

**PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES
DE MOUVEMENTS DE TERRAIN**
liés aux anciennes carrières souterraines
de calcaire grossier et de craie



Commune de Bougival

Note de Présentation

Prescrit le : 27 octobre 2010

Approuvé le: 14 novembre 2012

Le Chef du Service Environnement

Année ROBERT

Copie conforme à l'original

AVERTISSEMENT

L'objet du présent PPRN est de définir les zones pouvant être affectées par la présence d'anciennes exploitations souterraines de calcaire grossier ou de craie ainsi que les règles à appliquer en ce qui concerne l'occupation ou l'utilisation des sols.

Ce PPRN est établi en application de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement.

Il prend uniquement en compte les risques de mouvements de terrains liés au caractère évolutif des anciens ouvrages souterrains creusés dans le calcaire grossier et dans la craie dans leur ensemble sur le territoire communal de BOUGIVAL.

SOMMAIRE

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS.....	5
I.1 OBJET ET CHAMP D'APPLICATION D'UN PPRN.....	5
I.2 PROCÉDURE D'ÉLABORATION ET CONTENU D'UN PPRN.....	5
I.2.1 Procédure d'élaboration.....	5
I.2.2 Contenu d'un PPRN.....	5
I.3 MOTIVATIONS DU PPRN POUR LA COMMUNE DE BOUGIVAL.....	6
I.4 ÉLABORATION ET RÉVISION DU PPRN.....	7
CHAPITRE II: GÉOMORPHOLOGIE	8
ET GÉOLOGIE LOCALE.....	8
II.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	8
II.2 GÉOLOGIE DU SITE.....	9
II.3 CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE.....	14
CHAPITRE III: CARACTÉRISATION DE L'ALÉA	15
III.1 ORIGINE DES RISQUES.....	15
III.1.1 Informations existantes sur les excavations souterraines.....	15
III.1.2 Rappels sur les méthodes d'exploitations souterraines.....	17
III.1.3 Présentation synthétique et géographique des différentes cavités souterraines	19
III.1.4 Les typologies de désordres liées aux cavités souterraines.....	44
III.1.5 Évènements connus sur la commune de Bougival.....	48
III.2 QUANTIFICATION DE L'ALÉA.....	49
III.2.1 Nature de l'aléa.....	49
III.2.2 La Zone de Protection (ZP) et la Marge de Reculement (MR).....	50
III.2.3 probabilité d'occurrence.....	52
III.2.4 Intensité.....	53
III.2.5 Évaluation de l'aléa.....	54
CHAPITRE IV: ANALYSE DES ENJEUX.....	55
IV.1 HISTORIQUE DE L'URBANISATION.....	55
IV.2 COMPOSITION DU MILIEU URBAIN ET NATUREL.....	55
IV.3 RECENSEMENT DES PROJETS FUTURS CONNUS À LA DATE D'APPROBATION DU PPRN.....	56
CHAPITRE V: ZONAGE ET REGLEMENT.....	58
V.1 ZONAGE RÉGLEMENTAIRE.....	58
V.1.1 Principes.....	58
V.1.2 Zones règlementées.....	58
V.2 RÉGLEMENT.....	59
V.2.1 Principes.....	59
V.2.2 Réglementation des projets.....	60
V.2.3 Mesures sur les biens et activités existants.....	61
V.2.4 Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.....	62
CHAPITRE VI: DEMARCHE D'ASSOCIATION ET DE CONCERTATION.....	63
VI.1 LES MODALITÉS D'ASSOCIATION.....	63
VI.2 LES MODALITÉS DE CONCERTATION.....	63
ANNEXE 1.	66
CARTOGRAPHIE DES ALÉAS LIÉS À LA PRÉSENCE D'ANCIENNES CARRIÈRES SOUTERRAINES.....	66
ANNEXE 2.	68
CARTOGRAPHIE DES ENJEUX.....	68
ANNEXE 3.	70
RECOMMANDATIONS POUR LES EXAMENS GÉOTECHNIQUES.....	70
ANNEXE 4.	72
RECOMMANDATIONS POUR LES RECONNAISSANCES DES SOLS PAR SONDAGES.....	72
ANNEXE 5.	74
OBSERVATIONS FORMULÉES LORS DE L'ENQUÊTE PUBLIQUE ET RÉPONSES DU SERVICE INSTRUCTEUR.....	74

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

I.1 Objet et champ d'application d'un PPRN

Dans le cadre de la mise en place d'une politique générale de prévention des risques, l'Etat élabore en partenariat avec les collectivités territoriales des documents réglementaires.

En application de l'article L. 562-1 du code de l'environnement, *l'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles* engendrés par des phénomènes tels que les mouvements de terrain.

Le PPRN a pour objet :

- de délimiter les zones exposées aux risques pris en compte ainsi que les zones non directement exposées aux risques, où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux ;
- de définir les mesures relatives aux aménagements existants à la date de l'approbation du plan, qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs ;
- de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers.

Un PPRN est un document de prévention qui a valeur de servitude d'utilité publique : annexé au plan local d'urbanisme (PLU) conformément à l'article R.126-1 du code de l'urbanisme, il s'impose donc aux décisions d'urbanisme. Lorsque des niveaux de risque importants le justifient, le PPRN peut également imposer des mesures adaptées aux constructions, ouvrages, biens et activités existants à la date son approbation.

I.2 Procédure d'élaboration et contenu d'un PPRN

I.2.1 Procédure d'élaboration

Les PPRN sont établis par l'État et ont valeur de servitude d'utilité publique. Leurs modalités d'élaboration, d'approbation et d'application sont régies par les articles L. 562-1 à L. 562-9 (partie législative) et R. 562-1 à R. 562-12 (partie réglementaire) du code de l'environnement.

Par son arrêté en date du 27 octobre 2010, le préfet a prescrit l'élaboration d'un PPRN pour les risques liés mouvement de terrains sur la commune de Bougival.

Une fois élaboré, le projet de PPRN est notamment soumis aux conseils municipaux et aux organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert en tout ou partie par le plan. Il est ensuite soumis à une enquête publique telle que prévue aux articles L.123-1 et suivants du code de l'environnement. A l'occasion de l'enquête, le commissaire enquêteur doit auditionner le ou les maires des communes concernées.

À l'issue de ces consultations, le plan, éventuellement modifié pour tenir compte des avis recueillis, est approuvé par arrêté préfectoral.

I.2.2 Contenu d'un PPRN

Le PPRN se compose de trois documents :

- une **note de présentation** indiquant les raisons de la prescription du PPRN, le secteur géographique concerné (contexte physique et enjeux), la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances,

mais aussi le mode de qualification des aléas, les objectifs de prévention visés et la présentation et justification du zonage et du règlement ;

- des **documents cartographiques** qui délimitent les zones où s'applique le PPRN ;
- un **règlement** qui précise pour les zones exposées :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones ;
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités et/ou les particuliers, ainsi que celles relatives aux aménagements existants qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Le PPRN peut également contenir, pour information et explication, des annexes qui n'ont pas de valeur réglementaire, telles que des cartes et coupes renseignant sur les événements passés, la géologie du site ou les aléas, les textes de lois, une bibliographie...

I.3 Motivations du PPRN pour la commune de Bougival

La commune de Bougival est située dans le département des Yvelines, en rive gauche de la vallée de la Seine, dans le canton de La Celle-Saint-Cloud, en limite du département des Hauts de Seine. Située à une petite vingtaine de kilomètres de la capitale, elle s'étend sur environ 275 hectares et est bordée par les communes de Croissy-sur-Seine au nord, Louveciennes à l'ouest, La Celle-Saint-Cloud au sud et Rueil-Malmaison à l'est.

Le territoire communal est constitué, de façon schématique, d'une butte recoupant depuis la craie blanche du crétacé l'ensemble des terrains de l'ère tertiaire. L'altimétrie des terrains varie de 26 m en bordure de la Seine en fond de vallée jusqu'aux environs de 170 m au niveau des points culminants. Par ailleurs, un petit ru, la Drionne, ancien affluent de la Seine, a entaillé grossièrement du Sud au Nord la butte de manière à creuser une vallée entre les collines de Saint Michel et de La Celle Saint-Cloud.

Ce contexte général explique les fortes pentes qui peuvent être observées dans la commune et l'existence d'anciennes carrières souterraines ayant eu pour objet l'exploitation de la craie et du calcaire grossier.

La commune de Bougival dispose d'un document réglementaire, en application de l'article R111-3 du code de l'urbanisme ayant fait l'objet de l'arrêté préfectoral n°86-400 du 05 août 1986, délimitant un périmètre de risques lié à la présence de carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier ou de craie. À l'intérieur de ce périmètre, les autorisations d'occupation ou d'utilisation du sol peuvent être soumises à des conditions spéciales de nature à assurer la stabilité des constructions.

Le vieillissement naturel des anciennes exploitations souterraines, conduit inéluctablement, en l'absence de travaux confortatifs préventifs, à la ruine de ces ouvrages et par conséquent à des impacts sur les zones d'aménagement. Dans ce contexte, au vu des risques engendrés par la présence de carrières souterraines de calcaire grossier et de craie sur les zones urbanisées et terrains pouvant faire l'objet d'aménagements futurs, l'élaboration d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles a été proposée sur la commune de Bougival.

Le PPRN permettra une délimitation précise des zones d'exposées et les règles de prévention en découlant seront accessibles à tous.

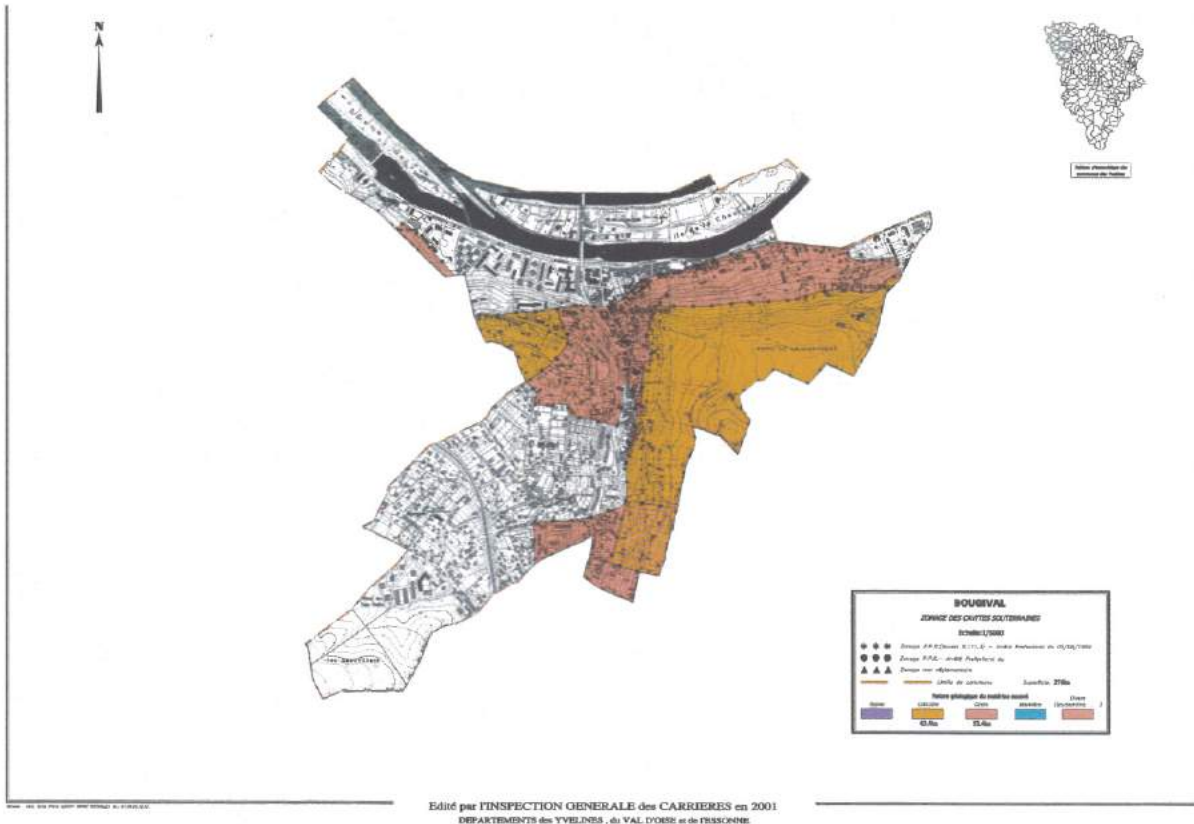


Figure 1: Zonage communal existant des cavités souterraines (périmètre de risque R111-3)

I.4 Élaboration et révision du PPRN

Ce PPRN, prescrit le 27 octobre 2010, doit permettre de définir des dispositions liées à un zonage du risque :

- en définissant les prescriptions que doivent prendre en compte les nouveaux projets d'aménagement et de construction et donc les autorisations d'occupation du sol ;
- en indiquant les mesures qu'il convient d'appliquer aux constructions, ouvrages, biens et activités existants à la date d'approbation du PPRN.

Son élaboration s'appuie sur le recueil et l'exploitation des données existantes (archives de l'Inspection Générale des Carrières de Versailles et de l'ancien service des mines, archives départementales des Yvelines, cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières...) et sur les observations et les relevés faits sur le terrain lors des opérations de cartographie des vides par le personnel de l'IGC. Il convient de noter que certains documents consultés sont anciens et peuvent être partiels.

Un comité de pilotage réunissant la commune et ses services techniques, l'Inspection Générale de Carrières (IGC), et la Direction Départementale des Territoires des Yvelines (DDT 78) a permis de valider le contenu du projet aux différentes étapes de son élaboration (cf. chapitre IV).

Enfin, il est rappelé qu'il n'est ni de la responsabilité ni de la compétence de l'État, d'engager des études particulières au niveau de la parcelle mais que le préfet de département a la possibilité d'engager la révision du PPRN notamment en fonction d'éléments nouveaux résultant d'investigations ou d'observations.

Dans le cadre d'une éventuelle révision ou modification du plan, les études et travaux qui auraient été réalisés, soit dans le cadre de mesures obligatoires définies par le règlement (chapitre 2 et 3 du règlement), soit de la propre initiative des propriétaires ou des maîtres d'ouvrage publics, pourront le cas échéant être pris en compte par une adaptation du zonage. Cette dernière reposera cependant sur une transmission au service instructeur en charge de la révision du plan, de l'ensemble des documents attestant de la bonne exécution des travaux de mise en sécurité.

CHAPITRE II: GÉOMORPHOLOGIE ET GÉOLOGIE LOCALE

II.1 Cadre géographique

La commune de Bougival est située en milieu urbain, schématiquement entre le plateau du Vexin au nord et celui de la Beauce au sud, en rive gauche de la vaste plaine de la Seine. Le relief marque assez fortement le territoire communal où les altitudes varient de 26 à 170 m, ce qui explique le recouplement des différentes formations géologiques déposées au cours des ères secondaire et tertiaire sur l'emprise de la commune.

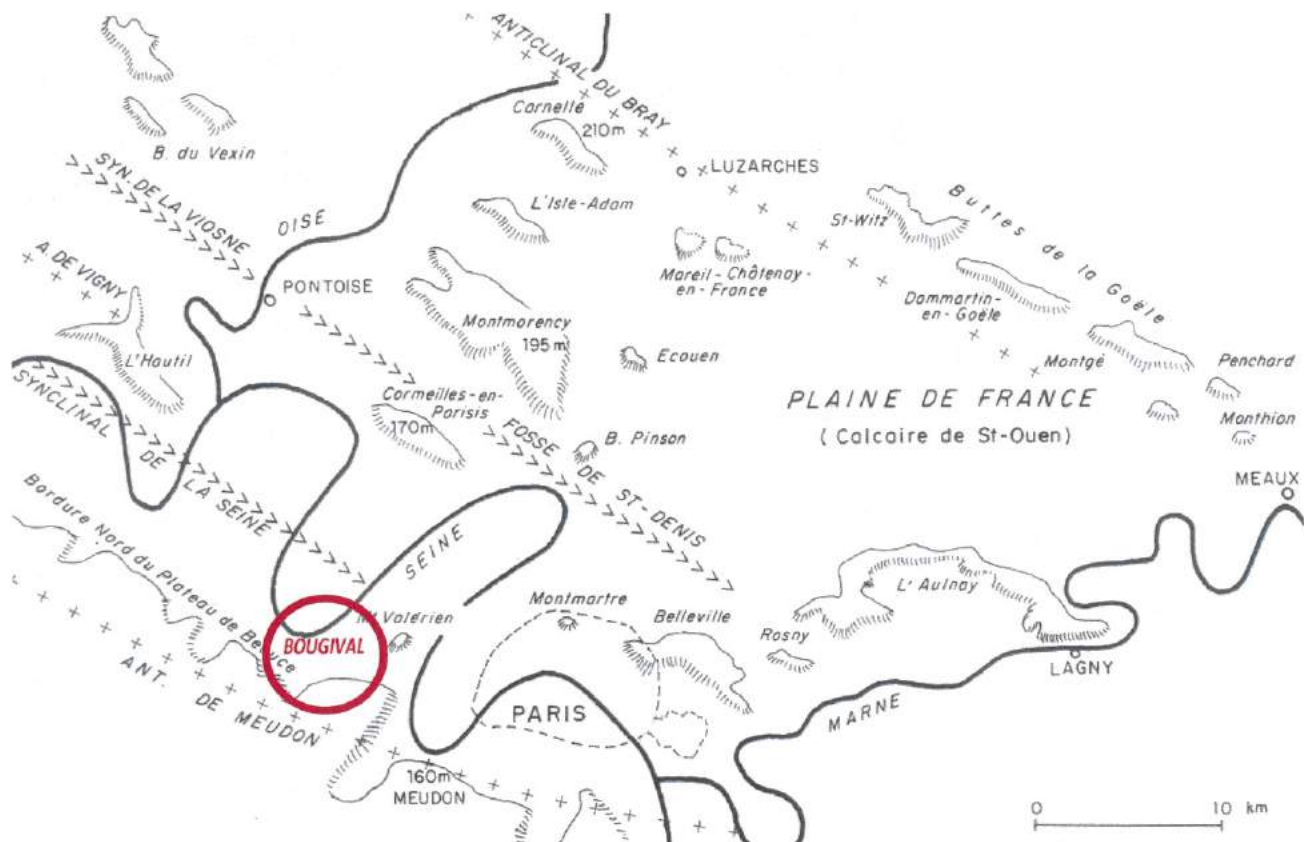


Figure 2: Localisation de la commune de Bougival au sein des massifs géologiques de la région parisienne (extrait du livre «découverte géologique de Paris et de l'Ile de France» de Charles Pomerol)

Le territoire communal s'étend sur près de 275 hectares et compte selon les données du recensement de 1999, 8432 habitants. L'urbanisation d'abord développée le long des rives de la Seine puis de l'avenue de la Drionne et de l'avenue Jean Moulin a gagné peu à peu l'ensemble des coteaux. Seuls les secteurs du Parc de la Chaussée et des Beauvilliers ont conservé un aspect boisé.

La commune de Bougival est ancienne, le premier acte faisant mention de l'existence d'une occupation du territoire remontant au VII^{ème} siècle. Plus près de nous, l'activité d'abord en lien avec la pêche et à vocation agricole (vignes, pépinières, cultures céréalières et fruitières) de par la présence de la Seine et de limons fertiles prend une tournure industrielle avec l'exploitation par carrières des ressources du sous-sol dès le XVII^{ème} siècle.

D'une exploitation d'abord artisanale, l'industrialisation des procédés conduit sur Bougival à la mise en place de véritables filières de production de chaux. L'ensemble de ces activités prendra fin peu après le début du XX^{ème} siècle à l'exception de la grande carrière dite du Blanc Minéral qui s'étend essentiellement sur la commune de Louveciennes. Par la suite, les carrières seront réutilisées de façon diverse pour la culture du champignon ou encore comme caves à vin.

Du point de vue «axe de communication», la Drionne, ancien affluent de la Seine, canalisé et enfoui de nos jours, a entaillé la butte et forme à présent un vallon sec qui traverse le centre ville ancien mais surtout accueille la principale voie de circulation automobile reliant le plateau de Versailles à la l'ancienne route nationale n°13 qui borde la Seine au niveau de Bougival.

II.2 Géologie du site

La commune de Bougival s'inscrit du point de vue de la géologie régionale dans le vaste ensemble sédimentaire constituant le bassin parisien entre le synclinal de la Seine au nord et l'anticlinal de Meudon au sud. La mise en place du réseau hydrographique qui donnera naissance à la Seine a creusé profondément la couverture tertiaire et dénudé le socle crétacé pour constituer une vaste plaine alluviale dominée par le plateau sablo-calcaire de la région de Versailles (extrémité de la bordure nord du plateau de Beauce).

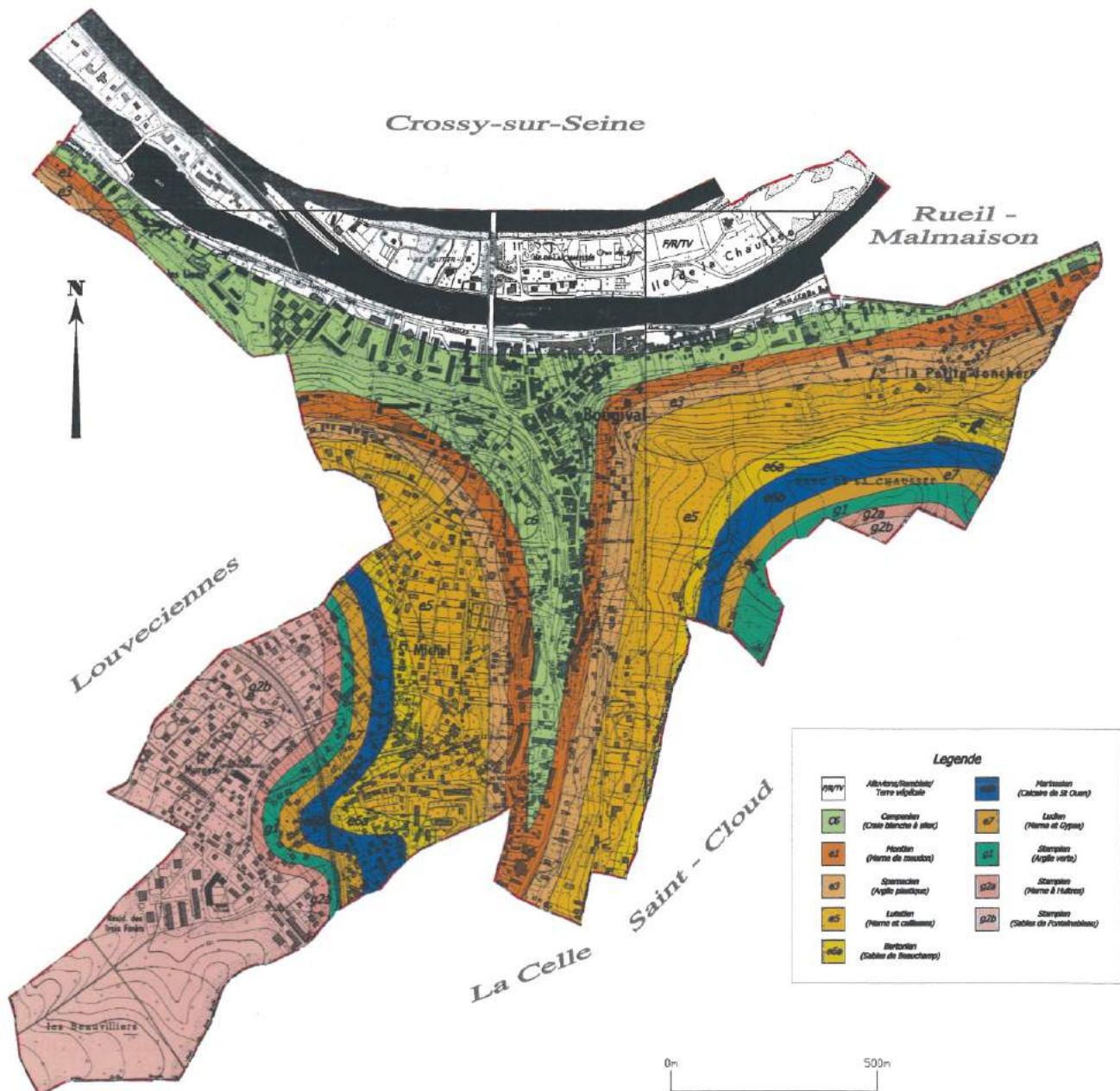


Figure 3: Extrait de la carte géologique de Versailles éditée par le BRGM

La morphologie topographique du territoire communal constituée par une butte assez marquée a donc conduit à mettre à l'affleurement depuis la craie du campanien l'ensemble des terrains déposés à l'ère tertiaire. Par ailleurs, les anciens affluents de la Seine qui ont entaillé le flanc de la butte, dans une direction grossièrement sud-nord de manière perpendiculaire à l'axe d'écoulement est-ouest de la Seine à cet endroit, constituent aujourd'hui de nombreux talwegs

secs dont le principal situé en partie centrale de la commune est occupé par l'avenue de la Drionne et l'avenue Jean Moulin.

Au-delà de la partie sommitale de l'ère secondaire constituée par la craie blanche du campanien (age: 65 millions d'années), on rencontre successivement de bas en haut, les formations du Montien (marnes de Meudon), de l'Yprésien (argiles plastiques du Sparnacien surmontées par les sables du Cuisien dont l'épaisseur est réduite), du Lutétien (calcaire grossier et marnes et caillasses), de l'étage Bartonien inférieur (alternance de niveaux sableux et marno-calcaires), du Ludien (marnes et gypse), et celles du Stampien (argiles vertes, marnes à huîtres et sables de Fontainebleau).

L'ensemble de ces formations est masqué par un complexe de surface limoneux à limono-sableux et par des recouvrements d'éboulis et de remblais, d'épaisseur hétérogène, issus de l'action humaine, de dépôts éoliens ou encore produits de l'altération de la roche sous-jacente remaniés par des effets de solifluxion et de ruissellement. Une petite couverture alluviale est présente en bordure de la Seine mais reste peu développée sur la commune de Bougival.

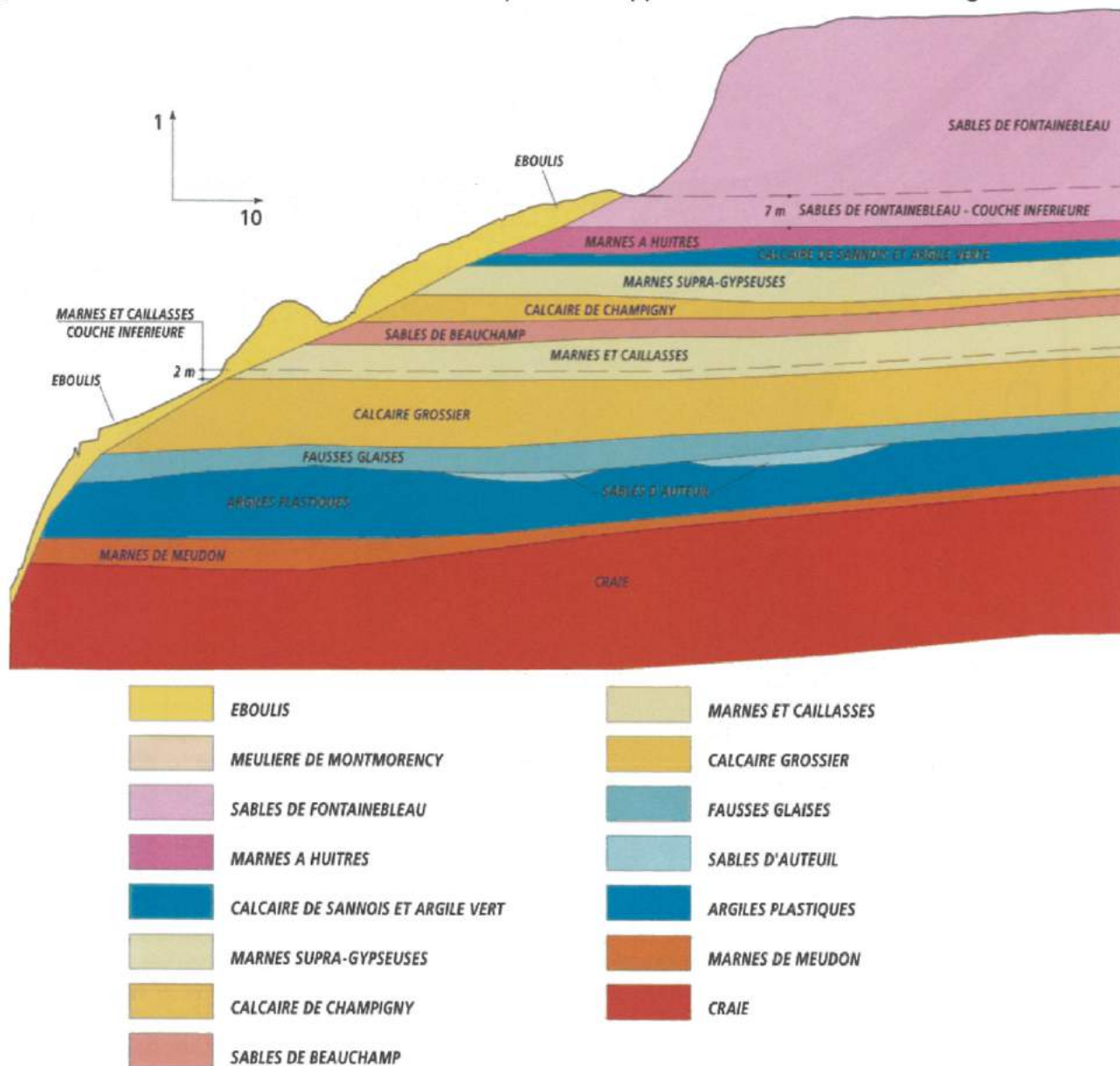


Figure 4: coupe stratigraphique schématique de la région au niveau du secteur de Bougival

L'existence au niveau régional de deux axes anticlinaux (celui de la Seine et celui de Beynes) séparés par le synclinal du ru de Gally traduit une ancienne activité tectonique ayant influencé la succession classique des formations du bassin parisien (disparition de certaines assises, modification de faciès, réduction importante d'épaisseur...) et mis à l'affleurement la craie campanienne.

Ainsi, l'examen des différents sondages auxquels nous avons eu accès conduit au niveau du territoire communal de Bougival à l'interprétation stratigraphique suivante :

Les Sables de Fontainebleau présents en partie sommitale de la butte ne possèdent qu'une épaisseur limitée en bordure Est de la commune mais qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres au niveau du secteur des Beauvilliers en limite sud-ouest en se rapprochant du sommet du plateau. Ces sables fins, blancs à jaunes, micacés et colorés sous l'action d'oxydes de fer peuvent présenter localement une teneur en argile verdâtre à bleuâtre suffisante pour conférer une bonne cohésion à l'ensemble de l'assise géologique. Sous la couverture sableuse, on rencontre **les marnes à huîtres**, marnes blanches à grises calcaires, très fossilifères, d'une épaisseur n'excédant pas 3 à 4 mètres.

Le Sannoisien ou Stampien Inférieur est représenté sur quelques mètres d'épaisseur par le faciès Marno-Calcaire de Brie/Sannois (alternance de marnes blanches sablo-calcaires et de petits bancs de calcaires durs associés à des veines d'argiles grisâtres) et les Argiles Vertes dites de Romainville (argiles très plastiques alternant avec des marnes blanches).

l'étage **ludien** est constitué par **les Marnes de Pantin**, calcaireuses et blanches, affectées d'un fin diaclasage et **les Marnes d'Argenteuil** qui présentent un faciès argileux gris à bleu compact, l'épaisseur totale du complexe est de l'ordre d'une petite dizaine de mètres au maximum. La base de l'assise est formée par les calcaires de Champigny, alternance de bancs argilo-marneux et de niveaux calcaires compacts.

L'ensemble Bartonien Inférieur représenté par les sables de Monceau/Marines, les marno-calcaires de Saint Ouen et les sables de Beauchamp d'une puissance qui peut varier de 5 à 10 mètres sur la commune.

Les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier du Lutétien composés pour les premières d'une alternance régulière de minces bancs calcaires dolomitiques généralement compacts et durs et de lits marneux à marno-sableux contenant de petits filets argileux gris ou verts et pour le second de bancs calcaires massifs (par endroits à dominante sableuse, à d'autres niveaux renfermant des veines marneuses) glauconieux à grain plus ou moins grossier, riches en mollusques (milioles, cérithes...). Les bancs supérieurs sont généralement bien indurés et homogènes alors que les niveaux inférieurs apparaissent plus sableux et plus sensibles aux phénomènes d'altérations. Ce complexe présente au niveau communal de fortes variations d'épaisseur (d'une dizaine à près d'une trentaine de mètres) liées d'une part au contexte topographique et d'autre part à des phénomènes d'érosion et d'altération. Ces niveaux calcaires ont été exploités pour la pierre à construction (moellons et pierres de taille) en de nombreux endroits de la commune au niveau des premières pentes des coteaux. Ce massif calcaire est affecté par une fracturation naturelle d'origine tectonique, les fractures pouvant être plus ou moins ouvertes et karstifiées avec des remplissages argileux.

Les formations de L'Yprésien constituées des sables de Cuise (d'épaisseur très réduite (métrique) voire inexistantes en certains endroits de la commune) et des argiles du Sparnacien. Ces dernières regroupent à la fois des fausses glaises (argiles plastiques grisâtres violacées), des sables grossiers siliceux (dénommés sables d'Auteuil) et des argiles plastiques bariolées parfois ligniteuses. L'épaisseur de ces formations est très variable (de quelques mètres à un peu plus d'une quinzaine de mètres), son augmentation se faisant au détriment du Montien sous-jacent. L'épaississement peut avoir différentes origines, soit en lien avec des phénomènes de glissement latéral de par le pendage, la topographie et le poids des terrains surincombants, soit encore en rapport avec les conditions de sédimentation des matériaux.

Les Marnes de Meudon et le calcaire pisolithique du Montien. Il s'agit de marnes grisâtres à verdâtres à nodules crayeux surmontant des niveaux calcaires présentant des faciès variés (calcaire grossier compact et coquillier, sables calcaires ou encore conglomérat à éléments de craie et de silex). L'épaisseur de ce complexe est relativement variable mais généralement inférieure à une dizaine de mètres.

La Craie du Campanien correspondant à un dépôt de mer peu profonde et chaude, sous forme d'une accumulation de coquilles et de micro-organismes (coccolites) dans une matrice, très

fine et non soudée. C'est donc une roche sédimentaire calcaire, composée à plus de 90% de carbonate de calcium (CaCO₃). Elle peut renfermer des silex qui sont des accidents siliceux formés à l'intérieur de la craie. Elle est représentée sur Bougival par un faciès recristallisé à la jonction avec le Montien passant plus en profondeur à une craie blanche relativement pure à lits de silex. Cette formation crayeuse qui constitue le soubassement de l'Île de France possède une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. Elle peut dévoiler différents aspects, craie molle un peu plastique et pâteuse ou bien craie relativement compacte présentant «un aspect de roche». Elle est affectée d'une part par d'importantes fractures (diaclasses) verticales ou subverticales (inclinaison de l'ordre de 70° à 90° sur l'horizontale) d'origine tectonique et d'autre part, plus ponctuellement, par des phénomènes de remplissage des vides karstiques (poches de dissolution de craie comblées par des matériaux argilo-sableux sus-jacents).

Les formations superficielles (limons, éboulis et remblais) viennent recouvrir toutes ces assises et ont des origines variées. Il s'agit généralement de matériaux à texture limoneuse ou limono-argileuse déposés sur les plateaux ou plaqués sur les versants. Ces dépôts, d'épaisseur très irrégulière (de quelques décimètres à plusieurs mètres) sont issus d'altérations et de remaniements par des effets de solifluxion et de ruissellement quand ils ne sont pas liés à une action anthropique.

Par ailleurs, en partie basse de la commune, des dépôts alluvionnaires sont présents mais d'épaisseur limitée. Issue de la divagation de la Seine décrivant un grand méandre provoqué par la faiblesse de la pente, la plaine alluviale s'étend principalement en rive droite du fleuve au niveau de la commune de Croissy-sur-Seine et ne concerne pas les secteurs de Bougival ayant été exploités par carrières souterraines.

En conclusion, il convient de garder à l'esprit que la géologie de la commune de Bougival présente, au dessus de la craie, l'ensemble de la succession classique des formations du tertiaire mais l'impact de la tectonique locale (notamment de par la présence du synclinal de la Seine) a fortement influencé les épaisseurs (conduisant ponctuellement à la disparition de certaines assises) et engendré des variations de faciès (absence de niveaux gypseux au sein du Ludien). L'ensemble des couches géologiques présente un pendage assez marqué en direction du Synclinal de la Seine occupé par cette rivière.

Les coupes page suivante présentent une série de profils géologiques interprétatifs dressés pour la commune à partir des données géologiques existantes, d'une part en partie centrale dans l'axe de l'avenue de la Drionne, grossièrement perpendiculairement à la Seine, et d'autre part dans un axe schématiquement parallèle au fleuve au niveau du centre-ville.

Coupe S/N

**Commune de Bougival
Profil géologique synthétique n°1**

Legende

	Alluvions/terre végétale		Sparacien (Argiles plastiques)
	Lutite (Calcaire grossier)		Marnes (Marnes de Meudon)
	Sable de Baschamp		Craie blanche

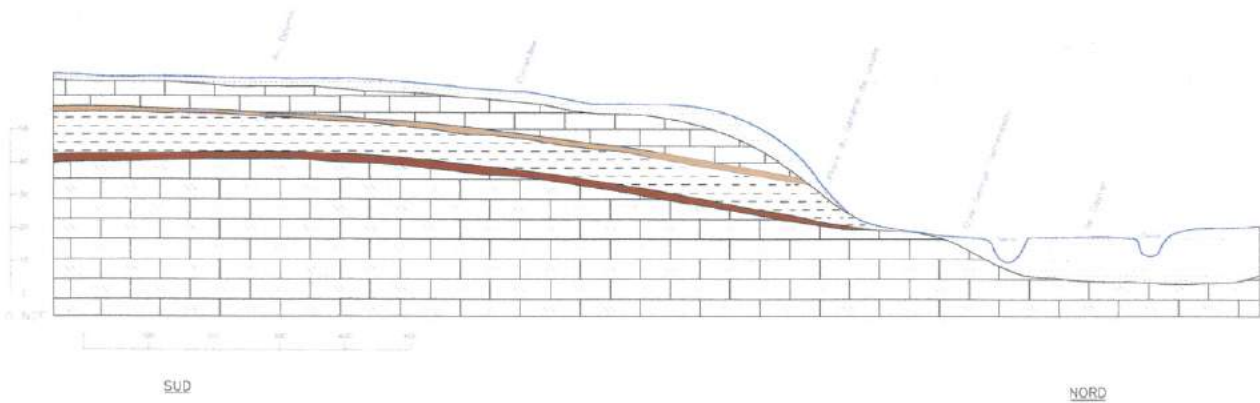
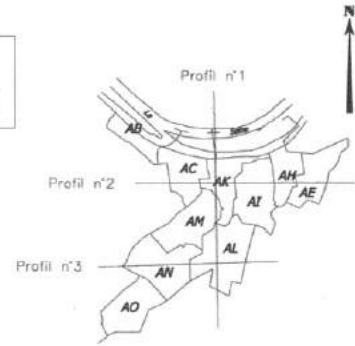


Figure 5: profil géologique synthétique S-N

Coupe O/E

**Commune de Bougival
Profil géologique synthétique n°2**

Legende

	Alluvions/terre végétale		Lutite (Calcaire grossier)
	Marnes (Calcaire de St Omer)		Sparacien (Argiles plastiques)
	Sables (Sable de Baschamp)		Marnes (Marnes de Meudon)
	Lutite (Marnes et Calcaire)		Craie blanche
	Carrières par puits souterrains		
	Carrières par haies et soutages		

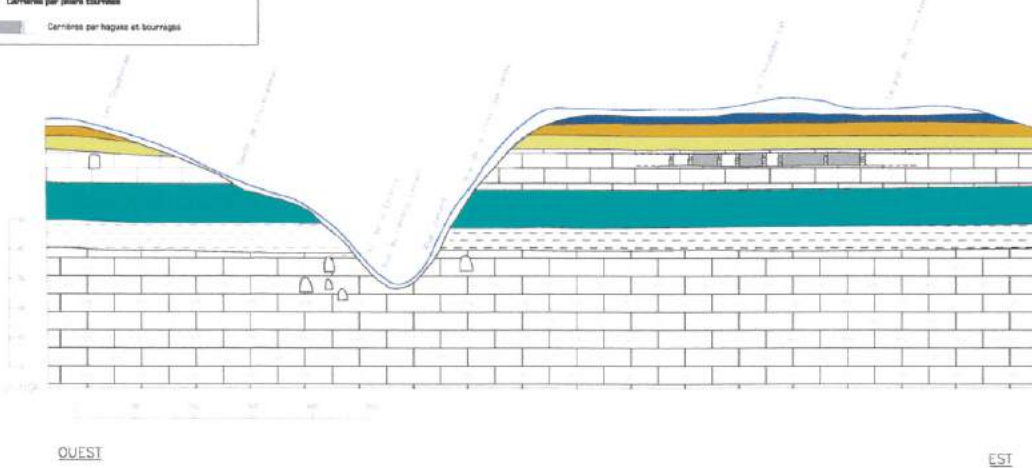
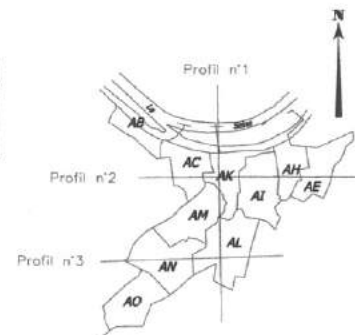


Figure 6: profil géologique synthétique O-E (au niveau du centre-ville)

II.3 Contexte hydrologique et hydrogéologique

La commune de Bougival est située dans le bassin versant de la Seine avale. Le territoire a par ailleurs été entaillé par une vallée creusée par le ru de la Drionne aujourd'hui entièrement canalisé. Cependant, la topographie de la zone d'étude favorise au niveau des différents talwegs, les écoulements pluviaux en cas de phénomènes intenses.

Du point de vue hydrogéologique, différents aquifères sont présents sur Bougival du fait de la succession des terrains tertiaires avant d'atteindre le socle crétacé. Ainsi, il existe :

- une petite nappe suspendue au niveau de la base des sables de Fontainebleau, les formations sous-jacentes du Sannoisien formant un écran imperméable qui stoppent les infiltrations en profondeur. Cette ressource est délicate à capter de par la finesse des sables, et son alimentation se fait principalement par les précipitations météoriques percolant à travers la couverture des terrains de surface à plus ou moins forte porosité (remblais, éboulis ou limons). Le niveau piézométrique de cette nappe dépend de la côte du substratum imperméable.
- des circulations plus ou moins diffuses dans les calcaires bartoniens.
- une nappe contenue dans les formations du Lutétien et déterminée par les argiles du Sparnacien (fausses glaises et argiles plastiques) où l'eau semble pouvoir s'écouler facilement sur un plan subhorizontal entre les bancs de caillasses et de marnes parallèlement à la stratification existante. Par ailleurs, le calcaire grossier, parfois très compact, est cependant toujours plus ou moins fissuré, ce qui permet une circulation libre de l'eau de manière sub-v verticale à la faveur des fractures naturelles.
- la nappe de la craie notablement puissante et en rapport direct avec la nappe alluviale de la Seine et le niveau du fleuve, situé aux environs de + 20 NGF au niveau du pont de Bougival (la craie est particulièrement aquifère et son réseau de diaclases communique avec la plaine alluviale).

Ces circulations d'eau constituent souvent un facteur déclenchant d'un accident en carrière quand elles ne contribuent pas au développement de phénomènes de dissolutions de type karstique (en effet, il convient de garder à l'esprit le fait que le calcaire est un matériau soluble dans une eau non saturée en carbonates).

CHAPITRE III: CARACTÉRISATION DE L'ALÉA

III.1 Origine des risques

L'origine du risque est liée d'une part à des facteurs pré-existants issus du contexte géologique, hydrogéologique et topographique et d'autre part à l'action anthropique qui a pu être faite sur le territoire communal dans le cadre de l'exploitation des matériaux calcaires et crayeux dans le but d'obtenir de la pierre à bâtir et des constituants pour la fabrication notamment de la chaux, des ciments et du blanc de Meudon (poudre entrant dans la composition des peintures et pour le polissage des objets) mais encore pour la production de charges pour plastiques, caoutchouc, mastics et papiers.

III.1.1 Informations existantes sur les excavations souterraines

Depuis une époque ancienne, les formations calcaires et crayeuses présentes à l'affleurement le long des coteaux de la Seine sur le territoire communal de Bougival ont été sollicitées, d'abord à ciel ouvert dans leurs parties les plus accessibles puis en souterrain de manière à fournir des matériaux de construction (pour le calcaire grossier) et de la matière première, notamment pour la fabrication de la chaux (pour la craie).

Dans les zones où l'épaisseur de morts terrains, à savoir la partie des terres recouvrant l'horizon exploitable, était limitée, l'extraction du matériau s'est faite à ciel ouvert (des arrêtés préfectoraux datant du milieu du XIX^{ème} siècle sont conservés aux archives départementales et témoignent de l'exploitation de marnes pour la confection de briques au niveau du lieu-dit «terroir du saut de loups», de craie pour la fabrication de chaux dans le secteur de la croix aux vents, d'argile et de glaise à proximité du chemin vicinal des quatre vents ou encore de calcaire grossier dans le quartier dit des Marionnettes).

Très vite le développement d'une urbanisation, la perte de jouissance de bons terrains agricoles ou encore l'impossibilité technique de décaper des épaisseurs de terrains de surface trop importantes ont conduit les anciens à s'orienter vers des exploitations en souterrain. Sur la commune de Bougival, les carriers ont vraisemblablement commencé par exploiter le calcaire grossier puis, à partir du XVIII^{ème} siècle, la craie. Sur le territoire communal, on recense deux méthodologies distinctes d'exploitations, d'une part la méthode dite par piliers tournés ou piliers abandonnés et d'autre part celle par hagues et bourrages.

La connaissance de ces carrières souterraines n'est que partielle et repose, pour les parties qui ne sont plus visitables, sur la documentation établie par le carrier et retrouvée dans les archives départementales des Yvelines et de l'ancien Service des Mines. La grande majorité des sections cadastrales de la commune de Bougival est concernée par une ou plusieurs exploitations souterraines, conduisant même parfois à une superposition de carrières de calcaire grossier et de craie.

III.1.1.i Les carrières de craie

D'un point de vue général, les carrières de craie ont toutes été exploitées par la méthode des piliers tournés avec des voûtes du toit plus ou moins proche de la structure en plein cintre. Ces carrières présentent des hauteurs «moyennes» (ponctuellement, par endroits importantes) pour ce type d'exploitations et se sont développées localement sur deux étages superposés. La craie étant d'aspect relativement homogène, aucun niveau géologique spécifique ne se démarque.

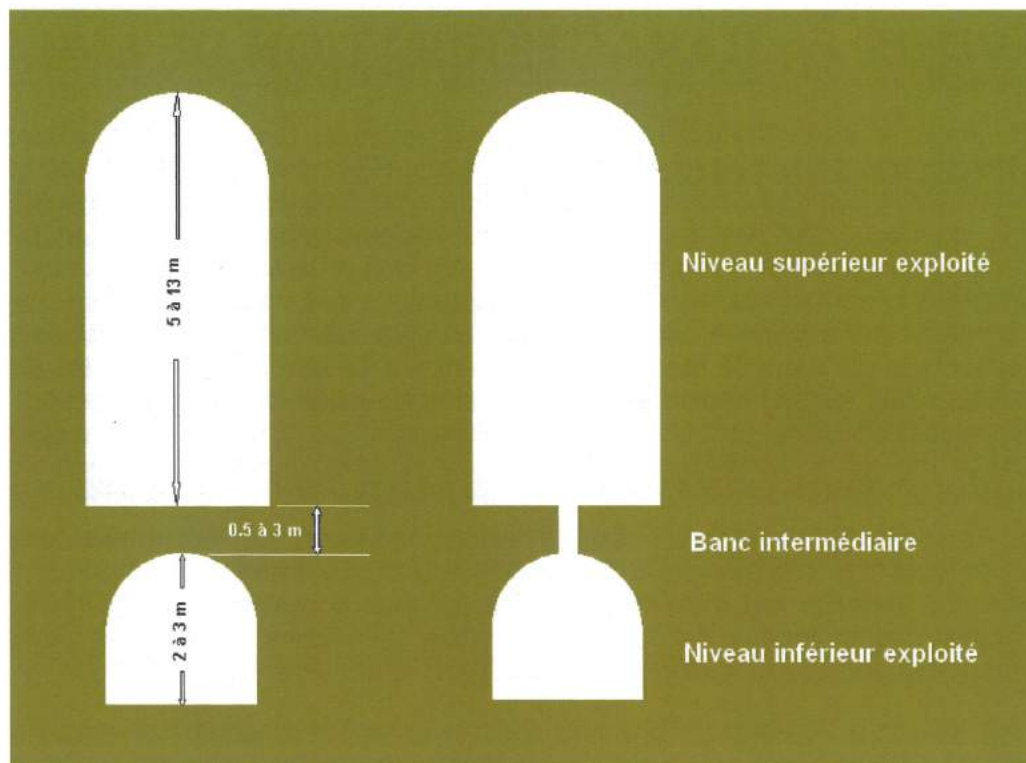


Figure 7: Schéma d'une exploitation par piliers abandonnés dans la craie

Enfin, il convient de garder à l'esprit que les caractéristiques mécaniques de la craie varient fortement en fonction de la teneur en eau (la résistance mécanique d'une craie saturée d'eau est considérablement plus faible que celle d'une craie sèche). Par ailleurs, de par sa structure constitutive, la craie dans un milieu humide se déforme sous des contraintes fortes sans que son apparence macroscopique se modifie ; il est donc d'autant plus difficile d'apprécier à l'œil nu l'évolution du comportement d'une carrière souterraine de craie face à de nouvelles sollicitations.

D'autre part, sur la commune de Bougival, il a été recensé ponctuellement, à proximité de la Place des Combattants, l'existence de petites cavités taillées dans la craie et ayant pour certaines d'entre elles fait l'objet de travaux de consolidations (voûtes ou mur en maçonnerie). Ces cavités isolées avaient vraisemblablement à l'origine un usage domestique (stockage de denrées) ou ont pu servir de « marnières » (amendement des sols).

III.1.1.ii Les carrières de calcaire grossier

En ce qui concerne les carrières de calcaire grossier présentes sur la commune de Bougival, elles ont été exploitées soit par la méthode des piliers tournés ou piliers abandonnés soit, sur de plus grande superficie (parc de la Chaussée et parc de la Jonchère notamment), par la technique dite par hagues et bourrages.

Les exploitations ont été conduites sur un seul niveau mais peuvent se superposer localement aux carrières souterraines de craie.

Dans certains secteurs, il est possible que le versant ait fait l'objet préalablement d'une carrière à ciel ouvert développée par la suite en souterrain à partir d'entrées en cavage. La plupart des entrées sont à présent masquées à la suite de réalisation de mur de soutènement ou d'aménagements paysagers des versants.

III.1.2 Rappels sur les méthodes d'exploitations souterraines

Méthode des piliers abandonnés

Cette méthode, qui est la plus ancienne, consiste à exploiter la pierre en laissant régulièrement de place en place du matériau (ou étaux de masse) qui constituent autant de piliers naturels de dimensions très variables. Elle se traduit par la réalisation de salles ou de galeries d'exploitation assez hautes s'entrecoupant les unes avec les autres (d'où la constitution de piliers).

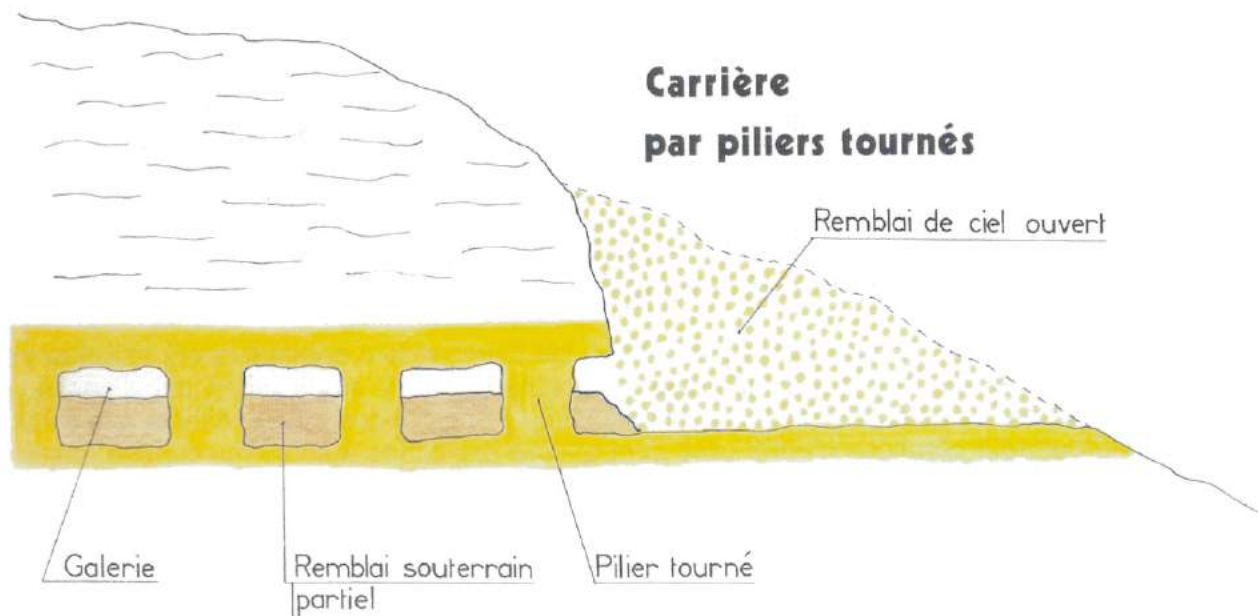


Figure 8: Schéma d'une exploitation par piliers abandonnés dans le calcaire

Le taux de défrètement, c'est-à-dire le rapport entre la surface de matériau extrait et la surface initiale, varie en général de 50 à 70% pour les exploitations de craie mais peu atteindre plus de 80% dans certaines carrières de calcaire grossier. Une quantité importante de déchets de taille est laissée sur place et constitue un remblai de pied plus ou moins épais ; dans certains cas, les galeries devenues inutiles ont pu être remblayées sur la quasi-totalité de leur hauteur, ne laissant subsister que de petits vides résiduels difficilement localisables de nos jours.

Méthode par hagues et bourrages

Cette méthode permet un défrètement total du matériau recherché par ateliers successifs. Le ciel de la carrière est alors soutenu de place en place par des piliers à bras (cales en pierres sèches simplement empilés du mur au toit et bloqués). Les vides sont quant à eux remblayés progressivement par des déchets de l'extraction ou par des terres apportées de la surface à cet effet. Ces bourrages sont maintenus le long des galeries de circulation (utilisées pour le transport depuis l'atelier jusqu'au puits de service) par des hagues ou murs de pierres sèches. Cette méthode conduit à la réalisation de chambres de hauteur limitée (de l'ordre de 2 m en général) mais au terme de l'exploitation seules quelques galeries subsistent.

Ces constructions souterraines souvent très étendues mettent en place des «phéno-piliers» sur lesquels les toits viendront s'affaisser, plus ou moins rapidement, en provoquant éventuellement une légère subsidence de la surface, mais en principe jamais de fontis, cet affaissement général réduit les hauteurs primitives des galeries résiduelles et provoque des fractures et des effondrements du ciel.

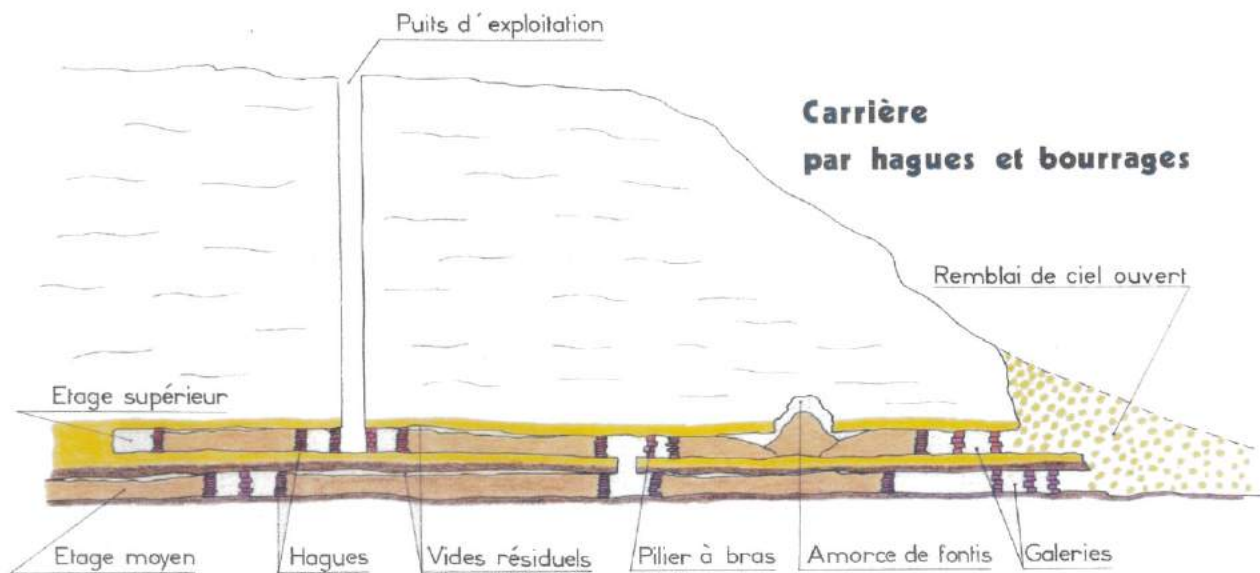


Figure 9: Schéma d'une exploitation par hagues et bourrages dans le calcaire

Par ailleurs, au-delà de leur destination initiale, les carrières ont également été utilisées par les forces allemandes lors de la seconde guerre mondiale pour y stocker des munitions ou y aménager des postes de commandement, ont servit jusqu'à une époque assez récente à la culture du champignon et pour certaines d'entre elles sont encore exploitées aujourd'hui comme caves à vins..

III.1.3 Présentation synthétique et géographique des différentes cavités souterraines

La série de fiches ci-après présente une synthèse des informations recueillies et des caractéristiques générales des exploitations existantes au niveau communal:

FICHE 1	
Localisation:	Lieudit La Machine – résidence Les Lions
Section cadastrale:	AB
Matériau exploité:	craie
Dénomination:	carrière du Blanc Minéral de Louveciennes
Caractéristiques:	Carrière principalement située sur la commune de Louveciennes (une zone mineure où sont situées les entrées concernent la commune de Bougival)
Début de l'exploitation:	antérieur à 1840
Abandon de l'exploitation:	9 mars 1971
Méthode d'exploitation:	par piliers abandonnés (côté Bougival où se situent des entrées), localement sur 2 niveaux superposés ainsi que par galeries filantes (zone la plus récente sur Louveciennes) laissant subsister entre elles des piliers de grandes dimensions (bandes fermes : 150 à 200 m de longueur sur 12 à 15 m de largeur pour les plus grandes) Caractéristiques des piliers (côté Bougival): forme quadrangulaire, répartition orthogonale, dimensions: de 6 m x 4 m à 15 m x 11 m Taux de défrètement moyen: de l'ordre de 50 à 65%
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 7 m à l'entrée (sur la commune de Bougival) à 74 m en extrémité ouest (commune de Louveciennes)
Hauteur des vides:	varie de 8 à 12 m pour une largeur de 3 à 6 m (seule la partie Nord-Est comporte un étage inférieur de galeries de 3 à 7 m de hauteur avec un banc séparatif entre les 2 galeries superposées de 2 à 3 m d'épaisseur)
Cote du niveau inférieur:	environ 28 m NGF
Cote du niveau supérieur:	environ 34 à 38 m NGF
Connaissance des vides	levé topographique sauf côté Bougival, l'emprise a été en partie reportée à partir de documents d'archives (zone inaccessible)
Superficie:	environ 25 à 30 ha pour l'étage supérieur et 10 ha pour l'inférieur (développée principalement sur la commune de Louveciennes)
Longueur totale des galeries:	de l'ordre de 40 km
État général et évènements (année 2007):	Au niveau supérieur, les galeries sont en bon état de conservation, quelques chutes de blocs aux angles de certains piliers ont pu être observées mais elles sont d'origine ancienne. Pas de venues d'eau. Au niveau inférieur, la carrière présente une forte humidité mais ne révèle aucun signe de dégradation. Le débit des arrivées d'eau est constant. Sur la commune de Louveciennes, effondrement d'une zone en 1943
Travaux effectués:	petite zone ayant fait l'objet de travaux de comblement



photo 1: galeries filantes dans la craie



photo 2: galeries filantes dans la craie



Figure 10: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (carrière du Blanc Minéral - entrées sur Bougival - fiche 1)

FICHE 2

Localisation:	Entre la route de Louveciennes (accès au n°37) et le chemin rural dit des Soudannes en ce qui concerne la commune de Bougival, cette carrière s'étendant également sur la commune de Louveciennes
Section cadastrale:	AC
Matériau exploité:	calcaire grossier
Dénomination:	carrière Lefèvre-Blassiaux
Méthode d'exploitation:	par chambres et galeries laissant des piliers de matériau en place pour soutenir les terrains sus-jacents (exploitation par piliers abandonnés). L'exploitation a été conduite de manière quelque peu irrégulière voire désordonnée en raison d'une fracturation importante du massif calcaire. Entrées en cavage situées côté route de Louveciennes
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 7 à 13 m
Hauteur des vides:	varie de 3 à 5 m
Cote du niveau inférieur:	environ 75 à 76 m NGF
Superficie:	environ 2000 m ²
État général et évènements (année 2007):	Ciel très fracturé et fissuré. Présence de ciels tombés Carrière affectée par des fontis récents (fontis en 1973 au niveau du chemin rural dit des Soudannes)
Travaux effectués:	comblement du secteur sous-minant la commune de Louveciennes Quelques consolidations par piliers maçonnés

FICHE 3

Localisation:	route de Louveciennes au niveau de l'intersection avec la rue du peintre Gérôme
Section cadastrale:	AC
Matériau exploité:	Matériau potentiellement exploitable: calcaire grossier
État général et évènements (année 2007):	zone présumée fouillée, c'est-à-dire ayant pu faire l'objet d'une exploitation (droit de fortage demandé mais absence de plan de carrière et donc peut être d'exploitation)

FICHE 4

Localisation:	angle de la route de Louveciennes et du chemin de l'Ariel
Section cadastrale:	AC
Matériau exploité:	Matériau potentiellement exploitable: calcaire grossier
État général et évènements (année 2007):	zone présumée fouillée, c'est-à-dire ayant pu faire l'objet d'une exploitation (droit de fortage demandé mais absence de plan de carrière et donc peut être d'exploitation)



photo 3: Vue des galeries avec des piliers tournés



photo 4: Fontis non ceinturé en carrière des parcelles AC n°64-65

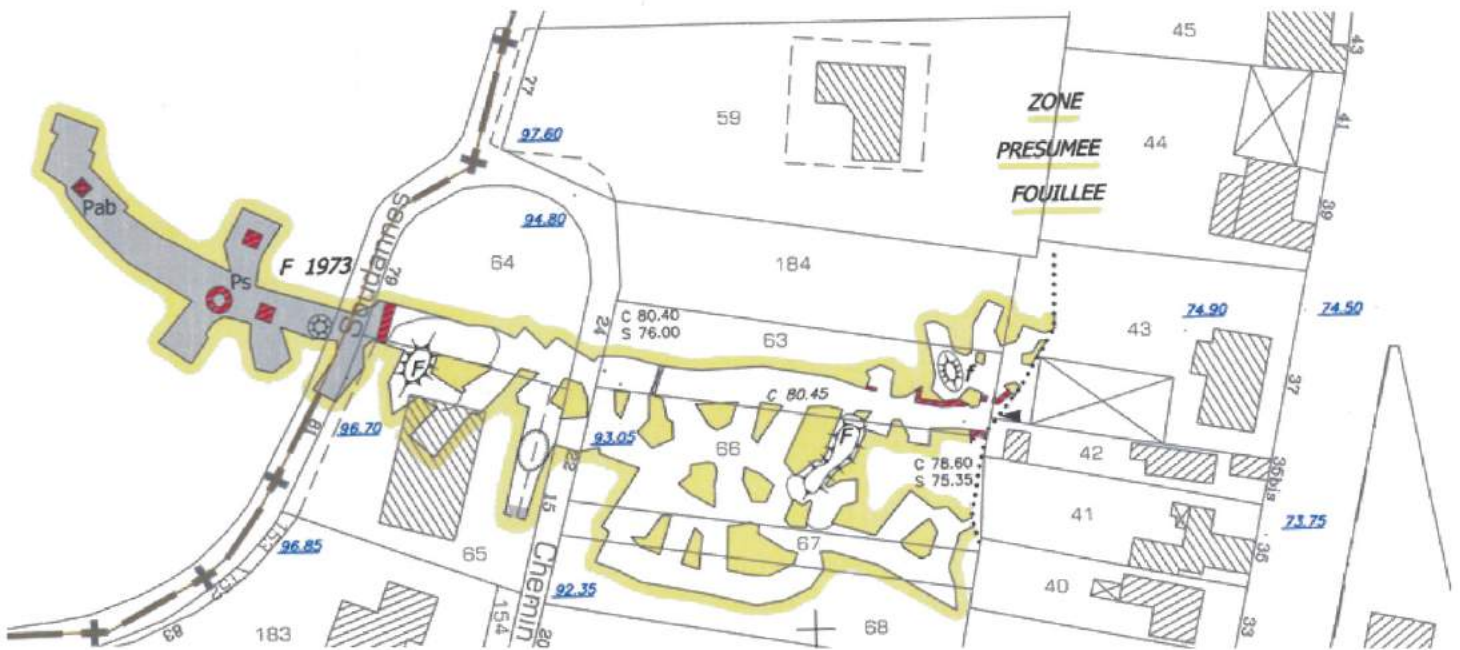


Figure 11: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (Fiches 2 et 3)

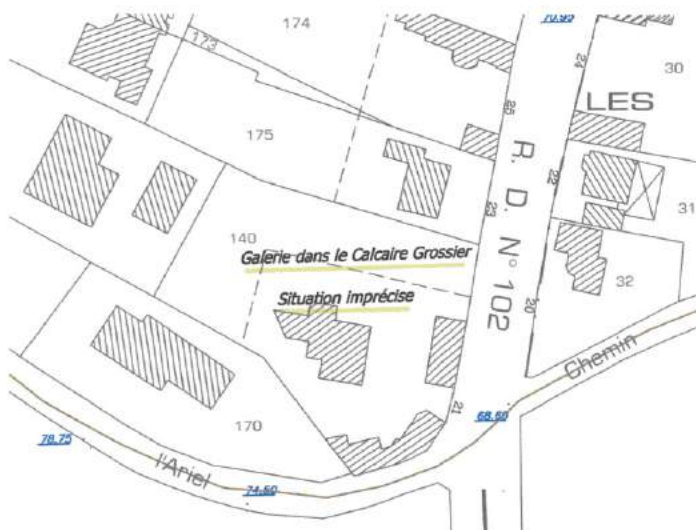


Figure 12: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (Fiches 4)

FICHE 5

Localisation:	Parc de la Jonchère – Parc de la Chaussée jusqu'au chemin du bas du Parc (accès au niveau du n°22 rue de la Croix aux Vents).
Section cadastrale:	AE-AH-AI
Matériau exploité:	calcaire grossier
Dénomination:	carrière Loison
Caractéristiques:	carrière se développant en partie sur la commune de la Celle-Saint-Cloud (résidence Elysée 2 où les galeries au droit des bâtiments ont fait l'objet de consolidations par voûtes).
Début de l'exploitation:	fin du XVIIIème
Abandon de l'exploitation:	début du XIXème siècle
Méthode d'exploitation:	se développant dans le calcaire grossier supérieur, par hagues et bourrages (la méthode d'exploitation a consisté à extraire entièrement le matériau recherché, le ciel de carrière étant soutenu par des piliers et des murs en pierres sèches et les vides progressivement remblayés par les déchets de l'extraction).
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de quelques mètres en entrées de cavage à plus de 50 m en avançant dans le massif (fond d'exploitation).
Hauteur des vides:	Le banc de calcaire a été exploité sur une hauteur moyenne de 1,5 à 2,5 m environ (exploitation du banc de roche), la largeur des galeries existantes est de l'ordre de 3 à 4 m.
Cote :	au niveau de la côte 75 à 80 m NGF ; l'accès se faisant par des bouches de cavage, à flanc de colline.
Connaissance des vides	L'extension générale de la carrière est mal connue de par la nature même de la méthode d'exploitation.
Superficie:	La quasi-totalité du secteur du Parc de la Chaussée a été affouillée
État général et évènements (année 2007):	On constate la présence de place en place de nombreux piliers à bras de faible section constitués par des empilements de pierres sèches. Au droit des galeries actuelles, la carrière est affectée par de nombreux ciels tombés ainsi que des cloches de fontis et une fissuration longitudinale des ciels. Par endroits, les remblais de bourrage ont été creusés par endroits par des visiteurs clandestins.



photo 5: Galerie avec piliers à bras



photo 6: Galerie avec piliers à bras

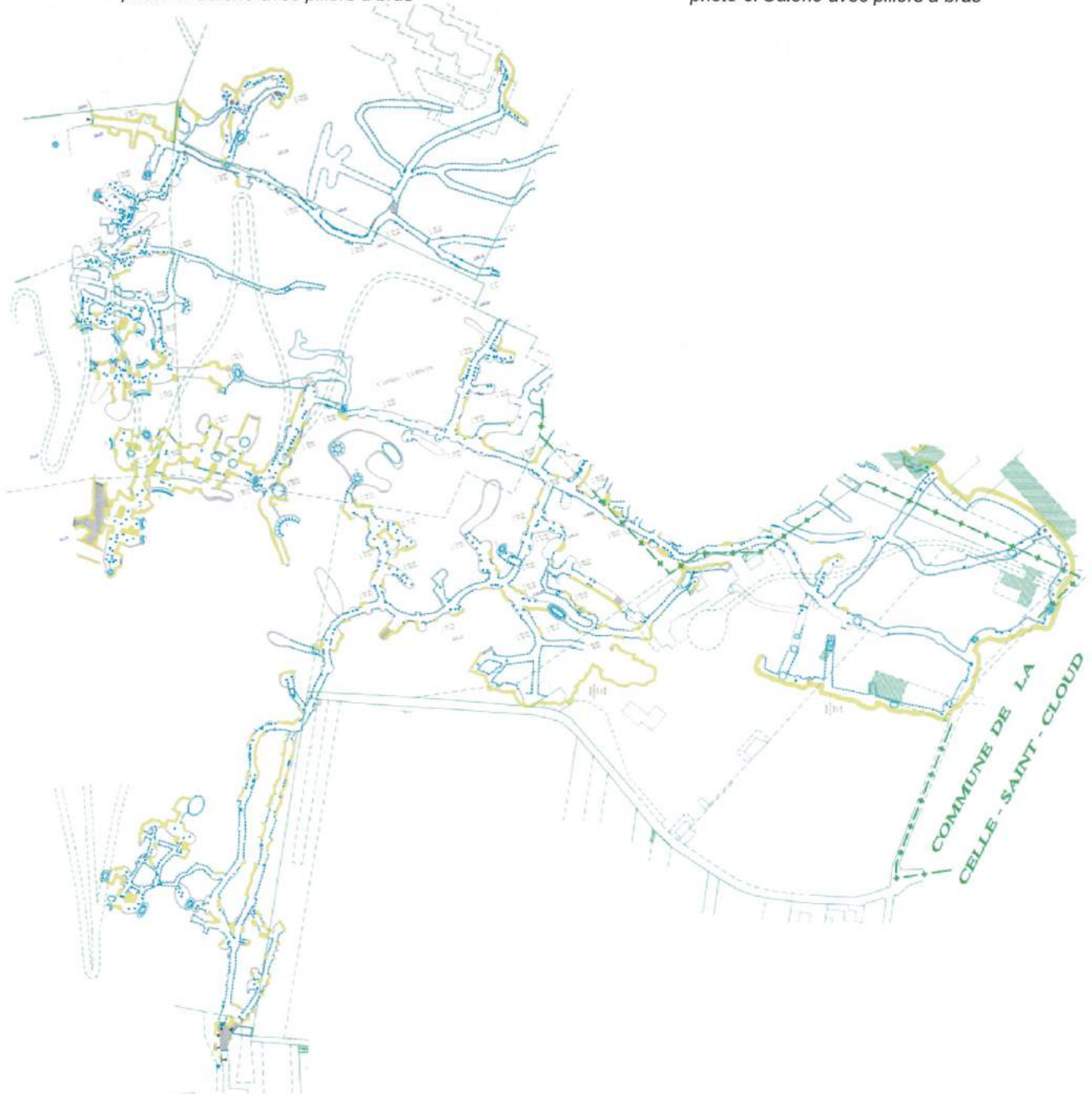


Figure 13: Extrait de l'atlas: carrière Loison fiche 5

FICHE 6

Localisation:	Lieudits Chaussée Est, Chaussée Ouest et le parc de la Jonchère
Section cadastrale:	AE-AH-AI
Matériau exploité:	calcaire grossier
Caractéristiques:	petits cavages peu développés pouvant avoir, pour certains d'entre eux, pu communiquer antérieurement avec la carrière principale exploitée par hagues et bourrages
Épaisseur de recouvrement :	2 à 20 m
Hauteur des vides:	1,8 à 2,5 m
Cote:	Cote du sol de carrière: environ 80 m NGF
État général et évènements (année 2007):	Des fontis se sont produits dans ces cavités au niveau du parc de la Jonchère Exploitations ayant fait l'objet de travaux de comblement, notamment au début des années 1980

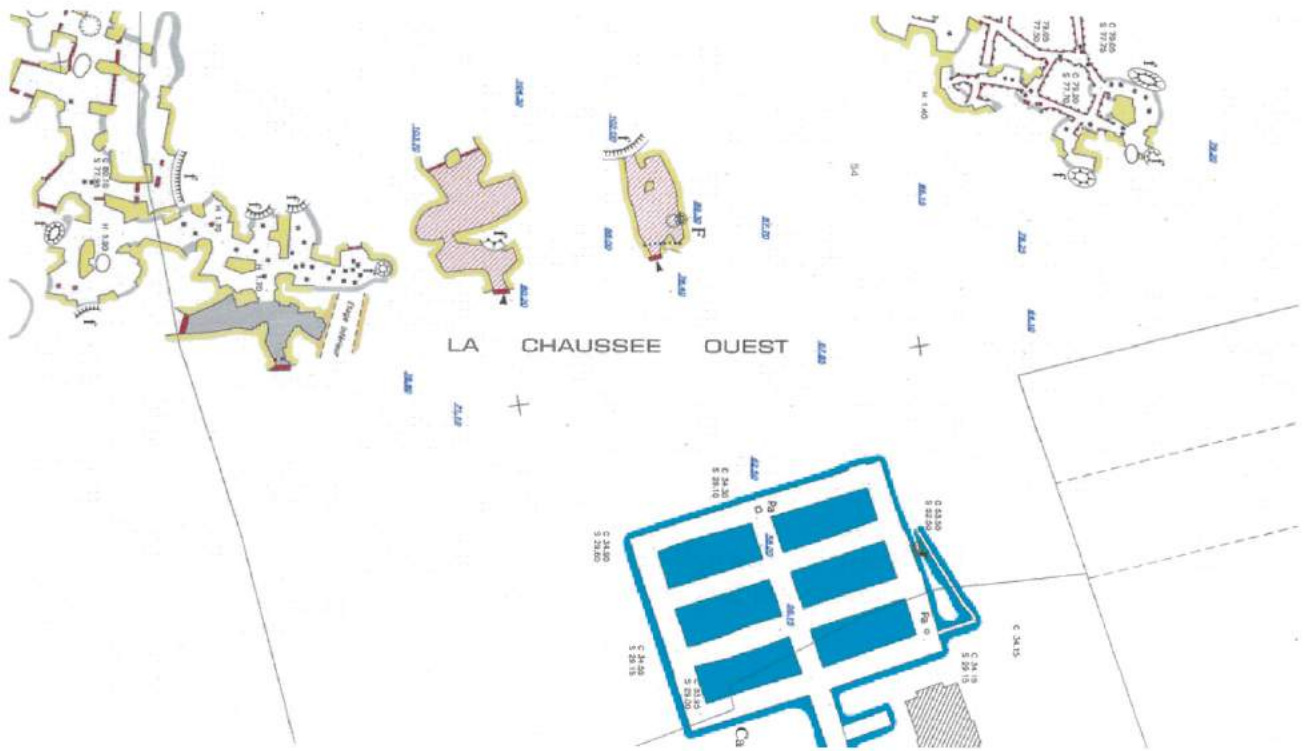


Figure 14: Extrait de l'atlas: carrière fiche 6 - la chaussée ouest



Figure 15: Extrait de l'atlas: carrière fiche 6 - la chaussée est et parc de la Jonchère

FICHE 7

Localisation:	Chemin du bas du Parc (accès au niveau du n°12 rue de la Croix aux Vents), carrière creusée à flanc de coteau.
Section cadastrale:	AI
Matériau exploité:	calcaire grossier
Dénomination:	carrière Deseine Sauvagère
Méthode d'exploitation:	par hagues et bourrages (la méthode d'exploitation a consisté à extraire entièrement le matériau recherché, le ciel de carrière étant soutenu par des piliers et des murs en pierres sèches et les vides progressivement remblayés par les déchets de l'extraction) au niveau du calcaire grossier supérieur.
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 11 à 12 m
Hauteur des vides:	environ 2 à 2,5 m
Cote :	Cote du niveau du sol actuel de la carrière : environ 77 à 78 m NGF
Connaissance des vides	La carrière sous-mine au niveau de 3 galeries, le chemin du bas du parc. Son extension exacte est mal connue (une galerie est inaccessible) et l'emprise de la carrière a été reportée pour partie depuis les éléments d'archives.
État général et évènements (année 2007):	Ciel de la carrière fortement diaclasé (mouvement certainement très ancien) et manque de manière générale de solidité (masse très fendillée et fissurée sur presque toute l'étendue de l'exploitation). Présence de plusieurs fontis et de blocs à terre à certains endroits. Les murs en pierres sèches qui bordent les galeries ainsi que les piliers à bras sont affectés par des phénomènes traduisant l'exercice d'une pression importante (pierres fissurées, hagues écroulées), qui confirme l'état très moyen de la carrière. Selon les documents d'archives, un effondrement s'est produit en 1883 et la chute d'un ciel a provoqué 2 morts en 1864.

FICHE 8

Localisation:	Entre le Chemin du bas du Parc et la rue Pierre Gilon
Section cadastrale:	AI
Matériau exploité:	calcaire grossier
Caractéristiques:	Largeur de la galerie: environ 4 à 6 m
Méthode d'exploitation:	galerie filante développée dans le calcaire grossier inférieur
Épaisseur de recouvrement :	de quelques mètres à un peu plus d'une vingtaine
Hauteur des vides:	environ 2,3 à 3,3 m
Cote:	Cote du niveau du sol actuel de la carrière : environ 63 à 66 m NGF
État général et évènements (année 2007):	La carrière est affectée par des ciels tombés



photo 7: Fontis en bordure du chemin du bas du parc



photo 8: cloche de fontis en carrière



photo 9: vue des galeries avec des hagues



photo 10: vue des galeries avec piliers à bras

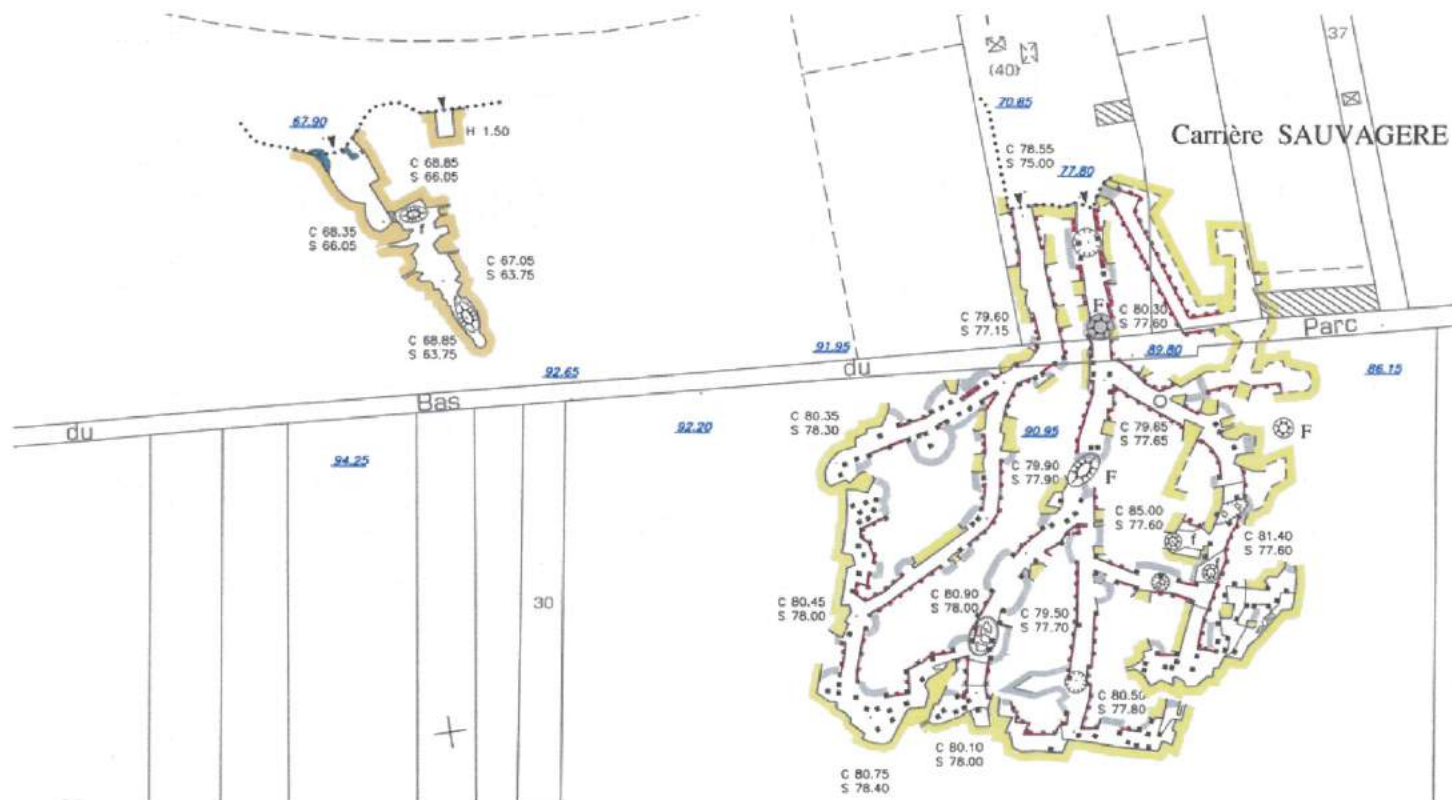


Figure 16: Extrait de l'atlas: carrières fiche 8 et 7

FICHE 9

Localisation:	accès au n°8 de la rue Yvan Tourgueneff.
Section cadastrale:	AI
Matériau exploité:	craie
Dénomination:	carrière dite du comte d'Argence
Méthode d'exploitation:	par piliers abandonnés. Un ancien accès par l'intermédiaire d'une galerie voûtée et maçonnée (hauteur : 2,4 m) est actuellement muré. Caractéristiques des piliers : forme quadrangulaire, répartition orthogonale, dimensions : de 25 m x 10 m
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 20 à 30 m
Hauteur des vides:	environ 5 m
Cote :	Cote du niveau du sol actuel de la carrière : environ 29 m NGF
État général et évènements (année 2007):	La carrière présente un bon état général, elle a été anciennement aménagée (bétonnage en partie du sol, système d'éclairage et mise en place de rails) et utilisée comme caves à vins. Il reste actuellement dans le cavage des tonneaux de bois atteint par la mэрule et dans un état de pourrissement assez avancé.

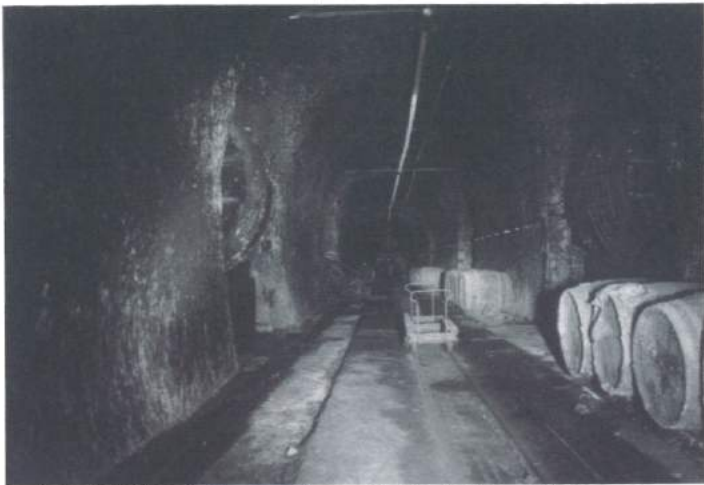


photo 11: Vue de l'occupation actuelle de la carrière

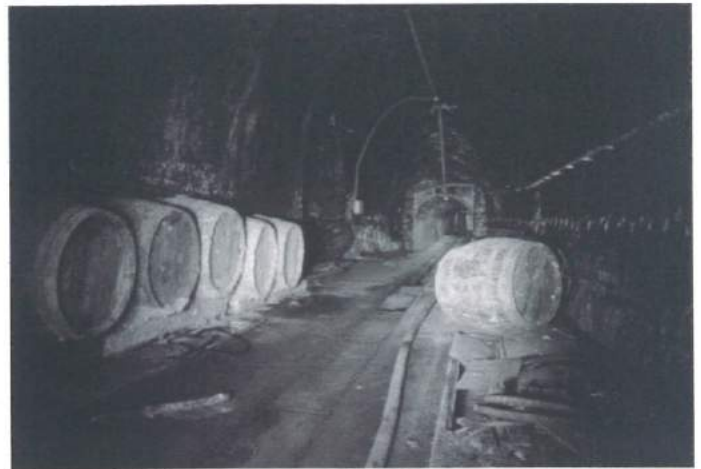


photo 12: Vue de l'occupation actuelle de la carrière

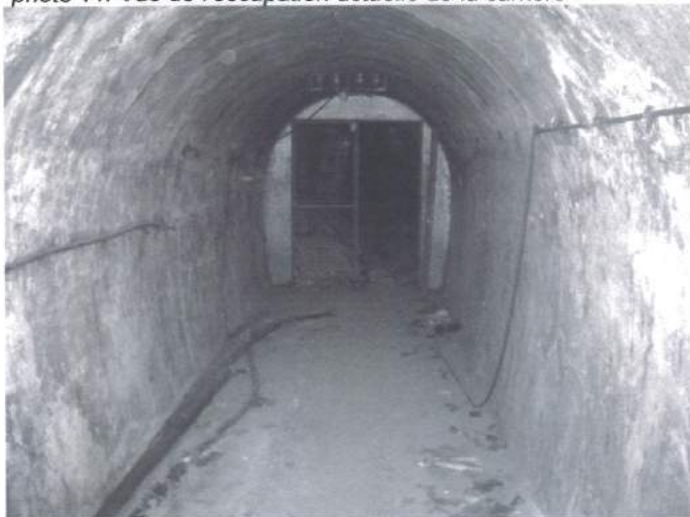


photo 13: Vue de la galerie d'accès de la carrière



photo 14: Vue du puits de la carrière au niveau du parc

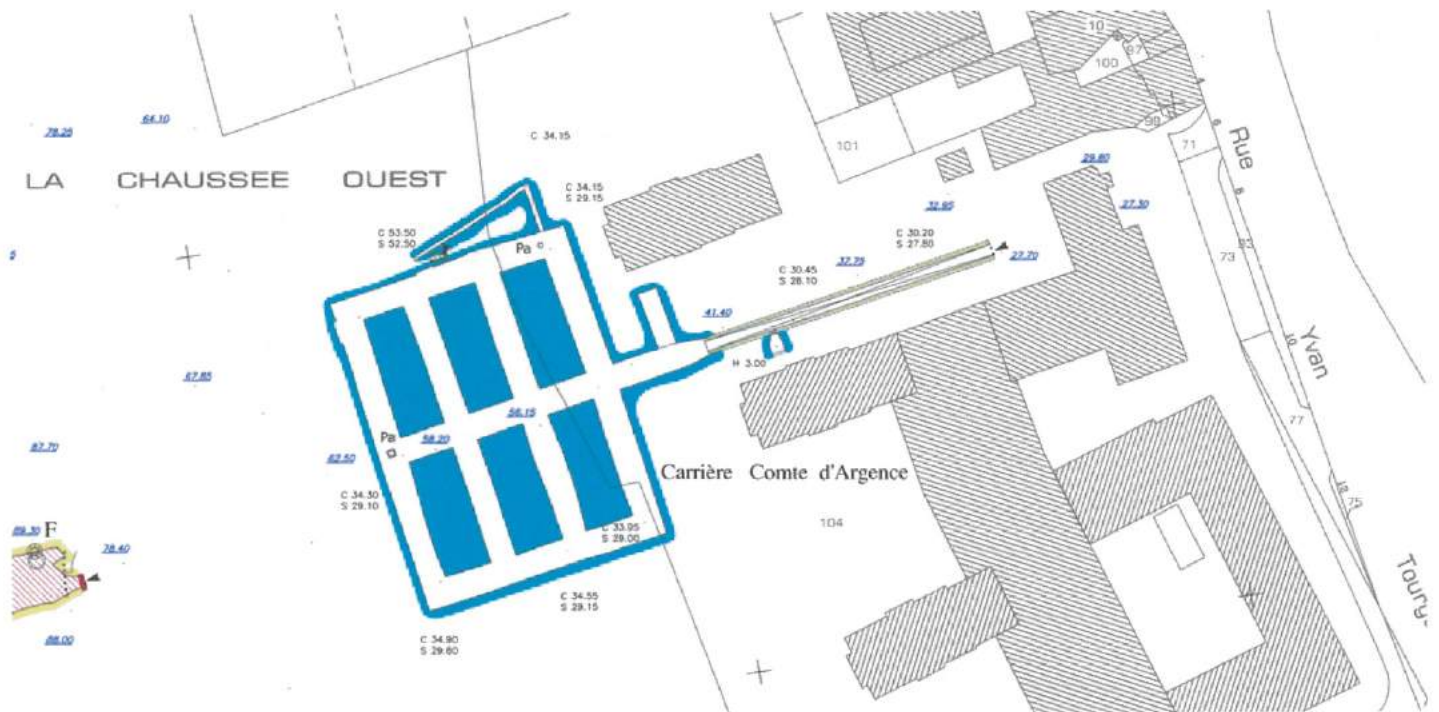


Figure 17: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (carrière du comte d'Argence)

FICHE 10

Localisation:	Entre la rue Jomard, la rue Kellner et la rue de la Croix aux Vents.
Section cadastrale:	AI-AK
Matériau exploité:	craie
Dénomination:	carrière Raincourt et Radan
Caractéristiques:	la carrière sous-mine la rue de la Croix aux Vents (accès au n°3 de la rue Jomard) ainsi qu'un espace boisé. Les vides ont été utilisés par la suite en champignonnière puis pour y stocker des matériaux divers dont actuellement pour y entreposer du vin.
Méthode d'exploitation:	Galeries creusées en forme de voûtes dans la craie blanche à silex. Largeur de la galerie: environ 4 à 6 m
Épaisseur de recouvrement :	de 3 à 21 m
Début de l'exploitation:	exploitation ancienne (antérieur à 1849)
Abandon de l'exploitation:	l'extraction en souterrain ayant cessé à partir du milieu du XIX ^{ème} siècle en raison d'une série d'effondrements.
Hauteur des vides:	environ 3 à 4 m
Cote:	Cote du niveau du sol actuel de la carrière : environ 40 à 41 m NGF.
Connaissance des vides	L'emprise exacte de la carrière n'est pas connue, certaines parties étant effondrées.
État général et évènements (année 2007):	La carrière a subi de nombreux effondrements anciens. Elle est affectée par des ciels tombés où peut être observé des chutes de petits blocs. La carrière demeure dans son ensemble stable mais présente un état général assez médiocre (piliers et ciels fissurés ou fracturés).

FICHE 11

Localisation:	secteur du n°31 rue Jomard au n°73 de la rue du Général Leclerc.
Section cadastrale:	AK
Matériau exploité:	craie
Méthode d'exploitation:	secteur de petites caves creusées dans la craie – emprises incertaines.
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 4 m au maximum
Hauteur des vides:	environ 2 m
État général et évènements (année 2007):	ces petites caves ont pu faire l'objet de travaux de confortement partiels, notamment remblaiement, murs maçonnés et voûtes

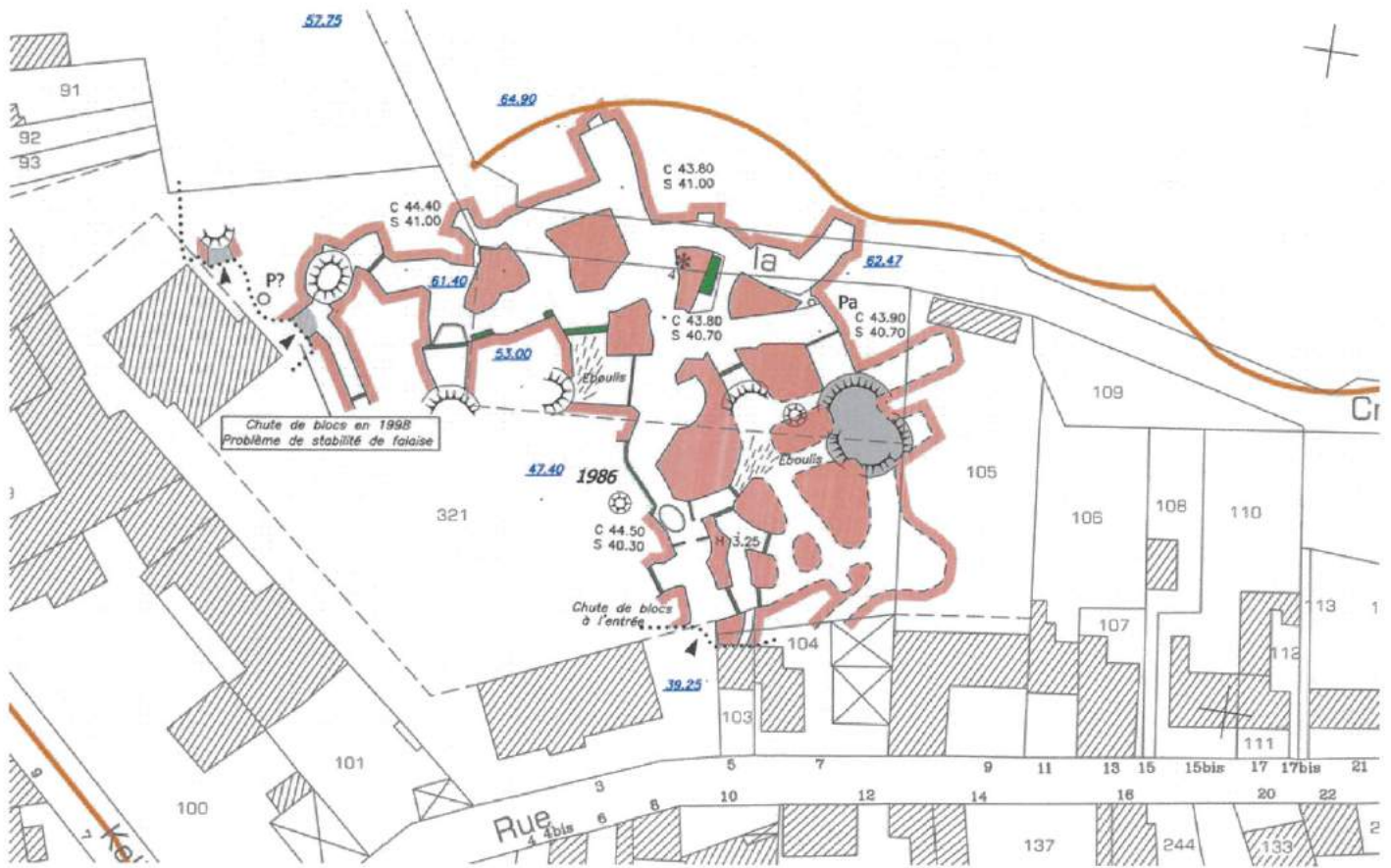


Figure 18: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (secteur rue Jomard et rue de la Croix aux vents) fiches 10 et 11

FICHE 12

Localisation:	n°16 route de Louveciennes (l'accès se fait au niveau du n°8 de l'avenue de la Drionne par l'intermédiaire d'une galerie maçonnée dont la voûte est en mauvais état).
Section cadastrale:	AK
Matériau exploité:	craie
Dénomination:	Carrières de l'Avenue de la Drionne – Carrières Arnoult Baumann Goupil Dardespine
Caractéristiques:	Les accès à ces carrières se faisaient vraisemblablement auparavant au droit de l'avenue de la Drionne. Cependant, les travaux réalisés sur la voirie ont reporté les entrées actuelles au-delà du trottoir ou au niveau du bâti existant. Ainsi, les galeries situées sous la chaussée ont été comblées (avec travaux d'injection et sondages de contrôle) ou décapées et remblayées.
Méthode d'exploitation:	galeries creusées en forme de voûtes dans la craie blanche à silex, isolées entre elles par quelques piliers de craie. environ 1,5 m à 3,5 m
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 24 m au niveau des caves et de 17 m au droit des semelles des puits de fondation du bâtiment
Hauteur des vides:	5 m au maximum
Cote:	Cote du niveau du sol actuel de la carrière : environ 24 à 29 m NGF. Il existe en extrémité de la carrière au droit du chemin rural n°3 de la belle feuille, un trou de communication avec un niveau supérieur de carrière (accès par le n°8 bis de l'avenue de la Drionne).
État général et évènements (année 2007):	La carrière sous-mine un bâtiment ainsi qu'un chemin communal. Elle a fait l'objet de travaux de consolidation au droit du bâtiment. Certains piliers de craie présentent un écaillage et des fissures qui ont pu être observés lors d'un examen de la cavité en 1998 ainsi que des infiltrations d'eau pouvant compromettre la stabilité générale du cavage. On observe l'existence de nombreux plans de cassures, sensiblement sub-verticaux, parallèles entre eux et relativement rapprochés.



photo 15: vue d'un pilier et des consolidations sous le bâtiment 16 route de Louveciennes



photo 16: Galerie d'accès



photo 17: Galerie dans la craie



photo 18: Galerie dans la craie



Figure 19: Extrait de l'atlas des carrières souterraines - fiche 12

FICHE 13

Localisation:	Ensemble de carrières se développant depuis l'avenue de la Drionne sur une grande surface et sous-minant notamment la route de Louveciennes, le chemin rural n°3 de la belle feuille, le chemin rural n°1 dit des prés du moulin, le chemin des côtes, la rue Saint Michel et la rue Henri Barbusse.
Section cadastrale:	AK-AM
Matériau exploité:	craie
Caractéristiques:	Les accès à ces carrières se faisaient vraisemblablement auparavant au droit de l'avenue de la Drionne. Cependant, les travaux réalisés sur la voirie ont reporté les entrées actuelles au-delà du trottoir ou au niveau du bâti existant. Ainsi, les galeries situées sous la chaussée ont été comblées (avec travaux d'injection et sondages de contrôle) ou décapées et remblayées.
Méthode d'exploitation:	galeries creusées en forme de voûtes dans la craie blanche à silex. Les piliers de masse délaissés sont de forme quadrangulaire d'environ 6 m à 10 m de côté. Largeur de la galerie: environ 3 m à 6 m Localement, ces exploitations ont été conduites sur deux étages ; dans ce cas, l'épaisseur du banc intercalaire est de l'ordre de 1 à 3 m et la hauteur des vides inférieurs comprise entre 2 et 4 mètres.
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de quelques mètres aux entrées à près de 35 m en extrémité des exploitations (environ à 150 m des entrées).
Hauteur des vides:	de l'ordre de 5 m à 7 m en moyenne, localement les vides peuvent atteindre 9 m.
Connaissance des vides	L'étage inférieur est actuellement en grande majorité inaccessible et a priori comblé pour sa plus grande partie. Ponctuellement, la galerie inférieure est en partie inondée, vraisemblablement par des venues d'eau s'accumulant au niveau d'un point bas. L'étage supérieur est visitable en majeure partie et a fait l'objet de travaux d'aménagement pour des locaux d'activités diverses (ces carrières ont été utilisées pour parties pour la culture des champignons, par les forces militaires françaises puis allemandes lors de la seconde guerre mondiale et la société MATRA). Une grande partie des carrières est actuellement utilisée en tant que caves à vins (accès au n°10 et 12 avenue de la Drionne) ou en tant que zones de stockage de matériaux et à usage de garages (accès au n°12 bis avenue de la Drionne) mais également par un tailleur de pierres et un atelier de bijoux.
État général et évènements (année 2007):	Ces carrières ont localement été consolidées au cours du temps par les différents occupants (réalisation de voûtes et de maçonneries...). Ces consolidations concernent notamment les entrées où le creusement de la Drionne a engendré des phénomènes de «décompression» du massif crayeux favorables au développement et à l'ouverture de diaclases et donc à l'apparition de zones d'instabilité. Certaines parties ont également fait l'objet de travaux de remblaiement complets (au droit de la rue Saint Michel ou de l'Avenue de la Drionne) ou partiels laissant subsister de petits vides résiduels. Le niveau inférieur a fait l'objet de travaux de remblaiement, vraisemblablement effectués par les différents exploitants, et n'est pratiquement plus accessible. Selon les observations qui ont pu être faites, ces remblais sont constitués par des terres sableuses et des déchets de taille. Des effondrements importants se sont produits en 1902 et 1909. Selon l'examen des documents d'archives: <ul style="list-style-type: none"> ▪ l'effondrement de 1902 avait pour origine un taux de défrètement global trop important entraînant ainsi une surcharge des piliers. En surface, l'effondrement se traduit par l'apparition d'une cuvette en forme d'ellipse (de 60 m de longueur et 50 m de largeur) de 8 à 10 m de profondeur. ▪ En ce qui concerne l'effondrement de 1909, celui-ci aurait eu pour cause l'invasion rapide (à la suite de la rupture d'une enceinte souterraine, édifiée après la survenance du fontis de 1902) des anciens vides par les eaux. En surface, les fontis présentaient des diamètres de 15 à 17 m et une profondeur de 2 à 3 mètres.

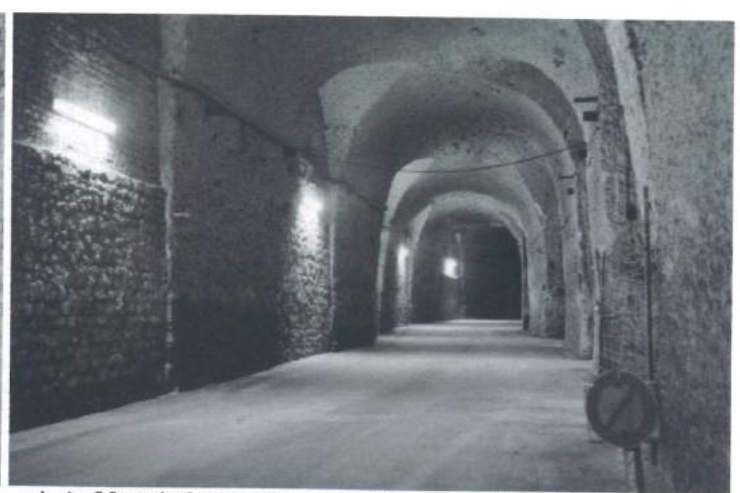


photo 19: galeries au niveau du 12 avenue de la Drionne

photo 20: galeries au niveau du 12 avenue de la Drionne



Figure 20: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (secteur Carrières de l'Avenue de la Drionne) – fiche 13

FICHE 14

Localisation:	Lieu-dit le Fond de Bougival
Section cadastrale:	AL
Matériau exploité:	craie
Caractéristiques:	Carrière de craie s'étendant également pour parties sur la commune de La Celle Saint Cloud. Par piliers abandonnés et galerie filante d'environ 4 à 5 m de largeur. Localement, l'exploitation de craie s'est développée sur 2 niveaux superposés, l'accès au niveau inférieur se faisant par l'intermédiaire d'un système de descenderies (hauteur: 3 m au maximum ; largeur: 1,5 m à 3 m).
Dénomination:	carrière Pointelet et Couturier
Méthode d'exploitation:	Carrière de craie sur 2 niveaux superposés Piliers de forme quadrangulaire de 4 à 7 m de côté répartis de manière orthogonale Taux de défrètement moyen: de l'ordre de 65%
Cote sol niveau inférieur:	environ 33 m NGF
Cote sol niveau supérieur:	environ 47 m NGF
Épaisseur de recouvrement :	de l'ordre de 25 à 30 m pour le premier niveau exploité,
Hauteur des vides:	hauteur des vides supérieurs de 5 à 7,5 m, banc intermédiaire de 1,5 m à 3 m d'épaisseur, hauteur des vides inférieurs de l'ordre de 4 m à 5,5 m.
Connaissance des vides	par sondages et positionnée à partir de documents d'archives.
État général et évènements (année 2007):	La carrière sous-mine notamment pour partie (via des galeries de liaison entre deux zones d'exploitation) la rue Pierre Brossolette et l'avenue Jean Moulin (où des travaux de remblaiement partiels ont été effectués selon les documents d'archives). Carrière inondée.

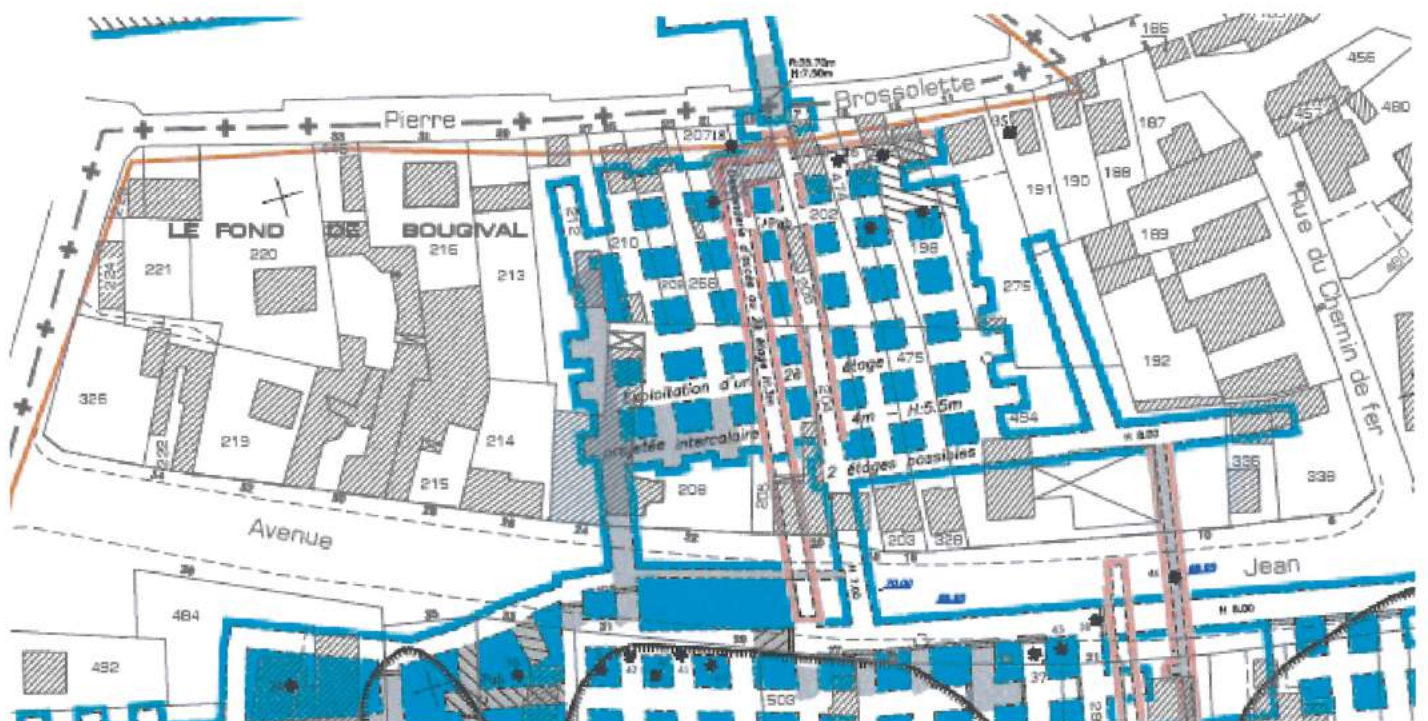


Figure 21: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (secteur du fond de Bougival)

FICHE 15

Localisation:	Lieu-dit Les Billoises
Section cadastrale:	AL
Matériau exploité:	Carrière de craie exploitée sur un niveau et carrière de calcaire grossier
Dénomination:	carrière Pointelet et Couturier
Carrière de craie:	
Caractéristiques:	La carrière de craie est partiellement effondrée
Méthode d'exploitation:	
Épaisseur de recouvrement :	27 m environ
Hauteur des vides:	de 6,5 m à 7,5 m
Cote du sol de la carrière:	environ 35 à 37 m NGF
Connaissance des vides	par sondages et positionnée à partir de documents d'archives.
État général et évènements (année 2007):	<p>Piliers de forme quadrangulaire de 4 à 7 m de côté répartis de manière orthogonale</p> <p>De nombreux effondrements ont affecté ces zones d'exploitations, notamment en 1871 et en 1883. Selon les documents d'archives, l'origine des effondrements serait liée d'une part à des écoulements d'eau en carrière, ce qui aurait provoqué une chute des caractéristiques mécaniques de la craie et contribué au développement de fissures dans les piliers (phénomène de fatigue des piliers sous la charge à reprendre) et d'autre part à un rapport vide/plein trop important conduisant par la même à taux de défruitement trop élevé.</p> <p>A la suite de l'arrêté de 1890 relatif à la cessation de l'activité, un remblaiement des puits d'exploitation et des traversées de chemin a été prescrit alors que les vides de l'exploitation elle même demeuraient en l'état.</p> <p>Carrière inondée.</p>
Carrière de calcaire grossier:	
Caractéristiques:	Absence d'élément sur les caractéristiques géométriques de la carrière.
Méthode d'exploitation:	Exploitation peu étendue, d'abord développée par la méthode des piliers tournés à partir d'entrées en cavage puis par hagues et bourrages.



photo 21: Photo d'une galerie inondée



photo 22: secteur des Billoises surface



Figure 22: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (secteur des Billoises) – fiche 15

FICHE 16

Localisation:	Lieu-dit les Marionnettes
Section cadastrale:	AL
Matériau exploité:	Carrière de craie exploitée sur un niveau et carrière de calcaire grossier
Dénomination:	carrière Pointelet et Couturier
Carrière de craie:	
Méthode d'exploitation:	Piliers de forme quadrangulaire de 4 à 7 m de côté répartis de manière orthogonale
Épaisseur de recouvrement :	de 25 m environ jusqu'à plus de 50 m au niveau des galeries pénétrant le versant en direction du secteur des Brodeuses.
Hauteur des vides:	de 8 m à 12,5 m
Cote du sol de la carrière:	environ 36 m NGF
Connaissance des vides	par sondages et positionnée à partir de documents d'archives.
État général et évènements (année 2007):	Un effondrement important s'est produit en 1891. Ces carrières sous-minent notamment pour partie (via des galeries de liaison entre deux zones d'exploitation) l'avenue Jean Moulin et la route de la Celle-Saint-Cloud (où des travaux de remblaiement partiels ont été effectués selon les documents d'archives). Ponctuellement, un remblaiement des galeries a été effectué selon les documents d'archives et des travaux d'injection des sols déconsolidés ont été réalisés dans le cadre de demande d'autorisation de construire.
Carrière de calcaire grossier:	
Caractéristiques:	Exploitation peu étendue, développée d'abord par la méthode des piliers tournés à partir d'entrées en cavage puis par hagues et bourrages. Une petite carrière, partiellement murée (l'extension exacte n'est donc pas connue) a pu être levée, présentant des hauteurs de vides de 2 m pour des épaisseurs de recouvrement pouvant atteindre une quinzaine de mètres.



photo 23:vue d'entrées en cavage (secteur des Marionnettes)



Figure 23: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (secteur des Marionnettes) – fiche 16

FICHE 17

Localisation:	Lieu-dit des Brodeuses
Section cadastrale:	AL
Matériau exploité:	Carrière de craie exploitée sur un niveau et carrière de calcaire grossier
Dénomination:	carrière Pointelet et Couturier

Carrière de craie:

Méthode d'exploitation:	galeries creusées en forme de voûtes dans la craie blanche à silex
Épaisseur de recouvrement :	de 50 à 85 m environ
Hauteur des vides:	de l'ordre de 7,5 m en moyenne (ponctuellement: 12,5 m)
Cote du sol de la carrière:	environ 30 m NGF
Connaissance des vides	par sondages et positionnée à partir de documents d'archives.
État général et évènements (année 2007):	Ces carrières sous-minent notamment pour partie (via des galeries de liaison entre deux zones d'exploitation ou en fond d'extraction) la route de la Celle-Saint-Cloud (où des travaux de remblaiement partiels ont été effectués selon les documents d'archives) et la rue du Capitaine Thuilleaux.

Carrière de calcaire grossier:

Méthode d'exploitation:	Exploitation par hagues et bourrages
Épaisseur de recouvrement :	variant de 20 à 35 m.
Hauteur des vides:	de l'ordre de 7,5 m en moyenne (ponctuellement: 12,5 m)
Cote du sol de la carrière:	environ 77 m NGF
Connaissance des vides	par sondages et positionnée à partir de documents d'archives.
Par ailleurs, une ancienne galerie d'exploitation de glaise est également signalée dans le secteur au niveau de la rue du capitaine Thuilleaux.	



photo 24: vue de la route de la Celle-Saint-Cloud vers la rue du Capitaine Thuilleux (secteur des Brodeuses)

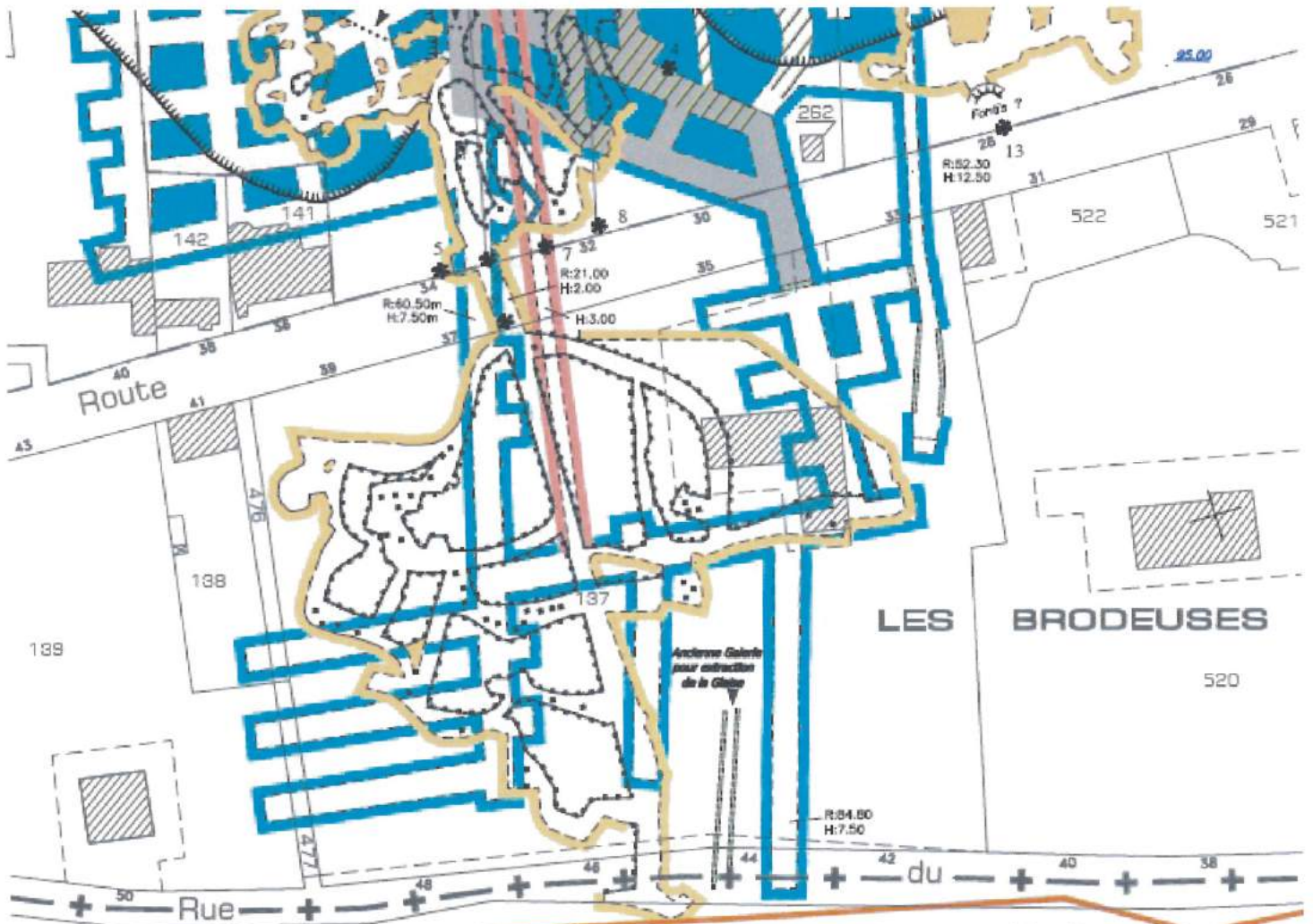


Figure 24: Extrait de l'atlas des carrières souterraines (secteur des Brodeuses) – fiche 17

III.1.4 Les typologies de désordres liées aux cavités souterraines

Les risques principaux résultants de la dégradation des anciennes exploitations souterraines se manifestent en surface par des phénomènes plus ou moins importants (affaissements, effondrements ponctuels ou généralisés) selon la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement, l'origine du désordre ou bien encore la nature de la cavité (en particulier son type d'exploitation et son emprise).

Dès le terme de leur exploitation, toutes les cavités souterraines sont soumises à un lent processus de vieillissement. Ceux-ci sont notamment fonction d'éléments extérieurs comme les arrivées d'eau qui induisent des diminutions des caractéristiques mécaniques des matériaux ou bien encore surchargent les ciels des cavités en saturant les terrains sus-jacents. Ce vieillissement va générer des dégradations de plus en plus importantes qui aboutissent inéluctablement à des désordres en surface qui peuvent porter atteinte à la sécurité des biens et des personnes. Les mécanismes de dégradation se développent au sein des deux principales structures qui assurent la stabilité des ouvrages, les piliers et les toits.

L'existence de réseaux de fractures ou de failles qui parcourent la masse calcaire ou crayeuse constitue autant de discontinuités qui ont été utilisées par les anciens carriers lors du traçage des galeries dans la mesure où elles constituaient des zones plus fragiles sous les coups des outils individuels. A ces fractures naturelles s'ajoutent des fractures mécaniques, facilement observables dans les carrières souterraines de Bougival, directement liées aux réajustements de la masse lors de l'extraction des blocs pour créer les galeries ; elles sont une composante "normale" de l'exploitation et traduisent les effets directs de cette dernière.

Dès l'ouverture de son exploitation, une carrière souterraine devient le siège d'une évolution pouvant se traduire par des mouvements plus ou moins importants, voire des effondrements, dès que les sollicitations deviennent insupportables pour la cavité.

III.1.4.i Les affaissements progressifs

Ils manifestent, en surface, la conséquence de la lente fermeture de vides profonds, de la ruine de cavités de petite dimension ou bien encore du tassement des matériaux de remblais ayant remplacé l'horizon géologique exploité, en particulier dans les zones ayant fait l'objet de carrières souterraines par hagues et bourrages. Ces phénomènes progressifs peuvent induire au-delà de l'affaissement de surface proprement dit, une décompression des terrains de recouvrement entraînant une diminution de leur force portante. Ils peuvent être réactivés par des arrivées d'eau engendrant une reprise du tassement des remblais et le ciel de carrière peut reprendre sa descente progressive en appui sur les bourrages. Leur importance varie entre le simple flache¹ de quelques centimètres à la dépression de plusieurs décimètres de profondeur. Généralement ces mouvements affectent la majeure partie de l'exploitation.



photo 25: exemple d'indice d'instabilité



photo 26: exemple de fissuration du bâti

1 Dénivellation localisée à la surface du sol.
Note de présentation

III.1.4.ii Les effondrements de type Fontis

Il s'agit de phénomènes plus importants que les flaches de surface et ils constituent le principal mode de dégradation des carrières souterraines. Ce type de désordre, caractéristique d'un mouvement gravitaire à composante essentiellement verticale, peut survenir de façon plus ou moins brutale dans les cavités souterraines. Les désordres observés font apparaître en surface des effondrements ponctuels en forme de cratères qui ne sont autres que la propagation/aggravation d'un ciel tombé qui a évolué en cloche de fontis qui, elle-même, est remontée dans les terrains de recouvrement pour provoquer un effondrement brutal et inopiné de la surface qu'est le **fontis**.

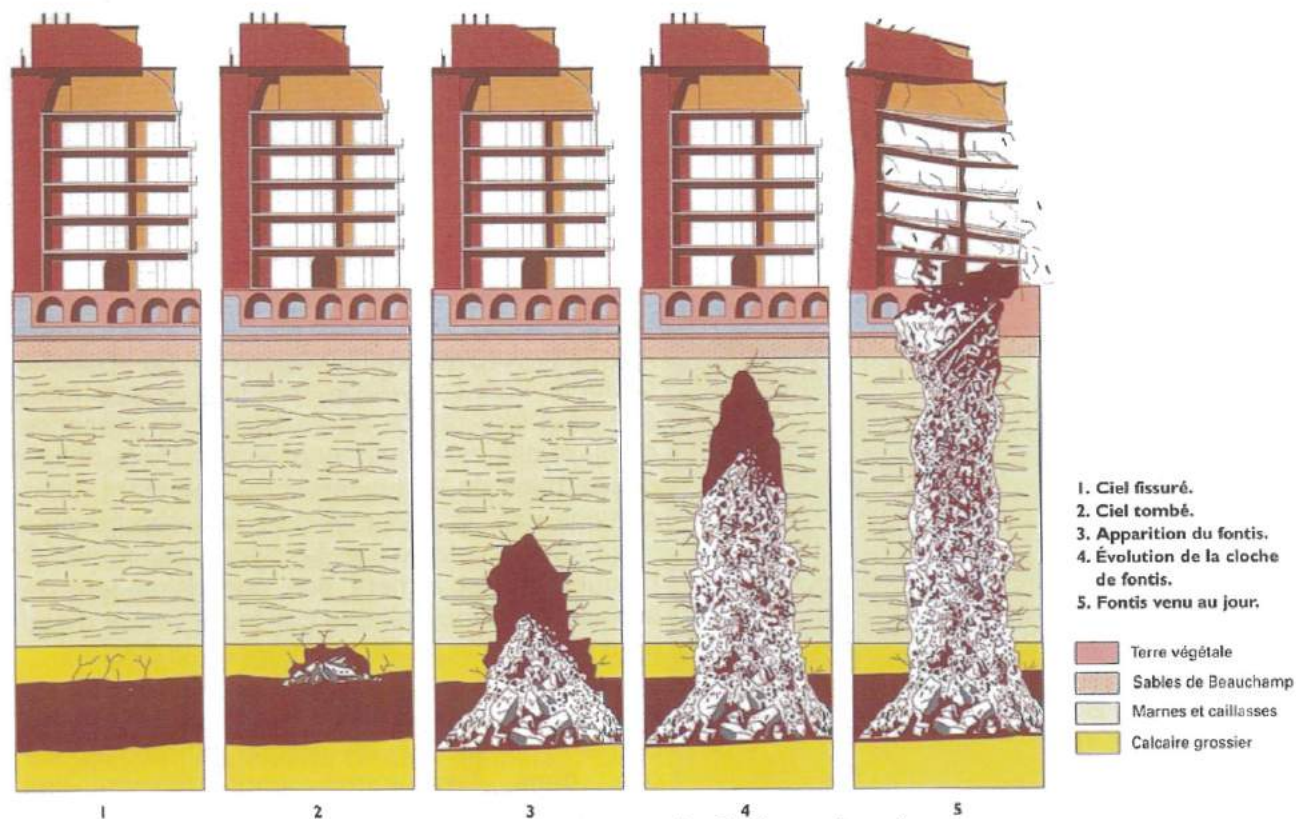


Figure 25: Conséquences d'un fontis pour la surface

Les fontis ont généralement pour origine :

- une dégradation des toits engendrant une rupture progressive des premiers bancs de ciel : le carrier a exploité le maximum de roche ne laissant en ciel qu'une épaisseur réduite ou encore il a ouvert une largeur excessive de galeries eu égard à la résistance de la dalle rocheuse en toit. En effet, cette «dalle» présente des points de faiblesse, en particulier à la conjonction de fractures mécaniques et naturelles ou encore dans des zones d'altération. Dans ces zones, un fléchissement du toit et des décollements entre les bancs de ciel peuvent alors se produire et être à l'origine de ciels tombés et/ou de cloches de fontis. Lorsque ce phénomène a pu évoluer, on rencontre alors des blocs à terre ;
- l'endommagement d'un pilier de taille trop réduite par rapport aux charges qu'il supporte : au fil du temps, le pilier présente des signes d'altération (écaillage, fragmentation, fissuration...) pouvant provoquer sa ruine et induire une rupture du toit par cisaillement sur l'appui ;
- la ruine ponctuelle d'étages superposés : lorsque l'épaisseur du banc séparatif entre deux étages est faible, il y a risque de rupture de ce banc ; de même, le poinçonnement du sol de la carrière par les piliers est à craindre quand l'épaisseur du matériau résiduel en base est trop mince.

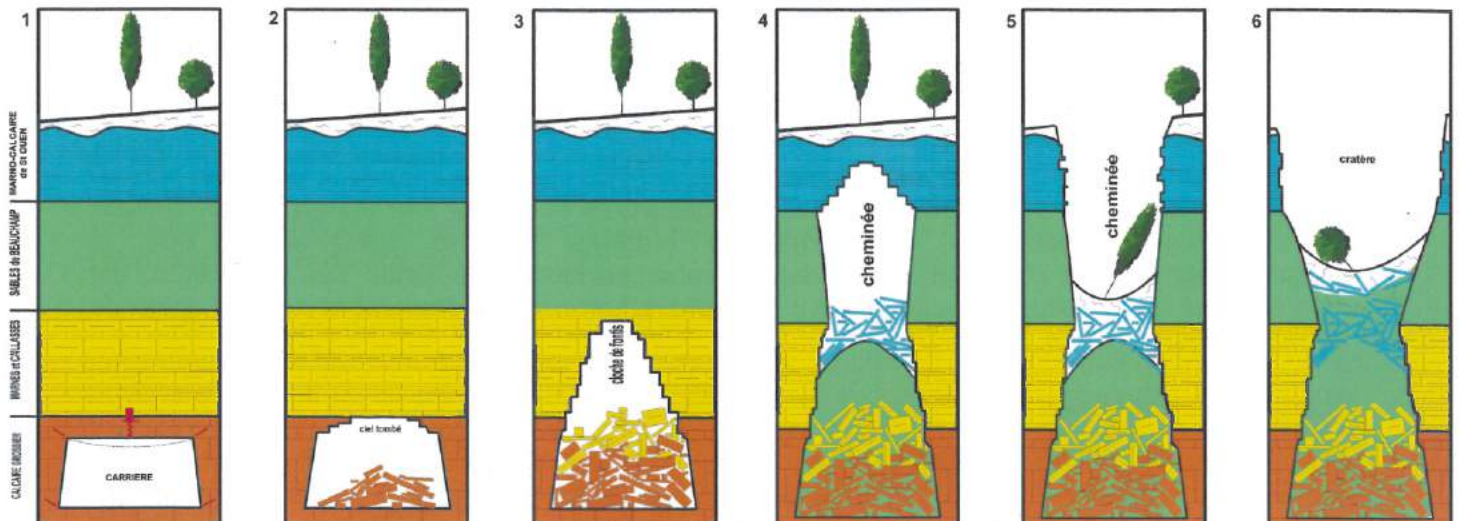


Figure 26: mécanisme de création d'un fontis dans le calcaire grossier



photo 27: Fontis venue à jour dans une zone pavillonnaire

Ce type de dégradation peut avoir des conséquences irréversibles pour les constructions existantes au droit des zones affectées. La vitesse de progression de la cloche de fontis vers la surface n'est pas connue mais elle peut être rapide en particulier en présence d'eau et elle est également fonction de la nature des terrains de recouvrement. Cependant, dans certains cas, le foisonnement des éboulis peut venir emplir totalement la cloche de fontis et bloquer provisoirement son ascension vers la surface (blocage instable car toute venue d'eau peut réactiver le développement de la cloche).

Les fontis sont des accidents localisés qui peuvent, de proche en proche, s'emboîter les uns dans les autres pour former des dépressions étendues.

Généralement, les fontis surviennent de manière préférentielle au niveau des carrefours des galeries d'exploitation par piliers tournés et en bordure des fronts de taille. La dimension des fontis est proportionnelle aux vides existants en carrière.

Même si l'on ne peut pas prédire la venue au jour d'un fontis, une étude statistique de ce phénomène particulier, conduite en 1982 par J-C Vachat à l'Inspection Générale des Carrières de Paris, a permis de considérer que la venue au jour peut se produire si le rapport de la hauteur des terrains de recouvrement (H) sur la hauteur de la galerie (h) est inférieur à 15.

III.1.4.iii Les effondrements généralisés

Ces phénomènes, qui concernent la majeure partie de la surface d'exploitation d'une carrière, sont susceptibles d'affecter des superficies importantes (plusieurs hectares). Ils peuvent se développer quand l'extension horizontale minimale (L) de l'exploitation est supérieure à la hauteur du recouvrement (H), ce qui correspond du point de vue de la stabilité à une géométrie dite critique ou supercritique (L/H supérieur ou égale à 1).

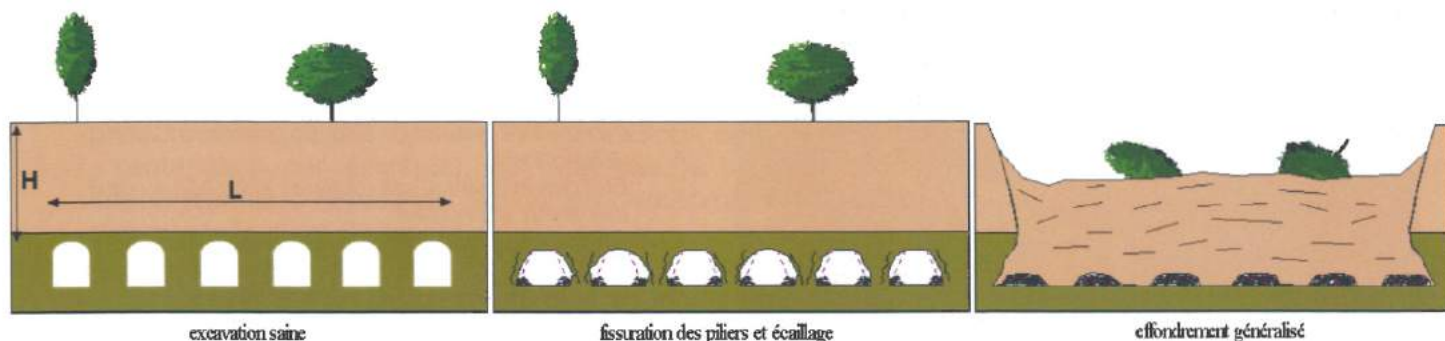


Figure 27: Mécanisme de l'effondrement généralisé

Pour les carrières de craie de Bougival ce type d'événement s'est ou peut se produire lorsque :

- le carrier a trop exploité le matériau en réalisant des sections de piliers "à minima" (taux de défruitement trop élevé) ;
- l'eau a pu parvenir en carrière (saturation et diminution brutale des caractéristiques mécaniques du matériau). L'existence d'une fracturation du massif ou encore ponctuellement de zones karstifiées permet le déversement des nappes du Lutétien ou du Bartonien et donc des arrivées d'eau en carrières ;
- la succession lithologique locale fait que les argiles plastiques du Sparnacien, de très faible perméabilité, jouent un rôle important dans la protection de la craie contre les infiltrations. Ces argiles, très plastiques, peuvent également être à l'origine de phénomènes de glissement et d'instabilité avec formation d'un plan de cisaillement à la jonction avec la couche sous-jacente ou de fluage en carrière avec modification des conditions d'écoulement des eaux.

Dans ces cas, un ensemble de piliers cède simultanément (rupture en chaîne) et entraîne la chute du toit, puis des terrains de recouvrement, sur une surface comprise entre quelques centaines de mètres carrés à près d'un hectare selon les données recensées dans les archives. Il s'agit d'un phénomène brutal engendrant des dégâts considérables aux constructions (avec un risque important de victimes physiques) en raison de la rapidité et de l'importance du mouvement.

Enfin, les anciens effondrements dans les carrières de craie de Bougival de la fin du XIXème et du début du XXème siècle sont à l'origine de modifications locales des structures (chaos, remaniement des terrains sus-jacents...) avec développement d'un contexte spécifique (stagnation des eaux comme cela peut être observée dans le sondage vidéo suivi par l'IGC avenue Jean Moulin, zones de petits vides...).





photo 28: Conséquences de l'effondrement généralisé de carrières de craie et de calcaire grossier à Clamart (92) en 1961
Etat des infrastructures routières et du bâti au droit des zones effondrées
Origine des photos: M. Toulemont (M.A.T.E)

III.1.5 Évènements connus sur la commune de Bougival

Le tableau ci-après récapitule les évènements connus de l'inspection générale des carrières survenus au niveau des différentes exploitations souterraines sur la commune de Bougival.

Section	Nom	Matériau	Méthode d'exploitation	Evènement	Date
AB	Blanc Minéral	Craie	Piliers tournés et galeries filantes	Effondrement d'un secteur sur Louveciennes	1943
AC	Lefèvre-Blassiaux	Calcaire grossier	Piliers tournés	Fontis en bordure de chaussée Fontis en bordure de maison	1973 Non daté
AE-AH-AI	Loison	Calcaire grossier	Hagues et bourrages	Quelques fontis au niveau du parc	Non daté
AI	Deseine Sauvagère	Calcaire grossier	Hagues et bourrages	Fontis en bordure du chemin Effondrement	2001 1883
AI-AK	Raincourt Radan	Craie	Piliers tournés	Fontis Effondrement	1986 Non daté
AK	Secteur de la place des combattants	Craie	Caves	Effondrement	Non daté
AK-AM	Carrières de la Drionne	Craie	Piliers tournés et galeries filantes	Effondrement généralisé Effondrement généralisé	1902 1909
AL	Pointelet Couturier	Craie	Piliers tournés et galeries filantes	Secteur de la Celle-Saint-Cloud en limite du fond de Bougival Effondrement généralisé Secteur des Billoises Effondrement généralisé Effondrement généralisé Effondrement généralisé Secteur des Marionnettes Effondrement généralisé	1892 1871 1871 1883 1891
		Calcaire grossier	Hagues et bourrages	Secteur des Marionnettes Fontis	1975

De quelque nature qu'ils puissent être, les processus de dégradation des carrières souterraines résultent souvent d'une combinaison entre une ou plusieurs configurations défavorables susceptibles de modifier les conditions d'équilibre du milieu et d'accélérer la rupture.

Ces configurations dépendent du contexte géologique, hydrogéologique, géographique et humain. Ainsi, comme nous l'avons signalé précédemment, la circulation d'eau dans le sous-sol (liée à la topographie du site mais encore éventuellement à des fuites de réseaux) peut contribuer à diminuer les caractéristiques des matériaux et donc de la stabilité des cavages.

III.2 Quantification de l'aléa

Un aléa est un phénomène d'occurrence et d'intensité données. Cependant, si certains phénomènes naturels, comme les inondations ou les avalanches, sont probabilisables (une crue « centennale » par exemple), ce n'est pas le cas des mouvements de terrains, et donc des effondrements d'anciennes excavations souterraines pour lesquels aucune étude statistique en tant que telle n'est réalisable.

La délimitation des secteurs plus ou moins exposés au risque de mouvements de terrain lié à la ruine d'anciennes excavations souterraines de calcaire grossier ou de craie, impose donc l'identification de la nature de l'aléa ainsi que l'évaluation de sa probabilité d'occurrence (probabilité qu'un évènement type puisse se produire dans un intervalle de temps déterminé) et de son intensité.

Dans le cadre de la commune de Bougival, la connaissance des cavités souterraines est bonne, avec d'une part des cavités encore visitables et qui ont fait l'objet de travaux de levés de géomètres et d'autre part des documents d'archives relativement exhaustifs (plans de carrières, recensements des accidents majeurs...) et exploitables.

III.2.1 Nature de l'aléa

Les aléas affectant les anciennes carrières souterraines sur la commune de Bougival sont l'effondrement localisé appelé fontis, l'affaissement progressif (dans le cas des carrières de calcaire grossier exploitées par hagues et bourrages) et l'effondrement généralisé (au niveau des grandes carrières de craie). Comme nous l'avons vu précédemment, ces phénomènes résultent d'une combinaison de plusieurs facteurs liant étroitement les contextes géologique, hydrogéologique du site mais également géographique et humain.

Ces mouvements de terrain sont conditionnés par:

- des facteurs déterminants:
 - la connaissance de cavités avérées dans des zones bien localisées,
 - l'état de stabilité du cavage et les caractéristiques des cavités (méthodes d'exploitation, hauteur des vides...),
 - l'occupation en surface (voire celle des vides qui ne sont pas abandonnés).
- des facteurs aggravants /déclenchants :
 - la présence éventuelle ou non de l'eau,
 - l'évolution des charges à la surface du sol.

Compte tenu des désordres, ponctuels ou généralisés et brutaux, qu'engendre l'aléa « carrières », il y a lieu de définir des composantes horizontales, au-delà des espaces qui surplombent directement des vides, afin de cerner l'étendue réelle de l'exposition au risque d'effondrement.

III.2.2 La Zone de Protection (ZP) et la Marge de Reculement (MR)

L'analyse des archives et notamment la description des événements survenus sur les différentes carrières a permis de révéler que les divers phénomènes affectant la stabilité générale des cavages pouvaient se produire en «partie courante» mais également en bordure d'exploitation.

Dans ce contexte, il convient de prendre en compte une zone de protection (ZP), correspondant à la bande de terrain bordant les emprises sous-minées, susceptible d'être perturbée, au même titre que les emprises sous-minées, pendant ou à très court terme après la survenance de l'évènement (à la suite d'un phénomène de décompression lié à la dynamique du mouvement).

Au-delà des effets instantanés ou à court terme, les déformations affectant les terrains progressent lentement aussi bien horizontalement que verticalement à travers le temps. Ainsi, la marge de reculement (MR) représente en matière de mouvement, la zone d'influence d'un évènement qui s'est produit ou la zone potentielle pour un évènement susceptible de se produire. Ces déformations peuvent engendrer des désordres pour les constructions mais ne sont pas susceptibles de mettre en danger, de par leur seul fait, des vies humaines. On considère qu'au-delà de cette zone, les terrains en place ne peuvent plus subir les effets de l'accident déclaré.

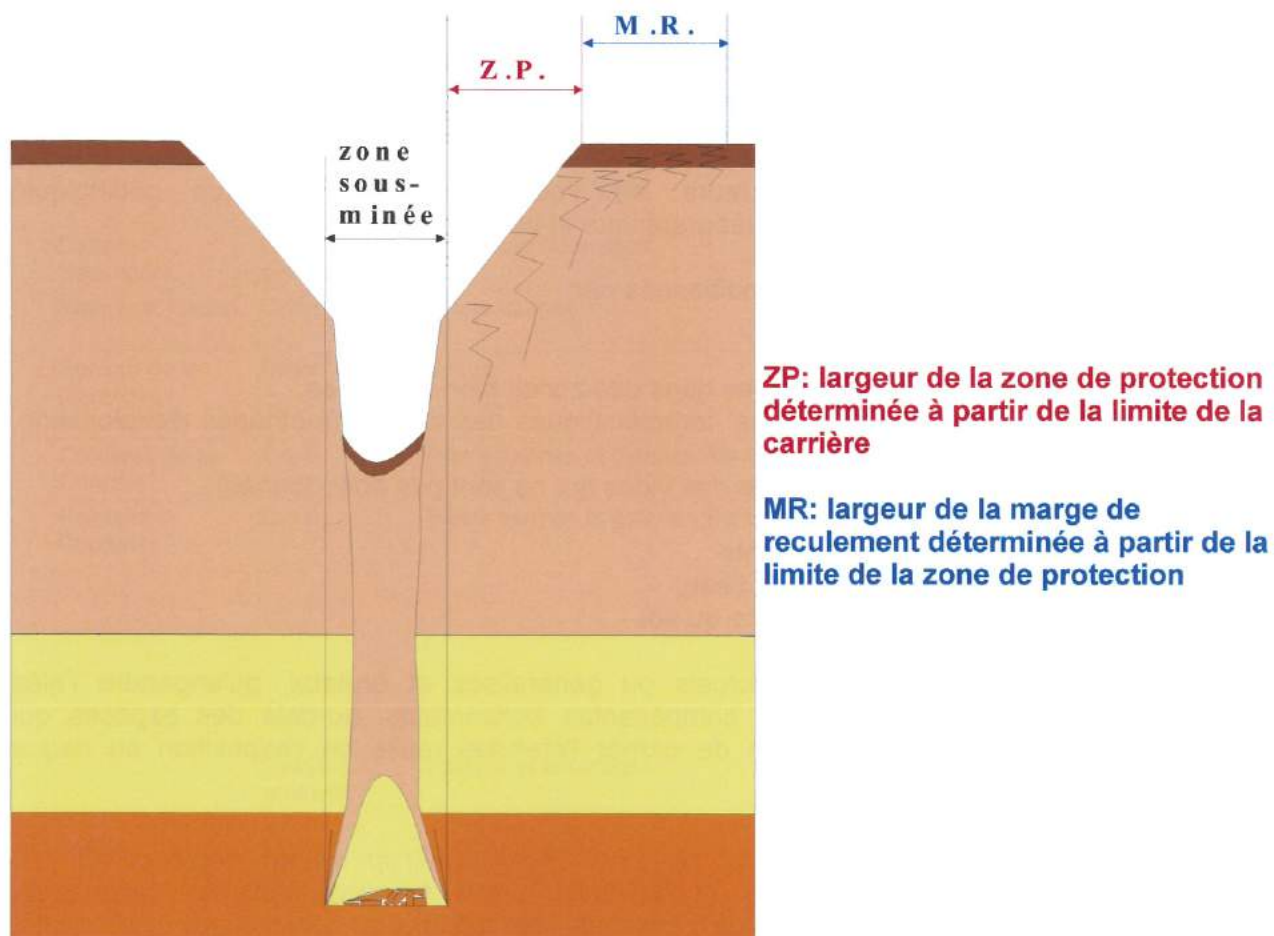


Figure 28: Définition de la zone de protection et de la marge de reculement

Le tableau ci-après récapitule les largeurs de la zone de protection et de la marge de reculement dans le cadre des différentes typologies de carrières présentes sur la commune de Bougival.

Type de cavités	Largeur de la zone de protection	Largeur de la marge de reculement
Carrière de craie non effondrée (hors galerie isolée)	ZP = 2,5 m si les limites de carrières sont parfaitement connues (zone accessible)	MR = 5 m
	ZP = 5 m si les limites de carrières sont consignées dans des éléments d'archives (zone inaccessible)	
	ZP = 10 m si les limites de carrières sont consignées dans des éléments d'archives avec imprécision (zone inaccessible avec départs de galeries possibles)	
Galerie isolée en partie ennoyée dans une carrière de craie	ZP = 5 m	MR = 5 m
Galerie isolée dans une carrière de craie	ZP = 2,5 m si les limites de carrières sont parfaitement connues (zone accessible)	MR = 5 m
	ZP = 5 m si les limites de carrières sont consignées dans des éléments d'archives (zone inaccessible)	
Carrière de craie présumée effondrée en majeure partie	ZP = 5 m quand les limites de carrières sont consignées dans des éléments d'archives avec précision	MR = 5 m
	ZP = 10 m si les limites de carrières sont consignées dans des éléments d'archives avec imprécision (départs de galeries possibles)	
Caves dans le calcaire grossier ou dans la craie	ZP = 2,5 m si les limites de caves sont parfaitement connues	MR = 2,5 m
	ZP = 5 m si les limites de caves sont consignées dans des éléments d'archives (zone inaccessible)	
Carrière de calcaire grossier exploitée par piliers tournés	ZP = 5 m	MR = 2,5 m
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages(*)	ZP = 20 m	MR = 0 m
Zone présumée fouillée (**)	ZP = 0 m	MR = 0 m
Cavité souterraine comblée	ZP = 0 m	MR = 0 m

tableau 1: Répartition des largeurs des zones de protection et des marges de reculement

(*) : les limites d'une exploitation par hagues et bourrages n'étant pas connues avec précision, il convient de retenir une grande largeur pour la zone de protection mais pas de marge de reculement.

(**) : l'emprise de la zone n'étant pas spécifiquement désignée, il n'y a pas lieu de considérer de zone de protection ou de marge de reculement.

Bien qu'il existe un recensement et une cartographie exhaustive des carrières souterraines abandonnées sur la commune de Bougival, des désordres observés en surface ont révélé la présence de travaux non répertoriés dans deux secteurs. Pour le premier (décrit dans la fiche n°10 du présent document), le zonage a été délimité, pour partie, en prenant en compte la topographie du terrain. Concernant le second secteur (décrit dans la fiche n°16), compte-tenu de l'effondrement localisé (F1975) et de la faible étendue des exploitations de calcaire grossier dans ce secteur, il a été décidé de restreindre le zonage aux parcelles sous-minées en prenant en considération la topographie au niveau des entrées.

D'un point de vue schématique, la largeur de la zone de protection est majorée quand les limites exactes de la carrière ne sont pas vérifiables (zone inaccessible, limites résultant de l'analyse des archives) pour intégrer une incertitude sur le périmètre exacte de la zone sous-minée. Elle fait l'objet d'une majoration complémentaire quand des départs sont mentionnés sur les archives (pas de limites précises définies sur les plans).

En ce qui concerne, la largeur de la marge de reculement, elle a été définie en tenant compte d'une part de la configuration des cavités (hauteur des vides, épaisseur de recouvrement, nature des matériaux, type d'exploitation...) et d'autre part d'une analyse des effets induits par les anciens accidents (ainsi, l'évènement redouté pour des caves et des exploitations de calcaire grossier par piliers abandonnés est principalement le fontis qui aura un impact moindre que l'effondrement généralisé susceptible de survenir au niveau d'une carrière de craie).

III.2.3 probabilité d'occurrence

L'estimation de la survenance d'un phénomène s'appuie, dans la mesure où la localisation des cavités est bien connue, sur la prévision dans le temps de la rupture du massif rocheux. En l'absence de périodes de retour «types» (à l'instar des crues dites décennales ou centennales dans le cas des inondations), l'approche pour les mouvements de terrains dus aux carrières souterraines va s'appuyer sur l'analyse du caractère évolutif des cavages, c'est-à-dire sur les prédispositions à l'endommagement et à l'évolution de vides.

Il convient de conserver à l'esprit que toutes les cavités de Bougival sont susceptibles de provoquer à terme des venues à jour de fontis voire d'effondrements généralisés puisque de tels évènements se sont déjà produits sur le territoire communal ainsi que sur d'autres sites présentant des configurations analogues en Ile de France.

Dans ce contexte, le critère déterminant pour ces cavités d'origine anthropique sera donc, en regard des caractéristiques générales des cavages (matériau exploité, hauteur des vides, recouvrement...), le caractère évolutif des excavations (existence ou non de parties ennoyées, zone de carrières en majeure partie déjà effondrées...) qui est fonction de l'état de dégradation estimé ou constaté de celles-ci.

Le caractère évolutif des excavations sera donc évalué sur trois niveaux selon la grille suivante:

Type de cavités et emprises concernées (Zsm : zone considérée sous-minée / ZP : Zone de protection)	Probabilité d'occurrence
Carrière de craie non effondrée (hors galerie isolée) : Zsm et ZP	Forte
Galerie isolée en partie ennoyée dans une carrière de craie : Zsm et ZP	Forte
Galerie isolée dans une carrière de craie : Zsm et ZP	Moyenne
Carrière de craie présumée effondrée en majeure partie : Zsm et ZP	Moyenne
Caves dans le calcaire grossier ou dans la craie : Zsm et ZP	Moyenne
Carrière de calcaire grossier exploitée par piliers tournés : Zsm et ZP	Forte
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages : Zsm	Moyenne
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages : ZP	Faible
Zone présumée fouillée	Faible
Marges de reculement	Faible
Cavité souterraine comblée	Très Faible

tableau 2: Grille d'évaluation du caractère évolutif des anciennes cavités

III.2.4 Intensité

L'intensité correspond aux types de manifestations susceptibles d'affecter la surface et d'engendrer des dégâts au bâti. L'ampleur et les caractéristiques des différents types de mouvements de terrains relevés sur le territoire communal sont donc les principaux critères de détermination de cette intensité.

Niveau d'intensité	Description
Élevé à très élevé	Effondrement en masse de la surface

tableau 3: Hiérarchisation des niveaux d'intensité pour un effondrement généralisé (document MEEDDAT)

Niveau d'intensité	Diamètre de l'effondrement
Très limité	Effondrements auto-remblayés à proximité immédiate de la surface (« flache » de profondeur centimétrique)
Limité	$\varnothing < 3m$
Modéré	$3m < \varnothing < 6m$
Élevé	$\varnothing > 6m$

tableau 4: Hiérarchisation des niveaux d'intensité pour un effondrement localisé (document MEEDDAT)

Niveau d'intensité	Description
Très limité	Désordres uniquement perceptibles pour les ouvrages les plus sensibles
Limité	Désordres légers de type fissures isolées sans atteintes aux fonctionnalités du bâtiment
Modéré	Fissures visibles de l'extérieur. Portes et fenêtres peuvent coincer et certaines canalisation se rompre
Élevé	Désordres structurels importants. L'utilisation du bâtiment est compromise

tableau 5: Hiérarchisation des niveaux d'intensité pour un affaissement de terrains

En appliquant les tableaux ci-dessus à la typologie retenue des cavités souterraines de Bougival, on obtient les niveaux suivants pour qualifier l'intensité de l'aléa :

Type de cavités et emprises concernées (Zsm : zone considérée sous-minée / ZP : Zone de protection)	Niveau de l'intensité de l'aléa
Carrière de craie non effondrée (hors galerie isolée) : Zsm et ZP	Élevé à très élevé
Galerie isolée en partie ennoyée dans une carrière de craie : Zsm et ZP	Élevé
Galerie isolée dans une carrière de craie : Zsm et ZP	Modéré
Carrière de craie présumée effondrée en majeure partie : Zsm et ZP	Modéré
Caves dans le calcaire grossier ou dans la craie : Zsm et ZP	Limité à Modéré
Carrière de calcaire grossier exploitée par piliers tournés : Zsm et ZP	Élevé
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages : Zsm	Modéré
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages : ZP	Limité
Zone présumée fouillée	Très Limité
Marges de reculement	Très Limité
Cavité souterraine comblée	Très Limité

tableau 6: Grille d'évaluation de l'intensité de l'aléa des cavages de Bougival

III.2.5 Évaluation de l'aléa

L'évaluation de l'aléa s'appuie classiquement sur l'analyse du champ "Probabilité d'occurrence/Intensité", c'est-à-dire sur le caractère évolutif de la cavité et sur l'importance des phénomènes potentiellement associés.

On retiendra pour la commune de Bougival, les niveaux d'aléa suivants:

Zones exposées (Zsm : zone considérée sous-minée / ZP : Zone de protection)	Probabilité d'occurrence	Niveau de l'intensité de l'aléa	Niveau de l'aléa
Carrière de craie non effondrée (hors galerie isolée) : Zsm et ZP	Forte	Élevé à très élevé	Fort
Galerie isolée en partie ennoyée dans une carrière de craie : Zsm et ZP	Forte	Élevé	Fort
Galerie isolée dans une carrière de craie : Zsm et ZP	Moyenne	Modéré	Moyen
Carrière de craie présumée effondrée en majeure partie : Zsm et ZP	Moyenne	Modéré	Moyen
Caves dans le calcaire grossier ou dans la craie : Zsm et ZP	Moyenne	Limité à Modéré	Faible
Carrière de calcaire grossier exploitée par piliers tournés : Zsm et ZP	Forte	Élevé	Fort
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages : Zsm	Moyenne	Modéré	Moyen
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages : ZP	Faible	Limité	Faible
Zone présumée fouillée	Faible	Très Limité	Très Faible
Marges de reculement	Faible	Très Limité	Très Faible
Cavité souterraine comblée	Très Faible	Très Limité	Très Faible

tableau 7: Grille d'évaluation du niveau de l'aléa carrière souterraine

Cette qualification est cartographiable (cf. carte de l'aléa en annexe).

CHAPITRE IV: ANALYSE DES ENJEUX

La notion de risque peut être appréhendée comme l'impact potentiel des phénomènes naturels sur les personnes, biens et activités susceptibles d'être exposés. Ces derniers sont désignés plus couramment sous le terme d'enjeux.

Après avoir mis en évidence dans le chapitre 3, la probabilité et l'intensité possibles des phénomènes de mouvements de terrain (aléas), l'analyse des enjeux a pour objet de comprendre l'organisation du territoire et de mettre en évidence les biens et personnes pouvant être affectés par les phénomènes naturels, ou dans certains cas, pouvant en être la cause ou le facteur aggravant.

C'est sur la base de cette analyse du contexte local, croisée avec les résultats de la qualification des aléas, que les choix en matière de zonage et de règlement seront faits dans le cadre du PPRN.

Les points suivants seront abordés :

- historique de l'urbanisation ;
- composition du milieu urbain et naturel ;
- recensement des projets futurs connus à la date d'approbation du PPRN.

IV.1 Historique de l'urbanisation

Au XVII^e siècle, Bougival compte 500 habitants, mais non loin de là, à Versailles, Louis XIV entreprend d'énormes travaux qui vont finir par perturber ce calme village de pêcheurs, de vigneron et de petits fermiers.

L'essor industriel de Bougival a commencé en 1838 par la construction d'une première écluse permettant la navigation sur le deuxième bras de la Seine, jusque là inutilisable. Le fleuve devient très vite la grande voie de communication entre Paris et la Manche. Le trafic des péniches et des bateaux à vapeur, les services réguliers de passagers, deviennent si intenses que deux nouvelles écluses seront construites en 1883.

C'est à la « Belle Époque », avec ses promenades, ses canotiers, ses guinguettes, ses restaurants et ses hôtels que les Parisiens se bousculent à Bougival. Attirés par ce cadre et par son accès facile, les peintres arrivent sur les bords de Seine et font de la ville celle des impressionnistes.

Aujourd'hui, Bougival garde son caractère de petite ville de l'Île de France. La rue principale, les quais où sont situés la plupart des commerces, artisans, restaurants, sont idéalement placés face à la Seine.

IV.2 Composition du milieu urbain et naturel

La commune de Bougival présente de forts atouts issus de sa situation géographique et de l'histoire de son développement :

- une large ouverture directe sur la Seine ;
- un centre-ville porteur d'une forte identité urbaine à proximité immédiate d'une gare bien desservie.

Pourtant, plusieurs obstacles limitent les possibilités, pour la commune, de tirer tous les bénéfices de ces points forts. En particulier, les infrastructures routières et ferroviaires, et le relief qui introduisent des ruptures pénalisantes.

La commune est en effet desservie par la RD113 qui longe le fleuve et par la route départementale D321 d'orientation nord-sud. Cette dernière croise la précédente au droit du pont de Bougival (Pont Maréchal-de-Latre-de-Tassigny) qui assure la liaison avec Croissy-sur Seine.

Sur le plan ferroviaire, la commune dispose d'une gare sur la ligne qui relie Paris-Saint-Lazare à Saint-Nom-la-Bretèche ; elle est située sur la commune de La Celle-Saint-Cloud.

Le territoire est très fortement urbanisé mais compte encore des espaces naturels boisés notamment dans sa pointe sud-ouest, une partie de la forêt domaniale de Louveciennes et, à l'est, le domaine de la Jonchère sur les pentes tournées vers la Seine et jouxtant La Celle-Saint-Cloud).

Le projet d'aménagement et de développement durable du Plan Local d'Urbanisme² s'oriente ainsi vers une affirmation plus forte des trois entités composant le territoire, avec l'ambition d'exploiter au mieux toutes leurs potentialités :

- concernant la Seine, l'objectif est de renouer avec le fleuve en tant qu'élément identitaire fort, et porteur de qualité pour le cadre de vie des habitants, mais aussi pour l'accueil des activités touristiques. Concernant le centre, cœur de la commune en termes géographiques et fonctionnels, l'objectif est de le conforter dans son rôle d'animation et fédérateur de la vie locale en valorisant le cadre urbain de qualité et en offrant un meilleur accueil pour les piétons ;
- concernant le haut de Bougival, il s'agit de structurer un réel pôle à la hauteur de l'atout que représente son appartenance au périmètre immédiat de la gare. Enfin, les objectifs sont complétés par l'ambition de faire rayonner les trois pôles à l'échelle de l'ensemble de la commune, et pour cela de retisser des liens spatiaux et sociaux qui sont aujourd'hui amoindris.

IV.3 Recensement des projets futurs connus à la date d'approbation du PPRN.

Les principaux projets recensés sur la commune sont au nombre de six :

- construction maisons individuelles (entre la RD 321 et la route de Saint-Cloud)
- construction maisons individuelles (entre la RD 321 et la rue P.Brossolette)
- construction de quelques logements (rue du Peintre Gérôme)
- construction équipement public (crèche et salle)
- réhabilitation ancienne école anglaise
- réaménagement de l'ancien site Renault en activités et logements

La cartographie de ces enjeux (figure 29 page suivante) est jointe au format A3 à l'annexe 3 de la présente note de présentation.



Figure 29: Carte des enjeux

CHAPITRE V: ZONAGE ET REGLEMENT

A partir du résultat des études décrites aux chapitres 3 et 4, des principes de délimitation des zones règlementées dans le cadre du PPR ont été arrêtés en association avec la commune de Bougival (cf « association », chapitre VI).

Le règlement du PPRN définit pour chacune des zones règlementées :

- les interdictions et prescriptions pour les projets de constructions, les aménagements et autres changements d'occupation du sol ;
- les travaux devant être réalisés dans un délai fixé à compter de la date d'approbation du PPR, pour les biens et activités existants les plus exposés ;
- les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à mettre en œuvre pour diminuer, voire annuler, les préjudices humains et les dommages susceptibles d'être générés par les mouvements de terrain pris en compte.

Les secteurs exposés étant pour la plupart urbanisés (en dehors du parc de la Jonchère), c'est sur la base des niveaux d'aléas que des choix ont été opérés afin de distinguer, d'une part, des zones d'interdiction de construire et, d'autre part, des secteurs exposés où le PPRN définit des prescriptions pour tout projet d'aménagement.

V.1 Zonage règlementaire

V.1.1 Principes

La prévention des risques passe par des dispositions différentes selon que les terrains sont sous-minés par des caves, parfois superposées ou inaccessibles, des cavités exploitées par piliers tournés, d'anciennes carrières exploitées selon méthode dite de « hague et bourrage » ou des terrains qui sont dans la zone d'influence de ces secteurs en cas d'effondrement (zones de protection, marges de reculement).

La carte de zonage règlementaire, carte opposable notamment aux décisions d'urbanisme, indique le niveau de la contrainte règlementaire ; conformément à l'article L. 562-1 du code de l'environnement, ce sont principalement les secteurs où prévaut l'interdiction de construire, et les secteurs où des prescriptions sont imposées qui sont délimitées.

V.1.2 Zones règlementées

Les territoires exposés de la commune ont été divisés en trois catégories de zones règlementées. Ces zones concernent les emprises directement sous-minées ainsi que des zones de précaution (zone de protection ZP et marge de reculement MR) où la surface peut subir des mouvements de terrains liés à la proximité de ces travaux souterrains.

Aléa carrières souterraines de craie et de calcaire grossier	• des zones rouges fortement exposées	R
	• des zones bleues moyennement à très faiblement exposées	B

Les **zones Rouges (R)** correspondent aux emprises sous-minées des carrières de craie non effondrées, des galeries isolées en partie ennoyées tracées dans la craie, des carrières de calcaire grossier exploitées par piliers tournés, majorées des zones de protection correspondantes.

Les **zones bleues (B1, B2, B3 et B2)** correspondent aux marges de reculement des zones rouges et aux emprises sous-minées, aux zones de protection et aux marges de reculement des autres cavités ainsi qu'aux emprises des zones présumées fouillées.

Les **zones Grises** correspondent aux emprises sous-minées des cavités souterraines ayant fait l'objet de travaux de mise en sécurité (comblement...).

Les zones rouges sont inconstructibles (à l'exception de certains aménagements spécifiques), les autres zones sont constructibles moyennant le respect de certaines prescriptions détaillées dans le présent règlement.

La grille ci-après indique, quelle que soit l'occupation du sol, la couleur adoptée selon le niveau de l'aléa et la localisation de la zone.

Type de cavités	Zones concernées	Emprise considérée sous-minée	Zone de Protection	Marge de Reculement
Carrière de craie non effondrée (hors galerie isolée)				
Galerie isolée en partie ennoyée dans une carrière de craie		Zone Rouge		
Carrière de calcaire grossier exploitée par piliers tournés				Zone bleue B2
Galerie isolée dans une carrière de craie		Zone bleue B1₁		
Caves dans le calcaire grossier ou dans la craie				
Carrière de craie présumée effondrée en majeure partie		Zone bleue B1₂		
Carrière de calcaire grossier exploitée par hagues et bourrages		Zone bleue B1₃	Zone bleue B2	-
Zone présumée fouillée		Zone bleue B2	-	-
Cavité souterraine comblée		Zone Grise	-	-

tableau 8: Grille du zonage du P.P.R

(*): Pour ce type de cavités, les dispositions définies pour la zone B2 ne s'appliquent que pour les nouveaux projets de construction

V.2 Règlement

V.2.1 Principes

En application des articles L. 562-1 et suivants du code de l'Environnement, le règlement définit :

- les interdictions et prescriptions pour les projets de constructions, les aménagements et autres changements d'occupation du sol (chapitre 2) ;
- les études et travaux devant être réalisés dans un délai fixé à compter de la date d'approbation du PPRN, pour les biens et activités existants les plus exposés (chapitre 3) ;
- les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à mettre en œuvre pour diminuer, voire annuler, les préjudices humains et les dommages susceptibles d'être générés par les mouvements de terrain pris en compte (chapitre 4).

Le règlement du PPRN ne fait pas obstacle à l'application des autres législations et réglementations en vigueur.

Les travaux d'entretien et de gestion courants des constructions et installations implantées antérieurement à l'approbation du PPRN (notamment opération de réfection de toiture, remplacement/pose de clôtures légères et traitements de façade) ne sont pas interdits par le présent règlement. De même, les travaux et aménagements destinés à réduire ou supprimer les risques ne sont pas réglementés au titre du PPRN mais doivent respecter les normes et réglementations en vigueur et se conformer aux préconisations de l'annexe du règlement.

V.2.2 Réglementation des projets

V.2.2.i Définition des projets

Les projets règlementés par le PPRN peuvent être :

- des constructions nouvelles susceptibles de faire l'objet d'un dépôt de permis de construire ;
- des aménagements ou des ouvrages qui ne rentrent pas forcément dans la catégorie précédente mais dont l'impact sur les risques existants, ou la vulnérabilité à l'égard de ces risques, justifient d'être encadrés voire interdits par le PPRN ;
- certains aménagements de biens existants à la date d'approbation du PPRN qui doivent également être règlementés compte-tenu des risques encourus ou pouvant être aggravés : extension de bâtiments existants, changement de destination ou l'aménagement de constructions existantes à la date d'approbation du PPRN.

V.2.2.ii Mise en œuvre des mesures

La justification des niveaux de contrainte pour chaque zone est donnée au point V.1.2 :

- dans les zones R d'aléas les plus forts, l'interdiction de construire est la règle générale tant pour les constructions nouvelles que les extensions de bâtiments existants ;
- dans les autres zones, il est prescrit pour tout projet de construction une étude géotechnique préalable et la réalisation des travaux de mise en sécurité correspondants.

Les caractéristiques de la mission géotechnique sont données en annexe du règlement. La mission géotechnique dépend de la localisation des biens au regard de la typologie du vide souterrain: La carte de zonage réglementaire permet de préciser la situation des propriétés au regard des risques liés aux cavités.

Conformément à l'article R. 431-16.c du Code de l'Urbanisme, toute demande de permis de construire devra être accompagnée d'une attestation établie par l'architecte du projet ou par un expert agréé :

- certifiant la réalisation des études géotechniques préalables exigées dans le règlement ;
- constatant que le projet prend en compte, au stade de la conception, les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation définies par ces études.

La nature et les conditions d'exécution des techniques de prévention prises pour l'application du règlement sont définies et mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre concernés par les constructions, installations et travaux visés. Si, au stade du dépôt de permis de construire, il n'est imposé en application de la réglementation en vigueur que la réalisation de l'étude et le dépôt de l'attestation prévue à l'article R. 431-16.c du CU, il est néanmoins obligatoire de procéder aux travaux de mise en sécurité préconisés par l'étude **avant le démarrage de la construction ou des aménagements.**

En outre, les droits de visite et de communication prévus à l'article L. 461-1 du CU pourront être mis en œuvre par l'autorité compétente pour procéder au contrôle de la réalisation de ces travaux par la communication de tous documents utiles. Il est rappelé à ce titre que les articles R. 462-6 et R. 462-7.d du CU imposent, tels que rédigés à la date d'approbation du PPRN, un récolement obligatoire par l'autorité compétente, donc la commune dans le cas présent, dans un délai de 5 mois à compter de la réception de la déclaration d'achèvement des travaux.

V.2.2.iii Sanctions

Conformément à l'article L. 562-5 du code de l'Environnement, le non-respect des dispositions du PPRN est puni des peines prévues à l'article L.480-4 du code de l'Urbanisme (versement d'une amende) dans les deux situations suivantes :

- construction ou aménagement d'un terrain situé dans une zone inconstructible ;
- non respect des conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par le PPRN.

Le respect des dispositions du PPRN garantit à l'assuré, dans le cadre de son contrat, le bénéfice éventuel de l'indemnisation des dommages matériels directement occasionnés par la survenance de l'événement, lorsque l'état de catastrophe naturelle aura été constaté par arrêté interministériel.

Selon les dispositions de l'article L. 125-6 du code des Assurances, l'obligation de garantie de l'assuré contre les effets des catastrophes naturelles prévue à l'article L. 125-2 du même code ne s'impose pas aux entreprises d'assurance à l'égard des biens ou activités postérieurs à la publication du PPRN lorsqu'il sont :

- situés dans des terrains classés inconstructibles par le PPRN ;
- construits ou exploités en violation des règles du PPRN.

Toutefois, cette dérogation ne peut intervenir que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat d'assurance.

V.2.3 Mesures sur les biens et activités existants

V.2.3.i Justifications

En application du 4° de l'alinéa I de l'article L. 562-1 du code de l'environnement, le PPRN doit définir les mesures qui s'appliquent aux biens et activités existants à la date d'approbation du PPRN. Ces mesures visent à la mise en sécurité des personnes et des biens dans les zones les plus exposées.

V.2.3.ii Nature des mesures

Dans l'ensemble des zones rouges R et bleues B qui sont exposées aux aléas les plus forts, il est demandé aux propriétaires de constructions existantes la réalisation d'une étude géotechnique spécifique afin de déterminer les conditions particulières de mise en sécurité de leur bien.

Les études doivent être, dans tous les cas, réalisées dans un délai de 2 ans à compter de l'approbation du PPRN.

Concernant les travaux de mise en sécurité qui seraient prescrits aux termes de cette étude, le règlement du PPRN les rend obligatoires dans la mesure où leur coût ne dépasse pas 10% de la valeur vénale des biens (pour une maison individuelle par exemple, la valeur du bien est appréciée sur l'ensemble du bâti et du terrain).

Cette limitation du montant des aménagements imposés aux propriétaires est prévue à l'article R. 562-5 du code de l'environnement. Elle doit conduire le propriétaire du bien à demander à l'auteur de l'étude géotechnique de prioriser les travaux qui seraient les plus urgents à réaliser au regard du risque.

Les travaux de mise en sécurité préconisés dont le coût ne dépasse pas le seuil des 10% de la valeur vénale du bien devront être effectués dans un délai de 5 ans à compter de l'approbation du PPRN.

Pour de plus amples informations sur les travaux pouvant être réalisés, il convient de consulter les sites internet institutionnels des services de l'Etat (DDT des Yvelines, DRIEE, ministère en charge de l'écologie) ou encore le site portail de la prévention des risques naturels www.prim.net.

V.2.3.iii Aides financières

En application de l'article L. 561-3 (1.4°) du code de l'Environnement, les mesures rendues obligatoires par le PPRN peuvent faire l'objet d'un financement par le fonds de prévention des risques naturels majeurs. Il conviendra de se rapprocher des services de l'Etat compétents pour la gestion des fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) pour déposer un dossier de demande de subvention selon les taux d'intervention en vigueur.

A la date d'approbation du PPRN de Bougival, c'est le service de l'environnement de la

direction départementale des territoires qui assure le suivi des dossiers de financement par le FPRNM. L'ensemble des informations relatives aux financements, dont les dossiers de demande de subvention, sont disponibles sur le site internet de la direction départementale des territoires des Yvelines.

V.2.3.iv Sanctions possibles

En application de l'article L.125-6 du code des Assurances, l'assureur peut (lors de la souscription initiale ou du renouvellement du contrat), sur décision du bureau central de tarification, excepter un bien du contrat ou procéder à des abattements spéciaux sur les indemnités à verser (augmentation de la franchise) si le propriétaire ou l'exploitant ne se conforme pas aux mesures de réduction de la vulnérabilité rendues obligatoires par le PPRN dans le délai prescrit (ou à défaut 5 ans) sur les biens et activités existants.

V.2.4 Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Ces mesures à caractère général sont définies dans le chapitre 4 du règlement. Elles s'appliquent à l'ensemble des projets autorisés ainsi qu'aux biens et activités existants à la date d'approbation du PPRN.

Les mesures de prévention ont principalement pour objectif la gestion de l'eau dans les secteurs à risque qui constitue dans le cas des mouvements de terrains le principal facteur aggravant.

Elles imposent également une vigilance sur les usages des terrains, par un avis d'expert sur les occupations actuelles ou futures des cavités et leurs conséquences sur la stabilité du sous-sol.

Enfin, elles imposent une surveillance régulière par des visites d'inspection dont la périodicité dépend des secteurs identifiés par le PPRN, donc des niveaux de risque et de la typologie des vides souterrains.

Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde sont à réaliser dans les délais prévus par le présent PPRN, et à défaut dans le délai de 5 ans prévu à l'article L. 562-1 du code de l'Environnement. Elles incombent aux propriétaires du sous-sol qui, sauf situation de propriété particulière, est le propriétaire du terrain en surface en application de l'article 552 du code civil. Dans certains, elles pourraient être réalisées par les occupants du sous-sol disposant d'une autorisation du propriétaire.

En application de ce même article L. 562-1 du CE, en cas de non réalisation des prescriptions dans le délai indiqué dans le PPRN (ou à défaut 5 ans), le Préfet peut mettre en demeure les personnes auxquelles incombaient la réalisation des mesures et, le cas échéant, ordonner la réalisation des mesures aux frais de ces dernières.

L'article 11 relatif aux mesures de protection et de sauvegarde rappelle les dispositifs en vigueur concernant l'information de la population dans les zones de risque et les actions recommandées en cas d'évènement. Ces dispositions sont particulièrement importantes dans le cas du secteur du Fond de Bougival.

CHAPITRE VI: DEMARCHE D'ASSOCIATION ET DE CONCERTATION

Conformément à l'arrêté de prescription pris le 27 octobre 2010 par la préfète des Yvelines, le plan a été élaboré en association avec la commune de Bougival et en concertation avec le public potentiellement concerné.

VI.1 Les modalités d'association

Une première réunion de lancement du PPRN de Bougival, en sous préfecture, le 15 avril 2010, a permis de présenter l'importance des risques au regard des mouvements de terrains liés au caractère évolutif des anciennes carrières souterraines abandonnées. Les services de l'État ont à cette occasion proposé au maire de Bougival la démarche PPRN pour définir les conditions de prévention de ces risques.

Dans le cadre de cette procédure, la commune (par courrier du 15 juin 2010) a défini les participants au comité de pilotage (COFIL) chargé de suivre et de valider chaque étape du PPRN. Ce COFIL s'est réuni trois fois en sous préfecture de Saint-Germain-en-Laye, en présence du sous-préfet et de la DDT 78 (le 21/10/10, 08/03/11 et le 24/05/11).

Les études d'aléa ont été présentées aux élus et aux services de la commune tout au long de la procédure, leur permettant de compléter la réalité des sinistres passés par leur connaissance du contexte historique local. La validation du zonage et du règlement proposés a aussi suivi la même approche.

La fin de cette première phase d'association a été la présentation du projet de PPRN dans sa globalité au sous préfet de Saint Germain en Laye et aux élus de la commune dans le cadre d'une réunion de Copil du 24 mai 2011. Les points spécifiques des formes de la concertation avec la public et la stratégie de prévention des risques sur le quartier du fond de Bougival ont été discutés et validés.

VI.2 Les modalités de concertation

La concertation du public a été menée au travers d'une réunion publique et par la mise en ligne du projet de PPRN (zonage, règlement et note de présentation) sur le site Internet de la DDT.

Afin d'informer au mieux les habitants, une réunion de concertation a été organisée le 13 février 2012. Cette dernière a réuni une trentaine de personnes et a permis la présentation du projet et les réponses à diverses questions.

Le projet de PPRN a été porté à la connaissance de la population lors d'une enquête publique d'un mois qui s'est tenue du 13 février au 21 mars 2012 inclus, en mairie de Bougival. Le commissaire-enquêteur a remis son rapport d'enquête publique en Préfecture des Yvelines le 12 avril 2012.

Après analyse du dossier, du déroulement de l'enquête publique et des observations recueillies, le commissaire enquêteur a émis un avis positif au projet de PPRN porté à l'enquête publique avec une réserve concernant l'indication du caractère "accessible, aisément accessible ou inaccessible" du sous sol.

Concernant cette réserve, il est important de rappeler que dans les Yvelines, l'Inspection Générale des Carrières (IGC, service du Conseil Général) a pour mission de centraliser la connaissance disponible sur la localisation ainsi que l'état des anciennes cavités souterraines.

Dans ce sens, il est donc possible de consulter ce service pour toute demande d'information ou d'obtenir tous les renseignements disponibles sur l'accessibilité et les conditions de ces accès.

Cette consultation du service des carrières permettra au public de disposer le cas échéant d'informations plus précises et actualisées celles qui auraient pu être indiquées dans le PPRN.

En conclusion, considérant ce qui précède, il n'a pas été réalisée une carte précisant pour chaque parcelle les conditions d'accessibilité. Le règlement du PPRN a par contre été complété pour rappeler cette possibilité d'accéder à l'information sur l'accessibilité des carrières auprès de l'IGC.

L'annexe 5 reprend plus en détail les recommandations et réserves du commissaire enquêteur ainsi que les réponses apportées par les services instructeurs.

Annexes

Annexe 1 : Cartographie des aléas liés à la présence d'anciennes carrières souterraines.

Annexe 2 : Cartographie des enjeux.

Annexe 3 : Recommandations pour les examens géotechniques.

Annexe 4 : Recommandations pour les reconnaissances des sols par sondages.

Annexe 5 : Observations formulées lors de l'enquête publique et réponses du service instructeur.

ANNEXE 1.

Cartographie des aléas liés à la présence d'anciennes carrières souterraines.

ANNEXE 2.

Cartographie des enjeux.






COMMUNE DE BOUGIVAL





PLAN DE PREVENTION DES RISQUES - MOUVEMENTS DE TERRAIN

Synthèse des enjeux



Typologie du bâti

-  Equipements publics ou privés
 -  Habitat individuel
 -  Habitat collectif
 -  Centre ville (usage mixte)
 -  Projets
- 1 - Construction maisons individuelles
 - 2 - Construction équipement public (grèche + salle) et logements
 - 3 - Construction logements
 - 4 - Projet "Mercedes" + logements
 - 5 - Construction maisons individuelles
 - 6 - Réhabilitation ancienne école anglaise

-  Aléa fort
-  Aléa moyen
-  Aléa faible
-  Aléa très faible

Echelle : 1 / 35000ème

Maîtrise : STAVAGE / AQ / CT
 Date de plan numérique : 05/07/2011, 05/07/2011, 05/07/2011
 Source des données : commune de Bougival

COMMUNE DE BOUGIVAL PLAN DE PREVENTION DES RISQUES - MOUVEMENTS DE TERRAIN

Synthèse des enjeux



Typologie du bâti

- Equipements publics ou privés
- Habitat individuel
- Habitat collectif
- Centre ville (usage mixte)



Projets

- 1 - Construction maisons individuelles
- 2 - Construction équipement public (crèche + salle) et logements
- 3 - Construction logements
- 4 - Projet "Mercedes" + logements
- 5 - Construction maisons individuelles
- 6 - Réhabilitation ancienne école anglaise

Alta fort	Alta moyen	Alta faible	Alta très faible

Échelle : 1 / 3500ème

Mobilisation : SPANUS / AD / CT
Fond de plan numérique : BD Carthage 25M, BD Carthage 10M, BD Carthage 5M, BD Carthage 2M
Sources des données : commune de Bougival

ANNEXE 3.

Recommandations pour les examens géotechniques.

RECOMMANDATIONS POUR LES EXAMENS GEOTECHNIQUES

Un examen géotechnique est requis lorsque d'anciennes carrières souterraines abandonnées sont accessibles (ou lorsqu'elles peuvent être rendues accessibles facilement). Il est réalisé par un expert (géotechnicien ou géologue) et doit comprendre :

- une inspection détaillée du "site" avec relevé de tous les désordres visibles :
 - les fractures antérieures à l'ouverture des cavités, appelées diaclases et d'origine tectonique
 - les fissures d'origine mécanique, consécutives à l'ouverture des galeries et à un niveau de contraintes trop élevé, qui affectent les piliers et les ciels, et dont l'évolution peut aboutir à la ruine des piliers ou à la formation de fontis ou à des effondrements généralisés
 - l'hydrogéologie et les ruissellements
 - l'état et les caractéristiques du recouvrement (terrains au dessus de la cavité)
- le report sur un plan à l'échelle de toutes les observations
- l'évaluation de l'endommagement des cavités
- un diagnostic concluant sur la sécurité avec définition de la nature des travaux de prévention ou de mise en sécurité éventuels à réaliser

Ces diagnostics géotechniques sont régis par la norme NF P94-500 dans le cadre des missions de type G5 et doivent être menés avec les moyens appropriés par un organisme compétent, possédant dans la mesure du possible les qualifications 1001 "étude de projets courants en géotechnique", 1002 "étude de projets complexes en géotechnique" et 1201 "étude de fondations complexes" de l'Organisme Professionnel de Qualification de l'Ingénierie : infrastructure - bâtiment - industrie (O.P.Q.I.B.I.), ou une qualification européenne équivalente.

L'examen géotechnique doit atteindre plusieurs objectifs:

- évaluer l'état de conservation des cavités
- définir les travaux confortatifs éventuellement nécessaires pour garantir la stabilité des cavités et / ou la surveillance à exercer
- à vérifier la concordance des structures du bâti existant ou futur avec le contexte géotechnique
- suivre l'évolution des cavités (il est recommandé aux propriétaires dont la stabilité générale des cavités n'est pas remise en cause dans le premier examen géotechnique, de mettre en place des visites de contrôle visuel régulières)

ANNEXE 4.

Recommandations pour les reconnaissances des sols par sondages.

RECOMMANDATIONS POUR LES RECONNAISSANCES DES SOLS PAR SONDAGES

La reconnaissance des sols demandée doit atteindre plusieurs objectifs:

- déterminer l'existence des cavages
- préciser les contours et l'extension des cavages
- connaître leur état de comblement (vides, partiellement remblayés, comblés, etc. ...)
- évaluer leur état de stabilité (partiellement effondrés, toits effondrés, etc. ...)
- apprécier la qualité du recouvrement (terrains décomprimés, amorces de fontis, cloches, etc. ...)

Il est recommandé de mettre en œuvre les moyens suivants:

- forage destructif en rotation pure
- outil: tricône d'un diamètre proche de 100 millimètres
- enregistrement numérique des paramètres instantanés de forages suivants:
 - x vitesse d'avancement
 - x pression hydraulique constante maintenue sur l'outil
 - x pression du fluide de forage (si possible eau claire ou boue biodégradable si des problèmes de tenue de parois surviennent)
- tests de chute libre enregistrés et réalisés "machine chaude" pour chaque forage:
 - x tête nue (sans tige)
 - x en fond de forage avec le train de tige complet
- détermination de la hauteur minimale de vide détectable en fonction du type d'appareil

Les caractéristiques du matériel mis en œuvre seront fournies avec le résultat des investigations qui présentera:

- la localisation des sondages sur un plan à l'échelle où figureront:
 - x les installations existantes
 - x les installations prévues
 - x les limites de propriété
 - x les voiries
 - x l'orientation
 - x le nivellement approximatif des têtes de sondages
- les diagrammes d'enregistrement de chaque forage présentant la géologie rencontrée
- les tests de chute libre
- l'analyse géotechnique des résultats, incluant un rapport établi par un géotechnicien dans le cadre d'une mission de type **G 12** selon la norme NFP 94-500 définissant clairement les travaux de consolidations et / ou de fondations éventuellement à mettre en œuvre.

Ces recommandations sont aussi à appliquer pour les sondages nécessaires à la vérification de la présence d'anomalies détectées par la mise en œuvre de méthodes géophysiques appropriées à la localisation de cavités souterraines.

ANNEXE 5.

Observations formulées lors de l'enquête publique et réponses du service instructeur.

Le commissaire enquêteur indique que la participation du public est apparue normale compte tenu des enjeux. De nombreuses remarques et questions ont été émises par le public, dont deux par écrit. De plus Madame le maire de Bougival a été entendue par le commissaire enquêteur avant et après l'enquête publique.

Après analyse, il a proposé deux recommandations et une réserve reprises ci-dessous.

Recommandation n°1 :

"Lever l'ambiguïté figurant à l'article 12 du règlement en précisant les responsabilités qui s'attachent à la réalisation des études décrites dans cet article."

Commentaires et avis du service instructeur :

L'article 12 du règlement concerne les aménagements et occupations qui ont lieu dans les espaces sous-minés (cave à vins stockage de matériaux, garages etc...) et non les aménagements en surface qui, eux, sont réglementés par les dispositions du chapitre 2 du règlement.

Les aménagements en sous-sol ne sont pas réglementés directement par les règles d'urbanisme qui concernent les projets en surface (occupation du sol). Au titre des mesures de prévention, le règlement du PPRN demande à ce que les utilisations ou aménagements du sous-sol fassent l'objet d'un avis d'expert afin de garantir qu'ils ne sont pas de nature à aggraver les instabilités du sous-sol.

Conformément à l'article 552 du code civil, la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous. De ce fait, la responsabilité des ouvrages ou occupations en sous-sol et leurs effets, incombe, sauf situation de propriété particulière, au propriétaire des terrains de surface. Toutefois, si le propriétaire confère un droit d'usage d'une partie de sous-sol sous sa propriété à un tiers, l'étude peut être réalisée par l'occupant disposant de la permission du propriétaire.

Recommandation n°2 :

"Annexer au même règlement la fiche éditée par la DDT des Yvelines décrivant les opérations finançables par le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs."

Commentaires et avis du service instructeur :

L'élaboration du PPRN a été l'occasion de mieux faire connaître l'existence du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs et des aides disponibles. Des plaquettes seront diffusées et tenues à disposition après l'approbation par les services de la mairie.

Toutes les informations sont publiées sur le site internet de la DDT 78 et notamment le dossier de demande de subvention et les coordonnées des personnes à contacter.

Le PPRN renvoie aussi vers le site internet, ce qui permet une actualisation des informations en cas de changement réglementaire.

Réserve :

Le PPRN devra préciser, parcelle par parcelle, le caractère "accessible, aisément accessible ou inaccessible" du sous sol de la dite parcelle, afin de déterminer sans ambiguïté les caractères obligatoires des études géotechniques imposées aux propriétaires des installations situées dans les zones sensibles".

Commentaires et avis du service instructeur :

Le PPR a pour objet de préciser les mesures qui sont applicables à l'aménagement des zones à risques et

les conditions de prévention de nouveaux risques d'une manière générale. Il n'a pas pour vocation de diffuser des informations à la parcelle qui, de plus, sont évolutives et nécessitent d'être actualisées.

Dans les Yvelines c'est l'Inspection Générale des Carrières (service du Conseil Général) qui a pour mission de centraliser la connaissance des emplacements ainsi que l'état des anciennes cavités souterraines. Il est donc possible de consulter ce service pour toute demande d'information et notamment concernant l'accessibilité aux carrières.