

LES CHANTIERS DE MISE EN SÉCURITÉ

La Ville de Paris réalise des travaux pour mettre en sécurité son domaine public exposé aux risques de mouvements de terrain dus aux carrières et cavités souterraines. Ainsi, les campagnes de reconnaissance de sols menées dans le cadre de la démarche systématique d'investigation du sous-sol de la voirie en zones de risques mal connues, peuvent conclure à la nécessité de travaux de renforcement du sous-sol.

De même, des travaux peuvent être réalisés suite à un incident - affaissement important ou effondrement - survenant sur une voie publique, dans un parc, un jardin ou un square et dont l'origine est due à un mauvais état du sous-sol.

Enfin, dans le cadre d'opérations d'aménagement, des travaux préalables de mise en sécurité vis à vis des risques de mouvement de terrain dus aux carrières ou à la dissolution du gypse antéludien, peuvent s'avérer nécessaires.

Dans ce cas, la direction qui assure la maîtrise d'ouvrage du projet fait appel à la Division Etudes et Travaux pour assurer la maîtrise d'œuvre de différents types de travaux.

- comblement de carrières souterraines de calcaire ou de gypse,
- comblement de poches de dissolution de gypse antéludien,
- traitement de terrain par injection sous pression de coulis de ciment pour renforcer les caractéristiques mécaniques du sol.
- consolidation de carrières souterraines par la réalisation de travaux de maçonnerie.



Construction d'un pilier maçonné de consolidation en carrière.

GRAND PARIS EXPRESS

La société du Grand Paris et l'IGC ont organisé un programme d'échange d'informations afin de partager au mieux la connaissance des carrières sur le tracé des futures lignes - la consolidation des carrières représentait 25% du coût des lignes de métro dans les années 1900, et ces chiffres sont toujours d'actualité. Dans le cadre de cette convention d'échanges de données, l'IGC accompagne des représentants des entreprises en carrière dans les parties visitables, de

nombreuses données géologiques issues de sondages sont partagées et l'IGC fournit une expertise sur les tracés notamment en termes de consolidations existantes. L'IGC est consultée de manière réglementaire sur les autorisations d'urbanisme déposées par le Grand Paris Express, concernant notamment les gares, mais est aussi consultée dans le cadre des études d'impact sur le reste des ouvrages.

L'IGC accompagne également les institutions publiques dans la définition des conditions dans lesquelles les vides d'anciennes carrières pourraient servir à recueillir les débris des travaux des lignes de métro créées.



L'Inspection Générale des Carrières est un service de la Ville de Paris, en charge de la gestion des risques liés aux anciennes carrières et à la dissolution du gypse à Paris et dans les départements de petite couronne. Depuis sa création en 1777, elle a très largement contribué à la reconnaissance et à la consolidation des anciennes carrières sous la ville. Pourtant, le risque demeure toujours dans de nombreux secteurs.

Le partage des responsabilités : Le propriétaire du sol est

aussi propriétaire du sous-sol (art 552 du Code civil). C'est donc à lui qu'incombe la responsabilité de se prémunir contre les risques liés au sous-sol. Il a par ailleurs l'obligation d'informer acquéreurs et locataires des risques potentiels liés au sous-sol.

L'État est chargé de délimiter les périmètres de risques. Enfin, la Maire prend en compte les risques dans les projets d'aménagement et informe les administrés.

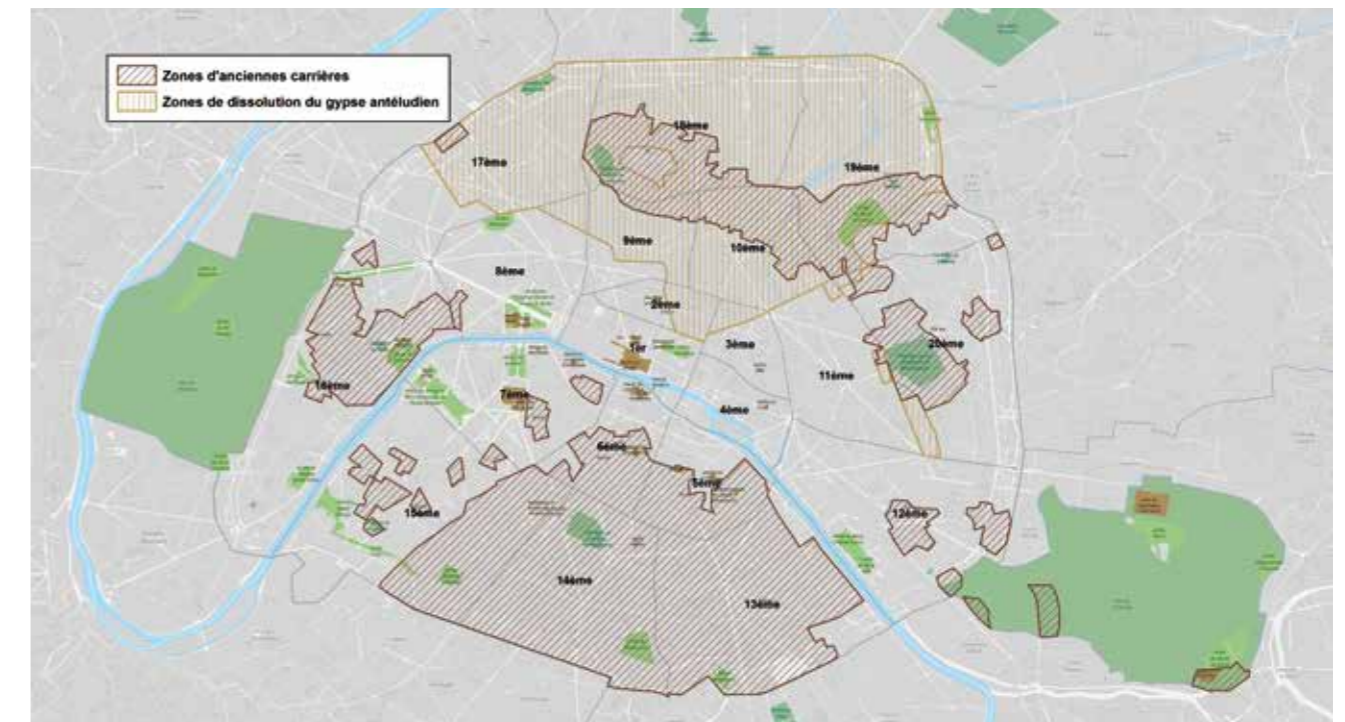
LES ANCIENNES CARRIÈRES ET LA DISSOLUTION ANTÉLUDIENNE À PARIS

La Ville de Paris a été le siège au cours des siècles d'une intense activité d'extraction de divers matériaux en carrière souterraine et à ciel ouvert. L'exploitation des matériaux a laissé des vides considérables dans le sous-sol parisien. Ainsi, on rencontre d'anciennes carrières de gypse dans le Nord-Est de Paris (65 ha sous minés), et d'anciennes carrières de Calcaire Grossier sous les 5^e, 6^e, 12^e, 13^e, 14^e, 15^e et 16^e arrondissements (770 ha). Ces matériaux ont été utilisés pour bâtir la ville (calcaire grossier), et pour la fabrication de plâtre (gypse) dont la région parisienne est, encore

aujourd'hui, l'un des principaux producteurs mondiaux. Par ailleurs, un phénomène naturel mais pouvant être accéléré par l'activité humaine (pompages, etc.) entraîne la dissolution par les circulations d'eau souterraines de certaines couches géologiques contenant du gypse : on parle de poches de dissolution du gypse antéludien.

La lente et inéluctable dégradation de ces cavités peut entraîner des désordres jusqu'à la surface, allant de l'affaissement des terrains à la remontée d'un fontis. Ils constituent donc un risque pour les biens et les personnes.

Les zones d'anciennes carrières et de dissolution du gypse.



EXPERTISE EN CAS D'INCIDENT

Dans le cadre de sa mission de prévention, l'IGC peut fournir une assistance en cas d'incident. Suite à des signalements de désordres, elle se rend sur place afin de constater l'incident, d'envisager les causes probables et d'émettre des recommandations de mise en sécurité. **Au cours de l'année 2017, il y a eu 65 incidents liés au sous-sol parisien sur lesquels l'IGC est intervenue.** En cas de désordre potentiellement lié au sous-sol, sur domaine privé ou public, le

service de l'Inspection générale des carrières peut fournir sans frais un diagnostic préliminaire visant à déterminer les causes possibles, et à orienter le demandeur dans ses démarches techniques.

Si un effondrement, un affaissement ou une dégradation significative d'un bâtiment est constaté, il est possible de joindre l'IGC par téléphone : 01 40 47 58 00 (24h/24 et 7j/7).

INSPECTION DES ANCIENNES GALERIES DE CARRIÈRES

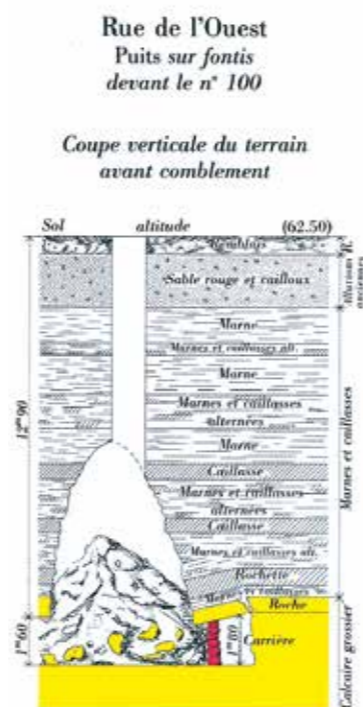
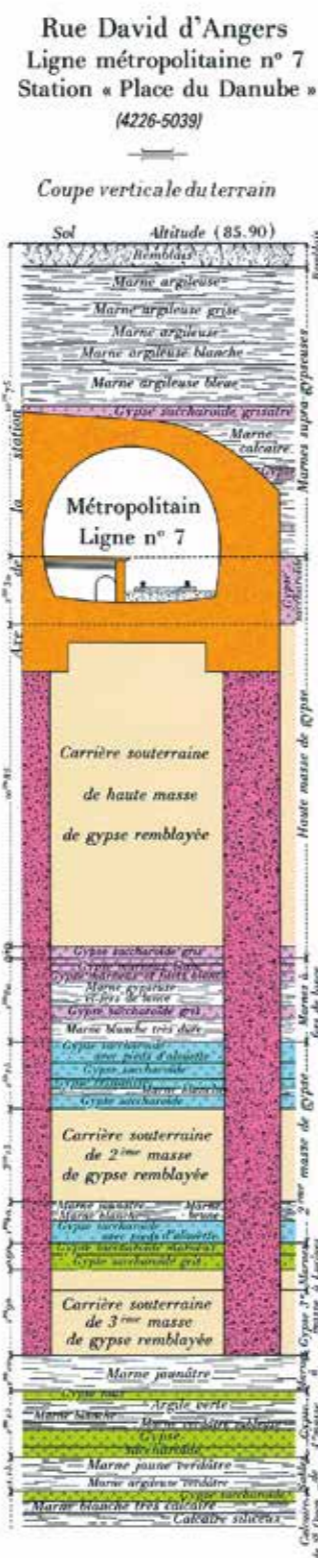
L'Inspection générale des Carrières procède à des visites d'inspection régulières des anciennes galeries de carrières situées sous le domaine public et sous les ouvrages de la R.A.T.P. Ces inspections concernent surtout les anciennes exploitations de Calcaire Grossier, les anciennes carrières de gypse étant inaccessibles sous Paris. La surveillance a pour but de détecter les éventuels désordres avant qu'ils ne s'aggravent et ne portent atteinte à la sécurité publique. Les inspections permettent d'entreprendre les travaux préventifs nécessaires pour réduire au maximum les risques d'effondrement liés à la présence des anciennes carrières. **En 2017, 116 visites de surveillance ont été réalisées dans les anciennes carrières de Paris, dont 44 visites de chantiers.**

Dans le cadre d'une convention d'échanges de données avec la société du Grand Paris, L'IGC accompagne des représentants des entreprises en carrière dans les parties visitables, de nom-breuses données géologiques sont partagées et l'IGC fournit une expertise sur les consolidations existantes.

RENSEIGNEMENTS DES USAGERS ET SUIVI DE DOSSIERS

Le télé-service de demande de renseignement, accessible depuis la page www.igc.paris.fr, permet aux usagers, particuliers ou professionnels, d'obtenir facilement un document émis par l'IGC certifiant la présence d'anciennes carrières ou de risque de dissolution du gypse antéludien au droit de leur parcelle. Sur les 12 derniers mois à la date de fin juillet 2018, l'IGC a traité **29 541 demandes de renseignements** pour la commune de Paris avec un délai de réponse moyen **inférieur à 3 jours**. Les porteurs d'un projet de construction ou les personnes désireuses d'acquérir un bien en zone de carrière ou de risque de dissolution du gypse antéludien peuvent consulter sans rendez-vous les techniciens de l'Inspection générale des Carrières afin de se renseigner sur les risques et les éventuelles prescriptions à prendre en compte dans leur projet. En 2017, l'IGC a reçu **971 usagers** pour la seule ville de Paris.

Accueil du public :
lundi, mercredi et vendredi de 9h à 12h
au 12 place de la Porte de Vanves, 75014 Paris



Ci-dessus : coupe de terrain d'un fontis en front de masse dans le quartier Plaisance (14^e).

À gauche : coupe de terrain sous la rue David d'Angers, près des Buttes Chaumont (19^e).

TRAVAUX EFFECTUÉS SOUS LE DOMAINE PUBLIC

L'Inspection Générale des Carrières entreprend des travaux de consolidation sous le domaine public de Paris en qualité de maître d'œuvre pour des projets d'aménagement de voirie ou pour tout autre espace public (notamment espaces verts...). Après passation de conventions, elle peut également apporter son assistance à l'État, aux collectivités locales ou à des organismes publics. Cette assistance concerne les reconnaissances de sols, le remblaiement des vides de carrières et leur consolidation, le traitement des terrains décomprimés et le comblement des vides de dissolution du gypse antéludien.

En 2017, l'Inspection générale des Carrières a réalisé 35 chantiers de reconnaissance de sols (et un chantier de reconnaissance de sols hors Paris), 7 chantiers d'équipement de piézomètres et 11 chantiers de consolidation de sols à Paris.

TRAVAUX EFFECTUÉS SOUS LE DOMAINE PUBLIC

Chantier de consolidation dans la carrière de la Brasserie située sous le Bois de Vincennes

La brigade de l'IGC a découvert la présence d'une part, sous les bâtiments municipaux occupés par la DEVE, de galeries des étages supérieur et inférieur de Calcaire Grossier présentant un état dégradé dont l'évolution a été jugée préoccupante et d'autre part, un fontis en cours d'évolution.

La campagne de sécurisation, financée par la Direction des Espaces verts et de l'Environnement, s'est poursuivie jusqu'au 10 avril 2017.

102 forages ont été exécutés permettant le remplissage (2700 m³) et le clavage (90 m³) des galeries sus-citées et des vides résiduels présents à l'aplomb du bâtiment. Ce comblement a été complété par des injections sous pression au droit du fontis (99 m³). Des murs-barrages en moellons de calcaire ont été édifiés afin d'éviter la dispersion du coulis dans les parties visitables de la carrière.



À droite : Murs de barrage édifiés entre les cales à bras

Ci-contre : Inspection de la galerie avant comblement

CHANTIER DE CONSOLIDATION DE SOLS RUE JEAN CALVIN ET RUE LHOMOND

En 2017, un fontis a été découvert dans les anciennes carrières situées sous les rues Jean Calvin et Lhomond à Paris 5e, dans un secteur très fréquenté par les étudiants. Des travaux de consolidation de sols par injection ont été



Etudes préalables aux travaux de consolidations dans le secteur des rues Jean Calvin et Lhomond



entrepris dans ce secteur : 94 forages exécutés pour un linéaire de 2000 m, 690 m³ de remplissage gravitaire, 52 m³ de clavages de vides résiduels et 1450 m³ de coulis de traitement des fontis et zones décomprimées.

AVIS SUR LES AUTORISATIONS D'URBANISME

Les arrêtés préfectoraux du 25 février 1977 et du 19 mars 1991 prévoient la saisine de l'IGC pour toute autorisation d'urbanisme dans les zones de risques liées aux anciennes carrières et à la dissolution du gypse antéludien. Pris en application de l'ancien article R 111-3 du Code de l'urbanisme, ces arrêtés ont aujourd'hui valeur de Plan de Prévention des Risques (PPR). En 2017, l'IGC a ainsi émis **864 avis** sur des

demandes d'autorisation d'urbanisme à Paris. Afin de s'assurer de la bonne mise en œuvre des travaux et de maintenir nos informations à jour, des contrôleurs réglementaires de l'IGC sont affectés au suivi des chantiers et la transmission du dossier des ouvrages exécutés est exigée à la fin des travaux. **En 2017, nous avons ainsi pu contrôler 46 chantiers et émis 28 récépissés de travaux en carrière pour la commune.**

TEST DE NOUVELLES TECHNOLOGIES : INTERFÉROMÉTRIE RADAR SATELLITAIRE

De par ses missions, l'IGC s'intéresse particulièrement à des solutions technologiques permettant de suivre à grande échelle et pour des coûts raisonnables l'impact des mouvements de terrains en surface, et notamment sur les bâtiments exposés à des aléas, dans une optique de compréhension de la vulnérabilité des espaces bâtis voire d'alerte en cas de mouvement important détecté.

du gypse antéludien, etc.), soit liés à la nature des sols (remblais urbains de mauvaise tenue, problématique de pente, etc.). Par ailleurs, ils ont permis d'identifier des bâtiments présentant des mouvements apparents importants dont il a souvent pu être établi qu'ils présentent des désordres en parallèle (archives de nos interventions ou observation sur place notamment des façades). Cependant, il est à noter que la corrélation n'est pas parfaite, et s'il semble rare d'observer des mouvements importants sur un bâtiment sans qu'il y ait de désordre identifiable à terme sur celui-ci, la réciproque n'est pas vraie et il peut y avoir une survenue de désordre sans mouvement repérable par satellite.

Cela s'inscrit dans une réflexion globale sur la résilience de la ville, au sens où l'IGC et la Ville de Paris n'ont pas vocation à intervenir directement sur les bâtiments privés, mais où la connaissance de mouvements de terrain en cours sur ces bâtiments permet de mieux cibler les avis sur autorisation d'urbanisme du service le cas échéant, de mieux comprendre la dynamique voire les causes d'incidents sur lesquels notre expertise est demandée, et enfin dans certains cas bien précis peut-être même de permettre à l'IGC de prendre les devants et de contacter les propriétaires pour les prévenir et leur demander s'ils ont pu repérer des désordres sur les bâtiments concernés.

Mouvements mesurés dans le quartier des Amériques (Paris 19^e) construit sur d'anciennes carrières de gypse.



L'IGC s'est donc intéressée dès 2016 à la technologie de l'interférométrie radar satellitaire, et après un premier test de cette technologie sur le nord-est de Paris, a décidé en 2017 d'étendre l'observation haute définition à tout le territoire parisien. Cela nous permet d'étudier les mouvements de terrain sur la période 2011-2017 avec une densité de points de mesure très importante permettant de distinguer dans la majorité des cas le mouvement d'un bâtiment de celui des bâtiments voisins, avec une précision de quelques millimètres et une mesure mensuelle en moyenne pour les mouvements en question.

Les résultats confirment la présence de zones globales de mouvements de terrain liés soit à des phénomènes réglementairement suivis par l'IGC (carrières, dissolution

À présent, cet outil est utilisé en interne afin de mieux comprendre l'exposition du territoire parisien aux aléas liés au sous-sol, et des partages d'information commencent à être mis en place avec d'autres services municipaux. Il est à noter que ces études représentent des coûts raisonnables grâce au projet du futur métro du Grand Paris Express qui utilise cette technologie le long de son tracé pour y étudier l'historique des mouvements de terrain et permettre une surveillance de l'impact des travaux en surface, la Ville de Paris étant ainsi déjà systématiquement couverte par des acquisitions satellite haute résolution.

LE SUIVI DES NAPPES ET LA VIGILANCE CRUE

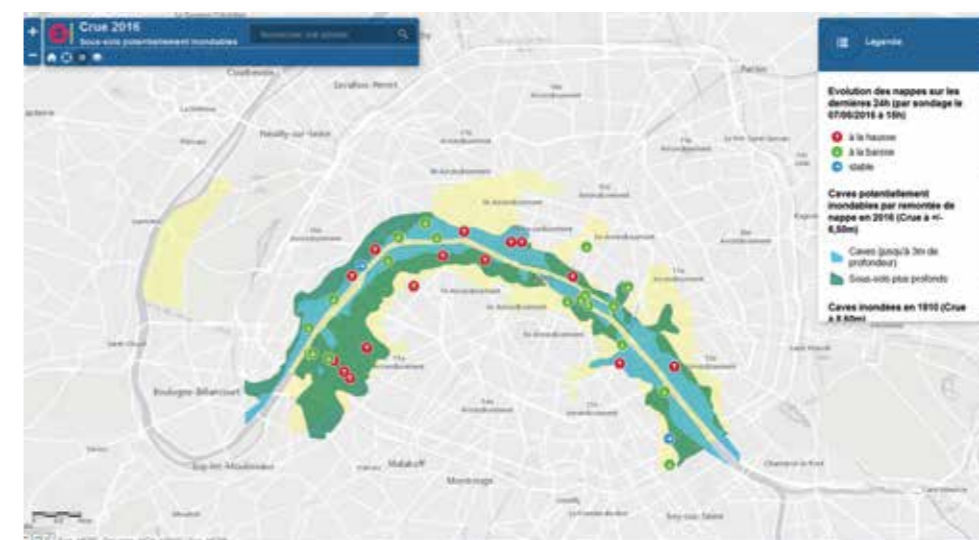
L'IGC suit depuis 1980 un réseau de piézomètres, aujourd'hui au nombre de 300 répartis dans la capitale et en partie automatisés. Ces piézomètres lui servent à connaître la hauteur des nappes phréatiques sous la ville. L'IGC réalise des mesures piézométriques mensuelles, ou quotidiennes en période de crue de la Seine. Les informations recueillies servent à élaborer des cartes de circulation des eaux en période de crue de la Seine ainsi que des cartes de risques d'inondations à Paris. Le but est de permettre aux biens et éventuellement aux personnes situées en sous-sol d'être mis à l'abri en cas de remontée des nappes phréatiques.

Ce suivi est renforcé lors des périodes de crues pour anticiper et suivre toute montée de nappe en lien avec la montée du niveau de la Seine ; ainsi, dès le niveau de 2,50 m atteint à l'échelle du pont d'Austerlitz, deux tournées par semaine sont effectuées sur les 100 piézomètres situés dans la plaine alluviale de la Seine, puis une mesure quotidienne lorsque le niveau de la Seine atteint 3,20 m à l'échelle du pont d'Austerlitz.

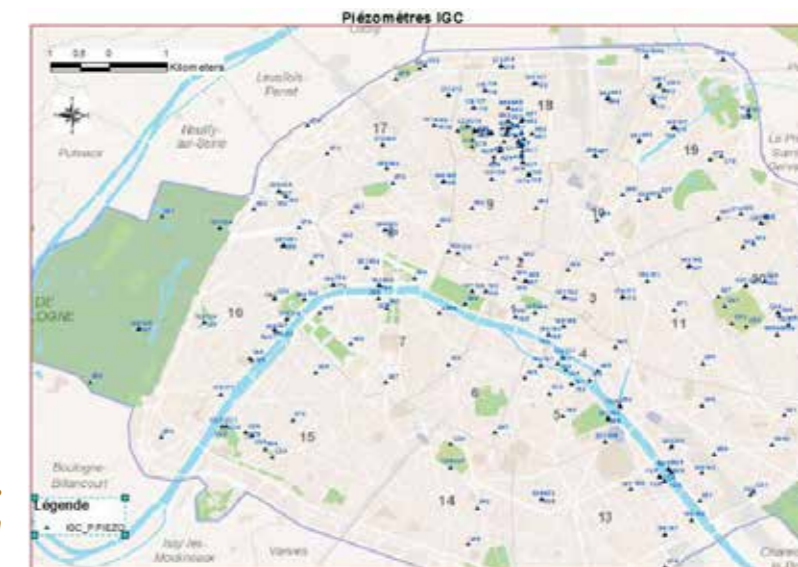
Le réseau demande un entretien constant, ainsi en 2017, 22 piézomètres ont été nettoyés et 8 nouveaux ouvrages ont été créés.

L'IGC dispose d'un réseau de 280 piézomètres répartis sur l'ensemble de Paris permettant de suivre l'évolution des niveaux de nappes. En période normale, la brigade de l'IGCC effectue 9 tournées mensuelles pour mesurer manuellement les niveaux en complément des 23 ouvrages équipés d'un système de suivi automatisé.

Pour affiner les observations et être plus réactifs lors des périodes de crues, le réseau va être pro-gressivement automatisé à partir de 2018, à raison de 70 ouvrages équipés par an. Les travaux préliminaires à l'équipement ont commencé dès cette année.



Carte de suivi de l'évolution des nappes lors de la crue de juin 2016, mise à jour quotidiennement sur www.paris.fr.



Répartition des piézomètres de l'IGC sur le territoire parisien