutôt qu'un aléa à part entière. En effet, en zone exploitée, une circulation d'eau aboutira à l'effondrement du ciel de carrière et à la formation d'un fontis de carrière bien avant d'avoir ouvert une cavité susceptible de s'effondrer d'elle-même.

Au pied du versant, dans la plaine, l'aléa de dissolution ludienne / marinésienne existe, mais il n'est pas lié à des dynamiques naturelles, puisqu'aucune nappe ne baigne ces formations, et qu'aucune circulation de versant ne peut alimenter cette dissolution. La dissolution ludienne est ici liée à des apports anthropiques d'eaux issues de fuites ou générés par une mauvaise gestion des eaux pluviales.

L'omniprésence de cette problématique à Pantin ne saurait ainsi justifier d'une carte d'aléa à part entière du fait d'une origine anthropique évitable, mais elle encourage à une surveillance régulière des réseaux humides et à une gestion prudente des eaux pluviales. Indépendamment de la carte d'aléa, l'Inspection générale des carrières recommande l'élaboration d'un plan de gestion des eaux pluviales à l'échelle de la commune prenant en compte cette problématique.

b) Gypse antéludien (Bartonien et Lutétien)

L'aléa lié à la dissolution des gypses antéludiens est présent sur l'ensemble de la commune de Pantin, à des degrés divers. Il est généré par la présence de bancs de gypse discontinus, souvent qualifiés de « lenticulaires », présents dans les Marnes et Caillasses (Lutétien supérieur) et dans le Calcaire de Saint-Ouen (Bartonien Moyen), et très occasionnellement dans les Sables de Beauchamp (Bartonien Inférieur).

La répartition de ces bancs est à ce jour trop mal connue pour en proposer une carte, mais il semble, d'après les sondages dont nous disposons, qu'ils soient omniprésents à Pantin dans des proportions variables. Nous ne disposons à ce jour d'aucun modèle suffisamment précis pour hiérarchiser efficacement la probabilité de présence de gypse dans les horizons antéludiens à Pantin.

La seule existence de ces bancs de gypse ne suffit pas à constituer l'aléa : c'est leur dissolution par les nappes bartonienne et lutétienne qui aboutit à la création de vides accidentogènes.

Ces nappes, qui baignent les formations gypsifères, présentent des gradients et des vitesses de circulation variables à l'échelle locale en fonction de la perméabilité des milieux ; cette variabilité implique une hétérogénéité dans les taux de renouvellement et de saturation, et donc « d'agressivité » vis-à-vis du gypse. En l'absence d'étude hydrogéologique dédiée et à une échelle fine, il semble difficile d'identifier les zones de dissolution préférentielles. En revanche, L'Inspection générale des carrières dispose du recensement des incidents dont elle a été informée, et en l'enrichissant des nombreux sondages portés à sa connaissance notamment dans le cadre de l'instruction d'autorisations d'urbanisme, il est possible de dégager des zones plus particulièrement sujettes à la dissolution.

3. Description sommaire des désordres

Les désordres de surface sont consécutifs à la présence de vides dans les bancs de gypse et à l'effondrement des terrains sus-jacents ou des remblais de carrières à ciel ouvert et de leurs tassements différentiels.

Ces anomalies peuvent être de deux origines :

- anthropiques, l'homme ayant exploité les bancs de travertin ou de gypse, des marnes et des argiles en carrières souterraines ou à ciel ouvert (remblais) ;
- naturelles, dues à la dissolution du gypse par l'eau ou aux phénomènes de versant.

Les vides peuvent remonter vers la surface après effondrement successif des terrains qui les recouvrent et provoquer alors, selon la hauteur du recouvrement, soit une cuvette d'affaissement, soit un « trou » vertical appelée "*fontis*". Les affaissements et les fontis sont des phénomènes localisés, d'une forme généralement circulaire et de diamètre variable.

Lorsque l'effondrement est brutal et concerne une grande partie de la carrière, on parle d'un *effondrement généralisé* de carrière souterraine, par rupture des piliers de toute une zone. Ce cas est heureusement peu probable à Pantin du fait de la configuration des exploitations.

Des désordres peuvent être constatés au-dessus des exploitations connues de gypse. Ce sont soit :

- des fontis d'importance et de diamètre variables en fonction des caractéristiques de la carrière (nombre d'étages, superposition des piliers correcte ou non, hauteurs des galeries, discontinuités, épaisseur et nature des terrains de recouvrement).
- des zones d'affaissements ou de tassements différentiels.
- des zones d'effondrements importants pouvant être assimilés à des effondrements généralisés.

Enfin, avec les phénomènes de versant, on peut rencontrer des effondrements localisés, parallèles entre eux et perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, plus connus sous le vocable d'éboulements, bien que le terme soit impropre puisqu'il n'y a pas de basculement de blocs. En revanche, ces éboulements existent bien en limite de falaises au niveau des entrées en cavage.

3. 1. Définition des désordres

Les désordres « mouvement de terrain » sont liés à la présence de vide, franc ou diffus (manque de compacité du sol), qui évoluent vers la surface jusqu'à l'impacter plus ou moins brutalement. Que ces vides soient créés « naturellement » par dissolution du gypse, ou creusés de la main de l'homme (carrières souterraines et remblais de ciel ouvert), ils évoluent inéluctablement vers la surface, sans qu'un facteur déclenchant identifiable ne soit nécessaire.

NB : Les aléas décrits pour les carrières à ciel ouvert ne concernent que celles qui ont été remblayées par les carriers avec des matériaux d'origines diverses et des terrains remaniés laissés sur place, plus particulièrement des stériles contenant encore du gypse.

3.1.1 Aléas liés à la remontée à la surface des désordres dus aux anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert et aux karsts.

• **Les affaissements** sont des désordres ponctuels, visibles en surface, se présentant sous forme de cuvettes et consécutifs à la lente fermeture de vides profonds. Ils se forment par ruptures successives des différents horizons formant le recouvrement du vide initiateur.

Ils résultent de trois phénomènes de remontée de décompression par :

- Un fontis d'origine profonde qui s'est auto colmaté mais qui a décomprimé tous les terrains sus-jacents. Il reste toujours des petits vides résiduels en profondeur qui continuent à évoluer très lentement.
- Un fontis d'origine moins profonde mais qui survient dans une zone partiellement remblayée et qui s'auto-colmate de la même façon que dans le cas du phénomène précédent.
- Les horizons sus-jacents au vide initial ne sont pas suffisamment résistants (bancs restant en toit insuffisamment épais) pour que le vide puisse s'agrandir sous la dalle de toit avant que celle-ci ne rompe, par dissolution ou par tassement de remblais. On dit que l'effet de voûte est impossible. Les terrains supérieurs s'affaissent progressivement sans qu'un vide franc ait le temps d'apparaître et de remonter à la surface. Les terrains continuent à se décompresser tant que le phénomène initiateur n'a pas cessé.

C'est à cette dernière catégorie de remontée de vides que s'apparentent les tassements de remblais de carrière à ciel ouvert avec des vides moins importants et plus diffus sur la hauteur de remblais.

Leur importance varie entre la simple "flache" de quelques centimètres à quelques mètres. Ils sont peu profonds et ne présentent pas un danger immédiat de rupture brutale.

Ils peuvent se généraliser à une grande partie de l'exploitation. Mais comme les tassements sont lents, leurs effets ne se remarquent que par la décompression des terrains sus-jacents aux zones sous-minées. Toutefois, à la faveur d'un incident, le tassement peut être localement accentué, et en ce cas un affaissement apparaît.

☞ Sur les bâtiments, ces affaissements déstabilisent les fondations, ce qui se traduit par l'apparition de fissures plus ou moins importantes et plus ou moins ouvertes, parfois traversantes, allant de la dégradation du ravalement à la ruine des murs porteurs, en passant par le blocage des portes et fenêtres.

Ils peuvent provoquer par contre des altérations ou des ruptures de canalisations (eaux, égouts, gaz, ...). Les fuites de ces canalisations engendrées par un affaissement peuvent avoir des conséquences non négligeables sur l'évolution à court terme du désordre, l'eau accélérant d'autant plus le tassement du sol

• **Les fontis** sont des effondrements ponctuels initiés par la rupture progressive des premiers bancs du toit par flexion ou par cisaillement sur les appuis, cela en raison d'une largeur de galerie excessive eu égard à la résistance des dalles rocheuses en toit, qui sont le plus souvent fracturées. Le processus se développe alors verticalement et provoque la formation d'une "cloche de fontis", qui évolue progressivement jusqu'à la surface pour laisser apparaître un

large « trou » aux parois abruptes. Le risque de fontis est largement présent à Pantin, et de nombreux exemples sont à déplorer.



Photo 3 : Exemple d'un fontis de carrière de gypse de 1ere masse à Pantin (2016)

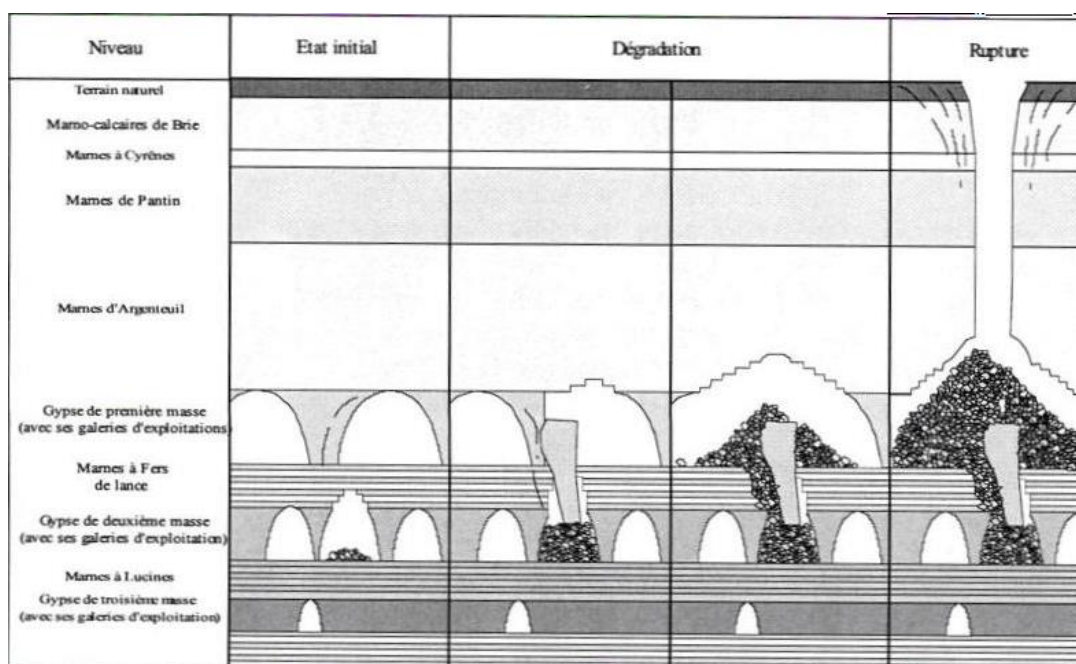


Figure 5 : mécanisme de venue à jour d'un fontis dans le cas d'une superposition d'étage

Dans les carrières, les fontis se forment préférentiellement dans les zones où l'espace entre les piliers est trop important, ce qui induit un effort de traction trop important sur les bancs du ciel déjà souvent fracturés. L'épaisseur du banc séparatif entre deux étages peut également être faible. Dans ce cas, il y a un risque de rupture du banc entre les différents niveaux d'exploitation. De même, le poinçonnement du plancher (sol de la carrière) par les piliers est à craindre quand le banc du matériau résiduel en base est trop mince. En ce cas le fontis peut intéresser les 2 étages de carrière et être plus important en surface.

La superposition de plusieurs niveaux accélère l'apparition des fontis et accentue leur diamètre. Le décapage des couches argileuses sus-jacentes réduit la protection naturelle des niveaux gypseux contre l'eau, et accélère le vieillissement « normal » de la cavité.

Le recouvrement intervient dans le processus de dégradation tant par son épaisseur (poids des terres) que par sa nature (bancs plus ou moins durs faisant ou non effet de voûte). Il induit des contraintes verticales (ou obliques en bordure de versant) dans le toit et les piliers, et influe sur la rapidité de la venue à jour des fontis. Plus les vides résiduels sont importants par rapport à la hauteur de recouvrement plus la probabilité d'apparition de fontis est forte.

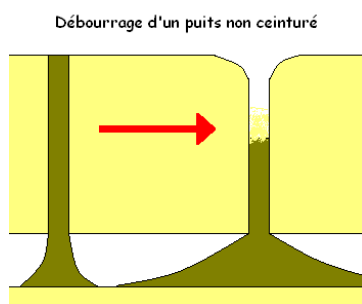
☞ Sur les bâtiments, l'apparition d'un fontis se traduit par la perte de sol de fondation. Si le bâtiment n'a pas de structure rigide des fondations, les murs porteurs cassent entraînant la ruine de tout ou partie du bâti, en fonction de la taille du fontis et du point de survenance du phénomène. Les canalisations peuvent se rompre sur le moment ou à court terme après l'évènement par flexion, dans le vide.

- **Les effondrements généralisés** sont susceptibles d'affecter de façon quasi spontanée une superficie de plusieurs hectares. Ils procèdent d'un mécanisme d'ensemble qui concerne la totalité ou une grande partie du volume affecté par l'exploitation. Celle-ci présente une extension horizontale minimale (L) supérieure à la hauteur (H) du recouvrement, ce qui du point de vue de la stabilité correspond à une géométrie dite critique ou supercritique avec un rapport $L/H > 1$. La présence de ce type d'effondrement reste peu probable, du fait de la géométrie et de la résistance des piliers de Gypse.

☞ Le bâti est totalement détruit par la violence du phénomène.

• Les déboussages de puits

Les anciens puits de service ou d'extraction n'ont pas toujours été comblés de manière satisfaisante, et ne sont pas nécessairement ceinturés à leur base. Des infiltrations d'eau peuvent provoquer un tassement des remblais, et des boues peuvent se répandre dans les anciennes galeries, provoquant un déboussage. Ce phénomène aboutit au dégagement de l'ancienne tête du puits, provoquant en surface un trou de diamètre au moins égal à celui du puits initial (de 1,20m à 5m environ).



3 1 2 Les glissements de terrain liés aux carrières

Des risques significatifs de mouvements de sol peuvent être engendrés par l'exploitation des carrières à ciel ouvert de gypse ludien, qui a généré l'existence de falaises, et par la mauvaise qualité des remblais qui ont été utilisés pour les combler.

Des talus de déblais trop raides, parfois situés au-dessus des fronts de taille, ou des mises en dépôt anarchiques de stériles, accompagnés de terrains de recouvrement déstructurés et argileux, peuvent être à l'origine de glissements de terrain répétitifs.

En bordure de versant, à proximité des entrées en cavage ou des talus, il est fréquent de rencontrer des diaclases ouvertes dans les premiers mètres de l'exploitation. S'ajoutent à ces diaclases, un ripage et une dissolution des bancs de gypse.

Ces mouvements de terrain sont traités dans d'autres rapports concernant le Plan de Prévention Mouvement de Terrain : phénomènes de glissements de talus, éboulements, solifluxion, instabilités de falaises, retrait – gonflement des argiles,

3 2. Facteurs aggravant le processus de dégradation des carrières

De quelque nature qu'ils puissent être, les processus de dégradation des carrières qui engendrent des situations accidentelles, résultent souvent d'une combinaison entre une ou plusieurs configurations défavorables susceptibles de modifier les conditions d'équilibre du milieu et d'accélérer la rupture. Ces configurations sont généralement dues au contexte géologique, hydrogéologique du site mais aussi géographique et humain :

- * Les zones où des éboulements se sont produits, présentent de fortes probabilités d'infiltrations d'eau.
- * Les zones où des exploitations à ciel ouvert ont été exploitées puis remblayées avec des matériaux perméables ou gypseux, présentent de fortes probabilités d'infiltrations d'eau.
- * La présence d'eau peut avoir une grande influence sur les propriétés mécaniques des matériaux exploités et des terrains de recouvrement et donc sur la stabilité des ouvrages.
- * Les circulations d'eau peuvent également entraîner les particules fines argileuses ou silteuses qu'elles rencontrent dans le sol et provoquer ainsi l'apparition de décompressions dans les horizons traversés.
- * Dans les zones où la couverture, en place, est importante, les venues d'eau ont peu d'influence sur la dégradation de la carrière, sauf autour des fontis et des puits. Il en est de même pour la dissolution, autour des fontis.
- * Le modelé du site (déclivité, talus non soutenus, falaises laissées à nu dans les terrains) a des conséquences directes sur la stabilité des carrières, plus particulièrement au niveau des entrées en cavage. Les contraintes dans le sol, dues aux terrains de recouvrement deviennent obliques et les piliers de carrière ne sont pas toujours dimensionnés pour les reprendre. Au niveau des falaises cachées par les remblais, les infiltrations d'eau accentuent l'ouverture des fissures ou diaclases dans les terrains de couverture et le toit de la carrière.

- ✘ L'absence d'assainissement dans certaines zones, les fuites de réseau, les cuves non étanches, même anciennes, les anciens réseaux en grès cassés ou abandonnés, sont des facteurs aggravants non négligeables puisqu'elles représentent autant de sources d'eau non saturée en sulfates dans le sol. Ces venues d'eau ont une grande importance sur l'intensité de la dissolution du gypse. Ainsi, les dissolutions sont d'autant plus fortes que l'eau peut se renouveler rapidement par rapport à de l'eau stagnante dans le sol qui, une fois saturée, ne dissout plus le matériau environnant.
- ✘ Dans les zones d'anciens thalwegs, la dissolution est, en premier lieu, fossile, due aux cycles de glaciations – dégel du début du Quaternaire et à la présence d'un ru pendant un certain temps, ou active par le drain que le thalweg a créé dans le sol.
- ✘ Enfin un fort couvert végétal, en particulier quand il présente des essences à racines abondantes et profondes. Ces dernières passent par les fissures en toit de carrière et se développent en pied. En grossissant elles accentuent les venues d'eau en carrière et éclatent le ciel, voire les piliers tournés.

4. Aperçu historique des carrières à Pantin

Le bassin carrier gypsifère de la Butte de Romainville, à Pantin et dans ses environs, est tout particulièrement ancien et mal connu. En particulier, il est attesté qu'il était déjà exploité dans la seconde moitié du XVI^e siècle pour la production de plâtre. Il est possible que les premières extractions soient antérieures, le gypse de la région parisienne étant exploité depuis l'antiquité, mais nous ne disposons d'aucune source attestant de la présence de carrières avant le XVI^e siècle. L'abondance de cette ressource, sa disponibilité et sa position stratégique dans le contexte francilien a favorisé l'essor des exploitations avec l'accroissement de la demande liée à l'avènement de l'ère industrielle. L'importance de cette ressource pour la communauté est illustrée par le fait qu'en 1801, 47 des 212 pantinois disposant du droit de vote sont carriers et plâtriers. Avant d'être assimilée à un risque, la présence de gypse a donc largement participé au développement et à l'identité de Pantin.

Les premières phases d'exploitation du gypse se sont vraisemblablement déroulées à ciel ouvert, la ressource étant directement disponible sur le flanc du coteau ; puis les carrières se sont enfoncées en souterrain lorsque le décapage des terres de recouvrement devenait trop fastidieux, ou venaient à menacer la stabilité du versant. On note à ce propos que plusieurs interdictions ont été prononcées au XIX^e siècle à l'encontre d'exploitants carriers qui rognaien le coteau au-delà des limites qui leur étaient concédées, menaçan les ouvrages publics dominant la falaise ainsi créée (chemins communaux, aménagements hydrauliques de drainage de la nappe des Glaises Vertes, dite des « sources de Romainville » notamment).

De nombreux accidents ont été déplorés durant les phases d'exploitation : plusieurs fontis issus des carrières souterraines sont venus à jour dans la seconde moitié du XIX^e siècle ; on pourra citer en exemple l'accident du 5 septembre 1874, qui a enseveli et tué deux personnes.

Des autorisations d'exploiter sont régulièrement accordées jusqu'en 1890 ; plusieurs de ces autorisations aboutissent à des démêlés judiciaires liées entre autres au non-respect des limites, ce qui peut expliquer en partie les incertitudes de l'Atlas de l'IGC quant aux positions des fronts de taille.

L'exploitation des carrières à Pantin est arrêtée à la fin du XIX^e siècle, puis une campagne de remblaiement par décharge est entamée en 1899 par un promoteur privé. Des éboulements et glissements de terrain sont régulièrement provoqués par les trop fortes pentes du talus artificiel et la médiocre qualité des remblais employés. Ces remblais sont aujourd'hui encore à l'origine de nombreux désordres endogènes ou favorisés par des circulations d'eau.

5. Méthodologie : étude et répartition des aléas à Pantin

La notion d'aléa prend en compte la susceptibilité d'occurrence d'un phénomène attendu et son ampleur.

5.1 - Évaluation de l'aléa pour les carrières

L'intensité de l'aléa est définie à partir de plusieurs critères qui sont :

- la présence de cavités,
- le contexte géologique et hydrogéologique de l'environnement,
- la présence de facteurs aggravants.

♦ **La présence de cavités, anthropiques ou naturelles**

Compte tenu de l'échelle de travail (1/5000), on admettra que toutes les cavités sont semblables : leur taux de défrètement moyen avoisine 65 %, en moyenne, et les épaisseurs résiduelles de gypse au toit et au mur n'excèdent pas 1 mètre.

Les critères géométriques de l'exploitation (section des galeries, disposition des piliers, épaisseur des bancs) ainsi que les critères géotechniques (comportement mécanique, état d'endommagement des toits, des piliers, épaisseur des bancs résiduels) sont déterminants pour l'évaluation de l'aléa.

La superposition de plusieurs cavités est aussi un facteur important.

À titre d'exemple, des piliers sous-dimensionnés par rapport au poids des terrains de recouvrement (critère géométrique), vont entraîner une fissuration progressive des piliers, du toit et du sol de la carrière (critère géotechnique), pouvant aboutir dans un cas défavorable à la rupture des piliers et à un effondrement (fontis voire effondrement généralisé) important en surface. Il convient de noter que cela n'est heureusement pas le mécanisme principal d'effondrement dans les carrières de gypse de Pantin, les effondrements y survenant plus souvent par rupture du toit de la carrière évoluant en fontis.

De la même manière, une géométrie d'exploitation irrégulière, ou la présence de plusieurs étages dont les piliers ne seraient pas superposés, ceux de l'étage supérieur portant à faux sur les vides de l'étage inférieur (critères géométriques) vont entraîner une concentration des contraintes dues aux poids des terrains de recouvrement et une fissuration des toits, sols et piliers où les contraintes sont concentrées (critère géotechnique), pouvant là encore aboutir à une rupture et à un effondrement.

♦ **Le contexte géologique et hydrogéologique de l'environnement**

La hauteur de recouvrement (puissance) ainsi que ses caractéristiques géologiques et géotechniques sont décisifs pour caractériser l'aléa.

Ce contexte détermine l'intensité de l'aléa, notamment à partir des critères suivants :

- si la carrière est à faible profondeur ;
- si le front de taille est peu protégé par des couches argileuses imperméables ;

- si l'exploitation est à ciel ouvert et les remblais de comblement sont des matériaux hétérogènes parfois perméables permettant des dissolutions ou des entraînements d'éléments fins par l'eau.

♦ **Les facteurs aggravants**

Ils ont été détaillés dans le paragraphe 3.2. Il s'agit essentiellement de la présence d'eau qui peut avoir une grande influence sur les propriétés mécaniques des terrains, et donc sur la dégradation des carrières.

Pour une carrière souterraine de gypse par exemple, les couches imperméables des terrains de recouvrement la protégeront de l'altération des eaux météoriques, mais la présence de nombreux fontis peut annihiler localement cette protection en favorisant des infiltrations des nappes sus-jacentes vers la carrière.

Sur ces bases, on peut considérer que les risques de fontis et/ou d'affaissement sont très élevés sur toutes les zones concernées par les anciennes carrières souterraines vides ou partiellement remblayées.

5.2. - Caractérisation et cartographie de l'aléa lié à la dissolution du gypse antéludien

L'état actuel des connaissances ne permet pas de dresser un modèle hydrogéologique suffisamment fiable pour proposer une cartographie méthodique de l'aléa lié à la dissolution du gypse antéludien. Nous disposons toutefois d'une quantité importante de données ponctuelles, malheureusement inégalement réparties, mais qui permettent de confirmer localement la dynamique de dissolution.

En s'appuyant sur le recensement des incidents dont l'IGC a été informée, et en l'enrichissant des nombreux sondages disponibles, il est possible de dégager des zones plus particulièrement sujettes à la dissolution.

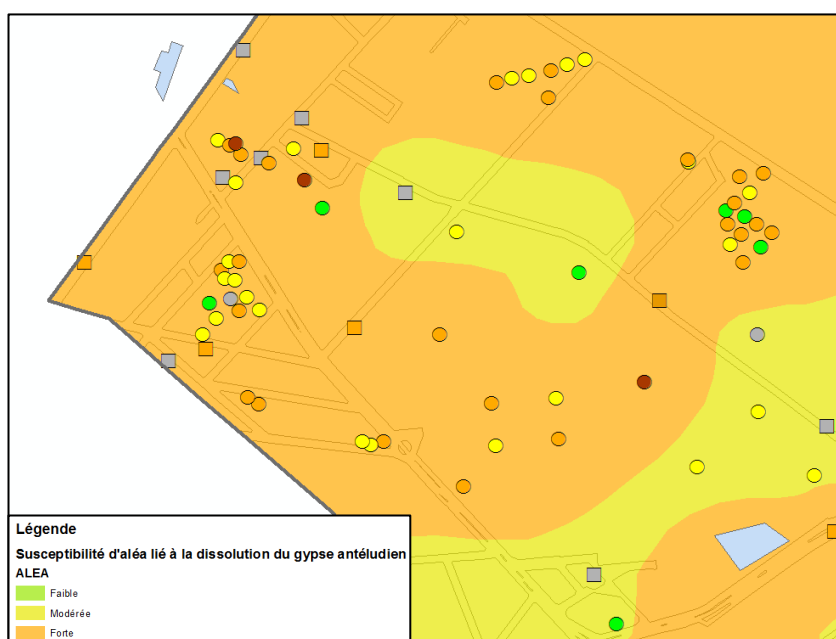


Figure 6: Méthodologie de la cartographie de l'aléa lié à la dissolution du gypse antéludien

La cartographie proposée ici est donc empirique, issue de l'utilisation de données ponctuelles dont les caractéristiques ont été extrapolées pour former des zones d'aléa homogènes. De manière synthétique, la hiérarchisation de l'aléa est proposée ainsi :

- Toute la commune de Pantin a par défaut été considérée en aléa modéré, du fait de l'omniprésence des bancs gypseux. Ce niveau a été maintenu dans les zones où les données ponctuelles (ou leur absence) n'ont pas permis d'identifier une dissolution active. Il a été choisi de maintenir un aléa modéré dans les zones où plusieurs sondages semblent confirmer l'absence de vides (sondages jaune, gris et vert **Figure 6**). Cette option a été préférée à la réduction du niveau d'aléa du fait de la ponctualité des phénomènes de dissolution, qui les rend très difficiles à détecter même avec une bonne densité de forages.

- Cet aléa a été majoré à fort dans les secteurs où les données ponctuelles sont suffisamment denses et homogènes pour confirmer que la dynamique de dissolution est ou a été historiquement active (présence reconnue d'anomalies liées à la dissolution dans les sondages rouge et orange **Figure 6**).

- L'aléa a été minoré dans les zones où le recouvrement réduit la probabilité de venue à jour d'un désordre. En effet, le risque est plus présent en plaine dans la mesure où les dépôts tertiaires ont été érodés, réduisant le recouvrement des horizons antéludiens potentiellement gypsifères par rapport à la zone de versant. La réduction du recouvrement est un facteur aggravant de l'aléa puisqu'elle augmente la susceptibilité de venue à jour d'un fontis, ou de remontée d'une décompression qui aurait pu s'auto-colmater par foisonnement sous un recouvrement plus important. Cette logique se traduit sur la cartographie par une réduction de la susceptibilité d'aléa à mesure que le recouvrement augmente, en montant le long du versant de la butte témoin.

On notera l'absence d'aléa « très fort » lié à la dissolution antéludienne. Dans un souci d'homogénéité avec la carte des carrières, la même échelle de susceptibilité a été utilisée. On admet donc que les poches de dissolution ne sauraient que très exceptionnellement générer un aléa aussi important qu'une galerie de carrière, généralement plus haute et plus proche de la surface, et dont la présence est avérée.

5 3. - Caractérisation et cartographie de l'aléa pour les carrières

Nous avons retenu quatre niveaux d'aléas (très fort, fort, modéré, faible), une zone de protection et une marge de reculement.

Ces deux zones sont définies à partir de la limite connue de la carrière (front de taille).

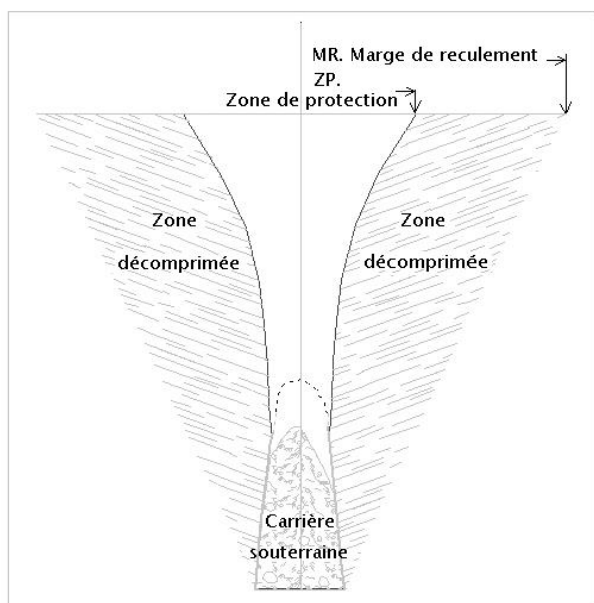


Figure 7 : Schéma zone de protection - marge de reculement

Une carrière est dite « remblayée » lorsqu'elle a fait l'objet de travaux de remblaiement mais que des vides résiduels décimétriques peuvent subsister.

Une carrière est dite « consolidée » lorsque les vides résiduels, après remblaiement, ont été comblés et clavés, que les remblais de carrières, les terrains décomprimés et les fontis ont été traités par injection sous pression.

5.3.1. Zones de protection et marge de reculement

Zone de protection (ZP)

La zone de protection correspond à la bande de terrain, bordant les emprises sous minées, susceptible de s'effondrer durant, ou relativement peu de temps après la survenance d'un fontis en surface à partir d'une carrière souterraine (voir schéma plus haut).

Le délai d'apparition de ces effondrements, et l'extension horizontale de ceux-ci, sont fonction de la dynamique de l'évènement.

Ce débord est dimensionné à partir d'une estimation du diamètre des fontis formés en surface, dans des conditions similaires d'exploitation, sa largeur est fixée à :

- ZP = 0 mètre si la carrière est consolidée ou au niveau des entrées en cavage ;
- ZP = 8 mètres dans le cas des carrières de gypse 2^e et 3^e masse sur 1 étage ;
- ZP = 16 mètres dans le cas de carrières de gypse de 1^e masse ou sur plusieurs étages

Marge de reculement (MR)

La marge de reculement représente la zone d'influence d'un événement qui s'est produit en surface, ou qui est susceptible de se produire (voir schéma plus haut). Au-delà de cette zone, aucun désordre n'est à craindre pour les aménagements de surface.

La largeur de cette bande de terrain exposée aux effets latéraux des effondrements est fixée au double de la zone de protection, soit :

- MR = 0 mètre dans le cas des carrières consolidées et des entrées en cavage ;

- MR = 16 mètres dans le cas des carrières de gypse 2^e et 3^e masse sur 1 étage ;
- MR = 32 mètres dans le cas de carrières de gypse de 1^e masse ou sur plusieurs étages

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des zones de protection et des marges de reculement

	0 m	8m	16m	32m
ZP	Carrière consolidée, entrée en cavage	carrières de gypse 2 ^e et 3 ^e masse sur 1 étage	carrières de gypse de 1 ^e masse ou sur plusieurs étages	-
MR	Carrières consolidées et entrées en cavage	-	carrières de gypse 2 ^e et 3 ^e masse sur 1 étage	carrières de gypse de 1 ^e masse ou sur plusieurs étages

5.3.2. Détail des aléas

Les grilles ci-dessous présentent les 4 niveaux d'aléas, liés aux carrières, retenus en fonction des critères énoncés précédemment.

Tableau 2 : Trois niveaux d'aléas pour les carrières à ciel ouvert

Matériau	Gypse ludien	
Carrières	Avérées	Supposées
Aléa	Fort	Modéré à faible

Tableau 3 : Quatre niveaux d'aléas pour les carrières souterraines

cas	Gypse	
	<i>Sous faible recouvrement</i>	<i>Sous fort recouvrement</i>
Fontis repéré non apparu en surface	<i>Très fort</i>	<i>Très fort</i>
Galeries vides ou partiellement remblayées d'origine	<i>Très fort</i>	<i>Fort</i>

Galeries « remblayées »	<i>Fort</i>	<i>Modéré</i>
Galeries « remblayées » clavées	<i>Modéré</i>	<i>Faible</i>
Galeries « consolidées »	<i>Faible</i>	<i>Faible</i>
Exploitation souterraine présumée	<i>Fort</i>	<i>Modéré</i>
Puits d'accès non ceinturé	<i>Très fort</i>	<i>Très fort</i>

Ces niveaux d'aléas ont été cartographiés à l'échelle 1/5000.

Sont classées en **aléa très fort** :

- ✓ Les zones de carrières souterraines de gypse, non « consolidées », non « remblayées », avec fontis repérés;
- ✓ Les zones de puits d'accès non sécurisées en carrière souterraine non remblayée;
- ✓ Les zones de carrières souterraines de gypse non « consolidées », non « remblayées » avec des galeries vides ou partiellement remblayées d'origine, sous faible recouvrement.
- ✓ Les zones de protection autour des carrières souterraines classées en aléa très fort.

Sont classées en **aléa fort** :

- ✓ Les carrières de gypse à ciel ouvert dont les limites sont connues et n'ayant fait l'objet d'aucun traitement particulier,
- ✓ Les zones de carrières souterraines de gypse non consolidées, non « remblayées », quand le recouvrement est important ;
- ✓ Les zones de carrières souterraines « remblayées » de gypse sous faible recouvrement ;
- ✓ Les zones où l'existence de cavités, dans le gypse, sous faible recouvrement, est probable (ancien plan, indices en surface...) mais dont les limites n'ont pas été reconnues, et où le risque de fontis et/ou d'affaissement est grand ;
- ✓ Les zones de protection correspondant aux carrières souterraines classées en aléa fort ;
- ✓ Les zones de puits d'accès non ceinturés en carrière dans le cas de carrière de gypse remblayée ;
- ✓ Les marges de reculement autour des carrières souterraines classées en aléa très fort (du fait de la décompression éventuelle des terrains en cas de fontis).

Sont classées en **aléa modéré** :

- ✓ Les carrières de gypse à ciel ouvert dont les limites sont mal connues ou remblayées sans traitement par injections,

- ✓ Les carrières souterraines de gypse sous fort recouvrement, « remblayées » par remblaiement mécanique ou par injection gravitaire;
- ✓ Les carrières souterraines de gypse, sous faible recouvrement, « remblayées » par remblaiement mécanique ou par injection gravitaire, avec clavage, sans traitement des terrains de recouvrement ;
- ✓ Les zones de carrières souterraines de gypse, non « consolidées », non « remblayées » ou non connues, où le recouvrement est important ;
- ✓ Les zones sensibles aux dissolutions de gypse ludien, où les épaisseurs de gypses sont non négligeables ;
- ✓ Les zones de protection correspondant aux carrières souterraines classées en aléa modéré ;
- ✓ Les marges de reculement autour des carrières souterraines classées en aléa fort ;
- ✓ Les zones où l'existence de cavités est probable, mais dont les limites ne sont pas connues, et où le risque de fontis et/ou d'affaissement est faible du fait de la hauteur de recouvrement importante.

Sont classées en **aléa faible** :

- ✓ Les carrières de gypse à ciel ouvert dont les limites sont connues et « remblayées » avec traitement particulier ;
- ✓ Les carrières souterraines de gypse, sous faible recouvrement, remblayées par remblaiement mécanique ou par injection gravitaire, avec clavage, avec traitement des terrains de recouvrement ;
- ✓ Les carrières souterraines de gypse, sous fort recouvrement, remblayées par remblaiement mécanique ou par injection gravitaire, avec clavage, avec ou sans traitement des terrains de recouvrement ;
- ✓ Les zones sensibles aux dissolutions de gypse ludien, où les épaisseurs de gypse sont plus réduites ;
- ✓ Les carrières souterraines « consolidées » ;
- ✓ Les zones de protection correspondant aux carrières souterraines classées en aléa faible, autres que « consolidées » ;
- ✓ Les marges de reculement des zones classées en aléa modéré.

Ces aléas sont indiqués sur la carte des aléas dus aux mouvements de terrain liés aux carrières, au 1/5000 de Pantin par la légende :

- aléa très fort : zone marron
- aléa fort : zone orange
- aléa modéré : zone jaune
- aléa faible : zone verte.

5.3.3. Précision utiles à la cartographie de l'aléa carrières

Les principes de la cartographie de l'aléa carrières tiennent en 2 étapes successives :

- ✓ Cartographier une zone avec l'aléa qui correspond au type d'exploitation et aux caractéristiques locales
- ✓ Rechercher toutes les informations possibles afin de faire correspondre le niveau d'aléa avec un des cas explicités dans le paragraphe précédent, en fonction du type d'interventions effectuées après abandon de la carrière.

L'attribution des aléas aux zones de carrières souterraines n'est pas normalisée selon une classification préétablie. Chaque exploitation doit être évaluée d'après ses caractéristiques et selon le contexte environnemental à un instant donné. Il s'agit d'un travail de recherche où la difficulté première et de pouvoir définir des secteurs d'aléa équivalents. De nombreuses interrogations demeurent du fait de l'inaccessibilité de certaines carrières, du manque d'informations et du coût des travaux de reconnaissance.

Pour établir la carte d'aléa, des choix ont été faits, notamment :

- Considérer que les travaux de fondation tels que les pieux sans remplissages préalables n'ont pas valeur de consolidation de la carrière. Ces types de travaux assurent en théorie la sécurité des bâtiments qui sont fondés, mais bien souvent on retrouve le béton des pieux étalés en carrière et des fontis peuvent remonter vers la surface en déstabilisant les pieux. Ces pieux n'équivalent pas à un traitement du terrain, ni à une mise en sécurité de la carrière. Leurs mises en œuvre peuvent même la fragiliser au passage du ciel de carrière qu'ils disloquent. Ils n'autorisent donc pas à réduire le degré d'aléa susceptible de toucher une construction future ou les espaces situés entre les bâtiments fondés. C'est pourquoi, les travaux de consolidation effectués uniquement par fondation profondes sans remplissage préalable des carrières souterraines ne sont pas pris en compte dans la réduction de l'aléa.
- Considérer que les travaux de maçonnerie sans bourrage de la carrière (construction de piliers maçonnés en carrière), sous faible recouvrement ne permettent pas de réduire en aléa faible. Le ciel de carrière est renforcé quand les piliers reprennent la fracturation et les efforts sur le ciel de carrière. Toutefois, les piliers sont plutôt calculés pour reprendre les charges de la construction sans se préoccuper du ciel de carrière. Si la carrière reste vide, elle pourra toujours être l'objet de dégradation dans le temps. Étant donné les travaux au niveau de la carrière, la survenance d'un fontis est moindre, l'aléa sera donc descendu d'un degré d'intensité seulement.

Cependant, ces types de travaux (piliers maçonnés et pieux) peuvent être pris en considération lors de la réalisation de la carte des enjeux.

- Ne pas représenter toutes les zones d'aléa dont la surface ne serait pas visible à l'échelle du 5000^{ème}. L'une des difficultés lors du tracé des aléas est donc de garder une vision d'ensemble même si chaque chantier est étudié à une échelle plus grande.

- Considérer enfin que les zones de protection s'appliquent en limite d'exploitation des carrières, mais aussi en bordure de zone consolidée par piliers maçonnés ou injection, puisque la remontée d'un fontis en s'évasant peut dans l'absolu entraîner des dommages même au droit d'une zone non exploitée ou bien consolidée de la sorte, dans la limite de la zone de protection. En revanche l'emploi de fondations profondes (après comblement pour les pieux) met à l'abri de ce mécanisme puisque la fondation se fait sous la zone d'influence d'un tel fontis.

Ces niveaux d'aléas ont été cartographiés à l'échelle 1/5000.

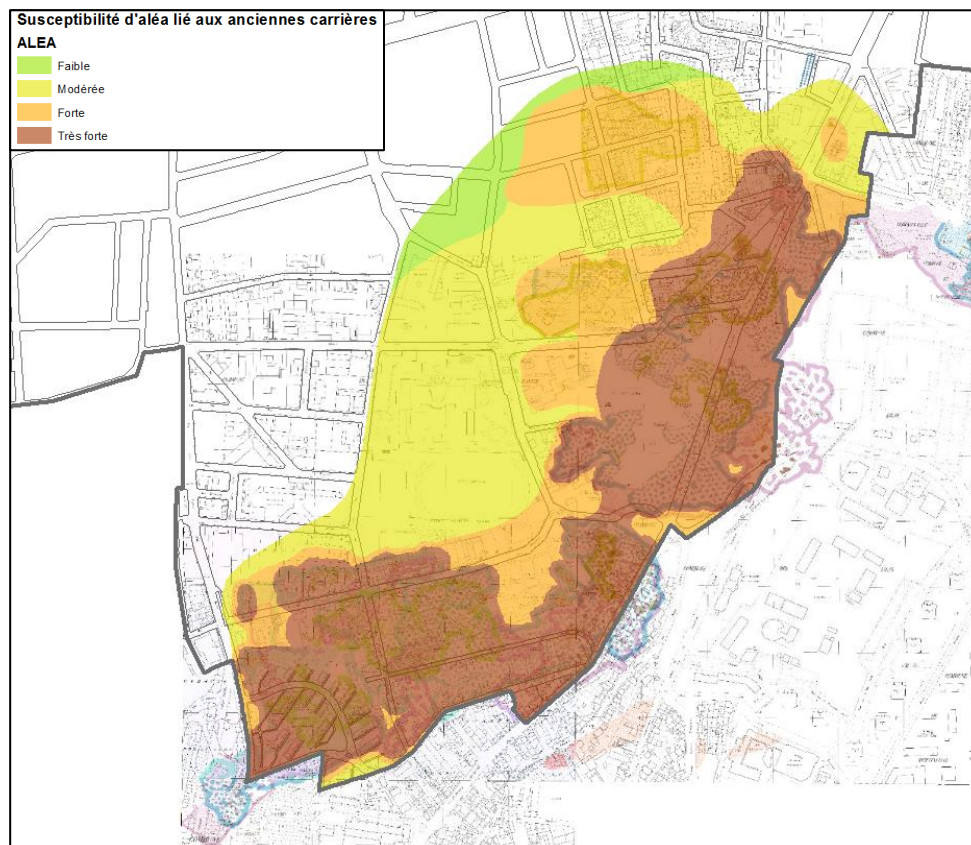
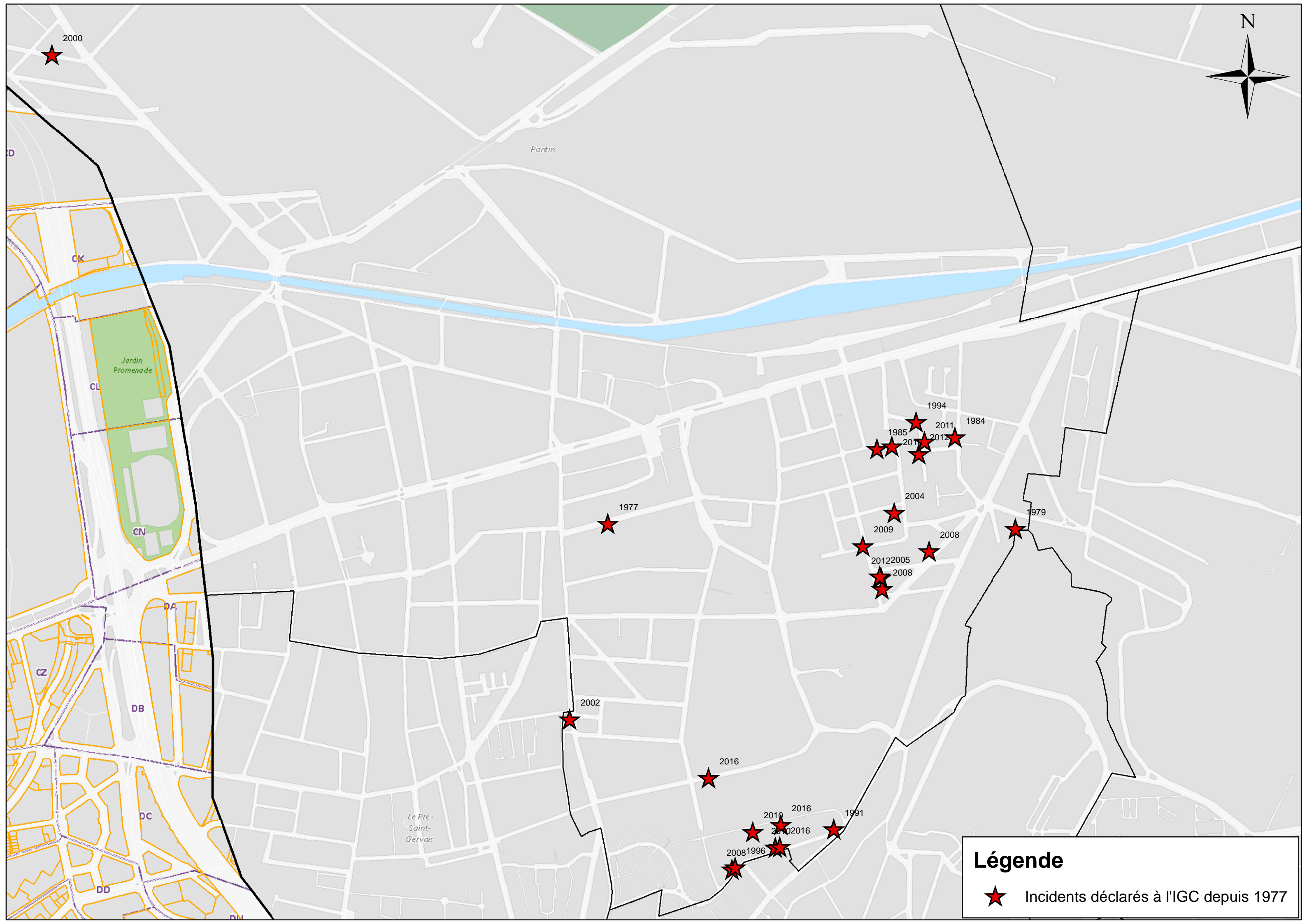


Figure 8 : Superposition de la carte des carrières et de la carte d'aléa lié aux carrières souterraines de PANTIN

Année	Adresse	Type de désordres	Causes
1977	4 rue du 8 Mai 1945	Fontis	Dissolution
1979	rue Jules Jaslin	Eroulement falaise	Gel et vieillissement falaise
1984	34-36 rue Fromagne	Découverte Carrières souterraines	Fuite
1985	28 rue Francois Arago	Fontis	Fuite
1991	4-6 rue Marcelle	Fissures + Affaissement	Fuite
1994	27 rue Lépine	Excavation	Superficielle
1996	66 rue Marcelle	Fissures + Affaissement	Fuite
2000	35 rue Magenta	Tassement	Fuite
2002	56 rue Jules Auffret	Affaissement	Fuite probable
2004	20 rue Boieldieu	Fontis	Effondrement carrière ou dissolution
2005	59 rue Benjamin Delessert	Excavation	Fuite probable
2008	82 avenue Anatole France	Fissures	Fuite probable
2008	65 rue Benjamin Delessert	Fissures	Fuite probable
2008	68 rue Marcelle	Affaissement	Fuite probable et/ou retrait gonflement des argiles
2009	48 rue Benjamin Delessert	Fissures + Affaissement	Fuite probable
2010	2 rue Boieldieu	Fissures	Fuite + retrait gonflement des argiles
2010	18 rue Bel Air	Fissures	Fuite + retrait gonflement des argiles
2010	38 rue Marcelle	Fissures	Argiles et/ou carrière
2011	37 rue Lépine	Excavation	Fuite ou dissolution
2012	59 rue Benjamin Delessert	Excavation + Fissures	Fuite ou carrières
2012	40 rue Lépine	Fontis	Dissolution
2016	34 rue Marcelle	Affaissement + Fissures	Fuite et/ou effondrement carrière
2016	36 rue Bel Air	Fissures	Fuite
2016	22 rue des Pommiers	Fontis	Effondrement carrière



Légende

★ Incidents déclarés à l'IGC depuis 1977