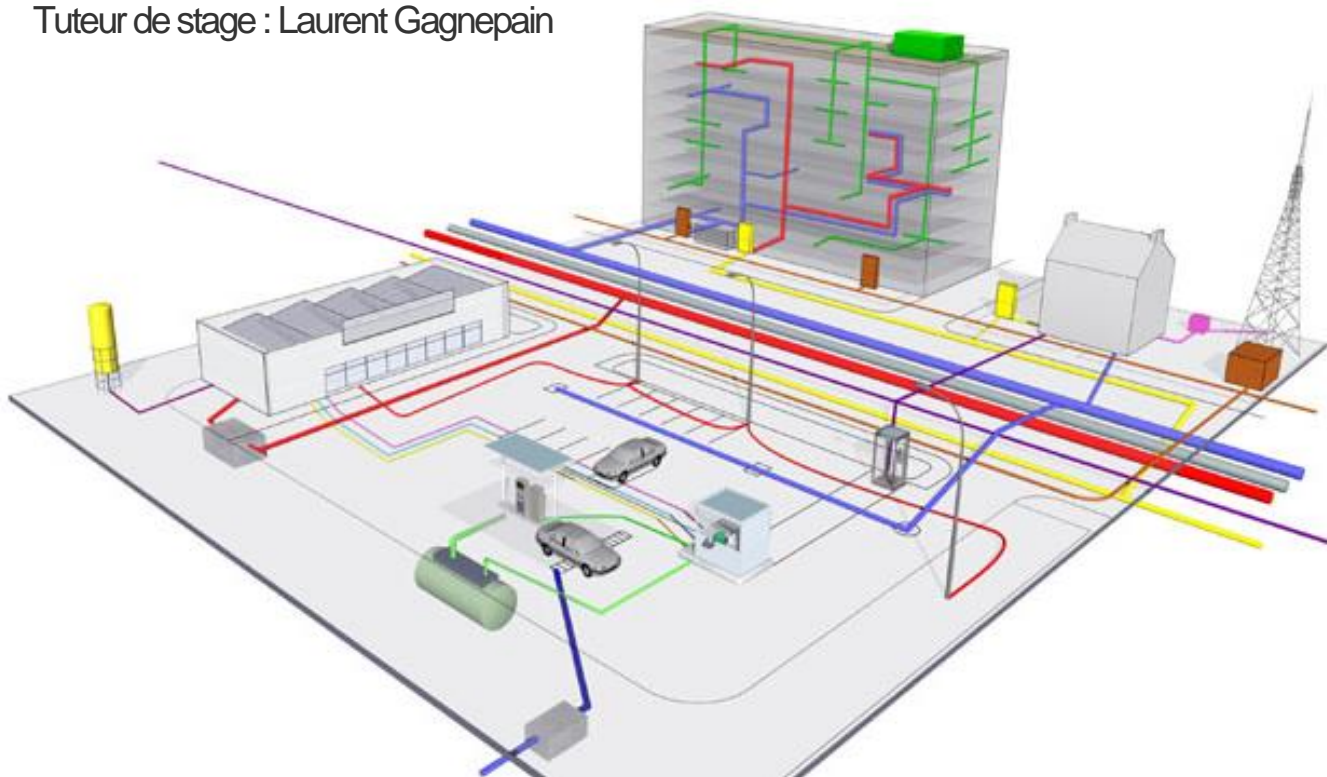


COMMENT LES RESEAUX D'EAU ET D'ENERGIE SONT INTEGRES DANS UN PROJET D'AMENAGEMENT URBAIN ET QUELLES SONT LES PERSPECTIVES D'EVOLUTION ?

Maître de stage : Amal Jolles

Tuteur de stage : Laurent Gagnepain



Détection et modélisation des réseaux et ouvrages enterrés, A&S, bureau de dessin

pour en savoir plus...
eivp-paris.fr

École des Ingénieurs
de la Ville de Paris
80, rue Rébeval – 75019 Paris
01 56 02 61 00
eivp@eivp-paris.fr

Résumé

Ce rapport présente le travail de fin d'études réalisé à partir d'un stage effectué chez OGI un bureau d'étude technique en aménagement dans le cadre du cursus d'ingénieur en génie urbain de l'EIVP. Il traite de la problématique de l'intégration des réseaux enterrés dans un projet d'aménagement urbain ainsi que les perspectives d'évolutions dans ce domaine.

Les réseaux d'eau et d'énergie font par essence partie de la ville. En effet, ils permettent l'approvisionnement en eau et énergie des populations et la gestion de l'assainissement. En outre, en aménageant les espaces, les acteurs sont souvent confrontés à la contrainte du tracé des réseaux ou dans un contexte plus critique voire dramatique, aux réseaux endommagés à cause de travaux sur la voirie.

Ainsi, dans un cadre contractuel et juridique, la prise en compte des réseaux dans un projet d'aménagement urbain est normée. Chacun des acteurs porte un rôle : les maîtres d'ouvrage sont responsables du projet, les maîtres d'œuvre conseillent et alertent, les exécutants des travaux se doivent de former les agents et de prendre toutes les sécurités nécessaires, enfin les gestionnaires de réseaux (concessionnaires) doivent connaître précisément leur patrimoine et être en mesure de le communiquer.

Les difficultés rencontrées aujourd'hui dans ce processus sont d'une part technique - sur la localisation, la détection et la visualisation des réseaux - et d'autre part organisationnelle, due à un agencement des acteurs en silo.

Toutefois, des évolutions sont possibles dans ses domaines. Sur la localisation, les capteurs à positionner sur les réseaux se développent et des concepts, tels que des métas galeries visitables accueillant tous les réseaux, naissent. Les dommages sur les réseaux pourraient alors diminuer. En ce qui concerne la visualisation, le SIG 3D et le BIM sont en plein essor et pourraient offrir une visualisation en trois dimensions des réseaux. Les travaux et interventions de maintenance seraient alors facilités. En outre, l'organisation actuelle des acteurs en silo est paralysante pour penser le couple voirie-réseaux en tant que système. Or il semble que cette approche systémique où voirie et réseaux interagissent, est proche de la réalité. Cette approche permet d'avoir une vision à long terme et donc de proposer des aménagements plus durables et réfléchis.

Mots clés

Aménagement, Bureau d'étude VRD, Maitrise d'œuvre, Réseaux enterrés, Réforme DT/DICT, Détection, Modélisation numérique, BIM

Abstract

This report presents the work of my final year internship as part of my urban engineering course in the EIVP School. This internship was in OGI, a design office in urban planning. My work deals with the issue of buried network in an urban development project as well as the outlook in this field.

Water and energy network fall within cities. They provide indeed basic needs to the population and manage the sanitation. Moreover, to design public space, players are faced with network constraints and in a critical context, they are faced with damaged network because of road works.

Thus, the inclusion of network in an urban project is framed by contracts and legislations. Each of the actors have a part: contracting authorities are in charge of the project, prime contractors advise and alert, companies train workers and have to take all the safety measures needed and network managers have to know precisely their property and must be able to communicate about it.

Nowadays difficulties in the process are on the one hand technical, about the location, the detection and the viewing of networks and on the other hand organizational due to the silo working of the actors.

Nonetheless progress is possible in these fields. On location, sensors to put on networks flourish as well as new concepts such as “meta gallery” which could be accessible and hosting all networks. So damages on network could reduce. As far as viewing is concerned, GIS 3D and BIM are burgeoning and could offer a three dimension viewing of network. It could eased road works and maintenance tasks. Furthermore, the current organization of actors in silo is crippling to think the couple “road and network” as a system. Yet it seems that a systemic approach where roads and networks interact is close to reality. This approach offers a long-term view and propose sustainable and thoughtful urban design.

Keywords

Urban design, prime contractor, design office, buried network, reform DT/DICT, detection, numerical modelling, BIM

Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier mon maître de stage, Amal Jolles, qui a su me guider tout au long de mon stage. Il a partagé ses connaissances et son expertise. C'est grâce à son aide et sa confiance que j'ai pu réaliser mes missions.

Mes remerciements vont à toute l'équipe du pôle aménagement d'OGI pour leur accueil chaleureux et leur conseil. Je remercie particulièrement Esla Talvard, Christine Lambert, Rémi Aubin et Benoît Gicquiaux avec qui j'ai majoritairement travaillé et qui ont pris le temps de m'intégrer dans leur projet et de répondre à mes questions. Je remercie Mathilde Petit, dont le stage s'est déroulé en même temps que le mien pour sa bonne humeur communicative. Tout en travaillant sur des sujets différents, nous avons pu nous entraider.

Je remercie également Florence Jacquinod, responsable des enseignements géo-numériques et BIM à l'EIVP, et Cécile Haeck, consultante à l'IGN, pour avoir répondu à mes questions. Mes remerciements vont tout particulièrement à Jacques Lévy-Bencheton, architecte chez brunet saunier et expert en BIM, et à Patricia Bordin, chercheuse à l'EIVP spécialisée SIG et réseaux enterrés, pour avoir pris le temps de me rencontrer et répondre à mes questions.

Pour finir je remercie mon tuteur de stage, Laurent Gagnepain, pour son suivi et son encadrement qui m'ont permis de prendre du recul sur mon sujet ; et l'EIVP pour l'enseignement qui m'a été apporté.

Sommaire

Résumé.....	2
Mots clés.....	2
Abstract.....	3
Keywords.....	3
Remerciements.....	4
Sommaire.....	5
Introduction.....	7
1. Présentation de l'organisme d'accueil et des missions.....	9
a. Présentation de l'organisme d'accueil.....	9
b. Présentation des principaux projets et missions réalisés.....	10
i. Étude de faisabilité sur les voies bus (Paris).....	10
ii. ZAC des Bas-Heurts (Noisy-Le-Grand, 93).....	11
iii. Place de la Madeleine (Paris).....	13
iv. Chantier de sécurisation de la Tour Eiffel.....	15
c. Problématique.....	17
2. Intégration des réseaux selon les grandes phases d'un projet d'aménagement urbain.....	19
a. Les études de faisabilité.....	20
b. Les études d'avant-projet.....	22
c. Les études de projet.....	26
d. Le dossier de consultation des entreprises.....	29
e. La phase chantier.....	32
f. L'assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception.....	36
g. Synthèse.....	37
h. Quel bilan pour la réforme DT/DICT ?.....	38
3. Perspectives d'évolution.....	39
a. Vers une connaissance plus qualitative du tracé des ouvrages enterrés.....	39
i. Détection et localisation des réseaux enterrés.....	39
ii. Quels modèles de représentation ?.....	44
iii. Vers une relation aménagement urbain et réseaux enterrés moins conflictuelle.....	46
b. Au-delà des formes existantes.....	47
i. Les formes alternatives d'approvisionnement en énergie et de gestion des eaux.....	48
ii. Une organisation des acteurs paralysante.....	51
Conclusion.....	52
Glossaire.....	54
Bibliographie.....	55
Webographie.....	55
Liste des figures.....	56
Annexe 1 : Exemple de DT, plan de Veolia sur la ZAC des Bas-Heurt.....	57

Annexe 2 : Cas général processus d'application DT-DICT.....	59
Annexe 3 : Schéma directeur du réseau électrique BT pour la ZAC des Bas-Heurts, rendu AVP.....	60
Annexe 4 : Phasage du chantier de la ZAC des Bas Heurts, rendu AVP.....	61
Annexe 5 : Coupe sur les réseaux d'EU et d'EP sur la ZAC des Bas Heurts.....	67
Annexe 6 : Extraits du tableau des constats mémoire – Conflit sur les réseaux, chantier de la Tour Eiffel.....	68
Annexe 7 : Synthèse des principes de détection des réseaux enterrés.....	69
Annexe 8 : Schéma Boucler la boucle métabolique : le modèle Hammarby.....	70

Le contenu de ce rapport est confidentiel.

Introduction

Le cursus de l'École des ingénieurs de la ville de Paris se clôt par un stage de fin d'études de 24 semaines. Ce stage vise à nous plonger dans le milieu professionnel et à mettre en pratique les connaissances acquises au cours de nos études. Il aborde l'ensemble des aspects techniques, scientifiques, économiques et humains qui caractérisent la mission de l'ingénieur. Il est le support pour un travail problématisé, présenté dans ce document.

J'ai réalisé mon stage au sein du bureau d'étude OGI dans le pôle aménagement. OGI participe à la conception de grands projets dans le domaine de l'aménagement de l'espace public. En tant que fonctionnaire de la ville de Paris, j'ai souhaité travailler en stage dans une maîtrise d'œuvre privée pour avoir l'expérience de ce rôle. OGI réalisant de nombreux projets pour la Ville de Paris, j'ai été d'autant plus attirée par ce bureau d'étude.

Ce bureau d'étude Voirie et Réseaux Divers ^{*1} (VRD) est missionné des études préliminaires au suivi de chantier en passant par toutes les étapes de conception d'un projet urbain. Ainsi, j'ai pu travailler sur ces différentes étapes par l'intermédiaire de quatre projets. Encadrée par un ingénieur chargé d'affaires, j'ai participé à la réalisation d'une étude de faisabilité sur la restructuration du réseau de bus parisien, d'un avant-projet (AVP)* et un projet (PRO)* sur l'aménagement d'une ZAC à Noisy-le-Grand, d'un dossier de consultation des entreprises (DCE) sur le réaménagement de la Place de la Madeleine à Paris et au suivi du chantier de sécurisation de la tour Eiffel.

Lors de ces missions, j'ai pu appréhender l'interdépendance entre voirie et réseaux divers. D'une part, les réseaux d'assainissement, d'eau potable, d'électricité..., font par essence partie du paysage urbain. Ces infrastructures jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement des populations. Ainsi, un aménagement urbain ne peut être conçu sans penser aux réseaux. D'autre part, les travaux réalisés sur les réseaux enterrés ont un effet sur la chaussée, et inversement. Pour l'exploitation des réseaux, la chaussée est régulièrement ouverte, ce qui diminue sa durée de vie. Réciproquement, lors de travaux sur la chaussée, les réseaux enterrés peuvent être endommagés.

Ainsi, l'intégration des réseaux enterrés au cours d'un projet urbain questionne : quel est le processus ? Quel rôle joue chacun des acteurs ? Quelles sont les obligations juridiques et contractuelles ? Quelles sont les évolutions technologiques, organisationnelles à venir ?

¹ Les mots suivis d'un astérisque sont définis dans le glossaire

Le rapport vise à apporter des éléments de réponse à cette problématique. À la suite de la présentation de mes missions et projets, j'analyserai la manière dont les réseaux enterrés ont été pris en compte dans les aménagements en confrontant théorie et pratique. Finalement, j'étudierai les perspectives d'évolution en matière de connaissance des tracés des réseaux enterrés dans le cadre d'un projet urbain, sur la manière d'approvisionner les populations et en termes organisationnels.

1. Présentation de l'organisme d'accueil et des missions

a. Présentation de l'organisme d'accueil

La société Omnium Général d'Ingénierie (OGI) est un bureau d'études indépendant créé en 1991, spécialisé en aménagement urbain.

L'équipe d'OGI, dirigée par M. DEVEAU, PDG, est constituée d'une cinquantaine d'ingénieurs, de cadres techniques, de dessinateurs. L'entreprise est organisée autour de trois pôles :

- **Aménagement urbain** (voirie, réseau, parking) ;
- **Environnement** (espaces verts et paysage, assainissement, hydraulique...);
- **Génie civil** (ouvrages d'art, bâtiment).

OGI rassemble l'ensemble des compétences techniques permettant d'élaborer un projet d'aménagement. Ses missions s'étendent des études préliminaires jusqu'à la levée des réserves des travaux, en passant par toutes les étapes de conception d'un projet urbain, de préparation et de suivi des travaux.

OGI participe essentiellement à des projets en Ile-de-France. Grâce à ses agences à Lille et à Lyon, l'entreprise s'étend sur le territoire français, mais aussi à l'international (Algérie et Côte d'Ivoire). Elle compte parmi ses références l'aménagement de la ZAC Clichy Batignolles, écoquartier de 43 ha dans Paris intra-muros, le réaménagement du quartier des Halles ou encore l'aménagement du tram T8 TRAM'Y en Seine-Saint-Denis.

Pour mon stage de fin d'études, j'ai intégré la cellule aménagement comme stagiaire ingénieure d'étude sous la responsabilité d'un ingénieur chargé d'affaires. Lors de mes recherches de stage, je me suis concentrée sur des entreprises privées. En tant que fonctionnaire, il me semblait important de diversifier mes expériences en travaillant dans le privé en maîtrise d'œuvre. Selon moi, avoir exercé ce rôle est une richesse et me permettra d'adopter un regard plus complet et expérimenté sur les missions de maître d'œuvre.

Réalisant beaucoup de projets pour la ville de Paris, OGI a d'autant plus trouvé son intérêt. J'ai pu, d'une part, découvrir d'un œil extérieur de nombreux services de la ville. Cela m'a, d'autre part, donné l'occasion de travailler avec un interlocuteur fréquent de la ville de Paris.

Par ailleurs, réaliser mon stage dans un bureau d'études à taille humaine m'a permis d'accomplir des missions transverses, autant en conception qu'en phase chantier.

b. Présentation des principaux projets et missions réalisés

Dans un projet d'aménagement urbain, un bureau d'étude VRD tel qu'OGI s'associe à des architectes, paysagistes, urbanistes, éclairagistes etc. pour répondre au mieux aux demandes de la maîtrise d'ouvrage et aux contraintes du projet. Son rôle s'articule autour des aspects techniques, financiers et administratifs du projet.

Plus précisément, il se voit confier les missions suivantes :

- Étude de faisabilité, études préliminaires
- Étude d'avant-projet (AVP)
- Étude de projet (PRO)
- Réalisation du dossier de consultation des entreprises (DCE)
- Assistance à la passation du contrat de travaux (ACT)
- Direction d'exécution de travaux et suivi d'avancement (DET)
- Ordonnancement, Pilotage et coordination (OPC)*
- Assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception (AOR)*

Durant mon stage, j'ai eu la possibilité de réaliser ces missions. J'ai ainsi expérimenté les éléments théoriques étudiés lors des cours de maîtrise d'ouvrage et de marchés publics. J'ai pu visualiser et exercer concrètement le métier de maître d'œuvre au long d'un projet d'aménagement urbain.

J'ai notamment pu appréhender les différents aspects de ce métier au travers des quatre projets principaux sur lesquels j'ai travaillé durant mon stage — restructuration du réseau de bus (Paris), ZAC des Bas-Heurts (Noisy-le-Grand, 93), Place de la Madeleine (Paris), Tour Eiffel (Paris) — présenté ci-après.

i. Étude de faisabilité sur les voies bus (Paris)

Ile-de-France Mobilité (IDFM), la RATP et la Ville de Paris ont engagé un important programme d'amélioration de la circulation des bus. Ce programme vise à restructurer le réseau de bus au sein de la Ville de Paris et des communes avoisinantes pour désengorger le centre de Paris et connecter la capitale avec sa banlieue. Cette réorganisation nécessite d'engager une série d'aménagements (création de couloirs bus, aménagement des carrefours, etc.) afin de permettre l'exploitation des nouveaux tracés.

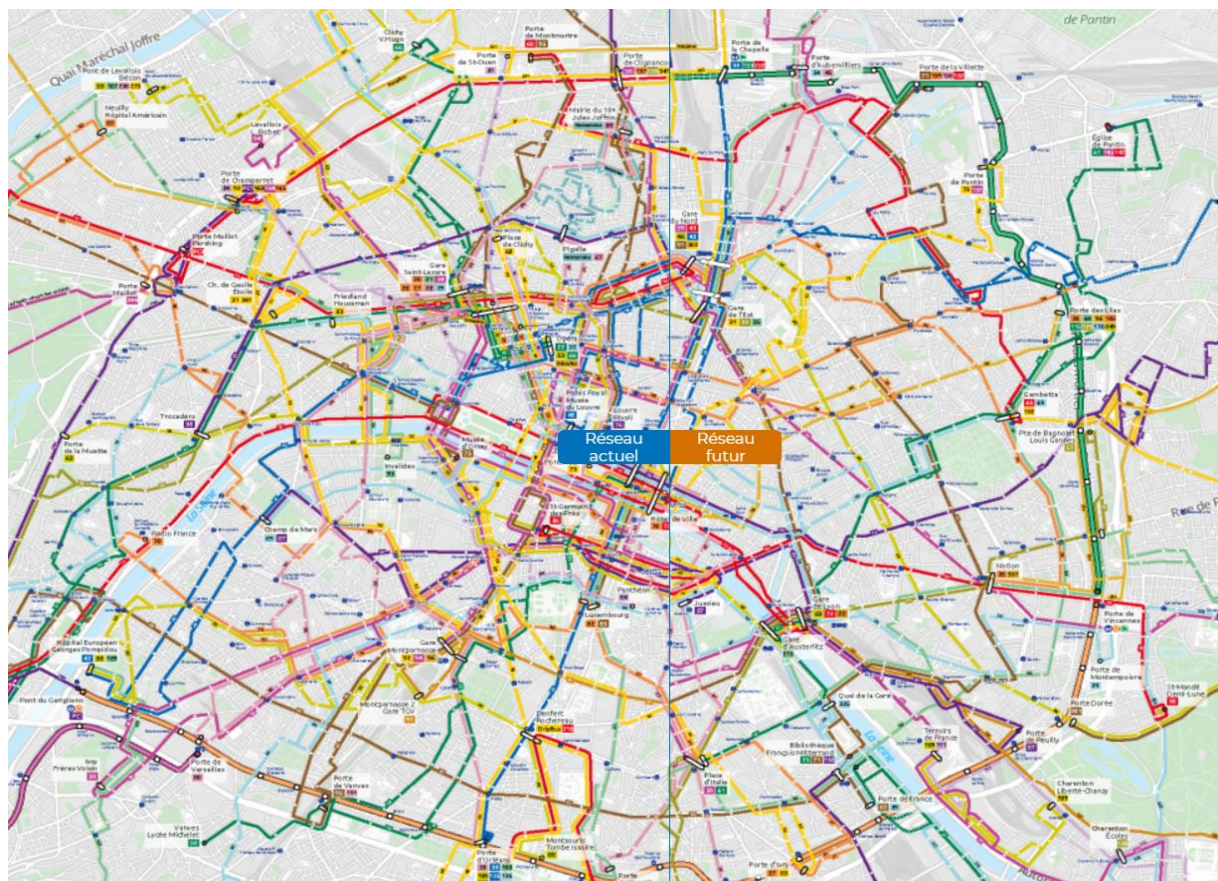


Figure 1 : Carte interactive montrant l'actuel et le futur réseau de bus, Grand Paris des bus
(Source : <http://paris.grand-paris-des-bus.fr/les-infos-pratiques/la-carte-interactive/>)

OGI a été missionné par la Ville de Paris (Agence de la Mobilité) pour réaliser les études de faisabilité, en tant que prestataire technique. J'ai ainsi participé aux analyses préliminaires pour l'implantation de couloir bus, de points d'arrêt ou encore pour la création complète d'une ligne. Ce projet m'a offert la possibilité de travailler avec de nombreux services de la ville de Paris.

ii. ZAC des Bas-Heurts (Noisy-Le-Grand, 93)

La ville de Noisy-le-Grand (93) entreprend de nombreux projets pour accroître son attractivité. Le projet de la ZAC des Bas-Heurts s'inscrit dans la continuité de la ZAC Maille Horizon Nord, actuellement en travaux. Le projet urbain se développe autour d'un axe central nord-sud ayant la vocation de relier, par une coulée verte, le quartier des bords de Marne à la future gare du Grand Paris, Noisy-Champs. La programmation intègre des dynamiques de mixité intergénérationnelle (résidence pour personnes âgées, jeux de plein air) et offre un espace commun convivial, la Maison pour Tous implanté au cœur du quartier. Le projet s'établit sur un foncier non entièrement maîtrisé. Il s'agit donc d'allier ce paramètre contraignant à la programmation et à la conception des espaces publics.



Figure 2 : Visualisation aérienne de la ZAC des Bas-Heurts
(Source : OGI)



Figure 3 : Schéma représentant l'axe aux différents usages de la ZAC des Bas-Heurts
(source : Devillers & associés, architecte et urbaniste sur ce projet)

OGI a été missionné sur ce projet comme bureau d'étude VRD et OPC. J'ai examiné donc pu les structures de voirie et les réseaux, travailler sur le chiffrage ainsi que sur le phasage de l'opération. Ainsi, j'ai participé au dimensionnement des structures de chaussée, à

l'intégration des réseaux des réseaux projetés et à la réalisation d'une estimation financière du projet à chaque phase de conception en tenant compte d'un aléa financier. J'ai suivi ce projet aux stades AVP et PRO. Le réaménagement de la ZAC des Bas-Heurts m'a permis d'appréhender la conception des espaces publics à l'échelle d'un quartier.

iii. Place de la Madeleine (Paris)

La place de la Madeleine fait partie des 7 grandes places parisiennes du projet « Réinventons nos places ». Le réaménagement de ces places vise à attribuer davantage d'espace aux piétons et aux mobilités douces dans une ville pacifiée.

La place est édifiée autour d'un monument : l'église de la Madeleine. L'implantation de celle-ci en son centre lui donne un caractère de place périphérique et non de place centrale. Elle forme le carrefour entre l'axe nord-sud de la composition Assemblée Nationale/place de la Concorde et l'axe Est-Ouest des Grands Boulevards (de la Madeleine et Malesherbes). Ce croisement majeur fait de la partie Sud de la place essentiellement un axe de circulation où peu d'espace est donné aux passants. La place est difficilement accessible et l'aire piétonne disponible est non qualitative et sans valeur d'usage (grand parvis Nord vide, petit parvis Sud anxigène, contre-allées dédiées au stationnement et vues comme un arrière malgré les entrées des équipements du socle de l'église de la Madeleine). L'église de la Madeleine au centre de la place est donc paradoxalement perçue comme inaccessible.

Le projet se base sur la réduction de l'impact de la voiture (circulation et stationnement de surface) afin de redonner de l'espace et du confort aux piétons et aux cyclistes. La suppression de la circulation et du stationnement dans les contre-allées et le rechargement de la chaussée à ces endroits permettent de compléter le parvis piéton autour de l'église. Sur les espaces latéraux de la place, le trottoir Ouest longeant les façades est élargi par symétrie avec le trottoir Est pour atteindre une largeur de 7 m. Sur les deux trottoirs, les zones de livraison en Lincoln sont supprimées pour donner plus d'espace aux piétons. Les triangles Sud sont transformés en aire piétonne tout en maintenant des accès livraisons possibles. Les trottoirs sont étendus dans le prolongement de la rue Royale et du débouché des boulevards. Des massifs plantés sont proposés en pied des arbres pour renforcer la présence végétale en strate basse.

Les deux plans suivants permettent de comparer la place existante au projet d'aménagement.

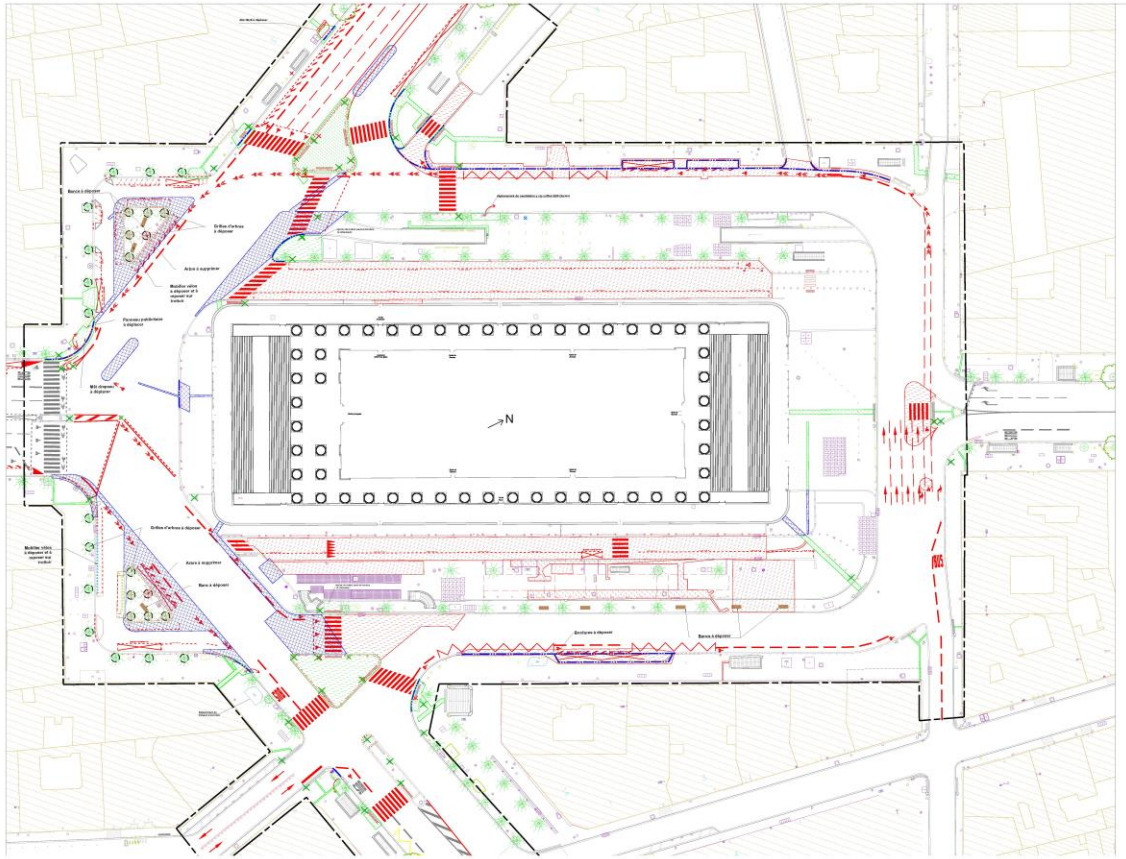


Figure 4 Plan de démolition (zones hachurées= zones d'intervention)- Place de la Madeleine (source: OGI)

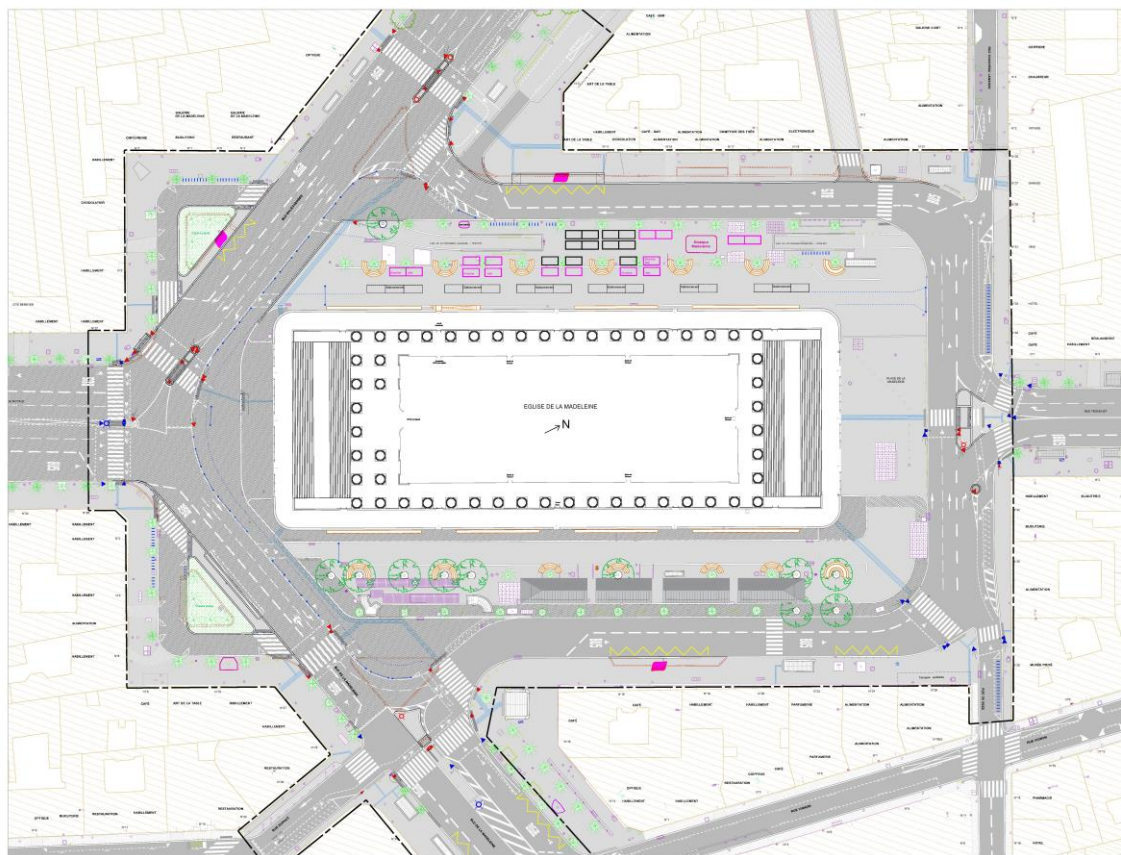


Figure 5 Plan d'aménagement- Place de la Madeleine

(source: OGI)

Le projet d'aménagement cherche, par ailleurs, à activer le parvis périphérique à l'église. L'accessibilité piétonne du parvis est améliorée. En outre, un mobilier vient offrir de nouveaux usages aujourd'hui inexistants (assises grande échelle, tables, zones de jeux, etc.). Ce mobilier s'ancre aux éléments forts actuels, adossé à la clôture linéaire de l'église et séquencé selon le rythme d'alignement d'arbres Est et Ouest.



Figure 6 : La future place de la Madeleine avec ses mobiliers (source : H2O, architecte sur ce projet)

Mes missions sur ce projet ont été la réalisation de la notice pour l'instruction technique, l'élaboration des chiffrages et du cahier des clauses complémentaires. Plus généralement, l'objectif était la production du dossier de consultation des entreprises (DCE) et du permis d'aménager. Personnellement, l'intérêt a été de travailler avec la ville de Paris, mais également au sein d'une maîtrise d'œuvre externe et d'en ressentir les relations.

iv. Chantier de sécurisation de la Tour Eiffel

Dans le contexte actuel de surprotection de la société, le projet de sécurisation de la Tour Eiffel vise à rendre la zone de visite de la Tour Eiffel étanche. Ainsi, cet espace sera encerclé par un mur de verre dans l'axe du Champs de Mars et par des grilles du côté des jardins. Le plan d'accès et de sortie est pensé pour séparer les flux. À travers la sécurisation du site, les jardins sont remis en scène et mis en valeur. Le nivellement, les plantations et les allées sont reconsidérés.



*Figure 7 : Photo du jardin Refuznik de la Tour Eiffel avec la grille Eiffel
(crédit personnel, 4/07/18)*



*Figure 8 : Photo de la paroi de verre, avenue Gustave Eiffel
(crédit personnel, 18/07/18)*

Ce projet m'a permis d'appréhender la phase chantier sous deux angles : celle d'un ingénieur VRD travaux et celle d'un OPC — les deux missions d'OGI sur cette opération. J'ai ainsi pu participer aux réunions concessionnaires et réunions de chantier. Mon rôle a été d'aider à la réalisation des comptes rendus de réunion et de la mise à jour du planning hebdomadaire. L'objectif pour moi était d'avoir un aperçu des relations entre maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage et entreprises et de percevoir concrètement la réalité des chantiers.

c. Problématique

Ce stage m'a donnée la possibilité de travailler, comme ingénieure VRD, sur les étapes structurantes de conception d'un projet d'aménagement urbain et sur un projet en phase chantier. Au vu de l'évolution de la réglementation et des enjeux liés aux réseaux en matière de sécurité et de fonctionnement de la ville, la question de l'intégration des réseaux dans un projet est apparue comme centrale.

D'une part, les réseaux font partie par essence des projets urbains. Ils jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement de base des populations. Ils représentent également une contrainte à considérer lorsqu'il s'agit de concevoir un aménagement et d'entreprendre des travaux. Ils existent donc une relation d'interdépendance très forte entre les réseaux et la voirie.

D'autre part, une réforme sur les réseaux enterrés est née en 2012. Les évolutions induites par cette refonte réglementaire sont aujourd'hui au cœur d'un projet urbain. Cette réforme, dite *réforme DT*/DICT**, est née suite à des accidents dramatiques survenus en 2007 à proximité de réseaux de gaz. La loi était alors insuffisante, mal connue et peu respectée. La localisation des canalisations et l'accès à l'information étaient incertains. Ainsi, en 2012, une réforme réglementaire est engagée pour prévenir et réduire les dommages lors de travaux à proximité des réseaux. Elle poursuit un objectif double :

- Le rééquilibrage des responsabilités, renforçant le rôle du maître d'ouvrage et la sécurisation des échanges d'informations entre les différents intervenants ;
- L'amélioration de la précision de la localisation des réseaux enterrés.

Les acteurs doivent alors adapter leur méthode de travail pour répondre aux nouvelles obligations juridiques.

Ainsi, ce présent rapport traite de la problématique de **l'intégration des réseaux au cours d'un projet d'aménagement urbain**. De manière générale, je me suis demandée **comment les réseaux enterrés interagissent avec un projet d'aménagement urbain**. Cela m'a amenée à me poser les questions suivantes :

Comment les réseaux sont-ils pris en compte dans la construction d'un projet ? Quel est le processus ? Quelles sont les obligations contractuelles et juridiques ? Quel niveau de précision de connaissance des réseaux existants et de réseaux projetés est attendu suivant les étapes d'un projet ? Quelles sont les conséquences d'une mauvaise prise en compte des réseaux ? Quel est le rôle de chaque acteur (maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage, entreprise...) ? Quel

serait un devenir heureux de la relation voirie-réseaux ? Comment le processus d'intégration des réseaux dans un projet d'aménagement urbain pourrait-il être amélioré ?

Les réseaux dont il est question ici, sont les réseaux secs et humides : les réseaux d'assainissement (eaux usées, eaux pluviales), les réseaux d'eau potable, les réseaux électriques et ceux de télécommunication.

2. Intégration des réseaux selon les grandes phases d'un projet d'aménagement urbain

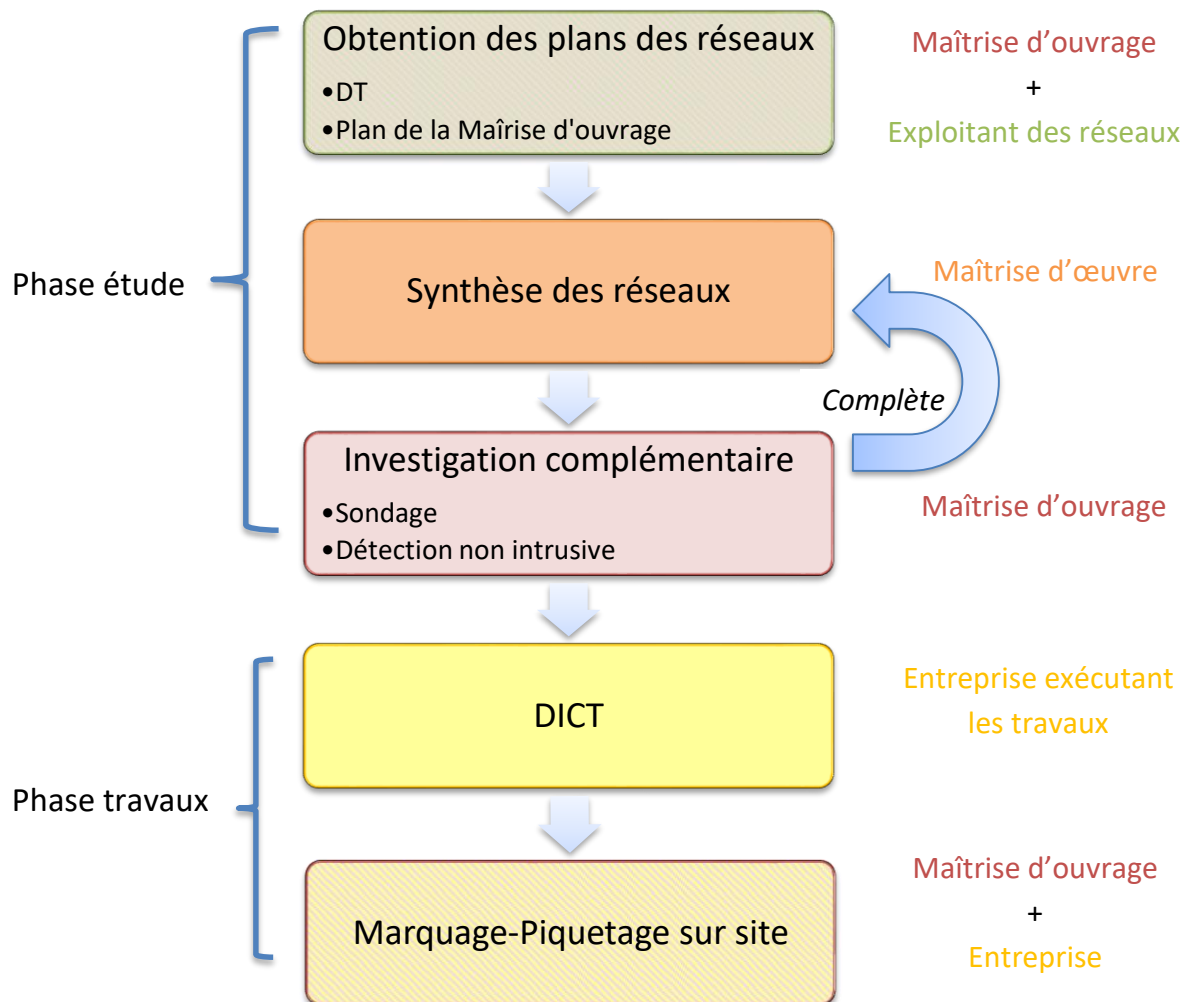
Un bureau d'étude VRD a pour mission, entre autres, d'examiner le tracé des réseaux dans un projet d'aménagement.

Cette partie traduit ce que mon expérience chez OGI m'a permis de saisir concernant la manière dont les réseaux sont intégrés dans un projet. Il y est détaillé, des études de faisabilité à la réception de l'aménagement, comment les réseaux ont été pris en compte et quel rôle ont joué les différents acteurs. Pour chacune des phases d'un projet, j'ai voulu confronter la théorie établie par les documents régissant les marchés publics et la réforme de 2012 à la pratique des projets. Mon but a été de comprendre le processus, de percevoir les contraintes des acteurs, et en particulier celles d'un bureau d'étude, à se conformer à la théorie. J'ai voulu formaliser les problèmes rencontrés et en appréhender les raisons.

De façon globale, l'intégration des réseaux dans un projet d'aménagement urbain peut être synthétisée comme suit.

Les plans des exploitants des réseaux et du maître d'ouvrage sont récoltés par le biais de *déclarations de travaux**(DT). Ils sont ensuite synthétisés par la maîtrise d'œuvre qui les confronte à l'aménagement projeté et les complète suite aux investigations complémentaires* (IC). Une fois l'entreprise retenue, celle-ci fait une déclaration d'intention de commencement de travaux* (DICT) aux exploitants des réseaux. Enfin, avant les travaux la position des réseaux est marquée sur le site par l'exécutant des travaux sous la responsabilité du maître d'ouvrage.

Cela peut se traduire par le schéma suivant.



Dans la suite, je vais étudier dans le détail ce processus dans les différentes étapes d'un projet d'aménagement urbain.

a. Les études de faisabilité

L'étude de faisabilité est une mission qui peut être confiée au maître d'œuvre avant les études de projet. J'ai pu l'expérimenter au travers de mon travail sur les voies bus.

Pendant cette phase d'un projet, il s'agit de proposer des solutions qui traduisent les éléments de programme de la maîtrise d'ouvrage et d'en vérifier la faisabilité technique.

En tant que bureau d'étude technique, nous étions chargés d'esquisser les délais, les coûts, de proposer une enveloppe financière après avoir étudié la réalisation technique. L'objectif est d'examiner la faisabilité du projet vis-à-vis des exigences du programme et du site. Le bureau d'étude identifie les aspects techniques susceptibles de devenir des éléments contraignants et désigne les points critiques en apportant des éléments de réponse.

À ce stade, pour le projet sur lequel j'ai travaillé, les acteurs présents étaient la **maîtrise d'œuvre** et la **maîtrise d'ouvrage**.

Mon expérience sur les voies bus

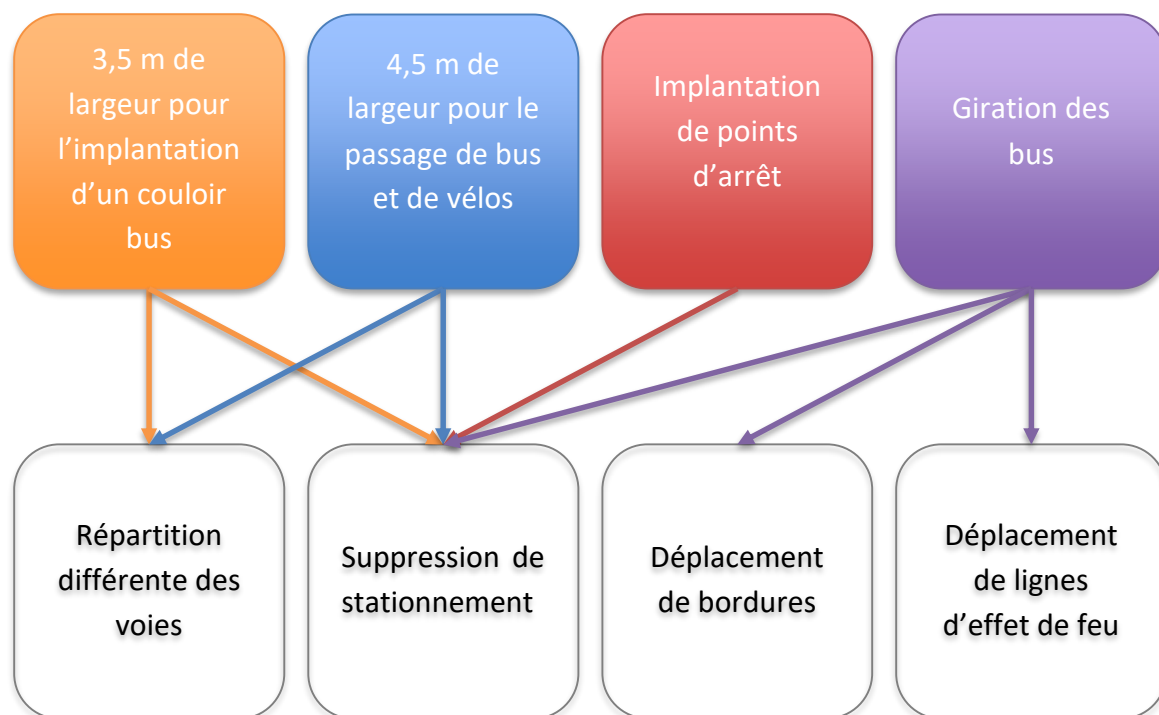
En pratique, j'ai constitué des dossiers de subvention. La ville de Paris sollicite Ile-de-France Mobilités (Idfm), anciennement STIF, pour une aide financière permettant la réalisation des aménagements nécessaires à la circulation des bus.

Ces dossiers de subventions sont composés d'une notice explicative, d'un chiffrage et des plans des aménagements futurs le long de la ligne. Ainsi, le montant de la subvention peut être évalué et justifié auprès d'Idfm.

La notice explicite les aménagements prévus sur la ligne de bus. On y retrouve une synthèse des changements projetés sur cette ligne — création d'une nouvelle ligne, suppression ou création d'un tronçon — ainsi que les raisons de ces modifications. Ensuite, les aménagements envisagés sont détaillés par zone.

Les aménagements les plus récurrents ont porté, d'une part, sur l'implantation de couloir bus avec ou sans vélo, suivant le gabarit de la voie et, d'autre part, de façon plus classique sur la création de points d'arrêt ou d'aménagements permettant la giration des bus. J'ai ainsi étudié comment répondre à ces demandes de la maîtrise d'ouvrage, notamment pour les lignes 71 et 59, lignes nouvellement créées reliant respectivement l'Est parisien et Clamart (92) à la Place d'Italie.

Les solutions apportées pour permettre la réalisation des différents aménagements, sont résumées sur le schéma ci-après.



Le plan ci-dessous, est un exemple de ce que nous avons pu produire et proposer à la maîtrise d'ouvrage.

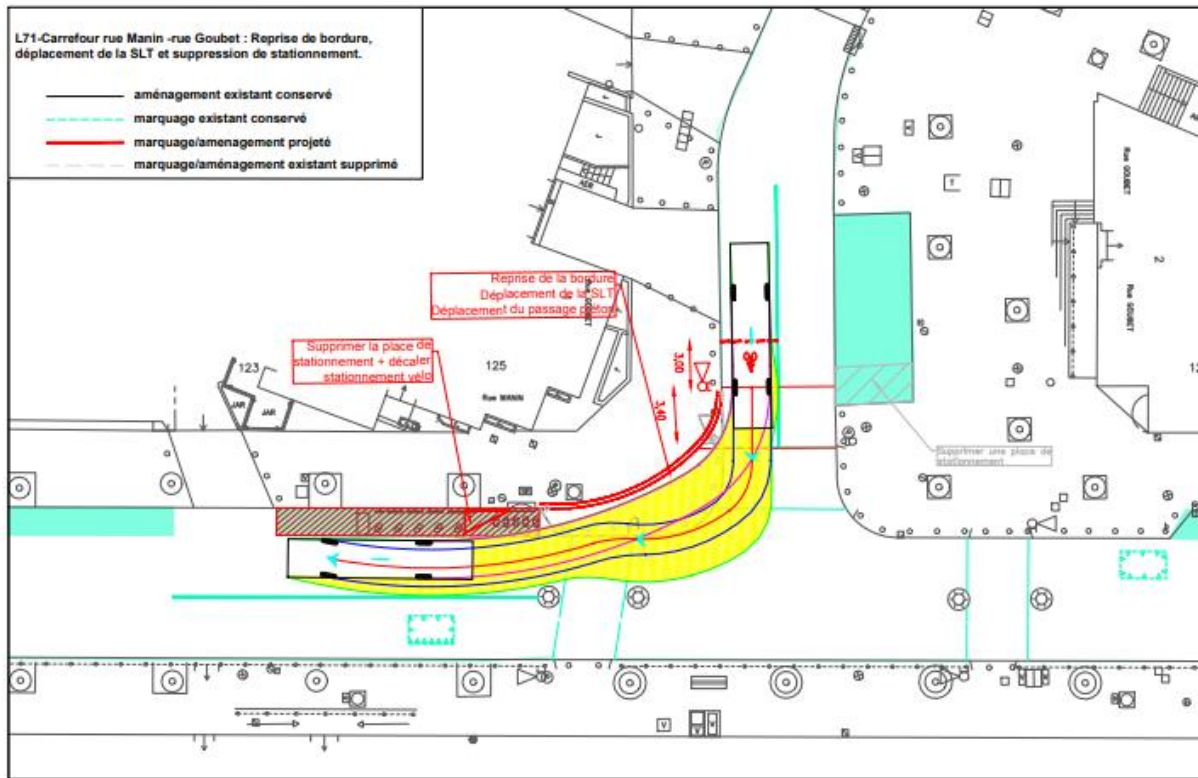


Figure 9 : Plan — étude de faisabilité — ligne 71 — étude de la giration carrefour rue Manin — rue Goubet (source : OGI)

Cette réflexion sur la réalisation de ces aménagements m'a permis de mettre en pratique les enseignements reçus sur l'organisation des déplacements.

Après avoir étudié les aménagements possibles, j'ai pu réaliser un chiffrage avec un niveau de détails élémentaire, qui n'a pour vocation que de fournir une enveloppe financière.

Aucune connaissance des réseaux en étude de faisabilité ?

Finalement, lors de cette phase de projet, je n'ai pas été confrontée directement aux réseaux enterrés. Néanmoins j'ai pu identifier des aménagements qui vont avoir un impact sur ceux-ci. Par exemple, le déplacement d'une ligne d'effet de feu ou d'une bordure peut avoir une incidence sur les réseaux existants. Le détail de ces implications — branchement électrique, modifications du tracé des réseaux... — sera étudié dans les phases d'avant-projet et de projet.

b. Les études d'avant-projet

Les études d'avant-projet (AVP) ont pour objectif de permettre au maître d'ouvrage d'arrêter définitivement le programme et de prendre des décisions en fonction des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance.

Il revient à la maîtrise d'œuvre de :

- Proposer des solutions traduisant les éléments du programme et d'en présenter les dispositions générales techniques ;

- Proposer une durée et une estimation prévisionnelles des travaux ;
- Définir les matériaux ;
- Arrêter les plans et les coupes.

Plus précisément concernant les réseaux enterrés, le maître d'ouvrage s'est vu attribuer de nouvelles responsabilités par la réforme DT/DICT. Il doit notamment en début de projet :

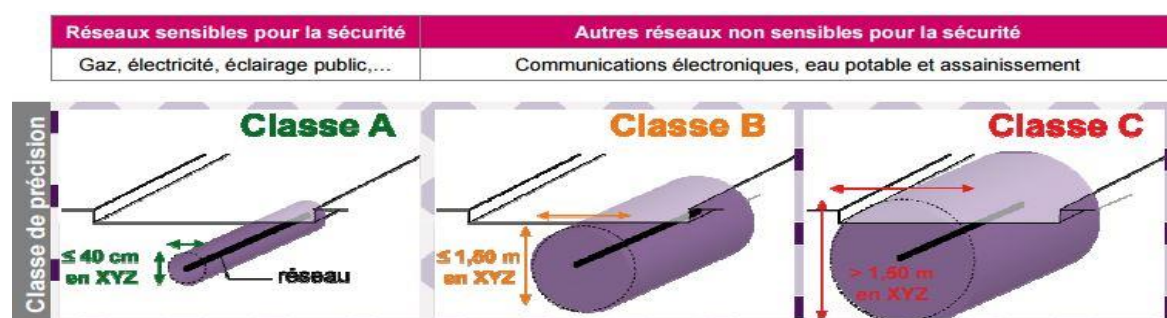
- **Consulter le guichet unique.** Le guichet unique est un téléservice « *destiné à collecter les coordonnées des exploitants de tous les ouvrages implantés en France [...] et les cartographies sommaires sous forme de zones d'implantation d'ouvrage.* » (Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux, fascicule 1, Observatoire national DT DICT) ;
- **Dessiner** sur le guichet unique la **zone d'emprise** des travaux projetés ;
- Télécharger les **formulaire**s de déclarations de travaux (DT) en partie préremplis ainsi que les **coordonnées des exploitants** des réseaux concernés ;
- **Adresser une DT** aux exploitants de réseaux concernés.

Cette démarche peut également être et est, bien souvent, réalisée par le maître d'œuvre. Elle reste néanmoins de la responsabilité de la maîtrise d'ouvrage.

Le contenu de la DT est transmis au maître d'œuvre pour lui permettre d'intégrer la localisation des réseaux dans l'aménagement projeté. Dans la DT, l'exploitant indique s'il est concerné ou non par le projet. S'il est concerné, il doit donner les informations utiles à la localisation de son réseau et les précautions à prendre en phase travaux. Pour cela, soit il envoie un plan (cf. Annexe 1), soit il planifie une réunion sur site pour fournir au maître d'ouvrage les informations relatives à la localisation de ses réseaux.

En outre, l'exploitant doit indiquer la précision des données cartographiques. Pour la caractériser, trois classes de précision ont été définies :

- Classe A : l'incertitude de localisation de l'ouvrage est inférieure à 40 cm si celui-ci est rigide ou 50 cm s'il est flexible ;
- Classe B : l'incertitude de localisation de l'ouvrage est inférieure à 1,5 m, celle-ci est abaissée à 1 pour les branchements d'ouvrages souterrains sensibles pour la sécurité ;
- Classe C : l'incertitude de localisation est supérieure à 1,5 m.



Les réseaux sensibles en classe B ou C doivent faire l'objet d'**investigations complémentaires** pour être en classe A (à la charge du maître d'ouvrage et/ou du gestionnaire de réseaux). Tout réseau neuf doit être localisé en classe A.

Figure 10 : Classification de la précision sur la localisation des réseaux (source: geopal)

Plus précisément, le tableau suivant distingue les réseaux sensibles des réseaux non sensibles.

Réseaux sensibles	Réseaux non sensibles
<ul style="list-style-type: none"> - Gaz - Électricité et éclairage public - Réseau de chaleur urbaine - Matières inflammables et/ou dangereuses - Réseau de tramway ou ferroviaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Télécommunication - Fibre optique - Adduction d'eau potable, d'assainissement, d'eaux pluviales - Signalisation lumineuse et tricolore

Le schéma en annexe 2 synthétise le processus.

Les acteurs présents lors de l'AVP sont le **maître d'ouvrage**, l'équipe de **maîtrise d'œuvre** et les **exploitants des réseaux**.

Mon expérience sur la ZAC des Bas-Heurts (Noisy-Le-Grand)

En pratique, j'ai travaillé en phase AVP pour la ZAC de Noisy-le-Grand. Pour ce rendu, nous avons réalisé un schéma directeur des réseaux, une notice VRD, une estimation et un phasage.

Le projet à Noisy-le-Grand est le projet d'aménagement d'une ZAC, la ZAC des Bas-Heurts. Actuellement, ce quartier est résidentiel et pavillonnaire. Il est amené à accueillir du petit collectif ainsi que quelques équipements publics et commerciaux. Ainsi de nouvelles zones doivent être raccordées aux réseaux d'électricité, de gaz, d'assainissement, d'eau potable ou d'éclairage. Nous avons donc établi un schéma directeur pour chacun de ces réseaux. Les réseaux présents sur les DT y ont été reportés. Nous avons en première approche, indiqué les réseaux à supprimer, à conserver, à dévier, à enfouir ou à créer. L'annexe 3 comporte le schéma directeur que nous avons proposé pour le réseau électrique basse tension.

La notice VRD présente les hypothèses techniques retenues pour l'aménagement projeté et donc pour le chiffrage. Dans un premier temps, on y retrouve les structures de chaussée prévues. J'ai pu ici mettre en pratique des notions enseignées en voirie urbaine. Dans un second temps, nous avons décrit ce qui était compris dans l'estimation des travaux sur les réseaux.

Pour le chiffrage, à partir des schémas directeurs, nous avons estimé le linéaire de fourreaux et le nombre d'ouvrages (regards, boîtes de branchement...) nécessaires. Ce travail m'a permis de me familiariser avec les caractéristiques des différents réseaux. J'ai tenté d'associer à chacun des réseaux un diamètre de fourreau et un matériau, suivant ce que j'ai rencontré dans les projets. J'ai pu m'apercevoir que cette connaissance trouvait toute son utilité en phase chantier lorsqu'un réseau inconnu était découvert.

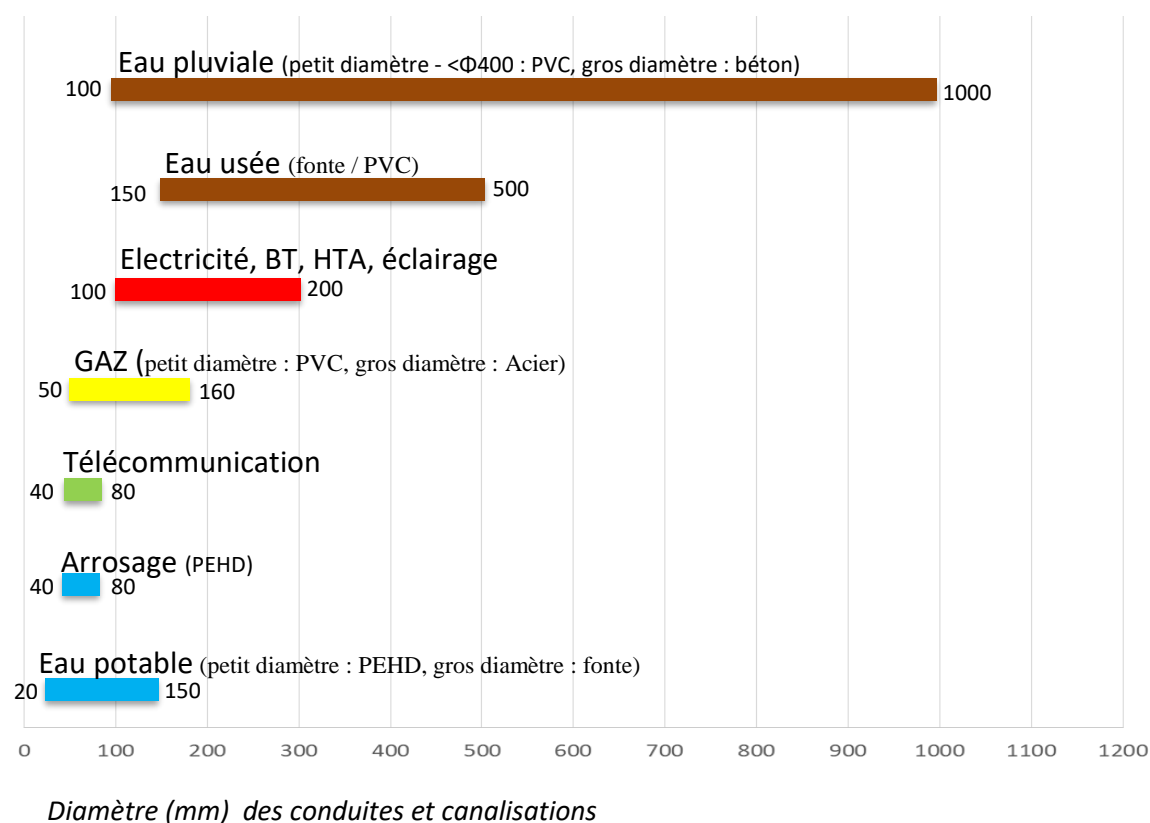


Figure 11 Diamètres des conduites et canalisations suivant le type de réseau

Les sections et matières des conduites et canalisations peuvent varier selon les préconisations des gestionnaires de ces réseaux. Ces dernières sont transmises par les gestionnaires au début des études à la demande de la maîtrise d'œuvre ou d'ouvrage.

Enfin, nous avons réalisé un phasage (cf. Annexe 4). Les travaux sur les réseaux sont à prendre en compte dans celui-ci. En effet, une grande contrainte sur ce projet est la maîtrise foncière. La mairie ne souhaitant pas exproprier, le projet se crée et évolue au fil des ventes des terrains. Ainsi, les travaux sur les parcelles privées commenceront de manière échelonnée sur plusieurs années. Un travail de phasage sur les travaux des réseaux est donc important pour coordonner la transition entre l'approvisionnement des pavillons supprimés, conservés et les nouveaux logements.

Analyse : Les DT un outil en cours de perfectionnement

Finalement, nous avons pu, sur le projet de la ZAC des Bas-Heurts, répondre aux demandes du maître d'ouvrage en termes de rendu. Néanmoins, j'ai pu percevoir une limite au travail demandé au bureau d'étude technique, concernant les réseaux enterrés, due à la qualité des DT.

D'une part, les réponses numériques ne sont pas systématiques, ce qui ne facilite pas l'intégration précise des réseaux sur les plans d'aménagement.

D'autre part, chaque concessionnaire envoie son plan : les informations de localisation sont reçues de manière éparse, les fonds de plan ne sont pas homogènes. Cela rend le travail de synthèse des réseaux plus fastidieux et moins qualitatif.

Une solution à cela est la **réalisation d'un plan de corps de rue simplifié (PCRS)**. La réforme DT/DICT encourage, en effet, les collectivités à réaliser un PCRS. Concevoir un PCRS permettrait de disposer d'un fond de plan unique, avec une échelle, une qualité et une précision commune qui offrent la possibilité de géo référencer les réseaux en classe A.

Cependant, bien que les exploitants des réseaux soient demandeur d'un fond de plan à grande échelle mutualisé et mis à jour, des questions demeurent : quelle autorité pourrait être porteuse du projet ? Qui gouvernerait les démarches entre les gestionnaires des réseaux ? Quelles techniques pour le format, les levés, les mises à jour seraient à mettre en place ?

L'IGN s'est récemment proposé (2018) de coordonner la réalisation d'un PCRS sur l'ensemble du territoire. Toutefois les questions de financement et de production des images demeurent.

La réalisation de PCRS sur l'ensemble du pays pose également le problème d'inégalité territoriale. Par exemple, la ville de Rouen finance seule son PCRS tandis que la région Auvergne-Rhône Alpes partage le financement avec les gestionnaires de réseaux. De même, les exploitants de réseaux n'ont pas tous les mêmes moyens : Enedis possède de nombreuses agences avec la compétence cartographique, tandis qu'Orange est actuellement concentré sur le déploiement de la fibre.

Ainsi, les outils mis en place par la réforme DT/DICT, le guichet unique et les DT permettent au bureau d'étude technique de réaliser les études sur les aménagements dans de meilleures conditions. Néanmoins, ils sont encore perfectibles, par notamment la réalisation d'un PCRS à grande échelle... qui laisse encore de nombreuses questions — de gouvernance, de financement, d'organisation, de techniques — en suspens.

c. Les études de projet

Les études de projet (PRO) viennent préciser l'AVP. Le maître d'œuvre doit clarifier tous les éléments fournis en AVP : plans, coupes, caractéristiques des matériaux, délais, estimations, etc.

En ce qui concerne les réseaux, comme vu plus haut, tous les plans n'ont pas la même précision. Pour les réseaux enterrés sensibles (lignes électriques, gaz combustible, éclairage public) localisés en classe C ou B, il est de la responsabilité du maître d'ouvrage de faire réaliser des investigations complémentaires.

Les investigations complémentaires sont réalisées de préférence par des techniques non intrusives (acoustique, radar, électromagnétique...), c'est à dire sans fouille. Lorsque ces techniques n'apportent pas suffisamment de précision, elles sont complétées par des méthodes intrusives, c'est à dire des sondages.

Le maître d'ouvrage peut, s'il le souhaite, compléter les informations qu'il possède sur les réseaux par des opérations de localisation, c'est à dire par des investigations complémentaires non obligatoires.

À partir des DT, des IC et OL, le maître d'œuvre réalise une synthèse des réseaux.

Les acteurs présents lors du PRO sont le **maître d'ouvrage**, l'équipe de **maîtrise d'œuvre** et les **exploitants des réseaux**.

Mon expérience sur la ZAC des Bas-Heurts

En pratique, suite à l'AVP, j'ai pu commencer les études de PRO dans le cadre du projet de Noisy-le-Grand.

Concernant les réseaux, nous avons étudié le positionnement des réseaux en x, y et z, comme la montre en annexe 5 la coupe sur les réseaux d'eaux pluviales et usées. À partir de la prise en compte des normes, nous avons été confrontés à des difficultés, en termes :

- *De pente* : les conduites d'assainissement doivent respecter des pentes entre 0,5 et 5 %. Celles-ci peuvent varier suivant les préconisations des gestionnaires de réseaux (certains exigent une pente d'au moins 1%). Le terrain sur lequel la ZAC se développe ayant une topographie très marquée, l'acheminement des réseaux d'eaux pluviales et d'eaux usées étaient très contraint.
- *De profondeur et d'espacement* entre les réseaux : il fallait faire coexister tous les réseaux en intégrant ceux existants et projetés. Pour visualiser le passage des réseaux et établir les futurs tracés, nous avons réalisé de nombreuses coupes. L'objectif est de concevoir un tracé réaliste et de respecter la norme AFNOR (association française de normalisation) sur les règles de distance des réseaux enterrés, résumées par le schéma ci-dessous.

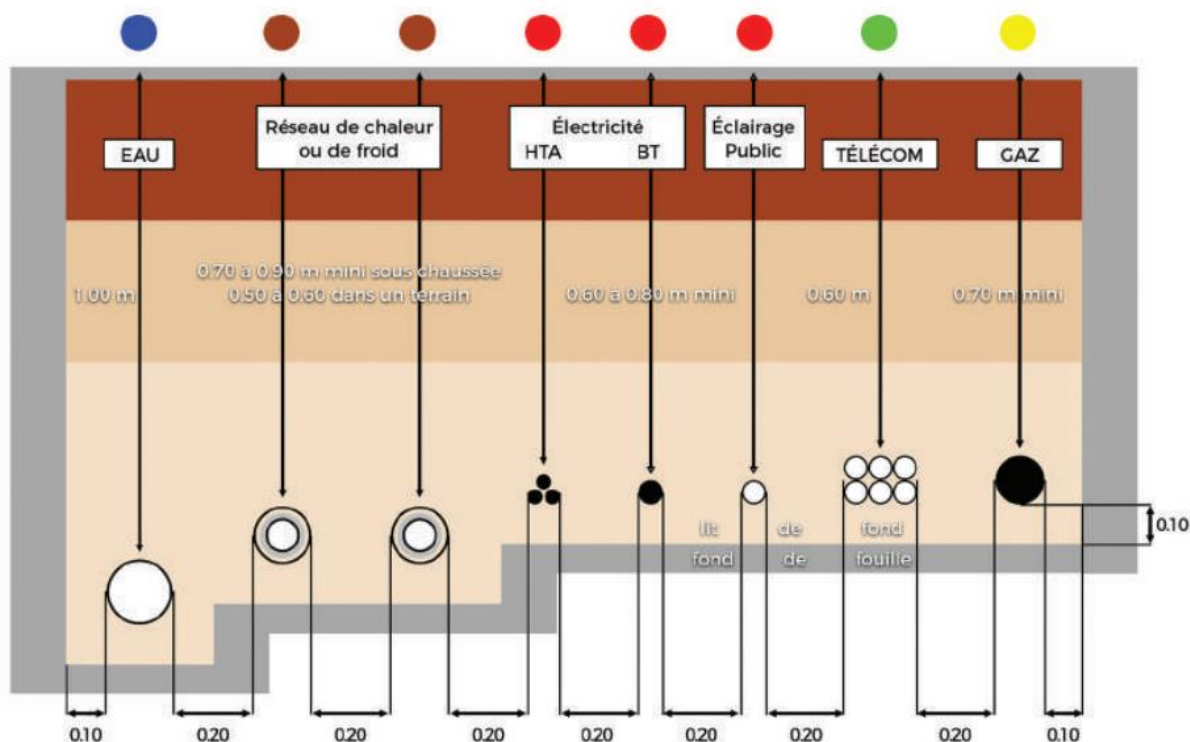


Figure 12 Règle de tracé et disposition par rapport aux autres réseaux enterrés (source : AFNOR)

Nous avons aussi tenu à rencontrer les concessionnaires afin de valider les informations en notre possession, notamment sur la localisation des réseaux. Les exploitants des réseaux ont également présenté les processus liés d'une part à la modification de leurs ouvrages et d'autre part aux travaux à proximité de leur réseau.

En effet, comme indiqué précédemment, la zone va accueillir une population plus importante. Les réseaux sont donc amenés à évoluer tels que résumés dans les schémas directeurs produits en AVP. Les concessionnaires réalisent des études de raccordement ou de faisabilité pour vérifier l'impact du projet sur l'existant. C'est à l'exploitant des réseaux de valider le projet de distribution émis par le bureau d'études et de proposer des modifications si nécessaire. Les études des concessionnaires sont réalisées parallèlement aux études de projet. Le bureau d'études émet des hypothèses sur le plan de réseau projeté et procède aux estimations en attendant la validation des concessionnaires.

Analyse et enseignement

Le travail de positionnement projeté des réseaux enterrés m'a fait prendre conscience de la faiblesse de la représentation en deux dimensions. Le positionnement des réseaux enterrés a de nombreuses injonctions à respecter : pente, espacement, profondeur. Toutes les obligations font appel à la 3D. Ainsi pour s'assurer qu'elles soient respectées, un travail fastidieux de coupe a été réalisé. La transition vers un travail sur logiciel de trois dimensions est une perspective d'évolution du métier de dessinateur-projeteur qui pose de nombreuses questions — en termes de formation, de financement... —, mais qui simplifierait considérablement la conception des projets VRD. Cette mutation de perception est développée en troisième partie.

Par ailleurs, cette phase m'a permis de mettre en évidence les impacts réciproques du projet architectural et paysager sur l'emplacement des réseaux et inversement. Par exemple, certains arbres projetés ont dû être déplacés, car ils avaient été positionnés au-dessus des réseaux existants ou projetés. Le projet paysager a donc été modifié. Inversement, une zone de la ZAC est destinée à recueillir les eaux pluviales. Les réseaux ne doivent pas y cheminer, car sur cet espace l'eau va s'infiltrer sur une profondeur importante. Le projet technique a donc été lui aussi impacté.

Néanmoins, j'ai pu faire l'expérience d'un manque de globalité dans la pensée des aménagements. En effet, une chaussée récemment livrée, sous laquelle les réseaux sont neufs, va devoir être ouverte pour permettre la desserte des réseaux sur la ZAC des Bas Hurts. La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre étaient pourtant les mêmes sur les deux projets. Les travaux et les besoins sur la ZAC n'avaient pas été anticipés. Cela traduit le manque de vision d'ensemble. Les projets sont majoritairement pensés en autarcie les uns par rapport aux autres. Plus particulièrement, les travaux de voirie ou de réseaux sont réfléchis individuellement et à court terme. En effet, les exploitants des réseaux sont organisés en silo, certains sont nationaux d'autres, territoriaux. Il n'existe pas aujourd'hui d'instance pour permettre un dialogue entre les gestionnaires de réseau. De même, il n'y a pas d'échange entre concessionnaires et collectivités sur une vision globale et à long terme des travaux envisagés sur une zone. Or, comme nous l'avons vu précédemment, voirie et réseau sont intimement liés. Par exemple, la durée de vie d'une chaussée est divisée par deux lorsqu'elle est ouverte. Ainsi, une approche systémique est nécessaire.

La thèse, encadrée par Patricia Bordin, chercheuse à l'EIVP spécialisée SIG et réseaux enterrés, pourra apporter des éléments de réponse. Ce travail vise à optimiser la co-maintenance de la voirie et des réseaux. Cela se traduirait par un outil où les informations sur la localisation des réseaux, la structure de chaussée et l'ensemble des travaux effectués et projetés seraient présents. Ainsi cela réduirait les coûts, les nuisances et augmenterait le temps de vie des chaussées et réseaux enterrés.

La corrélation entre chaussée et réseau est un véritable enjeu... souvent sous-estimé.

d. Le dossier de consultation des entreprises

Cette phase de projet mène à la constitution du dossier de consultation des entreprises (DCE). Ce dernier est composé des pièces nécessaires à la consultation des entreprises. Parmi ces pièces, le bureau d'étude fournit, entre autres, les estimations (décomposition du prix global et forfaitaire, bordereau des prix unitaires, détail quantitatif estimatif), des plans (plan de l'existant, plan des réseaux existants et projetés, plan de revêtements et de structure, plan de démolition...), le CCTP (cahier des clauses techniques particulières).

Concernant les réseaux, la maîtrise d'ouvrage a la responsabilité d'intégrer au DCE dans le marché travaux toutes les informations collectées, c'est à dire :

- La liste des exploitants des réseaux communiqués par le guichet unique ;
- Les DT et les plans associés ;

- Les plans des ouvrages dont il est lui-même exploitant ;
- Les résultats des investigations complémentaires et opérations de localisation éventuelles ;
- Le plan de synthèse des réseaux ;
- Les informations sur la présence de dispositifs avertisseurs ;
- Les études géotechniques.

De plus, suite à la réforme DT/DICT, la maîtrise d'ouvrage doit inscrire dans le marché des clauses techniques et financières lorsque l'incertitude sur la localisation des réseaux est supérieure à celle de la classe A et qu'aucune IC ou OL n'ont été réalisées en étude. Ces clauses garantissent l'emploi de techniques compatibles avec une connaissance des réseaux imprécise ainsi qu'une rémunération adaptée pour l'entreprise.

L'ensemble de ces informations permet aux entreprises d'évaluer qualitativement leurs prestations en intégrant les mesures de préventions nécessaires. Cela leur offre une visualisation sur les conditions dans lesquelles ils auront à réaliser le chantier.

Mon expérience sur la Place de la Madeleine

En pratique, j'ai pu réaliser un DCE dans le cadre de mon travail sur la place de la Madeleine. Ce projet prend place dans un contexte particulier : le réaménagement de sept grandes places parisiennes. Pour le programme phare de la Ville de Paris, quatre entreprises sont d'ores et déjà sélectionnées. Les lignes de prix classiques ainsi que le CCTP sont fixés dans un accord-cadre. Ainsi pour le DCE, nous avons rendu :

- Une estimation ;
- Des plans architecturaux, paysagers et techniques ainsi que des coupes ;
- Un Cahier des Clauses Complémentaires (CCC*) qui vient compléter le CCTP pour les lignes de prix, c'est-à-dire les matériaux ou mises en œuvre, spécifiques à ce projet.

Pour finaliser ce projet, de nombreux aller-retour ont eu lieu au sein de la maîtrise d'œuvre — entre architecte, paysagiste et ingénieur — et avec la maîtrise d'ouvrage. Sur ce projet, la maîtrise d'ouvrage est la Ville de Paris et plus particulièrement la SAGP* (Service des aménagements et des grands projets). Or de nombreux services de la ville étaient concernés par le projet : la DEVE* (direction des espaces verts et de l'environnement), la STV* (Section Territoriale de Voirie), le PC Lutèce (service régissant la SLT* à Paris), etc. Il a fallu également échanger avec ces différents services, ce qui a amené notamment des modifications. Les mises à jour successives du plan projet ont fait évoluer parallèlement le plan des réseaux projetés ainsi que l'estimation.

Pour le DCE, le plan des réseaux projetés est très précis. L'échelle de rendu a été le 1/250ème (cf. figure 13).

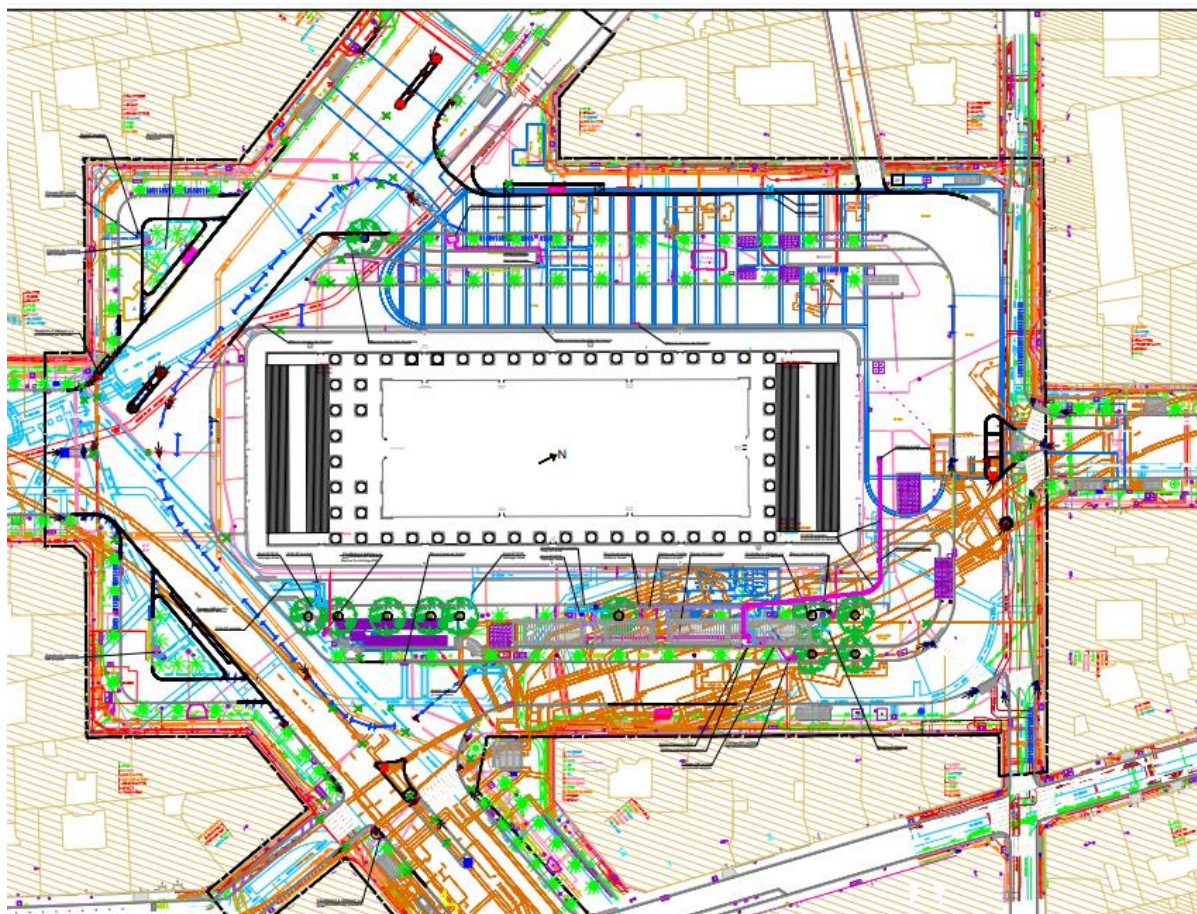


Figure 13 Plan des réseaux projetés (source: OGI)

À ce stade, nous avons pu estimer les linéaires de fourreaux nécessaires suivant le type de réseau, les tranchées associées et les ouvrages à modifier. Par exemple, j'ai pu estimer les modifications sur les ouvrages d'eau de Paris :

Estimation des travaux sur les ouvrages d'eau de Paris

Désignation des prestations	Unité	Quantité
Mise à niveau bouche à incendie	Unité	2
Mise à niveau bouche de lavage	Unité	4
Mise en œuvre d'un comptage	Unité	3
Raccordement en égout	ml	100
Installation d'une fontaine	Unité	1

Analyse : le DCE une phase cruciale

Finalement, sur ce projet nous avons pu réaliser le DCE dans de bonnes conditions, c'est-à-dire dans des délais suffisants et avec une pression de la part du maître d'ouvrage productive. Il a été très enrichissant pour moi de travailler sur ce projet. Techniquement, j'ai pu enrichir mes connaissances sur les structures de chaussée et le tracé des réseaux. De plus, notre relation avec la maîtrise d'ouvrage était stimulante et j'ai pu ainsi percevoir les qualités d'un bon maître d'ouvrage.

La qualité de notre travail se traduira, néanmoins, en phase chantier. Le DCE est, en effet, une phase cruciale, car c'est à partir de ce dossier que les entreprises vont préparer et réaliser leurs travaux. Ainsi, si un poste ou une contrainte technique importante ont été omis, les conséquences rejailliront lors des travaux. Cela pouvant entraîner des surcoûts financiers, un dépassement du planning et fragiliser la sécurité sur le chantier.

e. La phase chantier

Pendant mon stage, j'ai pu suivre un ingénieur travaux et un ingénieur OPC sur le chantier de sécurisation de Tour Eiffel. Les missions principales de l'un sont de vérifier la conformité des documents (plan EXE...) fournis par l'entreprise, d'organiser les réunions de chantier, d'assurer un suivi financier et d'assister la maîtrise d'ouvrage. Celles de l'autre sont d'ordonnancer dans le temps et dans l'espace les travaux des entreprises et de proposer des mesures d'organisation.

Cela m'a permis d'expérimenter la phase travaux d'un projet, de percevoir les relations entre les différents acteurs et d'appréhender comment se traduit le DCE lors du chantier.

En phase chantier, une nouvelle famille d'acteur s'ajoute aux **maîtres d'œuvre et d'ouvrage** et aux **concessionnaires**, ce sont les **entreprises**, exécutantes des travaux.

Pour les entreprises de travaux, la réforme DT/DICT a été favorable. Celles-ci ne peuvent plus subir de préjudices financiers liés à un arrêt de chantier déclenché après la découverte d'un réseau non signalé.

Néanmoins, les entreprises ont un rôle essentiel pour prévenir les accidents. Dès la consultation des entreprises, comme vu au-dessus, celles-ci reçoivent un dossier qui leur permet de structurer leur réponse. Elles y trouvent en effet : les réponses des exploitants, la catégorie des réseaux, la localisation des réseaux avec la classe de précision associée, les résultats des IC, OL ainsi que les recommandations techniques spécifiques formulées par les exploitants.

Une fois l'entreprise retenue, celle-ci doit :

- Consulter le guichet unique ;
- Réaliser une Déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT).

L'entreprise adresse une DICT à chacun des exploitants de réseaux identifiés par le maître d'ouvrage.

Dans le cas où un exploitant de réseau sensible ne répond pas, les travaux ne peuvent pas commencer. Il existe toutefois des exceptions (sauvegarde des personnes ou des biens, sécurité, continuité du service public). Alors, l'entreprise doit tenir compte des mesures de sécurité transmises par l'exploitant.

Une fois que les exploitants des réseaux ont répondu aux DICT et ont communiqué leur plan, il est de la responsabilité du maître d'ouvrage de réaliser un marquage — piquetage sur le site du tracé des réseaux enterrés. Les réseaux détectés sont marqués conformément au code couleur défini par la norme NF P 98-332.









Nature des réseaux	Couleur du marquage	
Électricité BT, HTA ou HTB et éclairage		Rouge
Gaz combustible (transport ou distribution) et Hydrocarbures		Jaune
Produits chimiques		Orange
Eau potable		Bleu
Assainissement et Pluvial		Marron
Chauffage et Climatisation		Violet
Télécommunications		Vert
Feux tricolores et Signalisation routière		Blanc
Zone d'emprise multi-réseaux		Rose

Figure 14 Couleur du marquage selon la nature des réseaux (source: idrs.fr)

Usuellement, celui-ci est réalisé sous la responsabilité du maître d'ouvrage par l'entreprise de travaux, plutôt que par un prestataire extérieur. Ainsi, l'entreprise est sensibilisée à la présence des réseaux.

Le schéma en annexe 2 synthétise le processus permettant le démarrage des travaux :

Mon expérience sur la Tour Eiffel

En pratique, sur ce projet, mes missions ont été de mettre à jour le planning hebdomadaire, de rédiger les comptes rendus des réunions concessionnaires et de réaliser un suivi des conflits liés aux réseaux.

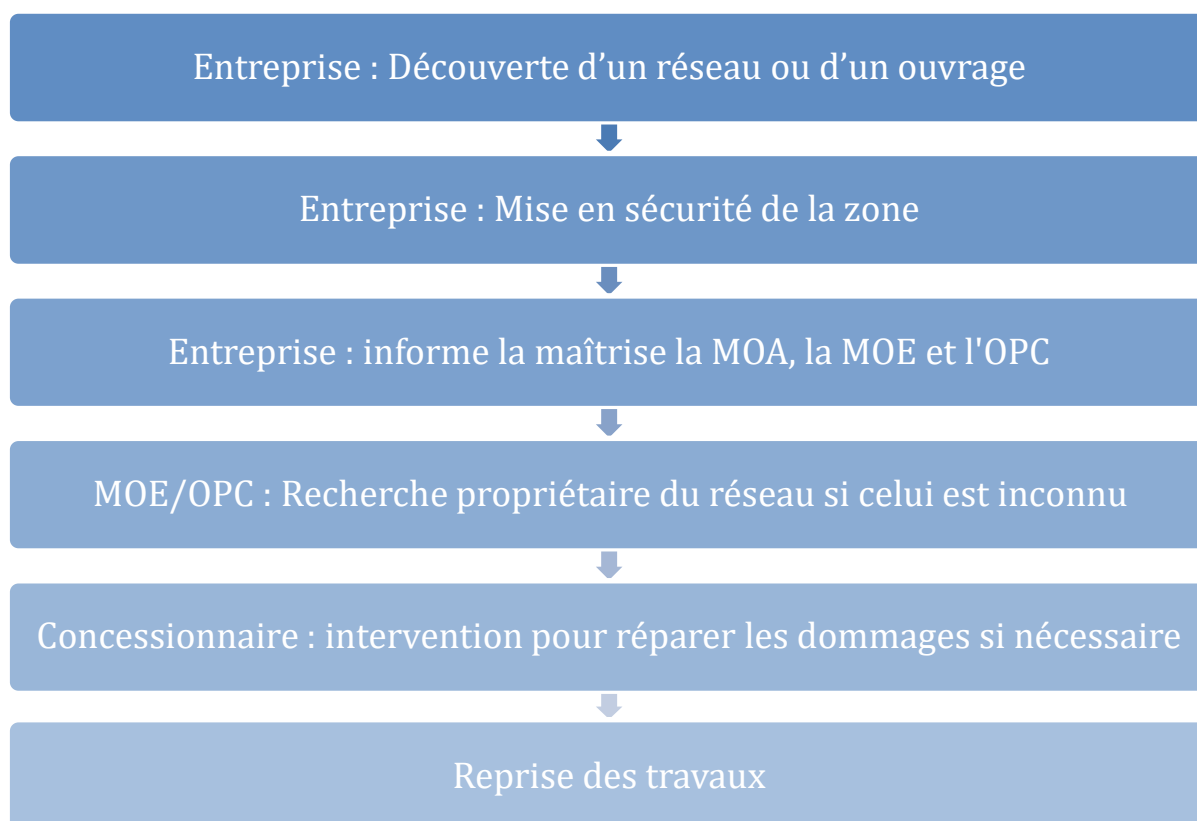
Sur ce chantier, des réseaux et ouvrages inconnus ont été découverts, voire endommagés par les entreprises de travaux (cf. photo ci-dessous). Sur cette photo, sont présents les câbles HTA d'ENEDIS (à emplacement et profondeur différents de ce qui est indiqué sur les plans ENEDIS). Par contre en dessous de ces câbles, se trouvent un ouvrage inconnu (protection ?) ainsi que plusieurs conduites inconnues.



Figure 15 : Découverte de réseaux inconnus sur le chantier de la Tour Eiffel (source : OGI)

J'ai ainsi pu voir quelle était la procédure mise en pratique lorsqu'un réseau enterré était découvert, voire endommagé. Il faut alors agir vite. En effet, comme vu précédemment, un dommage sur des réseaux de gaz ou d'électricité peut avoir des conséquences dramatiques. En outre, les réseaux permettent de fournir les populations en eaux et électricité et de gérer les ressources. Ainsi, pour garantir la continuité de ce service, les réseaux doivent être réparés dès que possible.

Le schéma suivant traduit cette procédure.



Lorsque le réseau inconnu est découvert, la recherche de l'exploitant propriétaire du réseau est une opération souvent fastidieuse et longue, qui bloque l'avancée du chantier. En effet, les interlocuteurs sont nombreux et les réponses peuvent être tardives vis-à-vis des contraintes de délais des chantiers.

Dans le projet, après l'identification des réseaux, les réunions concessionnaires hebdomadaires ont offert la possibilité de rencontrer les exploitants de réseaux dont les ouvrages avaient été endommagés et d'organiser la réparation de leur réseau.

Ainsi, pour chaque conflit avec les réseaux, le but a été de regrouper l'historique des interventions de chacun, entreprise et concessionnaire (cf. annexe 6).

Ce travail de suivi des conflits m'a permis de dresser une typologie des anomalies liées aux dommages sur les réseaux, c'est-à-dire de catégoriser les connaissances cartographiques sur le réseau endommagé.

Typologie des connaissances cartographiques lors d'un dommage sur un réseau
Réseau présent sur le plan bien positionné
Réseau présent sur le plan, mais avec un écart de position par rapport au terrain
Réseau non présent sur les plans

Mon travail sur le planning m'a, par ailleurs, permis de visualiser concrètement l'enchaînement des tâches ainsi que les répercussions d'un arrêt de chantier (pour la découverte d'un réseau par exemple).

Analyse et enseignement

Finalement, malgré la réforme de 2012, de nombreux réseaux sont encore découverts et endommagés en phase chantier.

Sur le chantier de la Tour Eiffel, cela peut s'expliquer par deux raisons.

La Tour Eiffel est au cœur d'enjeux touristiques et de sécurité importants ; c'est un des principaux emblèmes de la ville de Paris. La réalisation du chantier a été contrainte par des délais très courts qui n'étaient pas toujours compatibles avec le temps nécessaire à la réalisation exhaustive du marquage de tracé des réseaux enterrés.

Ensuite, la typologie des anomalies dressée plus haut questionne sur la raison de ces dommages.

Typologie des connaissances cartographiques	Cause des dommages
Réseau présent sur le plan bien positionné	Mauvaise lecture ou utilisation du plan
Réseau présent sur le plan, mais avec un écart de position par rapport au terrain	Cartographie imprécise, relevé topographique de mauvaise qualité
Réseau non présent sur les plans	Absence de donnée

Par ailleurs, la question de l'absence de préjudice pour les exécutants des travaux lors de dommages sur un réseau mérite aussi d'être posée en termes de conséquences sur la qualité du travail fourni.

Les raisons de ces dommages sont autant de thématiques où une amélioration est nécessaire.

f. L'assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception

À la fin des travaux, l'aménagement est réceptionné par la maîtrise d'ouvrage, qui peut être assistée par la maîtrise d'œuvre. À ce moment-là, un plan des réseaux à jour et un rapport de détection où il est précisé la méthode et la classe de précision de localisation de chaque réseau sont remis.

Ici encore, le relevé topographique des réseaux est de la responsabilité du maître d'ouvrage

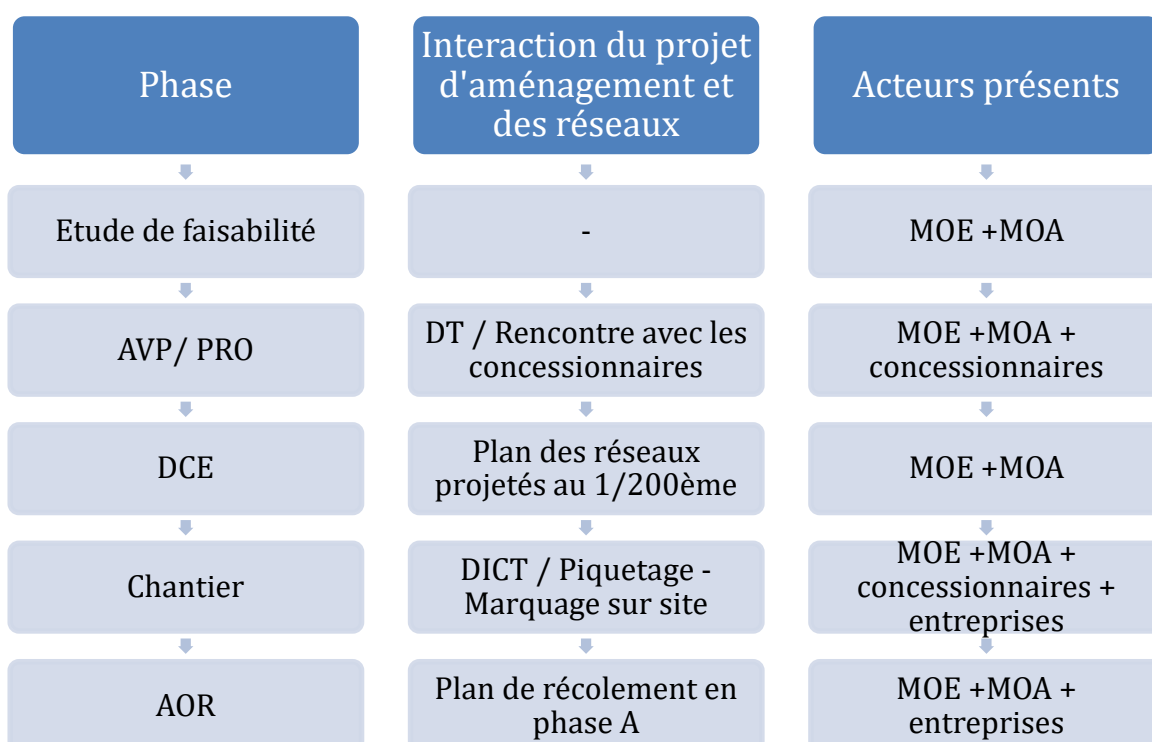
Suite à la réforme, la localisation de tous les réseaux devra à terme être de classe A. Ainsi, cette phase est primordiale pour mettre à jour et renforcer la précision de la cartographie des réseaux.

En pratique, j'ai travaillé sur la confrontation de plan de récolement pour un projet à Compiègne. Ma mission était de vérifier la fiabilité d'un plan de récolement d'une entreprise. Lors de la rencontre avec celle-ci, il a semblé que les erreurs pressenties sur le plan n'avaient pas été repérées par l'entreprise qui avait fait appel à un prestataire privé. Ainsi il apparaît qu'une multiplication des acteurs trop importante augmente le risque d'erreurs.

Aujourd'hui, les plans de récolement sont rendus sous formats, type autocad (.dwg), avec la profondeur présente dans la légende. Toutefois, au regard des avancées technologies et de la limite de la représentation en 2D, la durabilité de ce format est questionnable. Ainsi, une question se pose : la représentation des réseaux en plan va-t-elle disparaître au profit des maquettes numériques ?

g. Synthèse

Finalement, l'intégration des réseaux dans un projet d'aménagement peut être synthétisée à travers le schéma suivant :



De plus, vis-à-vis du rôle de chacun des acteurs, la responsabilité du maître d'ouvrage tout au long du projet ressort. Le maître d'œuvre lui, n'est soumis à aucune obligation mise à part celles confiées par le maître d'ouvrage, qui conserve toutes responsabilités. Son rôle est de **conseiller**, d'**alerter** et d'**accompagner** le maître d'ouvrage tout au long du projet.

h. Quel bilan pour la réforme DT/DICT ?

La réforme de 2012 a permis de reconsidérer le sujet des réseaux enterrés et des aménagements de voirie.

Lors de mon stage, j'ai pu percevoir les contraintes de la réforme en particulier pour les concessionnaires.

Les exploitants des réseaux sont très sollicités pour indiquer la localisation de leur réseau. Ils ont à réaliser un double travail pour répondre aux DT et DICT.

Elle comporte également certaines **limites**.

Aujourd'hui, les exploitants ne répondent pas toujours avec rigueur aux DT/DICT. Les plans annexés aux réponses sont de qualités hétérogènes et la dématérialisation des échanges reste partielle.

En outre, la nouvelle législation impose le recensement des réseaux enterrés. Cela implique de disposer de la cartographie de ces réseaux. Pour les réseaux neufs, la procédure est celle explicitée tout au long de cette partie. En fin de chantier, la cartographie des réseaux est disponible. Pour les réseaux anciens, le recensement est plus compliqué. Les techniques de détection sont alors utilisées. Mais celles-ci présentent quelques lacunes : les technologies ne sont pas très précises, il est nécessaire de combiner plusieurs technologies pour parvenir à un résultat satisfaisant et leur usage n'est pas encore totalement maîtrisé.

En conclusion, bien que contraignante, cette réforme a eu des effets positifs. Les dommages sur les réseaux sensibles avaient déjà diminué de 3,5 % entre juillet 2012 et juin 2013. Elle a également le mérite de questionner la relation entre réseaux enterrés et voiries... Il semble néanmoins qu'il reste du chemin à parcourir pour que l'intimité de cette relation fasse l'objet d'une prise de conscience collective.

3. Perspectives d'évolution

L'étude de l'intégration des réseaux dans un projet d'aménagement urbain laisse entrevoir des perspectives d'évolutions.

Le secteur qui se manifeste en premier lieu est la connaissance de nos sous-sols. Il semble, en effet, que de nombreuses améliorations soient possibles dans le domaine de la localisation des ouvrages enterrés.

En outre, l'essor des technologies alternatives sur la production d'énergie ou la gestion des eaux questionne le devenir des grandes infrastructures de réseaux. Ainsi, dépasser les formes existantes est une véritable interrogation, qui s'organise autour des structures de l'approvisionnement (la manière dont on délivre l'eau et l'énergie) et autour de l'organisation des différents acteurs.

a. Vers une connaissance plus qualitative du tracé des ouvrages enterrés

La localisation des réseaux enterrés est au cœur d'une part de la réforme DT/DICT et d'autre part d'un aménagement durable et qualitatif.

La réforme impose pour le 1er Janvier 2019, le géo référencement en classe A de tous les ouvrages sensibles souterrains, en zone urbaine. Cette obligation est prolongée en 2026 pour les zones rurales. Aucune échéance n'est prévue pour les réseaux non sensibles.

Une localisation précise des réseaux est essentielle, car elle permet de concevoir l'aménagement au plus proche de la réalité du terrain, de réaliser le chantier dans de bonnes conditions et donc de livrer un aménagement avec une meilleure pérennité.

Or, dans la visualisation des réseaux, deux dimensions se détachent : la représentation et la détection.

i. Détection et localisation des réseaux enterrés

La réalisation d'une maquette numérique représentant entre autres nos sous-sols n'est pas envisageable sans connaître la position des réseaux. Il est donc nécessaire de savoir localiser et détecter les réseaux enterrés.

Les techniques de détections non intrusives actuelles

Aujourd'hui, la détection non intrusive s'appuie sur 2 modes :

- Le mode passif : un récepteur seul est utilisé ;
- Le mode actif : un récepteur et un générateur sont utilisés.

Leur principe est de détecter un champ magnétique. Ces modes se déclinent en de nombreuses méthodes : induction, raccordement direct, pince à champs magnétique, etc. (cf. Annexe 7).

Le géoradar vient compléter cette panoplie. Cet outil affiche en temps réel tous les réseaux enterrés sans distinction.



Figure 16 Georadar (source: Geovrd, principe de détection non intrusive)

Les limites actuelles

Aucune des méthodes n'est performante pour détecter tous les types de câbles ou canalisations. Elles sont à mettre commun pour parvenir à un résultat satisfaisant.

De plus, ces équipements et méthodes sont nouveaux. Ainsi, au début de la réforme les compétences d'utilisation n'étaient pas toujours acquises et une formation manquait. En 2017, pour remédier à cette lacune, une certification est née pour encadrer les métiers de détections des réseaux enterrés. Depuis janvier 2018, les maîtres d'ouvrage ont l'obligation de faire appel à un prestataire certifié pour détecter et géoréférencer leurs ouvrages enterrés.

Des études pour améliorer les techniques de détection sont toujours en cours. En effet, aujourd'hui, celles-ci sont encore imprécises : les visualisations produites sont paraboliques. La localisation exacte des réseaux est ainsi rendue compliquée. Aujourd'hui, les outils sont précis de 10 à 15 cm en plan et à plus ou moins 5 % de la profondeur (*Travail Étude et Recherche, A. Naveau et N. Legorgeu*).

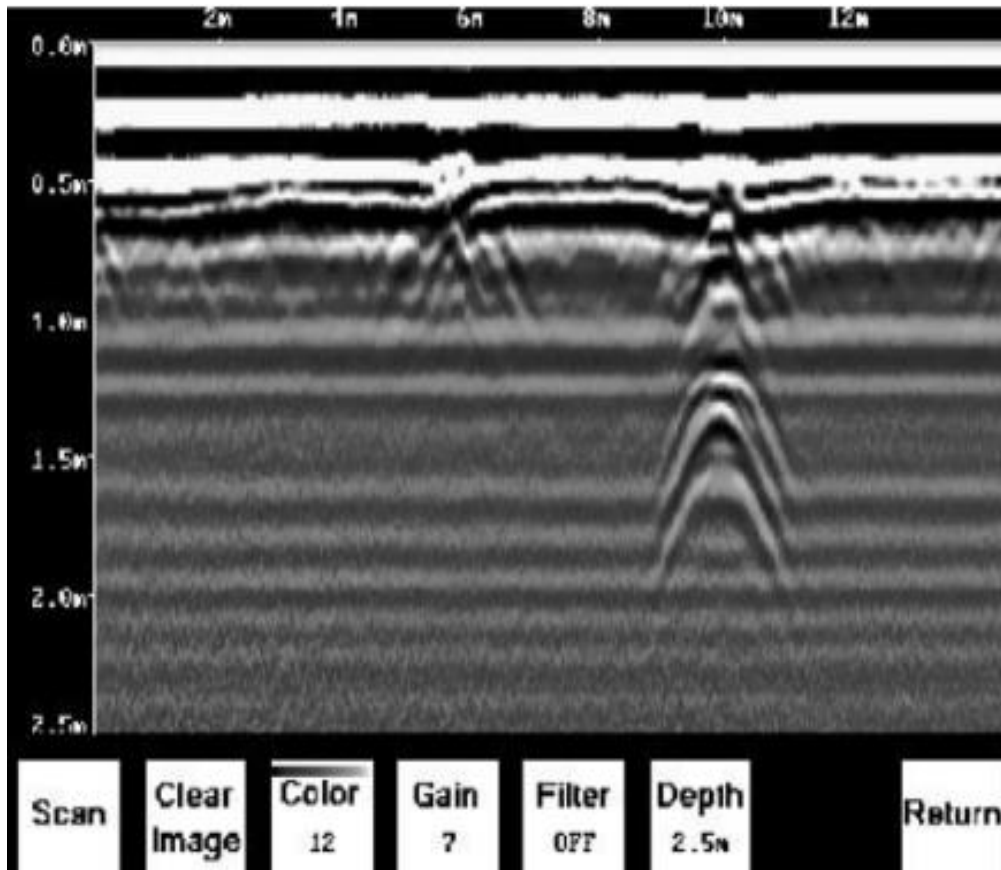
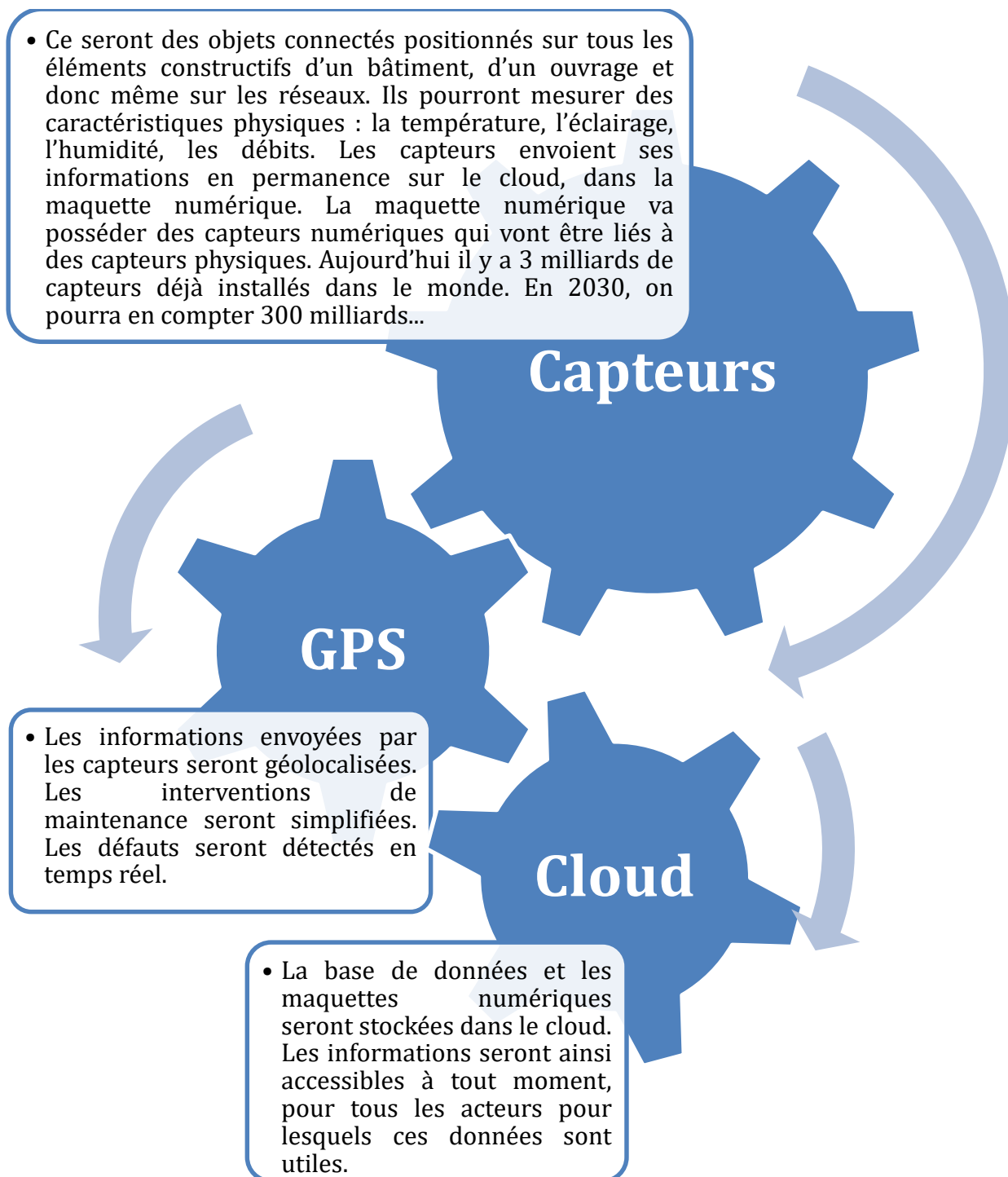


Figure 17 Diagramme de détection des réseaux par géoradar (source: Geovrd, principe de détection non intrusive)

Penser autrement

Aujourd'hui, nous adoptons une vision très terre à terre : des réseaux sont présents en sous-sols, nous avons besoin de les localiser et de les détecter. Néanmoins, la problématique peut être posée inversement : comment faire pour ne plus avoir besoin de localiser les réseaux enterrés ?

En premier lieu, cela peut prendre forme par la combinaison du GPS, du cloud et des capteurs. Il est estimé que cette révolution technologique sera opérationnelle d'ici 10 ans.



Les gestionnaires de réseaux commencent, dès à présent, à équiper leur réseau de marqueurs, c'est-à-dire de capteurs. Par exemple, les exploitants du gaz posent des puces RFID (radio-identification) dans leurs réseaux (cf. schéma suivant).

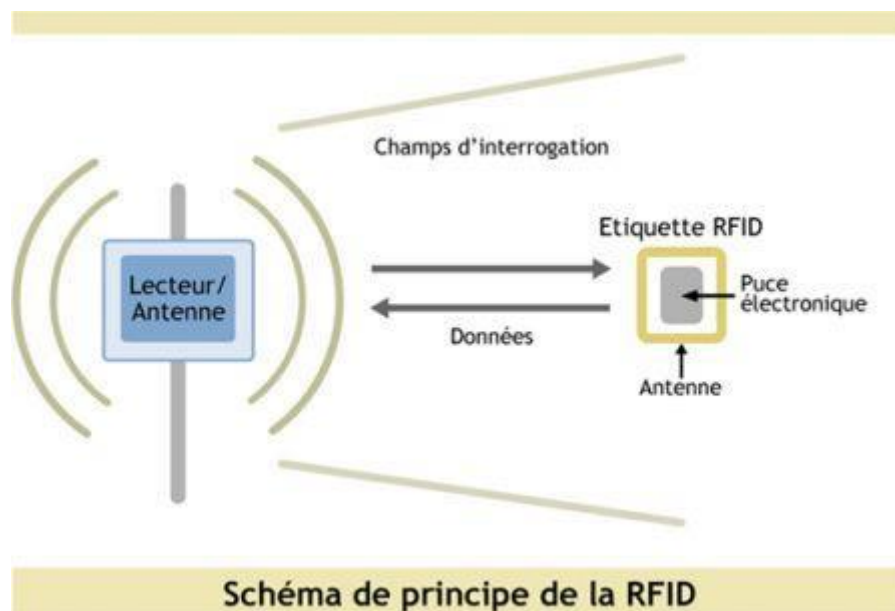


Figure 18 Schéma de principe de la RFID (source: pagora.grenoble-inp.fr)

Ces puces peuvent offrir trois niveaux de détails :

- Elles répondent à un signal, ce qui permet de les localiser ;
- Elles communiquent : les puces émettent elles-mêmes un signal ;
- Elles enregistrent les informations.

Toutefois, une question va se poser lors du développement de cette technologie : qu'en sera-t-il des batteries de ces capteurs ? Comment assurer la pérennité des signaux envoyés par ces derniers ?

En second lieu, pour ne plus avoir à localiser ou détecter les réseaux, nous pourrions penser à organiser nos sous-sols autrement. Par exemple, tous les réseaux pourraient être positionnés dans une infrastructure commune visitable, sur le modèle des égouts. Ainsi, la position des réseaux serait connue et ces derniers ne pourraient être endommagés.

Ce concept de méta galerie ou méta réseau n'est pas nouveau. Il ne s'est pas encore démocratisé pour deux raisons :

- Ce concept n'est applicable que dans le cadre où l'on réaménage toute une zone avec ses réseaux.
- La méta structure serait une galerie à part entière, qui accueillerait tous les réseaux. Cela pose la question de responsabilité et de financement. Aujourd'hui, il semble qu'aucun des exploitants de réseaux ne veuille en prendre la charge, bien que positionner ses réseaux dans une telle infrastructure soit estimé rentable dès 10 ans.

Aujourd'hui, les égouts accueillent d'autres réseaux, et des études sont réalisées sur l'intégration de réseaux dans le métro.

ii. Quels modèles de représentation ?

Vers une disparition de la représentation 2D

Aujourd'hui les réponses aux DT, DICT et les plans de récolement sont majoritairement réalisés en 2 D. La transition actuelle est de passer d'une cartographie numérique (format autocad) à des données géoréférencées. Les données SIG ont effectivement de nombreux atouts. Elles offrent notamment la possibilité de formuler des requêtes spatiales, ce qui faciliterait le travail de réponses aux DT et DICT.

Cependant, la profondeur des réseaux est également à renseigner. Dès lors, un passage d'une représentation en 2D à la 3D est largement pressenti.

Le grand questionnement de cette transition est son financement. Il est évident qu'une trésorerie est nécessaire pour la création d'une maquette numérique. Néanmoins, le retour sur investissement est considérable :



Figure 19 : Economies potentielles grâce au BIM, d'après M. Levy-Bencheon, architecte BIM

De plus, en termes d'exploitation, la maquette numérique est profitable. Elle comporte, en effet, une base de données. Toutes les informations utiles à la maintenance pourront y être stockées. L'exploitation, qui constitue 75% des coûts d'un aménagement sur 30 ans, sera alors facilitée, ce qui permettra sans doute des économies financières.

Deux modèles de représentations en trois dimensions

Les représentations des réseaux peuvent se développer selon deux modèles :

- Les SIG 3D, qui comportent des objets conceptuels (point, ligne, polygone) géoréférencés.
- Le BIM* (building information modelling), ou à une échelle plus grande, le CIM (city information modelling), qui comportent des bibliothèques.

Le BIM

Actuellement, de nombreux architectes et quelques bureaux d'études techniques, majoritairement dans le bâtiment, travaillent avec le BIM. Les maquettes numériques sont modélisées par des logiciels orientés objet, c'est à dire où chaque objet possède les propriétés de l'objet qu'il représente. Les bureaux d'étude VRD vont devoir s'adapter à cette évolution et se former au BIM pour rester compétitifs. Dans mon stage, j'ai pu voir qu'OGI souhaite former ses équipes au BIM. Toutefois, pour le moment, il y a encore peu d'applications concrètes sur des projets de VRD. Selon l'architecte Jacques Lévy-Bencheton, en 2022, il sera obligatoire d'être compatible BIM pour répondre aux appels d'offres des marchés publics.

Aujourd'hui, le BIM progresse rapidement. Bien que les bibliothèques ne soient pas encore complètes, elles s'enrichissent rapidement. Les limites de la modélisation en BIM se retrouvent ainsi principalement dans les compétences des utilisateurs. Il reste donc aux professionnels de l'urbanisme à se former.

SIG 3D

Le SIG permet lui de penser plus globalement. Le SIG offre la possibilité de représenter les éléments dans leur environnement. Par exemple, les réseaux s'inscrivent dans des quartiers, des villes, des territoires qui sont eux aujourd'hui en SIG.

Toutefois, le SIG peut entraîner des représentations hétérogènes. Une voirie peut aussi bien être représentée par une ligne ou par une surface.

BIM généralisé ou SIG 3D?

Ainsi, l'enjeu est le suivant : la modélisation en trois dimensions de la ville (avec son sous-sol) va-t-elle être réalisée comme un BIM généralisé à une échelle plus grande (CIM) ou en SIG 3D?

Le BIM facilite les échanges, car tout le monde a la même bibliothèque, mais le SIG 3D offre une vision plus globale des aménagements. Or concernant les réseaux, nous avons pu voir que cette appréciation d'ensemble est nécessaire.

Le BIM seul n'offre qu'une vision très locale des aménagements. Dès lors, il apparaît, qu'une combinaison des deux technologies serait la plus appropriée. Le développement de cette solution va dépendre de la capacité du BIM et du SIG 3D à communiquer. On pourrait imaginer que les objets compliqués à représenter seraient modélisés en BIM et, que cette maquette serait ensuite injectée dans un SIG 3D. Un point de la maquette BIM serait alors géoréférencé tandis que le reste de la maquette se référence relativement à partir de ce point.

Quel acteur pourrait être à l'initiative de ce projet ?

La réalisation de maquette numérique du territoire compatible avec une version plus synthétique en SIG serait alors souhaitable. De nombreux acteurs en profiteraient : les collectivités pour exploiter les espaces publics et penser les aménagements, les exploitants de réseaux pour maintenir leurs réseaux, les maîtrises d'œuvre pour concevoir les projets, les entreprises pour réaliser au mieux les aménagements.

Il semble alors que le seul acteur qui pourrait être porteur de ce projet soit la collectivité. En effet, elle partage la majorité des besoins : elle doit garantir l'exploitation des espaces publics, mais doit également proposer de nouveaux aménagements pour répondre aux souhaits des usagers.

Cependant, créer la maquette numérique d'un territoire représente un coût important. Il pourrait néanmoins être imaginé, que les collectivités ne soient pas les seules à participer. Il pourrait être demandé aux maîtres d'œuvre et aux entreprises de fournir une maquette numérique lorsqu'un aménagement ou bâtiment est livré. Ainsi, la collectivité n'aurait qu'à collecter les données et la maquette du territoire serait constituée petit à petit.

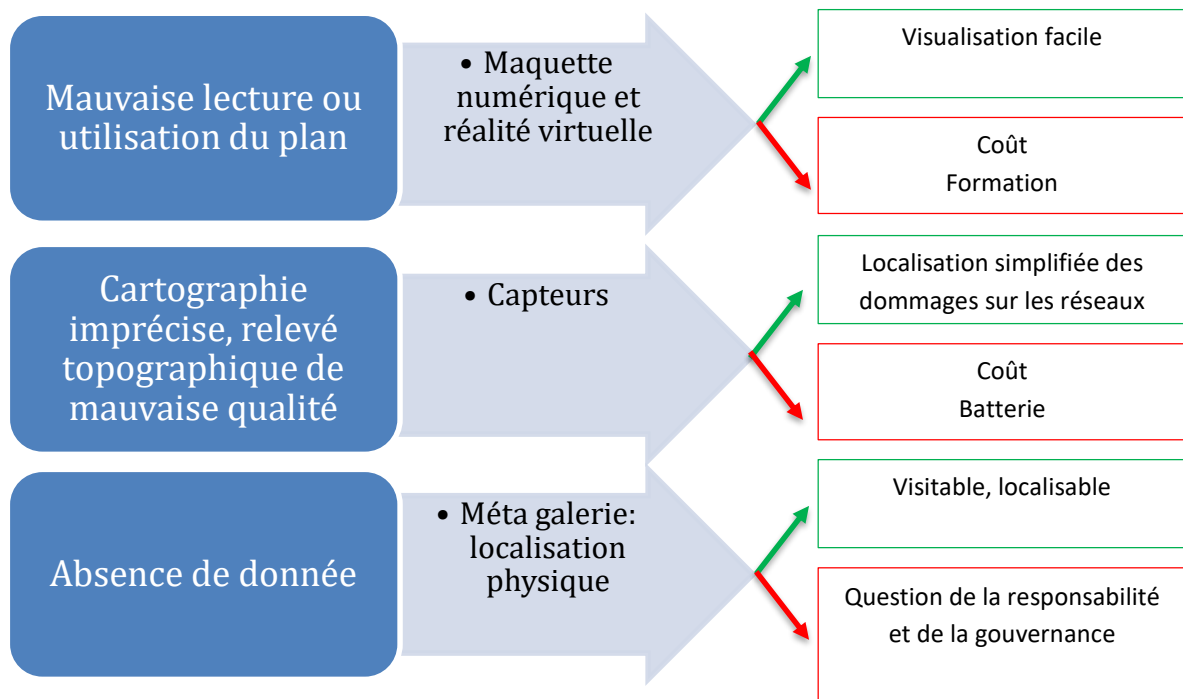
Les nouvelles technologies couplées à la maquette numérique

La maquette numérique d'un territoire ouvre de nouvelles perspectives. Couplée aux nouvelles technologies, comme la réalité augmentée, il est possible d'imaginer de se balader dans les rues avec une tablette ou un casque de réalité virtuelle dans lesquels on aurait injecté la maquette. Il serait alors possible de visualiser directement la structure des voiries ainsi que les réseaux présents.

iii. Vers une relation aménagement urbain et réseaux enterrés moins conflictuelle

Les évolutions technologiques vues précédemment offrent des moyens d'éviter les différents dommages sur les réseaux.

Le schéma suivant montre comment les dommages sur les réseaux liés à des anomalies cartographiques pourraient être prévenus par les évolutions vues plus haut. Il met également en avant les principaux avantages et inconvénients de ces évolutions.



Ainsi, la visualisation des réseaux sur une maquette numérique, voire à travers un casque de réalité virtuelle, permettrait de sensibiliser les entreprises à la présence des réseaux. Le nombre de dommages pourrait diminuer.

Le positionnement de capteur sur les réseaux permettrait de résoudre la problématique de détection de ces derniers.

Le concept de méta galerie offre une connaissance certaine de l'emplacement des réseaux ainsi qu'une protection pour prévenir l'endommagement de ces derniers.

Ces évolutions pourraient, ainsi, permettre d'aboutir à une relation voirie-réseaux moins conflictuelle.

En définitive, connaître l'emplacement des réseaux enterrés est primordial pour prévenir les accidents. Toutefois, il faut distinguer la capacité à localiser les réseaux de la capacité à raisonner sur le territoire pour envisager un nouveau projet d'aménagement. En effet, détecter, localiser, visualiser les réseaux enterrés offre des outils pour penser les aménagements. Cependant, les avancées technologiques ne remplacent pas la réflexion sur un territoire, c'est-à-dire le fait de se questionner sur tous les tenants et aboutissants d'un projet, sur les enjeux sociaux, écologiques, économiques, humains... En ce qui concerne ce raisonnement, il est encore possible d'aller plus loin pour avoir une approche systémique des projets VRD.

b. Au-delà des formes existantes

Lors des projets réalisés au sein d'OGI, la manière dont sont envisagés les réseaux dans un aménagement urbain est très classique. Une volonté de gérer les eaux pluviales à la parcelle est certes très présente, néanmoins les réseaux d'assainissement et d'énergie restent

majoritairement conçus traditionnellement. Or on assiste actuellement à un essor des formes alternatives pour l'approvisionnement et la gestion en eau et énergie. Le développement de formes décentralisées, c'est-à-dire qui s'affranchissent des grandes infrastructures de gestion et d'approvisionnement, trouve sa place dans la problématique de l'intégration des réseaux dans un projet d'aménagement urbain car on peut penser que la manière de concevoir le tracé des réseaux serait bouleversée. De plus, l'enjeu d'adopter une vision systémique qui englobe voirie et réseaux questionne l'organisation des acteurs. Ainsi, une ambition d'aller au-delà des formes existantes naît et interpelle.

i. Les formes alternatives d'approvisionnement en énergie et de gestion des eaux

Le contexte actuel mêle des enjeux climatiques — atténuation de l'ampleur du changement climatique et adaptation de ses effets — et de sécurité de l'approvisionnement dans une situation d'épuisement des ressources. Les technologies alternatives et décentralisées font ainsi l'objet d'une promotion de la part de militants, d'experts et de responsables politiques visant la construction d'une ville durable.

La manière dont peuvent se développer ces nouvelles technologies questionne vis-à-vis du caractère interconnecté de l'urbain.

Les chercheurs Olivier Coutard et Jonathan Rutherford ont identifié quatre formes d'organisation « post-réseau », qui permettent de comprendre comment ces technologies décentralisées peuvent se développer. Cette typologie est la suivante :

- Le hors réseau ;
- Boucler la boucle ;
- Au-delà du réseau ;
- Injection dans le réseau.

Ils ont caractérisé ces quatre formes d'urbanisme post-réseau suivant deux critères :

- l'échelle de décision : collective ou individualisée ;
- et le degré d'autonomie dans l'organisation sociotechnique.

Ces quatre formes sont détaillées dans le tableau suivant.

		Organisation	
		Découplage (autarcie locale)	Nouvelles formes de couplage (autonomie locale)
Décision	Échelle locale et collective de la décision	<p>Hors réseau</p> <p>Les technologies décentralisées sont basées sur une envie d'autonomie et d'indépendance. Dans cet urbanisme, des îlots dissociés sont créés et prennent la forme de communautés « <i>laissées plus ou moins à leur propre sort en ce qui concerne la fourniture des services de base</i> ».</p> <p><i>Expérience Woking : dans les années 90, une cité dortoir est créée à 45 km de Londres. Elle sera à l'avant-garde sur la production et la distribution énergétique locales.</i></p>	<p>Boucler la boucle</p> <p>L'idée de cet urbanisme est d'abandonner un modèle linéaire (production — consommation - déchet) pour un modèle boucle à boucle (réutiliser et recycler les déchets locaux et les eaux usées.).</p> <p><i>Hammarby Sjöstad : À Stockholm dans les années 90, un vieux port et une zone industrielle au sud du centre-ville ont été transformés en une zone résidentielle et d'activités modernes. Ce nouveau quartier s'est créé sur un modèle de recyclage basé « sur une configuration infrastructurelle localisée sur mesure pour l'ensemble des habitations » (cf. annexe 8). L'ensemble des entreprises d'eau, d'énergie et de traitement des déchets se trouvent dans Stockholm.</i></p>
	Échelle individualisée (ou quasi individualisée) de la décision	<p>Au-delà ou avant l'infrastructure collective</p> <p>Cette forme d'urbanisme se développe en périphérie des villes du Nord où les infrastructures centralisées sont peu développées. Deux perspectives s'offrent alors pour ces espaces : attendre une extension du réseau ou dépendre des formes alternatives.</p> <p><i>Norrtälje (périphérie de Stockholm) : Dans cette ville, 45 % de la population vit hors de portée des réseaux traditionnels. Dans ce cadre, différentes choses peuvent se développer entre la connexion directe au réseau et les solutions individualisées, à l'échelle de la copropriété :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Les habitations se regroupent pour se connecter au réseau centralisé ;</i> - <i>Les habitations mettent en place des structures autonomes (par exemple, une petite station d'épuration).</i> 	<p>Injection dans le réseau</p> <p>Les particuliers peuvent également devenir prosumers. Les habitations où les technologies décentralisées (panneaux solaires, microéoliens) se développent peuvent produire un surplus d'énergie. Elles peuvent ainsi vendre leur surplus au réseau. Ainsi pour promouvoir ces nouvelles organisations, des politiques de tarifs de rachat garanti sont instaurées.</p> <p><i>Dans ces systèmes, l'infrastructure centralisée persiste, mais l'organisation du système est modifiée. Le contrôle centralisé est diminué (les producteurs indépendants contrôlent l'injection [durée et puissance] dans le réseau). Les limites entre consommateurs et fournisseurs sont plus floues.</i></p>

Le développement de ces formes décentralisées a des implications et ne relève pas seulement d'un enjeu technique :

- Implications financières :

D'une part le coût global de l'approvisionnement augmentera, car les attentes en termes de qualité et de respect de l'environnement seront plus importantes et que les infrastructures seront doublées.

D'autre part, les grandes entreprises de fourniture devront revoir le business model : leurs revenus n'étant plus basés sur les volumes consommés, mais sur les volumes ou ressources sauvegardés.

- Implications sociospatiales :

Les technologies décentralisées visent la création de quartiers durables et respectueux de l'environnement. Néanmoins, leurs implications en matière de solidarité sociale interrogent. Dans certains projets, tels que celui de Hammarby Sjöstad, les objectifs techniques ont dépassé les enjeux sociaux. Au commencement du projet, les logements devaient être accessibles pour les ménages à bas revenus. Aujourd'hui, le quartier est autonome, mais réservé à des ménages très aisés. C'est également ce qui peut arriver actuellement en France pour les écoquartiers. De même, la forme « injecter dans le réseau » a été fortement critiquée et qualifiée de « grande arnaque écologique », car elle profite seulement aux classes moyennes pouvant se permettre d'installer des panneaux solaires chez eux (Monbiot 2010).

- Implications politiques et de gouvernamentalité :

Les implications en termes de gouvernance sont différentes suivant les systèmes alternatifs. Par exemple, dans le « hors réseau », les collectivités considèrent le contrôle des infrastructures comme une opportunité pour fournir une énergie plus verte. D'un autre côté, dans la périphérie de Stockholm où se développe la forme « Au-delà du réseau », certaines collectivités profitent de cet urbanisme pour proposer une politique de planification urbaine différente selon les zones déjà connectées au réseau, celles dont la liaison est prévue et celles qui resteront au-delà des réseaux municipaux

- Implications sur le réseau centralisé :

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, il semble que ces urbanismes post-réseau ne vont pas réduire la quantité de réseaux dans nos sous-sols. Au contraire, il y aura, pour le moins dans un premier temps des doublons : le réseau centralisé et le réseau local.

Dans le cas du développement de formes autarciques, la quantité de réseau de transport sera certes réduite. Néanmoins, le réseau de distribution sera lui toujours aussi dense.

Finalement, les implications urbaines des systèmes basées sur les technologies alternatives sont multiples et pour certaines dangereuses. En effet, elles peuvent entraîner la création de niches sociales, économiques et environnementales, pour une minorité au détriment des classes populaires notamment. Ainsi, avant de porter un projet mettant en place ces systèmes, les externalités négatives devront être prises en compte et des mesures pour prévenir leurs conséquences devront être prises.

Toutefois, ces systèmes apportent une vision nouvelle des aménagements. En effet, ils offrent une approche systémique et intersectorielle. Le projet Hammarby par exemple est basé sur un modèle de recyclage où les solutions technologiques combinent l'eau, l'eau usée, les déchets et l'énergie. Or, aujourd'hui, l'organisation en silo des exploitants de réseaux rend cette approche difficile.

ii. Une organisation des acteurs paralysante

La réforme DT/DICT a mis en évidence l'importance de la connaissance du tracé des réseaux et des ouvrages enterrés. Cependant, il semble que les différents acteurs n'en ont pas profité pour s'offrir une vision plus large de l'enjeu.

Aujourd'hui encore, chacun travaille dans son domaine. De manière caricaturale, les concepteurs réfléchissent sur les projets d'aménagement dans lesquels les réseaux sont perçus comme des contraintes, les exploitants de réseaux entretiennent leur patrimoine, les laboratoires de recherche sont spécialisés tantôt sur les matériaux de voirie innovants, tantôt sur les réseaux. Il y a peu de réflexion d'ensemble : le visible et l'invisible sont rarement pensés en tant que système.

Cela peut-être expliqué par le fait que chacun des acteurs est concentré sur son métier : chaque gestionnaire de réseau ne s'intéresse qu'au sien, les collectivités souhaitent satisfaire les besoins et demandes des usagers, etc.

Ainsi, une réorganisation des liens entre les acteurs, des métiers ou la création d'instances coordinatrices permettraient de développer des démarches anticipatrices et planificatrices. En allant au-delà des organisations existantes, en voyant à long terme, une réflexion systémique pourrait être menée.

Conclusion

Grâce à cette étude et à ce stage, j'ai pu mettre en pratique et enrichir les connaissances acquises au cours de ma formation. J'ai, en effet, pu concrètement visualiser les structures des voiries, concevoir le tracé des réseaux, appréhender le rôle d'une maîtrise d'œuvre ainsi que ses relations avec les différents acteurs, dont la maîtrise d'ouvrage.

En ce qui concerne le processus d'intégration des réseaux dans un projet d'aménagement urbain, la mission du bureau d'étude technique est d'avertir et d'alerter la maîtrise d'ouvrage, responsable du projet. A partir des données transmises par les concessionnaires et de l'aménagement projeté, le bureau d'étude technique réalise une synthèse des réseaux existants ainsi qu'un plan projet, à partir duquel sont exécutés les travaux. Puis, pour mettre à jour la base de données, l'entreprise livre en fin de chantier un plan de récolement des réseaux en classe A.

Ce processus a été, d'une part, très codifié par la réforme DT/DICT. Il se met en place petit à petit et on constate que le nombre de dommages sur les réseaux enterrés diminue. Il reste tout de même des difficultés sur la connaissance de la localisation des réseaux ainsi que sur la qualité de la cartographie. Des évolutions sont néanmoins à venir avec le développement des maquettes numériques, des technologies de détection et l'essor des capteurs notamment. D'autre part, le processus actuel dissocie l'aménagement des réseaux et celui de l'espace public : d'un côté, les concessionnaires exploitent et entretiennent leur patrimoine, et de l'autre, les collectivités entreprennent des travaux de réaménagement ou de maintenance sur l'espace public. Globalement, d'après mon expérience, ces réflexions sont désolidarisées.

En outre, la gestion des eaux et la fourniture en énergie sont souvent conçues de manière très classique. Or, dans une optique de développement durable, aujourd'hui de nombreuses formes alternatives naissent. Ainsi, ces évolutions modifieront les façons dont les aménagements urbains sont pensés. Toutefois il faudra tout de même veiller aux conséquences, notamment sociales de ces formes décentralisées.

En définitive, penser l'interdépendance de la chaussée vis-à-vis des réseaux enterrés est un réel enjeu économique et de qualité de vie. La durabilité de chacun ainsi que le nombre de travaux sont en effet en jeu. Ainsi, une approche systémique permettrait de réduire les coûts et de rassembler les interventions. Pour cela, une organisation différente ou du moins, moins étanche des acteurs semble nécessaire.

L'interaction entre les réseaux enterrés et l'aménagement urbain constitue un sujet très technique et vaste : de nombreux questionnements sur les matériaux, la fourniture en énergie, la gestion des eaux, les outils de détection, de visualisation et sur l'espace public se

mêlent. Dans ce document, j'ai tenté d'en ressortir les principaux tenants et aboutissants, d'après mon expérience et mes rencontres.

Pour mon futur professionnel, ce travail et ce stage m'a permis de prendre conscience de la nécessité de se former tout au long de sa carrière. En effet, les technologies, les manières de penser la ville évoluent sans cesse. Ainsi pour concevoir les aménagements les plus durables et pertinents, se tenir informer des mouvances semble essentiel. Néanmoins, ils m'ont fait réaliser que les outils, les progrès technologiques ne doivent pas prendre le dessus sur la réflexion sur l'espace urbain, le territoire ou les populations.

Glossaire

AOR : Assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception

AVP : Phase contractuelle d'un projet d'aménagement urbain, phase d'avant-projet.

BIM : building information modelling.

CCC : Cahier des clauses complémentaires.

DCE : Dossier de consultation des entreprises.

DEVE : Direction des espaces verts et de l'environnement.

DICT : Déclaration d'intention de commencement de travaux.

DT : Déclaration de travaux.

DVD : Direction de la voirie et des déplacements.

IC : Investigation complémentaire.

OPC : Ordonnancement, pilotage et coordination.

PRO : Phase contractuelle d'un projet d'aménagement urbain, phase de projet.

SAGP : Service des aménagements et des grands projets.

SLT : Signalisation lumineuse et tricolore.

STV : Section territoriale de voirie.

VRD : Voirie et réseaux divers.

Bibliographie

- Observatoire national DT/DICT, Ministère chargé de l'écologie. *Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux, fascicule 1 dispositions générales*. Septembre 2016. 66 pages.
- Guillaume Touya. *Enrichissement automatique de données par analyse spatiale pour la généralisation de réseaux*. Revue internationale de géomatique. Volume 20 - n°2. 2010 ([05/07/2010]). 24 pages.
- David Merlotti. *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement*. Environnement & technique. 300. Octobre 2010. 4 pages.
- Caroline Kim. *Les SIG : des outils précieux mais sensibles*. Techni.Cités. Le magazine des professionnels de la ville et des territoires, 295 .Août-septembre 2016. 2 pages.
- Fabienne Nedey. *Réseaux Attention travaux*. Environnement magazine, 1718 . Juin 2013. 8 pages.
- Olivier Coutard et Jonathan Rutherford. *Vers l'essor de villes "post-réseaux" : infrastructures, innovation sociotechnique et transition urbaine en Europe*. L'innovation face aux défis environnementaux de la ville contemporaine, Presses Polytechniques Universitaires Romandes 2013, 29 pages.

Webographie

- <http://www.lagazettedescommunes.com/512759/cartographie-pcrs-ou-rtge-lequel-faut-il-choisir/>
- <http://decryptageo.fr/lign-se-positionne-sur-le-pcrs/>
- <https://www.tt-geometres-experts.fr/fr/sur-le-terrain/billets-experts/410-detection-reseaux-enterres>
- <https://www.protys.fr/faq/que-sont-les-investigations-complementaires>
- www.forumsig.org
- www.portalsig.org
- <https://www.protys.fr/faq/que-sont-les-investigations-complementaires>
- <https://soppec.com/fr/blog/rappel-des-codes-couleurs-normalises-pour-les-ouvriers-du-btp-n7>
- <http://www.geovrd.fr/Files/Other/Entreprises.pdf>
- <http://www.geovrd.fr/Detection%20des%20resaux.htm>
- <https://gpbus-v3.serveurlc.com/>
- https://www.cigalsace.org/portail/fr/system/files/document/2014-10/4_cigal_jac-pcrs_cus_141016.pdf

Liste des figures

Figure 1 : Carte interactive montrant l'actuel et le futur réseau de bus, Grand Paris des bus	11
Figure 2 : Visualisation aérienne de la ZAC des Bas-Heurts	12
Figure 3 : Schéma représentant l'axe aux différents usages de la ZAC des Bas-Heurts	12
Figure 4 Plan de démolition (zones hachurées= zones d'intervention)- Place de la Madeleine	14
Figure 5 Plan d'aménagement- Place de la Madeleine	14
Figure 6 : La future place de la Madeleine avec ses mobiliers	15
Figure 7 : Photo du jardin Refuznik de la Tour Eiffel avec la grille Eiffel	16
Figure 8 : Photo de la paroi de verre, avenue Gustave Eiffel	16
Figure 9 : Plan — étude de faisabilité — ligne 71 — étude de la giration carrefour rue Manin — rue Goubet	22
Figure 10 : Classification de la précision sur la localisation des réseaux	23
Figure 11 Diamètres des conduites et canalisations suivant le type de réseau	25
Figure 12 Règle de tracé et disposition par rapport aux autres réseaux enterrés	28
Figure 13 Plan des réseaux projetés	31
Figure 14 Couleur du marquage selon la nature des réseaux	33
Figure 15 : Découverte de réseaux inconnues sur le chantier de la Tour Eiffel	34
Figure 16 Georadar	40
Figure 17 Diagramme de détection des réseaux par géoradar	41
Figure 18 Schéma de principe de la RFID	43
Figure 19 : Economies potentielles grâce au BIM, d'après M. Levy-Bencheon, architecte BIM	44

Annexe 1 : Exemple de DT, plan de Veolia sur la ZAC des Bas-Heurt



© DICT.fr - 77818 - 61792 - 161955950 - 19160061 - 08/01/18 08:04 - Chantier NR 93160 NOISY LE GRAND



LEGENDE



Fond de plan

© IGN – paris – 2004 – Licence BD TOPO© N°2004/CUJ2442 – Reproduction interdite

Limites administratives

..... Limite de département +-----+ Limite de commune

Bâti

Bâti standard Bâti spécifique Ilot

Altimétrie

000

Eléments surfaciques

Zone végétation Cimetière Surface eau

Réseau d'eau potable

Vannes ouvertes

Vanne ronde	Vanne ronde en chambre/regard	Vanne stop fluide	F Vanne fermée
Vanne papillon	Vanne papillon en chambre/regard	Robinet	T Vanne tiercée
Vanne hydraulique	Vanne télécommandée	Vanne électrique	FSH Fermeture Sens Horloge

Linéaire réseau

Réseau de distribution
Eau Potable
en service

Réseau de transport
Eau Potable
en service

Réseau Eau Potable
désaffecté

Equipements du réseau

Analyseur de biofilm	Décharge gravitaire	Clapet d'entrée d'air	Décharge avec aspiration
Cône de réduction	Plaque pleine	Réducteur de pression	Clapet
Ventouse	Ventouse automatique	Ventouse type feeder	Purge automatique temporisée
Accélérateur de fluide	Purgeur sonique	Prise de potentiel	Joint isolant
Anode	Drainage courant	Sous-tirage courant	

Equipements Publics

Borne fontaine	Bouche ou poteau de puisage	Réservoir de chasse	Chronovalve	Bouche d'arrosage
Bouche de lavage				

Equipements Incendie

Bouche incendie privée	Bouche incendie 40	Bouche incendie 80	Bouche incendie 100	Bouche incendie 150
Poteau incendie privé			Poteau incendie 100	Poteau incendie 150

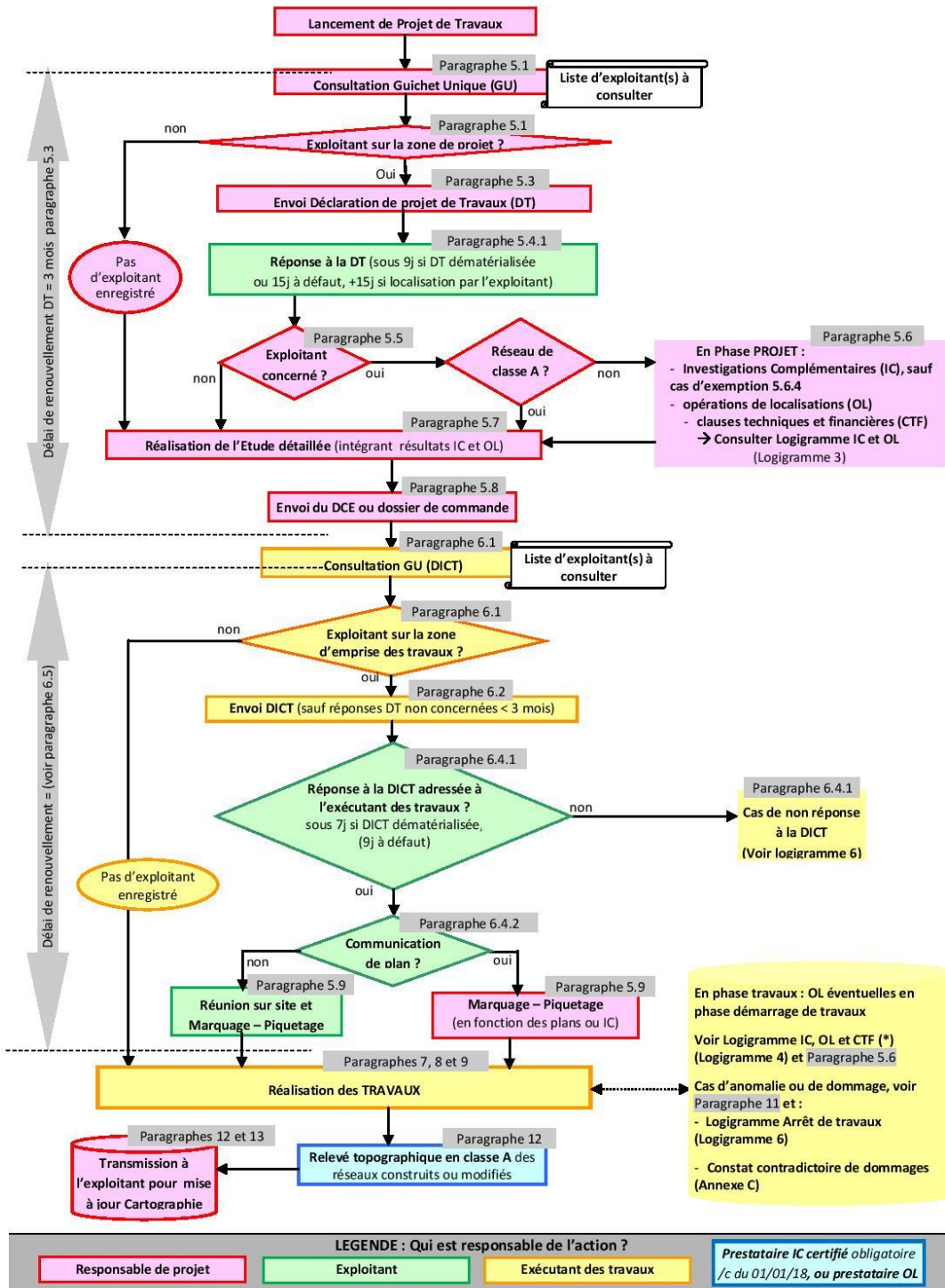
Branchements

Branchement standard	Branchement incendie	Grand diamètre	Dialyse	Usine
Branchement remarquable	Ambassade, Crèche, Ecole, Hôpital, Mairie, Stade		Branchement Lyre	Branchement S.R.U.

Ouvrages

Usine	Réservoir	Forage	Intercommunication	Unité de chloration
-------	-----------	--------	--------------------	---------------------

Annexe 2 : Cas général processus d'application DT-DICT




Source : Fascicule 1 – Guide d'application DT-DICT

Annexe 3 : Schéma directeur du réseau électrique BT pour la ZAC des Bas-Heurts, rendu AVP




Source : OGI

Annexe 4 : Phasage du chantier de la ZAC des Bas Heurts, rendu AVP




NOISY-LE-GRAND (93)
MAITRISE D'ŒUVRE URBAINE POUR L'AMENAGEMENT DE LA ZAC DES BAS-HEURTS



Maitrise d'ouvrage

SOCAREN
 12 Boulevard Mont d'Est
 93 160 Noisy le Grand
 T: 01 49 31 13 30

Maitrise d'œuvre

MANDATAIRE
MOE Urbaine
Devillen et associés D&A
Urbanistes et Architectes
 10, Villa Mésopot
 75 013 Paris
 T: 01 40 09 44 24



Co-traitants :
MOE Espace Publics
H.Y.L. Paysagistes
 93, rue du Chemin Vert
 75 011 Paris
 T: 01 49 29 93 93

BET VED : OGI
 Ecologie urbaine / gestion de l'eau : ATM
 Concepteur Lumière : CPUD
 BET Environnement : VITEA

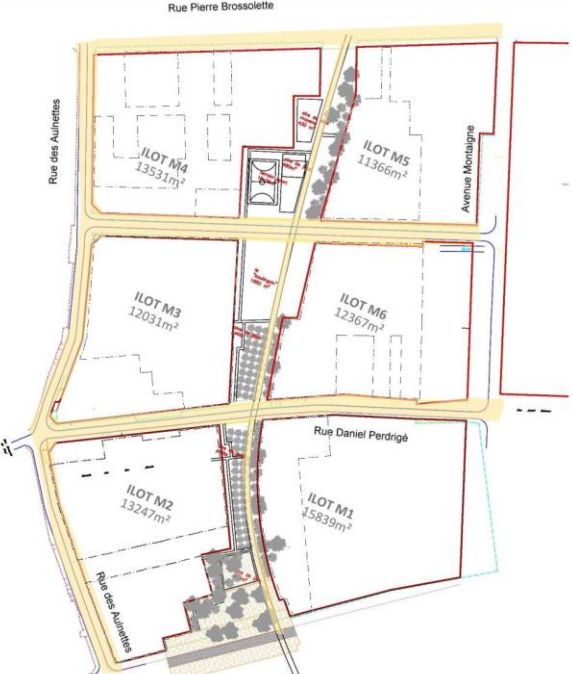
Carnet de Phasage

AVP

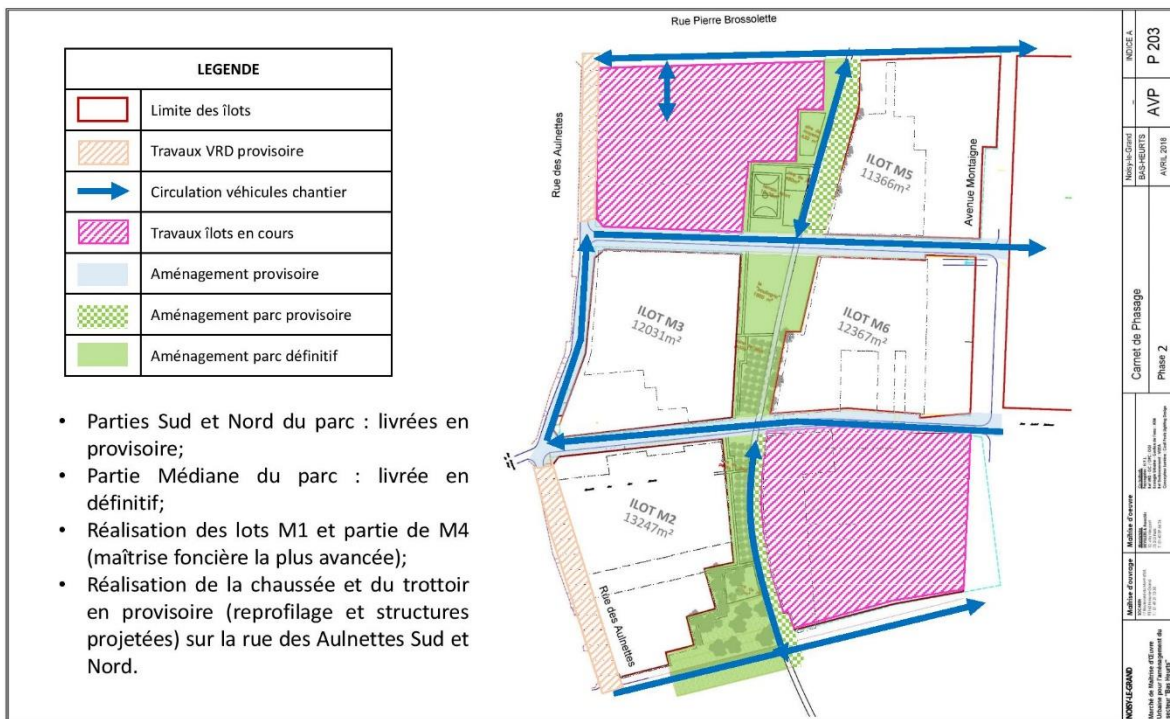
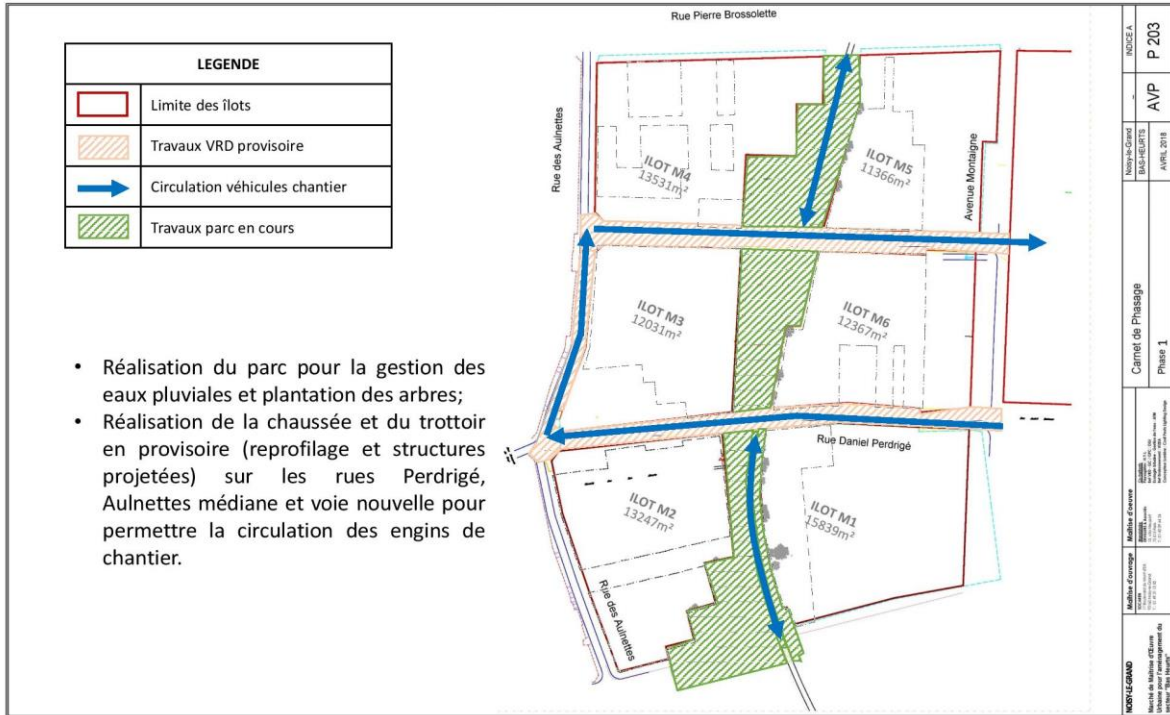
MAITRISE D'ŒUVRE	COMMUNE	QUARTIER	PROJET	DATE	MOIS	NUMERO
OGI	NOISY-LE-GRAND	BAS-HEURTS	-	AVRIL 2018	A	P 203

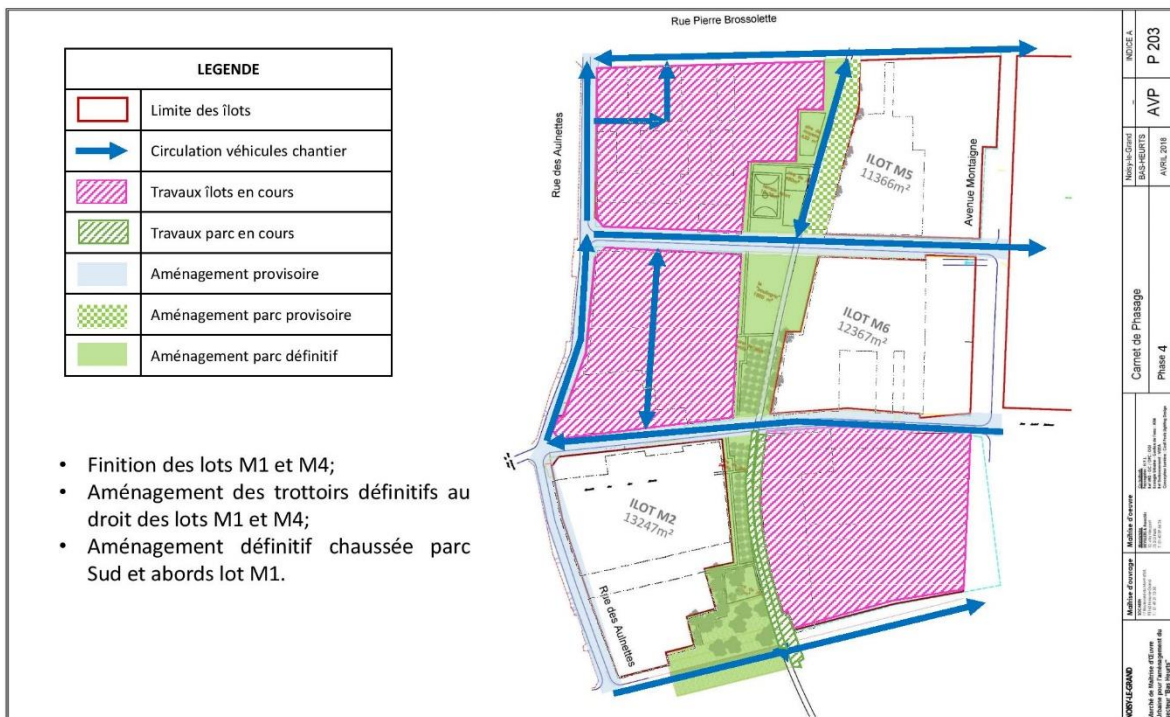
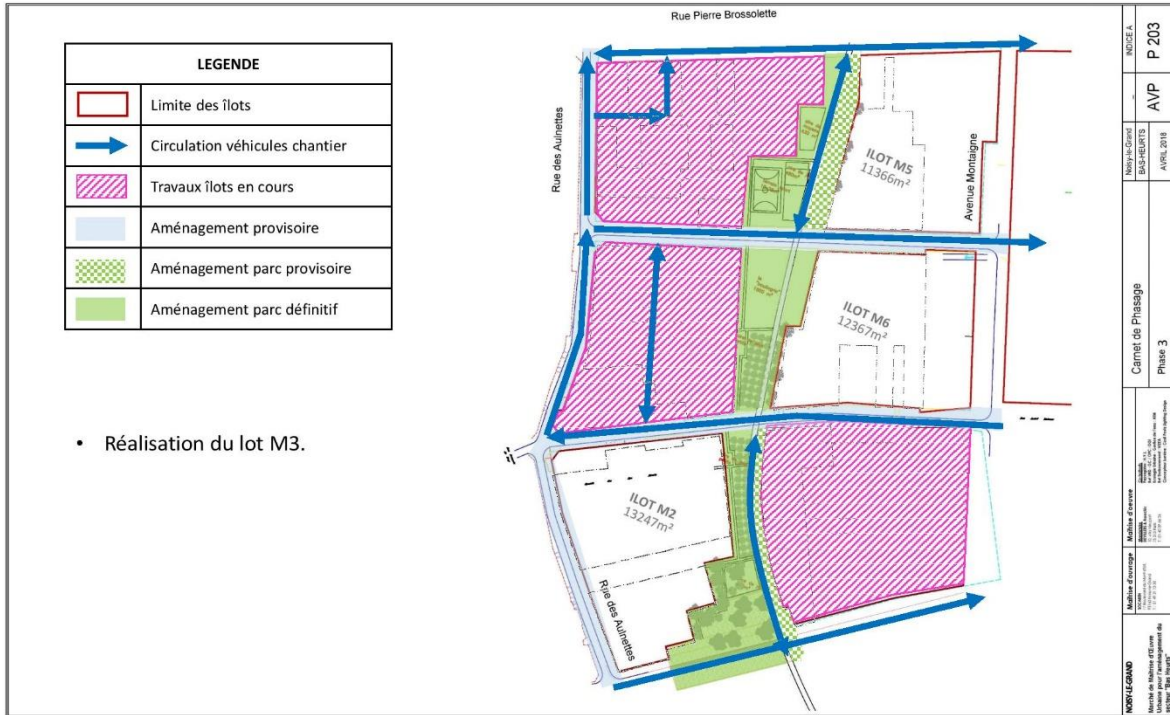
LEGENDE	
	Limite des îlots
	Travaux Réseaux

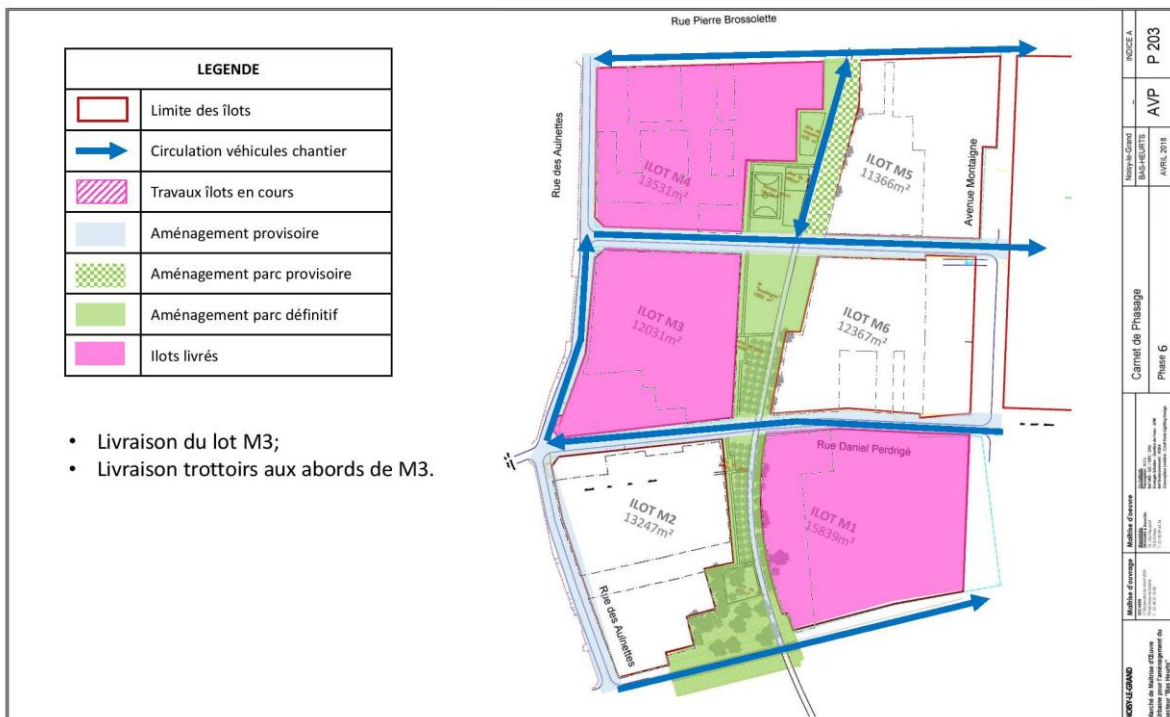
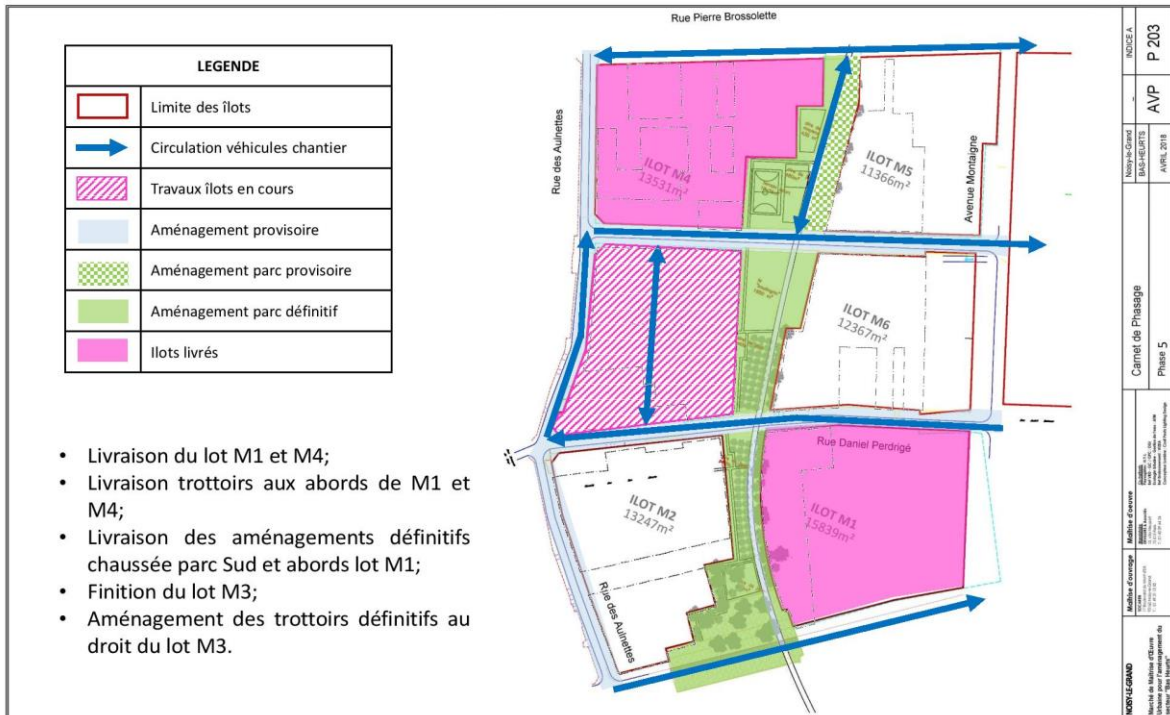
- Enfouissement des réseaux aériens;
- Dévoisement du réseau de gaz;
- Déploiement des réseaux primaires.

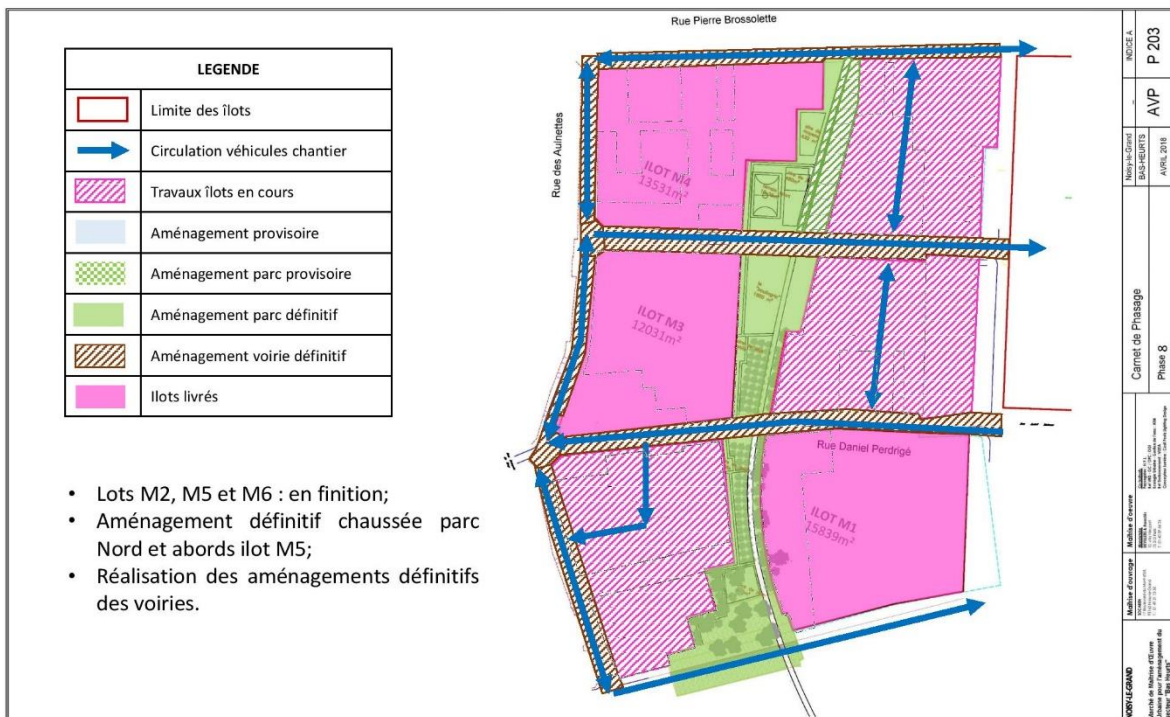
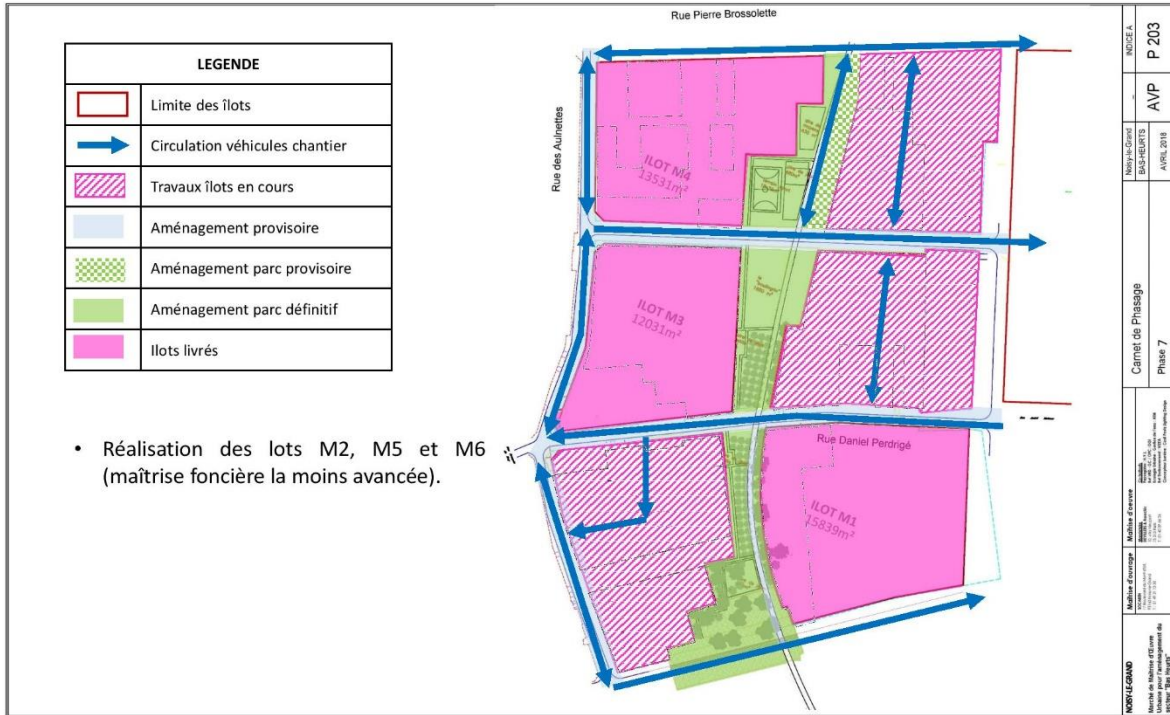


INDICE A	P 203
NOISY-LE-GRAND BAS-HEURTS AVRIL 2018	AVP
Carnet de Phasage Phase 0	





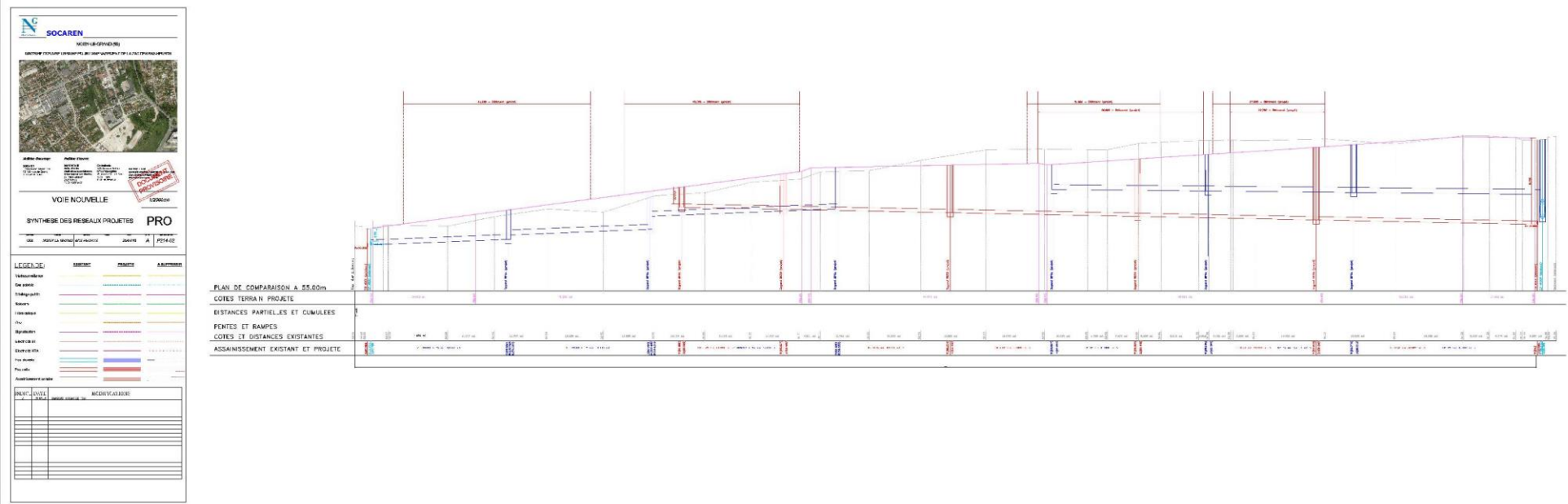






Source : OGI

Annexe 5 : Coupe sur les réseaux d'EU et d'EP sur la ZAC des Bas Heurts



Source : OGI

Annexe 6 : Extraits du tableau des constats mémoire – Conflit sur les réseaux, chantier de la Tour Eiffel

Document établi le :	28/03/2018	Mise à jour	17/04/2018	Mairie de Paris		OGI						
REFERENCE	TYPE	DATE RECEPTION MOE	LOT	N° PROPRE	SUJET	DESTINATAIRE	COMMENTAIRES	ETAT	PHOTO du CONFLIT	PLAN de LOCALISATION du CONFLIT	PROFONDEUR APPROXIMATIVE de L'OUVRAGE du RESEAU	SECTION APPROXIMATIVE de L'OUVRAGE du RESEAU
N°14	Constat	01/03/2018	LOT 2	014	Réseaux Refuznika	MOE	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de réseaux ENEDIS. - 28/02 Câbles HTA ENEDIS en pleine terre: D'après ENEDIS en Réunion Concessionnaires du 28/02, câbles HTA abandonnés suite dévoiement ENEDIS Décembre 2017. - 28/03 Méthodologie: Extension Fouille par l'entreprise A jusqu'aux bouts perdus à proximité (au niveau de la chambre TEL à proximité) puis intervention ENEDIS pour couper les câbles + déposer. - 04/04 Terrassements pour fondations à réaliser par l'entreprise A pour Dépose câbles abandonnés ENEDIS. - 11/04 Rappel, extension de fouille à réaliser par l'entreprise A. 	■			Z réseau S1 = 32,97 cm et 32,93 cm Z réseau S2 = 32,49 cm	
N°15	Constat	01/03/2018	LOT 2	015	Conflit chambre fondation	MOE	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de réseaux ENEDIS. - 28/02 Câbles HTA ENEDIS en pleine terre: D'après ENEDIS en Réunion Concessionnaires du 28/02, câbles HTA abandonnés suite dévoiement ENEDIS Décembre 2017. - 28/03 Méthodologie: Extension Fouille par l'entreprise A jusqu'aux bouts perdus à proximité (au niveau de la chambre TEL à proximité) puis intervention ENEDIS pour couper les câbles + déposer. - 04/04 Terrassements pour fondations à réaliser par l'entreprise A pour Dépose câbles abandonnés ENEDIS. - 11/04 Rappel, extension de fouille à réaliser par l'entreprise A. 	■				
N°16	Constat	05/03/2018	LOT 2	016	Présence fourreau massif E-06 2018-03-05	MOE	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau ENEDIS abandonné suite aux travaux de dévoiement ENEDIS - 14/03 Intervention d'ENEDIS pour couper + déposer le réseau en conflit. Fait. 	●			Z fourreau Nord : 32,625 cm Z fourreau Sud : 32,674 cm	
N°17	Constat	07/03/2018	LOT 2	017	Présence PTT massif E38-E39-07-03-2018	MOE	<ul style="list-style-type: none"> - 07/03 Confirmation Réseaux ORANGE à proximité Plier EST, actif et à maintenir (conforme aux plans ORANGE): à prendre en compte pour réalisation des micropieux et intégrer dans les fondations de l'entreprise A. 	●				
N°18	Constat	13/03/2018	LOT 2	018	Canalisations Longrine E10-E15	MOE	<ul style="list-style-type: none"> - 28/03 Identification par EVESA en Réunion Concessionnaires de ces 4 conduites acier. - 30/03 Intervention d'EVESA pour Identification câbles à l'intérieur des conduites acier: 3 des 4 conduites contiennent un câble EVESA actif et à maintenir. - 30/03 En attente retour EVESA (Très urgent) pour méthodologie: Dépose par EVESA des conduites acier (sur la largeur de la fouille en conflit avec les fondations de la paroi) + intégration dans la fondation ? - Remplacement des conduites acier câblées par des fourreaux souples (de plus petite section) sur la largeur de la fouille en conflit avec les fondations de la paroi + intégration dans la fondation ? - 04/04 Intervention EVESA prévue S.15 pour résolution du conflit. - 11/04 Identification câble faite par EVESA le 11/04. En attente complément EVESA + Intervention (Fin S.15) pour résolution du conflit. 	▲				
N°19	Constat	15/03/2018	LOT 2	019	Réseaux piler SUD	MOE	<ul style="list-style-type: none"> - Câble BT ENEDIS endommagé le 15/03 par l'entreprise A lors des terrassements. - 27/03 Intervention Service Exploitation d'ENEDIS pour réparation du câble endommagé en lieu et place (2 câbles BT ENEDIS actifs à maintenir: à prendre en compte pour réalisation des micropieux et intégrer dans les fondations de l'entreprise A). - 04/04 2 câbles BT ENEDIS actifs à lever par l'entreprise A pour intégration fondations. 	■				

Source : OGI

Annexe 7 : Synthèse des principes de détection des réseaux enterrés

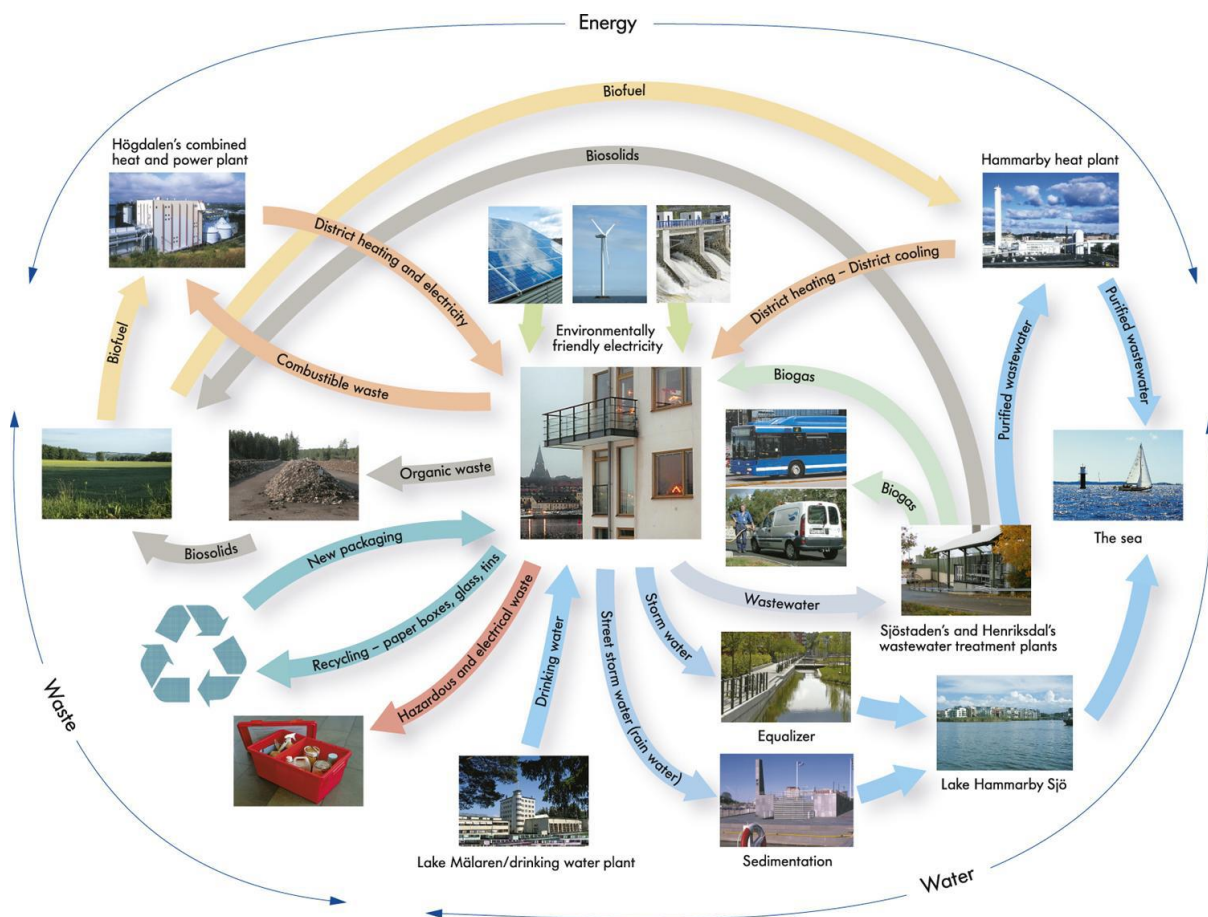
Synthèse des différentes méthodes de détection

Type de réseaux	Classification sensible	Radiodétecteur en mode passif	Radiodétecteur - générateur					Georadar
			Induction	Raccordement direct du générateur ou via transformateur	Raccordement avec pinces ampère métrique	Prise domestique ou via Transformateur	Sonde flexitrace	
Electricité	Oui	●	●	●	●	●		●
Eclairage	Oui	●	●	●	●			●
Gaz (fonte ou fil pilote)	Oui	●	●	●				●
Gaz (PEHD)	Oui						●	●
Produits chimiques (conduite conductrice)	Oui	●	●	●				●
Produits chimiques (conduite non conductrice)	Oui							●
Eau potable (fonte, cuivre, acier)	Non	●	●	●				●
Eau potable (plastique)	Non						●	●
Assainissement	Non						●	●
Eaux pluviales	Non						●	●
Chauffage	Oui	●	●	●				●
Climatisation	Oui	●	●	●				●
Téléphone	Non			●	●		●	●
Fibre optique (fil pilote)	Non	●		●				
Fibre optique (sans fil pilote)	Non						●	●
Feux tricolores	Non	●			●			
Signalisation	Non	●			●			

● Mise en œuvre de la détection par des techniciens expérimentés, sans habilitation obligatoire
 ● Mise en œuvre de la détection nécessitant une habilitation spécifique

Source : www.tt-geometres-experts.fr

Annexe 8 : Schéma Boucler la boucle métabolique : le modèle Hammarby



Source : Olivier Coutard et Jonathan Rutherford. Vers l'essor de villes "post-réseaux"