

PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS LIÉS AUX ANCIENNES CARRIÈRES

Affaissements et effondrements liés aux anciennes carrières

Commune de Gagny

Note de présentation

Approuvé par arrêté préfectoral n°2013-1356 du 21 mai 2013



Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement
Ile-de-France
Unité territoriale Seine-Saint-Denis

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	5
2 L'ALÉA MOUVEMENTS DE TERRAIN LIÉS AUX ANCIENNES CARRIÈRES.....	6
2.1 MÉTHODOLOGIE.....	6
2.2 RECUEIL DES DONNÉES.....	7
2.3 ANALYSE DES DONNÉES.....	9
2.3.1 <i>Géologie de la commune de Gagny appliquée aux carrières.....</i>	9
2.3.2 <i>Étude hydrogéologique appliquée aux carrières.....</i>	12
2.3.3 <i>Nature des cavités et exploitations.....</i>	14
2.3.3.1 <i>Matériaux exploités.....</i>	14
2.3.3.2 <i>Méthodes d'exploitation et taux de défrètement.....</i>	14
2.4 DESCRIPTION SOMMAIRE DES DÉSORDRES.....	19
2.4.1 <i>Définition des aléas.....</i>	19
2.4.1.1 <i>Aléas liés à la remontée à la surface des désordres dus aux anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert.....</i>	20
2.4.1.2 <i>Falaises et glissements de terrain.....</i>	25
2.4.2 <i>Facteurs aggravant le processus de dégradation des carrières.....</i>	26
2.5 INVENTAIRE DES CARRIÈRES CONNUES DE GAGNY.....	28
2.5.1 <i>Inventaire des carrières à ciel ouvert connues.....</i>	28
2.5.2 <i>Inventaire des carrières souterraines connues.....</i>	29
2.5.2.1 <i>La carrière de l'Ouest.....</i>	29
2.5.2.2 <i>La carrière du Centre dite « du Bois de l'Étoile ».....</i>	31
2.5.2.3 <i>La carrière de l'Est dite « Saint Pierre ».....</i>	34
2.6 ÉTUDE ET RÉPARTITION DES ALÉAS À GAGNY.....	37
2.6.1 <i>Évaluation de l'aléa pour les carrières.....</i>	37
2.6.1.1 <i>La présence de cavités (anthropiques ou naturelles).....</i>	37
2.6.1.2 <i>Le contexte géologique et hydrogéologique de l'environnement.....</i>	37
2.6.1.3 <i>Les facteurs aggravants.....</i>	37

2.6.2	<i>Caractérisation et cartographie du niveau d'aléa pour les carrières.....</i>	38
2.6.2.1	Détail des aléas.....	38
2.6.2.2	Types de travaux de mise en sécurité des carrières.....	39
2.6.2.3	Zones de protection (ZP) et marges de reculement (MR).....	40
2.6.2.4	Détermination du niveau d'aléa.....	42
3	CARTE DES ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN LIÉS À LA PRÉSENCE D'ANCIENNES CARRIÈRES.....	44
4	ANALYSE DES ENJEUX :.....	45
4.1	ENJEUX HUMAINS.....	45
4.1.1	<i>Données générales.....</i>	45
4.1.2	<i>Population exposée à l'aléa.....</i>	46
4.1.3	<i>Établissements sensibles.....</i>	46
4.2	ENJEUX D'AMÉNAGEMENT.....	47
4.2.1	<i>Aménagement du secteur dit du Bois de l'Étoile.....</i>	47
4.2.2	<i>Aménagement le long du vieux chemin de Meaux (carrière de l'Est).....</i>	47
4.2.3	<i>Aménagement du quartier du Parc des Sources.....</i>	47
4.3	ENJEUX LIÉS AUX ÉQUIPEMENTS ET INFRASTRUCTURES.....	48
4.3.1	<i>Infrastructures de transport.....</i>	48
4.3.2	<i>Réseaux et canalisations.....</i>	48
4.3.3	<i>Autres équipements.....</i>	48
4.4	ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX.....	49
5	ÉLABORATION DU ZONAGE RÉGLEMENTAIRE.....	51
5.1	MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DU ZONAGE RÉGLEMENTAIRE.....	51
5.2	OBJECTIFS DE PRÉVENTION POUR CHAQUE ZONE.....	52

1 INTRODUCTION

Élaboration du document

Cette note présente l'ensemble des éléments utiles à la compréhension du plan de prévention des risques naturels (PPRN) liés aux anciennes carrières sur la commune de Gagny.

Ce PPRN comprend trois grandes parties :

- la note de présentation comprenant la description des phénomènes naturels de mouvements de terrain liés aux anciennes carrières, la détermination des aléas correspondants, l'analyse des enjeux des territoires exposés à ces risques et la méthode d'élaboration du zonage réglementaire. Cette note est accompagnée de la cartographie des aléas ;
- le zonage réglementaire, obtenu à partir du croisement effectué entre les différents zonages des aléas et tenant compte des enjeux recensés ;
- un règlement s'appliquant sur chacune des zones réglementaires définies.

Par arrêté préfectoral n° 02-2848 du 4 juillet 2002, l'État, représenté par le préfet de la Seine-Saint-Denis, a approuvé le plan de prévention des risques naturels liés aux anciennes carrières sur la commune de Gagny. A la suite d'importants travaux de mise en sécurité et de consolidation entrepris sur la commune de Gagny modifiant de façon significative les aléas cartographiés en 2002, sa révision a été prescrite par arrêté préfectoral n° 08-2284 du 22 juillet 2008. Les risques naturels pris en compte dans le PPRN sont les affaissements-effondrements liés aux anciennes carrières.

Dans le cadre de l'élaboration de ce PPR sur la commune de Gagny, l'État, qui est chargé d'élaborer et de mettre en application les PPR, a retenu un expert pour l'assister dans cette mission, en particulier pour définir les aléas de mouvements de terrain liés aux anciennes carrières. Ainsi, l'unité territoriale de Seine-Saint-Denis de la direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement d'Île-de-France a fait appel à l'inspection générale des carrières de la Ville de Paris (IGC) pour la caractérisation et la cartographie des aléas mouvements de terrain liés aux anciennes carrières souterraines ou à ciel ouvert sur la commune de Gagny. Dans le cadre de la concertation, les services de la commune de Gagny ont également été associés lors de différentes phases d'élaboration du document.

Les risques mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières

Les risques de mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières sont à l'origine de désordres pouvant mettre en danger des personnes et provoquer des dégâts matériels importants.

Concernant le risque lié à la présence d'anciennes carrières, les coûts des dommages sont très difficilement estimables car le risque est très ponctuel et n'affecte parfois que certaines constructions isolées. Cependant, la présence d'anciennes carrières, pouvant occasionner des affaissements, des tassements mais aussi des effondrements de grande ampleur se propageant de manière brutale et soudaine, présente un réel danger pour les vies humaines. Les ouvrages sont également vulnérables et peuvent être détruits entièrement. En plus des risques sur les vies humaines et les infrastructures, ces mouvements de terrain ont des conséquences économiques. Leur survenue entraîne des coûts dus aux réparations, ainsi qu'éventuellement à l'arrêt des activités du secteur concerné. La mise en place de mesures de protection, telle que le comblement des carrières ou la consolidation du sous-sol entraîne également des dépenses revenant en général au propriétaire du terrain. Si aucune protection ne s'avère efficace, le coût de l'expropriation et du relogement des populations menacées est à prendre en compte.

2 L'ALÉA MOUVEMENTS DE TERRAIN LIÉS AUX ANCIENNES CARRIÈRES

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

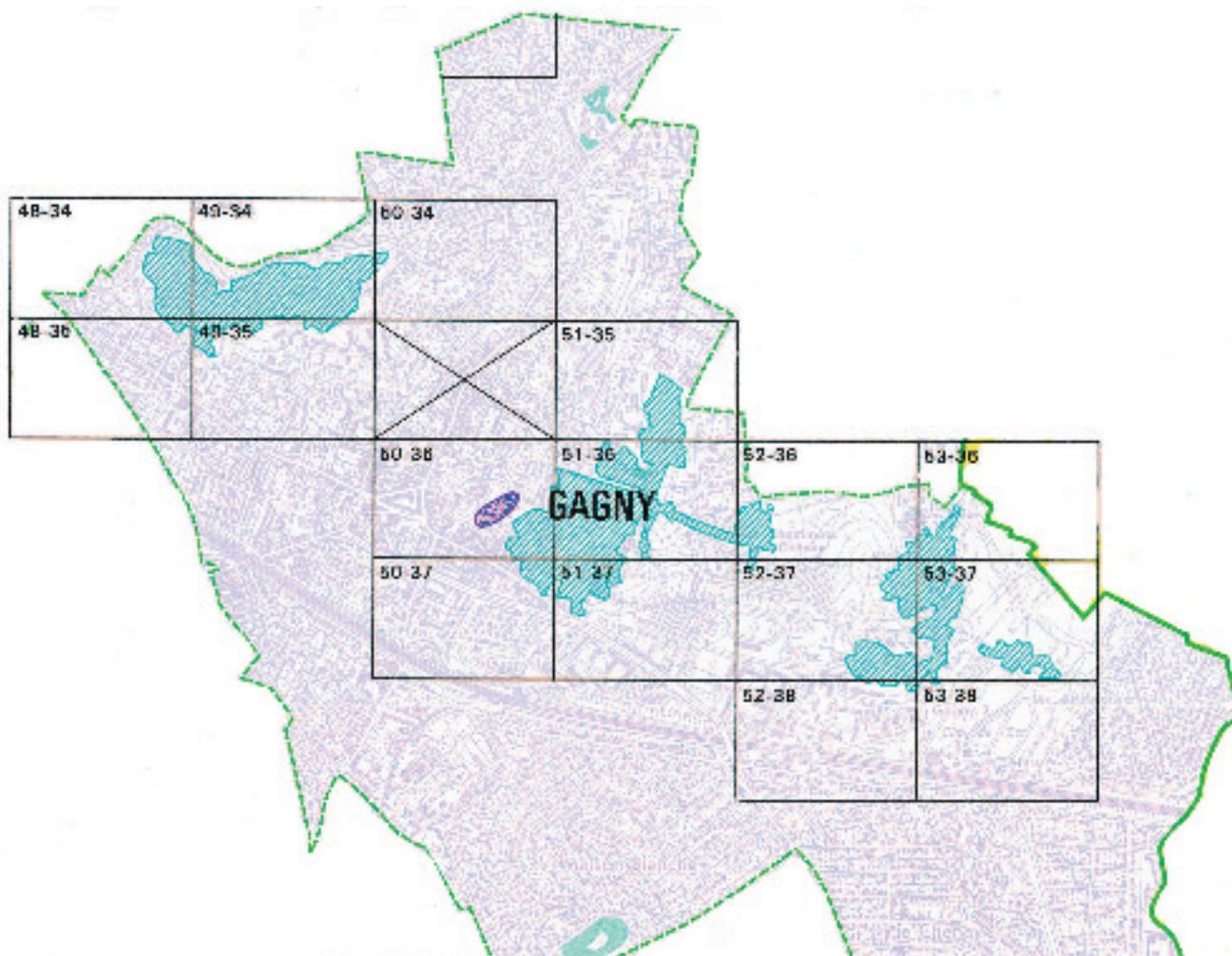
Dans le cadre de l'élaboration du PPR liés aux anciennes carrières sur la commune de Gagny, l'expertise confiée à l'inspection générale des carrières de la Ville de Paris par l'État porte sur l'identification des aléas carrières souterraines ou à ciel ouvert et leur cartographie à l'échelle du 1/5.000. Cette cartographie n'est pas exploitable directement à l'échelle de la parcelle pour déterminer l'impact de la carrière sur une construction prise individuellement. Dans le cas d'une construction nouvelle, une instruction du projet vis-à-vis des risques liés aux anciennes carrières reste nécessaire.

Cette partie de la note de présentation est consacrée à la présentation de la méthodologie de l'élaboration de l'étude d'aléas réalisée par l'IGC ainsi qu'à la caractérisation des aléas liés aux anciennes carrières sur la commune de Gagny.

2.1 MÉTHODOLOGIE

L'inspection générale des carrières a mené l'étude d'aléas à partir des différentes cartes disponibles :

- la carte géologique au 1/5.000 de Gagny établie par l'inspection générale des carrières. Cette carte comporte des points de sondages avec des coupes résumées sur Gagny ;
- les cartes des anciennes carrières au 1/1.000 réalisées initialement à partir des plans fournis par les carriers (délimitations en pointillés) et/ou dessinées à partir des relevés topographiques directement mesurées par des agents de l'IGC (délimitations en traits pleins). Ces cartes de carrières sont tenues à jour à partir des déclarations d'incidents, des récolements de travaux (voirie, permis de construire, grands travaux) et des visites d'inspection lorsqu'elles sont possibles.



Assemblage des cartes de carrières de gypse sur la commune de Gagny
Source : IGC

2.2 RECUEIL DES DONNÉES

Cette étape consiste à recueillir le maximum d'informations utiles au recensement des cavités existantes et à la qualification de l'aléa.

Pour cela, l'inspection générale des carrières a réalisé des investigations directes sur le terrain et a exploité ses archives.

Il convient de noter que certains documents consultés sont anciens et peuvent être incomplets. On constate une absence d'information pour certaines parties de carrières dont l'existence est connue par des sondages ou suite à des incidents. De même, les limites d'exploitations des carrières à ciel ouvert ne sont pas toujours définies précisément.

Depuis plus de quarante ans, l'inspection générale des carrières procède à des visites d'inspection des anciennes carrières de Gagny. La plupart de ces visites ont été arrêtées lorsqu'elles ne pouvaient plus être réalisées dans des conditions de sécurité satisfaisantes à cause de la dégradation des carrières. Aujourd'hui, seule la haute masse de la carrière de l'Est est visitable. Elle est inspectée en moyenne une fois par an. Ces visites ont permis et permettent d'avoir un aperçu objectif de l'état de la carrière et, donc, de sa susceptibilité à provoquer des mouvements de terrain. Par ailleurs, des inspections ponctuelles sont effectuées lors d'incidents, si cela est possible, à la demande de la commune ou des particuliers.



Visite d'inspection de la carrière Saint Pierre (juillet 2008)
Source : IGC

L'étude d'aléas de l'IGC synthétise l'ensemble des données géologiques, géographiques et historiques liées à l'existence des carrières, connues par l'inspection générale des carrières, concernant le territoire de la commune de Gagny. L'analyse de ces données a permis de mettre en évidence des critères permettant d'affirmer l'existence de cavités souterraines, ainsi que de déterminer les facteurs entraînant leur dégradation ou leur remontée plus ou moins rapide, sous forme de fontis, vers la surface. De la même manière, les zones d'anciennes carrières à ciel ouvert remblayées susceptibles de nécessiter la mise en place de fondations spécifiques sont localisées et leurs propriétés expliquées.

La cartographie comprend un report au 1/5.000 des aléas dus aux cavités connues ou fortement présumées à la date de publication de ce plan. Cette cartographie est réalisée à partir de la compilation 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 des niveaux d'aléas et d'en établir la carte.

On déplore une absence d'information pour certaines parties de carrières dont l'existence est fortement présumée. En ce cas, il n'existe pas de cartes de carrières permettant de les localiser et de pouvoir informer le public. De la même manière, les limites d'exploitation des carrières à ciel ouvert ne sont pas toujours bien définies.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

2.3.1 Géologie de la commune de Gagny appliquée aux carrières

La commune de Gagny s'inscrit topographiquement et géologiquement dans une butte-témoin, qui s'étire depuis Belleville à l'Ouest jusqu'à Gagny et de Gagny vers Vaujours à l'Est, dont les axes tectoniques principaux se rencontrent approximativement à Gagny. Cette butte-témoin, composée essentiellement de terrains appartenant au Ludien, est chapeauté par les travertins de Brie et des argiles vertes, voire des glaises, qui sont très plastiques et qui ont une tendance à fluer en bordure de versant.



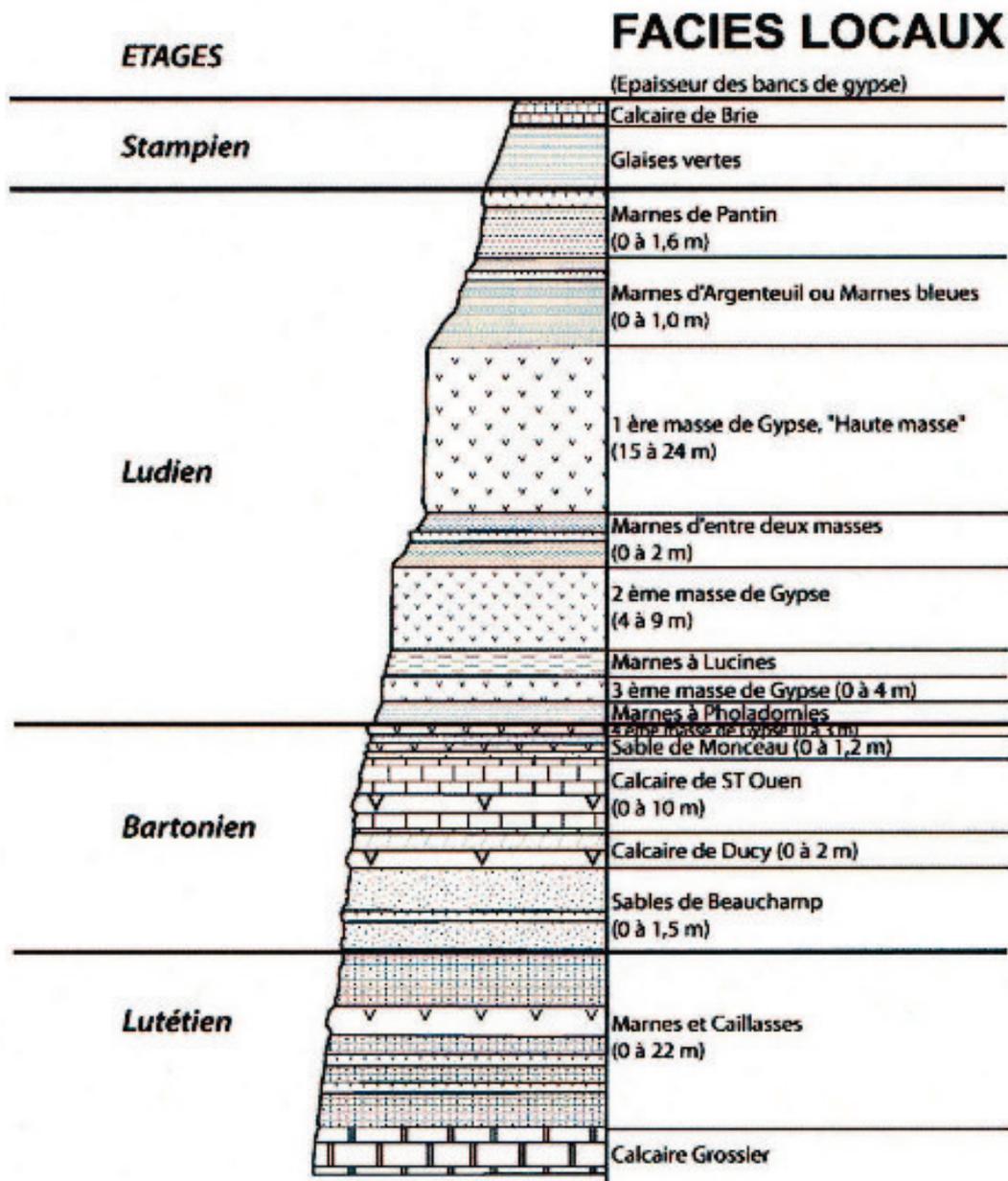
Buttes-témoins du gypse ludien dans le nord-est francilien
Source : IGC

Tous ces terrains tertiaires ont été érodés et remaniés durant le quaternaire pour donner des versants d'une dénivelée supérieure à 50 m entre les plateaux du sommet, vers une altitude de 116 m NGF (nivellement général de la France), et le sol des exploitations à ciel ouvert.

A Gagny, les horizons exploités se situent sur le flanc Sud-Ouest à Sud-Est de la butte-témoin laissée par l'érosion périglaciaire.

Au niveau des trois sites de carrières répertoriés, les effets de la sédimentologie et de la tectonique sont négligeables pour les épaisseurs des dépôts et leur altitude relative. En revanche, la rencontre des deux axes majeurs tectoniques a joué sur la stabilité des carrières (diaclasses ouvertes, failles...) et très probablement sur l'orientation des entrées en cavage.

Le Ludien et le sommet du Marinésien sont relativement homogènes dans les dépôts. Ils se décomposent en quatre assises ou masses de gypse et 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 épaisseur avoisinant 50 m.

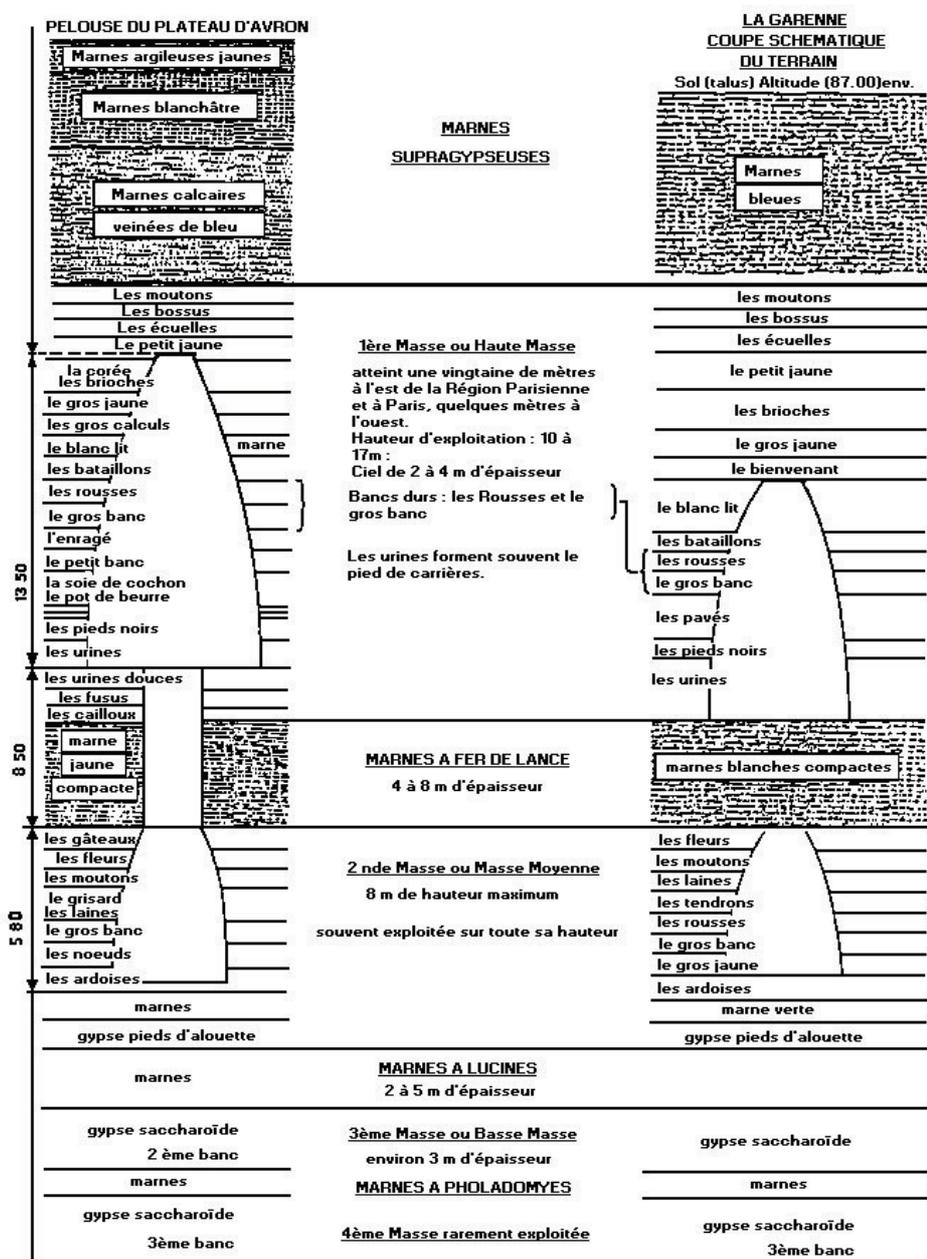


Coupe géologique schématique locale
Source : IGC

Les trois horizons de gypse ludien ont été entaillés : la haute masse, la deuxième masse et, plus rarement, la troisième masse. Ces bancs de gypse sont séparés par un ensemble marneux de 3 à 5 m 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 (quatrième masse de gypse).

Des marnes supra-gypseuses recouvrent le haut des plateaux, zone où il n'y a pas eu d'exploitation en profondeur. Se situent en tête des marnes dites « de Pantin », qui sont des marnes calcaires blanchâtres, puis des marnes dites « d'Argenteuil », bleutées et plastiques, qui peuvent renfermer quelques petits niveaux de gypse en base. Cet ensemble est surmonté par des argiles vertes et les travertins de Brie.

La coupe schématique suivante donne la succession des terrains de recouvrement et les supports des gisements. Les carriers avaient nommé, de façon très imagée, les différentes strates qui les constituaient.



Les différentes masses exploitées dans le gypse
 (coupes des carrières de Fosny sous Bois donnant les appellations des carriers)

Détail des différentes masses exploitées
 Source : IGC

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 luténiennes.

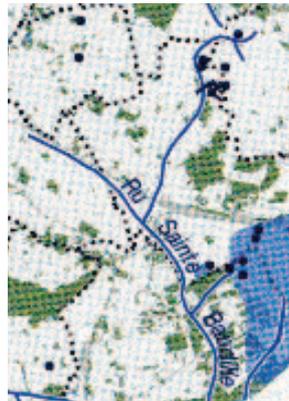
Les formations sous-jacentes au Ludien peuvent également contenir des poches de gypse dit « antéludien », le plus souvent contenu dans le Lutétien, qui se dissolvent lors des circulations d'eau et des mouvements des nappes souterraines. Les formations géologiques susceptibles de renfermer du gypse se rencontrent jusqu'à 60 m de profondeur au Sud de la carrière de l'Ouest de Gagny.

Toutefois, dans l'état actuel des connaissances géologiques, de tels éléments n'ont pas été observés dans les marnes et caillasses du Lutétien, bien que leur épaisseur dépasse 15 m, épaisseur minimale pour que la probabilité de rencontrer du gypse soit non nulle. Vers l'Est de Gagny, des sondages carottés de la SNCF montrent l'existence de ces matériaux gypseux dans les niveaux marinésiens et des dissolutions.

2.3.2 Étude hydrogéologique appliquée aux carrières

Les eaux naturelles ou anthropiques constituent un facteur déclencheur ou aggravant des risques de mouvements de terrain. Il est donc essentiel de définir en amont de l'étude les éventuels cours d'eau et les différentes nappes en présence et leur influence potentielle sur les carrières souterraines et à ciel ouvert.

Sur Gagny, seul un affluent du ru Saint Baudille est connu. Il passe entre la carrière du Centre et la carrière de l'Ouest. Ceci explique le thalweg et l'absence de carrière de gypse. En effet, le gypse y est de moins bonne qualité.



Extrait de la carte des rus de la Seine-Saint-Denis
Source : IGC

Les nappes d'eau souterraine sont nombreuses du fait de l'alternance répétée des assises perméables et imperméables. Elles s'écoulent le long des versants pour rejoindre la nappe suivante à partir d'exutoires plus ou moins bien connus (sources anciennes ou actuelles).

Toutes ces eaux contenues dans les terrains de recouvrement se perdent parfois dans les carrières souterraines à la suite de ruptures de la continuité des horizons perméables sus-jacents (travaux, fontis, fissurations, diaclases ouvertes...).

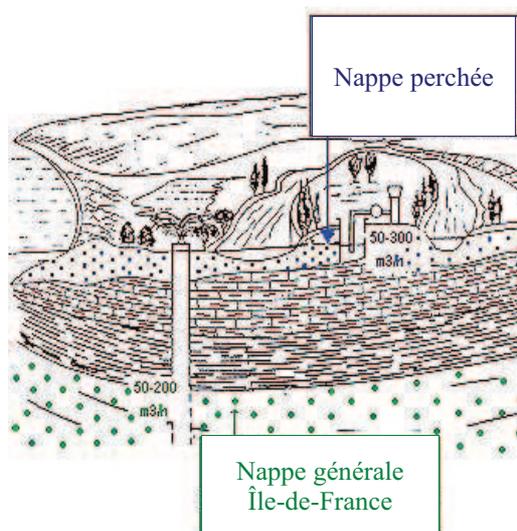
Le gypse est un matériaux très soluble dans les eaux non saturées en sulfates : les formations ludiennes (gypse), peuvent être parcourues de réseaux karstiques. L'ampleur de ces phénomènes de dissolution dépend de paramètres tels que la proximité des versants (qui participe à la formation de fractures favorisant la circulation des eaux).

Dans le gypse, les infiltrations gravitaires, même très faibles, et la remontée des eaux de nappes entraînent une importante dégradation des carrières en favorisant la formation de fontis et l'écaillage des piliers. Les infiltrations détruisent les liaisons entre les strates formant le ciel de carrière, ce qui aboutit à son délitement et, à terme, à la formation de fontis. Les eaux souterraines peuvent tasser ou emporter les remblais d'origine¹ soutenant le ciel des exploitations, favorisant l'affaissement ou la décompression des terrains de recouvrement.

En carrière à ciel ouvert, les remontées de nappes et les infiltrations d'eau trient ou emportent les remblais² les plus fins, ce qui conduit à leur tassement ou à la formation d'excavations.

Les niveaux d'eau des nappes sont ainsi un facteur déterminant pour l'implantation des carrières et leur stabilité. Il est important d'en connaître le niveau et de limiter les venues d'eau en carrière en évitant de porter atteinte à la cohérence des niveaux imperméables.

Deux nappes principales existent à Gagny :



Types de nappes rencontrées
Source : BRGM

- la nappe phréatique qui correspond à la **nappe générale de cette région de l'Île-de-France** et qui se situe dans les marno-calcaires de Saint-Ouen et la partie supérieure des sables de Beauchamp bartoniens reposant sur les horizons bartoniens inférieurs semi-perméables. Cette nappe peut se déverser dans les marnes et caillasses ainsi que dans le calcaire grossier en cas de rupture de la strate imperméable, accélérant le processus de dissolution du gypse antéludien à l'origine des fontis ou d'affaissements en surface ;
- une **nappe perchée** peu développée, contenue par les aquifères sus-jacents aux argiles vertes, essentiellement dans les travertins de Brie. Cette nappe perchée est alimentée par la pluie efficace du plateau (ruissellement hypodermique présent dans les espaces non bétonnés, parcs et jardins). A l'origine l'eau s'écoulait sur les bordures des plateaux par l'intermédiaire de sources qui ont donné naissance à des thalwegs.

¹ Dans le cas des carrières souterraines, ce terme désigne les masses de terre qui ont été apportées afin de remplir les vides formés par les galeries

² Dans le cas des carrières à ciel ouvert, ce terme désigne les masses de terre qui ont été apportées afin de combler le creux laissé par l'exploitation

Ces sources ayant disparu, ces eaux se perdent dans les formations superficielles. Elles doivent rejoindre la nappe phréatique en pied de butte au Sud des carrières de Gagny.

Lorsque les glaises vertes qui séparent cette nappe du gypse ludien sous-jacent perdent leur imperméabilité, les eaux peuvent descendre dans les carrières souterraines et les déstabiliser en dissolvant les bancs de gypse du ciel ou des piliers, ce qui engendre la formation de fontis. Même en l'absence d'exploitation, le gypse peut être dissout par les infiltrations de nappe et former des karsts susceptibles de s'effondrer par la suite. Il est fort probable que des réseaux karstiques se sont constitués en pied de butte dans les troisième et quatrième masses de gypse.

Le gypse, matériau soluble dans une eau non saturée en sulfates, peut aussi se comporter comme un milieu imperméable lorsque l'eau est saturée en sulfates. On peut donc rencontrer les niveaux de carrière noyés dans les zones les plus basses, quelle que soit la masse considérée. Ceci n'a pas été rencontré à Gagny.

Le présent document ne traite pas des circulations et dissolutions dans les différentes masses de gypses ludiens et antéludiens.

2.3.3 Nature des cavités et exploitations

2.3.3.1 Matériaux exploités

A Gagny, les seules exploitations connues sont celles du gypse, à ciel ouvert ou en souterrain.

Les cavités susceptibles d'entraîner des désordres en surface, sur le secteur de Gagny, sont essentiellement les vides laissés après l'abandon des carrières souterraines de gypse (la pierre à plâtre). L'existence de glaisières ou d'exploitations des marnes supra-gypseuses n'est pas exclue, mais ces carrières sont généralement à ciel ouvert et n'ont pas été répertoriées.

2.3.3.2 Méthodes d'exploitation et taux de défrètement

L'exploitation des matériaux en région parisienne a commencé dès l'Antiquité. Les activités d'extraction se sont d'abord développées en bordure de versant, à ciel ouvert, puis ont lentement progressé en souterrain sous les plateaux, par la méthode des piliers tournés pour le gypse, sur la totalité de l'épaisseur du banc. Le moment le plus fort de l'exploitation a été la seconde moitié du XIX^e siècle. Durant cette période, le gypse a été exploité souvent sur trois étages de manière très intensive, exceptionnellement quatre étages. Certaines carrières sont restées en activité durant le XX^e siècle, jusqu'en 1960 environ.

Les modes d'exploitation se sont succédés et ont varié dans le temps d'un lieu à l'autre, mais les principes généraux sont restés semblables. Différentes méthodes d'extraction peuvent coexister sur une même carrière en fonction de la rentabilité, de la localisation et de la période à laquelle le secteur a été exploité.

La méthode la plus simple quand le matériau affleure directement ou quand le recouvrement est suffisamment faible est l'exploitation **à ciel ouvert**. C'est la méthode la plus ancienne. La carrière est directement ouverte à flanc de coteau et s'étend sous forme de fosse qui rogne sur la falaise. Cette méthode est parfois utilisée lors d'une reprise d'exploitation (dépilage).

Les hauteurs d'exploitation étaient très variables. Les vides créés étaient le plus souvent comblés à l'aide de matériaux divers (déblais, terres stériles du recouvrement déplacées à l'avancement du front de taille, mais aussi avec des gravats, bois, briques et même des ordures ménagères),

matériaux ayant des qualités mécaniques variables et souvent plus réduites que le matériau d'origine. Les épaisseurs de remblais varient de quelques mètres à 38 m, cette épaisseur est particulièrement difficile à estimer quand la carrière a été foudroyée et remblayée par la surface par des remblais de mauvaise qualité.

Le recouvrement augmentant, son décapage devenait difficile. Les carriers ont alors extrait **en souterrain** le gypse sur un à trois niveaux. La haute masse a été exploitée intensément sur des hauteurs pouvant atteindre 15 m à Gagny. Les deux masses suivantes, de hauteurs inférieures, ont été également exploitées. Toutefois, peu d'exploitations de troisième masse sont connues sur Gagny. Aucune trace d'exploitation n'y est connue pour la quatrième masse, très irrégulièrement développée ou faisant même parfois totalement défaut.

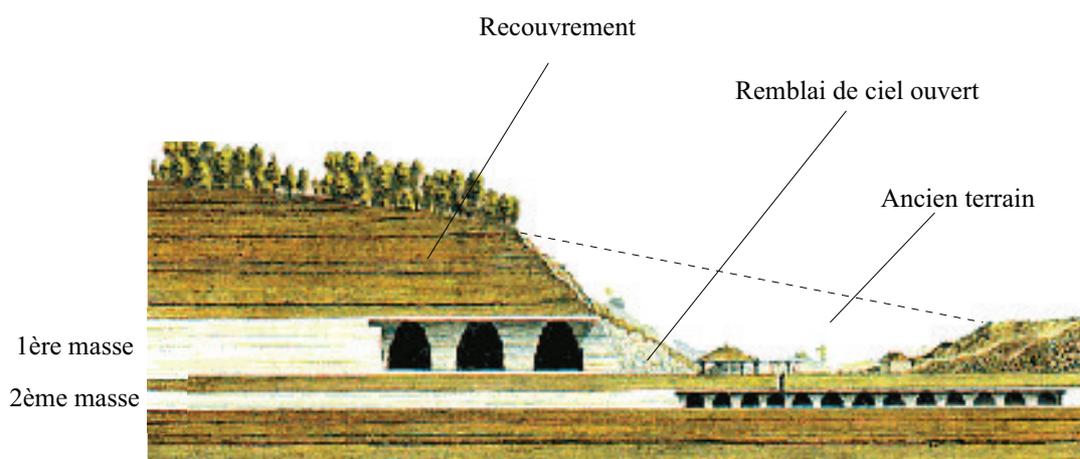


Schéma d'une carrière de gypse : entrée en cavage souterrain, piliers tournés sur deux étages et remblais de ciel ouvert
Source : IGC



Carrière Saint Pierre : entrée en cavage de la première masse
Source : IGC



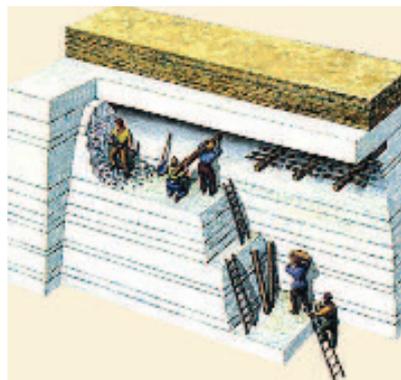
Extrait de la maquette de gypse de l'IGC
Source : IGC

On rencontre essentiellement trois méthodes d'exploitation souterraines des matériaux :

- **méthode dite des « piliers tournés »** : exploitation souterraine laissant régulièrement du matériau en place : des étaux de masse constituent ainsi des piliers naturels soutenant le ciel. Cette méthode, la plus ancienne (on estime son apparition au XII^e siècle), permet d'obtenir des galeries d'exploitation assez hautes et de ne pas remblayer la carrière derrière soi. Beaucoup de ces carrières ont été exploitées intensément, avec des taux de défrètement³ très importants ;
- **méthode par hagues et bourrages** : exploitation souterraine de la pierre sur la totalité de l'espace en laissant derrière soi des remblais ou déchets de l'extraction maintenus par des murs de pierres sèches, si possible jusqu'au toit de la salle d'extraction, et en réalisant quelques piliers en pierres sèches (dits « cales à bras ») pour maintenir le toit de la carrière le temps de l'exploitation. Cette méthode nécessite la réalisation de salles moins hautes mais qui peuvent être superposées. En fin d'exploitation, lorsque la carrière est abandonnée, seules quelques galeries subsistent, essentiellement le long des fronts de taille et en direction des puits d'extraction, le reste étant comblé par les déchets d'exploitation. Aucune exploitation de ce type n'est connue ou même envisageable avec les matériaux exploitables sur la commune de Gagny ;
- **méthode des galeries en rameaux** : exploitation souterraine de faible profondeur à partir d'un puits et par un réseau de galeries étroites, qui ne se recoupent pas nécessairement. Cette méthode laisse un étau de masse important et, donc, le taux de défrètement est faible. Ces galeries artisanales, souvent clandestines, ont été réalisées sans plan et l'aspect irrégulier et anarchique de ces exploitations les rend difficiles à détecter. Cette méthode a surtout été utilisée pour les glaises vertes et le travertin de Brie. Aucune exploitation de ce type n'est actuellement connue sur le secteur de Gagny.

L'examen des plans et des archives a révélé que l'exploitation a été conduite exclusivement par la méthode dite des piliers tournés (ou piliers abandonnés), avec un taux de défrètement pouvant atteindre 50 à 55 % (carrière du Centre).

En vue de réduire la longueur 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 (deuxième et troisième masses), large à la base et étroite au sommet.



Attaque en front de taille pour la haute masse de gypse
Source : IGC

³ Le taux de défrètement représente le rapport entre la surface des vides et la surface totale de l'exploitation en considérant les surfaces à 1 m du pied de carrière



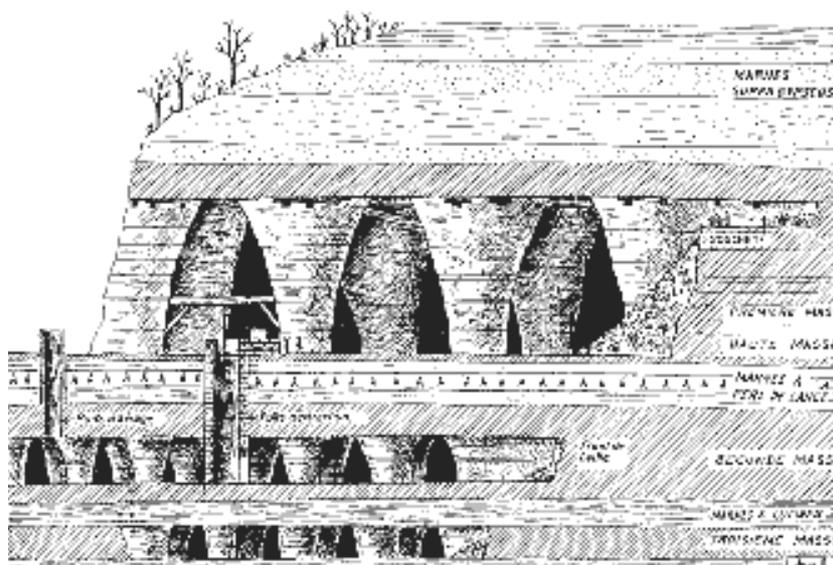
Boiserie en galerie de haute masse
Source : IGC



Galerie d'attaque en haute masse
Source : IGC

L'épaisseur du banc séparatif peut également être faible (cas entre les deuxième et troisième masses). Dans ce cas, il y a un risque de rupture du banc entre les différents niveaux d'exploitation. De même, le poinçonnement du mur (sol de la carrière) par les piliers est à craindre quand le banc de gypse laissé en base est trop mince.

Les hauteurs d'extraction à Gagny atteignent 15, voire 18 m pour la haute masse, 6 m pour la deuxième et 2 m environ pour la troisième.



Coupe-type des exploitations souterraines de gypse
Source : IGC

Les terrains situés au-dessus des masses exploitées sont de nature marneuse ; leur épaisseur varie entre 15 et 20 m. Rappelons que le recouvrement intervient dans le processus de dégradation, par les contraintes verticales (ou obliques en bordure de versant) qu'il induit dans le toit des piliers, et 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. La superposition de plusieurs niveaux accélère l'apparition des fontis et accentue leur diamètre.

Les piliers présentent maintenant des signes visibles d'altération tels que l'écaillage, la fragmentation, la fissuration, voire la ruine totale, même si certains piliers ont été ceinturés en béton.



Écaillage d'un pilier tourné de deuxième masse (carrière de l'Ouest)
Source : IGC

En fin d'exploitation, la carrière était **abandonnée**, le plus souvent sans remblayage. Afin d'éviter les accidents graves liés à la présence de ces vides souterrains importants, certaines carrières ont subi des foudroyages, c'est-à-dire la destruction à l'explosif des piliers de carrière afin de provoquer artificiellement l'effondrement des terrains sus-jacents et la disparition théorique des vides.

En pratique, ce procédé, mal contrôlé, laisse subsister des vides entre les blocs de roche fracturés et éboulés et ne conduit pas à une stabilité absolue de la surface du sol. Les anciennes exploitations de gypse, foudroyées ou non, constituent toujours une grave menace pour la stabilité du sol, d'autant que les vides sont inaccessibles et ne peuvent donc pas être surveillés. La surface devient très chahutée et les vides arrivés à jour sont souvent remblayés sommairement avec des matériaux de mauvaise qualité.

Certaines carrières souterraines du secteur de Gagny ont pu être utilisées après l'arrêt de l'exploitation comme champignonnières, abris de défense passive, cache d'armes pendant la Seconde Guerre mondiale ou lieux de stockage. Ces réutilisations ont parfois été l'occasion de consolidations et de surveillance de l'état de la carrière.

Afin d'éviter les accidents liés à l'effondrement de ces vides souterrains, certaines de ces carrières ont été localement mises en sécurité par la construction de piliers, de murs et de voûtes maçonnées ou par l'injection de mortier de comblement. Une large part des galeries restantes sont inaccessibles suite à des effondrements ou à cause de comblements localisés anciens ou récents et peuvent être en très mauvais état de conservation.

2.4 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 de remblais de carrières à ciel ouvert et de leurs tassements différentiels : fontis, affaissements, fissurations, ruptures de canalisations...

Ces anomalies peuvent être de deux origines :

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

Ces vides peuvent remonter vers la surface après affaissement des terrains qui les recouvrent et provoquer alors, selon la hauteur du recouvrement, soit une cuvette appelée « **affaissement** » soit une cavité appelée « **fontis** ». Les affaissements et les fontis sont des phénomènes localisés, d'une forme circulaire et de diamètre plus ou moins grand.

Lorsque l'effondrement concerne une grande partie de la carrière souterraine et se fait brutalement, on parle d'un **effondrement généralisé**, par rupture des piliers de toute une zone. L'apparition de ce phénomène est caractérisée, d'une part, par une bonne résistance à la traction du banc formant le toit, propriété que ne possède pas le gypse, et, d'autre part, par une exploitation intensive en pied de carrière, laissant une couche insuffisamment épaisse en pied pour résister à la surcharge des piliers en place.

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. Ces éboulements, en revanche, existent bel et bien en limite de falaises au niveau des entrées en caveau.

Sur la commune de Gagny, le gypse ludien a été exploité en carrière souterraine sur le versant Sud des buttes.

Dans les horizons antéludiens (antérieurs au Ludien), en particulier dans les marnes et caillasses du Lutécien, on peut rencontrer en région parisienne des lentilles ou des bancs de plusieurs mètres de gypse qualifié « de gypse antéludien », qui n'a pas été exploité mais susceptible d'être affecté par des phénomènes de dissolution.

2.4.1 Définition des aléas

Les aléas de mouvements de terrain liés aux exploitations souterraines et à ciel ouvert sont explicités ci-après. 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**.

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

Les affaissements

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.

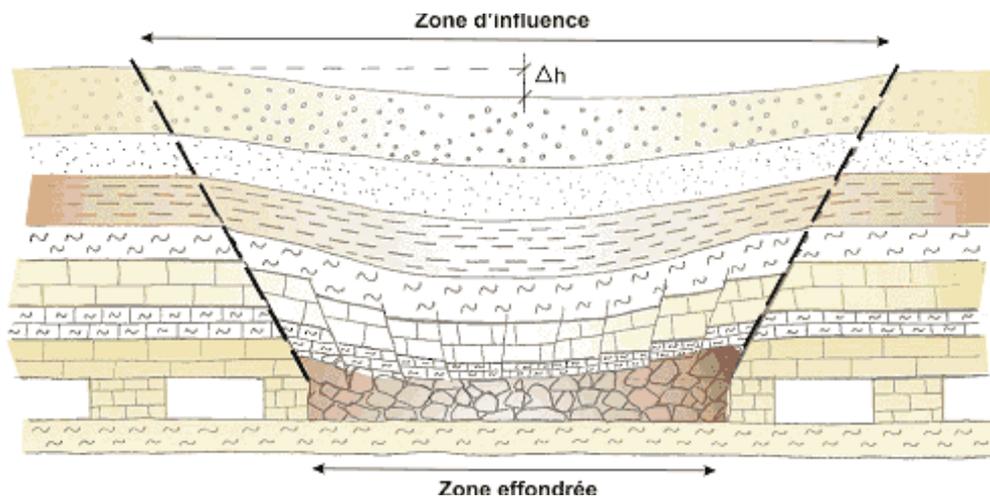


Schéma d'un affaissement
Source : BRGM

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, 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 ne remonte et n'apparaisse 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. Toutefois ces tassements différentiels peuvent mettre en danger les biens, voire les personnes quand une excavation y est liée.

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.

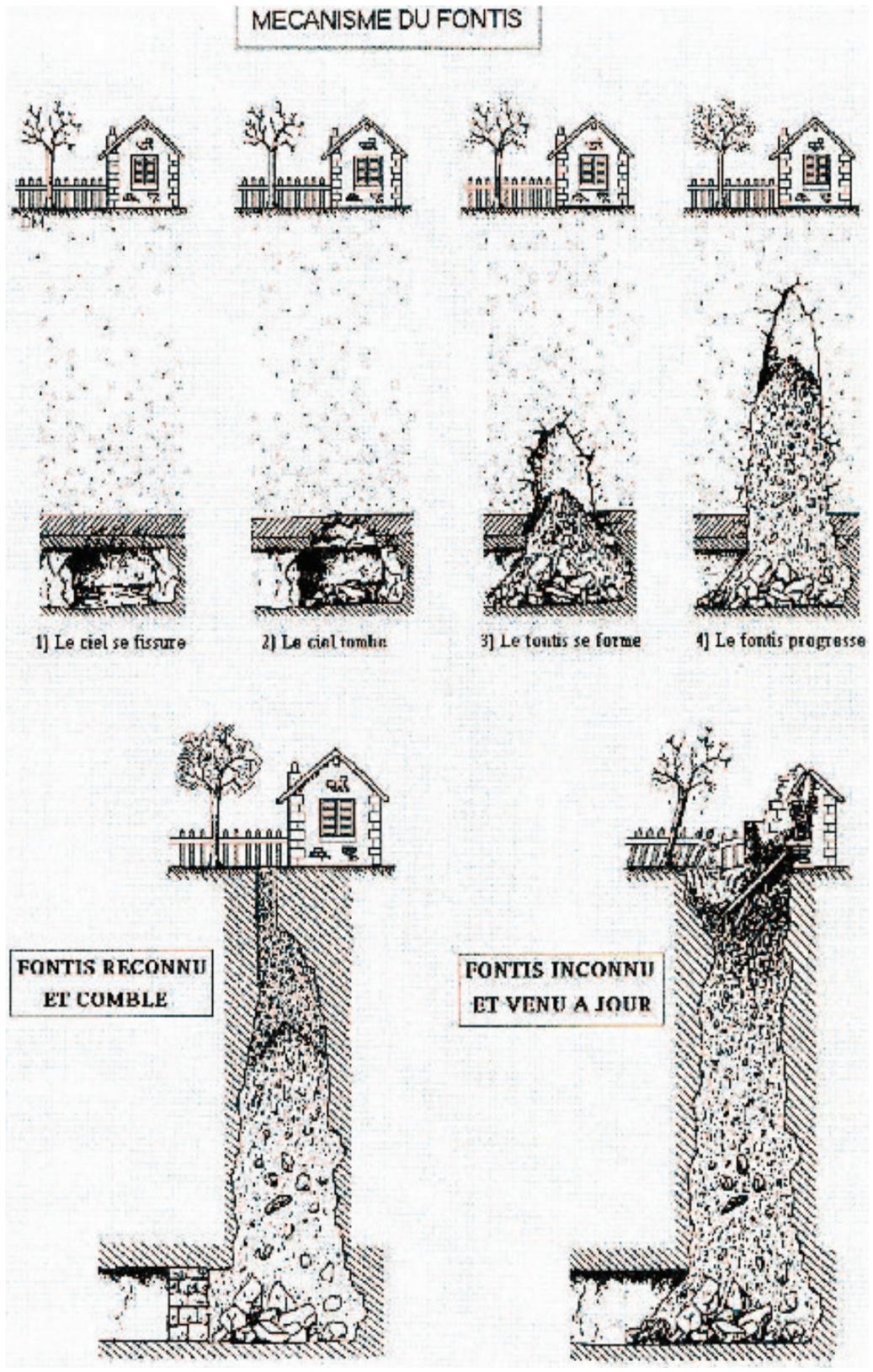
Le cas se rencontre dans le cas des carrières souterraines de gypse remblayées totalement d'origine, quand les remblais se sont tassés et que le ciel de carrière cède. Dans ce cas, il est bloqué par les bourrages. Les affaissements peuvent se généraliser à une grande partie de l'exploitation. Mais comme 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 ; en ce cas un affaissement apparaît.

☞ Sur les bâtiments, ces affaissements créent des tassements différentiels sous les fondations, qui se traduisent par des 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 également des altérations ou des ruptures de canalisations (eaux, égouts, gaz...). Les fuites de ces canalisations peuvent avoir des conséquences non négligeables sur l'évolution à court terme du site.

Les fontis

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 (cf. schéma ci-après).



Mécanisme d'un fontis
Source : IGC

Dans les carrières souterraines de gypse exploitées par la méthode des piliers tournés, avec le vieillissement de l'exploitation, les piliers peuvent présenter des signes visibles d'altération tels que l'écaillage, la fragmentation, la fissuration, voire la ruine. Dans ce dernier cas, un fontis peut remonter jusqu'à la surface. Dans les carrières en piliers tournés (le cas du gypse), les fontis apparaissent en premier lieu aux intersections des galeries, puis à l'emplacement de piliers sous-dimensionnés.

L'épaisseur et la nature du banc intercalaire entre deux étages peut également jouer un rôle. 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 deux étages de carrière et être plus important en surface.



Fontis en carrière (carrière de l'Ouest)
Source : IGC



Fontis venu à jour au-dessus de la carrière Saint Pierre
Source : IGC

Les terrains situés au-dessus des matériaux exploités sont de nature marneuse à marno-calcaire. 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. Plus les tassements différentiels sont importants en bordure de front de taille, plus le ciel de carrière aura tendance à céder du fait de l'augmentation des contraintes de cisaillement.

☞ 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 par flexion, dans le vide, après l'événement.

Les effondrements généralisés

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 $L / H > 1$. Ce type de ruine est lié à l'enfoncement et à la rupture des piliers, qui s'observe au soufflage du mur (enfoncement par poinçonnement des piliers dans un niveau sous-jacent de nature marneuse lorsque la dalle de gypse au mur est d'épaisseur insuffisante).

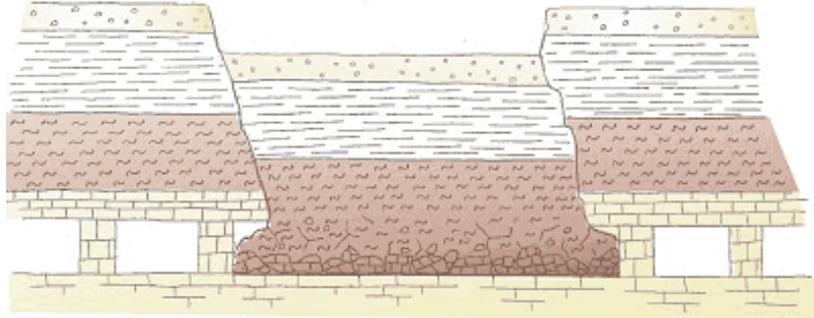


Schéma d'un effondrement généralisé
Source : BRGM

Étant donné les caractéristiques des carrières de gypse de Gagny, ce cas est peu probable. Il arrive que plusieurs fontis apparaissent le long d'une même galerie, mais de façon décalée dans le temps ; ce phénomène ne constitue pas un effondrement généralisé. Sur la commune de Gagny, les seuls effondrements généralisés observés furent ceux provoqués par foudroyage des piliers.

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

Le débouillage de puits

Les anciens puits de carrière, d'accès ou d'extraction, ont souvent été comblés de matériaux divers, aux propriétés techniques variables et souvent moins bonnes que celles des terrains avoisinants. Il arrive que ces remblais se tassent, que les particules fines soient emportées par des venues d'eau ou que le ceinturage du puits en sous-sol cède, laissant le remblai se répandre dans la carrière. La conséquence de ces phénomènes est le débouillage du puits, qui se traduit en surface par l'apparition d'une excavation plus ou moins profonde.

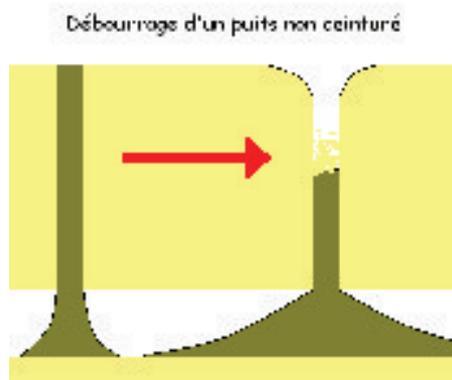
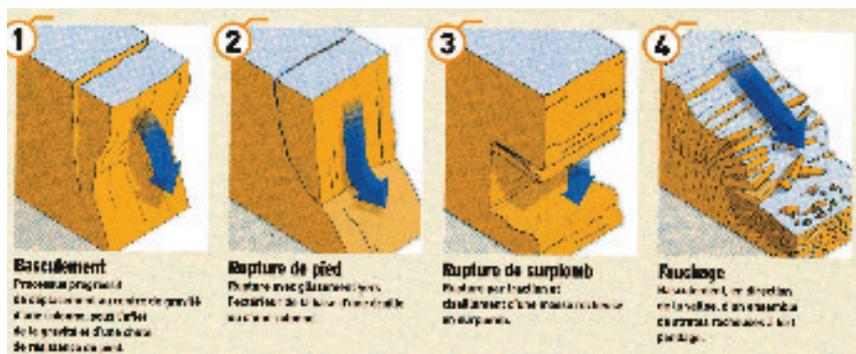


Schéma représentant l'incidence du débouillage d'un puits
Source : IGC

☞ Le bâti peut être dégradé si le puits débouche sous un mur porteur, mais le risque principal concerne les personnes et les biens.

2.4.1.2 Falaises et glissements de terrain

Les risques significatifs de mouvements de terrain sont liés en partie à l'exploitation des carrières de gypse à ciel ouvert, qui a généré l'existence de falaises. De la même manière, les entrées en cavage à flanc de versant constituent des espaces fragiles susceptibles de s'effondrer lorsqu'elles sont mal consolidées.



Différents types de phénomènes en bordure de falaise
Source : IGC



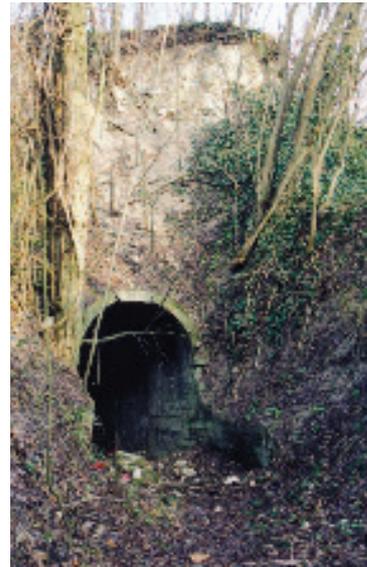
Déstabilisation d'une entrée en cavage
Source : IGC

Outre ces falaises, des talus de déblais trop raides parfois situés au-dessus des fronts de taille ou des mises en dépôts anarchiques de stériles, accompagnés de terrains de recouvrement déstructurés et argileux, sont aussi 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'ajoute à ces diaclases un ripage des bancs de gypse, ce qui explique que les entrées en cavage sont généralement remblayées ou renforcées par des voûtes et que certaines ont été fermées, ce qui présente l'inconvénient d'empêcher les visites de contrôle.



Versant Est de la première masse
Source : IGC



Entrée en cavage de deuxième masse à Saint Pierre,
avant effondrement et travaux
Source : IGC

2.4.2 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 et 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 carrières 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 restés en place 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 l'on a superposition de plusieurs étages, notamment quand les piliers tournés ne se superposent pas sur une même verticale ou que les piliers des étages inférieurs sont plus petits qu'en étage supérieur.

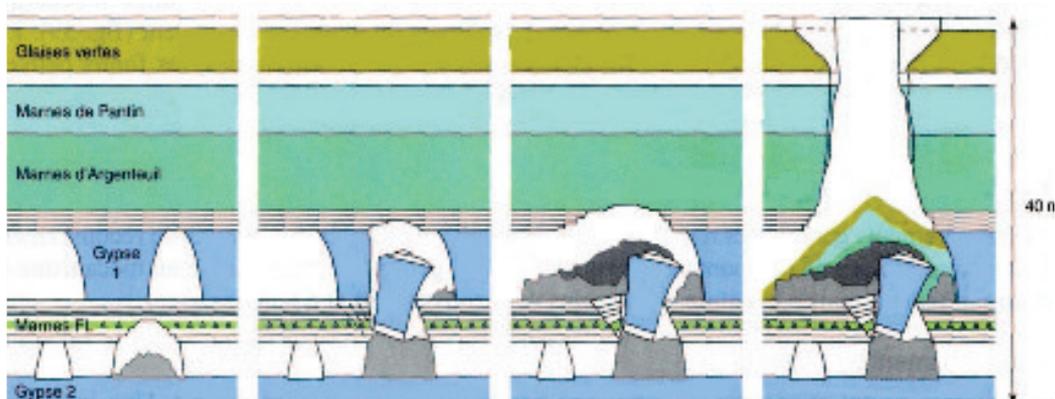


Schéma représentant l'apparition d'un fontis dans une zone de non-superposition des piliers entre étages
Source : IGC

- 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 ;

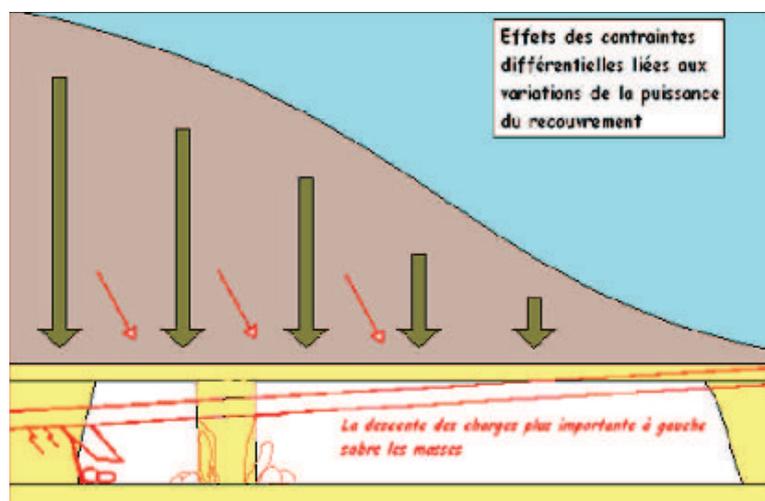


Schéma d'incidence de l'épaisseur du recouvrement
Source : IGC

- 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 urbanisées, les fuites de réseau, les cuves non étanches, même anciennes, sont des facteurs aggravants non négligeables, puisqu'elles représentent autant de sources d'eau non saturée 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 influencées par les ondes de crue, on peut rencontrer un phénomène de dissolution du gypse de troisième ou quatrième masse ;
- 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.

2.5 INVENTAIRE DES CARRIÈRES CONNUES DE GAGNY

Les carrières de gypse, que l'on transformait en plâtre, sont les seules exploitations connues à Gagny, à ciel ouvert ou en souterrain, parfois superposées.

2.5.1 *Inventaire des carrières à ciel ouvert connues*

Schématiquement, en fonction de la géologie et de la topographie du coteau sud de la butte témoin précédemment citée, on peut rencontrer des affleurements de la première masse. Les autres masses se rencontrent plus rarement directement à l'affleurement.

Toutefois, les deuxième et troisième masses de gypse ont toujours été exploitées, à ciel ouvert et en souterrain ou seulement en souterrain, à Gagny.

Lorsque le recouvrement est faible, les matériaux ont généralement été extraits à ciel ouvert. Ces carrières sont minoritaires sur Gagny par rapport aux carrières souterraines.

En fin d'activité, les carrières à ciel ouvert forment de plus ou moins vastes excavations délimitées par des talus dont la hauteur dépend de l'épaisseur du matériau extrait et de celle du recouvrement. Ces fosses étant un obstacle à l'urbanisation ou à l'utilisation agricole du sol, elles ont souvent été faiblement ou partiellement remblayées plus ou moins longtemps après l'arrêt de l'exploitation.

Il est important de souligner que la présence d'une carrière à ciel ouvert n'exclut pas l'existence de galeries souterraines plus profondes courant dans les bancs inférieurs.

Le présent document ne s'intéresse pas aux carrières à ciel ouvert non remblayées, qui ne génèrent pas d'aléas du type « carrière ».

Des carrières à ciel ouvert de la haute masse de gypse ont entaillé le versant sud de la butte sur la carrière de l'Ouest et la carrière du Centre. Pour la carrière de l'Est, aucune carrière à ciel ouvert n'est connue, mais les falaises laissées en place suggèrent leur existence.

☞ Pour la carrière de l'Ouest, la carrière à ciel ouvert de première masse de gypse a entaillé la partie nord-ouest à partir de l'ancienne plâtrière. Elle correspond à la plus grande partie basse du terrain, qui formait une cuvette avant les modifications récentes de la topographie du site.

Schématiquement, elle entaille le coteau sur 1,6 ha environ et s'arrête aux entrées en cavage. Les remblais étaient apparemment peu épais et déposés vers le sud en pente douce pour rejoindre le chemin des Bourdons, vers l'usine à plâtre. Vers l'Ouest, l'exploitation à ciel ouvert s'arrête sur une petite falaise. Elle n'a pas été poursuivie en souterrain.

☛ Pour la carrière du Centre, l'exploitation à ciel ouvert de haute masse se situe à l'Ouest et s'arrête sur les entrées en cavage de la carrière souterraine. Sa délimitation n'est pas connue vers l'ouest.

Au sud-est du site, il existe une zone de remblais importante sans que cela corresponde nécessairement à une carrière à ciel ouvert. Elle pourrait toutefois correspondre à une carrière à ciel ouvert de deuxième masse.

☛ Entre la carrière du Centre et la carrière de l'Est, une zone rassemble toutes les caractéristiques géologiques et topographiques d'une carrière à ciel ouvert de première masse et/ou de deuxième masse.

☛ Enfin, la toponymie et la topographie portent à croire que les carrières à ciel ouvert ont existé à l'Est du cimetière de l'Est.

2.5.2 Inventaire des carrières souterraines connues

Étant données les caractéristiques des terrains, la géométrie du versant et l'occupation du sol, il est fort probable que le versant de haute masse ait été exploité à ciel ouvert puis en souterrain avec des entrées en cavage et, éventuellement, des puits d'extraction.

Il existe essentiellement des carrières de première et deuxième masses. La troisième masse n'a apparemment pas de suffisamment bonnes caractéristiques pour avoir été exploitée intensément. Elle est même en partie affectée par des dissolutions.

Les anciens travaux de comblement et de foudroyage n'ont souvent fait qu'empêcher l'accès aux vides, privant l'IGC de la possibilité de localiser et d'inspecter les vides sans pour autant prévenir le risque. L'ensemble des carrières de gypse connues est en très mauvais état, ce qui permet de penser que les galeries non visitables le sont également.

2.5.2.1 La carrière de l'Ouest

Elle a été exploitée sur environ 10 ha. La carrière souterraine s'étend principalement de l'allée de l'Aqueduc Saint Fiacre et de l'allée de la Dhuy vers le Sud, à la limite des immeubles des Grands Coteaux, et vers l'Ouest jusqu'à l'avenue Maurice Prolongée, à l'exception de la rue de la Montagne Savart.

La haute masse n'est que partiellement remblayée, parfois avec des matériaux impropres au remblayage. Dans la partie qui était encore visitable, la hauteur des vides résiduels varie de 1,5 à 17 m. Elle est en mauvais état et de nombreux fontis existent dans la partie la plus au nord, vers la limite du Raincy, où le remblaiement est inexistant.

La deuxième masse de gypse sous-mine la haute masse à ciel ouvert dans la partie sud du site, vers le chemin des Bourdons, et se poursuit sous une partie de la carrière souterraine de haute masse.

L'exploitation de cette deuxième masse se scinde en deux parties :

- la plus importante fait environ 6,32 ha sur une hauteur résiduelle après exploitation de 2 à 5,6 m. Elle a été partiellement remblayée par son propriétaire actuel, qui a fait une descenderie à cette occasion ; les matériaux ne sont pas tous propres au remblayage. Le remblaiement a été réalisé avec des engins uniquement à proximité de la descenderie : dans cette zone, des vides résiduels décimétriques (0,5 à 1 m) subsistent en ciel et les remblais ne sont pas tassés. La partie la plus au Sud-Ouest, sous l'école, a été consolidée, ce qui diminue fortement l'aléa ;
- la seconde fait environ 0,7 ha et est présumée totalement effondrée, entraînant l'effondrement de la haute masse avec elle. D'anciennes photographies aériennes montrent des cratères dans cette zone qui, depuis, ont été remblayés sans que l'on dispose d'élément concernant le comblement de ces fontis venus à jour.

La troisième masse a peut-être fait l'objet d'une exploitation à partir de la carrière de deuxième masse.

En janvier 1996, l'IGC a observé un certain nombre de travaux et d'aménagements réalisés en violation directe des règles de l'art : creusement d'une descenderie en deuxième masse et remblaiement partiel des abords des première et deuxième masses avec des matériaux impropres au remblayage (blocs de gypse, produits de démolition, blocs de béton armé, armatures de béton, profilés métalliques, bois, déchets plastiques...).



Entrée en cavage de première masse et descenderie vers la deuxième masse
Source : IGC

Les matériaux impropres au comblement n'ont depuis lors pas été retirés.

Le retrait des merlons, des tas de terres et de gravats au-dessus de la carrière ainsi que l'interdiction de la circulation d'engins restent nécessaires en raison de l'aggravation des désordres en souterrain.

2.5.2.2 La carrière du Centre dite « du Bois de l'Étoile »

En fonction de la situation des carrières par rapport au chemin du Bois de l'Étoile, la dégradation et le traitement de l'exploitation sont différents. Avant la grande campagne de mise en sécurité de 2005-2006, les caractéristiques de la carrière étaient les suivantes :

Masses	Altitude moyenne du sol de l'exploitation (en m NGF⁴)	Hauteur moyenne de galerie (en m)	Coefficient d'exploitation	Volume théorique des vides (en m³)
Haute masse	68	13	0,5	520 000
Deuxième masse	52	3,5	0,55	145 000
Troisième masse			?	?

- au Nord, la haute masse a été exploitée sur 13 à 18 m de haut et a été foudroyée entre 1963 et 1968. Les effondrements arrivés en surface ont été remblayés avec du tout-venant et on y retrouve des matériaux de décharge publique. Une autre zone a été foudroyée plus tard (avant 1974), au sud du chemin du Bois de l'Étoile. Le Service des mines (arrondissement minéralogique) a déclaré la carrière mise en sécurité en 1968 et 1974. Cette mise en sécurité a uniquement fait appel à la technique du foudroyage et au remplissage des vides apparus en surface. Ces travaux ont permis de rétablir sensiblement le niveau naturel de la surface, sans rendre pour autant ces terrains aptes à tous usages sans travaux de reconnaissance ou confortatifs complémentaires ;
- au Sud-Est, on retrouve les entrées en cavage en haute masse et l'exploitation en souterrain exclusivement en haute masse.

Les zones de la carrière décrite ci-dessus (partie Centre et Est) a été partiellement remblayée par son propriétaire au moyen de matériaux inertes compactés (142.000 m³) et de sablon humidifié (2.200 m³). Des travaux ont été réalisés en plusieurs phases : de février 1993 à mars 1994, puis en 1998.

- la partie la plus à l'Est, isolée, est mal connue. Une partie de cette carrière a été partiellement remblayée par terrassement ;
- à l'Ouest, les deux premières masses en exploitation sont superposées. La superposition des piliers est généralement respectée. Apparemment, ces galeries sont peu ou pas remblayées ;
- au Sud-Ouest existe principalement l'exploitation de deuxième masse ; localement apparaît sur les cartes une carrière souterraine de troisième masse assez réduite et mal connue. Cette carrière de deuxième masse a été en grande partie remblayée par terrassement dans sa partie est et les fontis ont été traités.

⁴ Nivellement Général de la France. Il s'agit d'un réseau de repères altimétriques. Le « niveau zéro » correspond au niveau de la mer à Marseille



Vue d'ensemble du secteur traité au sud du chemin du Bois de l'Étoile
Source : IGC

Campagne de mise en sécurité du secteur dit du Bois de l'Étoile

Une grande campagne de mise en sécurité a été réalisée en 2005-2006 au droit de l'emprise du projet d'aménagement du secteur dit du Bois de l'Étoile (voir 4.2.1). Pour cela, les deux étages de carrière ont fait l'objet d'injections gravitaires et de clavage des vides résiduels (voir schéma explicatif au 2.6.2.2).

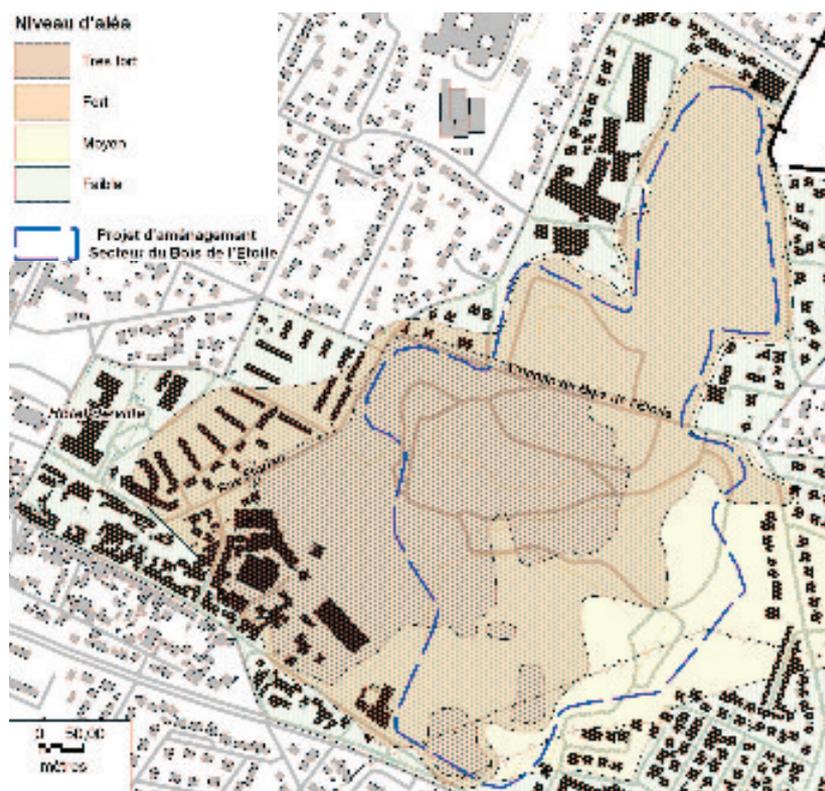
Le maillage des forages d'injection a été établi en fonction de la destination projetée en matière d'occupation du sol :

- 4m*4m pour les zones à vocation d'habitations individuelles ;
- 5m*5m pour les zones à vocation d'habitats collectifs ;
- 7m*7m pour les zones à vocation de voiries et parkings ;
- 10m*10m pour les zones à vocation d'espaces verts.

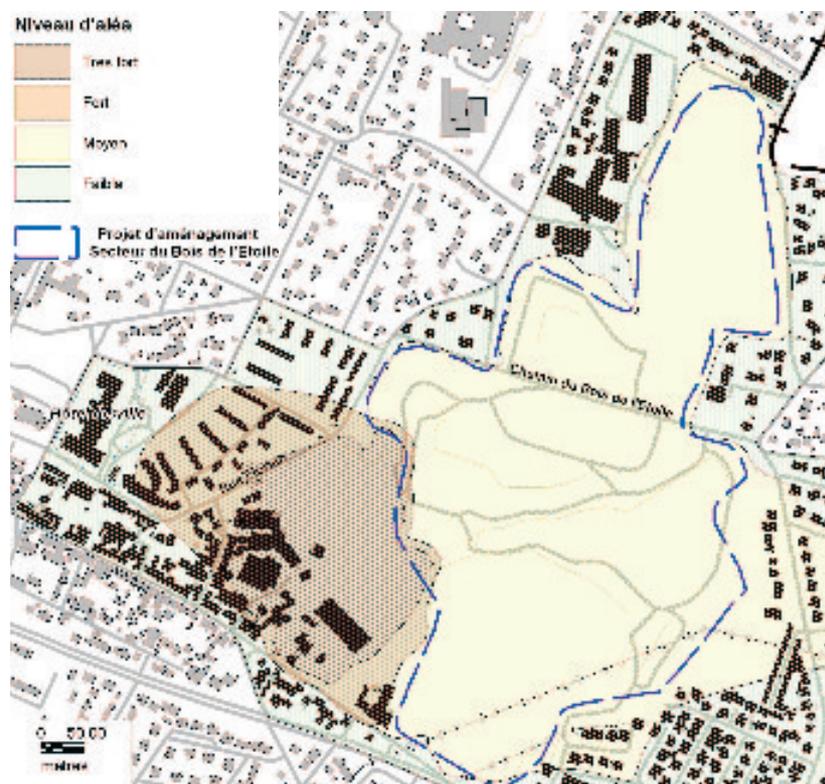
Au total, 65.213 m³ de remplissage gravitaire et 1.282 m³ de coulis de clavage ont été mis en œuvre au travers de plus de 1500 forages, et 72 fontis ont été traités.

Suite aux injections, une campagne de sondage a été menée afin de contrôler le bon comblement de la zone traitée. Au total, 191 forages de contrôle ont été réalisés.

Malgré quelques décompressions et petits vides résiduels mis en évidence par les forages de contrôle, il ressort de l'analyse des résultats que la zone du Bois de l'Étoile a été mise en sécurité sur l'emprise du projet d'aménagement. **Le niveau d'aléa passe de fort et très fort à modéré sur l'ensemble du projet**, à l'exception d'une frange ouest, en raison de la présence d'une zone de protection et d'une marge de reculement induites par les parcelles voisines non traitées (conformément à la méthodologie expliquée en 2.6.2). Sur l'emprise du projet d'aménagement, la carrière peut être qualifiée de « carrière remblayée-clavée ».



Carrière du Centre, carte des aléas avant travaux (extrait du PPRN de 2002)
(échelle de validité : 1/5.000)



Carrière du Centre, extrait de la carte des aléas après campagne de mise en sécurité
(échelle de validité : 1/5.000)

Il convient de noter que cette méthode de traitement des cavités souterraines peut laisser apparaître quelques affaissements dans les semaines qui suivent la réalisation des travaux. En effet, le mélange injecté contient de l'eau qui, durant le temps de prise du mélange, est susceptible de dissoudre un peu de gypse et entraîner l'apparition d'affaissements de taille modérée. Par ailleurs, l'IGC avait déjà constaté des affaissements antérieurs aux travaux qui ont pu être révélés par le déboisement de la zone. Les visites de terrain effectuées sur le site n'ont pas montré la présence d'affaissements récents.

Cela démontre néanmoins que les aléas liés aux anciennes carrières ne peuvent pas être totalement supprimés, quelle que soit la campagne de sécurisation menée. C'est pourquoi le secteur dit du Bois de l'Étoile qui a fait l'objet de travaux de comblement demeure exposé à un aléa de niveau moyen dont la réglementation du secteur tiendra compte.

Sondages de reconnaissance des sols et travaux de comblement sur le secteur du Parc des Sources

Le quartier du Parc des Sources est localisé entre la mairie et le secteur du Bois de l'Étoile, en limite Ouest de la carrière du Centre.

Des informations apportées lors du déroulement de l'enquête publique ont révélé qu'une petite section de carrière souterraine de 2^{ème} Masse, située à proximité de la rue Florian en zone d'aléa fort, a fait l'objet de travaux de comblement en 2009. L'analyse du dossier de récolement des travaux a conclu que les remblais de la carrière à ciel ouvert situés dans les terrains sus-jacents n'ayant pas été traités, cette zone reste exposée à un aléa fort.

Des rapports de reconnaissance des sols complémentaires, transmis après enquête publique, font état d'un sondage en zone d'aléa très fort (à proximité de la rue Florian) qui ne traverse pas la galerie d'entrée en cavage indiquée sur la carte des anciennes carrières. Néanmoins, une imprécision dans le repérage du forage ou dans la mise en relation de la carte « surface » et de la carte « carrières » n'étant pas à exclure, ce sondage ne permet pas d'écarter la présence de cette galerie.

Ainsi, l'analyse des observations portées lors de l'enquête publique et les pièces complémentaires fournies n'ont pas conduit à modifier la qualification des aléas sur ce secteur.

2.5.2.3 La carrière de l'Est dite « Saint Pierre »

Cette carrière est à l'Est de la ville de Gagny. L'IGC ne dispose d'aucune information sur des travaux de reconnaissance de sols ou de consolidation de sols qui auraient été réalisés dans cette carrière.

Des visites périodiques de la carrière ont été réalisées depuis 1991 (fréquence semestrielle jusqu'en 1997, puis annuelle). L'IGC a été destinataire des comptes-rendus de visite jusqu'à 1997, puis a poursuivi seule les visites.

Les deux masses ont des caractéristiques à peu près stables sur l'ensemble du site, répertoriées dans le tableau ci-après :

Nature de la masse exploitée	Cote NGF du pied de carrière (en m)	Hauteur des galeries sous la clé de voûte (en m)	Visitable
Première	64	17	Oui
Deuxième Ouest	50	3,5 à 7	La partie Ouest est dangereuse
Deuxième Est	50	1,5 à 4	Non

Sur ce site, les exploitations ne sont pas superposées. Selon la topographie du site, les carrières de deuxième masse sont souterraines, avec une entrée en cavage individuelle, pour trois carrières.

Les carrières Ouest ne sont pas remblayées et la partie Est est dangereuse, l'instabilité de son entrée en interdit l'accès.

La carrière la plus à l'Est est très mal connue. En 2005 et 2006, des sondages ont été réalisés le long du vieux chemin de Meaux et ont montré de la carrière de deuxième masse ainsi que des dissolutions de gypse dans les deuxième et troisième masses de gypse ainsi que dans les marno-calcaires de Saint-Ouen sous-jacents. Dans ce secteur, les limites de la carrière n'étant pas bien connues, celle-ci est qualifiée de « carrière supposée » au sens de méthodologie expliquée en 2.6.2.



Zone extrême Est
Source : IGC

La haute masse est à flanc de coteau et les entrées en cavage se trouvent sur la falaise. Elle est très partiellement comblée avec des engins de terrassement. Le recouvrement de cette exploitation atteint 24 m.



Carrière Saint Pierre : entrée en cavage de la première masse
Source : IGC



Fracturation du ciel de première masse avec chevillage
Source : IGC

Cette haute masse présente des fracturations importantes en raison de la proximité du versant et de la tectonique locale. A l'entrée en cavage principale a été notée une très nette dégradation due principalement aux activités météoriques⁵ : dégradation de la falaise, apparition d'un fontis sur l'entrée en cavage voisine.

⁵ Eaux météoriques : eaux ayant leur origine dans l'atmosphère

2.6 ÉTUDE ET RÉPARTITION DES ALÉAS À GAGNY

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

2.6.1 *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.

2.6.1.1 La présence de cavités (anthropiques ou naturelles)

Compte tenu de l'échelle de travail (1/5.000), on admettra que toutes les cavités sont semblables : leur taux de défrètement moyen avoisine 50 à 55 % dans le cas de piliers tournés, dans les zones encore visitables, et les épaisseurs résiduelles 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 déterminant : superposition d'étages et leurs épaisseurs, état des terrains entre deux cavités.

2.6.1.2 Le contexte géologique et hydrogéologique de l'environnement

La hauteur de recouvrement (puissance) ainsi que ses caractéristiques géologiques et géotechniques permettent également de caractériser l'aléa.

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

- la carrière est à faible profondeur ;
- les terrains de recouvrement ne sont pas cohérents ;
- le front de taille est peu protégé par des couches argileuses imperméables ;
- 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.

2.6.1.3 Les facteurs aggravants

Ils ont été détaillés dans le paragraphe 2.4.2. 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 stabilité des ouvrages.

Pour le gypse, la proximité d'un versant sur matériaux argileux est un facteur d'instabilité et de fissuration des entrées en cavage et du ciel de la carrière souterraine.

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. En revanche, ces risques peuvent être qualifiés de faibles sur les zones d'anciennes carrières ayant fait l'objet de travaux de consolidation.

2.6.2 Caractérisation et cartographie du niveau d'aléa pour les carrières

2.6.2.1 Détail des aléas

Dans le cas des anciennes carrières, l'aléa se définit en fonction de sa probabilité d'occurrence et de son intensité. Contrairement aux aléas inondation qui sont confrontés à une périodicité de retour, les principaux aléas de carrière, tels le fontis et l'effondrement généralisé, ne se produisent a priori qu'une fois.

L'intensité de l'aléa se définit en fonction des dégâts produits : blessure ou risque d'atteinte à la vie des personnes, fissurations plus ou moins importantes du bâti, voire mise en péril ou ruine des fondations ou de la structure.

Les grilles ci-dessous présentent les quatre niveaux d'aléas (très fort, fort, modéré, faible) liés aux carrières retenus en fonction des critères énoncés précédemment.

	Gypse	
	Sous faible recouvrement	Sous fort recouvrement
Fontis repéré	Très fort	Très fort
Carrières vides ou partiellement remblayées d'origine	Très fort	Fort
Carrières remblayées	Fort	Modéré
Carrières supposées	Fort	Modéré à faible
Carrières remblayées clavées	Modéré	Faible
Carrières consolidées	Faible	

Niveaux d'aléas pour les carrières souterraines

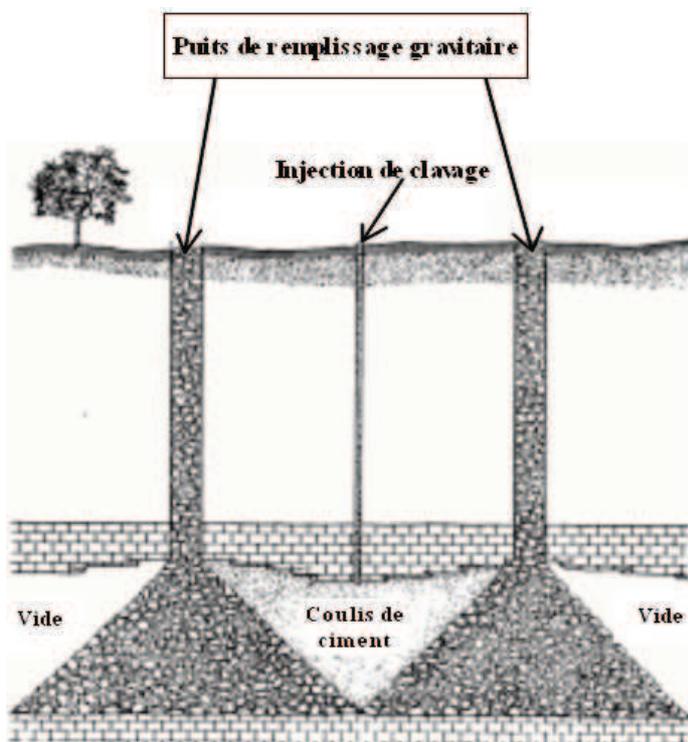
	Gypse	Glaises vertes
Carrières dont les limites sont connues	Fort	Modéré
Carrières dont les limites sont incertaines	Modéré à faible	Faible

Niveaux d'aléas pour les carrières à ciel ouvert

2.6.2.2 Types de travaux de mise en sécurité des carrières

Une carrière est dite « **remblayée** » lorsqu'elle a fait l'objet de travaux récents de remblaiement mais que des vides résiduels décimétriques peuvent subsister. Sont exclues de cette appellation les carrières bourrées pendant ou juste après leur exploitation, aucun contrôle n'attestant la fiabilité de ce remblaiement et ces remblais s'étant tassés depuis leur mise en place.

Une carrière est dite « **remblayée-clavée** » lorsque les vides résiduels, après remblaiement, ont été comblés et clavés.



Remblaiement et clavage d'une carrière
Source IGC

Le principe du **remblaiement** est de supprimer l'essentiel du vide souterrain par la mise en place de matériaux sans liant hydraulique.

Il se forme un vide résiduel après tassement.

Le **clavage** consiste à injecter un coulis de ciment à travers de forages disposés entre les puits de remplissage gravitaire, après essorage des matériaux.

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

Les travaux de fondation n'ont pas valeur de consolidation : ils assurent la sécurité des bâtiments fondés mais n'équivalent pas à un traitement du terrain lui-même. 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.

2.6.2.3 Zones de protection (ZP) et marges de reculement (MR)

La définition de zones de protection et de marges de reculement prend en compte l'impact que peut avoir l'apparition d'un fontis en limite de carrière sur les terrains situés au delà des limites de cette carrière. En effet, la remontée d'un fontis vers la surface n'est pas strictement verticale : au fur et à mesure qu'il se rapproche de la surface, le diamètre du fontis augmente (cf. schéma ci-dessous).

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

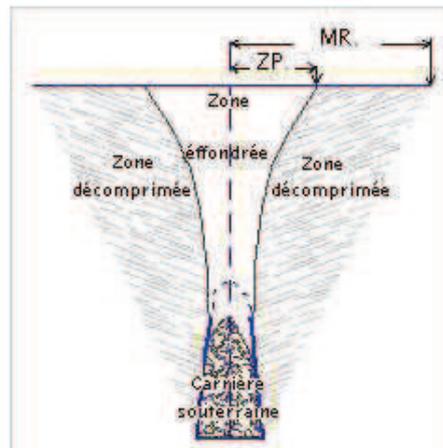


Schéma représentant la zone de protection et la marge de reculement
Source :IGC

Zone de protection

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 survenue d'un fontis en surface (voir schéma plus haut). Le délai d'apparition de ces effondrements et leur extension horizontale sont fonction de la dynamique de l'événement.

Ce débord est dimensionné à partir d'une estimation du diamètre des fontis formés en surface, repérés sur les photographies aériennes et sur les observations directes du terrain. Sa largeur est fixée à :

- ZP = 0 m si la carrière est consolidée (aucun vide ne subsiste) ou au niveau des entrées en cavage ;
- ZP = 5 m quand la carrière souterraine est reconnue remblayée ;
- ZP = 10 m quand la carrière de gypse est foudroyée en première masse ou qu'on se trouve en présence uniquement de deuxième masse ;
- ZP = 20 m dans les autres cas.

Quand les dénivellations topographiques le permettent, la largeur de cette zone est réduite en fonction de la pente.

Marge de reculement

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 à :

- MR = 0 m dans le cas des carrières consolidées et des entrées en cavage ;
- MR = 10 m dans le cas des carrières souterraines reconnues remblayées
- MR = 20 m dans le cas des carrières souterraines foudroyées de première masse ou uniquement de deuxième masse ;
- MR = 40 m dans les autres cas.

	0 m	5 m	10 m	20 m	40 m
ZP	Carrières consolidées et entrées en cavage	Carrières remblayées	Carrières foudroyées ou deuxième masse	Tous les autres cas	-
MR	Carrières consolidées et entrées en cavage	-	Carrières remblayées	Carrières foudroyées ou deuxième masse uniquement	Tous les autres cas

Tableau récapitulatif des zones de protection et des marges de reculement

2.6.2.4 Détermination du niveau d'aléa

Sont classées en **aléa très fort** :

- les zones de carrières souterraines de gypse, sous faible recouvrement, non consolidées, non remblayées ;
- les zones de carrières souterraines de gypse, sous faible recouvrement, non consolidées, non remblayées ;
- les zones de protection autour des carrières souterraines classés en aléa très fort.

Sont classées en **aléa fort** :

- les zones de 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, sous fort recouvrement, non consolidées, non remblayées ;
- les carrières souterraines de gypse, sous faible recouvrement, remblayées récemment par remblaiement mécanique ou par injection gravitaire sans clavage ;
- les zones de carrières souterraines foudroyées ;
- les zones où l'existence de cavités 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 classés en aléa fort ;
- les marges de reculement autour des carrières souterraines classées en aléa très fort.

Sont classées en **aléa modéré** :

- les carrières de gypse à ciel ouvert dont les limites sont mal connues ou traitées mais non injectées ;
- les carrières souterraines de gypse, sous fort recouvrement, remblayées récemment par remblaiement mécanique ou par injection gravitaire sans clavage ;
- les zones de protection correspondant aux carrières souterraines classées en aléa modéré ;
- les marges de reculement autour des carrières souterraines classées en aléa fort.

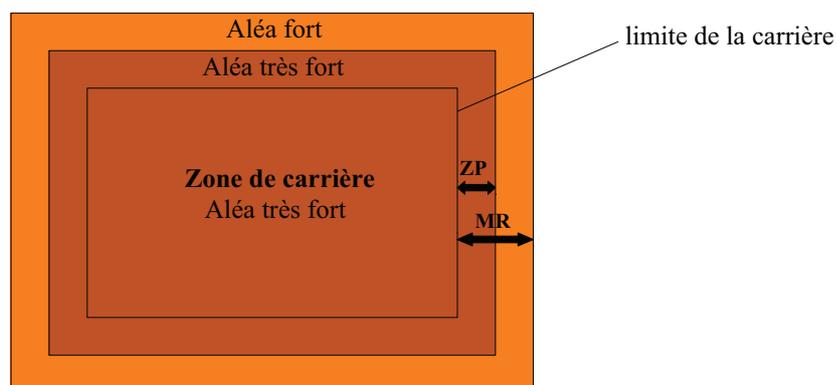
Sont classées en **aléa faible** :

- 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 ;
- les zones anciennement incluses dans le périmètre de l'ancien article R. 111-3 du code de l'urbanisme (valant PPR). Aucune information ne permet de les classer en zone hors carrière de façon définitive
- les carrières consolidées souterraines ou à ciel ouvert ;
- les zones de protection correspondant aux carrières souterraines classées en aléa faible ;
- les marges de reculement des zones classées en aléa modéré.

Ces niveaux d'aléas ont été cartographiés à l'échelle 1/5.000 sur la carte des aléas.

Exemple de principe de détermination du niveau d'aléa avec intégration des zones de protection et marges de reculement :

Considérons une carrière souterraine de 1^{ère} Masse de gypse non consolidée, non remblayée, avec des galeries vides, sous faible recouvrement. Elle est donc classée en aléa très fort. La bande de terrain correspondant à la zone de protection est alors elle aussi classée en aléa très fort. La bande de terrain appartenant à la marge de reculement et qui s'étend au delà de la zone de protection, est quant à elle classée en aléa fort (cf. schéma ci-dessous).



Prise en compte des zones de protection et des marges de reculement dans la cartographie d'aléa

Les zonages représentés sur la carte des aléas intègrent les périmètres de zone de protection et de marge de reculement.

3 CARTE DES ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN LIÉS À LA PRÉSENCE D'ANCIENNES CARRIÈRES

A partir de la méthodologie de détermination des aléas décrite dans le chapitre 2 pour les risques de mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières, la carte d'aléas suivante a été élaborée à l'échelle du 1/5.000 sur la commune de Gagny avec la légende suivante :

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

4 ANALYSE DES ENJEUX :

La méthodologie d'identification des enjeux n'a pas pour objectif d'établir une description exhaustive des enjeux sur le territoire de Gagny, mais de recenser de manière qualitative les enjeux existants et futurs concernés par les risques liés aux anciennes carrières.

La notion d'enjeux telle que nous l'entendons ici concerne les personnes, biens, activités et infrastructures, actuels ou futurs exposés au phénomène naturel. La carte des enjeux est la représentation graphique de ces éléments.

Le risque est constitué du croisement entre l'aléa et les enjeux qui y sont exposés. La prise en compte des enjeux doit assurer la cohérence entre les objectifs de prévention des risques et les dispositions réglementaires qui seront mises en œuvre.

L'analyse des enjeux, au sens de la gestion des risques, se décline en 4 thèmes :

- Enjeux humains : enjeux globaux de population et ceux liés aux établissements définis comme « sensibles » (cf. 4.1.3) ;
- Enjeux d'aménagement : zones identifiées, destinées à être aménagées, avec des projets relatifs à des thématiques variées (aménagements paysagers, de loisirs, habitat, équipements commerciaux...) et zones caractérisées par une mixité des fonctions (commerces, habitat, activités...);
- Enjeux liés aux réseaux et infrastructures : infrastructures existantes ou futures susceptibles d'être impactées par le risque ; enjeux existants ou futurs qui, en cas de sinistre, peuvent présenter soit un risque d'aggravation du sinistre (par pollution par exemple), soit être affectés par le sinistre et priver une partie de la population d'un service d'intérêt général ;
- Enjeux environnementaux : zones où des enjeux environnementaux, notamment liés à la préservation de la biodiversité sont identifiés.

A cette partie sur les enjeux est associée une cartographie (annexes cartographiques du PPRN) qui en assure une représentation graphique sur la commune.

4.1 ENJEUX HUMAINS

4.1.1 Données générales

	Superficie	Population en 2007	Établissements actifs au 31 décembre 2008	Emplois en 2007	Densité en 2007
Gagny	6,8 km ²	38.220	1.276	5.683	5.596 hab/km ²

Sources : INSEE (Résumé statistique de mai 2011)

4.1.2 Population exposée à l'aléa

C'est dans les périmètres des anciennes carrières (carrières de l'Ouest, du Centre et de l'Est) que se localise la majorité du territoire de la commune soumis aux aléas mouvements de terrain dus à la présence avérée ou supposée de cavités souterraines. Ces anciennes exploitations et le risque lié à la présence de cavités souterraines ont participé à maintenir ces périmètres dans un état pas ou très peu urbanisé.

Le nombre d'habitants de Gagny résidant en zones d'anciennes carrières est, proportionnellement à la population totale de la commune, relativement faible. Néanmoins, certaines habitations, collectives ou individuelles, situées en zone d'aléa fort à très fort, sont susceptibles d'être fortement endommagées, voire détruites, en cas d'effondrement, menaçant ainsi leurs habitants.

Les zones les plus menacées, dans l'état actuel des connaissances, sont le Nord et le Sud de la carrière de l'Ouest. L'effondrement de cette dernière pourrait en effet, au Nord, entraîner dans sa chute plusieurs habitations, dont certaines situées sur le territoire de la commune voisine du Raincy, et, au Sud, provoquer un glissement de terrain susceptible d'endommager gravement les immeubles des Grands Coteaux.

4.1.3 Établissements sensibles

La sensibilité au risque d'un établissement est amplifiée en fonction de la vulnérabilité du public qu'il est amené à accueillir et de son importance dans le fonctionnement socio-économique du territoire. Ainsi, dans le présent document, nous prendrons la définition suivante pour la notion d'établissement sensible :

Sont définis comme sensibles les établissements répondant à un des deux critères suivants :

- **Établissement ayant vocation à accueillir régulièrement des personnes vulnérables, notamment enfants et personnes à mobilité réduite.**
- **Établissement à valeur socio-économique élevée, notamment les bâtiments, équipements et installations dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou le maintien de l'ordre public.**

Rentrerons pour exemple dans cette définition les établissements d'enseignement, les établissements médicaux-sociaux, les établissements sportifs et collectifs accueillant régulièrement des personnes vulnérables.

Ces bâtiments sensibles, identifiés comme particulièrement vulnérables en raison des difficultés d'évacuation de leurs occupants ou de leur importance dans le fonctionnement du territoire, devront faire l'objet d'une attention particulière en terme d'actions de prévention.

4.2 ENJEUX D'AMÉNAGEMENT

Ce paragraphe sur les enjeux d'aménagement global de la commune n'a pas vocation à déterminer des orientations d'aménagement sur le territoire de la commune de Gagny ni à se substituer à tout document d'urbanisme existant ou en projet.

Au moment de l'élaboration du présent document, les projets suivants ont pu être identifiés sur les secteurs exposés.

4.2.1 Aménagement du secteur dit du Bois de l'Étoile

La commune de Gagny a réalisé d'importants travaux de comblement des galeries souterraines d'une partie de l'ancienne carrière de gypse dite du « Centre » sur des terrains lui appartenant. Ces travaux ont permis de réduire le niveau d'aléa sur le secteur afin de rendre envisageable, au regard des risques mouvements de terrain, le projet porté par la municipalité tout en réduisant la vulnérabilité globale du territoire.

Le projet a vocation à accueillir une opération mixte d'habitat individuel et collectif avec des commerces en rez-de-chaussée pour les bâtiments situés sur la rue Jules Guesde. Ce nouveau quartier sera organisé autour des deux séquences paysagères que sont le parc forestier et l'arboretum.

4.2.2 Aménagement le long du vieux chemin de Meaux (carrière de l'Est)

Le secteur situé de part et d'autre du vieux chemin de Meaux autour du cimetière de l'Est, est un secteur de projets pour la ville de Gagny. Divers projets sont à l'étude sur ce secteur :

- la réalisation d'un gymnase en « rive Ouest » du vieux chemin de Meaux, en face du Collège Théodore Monod ;
- un programme d'habitat mixant habitat collectif et maisons de ville en « rive Est » du vieux chemin de Meaux ;
- l'aménagement du centre d'apport volontaire et de tri.

Ce même secteur de la carrière de l'Est compte également des enjeux environnementaux dont la présence d'espaces boisés classés et d'une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) de type 1 (cf. 4.4). La carrière de l'Est fait partie d'une zone d'étude d'aménagement du secteur dit du Mont Guichet (situé entre les communes de Chelles, Gagny et Montfermeil). Cette étude a été lancée par l'Agence des espaces verts (AEV) de la Région Île-de-France en 2012.

4.2.3 Aménagement du quartier du Parc des Sources

Le quartier du Parc des Sources est localisé entre la mairie et le secteur dit du Bois de l'Étoile, en limite Ouest de la carrière du Centre. Le projet a pour objet la rénovation de maisons de ville mitoyennes situées entre l'avenue de la République et la rue du Parc des Sources ainsi que la construction de logements collectifs locatifs de type PLS (Prêt Locatif Social) en direction de la rue Florian.

4.3 ENJEUX LIÉS AUX ÉQUIPEMENTS ET INFRASTRUCTURES

Ce paragraphe traite des équipements et infrastructures présents en zone d'aléas qui ont été identifiés selon deux critères :

- la nécessité d'étudier la continuité du fonctionnement du territoire en cas d'évènement impactant l'infrastructure ou l'équipement
- le risque, en cas de sinistre, d'aggravation (par pollution par exemple) du fait de la nature même de l'équipement ou de l'infrastructure considéré.

Ces éléments identifiés, même si ils ne font pas l'objet de prescriptions réglementaires dans le présent document, seront à prendre en compte d'un point de vue opérationnel, notamment lors de l'élaboration du plan communal de sauvegarde de la commune.

4.3.1 Infrastructures de transport

Les voies ferrées traversant le territoire communal ainsi que les deux gares (« Gagny » et « Le Chesnay-Gagny ») ne sont pas impactées par les zones d'aléas.

Les axes structurants routiers du territoire de Gagny concernés par les risques liés aux anciennes carrières sont les rues Contant et de Franceville ainsi que le chemin de Montguichet et leurs prolongements respectifs au Nord et au Sud. Il s'agit en effet de 3 axes structurants Nord-Sud qui relie Gagny aux villes voisines de Clichy-sous-Bois et Montfermeil au Nord, Villemomble et Neuilly-sur-Marne au Sud. Certaines sections de ces axes de liaisons Nord-Sud traversent une zone d'aléa très fort. La route nationale n°302 longe quant à elle la carrière du Centre et les zones d'aléas qui lui sont liées.

4.3.2 Réseaux et canalisations

Deux canalisations de gaz à haute pression traversent la commune de Gagny dans le sens Nord-Sud ; l'une au Sud de la carrière de l'Ouest et l'autre à l'Est de la carrière de l'Est.

Des lignes électriques (225 000 volts) traversent la carrière du Centre et la carrière de l'Ouest. Certains pylônes sont implantés en zone d'aléas.

Enfin, l'aqueduc de la Dhuys passe par le Nord de la carrière de l'Ouest. Cet aqueduc permettait d'acheminer de l'eau potable jusqu'à Paris. Aujourd'hui, le tronçon de l'aqueduc en aval de Chessy n'est plus utilisé et ne fait pas pour l'instant l'objet d'un projet de réutilisation.

4.3.3 Autres équipements

Une station-service située rue Jules Guesde est en zone d'aléa faible.

4.4 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Espaces boisés classés

Les zones d'anciennes carrières ont été en grande partie recouverte par de la végétation à partir du moment où elles ont cessé d'être exploitées dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle.

Ces espaces verts sont identifiés en zone ND (« zone à protéger en raison soit de l'existence de risques ou de nuisances, soit de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt notamment du point de vue esthétique ou écologique ») dans le plan d'occupation des sols de la commune de Gagny, document d'urbanisme opposable au moment de l'élaboration de ce PPRN. Ces périmètres y sont également répertoriés en tant qu'espaces boisés classés.

ZNIEFF

Une Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type 1, nommée « Côte du Beauzet et carrière Saint-Pierre », s'étend sur la partie Ouest de la carrière de l'Est. Une ZNIEFF est une zone d'inventaire concernant un territoire considéré comme particulièrement intéressant au regard de sa faune, de sa flore et de ses milieux naturels. Elle est caractérisée habituellement par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional. Même si les ZNIEFF ne sont pas opposables aux tiers, elles restent la base de la plupart des politiques de protection des sites naturels et doivent ainsi faire l'objet d'une attention particulière lors de l'élaboration de tout projet d'aménagement ou de gestion de l'espace affectant leur périmètre.

NATURA 2000

Le chemin longeant l'aqueduc de la Dhuis est classé en zone Natura 2000. Natura 2000 est un réseau européen qui vise la protection et le maintien des espèces naturelles remarquables. Ce site est classé au titre de la directive « oiseaux », directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 visant la protection et la gestion des espèces d'oiseaux sauvages du territoire européen. En Seine-Saint-Denis, il existe un site constitué de 14 entités (*dont l'aqueduc de la Dhuis*) sur 19 communes dont 21 espèces listées dans l'annexe I de la directive « oiseaux » (c'est à dire les espèces les plus menacées d'extinction) fréquentent de façon plus ou moins régulière les parcs et forêts. Parmi ces espèces, 10 ont été retenues dans l'arrêté de classement du 26 avril 2006 :

- Blongios nain
- Butor étoilé
- Pic Noir
- Martin-pêcheur d'Europe
- Busard cendré
- Busard saint-Martin
- Gorgebleue à miroir
- Bondrée apivore
- Pie-grièche écorcheur
- Hibou des marais

Le site de l'aqueduc de la Dhuis sur Gagny participe pour la Seine-Saint-Denis à la protection de ces dix espèces d'oiseaux sauvages.

5 ÉLABORATION DU ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

5.1 MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DU ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

Le zonage réglementaire est établi selon la méthodologie suivante à partir de la cartographie des aléas mouvements de terrain affaissement-effondrement liés aux anciennes carrières et de l'analyse des enjeux.

Les aléas sont classés selon 4 niveaux (très fort, fort, modéré et faible). A chaque niveau d'aléa est associé un niveau de risque :

- un niveau de risque **très élevé** correspondant aux zones d'aléa très fort.
Ces zones sont soumises à un risque très élevé d'affaissement et d'effondrement liés à la présence d'anciennes carrières. Les mesures de prévention y sont généralement inapplicables en raison de leur importance. Ces zones sont jugées inconstructibles ;
- un niveau de risque **élevé** correspondant aux zones d'aléa fort.
Ces zones sont fortement exposées au risque d'affaissement et d'effondrement liés à la présence d'anciennes carrières. Les constructions futures sont autorisées mais fortement réglementées compte tenu de l'ampleur des dispositions constructives et des mesures de prévention à mettre en œuvre ;
- un niveau de risque **modéré** correspondant aux zones d'aléas moyen et faible.
Ces zones sont moyennement exposées au risque d'affaissement et d'effondrement liés à la présence d'anciennes carrières. Les constructions futures sont autorisées mais réglementées compte-tenu des dispositions constructives et des mesures de prévention à mettre en œuvre.

La délimitation de ces différentes zones de risque aboutit au zonage réglementaire suivant :

Niveau d'aléa	Niveau de risque	Zone réglementaire correspondante
Très fort	Très élevé	Rouge
Fort	Élevé	Bleu foncé
Modéré	Modéré	Bleu clair
Faible		

5.2 OBJECTIFS DE PRÉVENTION POUR CHAQUE ZONE

La zone rouge foncé est la zone soumise à un risque très élevé d'affaissement et d'effondrement liés à la présence d'anciennes carrières.

Objectifs de la zone rouge :

- limiter le nombre de personnes et de biens exposés au risque de mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières ;
- contrôler strictement l'extension de l'urbanisation ;
- renforcer la sécurité des personnes vis-à-vis du risque de mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières ;
- limiter les dommages matériels susceptibles d'être générés par des effondrements ou affaissements de terrain ;
- diminuer les risques de mouvements de terrain en prenant des mesures visant à limiter les apports d'eau dans le sous-sol.

La zone bleu foncé est la zone soumise à un risque élevé d'affaissement et d'effondrement liés à la présence d'anciennes carrières.

Objectifs de la zone bleu foncé :

- renforcer la sécurité des personnes vis-à-vis des risques de mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières, particulièrement sur les établissements sensibles ;
- limiter les dommages matériels susceptibles d'être générés par des effondrements ou affaissements de terrain ;
- assurer la pérennité des constructions futures en rendant obligatoire des dispositions constructives spécifiques visant à garantir leur stabilité vis-à-vis des effondrements et tassements de sol ;
- diminuer les risques de mouvements de terrain en prenant des mesures visant à limiter les apports d'eau dans le sous-sol.

La zone bleu clair est la zone soumise à un risque modéré d'affaissement et d'effondrement liés à la présence d'anciennes carrières.

Objectifs de la zone bleu clair :

- renforcer la sécurité des personnes vis-à-vis des risques de mouvements de terrain liés à la présence d'anciennes carrières ;
- limiter les dommages matériels susceptibles d'être générés par des effondrements ou affaissements de terrain ;
- diminuer les risques de mouvements de terrain en prenant des mesures visant à limiter les apports d'eau dans le sous-sol.