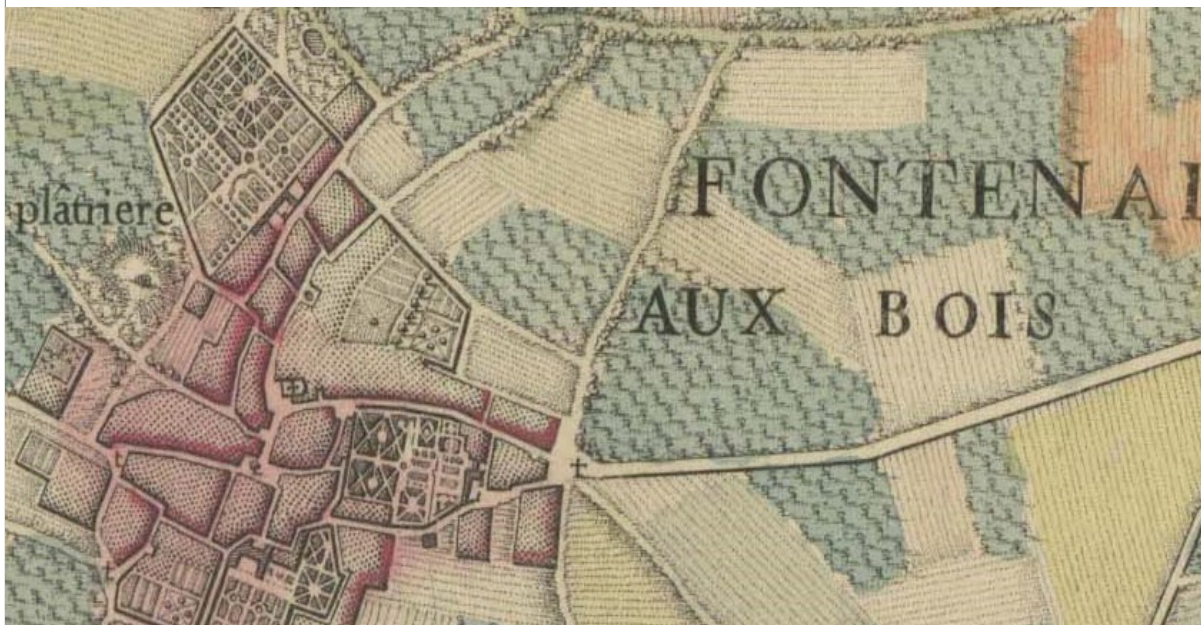


Communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne (94)

Cartographie de l'aléa mouvements de terrain
liés aux anciennes carrières

Avril 2019



Communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne (94)

Étude et cartographie de l'aléa mouvements de terrain dû aux anciennes carrières

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V1	28/03/08	Rédaction S. ARBIZZI
V2	07/05/19	Rédaction C. KREZIAK



Affaire suivie par

Charles KREZIAK - Département Géosciences Risques
Tél. : 01 34 82 13 79/ Fax : 01 30 50 83 69
Courriel : charles.kreziak@cerema.fr
Site de Trappes : Cerema Ile-de-France – 12 rue Teisserenc de Bort - CS 20600 – 78197 Trappes-en-Yvelines Cedex

Références

n° d'affaire : affaire n°1.4.13690 et C19PR0015

maître d'ouvrage : DRIEE/UD75/PIRIN (Mme Claire SAURON)

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Charles KREZIAK – Adjoint à la chef de Département Géosciences Risques	07/05/19	
Contrôlé par	Mireille PERROT – Responsable de l'unité Risques, Sols Urbains, Eaux Souterraines		
Validé par	Cécile MAUREL – Directrice du Département Géosciences-Risques	07/05/19	

Conditions de diffusion :

Notice (jusqu'au sommaire inclus)	<input type="checkbox"/> diffusable <input type="checkbox"/> non diffusable
Rapport d'étude	<input type="checkbox"/> libre (document téléchargeable librement) <input type="checkbox"/> contrôlé (celui qui en veut communication doit en faire la demande et obtenir l'autorisation et les conditions d'usage auprès du commanditaire) <input type="checkbox"/> confidentiel (document non diffusable)

Droits

Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans autorisation expresse de :

Crédits photos – illustrations :

Nomenclature et mots-clés

Mots-clés : Risques naturels, Mouvements de terrain et cavités (gypse, carrières souterraines, aléa)

Résumé de l'étude :

A la demande du pôle interdépartemental de prévention des risques naturels de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement d'actualiser la cartographie de l'aléa mouvement de terrain sur le territoire des communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne.

L'étude présente les contextes géographique, morphologique et géologique des deux communes, les principales caractéristiques des anciennes exploitations et le type de désordres susceptibles de survenir du fait de l'évolution de ces ouvrages.

De nombreuses recherches bibliographiques ont permis de compléter la connaissance des anciennes exploitations et des éventuelles consolidations mises en œuvre. Sur ces bases, des cartographies de l'aléa affinées par rapport aux périmètres risques délimités antérieurement, ont été proposées.

Les cartes d'aléas élaborées sur la commune de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne reflètent les connaissances disponibles à ce jour. Elles sont donc susceptibles d'être modifiées à la vue d'éléments nouveaux concernant les carrières ou la géologie, ce qui pourrait induire la révision du PPR associé.

La carte d'aléas a été élaborée à l'échelle du 1/5000 par souci de lisibilité. Il serait illusoire de l'agrandir afin d'obtenir un niveau de détail plus important, d'autant plus que certaines informations ayant servi à les élaborer ne sont pas connues à une échelle aussi précise.

Il est à souligner qu'étant donné le contexte urbain relativement dense des communes, certaines zones d'aléa élevé englobent des zones d'habitations actuelles. Il est donc indispensable de prendre les dispositions nécessaires pour s'assurer de la sécurité de ces zones.

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	5
2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	6
3 ORIGINE DES DONNÉES UTILISÉES.....	8
3.1 Les données géologiques.....	8
3.2 Les informations relatives aux anciennes exploitations.....	8
3.3 Le travail d'enquête.....	9
3.4 Les clichés nécessaires à la photo-interprétation.....	9
4 LES COMMUNES DANS LEUR ENVIRONNEMENT.....	10
4.1 Contexte géographique.....	10
4.2 Contexte géologique.....	11
4.3 Contexte hydrogéologique.....	15
5 PRÉSENTATION DES ANCIENNES CARRIÈRES ET DES RISQUES ASSOCIÉS.....	17
5.1 Présentation des exploitations sur le territoire étudié.....	17
5.2 Les mouvements de terrain liés aux anciennes carrières.....	21
6 INVENTAIRE DES CARRIÈRES À CIEL OUVERT ET SOUTERRAINES CONNUES SUR LE TERRITOIRE ÉTUDIÉ.....	24
6.1 Une connaissance des anciennes carrières à améliorer.....	24
6.2 Les anciennes exploitations de gypse recensées à Fontenay-sous-Bois.....	25
6.3 Les anciennes exploitations de calcaire de Brie recensées à Fontenay-sous-Bois.....	38
6.4 Les anciennes exploitations d'alluvions anciennes recensées à Fontenay-sous-Bois....	40
6.5 Les anciennes exploitations de matériaux recensées à Nogent-sur-Marne.....	40
7 CARACTÉRISATION DES ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	43
7.1 Pertinence de la cartographie sur les communes étudiées.....	43
7.2 Méthodologie d'évaluation de l'intensité de l'aléa.....	43
7.3 Caractérisation des aléas et cartographie des zones exposées.....	44
8 CONCLUSION.....	52
BIBLIOGRAPHIE.....	53
ANNEXES.....	60

1 Introduction

L'existence d'anciennes carrières exploitées en souterrain ou à ciel ouvert sur plusieurs communes du Val de Marne constitue un problème préoccupant de sécurité publique. La dégradation de ces anciennes exploitations est en effet susceptible de provoquer des accidents ou incidents par fontis, affaissements voire effondrements de terrain. Les vides du sous-sol représentent donc un danger pour les vies humaines et les biens. Aussi, un Plan de Prévention des Risques naturels (PPR) a été prescrit par arrêté préfectoral le 1^{er} août 2001. Cet arrêté porte sur vingt-deux communes du Val-de-Marne (annexe 1).

En 2008, La Direction Départementale de l'Équipement du Val-de-Marne (DDE94) a confié au Laboratoire Régional de l'Est Parisien (LREP) la mission d'assistance technique pour l'élaboration du Plan de Prévention des Risques naturels sur onze communes du département, sous-minées par d'anciennes carrières. Cette mission a consisté à établir la cartographie d'aléas mouvement de terrain, dont la méthodologie a été discutée et partagée avec l'IGC qui réalise une cartographie similaire sur onze autres communes du département.

En 2018, le pôle interdépartemental de prévention des risques naturels (PIRIN successeur de la DDE94 pour la thématique de la prévention des risques) de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie (DRIEE), a chargé le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema successeur du LREP) d'actualiser la cartographie de l'aléa mouvement de terrain sur le territoire des communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne (secteur n°8). Les types d'aléa mouvements de terrain considérés sont ceux liés à l'instabilité des anciennes carrières souterraines ou à ciel ouvert de Gypse, d'Argiles Vertes, de Travertin de Brie et d'Alluvions.

Ce rapport a pour but de présenter la démarche de qualification de l'aléa et la cartographie obtenue sur le secteur 8.

Ce document rappellera dans un premier temps le contexte de l'étude et la source des données utilisées pour la réaliser. Les deux communes concernées seront présentées dans leur environnement géographique et hydro-géologique.

Les principales caractéristiques des anciennes exploitations seront ensuite abordées pour expliquer leur processus de dégradation et décrire les désordres engendrés. Puis un inventaire des carrières recensées sur les deux communes sera dressé en l'état actuel des connaissances, appuyé par sa représentation graphique : la carte informative des phénomènes connus. Enfin, la méthodologie d'évaluation des aléas conduisant à l'élaboration de la carte des aléas sera présentée.

2 Contexte de l'étude

La prescription de Plans de Prévention des Risques de mouvements de terrain liés aux anciennes exploitations concerne 22 communes, qui ont été regroupées en 8 secteurs d'étude, de concert avec le PIRIN et l'IGC.

Le découpage a été prioritairement réalisé selon la localisation et la nature des exploitations de matériaux, puis dans un second temps dans une logique morphologique et géologique.

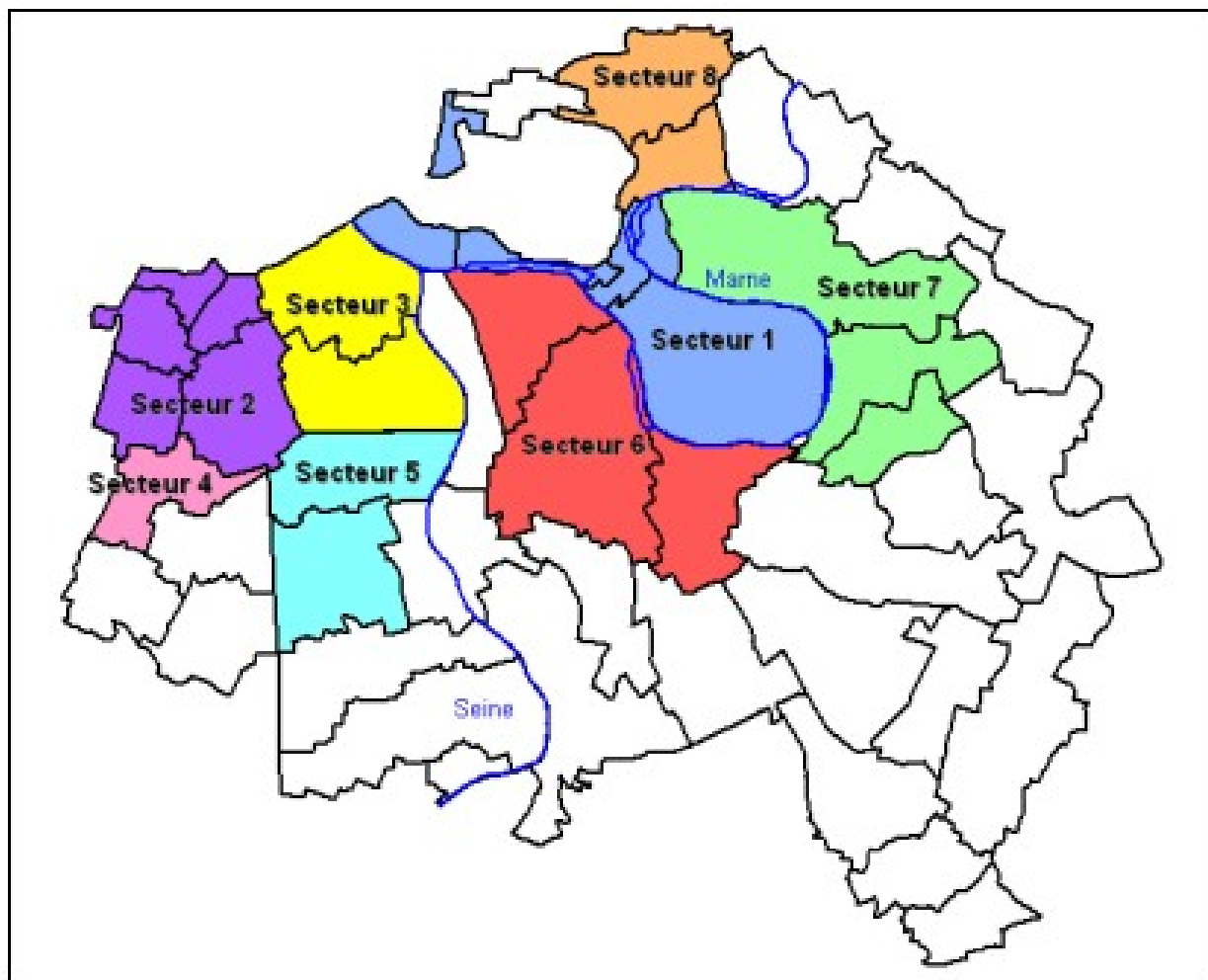


Figure 1. Représentation des 8 secteurs d'étude dans le Val-de-Marne

Voici une rapide présentation des caractéristiques de chaque secteur :

Secteur 1. Charenton-le-Pont, Joinville-le-Pont, Saint-Mandé, Saint-Maur-des-Fossés, Saint-Maurice. Le Calcaire Grossier et les Alluvions Anciennes ont été exploités dans ce secteur voisinant le bois de Vincennes et la boucle de la Marne.

Secteur 2. Arcueil, Cachan, Gentilly, Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif. Situées dans la vallée de la Bièvre, ces communes ont fait principalement l'objet d'exploitations de Calcaire Grossier et de Gypse. Les Limons des Plateaux, le Travertin de Brie, les Glaises Vertes et l'Argile Plastique y ont également été exploités.

Secteur 3 : Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine (nord). Ce secteur de la terrasse d'Ivry associe deux communes où le Calcaire Grossier et les Alluvions Anciennes ont été exploités.

Secteur 4 : L'Haÿ-les-Roses. La commune est située sur le plateau de Fresnes qui descend vers la vallée de la Bièvre, où le Gypse et le Travertin de Brie ont été exploités.

Secteur 5 : Vitry-sur-Seine (sud) et Thiais. Les deux communes sont situées sur le plateau de Vitry-sur-Seine qui débouche en sa partie est sur la vallée de la Seine, en pentes moins abruptes que le secteur 4. Le Gypse, les Glaises Vertes et le Travertin de Brie ont été exploités.

Secteur 6 : Maisons-Alfort, Créteil et Bonneuil-sur-Marne. Les trois communes présentent des caractéristiques géologiques similaires car toutes trois situées dans la plaine alluviale entre Seine et Marne. On y retrouve des exploitations de Calcaire Grossier et de Gypse.

Secteur 7 : Champigny-sur-Marne, Chennevières-sur-Marne, Ormesson. Ce secteur regroupe trois communes situées en rive gauche de la Marne. Le Calcaire Grossier et le Calcaire de Champigny y ont été exploités.

Secteur 8 : Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne. Ce secteur concerne des exploitations de Gypse et de Travertin de Brie sur deux communes limitrophes, la première étant sur le plateau de Fontenay-sous-Bois, la seconde en rive droite de la Marne.

Les études des trois premiers secteurs sont réalisées par l'Inspection Générale des Carrières, tandis que le Laboratoire Régional de l'Est Parisien traite les secteurs 4 à 8. Pour rappel, ce rapport a pour objectif de présenter la préparation de la cartographie d'aléa mouvements de terrain du secteur 8 et concerne les communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne

3 Origine des données utilisées

3.1 Les données géologiques

Les principales caractéristiques géologiques du secteur ont été dressées à partir de la consultation de différentes sources d'information :

- Les cartes géologiques de la France au 1/25 000 - 1/50 000 réalisées par le BRGM ; le secteur d'étude étant situé sur celle de Paris.

- La carte géologique numérisée du département du Val de Marne (BRGM), fournie par le PIRIN. La banque de données du sous-sol du BRGM (BSS).

- Les campagnes de sondages de la RATP réalisées sur les deux communes.

- La base de données ACCGEO du LREP, qui a permis de localiser les sondages réalisés dans la zone d'étude et de compléter l'information géologique.

- Diverses archives du LREP concernant des expertises ou des grands projets situés sur les deux communes étudiées.

- De nombreuses études de sols, principalement collectées auprès de l'IGC et des services techniques communaux (dans le cadre des demandes de permis de construire), et quelques dossiers fournis par l'OPAC du Val de Marne. Quelques études de sol ont également été recueillies auprès de particuliers, propriétaires de biens sous-minés.

Il est à souligner que ces données ont également été utilisées dans le cadre du recensement des exploitations à ciel ouvert, afin de confirmer leur localisation et de préciser les épaisseurs de remblais consécutifs aux exploitations.

D'autre part, certains dossiers géotechniques ont permis de confirmer ou infirmer plusieurs extensions présumées de carrières souterraines et d'attester de travaux de comblement et de mise en sécurité de zones sous-minées.

3.2 Les informations relatives aux anciennes exploitations

Outre les documents utilisés pour collecter les données d'ordre géologique, de nombreuses informations ont pu être relevées dans les documents suivants :

- Les cartes des carrières au 1/1.000 de l'IGC, le secteur étudié étant concerné par quatre de ces cartes (Planches 39-44/45, 40-44, 41/42-45, 41/42-46).

- Les deux cartes au 1/20.000 de l'atlas départemental des carrières souterraines du Val de Marne de l'IGC.

- Un compte-rendu de visite du LREP dans une portion de galerie souterraine d'exploitation de Gypse (Fontenay-sous-Bois).

- Quelques anciennes cartes éditées par l'IGN et détenues par le Laboratoire d'Archéologie du Conseil Général du Val de Marne.

- Plusieurs ouvrages sur l'histoire de la ville de Fontenay-sous-Bois.

- Des témoignages de particuliers consignés dans le cadre d'un projet d'action éducative du collège Victor Duruy (Fontenay-sous-Bois).

- Certains documents et cartes postales conservés par les Archives Départementales du Val de Marne.

Aucune information n'a pu être récoltée sur les anciennes exploitations auprès de la DRIRE.

Une bibliographie complète est présentée en fin de rapport.

3.3 Le travail d'enquête

Afin de compléter les premières informations bibliographiques collectées, un important travail d'enquête a été mené auprès des acteurs présents sur le territoire. De nombreux courriers ont été adressés par l'intermédiaire de le PIRIN aux différents concessionnaires, qui ont communiqué leur éventuelle connaissance du sous-sol ou des consolidations effectuées.

Cette collecte a été doublée d'enquêtes de terrain auprès de différentes personnalités qui ont fait l'objet d'entretiens personnalisés. Les compte-rendus en présentent les grandes lignes (annexe 2).

Des renseignements très intéressants ont ainsi pu être collectés auprès des services techniques des communes, de la RATP, du Laboratoire Départemental d'Archéologie et de certains particuliers.

La récolte d'informations sur la commune de Nogent sur Marne a toutefois été moins fructueuse que sur celle de Fontenay-sous-Bois. Peu d'informations semblent être connues sur les éventuelles anciennes exploitations de matériaux.

3.4 Les clichés nécessaires à la photo-interprétation

Un certain nombre de clichés aériens a été prêté par le PIRIN.

L'avantage de ces photographies aériennes réside dans la couverture du secteur étudié sur plusieurs années, ce qui permet d'observer les éventuelles modifications morphologiques des exploitations. Ces photographies (clichés du Ministère de l'Équipement ou de l'IGN) datent de 1926, 1969, 1975, 1987, 1990, 1994 et les échelles varient du 1/14.500 jusqu'à 1/5.000 (leurs références sont citées en détail dans la partie bibliographie).

Leur interprétation à des échelles assez fines peut notamment permettre de déceler les désordres en surface, les exploitations à ciel ouvert, les indices d'exploitation en souterrain, les dépôts de stériles et les limites des remblaiements.

4 Les communes dans leur environnement

4.1 Contexte géographique

Occupant le quart sud-est de la petite couronne parisienne, le Val de Marne en constitue le plus vaste département avec ses 245 km².

Composé de 47 communes, d'une préfecture (Créteil) et de deux sous-préfectures (l'Haÿ-les-Roses et Nogent-sur-Marne), le département est traversé par la Marne et la Seine qui s'y rejoignent en limite des communes d'Ivry-sur-Seine et d'Alfortville.

Les deux communes concernées par l'étude sont limitrophes ; elles sont situées en rive droite de la Marne.

L'annexe 3 présente le contexte morphologique du secteur étudié.



Figure 2. Secteur étudié au sein du département du Val-de-Marne

4.1.1 Fontenay-sous-Bois

Le nom de la commune trouve son origine dans les nombreuses fontaines qui coulaient sur son territoire. Le nom de Fontenay étant toutefois très répandu en France, il a été complété du fait de la proximité du bois de Vincennes.

La commune de Fontenay-sous-Bois partage ainsi sa limite administrative ouest avec Vincennes et Paris (Bois de Vincennes), et ses autres limites avec Montreuil-sous-Bois au nord (Seine Saint-Denis), Nogent-sur-Marne au sud et Le Perreux à l'est.

La commune représente une superficie de 5,58 km² pour 53424 habitants (recensement 2017 – source INSEE).

Le taux d'urbanisation est relativement important et s'élève à 85%.

D'un point de vue géographique, Fontenay-sous-Bois se situe sur la terminaison sud du plateau de Romainville, dans une partie où la largeur du plateau se rétrécit fortement entre la partie nord de la commune et le Fort de Nogent-sur-Marne (dénommé ainsi, mais situé sur la commune de Fontenay-sous-Bois).

Son relief de crête orienté NE-SO partage ainsi la commune en deux secteurs de superficies approximativement équivalentes. La côte du terrain naturel varie de 110m NGF au nord (plateau) et redescend à 55m dans la partie ouest de la commune et 50m NGF à l'est. Les pentes peuvent atteindre 14%, notamment sur le flanc ouest

4.1.2 Nogent-sur-Marne

Sous-préfecture du département, la commune de Nogent-sur-Marne représente une superficie d'environ 2.8 km², pour une population de 31947 habitants (recensement 2016 – source INSEE) et un taux d'urbanisation s'élevant à 72%.

Située sur la rive droite de la Marne, elle compte cinq communes limitrophes : Fontenay-sous-Bois, Le Perreux-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Joinville-le-Pont et Paris (Bois de Vincennes). D'un point de vue topographique, l'altitude varie entre 95m NGF au nord de la commune dans la continuité du plateau de Romainville, et 35m NGF en bordure de Marne. Ce dénivelé important

génère des pentes pouvant atteindre 14%, notamment dans la partie sud ouest de la commune (d'après une étude menée par GEOEXPERTS, la pente s'élève localement jusqu'à 20%).

Il est à souligner que ces communes sont très urbanisées et les aménagements anthropiques jouent un rôle non négligeable sur la morphologie du territoire. Les aménagements liés aux lignes du RER A (Fontenay-sous-Bois) se devinent ainsi sur les courbes de niveau de la carte morphologique (annexe 3), qui identifie les principales caractéristiques du relief des deux communes.

Le nom des rues ou lieux-dits rejoint parfois les observations naturelles (toponymie) : ainsi le talweg du versant sud-ouest de Fontenay-sous-Bois est traversé par la « rue du Ruisseau ».

4.2 Contexte géologique

La zone d'étude est constituée d'une partie de la plaine alluviale de la Marne et de la terminaison sud du plateau de Montreuil-sous-Bois, butte témoin aux affleurements tertiaires.

Le déplacement de la Marne ainsi que celui de la confluence Seine - Marne est à l'origine de l'érosion des terrains tertiaires au Quaternaire.

Le log stratigraphique présenté en annexe 4.a résume les différentes formations géologiques tertiaires rencontrées dans la région ; celles affleurant sur le territoire étudié seront détaillées dans les paragraphes ci-dessous.

Une carte géologique du secteur (issue de la carte du BRGM au 1/50.000) est disponible en annexe 4.b.

4.2.1 Les terrains en place sur le plateau et le versant

Le plateau présente des affleurements de terrains tertiaires, parfois sous couvert d'éboulis.

Du plus récent au plus ancien, les affleurements sont constitués par :

Le Calcaire de Brie ou Travertin de Brie (Sannoisien - Oligocène).

Le Calcaire de Brie est une formation lacustre, constituée à la base par des marnes blanchâtres calcaires, passant au sommet à des calcaires plus compacts et à des travertins se changeant parfois en meulières compactes. Il s'agit d'une couche très hétérogène, dont l'épaisseur est comprise en moyenne entre 4 et 5m. Son épaisseur peut toutefois s'élever jusqu'à une dizaine de mètres (à proximité du carrefour J. Roger, Nogent-sur-Marne).

Cette formation affleure en partie supérieure du plateau, sur la commune de Fontenay-sous-Bois et au nord de celle de Nogent-sur-Marne. Elle forme un entablement bien marqué, du fait de sa résistance à l'érosion et à la dissolution.

Les Argiles Vertes (ou Glaises Vertes) et Marnes à Cyrènes (Sannoisien - Oligocène).

Affleurantes en bordure de plateau, les Argiles Vertes dites de Romainville sont représentées par une couche relativement homogène d'argile d'un vert vif caractéristique. Elles sont séparées en deux couches par la « bande blanche » à nodules de calcite blanche. Des feuillets silteux et marneux intercalés marquent une fine stratification horizontale. La partie supérieure de la couche est généralement altérée, très humide et plus plastique. En place, l'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 7m.

Il est à noter que des ondulations importantes du toit des Argiles Vertes ont été relevées dans le secteur des rues Auguste Comte et Lesage (Fontenay-sous-Bois), qui peuvent s'expliquer par des fluages de terrains ou des effondrements consécutifs à la dissolution des terrains gypseux sous-jacents.

Les Marnes à Cyrènes se retrouvent à la base des Argiles Vertes, sur une épaisseur d'environ 1.5m. Cette assise argilo-marneuse de couleur rouille à bleu finement feuilletée renferme des filets sableux généralement fossilifères.

Les Marnes Supra-Gypseuses (Ludien - Eocène).

Cet ensemble puissant comprend deux niveaux : au sommet les Marnes blanches de Pantin et à la base les Marnes bleues d'Argenteuil, sur une épaisseur totale de 18m.

Les Marnes de Pantin, d'une puissance d'environ 6m, sont des marnes blanches humides dans la partie supérieure. Leur argilosité est croissante vers la base qui est légèrement teintée en vert, se délitant en prisme par dessiccation avec formation de fissures perpendiculaires.

Moins carbonatées que les Marnes de Pantin, les Marnes d'Argenteuil sont des marnes bleues homogènes et compactes, d'environ 13m d'épaisseur. Leur moitié inférieure renferme trois à cinq bancs de gypse saccharoïde impur (Bancs de Chiens).

Ces Marnes Supra-Gypseuses sont généralement recouvertes d'éboulis (provenant des horizons géologiques sus-jacents) et apparaissent très ponctuellement à l'affleurement, au nord de Fontenay-sous-Bois et au nord de Nogent-sur-Marne par exemple.

Les Masses et Marnes du Gypse (Ludien - Eocène).

Deux faciès principaux caractérisent l'étage du Ludien, liés à la paléogéographie du bassin de Paris : les Masses et Marnes du Gypse et les formations calcaires dites de Champigny (présentées ci-après). Les Masses et Marnes du Gypse se sont déposées à une époque où le centre du Bassin Parisien a été abandonné par la mer pour être remplacée dans sa partie septentrionale par des lagunes et lacs lagunaires. La partie méridionale était alors occupée par des lacs d'eaux douces où le calcaire de Champigny, équivalent latéral des Masses et Marnes du Gypse, s'est formé. Les Gypses ludiens sont donc présents dans le quart nord-ouest du département du Val de Marne, et sont relayés au sud par les dépôts calcaro-marneux du Calcaire de Champigny.

La transition entre ces deux faciès du Ludien s'effectue en partie (et progressivement) sur les communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne.

Les Masses et Marnes du Gypse représentent une série qui comprend classiquement trois masses de gypse séparées par deux assises marneuses et numérotées de haut en bas, contrairement à l'ordre stratigraphique.

La première Masse est puissante d'environ 16m, composée de gypse saccharoïde crème, sans délit marneux. Assez raide, elle est généralement fracturée, notamment en position de versant.

Les marnes sous-jacentes, appelées Marnes d'entre deux masses ou Marnes à Fers de Lance comprennent diverses couches : marnes calcaires, marnes argileuses, argiles feuilletées, gypse saccharoïde. Elles tirent leur nom des cristaux de gypse lamellaires dont la forme maclée évoque le bout d'une lance. Elles ont entre 2 et 3m d'épaisseur.

La deuxième Masse de Gypse, qui peut atteindre 7m, est également formée de gypse saccharoïde où s'insèrent plusieurs lits de cristaux et quelques bancs marneux.

Les Marnes à Lucines sont des marnes calcareuses jaunâtres coupées de bancs gypseux, saccharoïdes, cristallins. Leur puissance ne dépasse pas 4m.

La troisième Masse, d'une épaisseur de 3m environ, est plus marneuse que les précédentes et renferme de nombreux filets de gypse cristallisé en pied d'alouette.

Les Marnes à Pholadomies sont des marnes blanchâtres à jaunâtres, entrecoupées de feuillets argileux, avec un banc de nodules de gypse dans la partie médiane de la couche. Leur épaisseur est d'environ 1m.

La quatrième Masse de Gypse est généralement difficilement dissociable des Marnes à Pholadomies. Ce niveau présente soit un faciès gypseux (4^{ème} Masse de Gypse), soit un faciès calcaire (Calcaire de Noisy-le-Sec) avec des marnes blanches comme faciès de transition.

Outre les exploitations qui ont pu être menées en souterrain ou à ciel ouvert dans les trois Masses de Gypse, il est à souligner que ce faciès peut être sujet à des phénomènes de dissolutions susceptibles d'engendrer des décompressions et des tassements de terrain. En l'absence de

couverture argileuse, cette formation est d'autant plus vulnérable. Des vides de dissolution ont ainsi été notés de façon non-exhaustive au nord du cimetière de Fontenay-sous-Bois, dans la rue Edouard Vaillant (environ 1m de vide) ou encore au niveau de la rue Maxime Gorki (zone fortement décomprimée sur 2.6m à environ 40m de profondeur).

Le Calcaire de Champigny (Ludien - Eocène).

Comme indiqué ci-dessus, la transition entre les deux faciès du Ludien s'effectue en partie (et progressivement) sur les communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne. Plusieurs sondages ont mis en évidence la présence de Calcaire de Champigny, notamment en limite est de la commune de Nogent-sur-Marne le long de l'A86 (entre l'avenue de Neuilly à Fontenay-sous-Bois et la place de l'Europe à Nogent-sur-Marne).

Dans le secteur d'étude, son épaisseur peut atteindre 8m, et il se traduit par une alternance de bancs siliceux ou de calcaire marneux et de marne grumeleuse.

Il est à noter que la formation semble se terminer en falaise au niveau de la place de la gare de Nogent-sur-Marne. Celle-ci a été engendrée par l'érosion (quaternaire) de la Marne, qui a même entaillé la base des Marnes Infra-Gypseuses en provoquant un sous-cavage (matérialisé par une lentille alluviale). Relativement abrupte, elle est vraisemblablement affectée de fractures subverticales parallèles (un bourrage de Marnes d'Argenteuil a été observé au niveau de la place de la gare de Nogent-sur-Marne). Cette falaise fossile est masquée par des dépôts quaternaires (alluvions et éboulis).

Les Masses et Marnes du Gypse substituées ou Marnes Infragypseuses (Ludien - Eocène).

Sous ce terme sont regroupées toutes les séries plus ou moins altérées et substituées, des Masses et Marnes du Gypse, lorsque le gypse a disparu par dissolution ou a été substitué par du calcaire.

Cette formation d'épaisseur très variable est généralement présente en pied de versant. Elle se retrouve également dans la partie est de la commune de Fontenay-sous-Bois et à proximité des talwegs (par exemple à l'est de l'allée Suzanne à Nogent-sur-Marne).

Les Sables de Monceau (Bartonien Inférieur - Eocène).

Epais de 1 à 2m, ce sont des sables verdâtres plus ou moins argileux et marneux renfermant parfois des bancs de gypse, de grès et de calcaires.

Le Calcaire de Saint-Ouen (Bartonien Inférieur - Eocène).

D'une puissance d'environ 10m, cette formation est constituée par une série de marnes crème à rognons calcaires et de bancs calcaires parfois siliceux où s'intercalent des feuillets argileux. Elle peut atteindre localement plus de 20m sur le secteur étudié (Nogent-sur-Marne).

Il est à noter que le toit de cette formation présente des variations altimétriques marquées (supérieures à 20m). Il existerait un paleotalweg orienté N80°, passant par la place du général Leclerc.

Un vide d'environ 1m a été recensé à l'ouest de la commune, au niveau des lignes du RER A.

L'annexe 4.c. présente un profil géologique du versant de Fontenay-sous-Bois.

4.2.2 Les terrains de recouvrement sur le plateau et le versant

Les affleurements tertiaires présentés ci-dessus peuvent être parfois recouverts par des dépôts postérieurs tels que les Limons des Plateaux et les formations de pente (en position de versant).

Les Limons des Plateaux (Quaternaire).

Les terrains tertiaires érodés ont été recouverts au Pléistocène par les Limons des Plateaux.

Le dépôt s'est effectué sous une action éolienne dans un environnement de toundra. A noter que d'après les sur-épaisseurs observées de façon générale sur les versants est dans la région, les vents au moment du dépôt de ces limons devaient être orientés vers l'ouest. Cette observation se vérifie notamment sur le secteur étudié, où les Limons des Plateaux se retrouvent principalement

sur le versant nord-est (depuis le Fort de Nogent jusqu'à l'avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny à Fontenay-sous-Bois et en limite est de la commune à Nogent-sur-Marne). Les Limons des Plateaux sont constitués par des dépôts fins et meubles de teinte ocre à brun rougeâtre, généralement distingués en deux couches : le loess, silt brun et calcaire (en partie inférieure) et le lehm plus argileux et issu de la décalcification du loess (en partie supérieure). D'une épaisseur courante d'environ 1m, ils peuvent atteindre plus de 4m sur le territoire étudié.

Les formations de pentes ou éboulis.

Les éboulis représente quasiment 50% de l'affleurement du territoire étudié, masquant les terrains tertiaires en place.

La structure des éboulis est complexe et sans continuité latérale, car leur existence est liée à des glissements en masse ou une reptation lente des formations initialement à l'affleurement sur le versant. Ils ont généralement pour origine les Sables de Fontainebleau glissés (bien qu'il n'en existe plus en place actuellement sur les communes étudiées), le Calcaire de Brie, les Argiles Vertes et les Marnes Supra-Gypseuses.

Les éboulis sont donc de nature très hétérogène, remaniés, essentiellement limoneux ou argilo-marneux avec quelques enclaves de blocs calcaires. Ces formations de pente ont une puissance de l'ordre de 2 à 10m selon leur position sur la pente, les plus fortes épaisseurs se retrouvant dans les zones de talwegs et en pied de versant (jusqu'à 14m d'épaisseur à proximité de l'A86).

4.2.3 La plaine alluviale

La vallée de la Marne se caractérise par sa basse altitude (ici entre 30 et 40m NGF) et par un recouvrement alluvionnaire reposant sur un substratum le plus souvent altéré en partie supérieure.

Les formations superficielles (dépôts quaternaires récents).

Les Alluvions Modernes.

Les Alluvions Modernes sont d'une puissance relativement variable, de l'ordre de 3 à 6m. Ce sont des matériaux fins, contenant fréquemment des matières organiques, représentés par des sédiments variés à prédominance argilo-sableuse ou limoneuse. Géologiquement, cette couche constitue les dépôts naturels (fluviaux) les plus récents et peut présenter des irrégularités latérales de faciès (lentilles, stratification).

Ils sont susceptibles d'être présents dans des paléo-talwegs, comme cela semble être le cas au niveau de l'école Romain Rolland, en bordure nord-est du plateau (tourbes et argiles organiques).

Les Alluvions Anciennes.

Les Alluvions Anciennes sont constituées par des alternances de sables et graviers, de cailloutis et de sables fins, leur base étant le plus souvent formée par des dépôts de graviers grossiers. Le type de sédimentation plus « turbulent » que celui des Alluvions Modernes explique la granulométrie généralement plus élevée de cette formation (les particules les plus importantes se déposent contrairement aux plus petites qui sont emportées).

Ces Alluvions Anciennes bordent les pieds de versant, correspondant probablement à d'anciennes berges de la Marne sur le versant est du plateau et de la Seine sur le versant ouest.

Ces formations superficielles sont bien représentées au sud et à l'ouest de la commune de Nogent-sur-Marne (14m d'épaisseur au niveau du boulevard Albert 1^{er}) et peuvent se trouver sous la forme de poches localisées, correspondant à des anciennes parties de terrasses alluviales perchées. En effet, la Marne s'est sans doute écoulée à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du niveau de son cours actuel pendant les phases de fusion glaciaire.

A l'ouest de la commune de Nogent-sur-Marne, le recouvrement alluvial correspond à un méandre fossile ; celui-ci pourrait être lié à la présence d'une Seine quaternaire ayant couvert à cette période l'actuel bois de Vincennes (zone probable de confluence Seine-Marne).

Il est à noter une dissymétrie au niveau des deux rives : la Marne entaille en effet la rive droite (côté Nogent-sur-Marne) et dépose l'essentiel de ses alluvions en rive gauche.

Il est à souligner que les Alluvions Modernes et Anciennes n'ont pas été différenciées sur la carte géologique du BRGM (annexe 4.b). Les Alluvions Modernes se retrouvent à proximité du lit actuel de la Marne.

L'assise des formations alluviales.

Les alluvions masquent les terrains les plus anciens qui ont été considérablement érodés (du sud vers le nord) : Calcaire Grossier, Marnes et Caillasses, Sables de Beauchamp (à proximité de la Marne), puis de façon plus locale, Calcaire de Saint-Ouen et série ludienne marno-gypseuse.

4.2.4 Les zones de remblais

Des zones de remblais peuvent s'ajouter aux différents affleurements décrits ci-dessus. Il peut s'agir de remblais de surélévation (butte de stockage de matériaux, talus de remblai, voirie...) ou des remblais de comblement. Ces derniers ont pu servir à combler d'anciennes carrières à ciel ouvert de Gypse par exemple. Ainsi un sondage a rencontré 12m de remblais dans la rue des Naclières à Fontenay-sous-Bois.

De nature très hétérogène, ils peuvent être composés de matériaux de démolition, de déblais de carrières, de matériaux divers voire de décharge, et atteindre une dizaine de mètres d'épaisseur.

4.3 Contexte hydrogéologique

Les niveaux géologiques susceptibles de contenir une nappe sont les suivants :

Le Calcaire de Brie.

Cet aquifère est directement approvisionné par la pluviométrie et les fluctuations du toit de la nappe dépendent directement de l'activité météorologique. Cette nappe se retrouve notamment au niveau du Fort de Nogent.

Elle est soutenue par les Argiles Vertes imperméables sous-jacentes et favorisée par l'approfondissement et les ondulations du toit de cette formation géologique (accumulation dans les « cuvettes »). La nappe se vidange en bordure de plateau suivant les talwegs naturels, par l'intermédiaire de sources, ou s'infiltre et circule dans les éboulis de pente.

Les Marnes Supra-Gypseuses.

Les Marnes de Pantin renferment une nappe peu importante. Les percolations verticales sont en effet relativement faibles et la nappe ne peut être alimentée que latéralement à la faveur des affleurements. Soutenue par les Marnes d'Argenteuil (argileuses), elle est peu puissante et présente un régime discontinu.

Les Masses et Marnes du Gypse.

Il est possible de retrouver des circulations d'eau dans les marnes séparant les masses gypseuses, qui peuvent retenir les eaux circulant en régime karstique.

Ces eaux sont agressives vis à vis de la dissolution du gypse si la concentration en $[\text{CaSO}_4]$ est inférieure à 2 g/l. Une eau saturée en sulfates ne sera par contre pas dangereuse vis-à-vis des horizons gypseux.

Au niveau de la falaise d'érosion quaternaire, la nappe à la base des Marnes Infragypseuses (côte 45m NGF au niveau de la gare de Nogent-sur-Marne) semble se vidanger dans la nappe alluviale (écoulement apparent nord-sud).

Les Eboulis.

Le réseau aquifère des éboulis se développe à la faveur de passages plus perméables (éboulis sableux à l'est de Fontenay-sous-Bois par exemple), de fissures et de vides constituant de véritables drains naturels.

Ces nappes très localisées sont alimentées régulièrement par les circulations aquifères des couches perméables affleurant en tête et sur les versants (les trois nappes décrites ci-dessus) et temporairement par les eaux de ruissellement. Elles sont soutenues soit par des éboulis plus marneux (à la base), soit par le faciès de transition (Masses et Marnes du Gypse - Calcaire de Champigny)

Les Alluvions Anciennes.

Les Alluvions Anciennes constituent l'aquifère de la nappe phréatique générale dans la plaine alluviale de la Marne. Cette nappe baigne les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier.

Les formations alluviales constituent de bons aquifères, tant par leur perméabilité élevée que par leur forte alimentation liée à la pluviométrie et à leur communication avec la Marne, avec laquelle la nappe est en relation directe. La côte de retenue normale de la Marne est de 33.68m NGF (source : PPR inondation du Val de Marne).

5 Présentation des anciennes carrières et des risques associés

L'objectif de ce chapitre est de présenter brièvement les principaux types d'exploitations de matériaux présents sur le territoire étudié ainsi que les risques susceptibles d'être engendrés.

5.1 Présentation des exploitations sur le territoire étudié

5.1.1 Les matériaux exploités

Les exploitations conduites sur les communes étudiées (ou à proximité) ont principalement concerné trois horizons :

Le Travertin de Brie, en souterrain.

Les Argiles Vertes, à ciel ouvert.

Le Gypse, à ciel ouvert et en souterrain.

Le Travertin de Brie.

Le Travertin de Brie a été localement extrait en Ile-de-France pour être utilisé comme pierre à bâtir ou pour l'empierrement.

Les Argiles Vertes.

Recherchées pour leur réutilisation en terre cuite (briques, tuiles, poteries...), les Argiles Vertes ont permis le fonctionnement de plusieurs briqueteries à Montreuil-sous-Bois.

Les lieux d'exploitations étaient couramment dénommés « glaisières ».

Le Gypse.

Le Gypse a été essentiellement exploité pour la fabrication du plâtre, obtenu après cuisson pour en extraire l'eau. Cet horizon a été exploité de façon industrielle sur la commune de Fontenay-sous-Bois.



Figure 3. Four à plâtre
[Source : Atlas du Paris souterrain]

Les caractéristiques de chaque exploitation seront présentées plus en détail dans le chapitre 6.

5.1.2 Les méthodes d'exploitation

L'exploitation à ciel ouvert.

Les exploitations ont été menées à ciel ouvert lorsque le recouvrement était de faible épaisseur et de mauvaise qualité pour l'agriculture.

Le terrain après exploitation était en effet inculte et servait souvent de décharge publique.

L'extraction dans les terrains meubles pouvait se pratiquer par gradins successifs et des blocs de forme cubique ou parallélépipédique étaient retirés suivant les bancs rencontrés.

Il s'agit du mode d'exploitation le moins contraignant techniquement.



Figure 4. Exploitation à ciel ouvert d'argile, Gentilly (92) [Source : La Terre. A Robin]

L'exploitation souterraine.



Figure 5. Entrée en cavage à Romainville (93), carrière de Gypse [Source : Atlas du Paris souterrain]

L'accès aux carrières souterraines se faisait soit par puits dans le cas de carrières situées sous un plateau, soit par entrée à flanc de coteau (dite entrée en cavage) depuis le fond de la vallée ou depuis un front de taille marquant la fin d'une première phase d'extraction réalisée à ciel ouvert.

L'extraction par puits pouvait s'effectuer par de grandes roues à chevilles placées en surface au débouché pour remonter les blocs à la surface. Les puits étaient installés au plus près des voiries existantes de façon à limiter l'aménagement des chemins de liaison.

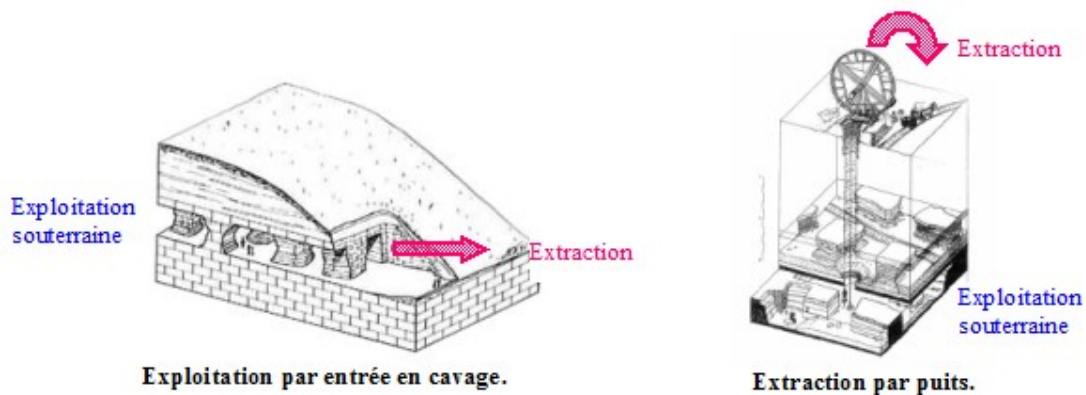


Figure 6. Deux types d'accès à l'exploitation souterraine

Deux techniques différentes ont vraisemblablement été utilisées pour les exploitations souterraines sur le secteur étudié :

Méthode des piliers tournés.

Il s'agit de la méthode d'extraction la plus utilisée et la plus ancienne. Elle a été utilisée sur la commune de Fontenay-sous-Bois pour l'exploitation du Gypse en souterrain, et hormis quelques exploitations marginales, toutes les carrières souterraines de Gypse ont été exploitées selon cette méthode en Ile-de-France.

Cette technique se caractérise par une répartition plus ou moins bien ordonnée de piliers aux sections relativement variables et laissés en place pour assurer une stabilité suffisante à l'exploitation.

A l'époque des exploitations artisanales, les piliers étaient implantés de façon irrégulière, en fonction de la qualité du gisement, de la fracturation naturelle du massif et de la présence d'eau. Le taux de défrètement atteignait 75% dans ces carrières de Gypse dites archaïques.

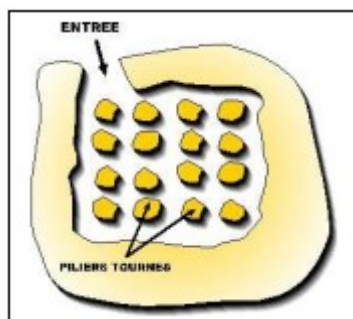


Figure 7. Exploitation géométrique par piliers tournés (La masse est figurée en jaune)



Figure 8. Piliers tournés (Carrière de Gypse 1ère masse) [Source : Atlas du Paris souterrain]

Plus récemment, la technique a évolué grâce à la mécanisation des exploitations et les galeries sont devenues plus régulières. Ces exploitations sont dites géométriques.

Ce procédé autorise des exploitations qui peuvent atteindre de grandes hauteurs (de l'ordre de 15m) dans la première Masse de Gypse. La sécurité de l'exploitation nécessitait en général de conserver une dalle de gypse assez épaisse (2 à 4m) en toit, la « planche », ainsi qu'au niveau du plancher pour éviter le poinçonnement des marnes sous-jacentes. La largeur des piliers correspondait grossièrement aux 2/3 de la hauteur de l'exploitation qui était menée en galeries ogivales.

D'une hauteur plus restreinte, les galeries dans la deuxième ou troisième Masse de Gypse avaient une forme davantage trapézoïdale.

Méthode par galeries en rameaux.

Ces exploitations souvent clandestines, notamment pour certaines couches peu profondes comme le Calcaire de Brie, consistaient en une galerie principale (« recherche ») de quelques dizaines de mètres de longueur, complétée par des rameaux perpendiculaires. Les galeries pouvaient être parallélépipédiques ou en voûte, et l'accès se faisait par puits.

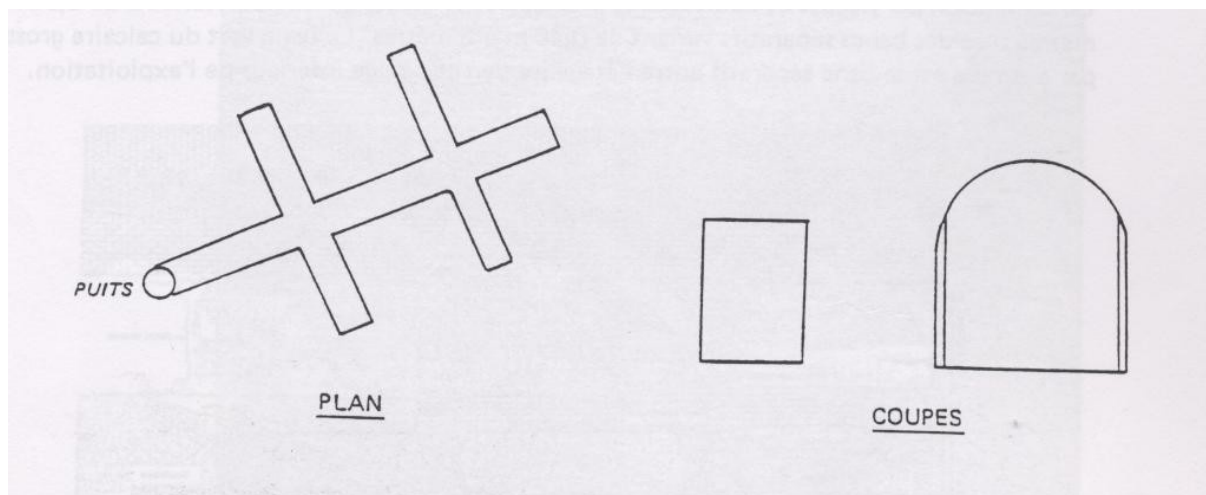


Figure 9. Schéma d'une galerie en rameaux

Le schéma ci-dessous récapitule les différents types d'exploitations sur le territoire étudié :

- Exploitation souterraine de Travertin de Brie (TB),
- Exploitation à ciel ouvert des Glaises Vertes (GV),
- Exploitation à ciel ouvert et souterraine des Masses de Gypse (G1, G2, G3).

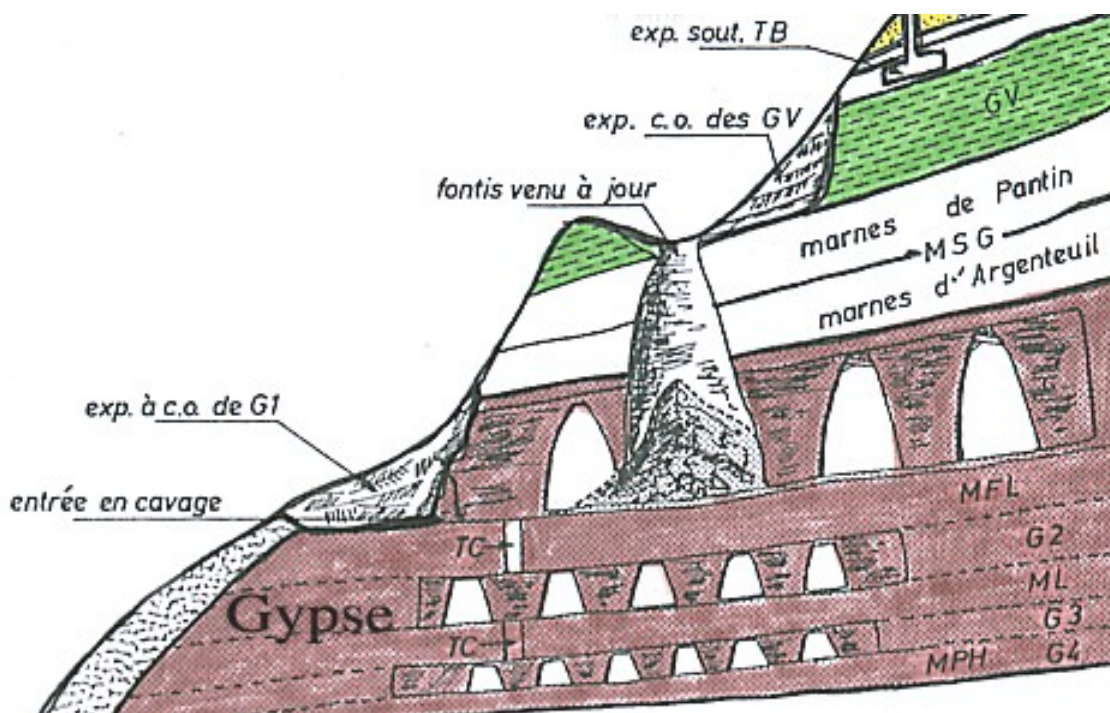


Figure 10. Schéma récapitulatif des différentes exploitations de matériaux du secteur étudié

5.2 Les mouvements de terrain liés aux anciennes carrières

L'exploitation en carrières souterraines s'est souvent effectuée en se souciant simplement de la stabilité lors de la phase d'exploitation, et le vieillissement inéluctable des structures conduit à des désordres qui se répercutent jusqu'au terrain naturel. De plus, à la considération du dimensionnement ou du mode d'exploitation, s'ajoute celle du comportement de la cavité souterraine lié aux caractéristiques lithostratigraphiques, pétrographiques, hydrogéologiques et structurales du massif rocheux dans lequel elle a été creusée.

Les paragraphes suivants présenteront les désordres types possibles au droit des anciennes carrières abandonnées.

5.2.1 Les effondrements

D'après la définition du guide méthodologique d'élaboration des PPR, les effondrements sont des « mouvements gravitaires à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon plus ou moins brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation dont les dimensions dépendent du volume du vide, de sa profondeur, de la nature géologique du sol de recouvrement et du mode de rupture ».

Deux types d'effondrement sont distingués : le fontis et l'effondrement généralisé.

Le fontis (ou l'effondrement localisé).

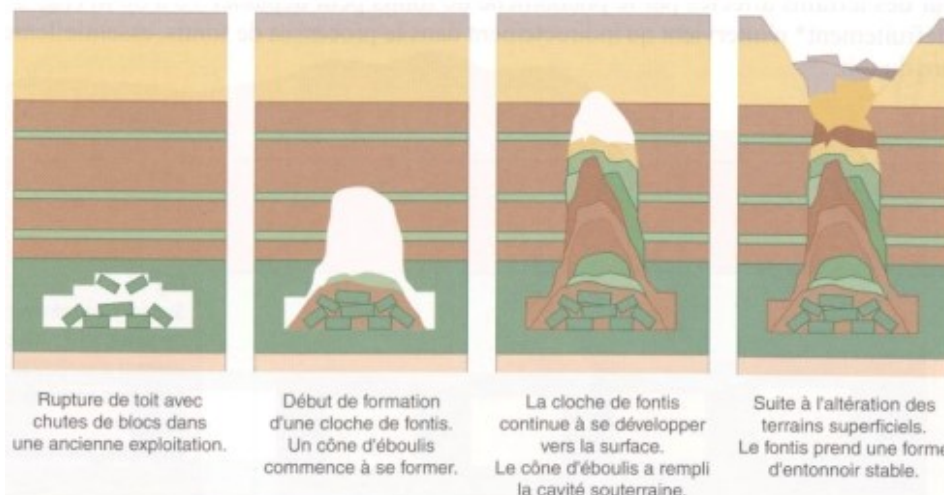
Le fontis est un effondrement localisé débouchant brutalement en surface en créant un entonnoir ou un cratère pseudo-circulaire, dont le diamètre et la profondeur peuvent varier de quelques mètres à une dizaine de mètres. Il est facilement repérable en surface sous la forme d'une excavation plus ou moins circulaire et profonde. Sa taille dépend de la géométrie des cavités, de la nature, de l'épaisseur et du foisonnement des terrains de recouvrement, et de la présence ou non d'une nappe aquifère dans ces terrains.



Figure 11. Cloche de fontis vue depuis une carrière de Gypse, à Luzancy (77)
[Source : LREP, 2005]

Le schéma suivant présente les différents stades de l'évolution d'un fontis :

Figure 12.
Schéma de l'évolution
d'un fontis, de sa
naissance à sa mise à
jour en surface
[Source : LCPC]



A son origine, il s'agit d'un espace vide non remblayé d'une carrière dont le ciel est très fissuré. Le lieu le plus propice à la formation des fontis se trouve au niveau du carrefour de galeries principales où le ciel de la carrière a une portée plus importante. Dès lors que le processus de fragmentation des bancs les plus compacts s'engendre, mettant à nu les couches moins compactes qui se désagrègent, le sommet de la cavité s'élève progressivement vers la surface. La dislocation des bancs inférieurs met à découvert les terrains de recouvrement, de nature marneuse, sableuse ou argilo-marneuse, provoquant leur chute au sol et donnant à la cavité sa forme de cloche. La cavité prend plus d'ampleur et atteint la surface par effondrement brutal lorsque le recouvrement n'est plus suffisant.

S'il s'agit du dernier stade d'un phénomène de dégradation plus ou moins longue, ce type de désordre survient à la surface de façon soudaine et sans signe précurseur visible (en surface). S'il n'est pas procédé à son comblement, le fontis s'étend en surface par éboulement des parois qui se stabilisent à terme selon l'angle de talus naturel.

Il est à souligner que le fontis peut s'autocolmater par foisonnement avant sa venue à jour (par augmentation du volume des matériaux supérieurs lors de la chute et comblement du fontis). Toutefois, l'évolution du fontis peut être réactivée, notamment si la zone devient un écoulement préférentiel des eaux qui accélèrent la dégradation.

En Ile de France, le risque de venue à jour de fontis est le type d'instabilité le plus répandu et le plus fréquent en carrière souterraine.

D'autre part, il est à souligner que dans le cas de carrières souterraines exploitées à partir de puits, ceux-ci peuvent représenter un danger s'ils ont mal été comblés.

L'effondrement généralisé.

L'effondrement généralisé est un phénomène violent « spontané », consécutif à une rupture des terrains de recouvrement d'un secteur d'une zone exploitée, voire de son intégralité. Ce phénomène survient lorsque plusieurs carrefours de galeries sont dégradés et les piliers environnants déséquilibrés, ce qui provoque l'affaissement de toute la zone. Il est généralement admis que ce type de désordre se développe à partir d'un ou plusieurs piliers du centre du secteur concerné, piliers dont la résistance maximale est dépassée. Ces piliers cèdent et provoquent un report de charges sur les piliers voisins qui cèdent à leur tour et ainsi de suite dans un mouvement de chaîne.

L'effondrement généralisé se produit généralement sous une épaisseur de recouvrement importante et lorsque l'aire exploitée est dite supercritique (largeur exploitée très supérieure à la hauteur de recouvrement).



Ce désordre se traduit en surface par un cratère à fond plat bordé par des fractures de cisaillement dont le rejet peut atteindre quelques mètres. La surface touchée peut atteindre plusieurs hectares, selon l'extension de l'exploitation. Un important effet de souffle dû au déplacement d'air par le volume effondré peut également accompagner la rupture des terrains. Ci-contre, les effets d'un effondrement généralisé spectaculaire survenu à Clamart en 1961 (ayant entraîné une vingtaine de morts).

Figure 13. Effondrement généralisé à l'aplomb d'une carrière de craie de Clamart (92)

5.2.2 Les affaissements

D'après la définition du guide méthodologique d'élaboration des PPR, les affaissements sont des « dépressions topographiques en forme de cuvette à grand rayon de courbure dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture avec ou sans fractures ouvertes. La composante verticale du mouvement est prépondérante. Des efforts de flexion, de traction et de cisaillement et les tassements différentiels préjudiciables aux structures peuvent se manifester dans les zones de bordure. Dans certains cas, les affaissements peuvent être le signe annonciateur d'effondrements ».



Figure 14. Affaissement peu marqué à Mareuil les Meaux (77), indiqué en pointillés

En raison de sa progressivité, l'affaissement peut endommager gravement les habitations exposées sans toutefois mettre en péril la sécurité des personnes, contrairement aux fontis et effondrements généralisés.

5.2.3 Les tassements liés aux remblaiements des anciennes carrières à ciel ouvert

Les remblais sont sujets à un comportement évolutif dans le temps se traduisant par des tassements. Les terrains compressibles sont aptes à se consolider et donc à tasser sous l'effet d'une augmentation de contrainte effective, soit par surcharge (mise en place d'un remblai par exemple), soit par essorage et expulsion de l'eau.

Les zones de comblement d'anciennes carrières à ciel ouvert sont susceptibles de subir un tassement généralisé du corps de remblai sous son propre poids, le tassement pouvant être non uniforme compte tenu de la nature hétérogène et de la date récente de leur dépôt. L'apport de toute surcharge accentuera le phénomène de tassement.

6 Inventaire des carrières à ciel ouvert et souterraines connues sur le territoire étudié

6.1 Une connaissance des anciennes carrières à améliorer

La présence d'anciennes exploitations sur les deux communes étudiées n'est pas complètement tombée dans l'oubli, et des mesures ont été prises pour prévenir les risques liés à leur dégradation. En effet, des périmètres de risques liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées avaient été délimités dans le secteur étudié. Ils sont présentés en annexe 5.

L'objectif de ce rapport est d'affiner les limites de ces périmètres sommaires et de qualifier les niveaux d'aléas dans chaque zone exposée. D'autre part, sont également étudiées les anciennes exploitations à ciel ouvert généralement non considérées dans ce type de périmètres.

L'ensemble des informations récoltées et présentées dans ce cinquième chapitre a été reporté sur une carte informative présentant l'état des connaissances à la date de la conduite de l'étude.

La carte informative, établie pour chaque commune du secteur étudié, a pour objectif de présenter les phénomènes observés et historiques. Y sont figurés :

- L'étendue des zones de carrières à ciel ouvert connues (Gypse),
- L'emprise des carrières souterraines connues (Gypse, Travertin de Brie),
- Les zones de présence probable de carrières souterraines (d'après les cartes de l'IGC),
- Les indices issus de l'interprétation des photographies aériennes,
- La localisation des sondages révélant l'existence ou l'absence de galerie ou de remblaiement de carrière souterraine en dehors d'une zone d'emprise connue,
- Les accidents connus et leur date de survenue : fontis, affaissement ou autres désordres,
- Les zones de carrières ayant fait l'objet de consolidations.

Les cartes informatives de chaque commune sont présentées en annexe 8.

Il est à noter que les données collectées sur la commune de Nogent-sur-Marne sont peu nombreuses.

Important :

Les données présentées dans les cartes informatives et décrites ci-dessous sont issues d'un important travail de collecte et de recoupement d'informations, qui a été conduit à partir de sources de données diverses (de par leur origine, leur date de mise à jour, leur échelle, leur zone géographique, leur non-exhaustivité...). Le niveau d'information est donc variable quantitativement et *qualitativement* selon les secteurs.

En ce qui concerne l'échelle de représentation des données : pour des *raisons de lisibilité*, les zones délimitées ou les informations ponctuelles qui leur sont rattachées ont été représentées au 1/5.000, mais il est important de garder en mémoire que toutes les informations ne sont pas toutes connues à cette échelle (les données sont parfois précises au 1/20.000 seulement). Le positionnement de certains sondages ou certaines déclarations de galeries est notamment concerné par cette remarque.

La description des anciennes exploitations recensées se fera par commune et par type de matériaux dans les paragraphes suivants.

6.2 Les anciennes exploitations de gypse recensées à Fontenay-sous-Bois

Les anciennes exploitations souterraines ou à ciel ouvert de Gypse se situent principalement entre la rue Dalayrac et la rue André Tessier à Fontenay-sous-Bois.

Il convient toutefois de s'intéresser également aux carrières de Montreuil-sous-Bois, commune limitrophe à celle de Fontenay-sous-Bois, car certaines d'entre elles se trouvent à proximité de la limite communale.

6.2.1 Carrières situées entre la rue Dalayrac et la rue André Tessier

Les exploitations de Gypse sont grossièrement délimitées au nord par la rue André Tessier, à l'ouest par le chemin rural de la Matène, au sud par la rue Charles Bassée et à l'est par les rues Georges Philippe et des Belles Vues (planches IGC 41-42/45 et 41-42/46).

Quelques éléments de l'histoire des carrières.

Une première mention graphique de l'exploitation de gypse dans ce secteur se retrouve sur la carte des environs de Paris, dressée par l'Abbé de la Grive en 1740 (figure 15).

Un site internet (Fontenay Plateau) indique que les premières exploitations remonteraient au XIII^{ème} siècle.



Figure 15. Mention d'une plâtrière à l'ouest du village de Fontenay-sous-Bois
[Source : Carte des Environs de Paris, 1740]

La rue des Carrières, qui portait déjà ce nom à l'époque de la révolution française, desservait les carrières de Gypse. Le document Fontenay-sous-Bois. Histoires de rues rassemble quelques informations sur l'activité de cette exploitation :

« Ces carrières appartenaient au XVIII^{ème} siècle à Claude Etienne Lemoyne qui, en 1820, en cède la moitié à Jean-Louis Riveau. Les carrières connaîtront ensuite de nombreux propriétaires. A partir de 1873, Camille Derre fabricant de plâtre rue des Naclières, construit de nouveaux bâtiments, installe une machine à vapeur. Le propriétaire suivant, Henri Lambert, bâtit une maison pour les ouvriers, une écurie, et installe une autre machine à vapeur. Au début du siècle, les carrières sont exploitées par Mrs Rapp et Reitenbach. En 1902, on y extrayait 35 à 40 m³ de

Gypse. Cette activité nécessite le travail d'une trentaine d'ouvriers, à raison de 10h par jour, parmi lesquels on trouve un palefrenier pour s'occuper des 12 chevaux qui tirent les wagonnets transportant le Gypse à l'usine à plâtre ».

Les noms de différents propriétaires mentionnés dans les documents anciens sont nombreux pour ces carrières, notamment : Bernard (1782), Lemoyne (1816), Riveau (1820), Baillard puis Messenger son gendre, Gallois (1858), Derre (1873), Lambert (1876), Rapp et Reitenbach.



Figure 16. Carte postale de Fontenay-sous-Bois. Fin de journée pour le palefrenier qui ramène les chevaux à l'écurie [Source : Ballade au temps passé]

L'extraction de gypse n'était pas sans risque, et on comptait de nombreux morts parmi les ouvriers (à la suite d'une chute de veine de terre, de pierres ou d'effondrement du toit de la carrière), comme l'indique l'article du journal de Fontenay notre ville (annexe 6.a).

En 1824, une note de la préfecture du département de la Seine indique que la largeur maximale des galeries et des ateliers doit être de 4m, que les piliers soutenant les ciels doivent avoir au moins 1m de côté à leur base, et que le diamètre des puits doit être d'au moins 2m (ces puits étaient utilisés pour l'aération des galeries mais également pour la descente des ouvriers « par échelles solides en chêne »).

Les instabilités et désordres se manifestaient déjà du temps de l'exploitation : G. Naudet indique qu'un effondrement déclenché par une forte pluie avait fait des dégâts importants sur deux fours à plâtre en 1787, et les documents des Archives Départementales mentionnent un éboulement conséquent qui avait obstrué un chemin de circulation en 1873. En 1820, le sous-préfet et le maire de Fontenay-sous-Bois avaient lancé une injonction de comblement pour une carrière abandonnée, au vu « des éboulements de ciel considérables [qui] se sont déjà manifestés » (Source : Archives Départementales).

Les fours semblaient situés près de l'entrée des galeries, tandis que les écuries étaient dans la rue Charles Bassée (Source G. Naudet). Le gypse était extrait puis conduit à l'usine par des wagonnets tirés par des chevaux. Ces wagonnets étaient ensuite tractés par un système de poulies et montés sur une plate-forme d'où leur contenu était déversé.

La cuisson du gypse était réalisée par six fours alimentés au bois, et le plâtre obtenu était ensuite réduit en poudre et conditionné dans des sacs de 25kg. Il était enfin entreposé dans un endroit dénommé « la charge » où les acheteurs venaient réceptionner la marchandise.



Figure 17. Panorama depuis le haut des carrières [Source : Archives départementales]

Le cliché aérien suivant illustre l'activité à ciel ouvert en 1926 :

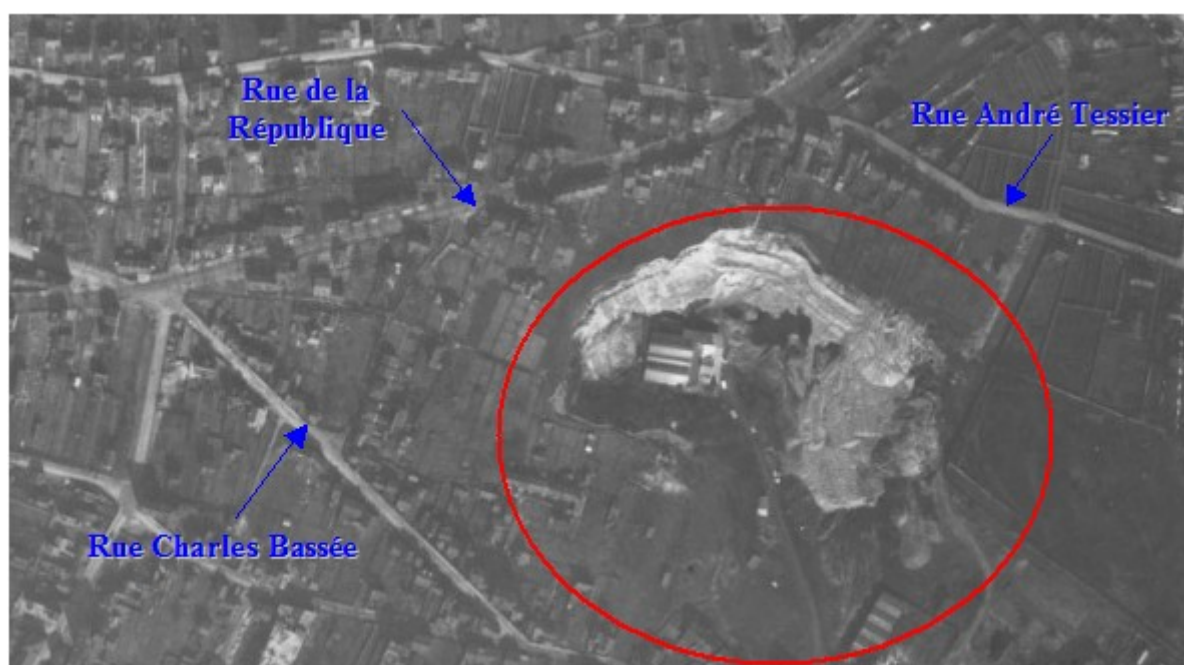


Figure 18. Etendue de l'activité d'exploitation de gypse à ciel ouvert (en rouge) à Fontenay-sous-Bois en 1926 [Source : IGN]

Les exploitations.

Les 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} Masses de Gypse ont fait l'objet d'exploitations. Toutes les galeries sont non remblayées et non consolidées d'après les cartes de l'IGC, exceptés quelques secteurs de faible étendue.

D'après les indications annotées sur les cartes de l'IGC, il semblerait que l'exploitation du Gypse ait débuté au niveau de la rue Charles Bassée puis se soit progressivement étendue vers le nord.

Il est à souligner que dans la partie sud de la zone exploitée, la première Masse de Gypse ne semble pas avoir fait l'objet d'extractions. En effet, un sondage réalisé dans la rue Charles Bassée (au niveau de la propriété n°38) indique une épaisseur de 1^{ère} masse de 1.50m seulement (position de versant).

Au nord, par contre, les trois masses ont été exploitées. Une coupe de terrain dressée rue Raspail indique une hauteur de recouvrement de 21.45m de Glaives Vertes et Marnes Supra-Gypseuses (coupe présentée sur la figure 19 ci-contre), puis :

- la hauteur de galerie représentée dans la première masse avoisine les 11m, avec environ 1m de gypse en pied et toit.
- la galerie dans la deuxième masse est d'environ 6m de hauteur.
- la galerie dans la troisième masse (épaisse de 2.6m) n'a pas été schématisée (pas d'exploitation recensée dans ce niveau au droit du sondage même).

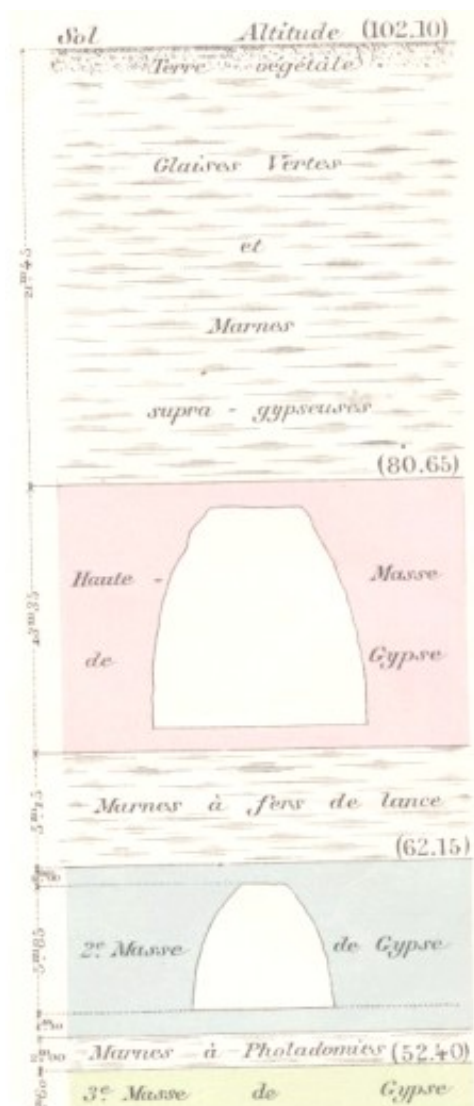


Figure 19. Sondage rue Raspail à Fontenay-sous-Bois [Source : IGC]

La description suivante détaillera les caractéristiques des exploitations en s'attachant à reconstituer les grandes étapes chronologiques de leur progression (d'après les informations collectées) :

Début de l'exploitation de la 2^{ème} masse au sud (carte IGC 41/42-46).

Secteur Charles Bassée :

La deuxième masse a été exploitée en souterrain et plusieurs puits de service comblés sont situés sur le linéaire de la rue Charles Bassée.

La date la plus ancienne remonte à 1860 pour les galeries au sud de la rue Marguerite. Bien que la masse n'ait pas été exploitée intensivement à cet endroit (faible taux de défrètement lié à une importante masse supposée laissée en place), le cavage s'est affaissé en 1863. Au niveau de la rue Albert 1^{er}, l'exploitation de la 2^{ème} masse s'est effectuée sur 3.5m à 4.2m de hauteur sous 16.5m de recouvrement. Une injection de mortier de ciment a été effectuée en 1971 (au niveau de la résidence des Coteaux).

Les galeries sous la rue Charles Bassée et à proximité de la rue Marguerite sont en très mauvais état. Dans cette zone, cinq puits de service ont été creusés et plusieurs fontis se sont développés, dont deux sont venus à jour en 1900 et 1929. Quatre cloches de fontis mesurant entre 8.2 et 10m

de hauteur ont été indiquées sur la carte de l'IGC. Une autre cloche de fontis semble avoir été rencontrée en sondage (8.5m de vide sous 8m de recouvrement, hors zone sous-minée connue ; source : site internet Fontenay Plateau).

Un affaissement s'est produit en 1962 au croisement de la rue Charles Bassée et la rue Villa des carrières. Un fontis est apparu en 1995 au 30 rue Charles Bassée, avec un diamètre de 3.5m et une profondeur de 4m (estimation des caractéristiques de la galerie à l'origine de l'effondrement : 3m de vide sous environ 17m de recouvrement) ; ce fontis s'est produit à une vingtaine de mètres de l'ancien affaissement

Un affaissement est également survenu au niveau du 20 rue Charles Bassée en 1992 (hauteur de la galerie estimée à 3m de vide dans la 2^{ème} masse de Gypse, sous 15m de recouvrement).

Entre la rue Villa des Carrières et la rue Raspail, le site de MAGAFOR a fait l'objet de comblements gravitaires localisés (dans les galeries de 2^{ème} ou 3^{ème} masse) et quelques traitements de terrain en 2005 ; il n'est cependant pas considéré que les galeries aient été totalement traitées au droit du site.

De plus, l'extension des galeries est très mal connue dans ce secteur.

Des sondages menés dans la rue Villa des Carrières ont montré que la 2^{ème} masse y avait été exploitée (sol de l'exploitation ~54m NGF, 5m de vide sous 17m de recouvrement) dans la partie sud est de l'allée. Un fontis est venu à jour en 1985 et des sondages ont rencontré des terrains décomprimés au niveau de cette même allée.

Des sondages effectués à proximité de la rue Charles Bassée ont rencontré des vides (au niveau du numéro 37 rue Charles Bassée : 3.6m de vide sous 16.2m de recouvrement), et l'exploitation semble s'être poursuivie au-delà de la voirie vers le sud. Un fontis en formation a également été rencontré à 14m de profondeur au niveau du numéro 67 (lors d'un sondage).

Une partie de la rue Charles Bassée a été injectée en 2000 (entre les numéros 20 et 54) – environ 493.600m³ de mortier de ciment ont été injectés, sur un linéaire d'environ 280m.

D'autre part, au sud de ce secteur, un effondrement serait survenu au numéro 2 de la rue des Carrières (origine inconnue).

Secteur Raspail – Matène :

L'exploitation de la deuxième Masse de Gypse s'est poursuivie sous la rue Raspail (partie basse de la rue) puis vers le nord. Le taux de défrètement devient plus important (environ 60%) et les piliers sont implantés de façon plus régulière. Aucune indication sur la hauteur des galeries n'est portée sur la carte IGC. Un puits comblé d'une profondeur de 17m est indiqué au nord des bâtis longeant la rue Villa des Carrières. Les galeries en limite du chemin de la Matène sont affaissées. Cela pourrait dater de 1925-1926, car un tronçon de la rue de la Matène a disparu lors d'un effondrement ces années-là [Source : Fontenay-sous-Bois. Histoires de rues]. A noter qu'une injection de ciment a notamment été effectuée au niveau du bowling de la Matène en 1960, suite à un affaissement.

En limite des cartes 41/42-46 et 41/42-45 de l'IGC, quatre anciens puits d'extraction ont été comblés. Ces galeries semblent avoir été creusées entre 1877 et 1886 et le ciel de carrière est en mauvais état.

Le LREP a été missionné en 1987 par les services techniques de la mairie de Fontenay-sous-Bois pour suivre la reconnaissance de la carrière, au lieu-dit « La Matène ». Les accès en carrière ont semble-t-il été comblés depuis 1945 environ. Dans ce secteur, plusieurs sondages destructifs ont été menés : deux d'entre eux ont rencontré une galerie a priori comblée ou un vide comblé de matériaux sans consistance, tandis que les trois autres n'ont pas rencontré de galeries (alors qu'ils l'auraient dû, d'après la carte de l'IGC). Cette reconnaissance met en évidence que le fait que la carte de l'IGC est erronée ou mal calée dans ce secteur.

Enfin, il convient d'indiquer que dans le cadre de l'aménagement du parc des carrières, des travaux de mise en sécurité par un système de géogrille ont été effectués en 2012 (Cf. synthèse).

Il est également à noter que la prolongation de la galerie dans la 2^{ème} masse vers la Maison pour Tous n'a pas pu être confirmée par les 3 sondages effectués a priori au droit de celle-ci (erreur de calage de la carte ou galerie jamais réalisée ?).

Exploitation de la 3^{ème} masse au sud.

La zone sud a également été exploitée pour son étage inférieur de Gypse (3^{ème} masse). Cette exploitation souterraine se superpose par endroits à celle de la 2^{ème} masse (au nord-ouest de la rue Raspail – partie basse), et s'étend plus largement sous la rue Marguerite et la rue Albert 1er. D'après la dernière édition de la planche 41/42-46 de l'IGC, la 3^{ème} masse a également été exploitée au sud-est de la rue Marguerite (en direction de la résidence des Coteaux).

Les piliers sont disposés de façon régulière mais ne se superposent pas à ceux de l'exploitation de la deuxième masse. Le taux de défrètement avoisine les 60% et l'exploitation a du être contemporaine de celle de la deuxième masse. Plusieurs puits de service permettaient l'accès à ce niveau, certains étant maçonnés (et maintenant comblés). Au niveau de la résidence des Coteaux, la galerie d'exploitation a été creusée sur une hauteur de 1.7m sous 25m de recouvrement. Elle est en partie remblayée, et est séparée des galeries dans la 2^{ème} masse (verticalement) par un banc séparatif de 4.50m d'épaisseur.

Les limites de l'exploitation sont mal connues ; la superficie évaluée d'après les plans de l'IGC s'élève à 1.38ha.

A mi-chemin entre la rue Charles Bassée et la rue Albert 1er, les galeries de 3^{ème} masse se sont affaissées en mars 1872. Plus loin, à proximité de la rue des Belles Vues, les cavages se sont effondrés.

Un sondage effectué au 8 rue Raspail a rencontré des terrains décomprimés sur 24m (à une dizaine de mètres des zones sous-minées connues), décompression sans doute liée à une remontée de fontis générée par un effondrement des galeries de 3^{ème} masse non cartographiées.

Début de l'exploitation de la 1ère masse au nord (carte IGC 41/42-45).

En parallèle de l'exploitation souterraine de la 2^{ème} masse, l'exploitation à ciel ouvert de la première masse s'est développée au nord.

La date indiquée sur un front de taille remonte à juin 1900. Les limites du front de taille n'ont toutefois pas été relevées en continu avec certitude sur la carte de l'IGC (carte 41/42-45).

La 1ère masse a également été exploitée en souterrain vers le nord et l'est. De nombreuses entrées en cavage ont été indiquées sur la carte de l'IGC, certaines se situant à l'emplacement de bâtiments (dans le prolongement de l'actuelle rue de la Matène).

Figure 20.
Carte postale de Fontenay-sous-Bois montrant une entrée en cavage vers les galeries souterraines de Gypse
[Source : Fontenay-sous-Bois en cartes postales anciennes]



La hauteur de galerie représentée sur une coupe de terrain dressée rue Raspail (figure 19) avoisine les 11m dans la première masse, avec environ 1m de gypse en pied et toit.

Les dates d'exploitation de cette masse s'échelonnent entre 1903 et 1909. La superficie des exploitations connues de la première masse (ciel ouvert et souterrain) s'élève à 2.15ha d'après les plans de l'IGC. Leurs extensions ne sont par contre pas connues avec précision.



Figure 21. Carte postale de Fontenay-sous-Bois. Présence d'un rail utilisé pour remonter les wagonnets remplis de Gypse
[Source : Ballade au temps passé]

En bordure de la rue G. Philippe, le LREP a utilisé le forage d'un puits (élaboré dans le cadre de la reconnaissance de 1987) pour accéder au sol d'exploitation de la première masse. Le toit a été rencontré vers 25.5m avec une hauteur de vide réduite (inférieure à 5m).

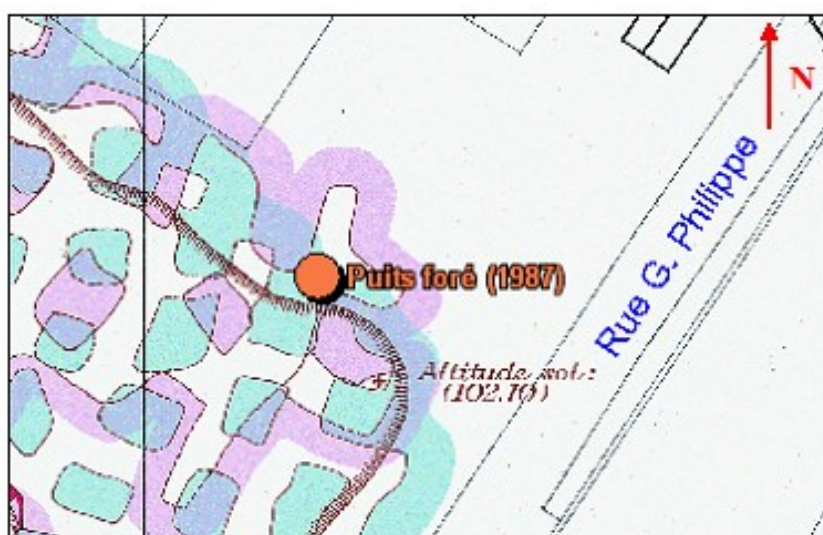


Figure 22. Localisation du puits foré pour permettre l'accès en galerie lors de l'investigation de 1987 par le LREP

Les quelques photos suivantes illustrent l'état des galeries dans le secteur en 1987 :

Bon état de conservation en bordure d'exploitation (direction nord-est) :



Figure 23. Sommet d'un pilier (à gauche) et éboulis issus du forage
[Source : LREP, 1987]

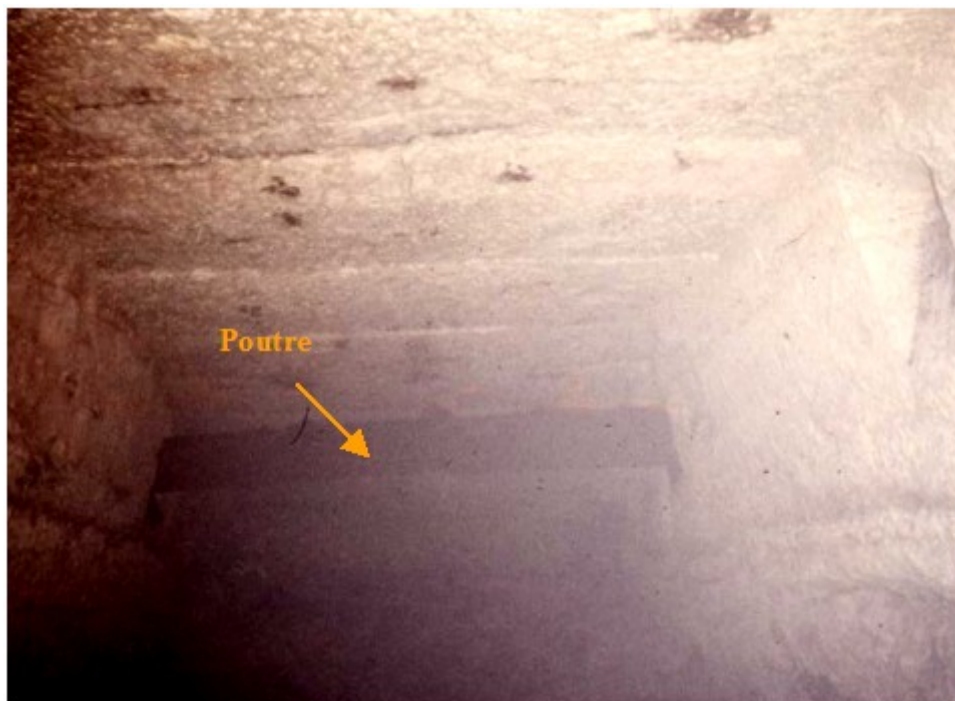


Figure 24. Poutre en place (portée de 3m) et traces parallèles de soulevage
[Source : LREP, 1987]

Dégradation avancée vers le centre de l'exploitation (sud-ouest) :



Figure 25. Pilier (à droite) et ciel très fissuré [Source : LREP, 1987]



Figure 26. Débris de Gypse issu d'un ciel tombé et poutrage tombé [Source : LREP, 1987]



Figure 27. Ciel de carrière (en haut) et pilier très affecté : décrochement supérieur à 40cm [Source : LREP, 1987]



Figure 28. De gauche à droite : pilier, zone de broyage et ciel fissuré [Source : LREP, 1987]

La connaissance de l'extension des galeries semble toutefois incomplète au nord de cet important secteur d'exploitation : un sondage ayant rencontré une galerie dans la 1^{ère} masse (au sud du croisement entre les rues de la République et André Tessier) et un fontis survenu en mars 1939 (aux 81-83 rue des Moulins) le confirment.

Ce fontis est venu à jour avec une profondeur apparente de 1.5m et un diamètre de 2m. La (les) galerie(s) à l'origine de ce désordre a été ouverte dans la 1^{ère} masse de gypse (10m de vide estimé) sous environ 22m de terrains de recouvrement.

Poursuite de l'exploitation de la 2^{ème} masse au nord.

La deuxième masse, déjà exploitée antérieurement au sud, a également été extraite dans la partie nord. Les galeries ont été creusées quasiment sous toute l'exploitation déjà menée dans la première masse (sauf quelques galeries au nord). Certaines hauteurs de galeries mentionnées sur la carte s'élèvent à 2.2 et 3.8m mais d'après la coupe schématique de terrain (figure 19 précédente), les galeries dans la 2^{ème} masse sont de l'ordre de 6m et de forme quasi ogivale. Une rampe de surface permettait l'accès en 2^{ème} masse. A noter que certaines galeries ont été creusées en même temps que d'autres concernant la première masse (1906).

Une zone qualifiée de dangereuse par l'IGC a généré plusieurs fontis et une consolidation très ponctuelle a été apportée dans une partie de cette zone.

Un des sondages menés dans le cadre du projet de la Halte Fontenaysienne a visiblement rencontré des terrains sous-minés mais il n'a pas pu être localisé précisément.

Exploitation de la 3^{ème} masse au nord.

L'exploitation souterraine d'étage inférieur (3^{ème} et 4^{ème} masse d'après la légende, planche 41/42-45) se superpose aux exploitations à ciel ouvert de la 1^{ère} masse et en souterrain de la 2^{ème}. Elle est peu étendue, comparée à l'exploitation de la deuxième masse. Un monte-charge avait été installé.

Exploitation de la 1^{ère} masse à ciel ouvert au sud.

D'après la dernière édition de la planche 41/42-46 de l'IGC, la 1^{ère} masse de Gypse a également été exploitée à ciel ouvert dans l'allée Villa des Carrières. La période d'extraction n'est pas connue, mais des sondages ont mis en évidence des hauteurs de remblais allant jusqu'à 10.8m. Cette exploitation à ciel ouvert se superpose à une extraction souterraine de la 2^{ème} masse aux limites inconnues (exploitations décrites p32).

Cette masse de Gypse a également fait l'objet d'extractions à ciel ouvert dans le secteur de la rue Marguerite. En effet, au niveau du numéro 4 de cette rue, des hauteurs de remblais très importantes (10-13m) ont été rencontrées en sondage.

Enfin, à proximité du triangle formé par les rues Charles Bassée, des Naclières et des Carrières, plusieurs sondages ont mis en évidence des épaisseurs de remblais pouvant s'élever jusqu'à environ 12m, reposant sur la base de la première Masse de Gypse ou des marnes. Un affaissement de 5m de diamètre sur une hauteur de 10cm s'est produit au 1-2 rue des Naclières en 1983, sans doute lié à des tassements de remblais ou des phénomènes de dissolution des horizons gypseux sous-jacents.

Synthèse.

Les trois masses ont donc fait l'objet d'exploitations dans ce secteur délimité au nord par la rue André Tessier, à l'ouest par le chemin rural de la Matène, au sud par la rue Charles Bassée et à l'est par la rue Georges Philippe et rue des Belles Vues.

Au final, le cumul des superficies connues (selon les cartes de l'IGC) pour chaque masse est le suivant :

1^{ère} masse : 2.15 ha (ciel ouvert + souterrain),

2^{ème} masse : 4.54 ha (souterrain),

3^{ème} masse : 1.38 ha (souterrain).

Les indices de carrières relevés hors périmètre connu conduisent cependant à considérer ces superficies comme minimales.

Concernant les désordres recensés dans ce secteur, il faut ajouter à ceux décrits ci-dessus trois affaissements conséquents :

- La rue des Belles Vues a en effet subi deux affaissements d'importance en 1853 puis 1874 dans sa partie haute, à proximité immédiate des zones exploitées. Ces affaissements ont été comblés.
- Plus au nord, un autre affaissement est indiqué et concerne une grande partie de la zone exploitée sur trois niveaux. La superficie de la zone affaissée avoisine les 2.3 ha.

Il est possible que ces accidents aient pour origine l'effondrement de certains secteurs de galeries. En surface, ils ont été gommés au fil des années dans la topographie par des remblaiements - aménagements ultérieurs.

Dans le document Fontenay-sous-Bois. Histoire(s), F. Salvaing indique qu'au début du siècle, l'autorisation d'étendre davantage les galeries est refusée aux entrepreneurs M. Messenger et M. Lamy, la priorité étant accordée aux constructions de villas et pavillons. Les carrières vont progressivement périlcliter et devenir un terrain de jeux (dangereux) pour les enfants et un abri lors de la guerre de 1914-1918.

En 1910, un relevé effectué par un géomètre indique qu'une partie des carrières était utilisée en champignonnière.

Le document Fontenay-sous-Bois. Histoires de rues complète ces informations sur la cessation d'activité de l'exploitation :

« L'exploitation des carrières cesse en 1928. Elles sont alors partiellement comblées par des matériaux provenant du percement de la prolongation de la ligne de métro N°1 entre la porte et le Château de Vincennes. Par la suite, leur utilisation comme décharge publique provoque le mécontentement des riverains qui, d'autre part, subissent les conséquences dangereuses de l'évolution du sous-sol (effondrements, fissurations d'immeubles...). En 1948, un arrêté municipal demande à Mr Rapp « de cesser tout apport de quelque nature que ce soit, à la décharge qu'il exploite ».

Il semblerait que ces remblaiements aient principalement concerné les anciennes exploitations à ciel ouvert (les galeries souterraines n'ayant été que très partiellement remblayées).

L'arrêt de l'exploitation n'a pas empêché de nouveaux désagréments (ou désordres cités précédemment). Le projet pédagogique du collège de Fontenay-sous-Bois rapporte par exemple des plaintes des riverains pour déchargement d'ordures, de ferrailles et déchets divers en 1934 et 1946 (rue de la Matène, villa des carrières notamment).

Des reconnaissances de sol à la pelle mécanique (BURGEAP, 2003) ont mis en évidence des remblais divers dans la partie nord du secteur en friche (entre la rue Gérard Philippe et les box désaffectés) : gravats de démolition, quelques ferrailles, mâchefers, déchets ménagers, seringues hypodermiques.

La partie non urbanisée des terrains sous-minés a été classée en réserve pour les espaces verts au POS en 1986, avec une idée de projet d'aménagement (parc). Environ 12000m² de terrain ont été acquis par la commune en 1987 dans cette optique. En 2012, la mairie a fait réaliser des travaux de mise en sécurité via la mise en place d'un renforcement par géogrille sur une surface de 9.650m². Les zones d'ancrages ont fait l'objet d'injection de comblement de même que le chemin d'accès. Le plan de récolement des travaux est fourni en annexe 6.b.

Le rapport d'ANTEA (1997) décrit le secteur du « parc des carrières » en mentionnant des dénivelés importants (observables sur les courbes de niveaux) :

- une partie nord constituée d'une large plate-forme qui s'établit entre 102 et 105m NGF,
- un dénivelé abrupt d'une vingtaine de mètres qui sépare la partie nord et la partie centrale,
- une partie sud / sud-est qui s'étage en pente douce entre 80 et 75m NGF.

Un extrait du plan topographique est présenté en figure 29.



Figure 29. Extrait de plan topographique établi par photogrammétrie à partir de vues aériennes de 1992 [Source : ANTEA]



Figure 30. Vue en contre-plongée de la zone à fort dénivelé – localisation figure ci-contre [Source : LREP, 2008]

En juin 2007, une cavité est apparue au 5bis rue Georges Mandel (information fournie par l'IGC – 1.5m de diamètre, environ 2.5m de profondeur apparente) ; celle-ci pourrait être due à la venue à jour d'un fontis (dissolution des horizons gypseux) ou à la présence d'un ancien puits à eau. Il est toutefois à souligner qu'un autre désordre s'était déjà manifesté au numéro 6 de la même rue (affaissement de 1.5m de profondeur sur 1m de diamètre) en 1981. L'hypothèse de dissolution est sans doute la plus probable.

L'observation actuelle des constructions situées dans la zone des anciennes carrières ou à proximité immédiate montre que certains bâtiments présentent des fissures importantes en pignon, dans les angles, ou affectant la construction dans la totalité de sa hauteur. Ces désordres sont notamment observables dans le secteur Charles Bassée, Villa des Carrières, Marguerite – Albert 1^{er}.

6.2.2 *Carrières situées au nord de la rue des Quatre Ruelles (limite de Montreuil) : exploitation de gypse et argiles vertes*

D'intenses exploitations de Gypse ont été menées à Montreuil-sous-Bois, notamment jusqu'à la limite communale de Fontenay-sous-Bois au niveau de la rue des Quatre Ruelles. L'extension connue ou présumée de ces anciennes carrières souterraines semblerait s'être arrêtée à cette limite d'après la carte 40-44 de l'IGC.

Les exploitations se sont développées en souterrain au nord de la rue des Quatre Ruelles, entre le Boulevard Jeanne d'Arc et la rue Paul Doumer. Les 1^{ère} et 2^{ème} Masses de Gypse ont été exploitées en souterrain et se superposent au niveau de la rue des Beaumonts. A noter une zone très endommagée à proximité de la rue Paul Doumer et la rue des Quatre Ruelles (soit à proximité de la commune de Fontenay-sous-Bois), où fontis, effondrements et nombreux ciels tombés sont relevés sur la carte de l'IGC. Dans ce secteur jugé dangereux, la hauteur des galeries (Gypse 1^{ère} Masse) s'élève à 10m. Plus au nord et à l'ouest, des galeries dans la 3^{ème} Masse de Gypse ont également été creusées. D'après l'IGC, la hauteur des exploitations n'excède pas 17m en cumulé sur les 3 étages (secteur des Beaumonts).

De plus, à l'est de la rue des Beaumonts, les Argiles Vertes ont fait l'objet d'une exploitation à ciel ouvert, qui a été remblayée. La superposition des exploitations souterraines de 1^{ère} et 2^{ème} masse à cet endroit est jugée dangereuse, étant donné les forts taux de défrètement et les fontis déjà relevés sur la carte de l'IGC. L'extraction des Argiles Vertes a sans doute réduit la protection naturelle qu'elles offraient contre les infiltrations d'eau (couverture imperméable). Dans ce secteur, la stabilité des carrières de Gypse sous-jacentes a ainsi été affaiblie.

Plusieurs plans d'exploitation de la 2^{ème} Masse de Gypse ont été reportés sur la carte 39-44/45, notamment à proximité de l'impasse des Quatre Ruelles. Leur extension est très mal connue, et une limite présumée de l'exploitation a été indiquée. Cette limite concernait la commune de Fontenay-sous-Bois au niveau des rues Georges Le Tiec et rue de Stalingrad sur l'édition de 1964 de la carte 39-44/45. Elle a été réduite à la suite de plusieurs sondages menés sur la commune qui ont indiqué l'absence de carrière de 2^{ème} ou 3^{ème} masse.

Toutefois :

- un fontis était venu à jour entre ces deux rues,
- un puits de reconnaissance a été creusé jusqu'au gypse (12.5m de profondeur) au niveau de la résidence Edgar,
- en bordure du square des Parapluies, deux sondages ont rencontré entre 9 et 11m de remblais (découverte en vue de l'exploitation ?) et un troisième aurait rencontré une galerie dans la 3^{ème} masse.

Ces carrières ne sont plus accessibles d'après l'IGC.

La connaissance géologique du secteur est limitée. La 1^{ère} masse a été partiellement érodée dans le secteur et la couverture d'éboulis semble masquer le relief accidenté par l'érosion.

Au niveau du boulevard Stalingrad (à une trentaine de mètres de la limite communale, côté Montreuil-sous-Bois), le toit de la 2^{ème} masse a été rencontré à 8.20m de profondeur, soit à environ 66-67m NGF (côte du même ordre de grandeur que celle rencontrée au niveau du 14 rue Georges Letiec).

Il est probable que le contexte géologique du secteur ait été peu favorable à une extension des exploitations vers le sud (donc davantage sur le territoire de Fontenay-sous-Bois).

Des phénomènes de dissolution des horizons gypseux sont également fort probables dans ce secteur.

6.2.3 Carrières de la rue Villa de l'Avenir (Montreuil)

Cette description est présentée pour mémoire car au vu des éléments récoltés dans le cadre de cette étude, aucun indice situé à moins d'une centaine de mètres de la limite communale de Fontenay-sous-Bois n'a été recensé. Les effets de la dégradation de cette ancienne exploitation ne semblent donc concerner que le territoire de Montreuil-sous-Bois.

La carrière de la rue Villa de l'Avenir est située sur la commune de Montreuil-sous-Bois, à une centaine de mètres de la rue Racine et la rue Jean Jaurès.

Cette carrière de Gypse à proximité de la rue Villa de l'Avenir (Montreuil-sous-Bois) est représentée par une galerie isolée de 80m, indiquée sur la carte 41/42-45 de l'IGC. Il s'agit d'une exploitation de la première Masse de Gypse, la largeur de la galerie varie de 1m à 6m, et la hauteur peut atteindre 7m. Le recouvrement serait de l'ordre de 30m.

Un fontis de diamètre important est venu à jour en 1932 et semble s'être développé à partir d'un ancien puits de service comblé. Un autre fontis est apparu en 1968 (environ à la moitié de la galerie connue).

6.2.4 Non correspondance entre les différentes exploitations de gypse

Un propos relevé dans le cadre du projet pédagogique du collège de Fontenay-sous-Bois ne semble pas correspondre aux informations collectées. Le voici : « on raconte que des enfants sont rentrés à Fontenay et sont ressortis à Montreuil. Comme c'est très vieux, on ne sait pas où cela va. Et c'est très profond ».

Les plans des galeries souterraines ont été répertoriés par l'IGC ; ceux-ci ne sont pas forcément exhaustifs, mais au vu de la distance séparant les exploitations de Montreuil-sous-Bois et de Fontenay-sous-Bois, et des variations de la qualité du gypse, cette affirmation ne paraît pas vraisemblable.

6.3 Les anciennes exploitations de calcaire de Brie recensées à Fontenay-sous-Bois

Plusieurs secteurs concernés par des exploitations souterraines de Calcaire de Brie ont été recensés :

Secteur rue Danton (à proximité de la limite communale de Montreuil).

D'après les minutes de l'IGC (carte 40-44), un affaissement s'est produit dans une propriété privée entre les rues Danton et Edouard Maury. L'origine supposée est une ancienne exploitation souterraine de Calcaire de Brie. En effet, à proximité sur la commune de Montreuil, plusieurs fontis se sont manifestés à la suite de telles exploitations (en 1945, 1952 et 1953, entre les rues Paul Doumer et Raymond Lefebvre).

Secteur rue des Emeris.

D'après l'atlas départemental des anciennes carrières de l'IGC (carte Est du département du Val de Marne au 1/20000^{ème}), une exploitation souterraine de Travertin de Brie a été menée au niveau du carrefour entre la rue des Emeris, la rue des Ormes et la rue Jean Douat.

Dans les années 1980, des travaux de terrassement à proximité de la rue des Ormes ont mis en évidence des galeries d'une largeur de 1.5m maximum avec des antennes latérales. Ces galeries

étaient remblayées en partie par des effondrements du ciel et des parois. D'après les investigations menées (sondages, campagne géophysique et fouilles), les galeries s'étendaient hors zone d'étude ; il est à déplorer qu'aucun plan n'ait pu être retrouvé de ces galeries mises à jour. Dans la zone, 1200m³ de béton ont été versés à des profondeurs de 2 à 6m pour combler les vides.

Cette localisation a été confirmée au cours d'un terrassement en vue de la construction d'un pavillon, rue des Emeris. En effet, trois fontis ont été mis à jour en 1968 dans le périmètre d'implantation (Dossier LREP G 353-1). Ces fontis sont dus à l'existence d'anciennes exploitations souterraines artisanales de Travertin de Brie. Le sol de l'exploitation a été retrouvé à environ 3.20m de la surface du sol. Les fontis se sont sans doute développés à partir d'anciens puits d'accès. Les galeries sont plus ou moins remblayées et d'une longueur pouvant atteindre 6-7m. Le traitement de la zone a été conseillé par le LREP ; aucun document disponible au LREP n'indique la suite donnée.

Des sondages menés par Geoexperts ont rencontré 2m de vide sous 1.2m de recouvrement (sondages non localisés) ; ces observations laissent supposer que l'extraction du Calcaire de Brie ait pu se faire en partie à ciel ouvert / en tranchée couverte.

Un sondage a également rencontré 1m de vide dans l'horizon du Calcaire de Brie au niveau des bâtiments de la Poste de la rue Guérin Leroux.

D'autre part, des excavations ont été mises en évidence lors des travaux de terrassement au 49-53 rue Guérin Leroux.

Plusieurs désordres sont apparus récemment dans le secteur sans que l'extension des galeries qui les ont provoqués soit connue :

- A l'angle de la rue du nord, un fontis d'1m de diamètre est venu à jour en 1978. Il aurait pour origine une carrière de Calcaire de Brie, avec 2.70m seulement de terrain de recouvrement d'après IGC.
- Un fontis de 2m de diamètre est apparu entre la rue Planche et l'avenue de Neuilly en 1983 (hauteur des terrains de recouvrement estimée à 2m), à proximité du boulevard du 25 août 1944.
- Un affaissement, également lié à l'exploitation du Calcaire de Brie, a été observé en 1987 au numéro 32 du boulevard du 25 août 1944 ; la galerie avait été creusée sur 2m de hauteur sous 6m de recouvrement.

Fort de Nogent.

Dans la continuité du secteur développé précédemment, des indices ont également été mis en évidence au niveau du Fort de Nogent et du Parc des Epivans.

Un fontis est apparu au nord du Fort ; il a été généré par la détérioration d'une galerie estimée à 2m de vide sous 3m de recouvrement. Des sondages effectués dans ce secteur en 1984 ont rencontré des remblais (épaisseur 2 à 6m) sur du Calcaire de Brie résiduel ou des Argiles Vertes ; il pourrait s'agir de remblais d'extraction.

D'autre part, l'analyse par photo-interprétation a permis de mettre en évidence des remaniements et de possibles extractions au nord – nord-est du Fort.

L'analyse sur les photographies aériennes de 1969 et 1975 sont présentées en annexe 7.a et 7.b ; on y observe des dénivelés, de possibles entrées en cavage et des zones remaniées parcourues par des chemins de circulation.

Il est possible que ce secteur corresponde aux informations recueillies aux Archives départementales : il est mentionné une carrière souterraine exploitant des « cailloux routiers » aux Epivans (1890) pour l'entretien de la route royale n°34.

6.4 Les anciennes exploitations d'alluvions anciennes recensées à Fontenay-sous-Bois

Trois sondages effectués au niveau du lycée Picasso (en limite ouest de l'autoroute A86) ont mis en évidence des hauteurs de remblais de l'ordre de 5-6m. Ces remblaiements anthropiques divers correspondent vraisemblablement à une exploitation de « sablon » (Alluvions) dans les années 1970. L'analyse de certains clichés aériens après-guerre n'ont cependant pas permis de circonscrire l'exploitation.

6.5 Les anciennes exploitations de matériaux recensées à Nogent-sur-Marne

Les cartes de l'IGC n'indiquent pas d'anciennes carrières souterraines ou à ciel ouvert connues sur la commune de Nogent-sur-Marne. Toutefois, une étude menée par GEOEXPERTS semble avoir mis en évidence plusieurs informations à ce sujet :

Il est relevé que « le gypse fut peut-être exploité autrefois à Nogent (...) si l'on interprète les excavations visibles lors du creusement de la rue Galbrun » [Source : Mme Vidal, bulletin de la société historique et archéologique de Nogent-sur-Marne n°1, 1950].

Bien que peu de sondages aient été recensés dans ce secteur, cette supposition semble toutefois peu probable. En effet, comme indiqué dans la présentation géologique de la commune (paragraphe 4.2), Nogent-sur-Marne se caractérise par une transition progressive entre les deux faciès du Ludien (gypseux / calcaire), ce qui laisse supposer un gypse de qualité peu intéressante pour l'exploitation. De plus, la situation du matériau en position de versant (phénomène d'altération) s'ajoute à cette première considération.

D'une façon générale, il est donc peu probable que le gypse ludien ait fait l'objet d'exploitations conséquentes à Nogent-sur-Marne.

Plusieurs souterrains ont été creusés dans le sous-sol de la commune d'après GEOEXPERTS, mais les informations sont très ponctuelles et succinctes :

- Galerie au 2 bis rue André Pontier,
- Galerie dans la rue Gustave Lebègue,
- Réseau de galeries au niveau de la place de la mairie (utilisé lors de la seconde guerre),
- Galerie signalée au boulevard de Strasbourg (non localisée avec plus de précision),
- Galerie signalée dans la rue Thiers (idem).

D'après l'étude de GEOEXPERTS, l'origine de ces galeries pourrait être liée à un ancien palais de Dagobert 1^{er} (« entre l'école communale des garçons et la rue de la Fontaine »), et à la présence d'anciens « châteaux » (Château de Beauté, détruit fin du 18^{ème} siècle et château de Plaisance, démoli en 1820).

D'après les données collectées dans le cadre de cette étude, il apparaît que :

- Une galerie a sans doute été effectivement creusée au 2 bis rue André Pontier, car une excavation de 5m de profondeur a été mentionnée dans la base de données « incidents » de l'IGC en 1979. Il s'agit probablement d'une exploitation dans le Calcaire de Brie (ici en position glissée).

- De la même manière, une excavation dans le Travertin de Brie a été recensée au 33 rue Thiers (0.5m de diamètre sur 3-4m de profondeur).

Aucun élément confirmant la présence éventuelle de galerie rue Gustave Lebègue, boulevard de Strasbourg n'a pu être récolté. Les services techniques municipaux mentionnent l'existence d'anciens abris à proximité de la mairie.

En dehors des éléments mis en avant par l'étude GEOEXPERTS, les éléments suivants ont été collectés :

Deux plans datant probablement du milieu du XIX^{ème} siècle ont été retrouvés aux archives communales de Nogent-sur-Marne. Ceux-ci montrent vingt-deux fontis venus à jour, liés à des carrières illégales, à proximité de l'ancienne route de Lagny (actuelle rue Théodore Honoré), de la voie du cimetière (actuelle rue Paul Bert), de la grande route de Lagny (actuel Boulevard de Strasbourg) et de l'impasse du Nord. Une vingtaine de noms de carriers sont figurés sur ces anciens plans, et certaines galeries à l'origine des nombreux fontis ont été esquissées.

Les deux plans communiqués par la commune de Nogent-sur-Marne sont fournis en annexe 6.c et les désordres décrits ont été reportés sur la carte informative de la commune en annexe 8.b..

D'autre part, certains courriers anciens confirment des exploitations ponctuelles mais relativement nombreuses de Calcaire de Brie à cette période.

En 1819, des ouvertures illicites journalières de carrières sont mentionnées sur la commune de Nogent-sur-Marne. En 1828, plusieurs courriers indiquent :

- que « plusieurs exploitations de cailloux ont été entreprises sans autorisation préalable aux lieux-dits Les Epis Vents, le Jeu d'Arc et les Souchers » (rapport de l'Inspection Générale des Carrières).
- qu'une exploitation au lieu-dit l'Impasse du Nord a été conduite sous un bâtiment habité dont elle compromet la stabilité.
- qu'une exploitation au lieu-dit les Souchers compromet la sûreté des habitations voisines ; le comblement de la carrière est exigé à une distance de 10m des bâtis.

La même année, un courrier du Parquet du Tribunal de 1^{ère} instance - police judiciaire du département de la Seine rapport la mort d'un carrier (Jean-Louis Soudieux) suite à l'éboulement d'une exploitation de pierre (Calcaire de Brie).

En 1830, le comblement d'une bouche de cavage est demandé ; celle-ci était utilisée pour l'exploitation de cailloux dans le terrain de Sieur Héricourt, à 20m au sud de la route de Lagny.

En outre, une carte IGN des années 1970 recense des zones (non citées précédemment) avec des dénivelés importants, confirmées par photo-interprétation de clichés datant de 1969 (annexe 7.c) :

- Entre la rue Jean Soulès et la rue Théodore Honoré, où le dénivelé laisse supposer l'exploitation à ciel ouvert du Travertin de Brie (~2m) et des Argiles Vertes (dont l'épaisseur y est supérieure à 6m).
- Au sud de la grande rue Charles de Gaulle (à l'est de l'avenue Suzanne), où les Argiles Vertes ont sans doute été exploitées (épaisseur de la formation supérieure à 8m dans le secteur).

De plus, les Alluvions Anciennes ont fait l'objet d'exploitations à ciel ouvert sur la commune de Nogent-sur-Marne. En effet, les documents des Archives Départementales (ou archives de la commune) mentionnent par le biais de contraventions :

- En 1842, une sablière sur un terrain bordant la RD44 (fouille seulement conduite à 2,6m de la route, pour une profondeur de 6m).
- En 1878, des sablières à ciel ouvert (appartenant à sieur Cochin) qui empiétaient sur le chemin de communication n°22 (rue du pont de plaisance au pont de Bry) : fouilles de 5m de profondeur, 31m de longueur à 1m seulement du trottoir de la voie ; un mur avait dû être construit en urgence le long de la voie pour éviter un accident.

- En 1882, des sablières à ciel ouvert (appartenant à sieur Cochin) ; une contravention a été en effet dressée pour des fouilles (19m de longueur, 6m de profondeur) menées à 2m du chemin vicinal de Bry à Rosny (N°3284).
 - En 1884, des sablières à Nogent (appartenant à sieur Cardinal) menée à 1m de l'avenue des Champs Elysées : fouilles de 5m de longueur et 4m de profondeur. L'exploitation a été arrêtée car située à moins de 10m.
- Ces indications (sans doute non exhaustives) ne permettent pas de localiser avec précision les zones exploitées.

En synthèse, il apparaît que les informations récoltées sur la commune de Nogent-sur-Marne font état d'anciennes exploitations *probables et ponctuelles* de Calcaire de Brie, Argiles Vertes et Alluvions Anciennes. Les données recueillies sont toutefois assez succinctes.

7 Caractérisation des aléas mouvements de terrain

7.1 Pertinence de la cartographie sur les communes étudiées

Pour mémoire, il est rappelé que le PPR a pour objet de *rassembler la connaissance des risques sur un territoire donné, d'en déduire une délimitation des zones exposées* et de définir des prescriptions en matière d'urbanisme, de construction et de gestion dans les zones à risques, ainsi que des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde des constructions existantes dans cette zone [Source : www.prim.net].

Les éléments synthétisés jusqu'à présent ont permis de rassembler la connaissance des risques sur le territoire des communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne.

L'étude géologique et historique de la commune de Fontenay-sous-Bois a mis en exergue de nombreuses exploitations de différents types de matériaux, ayant généré des désordres importants et avérés (cf. paragraphes 6.2 à 6.4).

La connaissance des phénomènes historiques accumulée sur cette commune permettra de définir de manière objective les caractéristiques des aléas pris en compte et d'étayer une démarche de type PPR. A l'inverse, les données liées aux anciennes carrières sur la commune de Nogent-sur-Marne sont peu nombreuses, supposées pour partie, ponctuelles voir mal localisées (cf. paragraphe 6.5), malgré l'effort de recueil d'informations consenti dans le cadre de cette étude. Bien que la démarche de caractérisation de l'aléa ait également été menée à son terme sur le territoire de cette commune, la pertinence d'engager une démarche de prévention de type PPR nous semble posée.

7.2 Méthodologie d'évaluation de l'intensité de l'aléa

La *qualification des aléas* est une phase interprétative qui consiste à délimiter les zones susceptibles d'être affectées par un mouvement de terrain et à en apprécier la probabilité d'occurrence et l'intensité. Les aléas estimés prennent ici en considération le phénomène de fontis et d'affaissement de terrain, comme il l'a été présenté dans la partie IV.2.

Les différentes classes d'aléa peuvent être déterminées en fonction de l'importance des mesures à mettre en œuvre pour se prémunir du phénomène, et notamment de l'ordre de grandeur du coût des mesures nécessaires (selon le guide méthodologique Plan de Prévention des Risques de Mouvements de Terrain – MEDD 1999) :

Tableau 1. Indication du niveau d'aléa en fonction des mesures à mettre en œuvre.

Niveau d'intensité	Importance des mesures
Faible	Zones nécessitant une vigilance particulière
Modéré	Mesures financièrement supportables par un propriétaire individuel, mais nécessitant une attention particulière en dehors d'un cadre classique de construction
Fort	Mesures financièrement supportables par un groupe de propriétaires ou pour un projet de grande ampleur, mais nécessitant des moyens techniques importants
Très fort	Aire géographique touchée débordant largement le cadre parcellaire et/ou d'un coût très important et/ou particulièrement difficile techniquement

7.3 Caractérisation des aléas et cartographie des zones exposées

7.3.1 Critères à prendre en compte

L'estimation des aléas résulte d'une part de l'analyse des renseignements collectés lors de la phase informative et d'autre part d'une phase d'expertise consistant à l'évaluation de la stabilité des vides souterrains (carrières souterraines) ou des terrains de surface (exploitations à ciel ouvert remblayées).

Les critères à prendre en compte pour cette estimation de l'aléa sont les suivants :

- la présence avérée des cavités et leur endommagement,
- les critères géométriques de l'exploitation, ainsi que l'éventuelle superposition de galeries,
- les caractéristiques géotechniques des terrains exploités,
- le contexte géologique, notamment la puissance et la nature des terrains de recouvrement,
- le contexte hydrogéologique, notamment les circulations d'eau pouvant favoriser le phénomène de dissolution dans les carrières ou bien l'emportement de matériaux fins dans les ballastières,
- les facteurs aggravants (surtout circulation d'eau) ou bénéfiques,
- les incertitudes quant à l'extension possible des galeries.

7.3.2 Caractérisation des aléas

Synthèse des types d'anciennes exploitations présentes sur la commune.

Exploitations souterraines de Gypse.

Les exploitations souterraines sur la commune de Fontenay-sous-Bois concernent le Gypse et de Calcaire de Brie.

En ce qui concerne le Gypse, deux zones sont concernées par les exploitations de ce matériau :

Secteur Charles Bassée – Raspail.

Les trois premières masses ont été exploitées par piliers tournés dans ce secteur. Le taux de défrètement atteint en moyenne 60% et s'élève au-delà pour les exploitations de 2^{ème} masse.

Les exploitations ont été conduites sur deux niveaux – à l'aplomb l'un de l'autre (1^{ère}-2^{ème} masse ou 2^{ème}-3^{ème} masse) sur un quart de la superficie totale d'exploitation (superficie connue).

En revanche, les piliers des deux niveaux ne se superposent généralement pas, ce qui est défavorable à la stabilité d'ensemble de la carrière dans ces secteurs (contraintes de cisaillement importantes). En effet, si le banc séparatif entre les deux étages est de faible épaisseur, une rupture de banc peut survenir. De même si le plancher de carrière n'est pas suffisamment résistant, son poinçonnement par les piliers peut se répercuter sur les deux niveaux d'exploitations et ainsi engendrer un fontis de plus grande dimension en surface.

Les terrains de recouvrement sont constitués par les Marnes Supra-Gypseuses, voire les Argiles Vertes (partie Nord) et de façon très localisée le Calcaire de Brie. Des hauteurs de remblais non négligeables se retrouvent en partie sud.

Le tableau suivant présente les ordres de grandeurs caractéristiques des secteurs où les masses de Gypse ont été exploitées à Fontenay-sous-Bois :

Tableau 2. Synthèse des caractéristiques des exploitations souterraines de Gypse du secteur Charles Bassée - Raspail.

Masse de Gypse	Epaisseur moyenne de la masse saine	Hauteur de galerie	Epaisseur moyenne du recouvrement	Remarques
1 ^{ère}	16m	5 à 10m	21 à 23m	Superposition avec des exploitations de 2 ^{ème} masse (non superposition des piliers)
2 ^{ème}	7m	2 à 6m	13 à 40m	Masse la plus intensivement exploitée Extension mal connue au sud et nombreux désordres recensés (recouvrement moindre)
3 ^{ème}	3m	1 à 2m	19 à 25m (voire ~50m au nord)	Superposition avec des exploitations de 2 ^{ème} masse (non superposition des piliers)

Les hauteurs de recouvrement sont comprises dans une fourchette relativement étendue (entre le nord et le sud de la zone), du fait de la présence du versant et du décapement de certains horizons géologiques sus-jacents (liés à l'activité d'extraction).

Certains secteurs ont été mentionnés comme effondrés ; sans exclure le risque d'affaissement, le risque d'apparition de fontis pourrait alors être considéré comme amoindri dans ces zones. Cependant, l'état actuel des galeries est mal connu, et il n'est pas exclu que des vides résiduels non négligeables subsistent. Le risque de fontis n'est pas donc écarté, et reste retenu sur l'ensemble du secteur.

Etant données les caractéristiques des carrières souterraines et les désordres recensés, il est considéré que **l'aléa d'effondrement localisé ou d'affaissement est très élevé sur toutes les zones sous-minées.**

Il est à noter qu'hormis la reconnaissance en carrière (très partielle) effectuée en 1987 par le LREP dans le secteur nord-est de la zone exploitée, aucun autre accès en carrière ni inspection par caméra vidéo ne semble avoir été réalisé (d'après les éléments collectés dans le cadre de cette étude).

Secteur des Parapluies (en limite de Montreuil-sous-Bois).

D'après les informations synthétisées, il apparaît que les exploitations souterraines connues sont situées en bordure de la limite communale de Fontenay et Montreuil-sous-Bois. Des extensions sont présumées mais peu d'indices ont pu être récoltés.

Le tableau suivant résume les caractéristiques des secteurs où les masses de Gypse ont été exploitées à Montreuil-sous-Bois (*secteurs sous-minés connus*). Les informations concernent les exploitations en limite immédiate de la commune de Fontenay-sous-Bois.

Tableau 3. Synthèse des caractéristiques des exploitations souterraines de Gypse du secteur des Parapluies (sur la commune de Montreuil-sous-Bois).

Masse de Gypse	Hauteur de galerie	Epaisseur moyenne du recouvrement	Remarques
1 ^{ère}	5 à 10m	22 à 32m	Parfois présence d'eau Zone très dangereuse à l'ouest de la rue Paul Doumer
2 ^{ème}	2 à 4m	10 à 47m	Superposition avec des exploitations de 1 ^{ère} masse (non superposition des piliers) et d'Argiles Vertes (suppression de la protection naturelle contre les venues d'eau)
3 ^{ème}	2m	13 à 23m	Très peu d'informations sur l'exploitation (notamment rue de Stalingrad)

Il est possible que certaines parties de carrières soient partiellement effondrées, mais les éléments recensés ne sont pas suffisants pour circonscrire les zones concernées et estimer les éventuels vides résiduels.

Etant données les caractéristiques des carrières souterraines et les désordres recensés, il est considéré que **l'aléa d'effondrement localisé ou d'affaissement est très élevé sur toutes les zones sous-minées.**

Exploitations souterraines de Calcaire de Brie.

Les exploitations souterraines de Calcaire de Brie sont représentées par des galeries filantes ou en rameaux. Davantage conduites de façon « individuelle » (non industrielle), elles semblent peu étendues. Le matériau a été extrait sur 1 à 2m de hauteur, sous faible recouvrement (3 à 6m). La typologie de ces anciennes exploitations induit des **risques d'effondrement localisé (fontis)**.

Exploitations à ciel ouvert.

Les exploitations à ciel ouvert ont concerné les horizons gypseux sur la commune de Fontenay-sous-Bois (1^{ère} masse dans le secteur Raspail, 2^{ème} masse probable dans le secteur des Parapluies). La plupart des extractions semble avoir fait l'objet de remblaiements, mais la localisation de ces zones remblayée est mal connue.

Les Alluvions ont également vraisemblablement fait l'objet d'exploitation au niveau du Lycée Picasso. L'extension de la zone d'extraction n'est pas connue (trois indices ponctuels seulement).

Les risques induits par ces exploitations à ciel ouvert se traduisent par **des tassements de terrain (mouvements lents)**. Par voie indirecte, des phénomènes de dissolution des horizons gypseux sous-jacents (lorsqu'ils existent) peuvent également être favorisés.

Les niveaux d'aléas retenus pour les emprises d'anciennes carrières.

Quatre niveaux d'aléa ont été retenus : très fort, fort, modéré et faible.

Le tableau ci-après présente la synthèse de la méthodologie appliquée au cas particulier du territoire étudié et aux caractéristiques des sites ayant fait l'objet d'exploitations de matériaux.

Tableau 4. Synthèse de la méthodologie de qualification des aléas.

Type d'exploitation	Cas rencontré	Matériau exploité		
		Gypse	Calcaire de Brie	Alluvions Anciennes
Exploitation souterraine	Fontis repéré, indices de dégradation avancée	Aléa très fort	Aléa très fort	/
	Galeries vides ou partiellement remblayées d'origine	Aléa très fort	Aléa fort	/
	Extension supposée d'exploitation souterraine	Aléa fort	Aléa modéré	/
	Anciens puits	Aléa très fort	/ (non recensé)	/
	Galeries « consolidées »	Aléa faible	/	/
	Zones mises en sécurité par géogrille	Aléa modéré		
Exploitation à ciel ouvert	Exploitation connue	Aléa fort	/	Aléa modéré
	Extension supposée	Aléa modéré	/	Aléa faible

Précisions pour les anciennes exploitations souterraines :

Lorsqu'ils étaient connus, les ciels tombés importants - de plusieurs mètres de hauteur (formation d'une cloche) - ont été considérés au même titre que les fontis.

Les cas de galeries vides ou ayant fait l'objet de remblaiement à une période contemporaine de leur exploitation ont été qualifiés du même niveau d'aléa (très fort).

En effet, d'après les informations récoltées, le cas de galeries remblayées d'origine est peu répandu pour les carrières souterraines de Gypse de Fontenay-sous-Bois. Dans les zones recensées, il apparaît que les carrières sont surmontées de terrains de recouvrement de faible épaisseur et globalement peu protecteurs vis-à-vis des circulations d'eaux. Les nombreux désordres relevés dans ces zones confirment leur fragilité.

En ce qui concerne les exploitations de Calcaire de Brie, les informations sur l'éventuel remblaiement des galeries ne sont pas connues ; les quelques sondages ou découvertes de terrains effectués ont rencontré des galeries vides.

Les anciens puits (extraction / aération) dans les carrières souterraines de Gypse ont été qualifiés en aléa très fort, du fait des possibilités d'infiltration d'eau aggravant la dissolution du matériau.

Une « galerie consolidée » désigne une galerie qui a par exemple fait l'objet d'un comblement par injection sous pression de mortier de ciment.

Précisions pour les anciennes exploitations à ciel ouvert :

Un niveau d'aléa fort a été attribué aux anciennes exploitations à ciel ouvert de Gypse. Les hauteurs de remblais peuvent en effet être relativement importantes (jusqu'à 13m) et favorisent les circulations d'eaux erratiques (augmentant ainsi le risque de dissolution des horizons gypseux mis à nu et sous-jacents).

L'interprétation des extensions des carrières.

A partir d'indices géomorphologiques.

Il est à noter que l'interprétation de l'extension possible de certaines carrières souterraines est délicate. Le caractère incomplet de plusieurs plans ainsi que les indices de galeries hors périmètre sous-miné connu laissent à supposer que l'exploitation ait pu se prolonger. L'interprétation de ces extensions (ou de leurs limites) a été réalisée à partir des informations recensées précédemment, et complétée par les indices topographiques, géographiques, hydrologiques et d'occupation du sol.

L'annexe 9 présente notamment la carte des contraintes d'extension à l'exploitation du gypse au niveau du secteur Raspail – Charles Bassée.

Ce document rappelle la présence d'un talweg au nord-ouest du site. A proximité et au-delà de celui-ci, les sondages mettent en évidence un faciès de substitution du gypse (faciès davantage marneux), qui rend l'exploitation inintéressante dans ce secteur. Les extensions d'exploitation ont donc été très vraisemblablement limitées dans cette direction.

A l'est du site, le matériau est de bonne qualité et en quantité intéressante pour l'exploitation (caractéristiques similaires à celles du secteur exploité connu). Toutefois, l'extension dans cette direction a sans doute été contenue par la présence du village du vieux Fontenay. En effet, l'implantation de l'habitat a été sans doute antérieure à l'ouverture de l'exploitation (la première mention des carrières « industrielles » apparaît en 1740 et l'extraction s'est poursuivie jusqu'au XX^{ème} siècle).

A partir des limites d'exploitabilité des matériaux.

En complément et dans le cas du Calcaire de Brie, la limite d'exploitabilité de la formation a été précisée. En effet, son affleurement / extension sous faible couverture a été étudié à partir de cartes géologiques ou sondages du LREP, du BRGM et de l'IGC, voire d'études particulières d'autres bureaux d'études. L'annexe 10 présente les réflexions engagées et permet de cerner les zones intéressantes pour l'extraction du matériau.

L'annexe 10.a illustre l'extension de la formation selon la carte géologique du BRGM et celle de l'IGC. L'annexe 10.b présente une proposition de modification de l'extension du Calcaire de Brie (en place ou glissé), basée sur les différentes informations collectées, et notamment à partir de l'épaisseur de la formation rencontrée dans les sondages.

Les données piézométriques (données BRGM) sont malheureusement trop dispersées pour permettre de cartographier la hauteur de la nappe dans l'aquifère (et dans déduire les zones de Calcaire de Brie émergé donc exploitable – à une période donnée).

A partir des anciennes limites cadastrales.

Dans le cas où les informations précédentes semblaient insuffisantes pour conclure à l'extension plausible de certaines carrières, l'extension a été délimitée en fonction des anciennes limites cadastrales (cadastre napoléonien).

Il a en effet été considéré que les extensions pouvaient être approchées au travers des parcelles où des droits d'exploitation avaient déjà été acquis (parcelles acquises par les carriers à des fins

d'exploitation) : ainsi les parcelles ayant fait l'objet d'exploitation dont l'extension est méconnue ont été intégrées dans l'interprétation des possibilités d'extensions.

Les principales cartes utilisées datent de 1812 et 1837. A noter qu'elles mentionnent la zone de carrière de gypse au nord-ouest du village de Fontenay-sous-Bois.

Du point de vue du niveau d'aléa, les zones d'interprétation d'extension ont été qualifiées d'un aléa plus faible que celui des zones où la carrière est connue, étant donné l'incertitude sur ces extensions.

D'autre part, une *marge d'incertitude* a été introduite. En effet, les anciens plans cadastraux ont été établis à une échelle 1/2500^{ème}, et il faut ensuite les recaler sur le cadastre actuel. En retenant une précision estimée à 10m pour les coordonnées sources et une précision de lecture et de calage sur le cadastre actuel de l'ordre de 2mm sur la carte (soit 5m), l'estimation de l'incertitude cumulée s'élève à 15m.

Il est à noter que le géoréférencement de ces anciens plans reste malaisé dans les secteurs qui ont subi des réaménagements importants, notamment lorsque les éléments historiques structurants (voiries et/ou parcelles) n'ont pas été conservés.

Zones de sécurité.

Aux niveaux d'aléas présentés précédemment s'ajoutent des marges de sécurité illustrées sur la figure 31 : la *zone de protection (ZP)* et la *marge de reculement (MR)*.

La zone de protection correspond à la bande de terrain bordant les emprises sous-minées susceptible de s'effondrer avec la venue à jour d'un fontis.

Cette zone est dimensionnée à partir d'une estimation du diamètre des fontis en surface. Le délai d'apparition et l'extension horizontale dépendent de la dynamique de l'événement.

La marge de reculement correspond à la bande de terrain où la venue à jour d'un fontis a une influence (décompression de terrains).

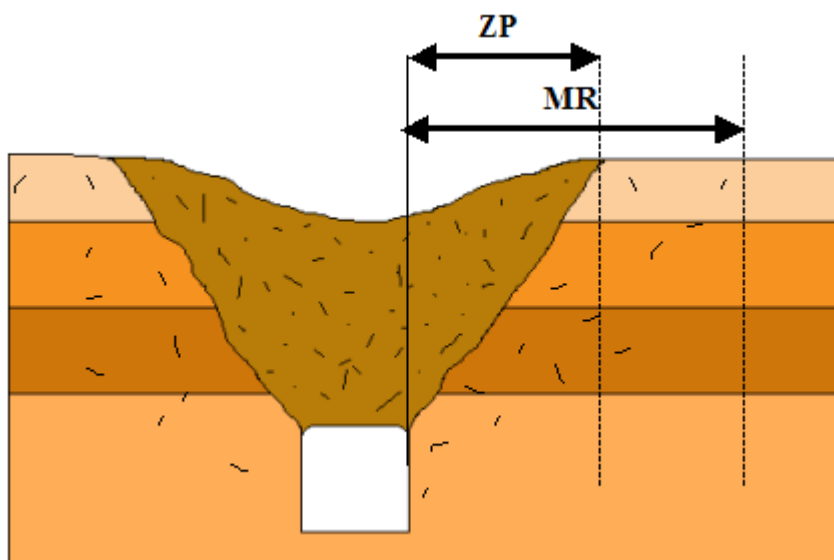


Figure 31.
Marges de sécurité aux abords d'une emprise sous-minée

Le tableau suivant résume les marges appliquées. Les ordres de grandeur ont été déduits des caractéristiques des désordres observés dans le secteur ou à proximité.

Tableau 5. Zone de protection et marge de reculement en fonction des caractéristiques de la carrière.

Matériau	Type de carrière	ZP	MR
Gypse	souterraine	10 m	20 m
	souterraine avec plusieurs niveaux	20 m	40 m
	à ciel ouvert	/	10 m
Calcaire de Brie	souterraine	2 m	4 m
Alluvions Anciennes	à ciel ouvert	/	4 m
Carrière souterraine « consolidée »		0 m	0 m

La zone de protection est qualifiée du même niveau d'aléa que la zone d'emprise des carrières, tandis que la marge de reculement est qualifiée d'un niveau d'aléa moins fort que la zone d'emprise.

Une simple marge de reculement (pas de « zone de protection ») est appliquée pour les anciennes carrières à ciel ouvert (Gypse et Alluvions). L'ordre de grandeur retenu pour celle-ci est lié à la hauteur du front d'exploitation (et donc généralement à la hauteur de remblaiement) ; cela représente la zone de terrain qui peut être déstabilisée suite à l'exploitation (susceptible d'être ultérieurement affectée par un glissement).

D'autre part, à ces marges de sécurité a été ajouté une *marge d'incertitude* (citée précédemment) dans le cas où l'interprétation de l'extension des exploitations a été faite à partir des anciennes limites cadastrales.

Cette marge d'incertitude, fixée à 15m, s'ajoute donc au couple (ZP, MR) dans le cas où le périmètre a été interprété à partir du cadastre napoléonien.

Seule exception à l'application de cette marge d'incertitude : la zone nord du Fort de Nogent. En effet, dans ce secteur la zone d'interprétation de l'exploitation souterraine du Calcaire de Brie n'a pas été augmentée d'une marge d'incertitude, car l'exploitation a été jugée relativement récente (au vu des observations réalisées par photo-interprétation). L'interprétation a donc été limitée aux parcelles contemporaines à ces observations (cadastre actuel).

Bilan de la classification des aléas :

La représentation graphique de la caractérisation des aléas sur la commune de Fontenay-sous-Bois est présentée en annexe 11 sous la forme d'une carte d'aléas.

Sont classées en aléa très fort :

- Les zones de carrières souterraines de Gypse non consolidées (à niveau simple ou superposé).
- Les zones affectées par des désordres liées à des anciennes carrières de Gypse : fontis, affaissement et certains indices caractéristiques de la dégradation avancée de la carrière (certains ciels tombés, considérés comme l'amorce avancée d'un fontis).

- Les zones affectées par des désordres liées à des anciennes carrières de Calcaire de Brie : fontis ou affaissement.
- Les zones de protection des carrières classées en aléa très fort et des zones affectées par les désordres précités.
- Les anciens puits dans les carrières souterraines de Gypse du fait des possibilités d'infiltration d'eau aggravant la dissolution du matériau.

Sont classées en aléa fort :

- Les zones de carrières souterraines de Calcaire de Brie, ainsi que leur zones de protection.
- Les marges de reculement des carrières classées en aléa très fort et des zones affectées par des désordres.
- Les zones d'exploitation de Gypse à ciel ouvert.
- Les zones d'extension (interprétées) de carrières souterraines de Gypse classées en aléa très fort, ainsi que leurs zones de protection.

Sont classées en aléa modéré :

- Les marges de reculement des carrières souterraines de Calcaire de Brie.
- Les marges de reculement des carrières de Gypse à ciel ouvert.
- Les marges de reculement des zones d'extension (interprétées) de carrières de Gypse à ciel ouvert.
- Les marges de reculement des zones d'extension (interprétées) de carrières souterraines de Calcaire de Brie, ainsi que leurs zones de protection.
- Les surfaces situées à l'aplomb d'anciennes carrières souterraines non consolidées, mises en sécurité par géogrilles.

Sont classées en aléa faible :

- Les zones de carrières de Gypse consolidées (par exemple par injection de mortier).
- Les marges de reculement des zones d'extension (interprétées) de carrières de Gypse à ciel ouvert.
- Les marges de reculement des zones d'extension (interprétées) de carrières souterraines de Calcaire de Brie.
- Les zones d'affleurement du Calcaire de Brie, considérées comme terrains potentiels d'exploitations souterraines individuelles.
- Les zones d'extension (interprétées) de carrières d'Alluvions Anciennes à ciel ouvert.

Il est à noter qu'en cas de superposition de différents niveaux d'aléas sur une même zone, l'aléa retenu correspond au plus fort.

Ceci explique notamment que les zones injectées (qualifiées d'un aléa faible) n'apparaissent pas sur la carte d'aléas. En effet, ces mêmes zones sont également concernées par un aléa fort à très fort du fait des marges de sécurité appliquée aux zones adjacentes.

Les désordres relevés rue des Carrières et rue Georges Mandel ont été exclus de la cartographie d'aléas car leur lien avec d'anciennes carrières n'a pas été établi de façon certaine : la géologie semble moins favorable aux extractions de Gypse et l'hypothèse de désordres consécutifs à des phénomènes de dissolution des horizons gypseux semble plus probable. Pour mémoire, ce phénomène ne fait pas l'objet de la présente étude

8 Conclusion

Après une première étude initiée par le LREP en 2008, le pôle interdépartemental de prévention des risques naturels de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie, a chargé, en 2018, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement d'actualiser la cartographie de l'aléa mouvement de terrain sur le territoire des communes de Fontenay-sous-Bois et Nogent-sur-Marne (secteur n°8)

Ce rapport présente les deux communes dans leur contexte géographique, morphologique et géologique, puis met en avant les principales caractéristiques des exploitations. Celles-ci ont été menées en souterrain ou à ciel ouvert pour l'extraction des matériaux suivants : le Gypse, les Argiles Vertes et le Travertin de Brie.

Les phénomènes liés à ces anciennes carrières et susceptibles de survenir sur le territoire étudié pourraient se traduire par des effondrements (localisés ou généralisés) ou des affaissements de terrain notamment dus aux tassements des remblais d'anciennes carrières à ciel ouvert.

L'objectif de cette étude était d'affiner les périmètres de risques sommaires établis antérieurement et de qualifier les niveaux d'aléas de mouvements de terrain dans chaque zone exposée. Les nombreuses recherches bibliographiques ont permis de compléter la connaissance des anciennes exploitations et des éventuelles consolidations conséquentes qui ont été mises en œuvre.

Bien que les éléments, recueillis à ce jour, sur la commune de Nogent-sur-Marne ont été jugés peu abondants, la traduction des données collectées en contours d'aléa a été effectuée sur les deux communes. Si la connaissance des phénomènes historiques accumulée sur le territoire de Fontenay-sous-Bois permet de définir de manière objective les caractéristiques des aléas pris en compte et d'étayer une démarche de type PPR, l'opportunité d'une telle démarche reste posée sur la commune de Nogent-sur-Marne.

Les cartes d'aléas élaborées reflètent les connaissances disponibles à ce jour. Elles sont donc susceptibles d'être modifiées à la vue d'éléments nouveaux concernant les carrières ou la géologie.

Les cartes d'aléas ont été élaborées à l'échelle du 1/5000 par souci de lisibilité. Il serait illusoire de les agrandir afin d'obtenir un niveau de détail plus important, d'autant plus que certaines informations ayant servi à les élaborer ne sont pas connues à une échelle aussi précise.

Il est à souligner qu'étant donné le contexte urbain relativement dense des communes, certaines zones d'aléa élevé englobent des zones d'habitations actuelles. Il est donc indispensable de prendre les dispositions nécessaires pour s'assurer de la sécurité de ces zones.

D'autre part, indépendamment des carrières souterraines, la présence de gypse mise en évidence dans certaines formations géologiques (Masses et Marnes du Gypse, Marno-Calcaire de Saint-Ouen, Marnes et Caillasses) implique de prendre des dispositions spécifiques en matière d'assainissement afin de ne pas générer de désordres par dissolution de ces horizons gypsifères. La localisation précise des bancs gypseux et l'estimation de leur épaisseur ne relève pas de la présente étude.

Il est également à souligner que certains secteurs du territoire étudié présentent des pentes relativement élevées. Des glissements pourraient survenir dans ces secteurs, en particulier ceux ayant fait l'objet de remaniements dans le cadre des exploitations de matériaux. Il paraît important de prendre en considération ce risque dans les projets d'aménagements et la gestion des eaux

Bibliographie

- **ANTEA. A36706.** Stabilité au glissement des terrains. Rapport de synthèse. Suivi inclinométrique au cours de l'année 2004. Ecole du cirque, Fontenay-sous-Bois. Janvier 2005.
- **ANTEA. A30275.** Assistance technique pour les travaux de reconnaissance de la présence d'une galerie et de la dissolution du gypse, Fontenay-sous-Bois. Mai 2003.
- **ANTEA. A08714.** Etude documentaire. « Parc des Carrières » : mise en sécurité du site, Fontenay-sous-Bois. Mars 1997.
- **ARCADIS. Affaire 212/05/0450E.** Diagnostic géotechnique au 27 bd du 25 août 1944, Fontenay-sous-Bois. Décembre 2005.
- **Archives communales de Fontenay-sous-Bois.** Projet d'action éducative du collège Victor Duruy, Fontenay-sous-Bois. Histoire et devenir des carrières de gypse de Fontenay-sous-Bois.
- **Archives départementales du Val-de-Marne.** Le cadastre réunifié du Val-de-Marne. Cadastre napoléonien. Fontenay-sous-Bois. Répertoire numérique sous la série 3P / Val-de-Marne. Clichés 1008, 1011, 1013, 1019 à 1026, 1029 à 1031 (1837). 2000.
- **Archives départementales du Val-de-Marne.** D4S⁷ 2-57. Archives de l'ancien département de la Seine dévolues par les archives départementales de Paris. Carrières. N°20, Fontenay-sous-Bois (1820-1890). N°36, Nogent-sur-Marne (1828-1834).
- **Archives départementales du Val-de-Marne.** 2 Ph 16. Anciennes cartes postales de Fontenay-sous-Bois.
- **Archives départementales du Val-de-Marne.** 2 Ph 28. Anciennes cartes postales de Nogent-sur-Marne.
- **BET GD-MH. Dossier n° 22374.** Reconnaissance de sols. Ensemble immobilier, 13 rue Lacassagne, Fontenay-sous-Bois. Février 1989.
- **BONNEFOY I., CLUZEL F.** Ballade au temps passé. Editions Fontenay notre ville. 1994.
- **BOTTE SADE.** Sondages de reconnaissance. Site 30, avenue de la République, Fontenay-sous-Bois. Avril 2002.
- **BOTTE SADE.** Dossier des ouvrages exécutés. Site 32, rue Charles Bassée, RD 42E, Fontenay-sous-Bois. Octobre 2000.
- **BOTTE SADE.** Sondages de reconnaissance. Site 31, avenue de Stalingrad, RD 40, Fontenay-sous-Bois. Juin 2000.
- **BOTTE SADE.** Sondages de reconnaissance. Site 32, rue Charles Bassée, RD 42E, Fontenay-sous-Bois. Juin 2000.
- **BOTTE Sondages. 2007/233.** Etude de sols, 8 rue Raspail, Fontenay-sous-Bois. Juin 2007.

- **BOTTE SADE.** DOE Parc des carrières – Terrassement et pose de géogrille. rue de la Matène Fontenay-sous-Bois. août 2011.
- **BOTTE SADE.** DOE Parc des carrières – Injection de consolidation des carrières. rue de la Matène Fontenay-sous-Bois. avril 2012.
- **CEBTP-SOLEN. BGE1.6163.** Recherche de cavités – fort de Nogent. Etablissement du génie de Paris. Septembre 2006.
- **BURGEAP. R.3606.** Etude de factibilité géotechnique et schéma d'aménagement paysager. Projet d'aménagement paysager du Parc des Belles Vues, Fontenay-sous-Bois. Janvier 2003.
- **Centre expérimental de recherches et d'études géotechniques.** GFF, 100 rue Stalingrad, Fontenay-sous-Bois. Reconnaissance des sols. Février 1983.
- **CEREG.** GFF. Reconnaissance de sol au 100, rue de Stalingrad, Fontenay-sous-Bois. Février 1983.
- **CLUZEL F., SEGAL R.** Fontenay-sous-Bois : Histoires de rue. Editions Fontenay notre ville, 1989.
- **PIRIN.** Plan de Prévention des Risques Inondation de la Marne et de la Seine. 2000.
- **EN.OM.FRA. Dossier 427-77.** Etude géologique et géotechnique. Crèche départementale et centre P.M.I., Fontenay-sous-Bois. Juin 1977.
- **EN.OM.FRA. Dossier 128-72.** Reconnaissance préalable des sols. Lycée – ZUP – Quartier B. Septembre 1972.
- **ESF. 93-3312.** Reconnaissance géotechnique. Gymnase La Redoute, Fontenay-sous-Bois. Septembre 1994.
- **ESF. 93-3312.** Rapport étude de sol de fondations. Gymnase La Redoute, Fontenay-sous-Bois. Août 1993.
- **ETUDESOL. 12478/2.** Rapport géotechnique. Construction de trois bâtiments à usage d'habitation, rue des Carrières, Fontenay-sous-Bois. Mai 1994.
- **ETUDESOL. 12478.** Rapport complémentaire. Construction de bâtiments, rue des Carrières, Fontenay-sous-Bois. Novembre 1992.
- **ETUDESOL. 11411.** Rapport géotechnique. Construction de trois bâtiments, rue des Carrières, Fontenay-sous-Bois. Novembre 1991.
- **GEOLIA.** Reconnaissance de sols, 4 rue Marguerite, Fontenay-sous-Bois. Octobre 2007.
- **GEOEXPERT. 97.3873/EGP.** Sinistre de la propriété Ivanovic, 15 rue de la Matène, Fontenay-sous-Bois.
- **GEOEXPERT. 96.3733/GP.** Etude générale sur les causes et origines des désordres sur habitation. Nogent-sur-Marne. Décembre 1996.
- **GEOEXPERT - SOCOTEC.** Analyse du contexte géologique et géotechnique du coteau de Nogent-sur-Marne. Rapport et annexes. Juin 1989.

- **GEOEXPERT. 84/112.** Etude géologique et géotechnique. 29, rue des Emeris, Fontenay-sous-Bois. Mai 1984.
- **GEOSIGMA. 06-174-1.** Rapport. Construction de l'ensemble immobilier Le Clos Béranger, 49-53 rue Guérin Leroux, Fontenay-sous-Bois. Juillet 2006.
- **GEOSIGMA. E.P95390.** Etude de sol au 11 rue de la Matène, Fontenay-sous-Bois. 1995.
- **GEOSIGMA. 90.3696.** Etude de sol. Crèche familiale rue Charles Bassée, Fontenay-sous-Bois. Novembre 1990.
- **GEOSIGMA. 89.3084.** Résidence de Fontenay-sous-Bois, 45 avenue G. Lacassagne. Mars 1990.
- **GEOSOL. 1840 P/81.** Etude géologique et géotechnique. 16-18 rue Paul Bert, 11-13 rue Sainte Anne, Nogent-sur-Marne. Avril 1989.
- **GEOSOL. 3713.** Etude géologique et géotechnique. Villa Plaisance, 35 rue de Plaisance, Nogent-sur-Marne. Décembre 1982.
- **GEOTECHNIQUE APPLIQUEE IdF. Dossier 9231.** Rapport d'étude géotechnique. 1 rue des Naclières, Fontenay-sous-Bois. Juin 1997.
- **GIF. Dossier n°78.4.1764.** Etude de sols rue Rabelais, Fontenay-sous-Bois. Septembre 1979.
- **HYDRO-GEO.** Sondages complémentaires. Maison pour tous, Fontenay-sous-Bois. Mars 1998.
- **HYDRO-GEO.** Sondages et essais oedométriques. Maison pour tous, Fontenay-sous-Bois. Juin 1997.
- **HYDRO-GEO.** Rapport d'étude géotechnique. Ecole Jules Ferry, Fontenay-sous-Bois. Mars 1996.
- **HYDRO-GEO.** Rapports. Ecole maternelle Romain Rolland, Fontenay-sous-Bois. Septembre 1995- Avril 1996.
- **HYDRO-GEO.** Rapport d'étude géotechnique complémentaire. Création d'une école, 12 rue Charles Bassée, Fontenay-sous-Bois. Février 1995.
- **HYDRO-GEO.** Rapport d'étude géotechnique. Création d'une école, 12 rue Charles Bassée, Fontenay-sous-Bois. Novembre 1994.
- **HYDRO-GEO.** Rapport d'étude géotechnique. Extension de la cuisine centrale, Fontenay-sous-Bois. Novembre 1994.
- **HYDRO-GEO.** Rapport d'étude géotechnique. Construction d'un bâtiment municipal, rue des Olympiades, Fontenay-sous-Bois. Juin 1994.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/05/F/249/F/095.** Compte-rendu factuel. Terrain des carrières, Halte Fontenaysienne, Fontenay-sous-Bois. Juin 2005.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/04/F/159/K/164.** Etude géotechnique. Construction d'un bâtiment, parc des Epivans, Fontenay-sous-Bois. Janvier 2005.

- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/02/C065/D/042.** Création d'un bâtiment de type industriel, Fontenay-sous-Bois. Juin 2002.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/02/A/024/A/014.** Etude géotechnique. Ecole de Cirque, Fontenay-sous-Bois. Avril 2002.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/01/L/394/L/147.** Création d'un bâtiment de type industriel – terrain Gaz de France – Fort de Nogent, Fontenay-sous-Bois. Février 2002.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/01/A/018/B/034.** Construction 75 rue André Tessier, Fontenay-sous-Bois. Février 2001.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/00/J/311/K/144.** Construction 75 rue André Tessier, Fontenay-sous-Bois. Décembre 2000.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/00/G/215/G/093.** Etude géotechnique. Stade le Tiec, aménagement de tennis couverts, Fontenay-sous-Bois. Août 2000.
- **HYDRO-GEOTECHNIQUE. Dossier n°C/D/03/A/006/A/001.** Etude géotechnique. Espace de rencontre intergénérationnelle des Larris, Fontenay-sous-Bois. Novembre 1995.
- **IGN.** Photographies aériennes. 1994, FR 5037/145. Clichés n°682 à 684, 744 à 747, 822, 826.
- **IGN.** Photographies aériennes. 1990, FR 4605/145C. Clichés n°764, 765, 844 à 848.
- **IGN.** Photographies aériennes. F87 2004053C. Clichés n°788 à 790, 866 à 868. 1987.
- **IGN.** Photographies aériennes. Mission 1926 NP1 R1 Paris P5000. Clichés n°5, 6, 17, 18, 32, 33. 1926.
- **Ingénierie Omnitechnique Française.** Crèche départementale, Fontenay-sous-Bois. Juin 1977.
- **Inspection Générale des Carrières.** Cartographie des aléas mouvements de terrain sur la commune de Montreuil-sous-Bois. Rapport. 2006.
- **Inspection Générale des Carrières.** Atlas des carrières souterraines du Val de Marne au 1/1000^{ème}. Planches 39-44/45, 40/44, 41-42/45, 41-42/46.
- **Inspection Générale des Carrières.** Atlas départemental des carrières souterraines du Val de Marne au 1/20000^{ème}.
- **L.R.E.P. 2.4.17872.** RD 42 Avenue Parmentier, Fontenay-sous-Bois. Etude d'entretien de chaussée et étude géologique. Septembre 2005.
- **L.R.E.P. 2.6.14276.** Désordres de chaussées au niveau des 34/38 Grande Rue Charles de Gaulle à Nogent-sur-Marne (RD 120). Rapport n°1. 1996.
- **L.R.E.P. 2.4.13305.** Pont de Nogent-sur-Marne. Elargissement. Etude géotechnique. 1994.
- **L.R.E.P. GEF 11726.** Fontenay-sous-Bois, rue Parmentier. Analyse des causes de désordres sur le collecteur. Février 1991.
- **L.R.E.P. GEF 11587.** Etude géologique préliminaire de 7 sites de parkings, Fontenay-sous-Bois. 1990.

- **L.R.E.P. 10688.** Doublement de l'ouvrage XI entre le Pont de Nogent et le Pont de Joinville. Etude géologique préliminaire. 1989.
- **L.R.E.P. GEF 11164.** Maison pour tous, Fontenay-sous-Bois. Désordres du mur de soutènement, carrefour des rues de Bellevues et Raspail. Etude géologique du site. 1989.
- **L.R.E.P. 9911 D.** Fontenay-sous-Bois, rue de la Fontaine. Etude des désordres sur l'ouvrage (EP). 1988.
- **L.R.E.P. GEF 9911b.** Nogent-sur-Marne, rue des Châtaigniers. Réalisation de paliers de sécurité dans les regards du collecteur. 1988.
- **L.R.E.P. GEF 10032-1.** Fontenay-sous-Bois, franchissement en souterrain de l'autoroute A86 et des voies SNCF. Note géologique. 1988.
- **L.R.E.P. GEF 8927.** Fontenay-sous-Bois. Résultat de la reconnaissance des carrières de gypse. Juin 1987.
- **L.R.E.P. GEF 19/2-4992.** Collecteur E.P. sous la RN 186 à Fontenay-sous-Bois et au Perreux. 1982.
- **L.R.E.P. 1687-2.** Collecteur E.P. de l'avenue de Neuilly (CD44) à Fontenay-sous-Bois. Note récapitulative sur la reconnaissance des désordres. 1980.
- **L.R.E.P. GEF 1593-1.** Autoroute Gare de Nogent – Le Perreux. Reconstruction du bâtiment des voyageurs, étude de sol. Mars 1978.
- **L.R.E.P. GEF 781-9.** Autoroute A86 entre la déviation de Rosny-sous-Bois et A4. Ouvrage n°2, étude géotechnique complémentaire. 1976.
- **L.R.E.P. GEF 781-5.** Lycée technique de Nogent. Etude des conditions de fondations d'un nouveau bâtiment. 1976.
- **L.R.E.P. GEF 781-2k.** Autoroute A86 entre la déviation de Rosny-sous-Bois et A4. Tranchée couverte et mur de soutènement SNCF, boulevard Albert 1^{er} à Nogent-sur-Marne. Etude des conditions de fondations. Novembre 1976.
- **L.R.E.P. GEF 781-2k.** Autoroute A86 entre la déviation de Rosny-sous-Bois et A4. Tranchée couverte dans l'emprise SNCF, étude des conditions de fondations. Octobre 1976.
- **L.R.E.P. GEF 781-2f.** Autoroute A86 entre la déviation de Rosny-sous-Bois et A4. Ouvrage de la RN34, étude des conditions de fondations. Juillet 1976.
- **L.R.E.P. GEF 781-2c.** Autoroute A86 entre la déviation de Rosny-sous-Bois et A4. Ouvrage du CD44, étude des conditions de fondations. Mai 1976.
- **L.R.E.P. GEF 781-2a.** Autoroute A86 entre la déviation de Rosny-sous-Bois et A4. Ouvrage de la rue de la Fontaine, étude des conditions de fondations. Mai 1976.
- **L.R.E.P. GEF 1521-1.** Etude des fondations de passages souterrains, avenue du Maréchal Joffre à Fontenay-sous-Bois. 1976.
- **L.R.E.P. GEF 19/4.** Assainissement général. Egout sous la RN 186 entre l'avenue Faidherbe et le chemin du Bois Galon à Fontenay-sous-Bois. 1969.

- **L.R.E.P. G 353-1.** Reconnaissance de vides. Propriété de M. Maison à Fontenay-sous-Bois, rue des Emeris. 1968.
- **L.R.E.P. 244.6.66.** Cimetière de Fontenay-sous-Bois. Sondages de reconnaissance. 1966.
- **L.C.P.C. S/GF 69.** Voie de desserte Nord du grand ensemble de Fontenay-sous-Bois. Décembre 1965.
- **L.R.E.P. GEF 11165.** Fontenay-sous-Bois. Désordres de terrains, ZUP « le Terroir ». Analyse bibliographique.
- **MECASOL. 14-66.** Compte-rendu d'essais. Foyer pour vieux travailleurs, Fontenay-sous-Bois. Mars 1966.
- **MENARD.** Note sur les reconnaissances de vides. Terrain 19 chemin de la Matène, Fontenay-sous-Bois. Mai 1984.
- **MENARD.** Etude des sols de fondation, projet de construction d'un gymnase au 201 rue Carnot, Fontenay-sous-Bois. Avril 1969.
- **Ministère de l'Equipeement.** Photographies aériennes. 1976, Mission 208.76.50-. Clichés n°867, 870 à 872.
- **Ministère de l'Equipeement.** Photographies aériennes. 1975, Mission 208.75.624. Clichés n°6757 à 6761, 6773 à 6775, 6787 à 6790.
- **Ministère de l'Equipeement.** Photographies aériennes. 1969, Mission Lognes 108.69.087. Clichés n°2680 à 2684, 2714 à 2717, 2742, 2743, 2745 à 2747.
- **SALVAING F.** Fontenay-sous-Bois. Histoire(s). Editions Messidor, 1988.
- **SIMECSOL.** SAERP. Reconstruction du CES Joliot Curie, rue Michelet-rue Lesage, Fontenay-sous-Bois. Mai 1979.
- **SIMECSOL. Dossier 2934.** Construction SNCF région Est, ligne Paris-Mulhouse. Ouvrage de franchissement du RER à Fontenay-sous-Bois.
- **SIMECSOL. Dossier 2631.** Etude de sol. Ouvrage de franchissement du CD 42, Fontenay-sous-Bois.
- **SOBESOL.** Construction d'un ensemble de cent logements et parkings, rue E. Maury, A. Conte et boulevard Verdun, Fontenay-sous-Bois. Septembre 1978.
- **Sol Essais Etudes. 15158.** Rapport d'étude de sol, école maternelle Paul Langevin, Fontenay-sous-Bois. Mai 1988.
- **Sol Essais Etudes. 14683.** Note géotechnique, salle de ping-pong, boulevard de Verdun, Fontenay-sous-Bois. Octobre 1987.
- **Sol Essais Etudes. 14111.** 44, rue des Rieux, Fontenay-sous-Bois. Décembre 1985.
- **Sol Essais Etudes. 13676.** Mur de soutènement de la Maison pour Tous, Fontenay-sous-Bois. Juin 1984.
- **Sol Essais Etudes. 9912.** Cité d'artistes, Nogent-sur-Marne. Mai 1983.

- **Sol Essais Etudes. 9708.** Forages. Rénovation du centre ville de Nogent-sur-Marne. Novembre 1982.
- **Sol Essais Etudes. 7443.** Rue des Ormes, Fontenay-sous-Bois. Mars 1979.
- **Sol Essais Etudes. 7152.** Avenue Edouard Vaillant. Relais paroissial, Fontenay-sous-Bois. Mai 1978.
- **Sol Essais Etudes. 5889.** Place du Général Leclerc, Nogent-sur-Marne. Avril 1975.
- **Sol Essais Etudes. 5308.** Forage ZUP de Fontenay-sous-Bois. Novembre 1973.
- **Sol Essais Etudes.** Rapport d'études de sol. Maison des Jeunes, Fontenay-sous-Bois. Décembre 1968.
- **Sol Progrès.** Campagne de reconnaissance de sol profonde, 43 rue Charles Bassée, Fontenay-sous-Bois. Juin 2003.
- **Sol Progrès.** Aménagement du parc d'agrément, Fontenay-sous-Bois. Mai 1979.
- **SOYER R.** Carte géologique de la France (1/50000), feuille 183. BRGM. Notice explicative par R. Soyer. 1955.
- **TECHNOSOL.** Sondages destructifs au 44 rue Charles Bassée. Extension du pavillon existant. Février 2000.
- **TECHNOSOL.** 3.421. Sondages au 13, chemin de la Matène, Fontenay-sous-Bois. Février 1985.
- **TECHNOSOL.** 3.216 D. Gendarmerie nationale. Casernement de passage. Fort de Nogent, Fontenay-sous-Bois. Reconnaissance des sols. Mars 1984.
- **TECHNOSOL.** 2.264. 14 rue Georges Letiec. Propriété de M. Guilbert. Reconnaissance des sols. Septembre 1979.

Annexes

Annexe 1 : Arrêté préfectoral de prescription de PPR liés aux anciennes carrières dans le Val de Marne.

Annexe 2 : Compte-rendu d'entretiens.

Annexe 3 : Carte morphologique du secteur étudié.

Annexe 4 : Géologie du secteur étudié.

Annexe 4.a : Log. stratigraphique type de la géologie parisienne (terrains Tertiaires).

Annexe 4.b : Carte géologique du secteur étudié.

Annexe 4.c : Plan d'implantation et coupe géologique des versants de Fontenay-sous-Bois.

Annexe 5 : Périmètre de risques liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées.

Annexe 6 : Collecte bibliographique.

Annexe 6.a : Article du journal de Fontenay notre ville : La carrière à plâtre.

Annexe 6.b : Récolement des travaux de mise en sécurité sur le parc des carrières à Fontenay-sous-Bois.

Annexe 6.c : Schémas de localisation des fontis survenus à Nogent-sur-Marne.

Annexe 7 : Photo-interprétation.

Annexe 7.a : Cliché aérien n°2745. Mission Lognes 108-69.087 (Fontenay-sous-Bois ~ Nogent-sur-Marne). Photographie seule et photo-interprétation.

Annexe 7.b : Cliché aérien n°6775. Mission 208-75.624 (Fontenay-sous-Bois ~ Nogent-sur-Marne). Photographie seule et photo-interprétation.

Annexe 7.c : Cliché aérien n°2716. Mission Lognes 108-69.087 (Nogent-sur-Marne). Photo-interprétation.

Annexe 8 : Cartes informatives.

Annexe 8.a : Commune de Fontenay-sous-Bois.

Annexe 8.b : Commune de Nogent-sur-Marne.

Annexe 9 : Carte de contraintes de l'extension de l'exploitation du gypse (commune de Fontenay-sous-Bois).

Annexe 10 : Localisation de l'extension du Calcaire de Brie sur le secteur étudié.

Annexe 10.a : Carte de l'extension du Calcaire de Brie (sources bibliographiques).

Annexe 10.b : Carte corrigée de l'extension du Calcaire de Brie (proposition LREP).

Annexe 11 : Carte d'aléas.

Annexe 11.a : Carte d'aléa de la commune de Fontenay-sous-Bois.

Annexe 11.b : Carte d'aléa de la commune de Nogent-sur-Marne.



Cerema Ile-de-France

Rue de l'Égalité Prolongée – BP 134 – 93352 Le Bourget Cedex

Tel : 01 48 38 81 00 – Fax : 01 48 38 81 01 – mel : dteridf.cerema@cerema.fr

www.cerema.fr