



Dossier de demande d'autorisation environnementale

Pièce F : Etude d'impact

PARTIE 9 : METHODOLOGIE ET AUTEURS

Suivi des modifications

Indice	Date	Commentaire
1	11/06/2020	Création
2	22/12/2021	Mise à jour
3	06/01/2022	Reprises Systra
4	15/09/2022	Reprise courrier DRIEAT/DDT mai+aout 2022



IX. METHODOLOGIE ET AUTEURS	3
IX.I AUTEURS DES ETUDES	3
IX.I.1 Auteurs de l'étude d'impact initiale incluse dans le dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique	3
IX.I.2 Auteurs de l'étude d'impact actualisée en 2019	4
IX.I.3 Auteurs de l'étude d'impact actualisée en 2021	5
IX.II DESCRIPTION DES METHODES DE PREVISION OU DES ELEMENTS PROBANTS UTILISES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES SUR L'ENVIRONNEMENT.....	5
IX.II.1 Méthodologie générale.....	5
IX.II.2 Méthodologie des études spécifiques	7

Légende :

Éléments apportés/modifiés sur l'étude d'impact en 2019 et 2021

Éléments modificatifs suite aux courriers de remarques DRIEAT/DDT de mai et août 2022

IX. METHODOLOGIE ET AUTEURS

IX.I AUTEURS DES ETUDES

IX.I.1 Auteurs de l'étude d'impact initiale incluse dans le dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique

L'étude d'impact a été réalisée en 2013 par le bureau d'études INGEROP. L'élaboration de l'étude d'impact s'est aussi appuyée sur les études réalisées par d'autres bureaux d'études dont les noms et spécialités sont présentées ci-après :

Bureau d'études	Noms et qualités des auteurs des études
	Relecteur / approbateur : ANJEAUX Clotilde, MOREL Olivier, BOULAHBAL Mouna Rédacteur : DELAVAL Julien, AMY Frédérique, PAUCHARD Carole, DUBEDAT Elodie, AL FASSIH Line, ONNILLON Victor Géomaticien et rédacteur : DEBOOS Vincent
	Diagnostic faune/flore et paysage : Relecteur / approbateur : Jean-Louis JOURDAIN Rédacteur : Sabrina TIERCELIN
	Etude d'incidence Natura 2000 : Relecteur / approbateur : ANJEAUX Clotilde Rédacteur : DELAVAL Julien
	Acoustique : Relecteur / approbateur : BOURDIN Thomas Rédacteur : ALAMICHEL Soline, LECORRE Jean-Marie, LETELLIER Aude
	Vibrations : Relecteur / approbateur : Pierre DE SLOOVERE Rédacteur : Christian KEHIL
	Qualité de l'air – Qualité de l'eau – Santé : Relecteur / approbateur : DELAVAL Julien Rédacteur : MONNOT Chloé Expert hydraulique / rédacteur : ROUSSEAU Alice
	Etude de capacité des carrefours : Rédacteur : NICOLAS Clément
	Bilan socio-économique et modélisation de trafic en transports collectifs : PAUGET Nicolas, DEBRINCAT Laurence
	Modélisation de trafic routier

Bureau d'études	Noms et qualités des auteurs des études
	Etude architecturale et paysagère : Paysagiste : COTTET Vincent Architecte : PIQUEL Alexandre, Maud BERENARD
	Sondages géotechniques : BOUCHETEAU Maxime, LAWRENCE David
	Etude technique du tunnel : Relecteur / approbateur : JASSIONNESSE Christophe Rédacteur : FANTIN Caroline
	Etudes techniques d'insertion : Relecteur / approbateur : BOULAHBAL Mouna Rédacteur : DUBEDAT Elodie, PHAN Laura, NICOLAS Clément Etudes Systèmes : DELVOT Jean-François

IX.I.2 Auteurs de l'étude d'impact actualisée en 2019

L'actualisation de l'étude d'impact a été réalisée en 2019 par le bureau d'étude ARTELIA. Les aspects relatifs à l'hydrogéologie, la pollution et à l'environnement naturel sont réalisés par des bureaux d'études spécialisés. Les principaux contributeurs à la réalisation de l'étude d'impact au sein de cette équipe sont présentés ci-après.

Bureau d'études	Noms et qualités des auteurs des études
	Relecteur / approbateur : Catherine DUPUY Rédacteur : Angéline REMIN, Grégoire MOTHE
	Volet Milieux naturels : Ecologues : V. LEHERICEY, J. GAUVIN
	Diagnostic amiante sur enrobés : Relecteur et approbateur : R. LOUHAB Rédacteur : A. SECRETAN
	Sondages géotechniques : Relecteur / approbateur : L. HUCHET Rédacteur : S. ORVEILLON
	Pollution : Rédacteur : Cécile GERARDIN
	Hydrogéologie : Relecteur / approbateur : L. PYOT Rédacteur : D. VANDEN BERGHE, Timothée JAOUEN

IX.I.3 Auteurs de l'étude d'impact actualisée en 2021

L'étude d'impact est actualisée en 2021 par le bureau d'études Ingérop Conseil et Ingénierie.

Bureau d'études	Noms et qualités des auteurs des études
	Étude d'impact Relecteur / approbateur : Eve CHANTOME, Morgane PIROT, Emeline ROY, Noémie HEISER Rédacteurs : Justine MARIETTE, Camille GODFRIN, Pauline MAROLLEAU, Marie RAVAIL Géomaticien et rédacteur : Vincent DEBOOS DLE : Relecteur / approbateur : Justine MARIETTE, Noémie HEISER Rédacteur : Alice ROUSSEAU
	Étude de sensibilité Rédacteur : Mohamed-Achraf MAAROUF Approbateur : Johnny PIRAULT
	Étude géotechnique Rédacteur : Michel BOISSEAU
	Étude hydrogéologique Rédacteur : D. VANDEN BERGHE Rédacteur : T. JAOUEN Approbateur : L. PYOT
	Diagnostic phytosanitaire Rédacteur : Bruno MAYEUX Phase VTA : Jean-Baptiste HENRY
	Enquête cave et fondations Rédacteur : Julien KONIECZNY
	Enquête circulation Rédacteur : Maxime PELE Approbateur : Julien MAISONDIEU
	Compensation zones humides : CDC Biodiversité Rédacteur : Morgane GUERIN

IX.II DESCRIPTION DES METHODES DE PREVISION OU DES ELEMENTS PROBANTS UTILISES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES SUR L'ENVIRONNEMENT

IX.II.1 Méthodologie générale

IX.II.1.1 Description du projet

La description du projet et des variantes proposées repose sur les données d'entrée remises par le maître d'ouvrage. Les données du PRO V1 ont été utilisées.

IX.II.1.2 Etat actuel

L'analyse de l'état initial de l'environnement du projet se fait par une approche classique thème par thème. Cette qualification thématique de l'état initial se base sur une qualification du territoire en identifiant chacune des composantes et des approches spécialisées ou systémiques destinées à comprendre le fonctionnement des milieux concernés.

Les thématiques suivantes ont été étudiées :

- Milieu physique ;
- Vulnérabilité du territoire face aux risques d'accidents et de catastrophes majeurs ;
- Milieu naturel ;
- Milieu humain ;
- Transports et déplacements ;
- Paysage, patrimoine et loisirs ;
- Cadre de vie, sécurité et santé publique.

La méthodologie appliquée pour établir l'état initial du site se compose de recherches bibliographiques, d'un recueil de données auprès d'organismes compétents dans les différents domaines, d'une étude sur le terrain et d'une analyse réalisée à l'aide de méthodes expérimentées sur des aménagements similaires. En fonction de la nature des informations requises et des données effectivement disponibles, l'analyse a été effectuée à deux niveaux :

- Une approche dite « globale » portant sur un secteur d'étude élargi, plus vaste que la zone d'étude proprement dite ;
- Une approche plus ponctuelle, où les données disponibles sont localisées à l'intérieur du périmètre d'étude.

IX.II.1.3 Impacts et mesures

L'évaluation des impacts résulte de la confrontation du projet avec l'état initial du site ; chaque thématique a été appréhendée.

L'analyse des effets du projet sur l'environnement consiste en leur identification et leur évaluation. L'identification vise à l'exhaustivité. Or, les impacts du projet se déroulent en une chaîne d'effets directs et indirects.

Pour l'ensemble des facteurs, l'analyse des impacts du projet a été réalisée en fonction des dispositions techniques proposées et de la nature des contraintes liées aux facteurs pris en compte.

L'identification et l'évaluation des effets, tant positifs que négatifs, sont effectuées selon des méthodes classiques mises au point par des scientifiques et techniciens des ministères concernés ou par d'autres organismes après validation par l'administration, et reconnues par ces mêmes ministères.

IX.II.1.4 Effets cumulés

Le nouvel article R.122-5 du code de l'environnement prévoit que l'étude d'impact comporte l'analyse du cumul des incidences du projet de prolongement du T7 avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article [R. 181-14](#) et d'une enquête publique ;
- ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage.

Même si le projet n'est pas soumis aux nouvelles dispositions issues du décret du 11 août 2016 compte-tenu de la date de sa création, la présente mise à jour de l'étude d'impact intègre une analyse des effets cumulés du projet avec les autres projets connus ou projetés afin de s'inscrire dans l'esprit de cette réforme.

Les institutions consultées pour l'identification des projets concernés sont :

- Le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) ;
- Le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) ;
- Les préfetures de la Région Île-de-France, de Paris, de l'Essonne ;
- La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) d'Île-de-France.

Le code de l'environnement ne définit pas de périmètre pour lequel les effets cumulés doivent être étudiés. Au regard du programme défini et des effets identifiés précédemment, les critères de sélection des projets sont :

- Proximité du projet : communes de l'aire d'étude et à proximité ;
- Nature du projet : projets d'infrastructures de transport et projets d'aménagement urbain, les plus susceptibles d'avoir des effets cumulés avec le projet de prolongement du T7 ;
- Stade de projet : si le projet est en phase travaux, il est considéré comme faisant partie de l'état initial de l'environnement.

Les projets entièrement livrés sont exclus de l'analyse des effets cumulés (ils sont intégrés dans l'état initial de l'environnement).

IX.II.1.5 Evolution de l'environnement

Le chapitre « évolution de l'environnement » a été réalisé à l'aide des données de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France (IAU IdF), des documents d'urbanismes locaux ainsi que des sites internet des projets et des communes concernées. Les projections climatiques sont issues des sites internet Drias et des rapports du GIEC.



IX.II.2 Méthodologie des études spécifiques

IX.II.2.1 Etude faune-flore

IX.II.2.1.A La réglementation applicable au milieu naturel

Directive Habitat Faune Flore (colonne DHFF dans les tableaux d'espèces)

La Directive du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages.

Annexe I : Types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation.

Annexe II : Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation.

Annexe IV : Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte.

Annexe V : Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.

Protection nationale (colonne PN)

Arrêté du 20 Janvier 1982 fixant de la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire. Lequel a été modifié à trois reprises : par l'arrêté du 31 août 1995, par celui du 14 décembre 2006 et par celui du 23 mai 2013.

Article 1

Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps et sur tout le territoire métropolitain, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces citées à l'annexe I du présent arrêté.

Toutefois, les interdictions de destruction, de coupe, de mutilation et d'arrachage, ne sont pas applicables aux opérations d'exploitation courante des fonds ruraux sur les parcelles habituellement cultivées.

Article 2

Aux mêmes fins, il est interdit de détruire tout ou partie des spécimens sauvages présents sur le territoire national, à l'exception des parcelles habituellement cultivées, des espèces inscrites à l'**annexe II** du présent arrêté.

Protection régionale (colonne PR)

Arrêté du 11 Mars 1991 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Ile-de-France complétant la liste nationale.

Article 1

Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps, sur le territoire de la région Ile-de-France, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces énumérées.

Toutefois, les interdictions de destruction, de coupe, de mutilation et d'arrachage, ne sont pas applicables aux opérations d'exploitation courante des fonds ruraux sur les parcelles habituellement cultivées.

Arrêté du 22 juillet 1993 relatif à la liste des insectes protégés en région Ile-de-France complétant la liste nationale.

Article 1

Sont interdits en tout temps, sur le territoire de la région Ile-de-France, la destruction ou l'enlèvement des œufs, des larves et des nymphes, la destruction, la capture, l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la préparation aux fins de collections des insectes suivants ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat.

Espèces déterminantes ZNIEFF en Ile-de-France (colonne ZNIEFF)

La liste des espèces déterminantes pour la désignation des ZNIEFF est extraite du « Guide méthodologique pour la création de Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en Ile-de-France » réalisé par le Conseil Scientifique Régional du

Patrimoine Naturel (CSRPN IdF) et la Direction Régionale de l'Environnement d'Ile-de-France (DIREN IdF) et édité en 2002.

IX.II.2.1.B La réglementation applicable à la faune

Protection européenne

Directive 2009/147/CE du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages (Journal officiel de l'Union européenne L20/7). Cette directive liste les espèces d'oiseaux sauvages bénéficiant d'une protection au niveau européen.

Les espèces mentionnées à l'annexe I font l'objet de mesures de conservation spéciale concernant leur habitat, afin d'assurer leur survie et leur reproduction dans leur aire de distribution.

Les espèces énumérées à l'**annexe II, partie A**, peuvent être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la directive.

Les espèces énumérées à l'**annexe II, partie B**, peuvent être chassées seulement dans les Etats membres pour lesquelles elles sont mentionnées.

Pour les espèces visées à l'**annexe III, partie A**, la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente des oiseaux vivants et des oiseaux morts ainsi que de toute partie ou de tout produit obtenu à partir de l'oiseau ne sont pas interdits, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

Protection nationale

Plusieurs espèces figurent à l'article 3 de l'arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (Journal officiel de la république française du 5 Décembre 2009, texte 3).

Pour les espèces d'oiseaux citées à l'**article 3** de cet arrêté :

« I. – Sont interdits sur tout le territoire métropolitain et en tout temps :

– la destruction intentionnelle ou l'enlèvement des œufs et des nids ;

– la destruction, la mutilation intentionnelle, la capture ou l'enlèvement des oiseaux dans le milieu naturel ;

– la perturbation intentionnelle des oiseaux, notamment pendant la période de reproduction et de dépendance, pour autant que la perturbation remette en cause le bon accomplissement des cycles biologiques de l'espèce considérée.

II. – Sont interdites sur les parties du territoire métropolitain où l'espèce est présente ainsi que dans l'aire de déplacement naturel des noyaux de populations existants la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation remette en cause le bon accomplissement de ces cycles biologiques.

III. – Sont interdits sur tout le territoire national et en tout temps la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation commerciale ou non des spécimens d'oiseaux prélevés. »

Espèces déterminantes ZNIEFF en Ile-de-France (Guide méthodologique pour la création de ZNIEFF en Ile-de-France, CSRPN et DIREN Ile-de-France, Septembre 2002)

La liste des espèces déterminantes pour la désignation des ZNIEFF est extraite du « Guide méthodologique pour la création de Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en Ile-de-France » réalisé par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN IdF) et la Direction Régionale de l'Environnement d'Ile-de-France (DIREN IdF) et édité en 2002.

Rareté en Ile-de-France

Données issues du document « Orientations Régionales de Gestion et de conservation de la Faune sauvage et de ses Habitats, Etat initial » de mai 2007.

Légende : Espèces nicheuses (N), migratrices (M) ou hivernantes (H) Espèces sédentaires (S)

Occasionnelle (O)

Très rare (TR)

Rare (R)
Peu commune (PC)
Commune (C)
Très commune (TC)
Abondante (A)

Exemple : « NTC » signifie « espèce nicheuse très commune ».

Listes rouges françaises

Etablies conformément aux critères internationaux de l'UICN, les Listes rouges nationales dressent des bilans objectifs du degré de menace pesant sur les espèces en métropole et en outre-mer. Elles permettent de déterminer le risque de disparition de notre territoire des espèces végétales et animales qui s'y reproduisent en milieu naturel ou qui y sont régulièrement présentes. Cet état des lieux est fondé sur une solide base scientifique et élaborée à partir des meilleures connaissances disponibles.

Les Listes rouges des espèces menacées en France sont réalisées par le Comité français de l'UICN et le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN/SPN). Leur élaboration repose sur la contribution d'un large réseau d'experts et associe les établissements et les associations qui disposent d'une expertise et de données fiables sur le statut de conservation des espèces.

Elles sont régulièrement mises à jour par des groupes d'espèces :

- Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine (2012)
- Liste rouge des Orchidées de France métropolitaine (2009)
- Liste rouge des Oiseaux de France métropolitaine (2016)
- Liste rouge des Mammifères de France métropolitaine (2017)
- Liste rouge des Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine (2015)
- Liste rouge des Papillons de jour de France métropolitaine (2012)
- Liste rouge des Libellules de France métropolitaine (2016)

La Liste rouge des Oiseaux de France métropolitaine attribue un statut de conservation par période de l'année pour la plupart des espèces : en période de reproduction, en période de migration et en période d'hivernage.

Pour l'ensemble des groupes faunistiques, les espèces sont classées par catégories définies dans le tableau suivant.

1 - Catégories UICN des listes rouges

Catégorie U.I.C.N		
	RE	Espèce disparue de métropole
Espèces menacées de disparition en métropole	CR	En danger critique d'extinction
	EN	En danger
	V	Vulnérable
	NT	Quasi-menacée
	DD	Données insuffisantes
	LC	Préoccupation mineure
	NA	Non applicable
	NE	Non évaluée

Source : AEPE Gingko 2018

Listes rouges régionales

Ces listes ont été rédigées par des coordinations régionales s'appuyant sur des experts scientifiques et structures locales (associations, réserves naturelles, ONCFS, Parcs naturels régionaux). A l'instar des listes rouges nationales, les listes régionales dressent des bilans sur les degrés de menace et donc priorité de conservation à l'échelle régionale pour les espèces animales étudiées. Quatre documents existent en région Ile de France :

- Liste rouge de la flore vasculaire d'Ile de France (2011)
- Liste Rouge des Libellules d'Ile de France (2014)
- Liste rouge des Oiseaux nicheurs d'Ile de France (2012)
- Liste rouge des Rhopalocères et Zygènes d'Ile de France (2016).

Méthodologie commune aux inventaires floristique et faunistique

La méthodologie se décompose selon les 5 phases suivantes :

- recherche bibliographique et enquête ;
- analyse des documents cartographiques et photographiques ;
- prospections de terrain ;
- traitement et analyse des données recueillies ;
- évaluation écologique du site et des habitats constitutifs.

Recherche bibliographique et enquête

Préalablement aux prospections de terrain, il est nécessaire de rassembler la documentation disponible sur la flore et la faune afin d'évaluer le niveau de connaissance du site à expertiser. Pour ce faire, une recherche bibliographique portant sur les années récentes (postérieures à 2000) a été réalisée à partir des principales bases de données, publications naturalistes et études antérieures réalisées dans le secteur par le bureau d'étude AEPE Ginko.

Analyse des documents cartographiques et photographiques

Dans un premier temps, la reconnaissance du site à étudier se fait par l'intermédiaire des documents cartographiques (carte IGN au 1/25000, fond de plans établis par les géomètres, cartes géologiques, cartes pédologiques, cartes piézométriques...) et photographiques (principalement les missions IGN). Ceux-ci sont analysés afin d'apprécier la complexité du site et repérer les secteurs qui semblent avoir potentiellement les plus fortes sensibilités écologiques (milieux humides, espaces pionniers, pentes accusées, secteurs tourbeux, affleurements de roche mère...).

Prospections de terrain

Il s'agit d'une phase essentielle. Tous les habitats reconnus lors de la phase précédente sont prospectés de façon systématique de manière à couvrir les différentes conditions écologiques stationnelles et les différentes structures de végétation. L'ensemble du site d'étude est parcouru, en ayant une attention plus particulière pour les habitats présumés sensibles (boisements, milieux humides, pelouses sèches...).

Au fur et à mesure des prospections, une liste des espèces est dressée en prenant soin de localiser les plus remarquables sur un fond de plan ou une photographie. Les différents habitats rencontrés sont aussi listés et leur niveau de définition est affiné par rapport à celui établi lors de l'analyse des documents cartographiques et photographiques.

Lors des passages terrain effectués les 16 juin, 7 juillet et 24 août 2010, des inventaires les plus exhaustifs possibles ont été réalisés sur les parcelles présentant a priori des habitats naturels ou semi-naturels.

Sur la zone d'étude, seule la végétation des parcs et du Coteau des Vignes a été recensée compte-tenu de la faible présence de milieux non urbanisés. Les inventaires ne sont pas exhaustifs compte tenu du fait que les passages de terrain ont été réalisés tardivement.

Les jardins, les zones habitées ont été observées mais n'ont pas fait l'objet d'inventaires détaillés et ne sont donc pas caractérisés selon la typologie Corine Biotope (typologie européenne publiée en 1991 proposant une description hiérarchisée des milieux naturels).

Lors des inventaires de terrains, AEPE Ginko a dressé la liste des taxons relevés. Les espèces remarquables ont été identifiées. On entend par espèces remarquables, les espèces rares, vulnérables et protégées au niveau régional (déterminantes ZNIEFF, liste rouge), national et européen. L'ensemble des informations collectées est repris dans des tableaux avec les listes d'espèces par parcelle et leurs statuts de protection s'il y en a.

Pour chaque groupe d'espèce faunistique, une méthodologie particulière est appliquée.

Dans la partie II.B, pour chaque groupe d'espèces, sont donnés :

- les noms des sites d'observation et/ou d'écoute (correspondant aux noms de parcelles décrites précédemment),
- les statuts de protection des espèces : Directive Oiseaux, Directive Habitats Faune Flore et arrêtés de protection nationale (quand les textes existent),
- les espèces déterminantes pour la désignation des ZNIEFF en Ile-de-France,
- les statuts sur les Listes rouges de France,

- l'intérêt régional des espèces selon le document des Orientations Régionales de Gestion et de conservation de la Faune sauvages et de ses Habitats d'Ile-de-France (ORGFH) consultable sur le site de la DRIEE Ile-de-France.

➤ L'avifaune

L'inventaire des oiseaux a été effectué de façon ponctuelle. Les déterminations ont été effectuées à vue et à l'aide de jumelles, ou à l'ouïe dans le cas des individus chanteurs.

➤ L'entomofaune

- Les coléoptères

Ces espèces sont difficilement observables puisqu'elles vivent dans le bois des arbres. L'inventaire de ces espèces passe donc plutôt par l'identification d'arbres favorables à la colonisation par des individus (vieux chênes, châtaigniers...) et par les trous d'entrée visibles dans les arbres. Nous ne pouvons donc qu'émettre des probabilités sur la présence d'individus liés à la propension des bois à être des hôtes potentiels.

- Les odonates

En tant qu'indicateurs de la qualité des eaux, les odonates sont de bons révélateurs de l'état de santé et de la qualité des zones humides. Les exigences biologiques et le statut de protection de certaines espèces permettent en outre de caractériser la valeur écologique des cours d'eau, des mares et des étangs. En effet, le développement larvaire parfois long chez certaines espèces (jusqu'à 3 ans pour les espèces du genre *Gomphus*) rend ces organismes très sensibles aux pollutions aquatiques d'ordre anthropique (organique, chimique, physique).

Les mois d'été sont les plus propices à l'étude des odonates. Les milieux les plus favorables pour observer des individus sont les milieux humides ensoleillés bordés d'une végétation riveraine. Les plans d'eau de la zone d'étude ont donc été prospectés avec attention. La reconnaissance a été effectuée à vue ou par capture notamment pour les espèces de petites tailles.

- Les lépidoptères

Comme pour les odonates, les mois d'été sont les plus propices à leur observation. La capture des papillons avec un filet entomologique peut se révéler nécessaire si la détermination n'est pas possible à vue.

➤ Les amphibiens

La démarche pour identifier les espèces consiste à relever les sites de reproductions potentiels. L'identification se fait par détection visuelle, auditive (uniquement pour les Anoures : Grenouilles et Crapauds) et par pêche.

Les inventaires doivent être réalisés en saison de reproduction quand les adultes sont en phase aquatique afin d'identifier les espèces précoces (début de la reproduction en février-mars) et les espèces tardives (juin-juillet).

➤ Les mammifères

Tous les individus observés ponctuellement sont relevés. Concernant les chiroptères, un détecteur à ultrasons (Bat box = petit boîtier électronique permettant de rendre audibles les ultrasons émis par les chauves-souris.) est utilisé. Ceci permet de localiser les corridors de chasse pour les chiroptères.

Traitement et analyse des données recueillies

Les listes d'espèces et d'habitats établis lors des prospections de terrains sont ensuite traitées et analysées. Les groupes écologiques mis en évidence servent de base à la description des habitats. Une carte de ceux-ci est alors dressée collant au plus près de la réalité de terrain.

Évaluation écologique du site et des habitats constitutifs

Le recoupement des cartes des habitats et de localisation des espèces remarquables, l'agencement des groupes écologiques au sein des habitats et d'autres critères qui sont définis ci-après, permettent d'évaluer le niveau de valeur écologique du site et des unités constitutives.

• Détermination des enjeux floristiques – méthode de hiérarchisation

Afin de hiérarchiser l'intérêt des parcelles et de déterminer leur sensibilité, en termes de flore, au regard du projet, nous avons utilisé la méthode suivante :

Enjeux majeurs (en rouge) :

- Habitats figurant dans l'annexe I de la Directive européenne Habitats Faune Flore.
- Milieux constitués d'espèces végétales figurant aux annexes II ou IV de la Directive Habitats Faune Flore.
- Milieux comprenant des espèces végétales protégées à l'échelle nationale.

Enjeux forts (en orange) :

- Milieux incluant des espèces végétales rares et/ou protégées à l'échelon régional.
- Milieu comprenant des espèces végétales déterminantes pour la désignation de ZNIEFF.

Enjeux moyens (en jaune) :

Milieux possédant une diversité floristique intéressante et/ou une intégrité écologique forte, ou présentant des espèces recensées à l'inventaire de la flore menacée de la région.

- Milieux possédant une typicité ou étant peu représentés sur le territoire.
- Milieux incluant des espèces végétales inscrites à l'annexe V de la Directive Habitats Faune Flore.

Enjeux faibles (en blanc) :

- Les autres milieux

• Détermination des enjeux faunistiques – méthode de hiérarchisation

Afin de hiérarchiser l'intérêt des parcelles et de déterminer leur sensibilité, en termes de faune, au regard du projet, nous avons utilisé la méthode suivante :

Enjeux majeurs (en rouge) :

- Milieux comprenant des espèces animales inscrites aux annexes II ou IV de la Directive européenne Habitats Faune Flore.
- Milieux comprenant des espèces d'oiseaux inscrites à l'annexe I de la Directive européenne Oiseaux.
- Habitats d'espèces protégées, autres que les oiseaux, bénéficiant d'un statut de protection national ou international, concernant les espèces et leurs habitats (art.2 pour les insectes, art.2 pour les amphibiens, art.2 pour les mammifères).
- Milieux incluant des espèces d'oiseaux protégées au plan national et inscrites à la liste rouge des oiseaux nicheurs de France dans les catégories CR (en danger critique d'extinction) ou EN (en danger).

Enjeux forts (en orange) :

- Habitats d'espèces protégées, autres que Oiseaux, bénéficiant d'un statut de protection national, concernant les individus d'espèces uniquement (art.3 pour les insectes, art.3 pour les amphibiens).
- Milieux incluant des espèces protégées à l'échelon régional.
- Milieux incluant des espèces animales déterminantes pour la désignation de ZNIEFF.
- Milieux comprenant des espèces d'oiseaux protégées à l'échelle nationale et inscrites sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de France dans les catégories NT (quasi-menacée) ou VU (vulnérable).

Enjeux moyens (en jaune) :

- Milieux incluant des espèces d'Oiseaux protégées au plan national et inscrites à la liste rouge des Oiseaux nicheurs de France dans la catégorie LC (préoccupation mineure).
- Milieux incluant des espèces inscrites à l'annexe V de la Directive Habitats Faune Flore

- Milieux comprenant des espèces animales réglementées à l'échelle nationale, régionale ou départementale (art.5 pour les amphibiens).
- Milieux possédant une diversité faunistique intéressante et/ou une intégrité écologique forte.

Enjeux faibles (en blanc) :

- Les autres milieux

IX.II.2.2 Hydrogéologique

IX.II.2.2.A Bibliographie

Pour cette étude, BURGEAP s'est appuyé sur les données suivantes :

- les données relatives au projet :
 - ABROTEC (2014) Ligne de tramway Athis-Mons-Juvisy. Investigations géotechniques. Dossier PA139449 du 30/049/2014 ;
 - ANTEA (2019) Note - interprétation des essais d'infiltration et de pompage - Projet T7 Juvisy. Rapport S02_GEO_ESS_412_IMP_001_A1 du 22/02/2019 ;
 - CETE (2013) Tram T7 - 2ème Phase. Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge. Etude documentaire sur les sources. Dossier n°131000082. Rapport provisoire de juin 2013 ;
 - GINGER CEBTP (2013) Prolongement du Tramway T7 : Tunnel du Parc de la Mairie. JUVISY (91). Investigations géotechniques. Dossier : BGE1.9030/60 du 14/02/2013 ;
 - INGEROP-RICHEZ ASSOCIES (2018) Interprétation des pompages d'essai. Réf. : S02-GEO-ESS-412-IMP-202-A2 version 2 du 25/07/2018 ;
 - INGEROP-RICHEZ ASSOCIES-GEOS (2011) Études techniques préliminaires. Pièce 3 : Études géotechniques. Volume 3.1 Rapport de synthèse. Réf. T7_2-ETP-GET-PIE-GEO-001-B du 28/11/2011 ;
 - RATP - Phase PRO - Pièces écrites et pièces graphiques des ouvrages 5.1 (Tranchées Couvertes, Tranchées Ouvertes et Tunnel) et 5.2 (Station observatoire) en date du 15/11/2018 et, en particulier :
 - S02-MOG-PRO-262-TUN-200 - Vue en plan d'ensemble ;
 - S02-MOG-PRO-253-TUN-200 - Sections des ouvrages - Carnet de coupes ;
 - S02-MOG-PRO-263-GEO-201 - Profil en long géologique de la section enterrée ;
 - TERRASOL (2014) Projet de prolongation de la ligne de tram T7 sur la commune de Juvisy-sur-Orge (91). Rapport d'étude hydrogéologique. Version 1 du 13/02/2014 ;
- les données publiques disponibles :
 - en Banque de données du Sous-Sol (BSS), consultée le 10/10/2018 sur le site internet <http://infoterre.brgm.fr> ;
 - en banque nationale d'Accès aux Données sur l'Eau Souterraine (ADES), consultée le 10/10/2018 sur le site Internet <http://www.ades.eaufrance.fr> ;
 - en Banque Nationale des Prélèvements Quantitatifs en Eau (BNPE), consultée le 10/10/2018 sur le site Internet <http://www.bnpe.eaufrance.fr> ;
 - dans les inventaires historiques des sites industriels et activités en service « BASIAS » <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/inventaire-historique-des-sites-industriels-etactivites-de-service-basias#>, et des pollutions du sol « basol », <https://basol.developpementdurable.gouv.fr/> consultés le 10/10/2018 ;
 - du Système d'Information pour la gestion des Eaux Souterraines (SIGES) du bassin Seine-Normandie, consultée le 10/10/2018 sur le site internet <http://sigesn.brgm.fr> :
 - MEGNIEN, C. (1970) Atlas des nappes aquifères de la région parisienne. BRGM. Paris. 21 pl. de cartes et notice explicative ;
 - MEGNIEN, C. (1979) Hydrogéologie du centre du bassin de Paris, Contribution à l'étude de quelques aquifères principaux. Mémoire du BRGM n°98 ;
 - du portail cartographique du ministère de l'environnement (CARMEN), consulté le 10/10/2018 sur le site internet http://carmen.developpementdurable.gouv.fr/18/Nature_et_Biodiversite.map ;
 - BRGM - carte géologique de France au 1/50 000. Feuille de Corbeil - n°219 et notice explicative ;
 - Cartes de Cassini issues de l'exemplaire dit de « Marie-Antoinette » du XVIIIème siècle, consultées sur le site Internet <http://www.geoportail.gouv.fr> le 10/10/2018 ;
- les ressources bibliographiques internes à BURGEAP (cartes géologiques, atlas hydrogéologiques, publications techniques et scientifiques) et notamment :
 - Enquête de quartier réalisée le 26/09/2018 par Timothée JAOUEN et Louis PAGNIER, ingénieurs hydrogéologues ;
 - échanges téléphoniques, courriels et rencontres avec les services techniques de la Mairie de Juvisy-sur-Orge (C. BLIN et J.-A. JUSTINE) ainsi qu'avec le syndicat de l'Orge (I. VAILLANT, L. CHIARELLA) ;
 - CEREGHINI E. et PRILLEUX G. (2012) Étude (version provisoire) historique du site du Parc des grottes de Juvisy-sur-Orge, Essonne. 21/12/2012 ;

- DILUVIAL (2012) Parc des grottes Ville de Juvisy-sur-Orge. Compte rendu de visite en date du : 07/12/2012 ;
- LAME A. (2013) Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts sur les aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains. Thèse de doctorat spécialité hydrologie et hydrogéologie quantitatives. Soutenue le 10 décembre 2013. École Nationale Supérieure des Mines de Paris. 218 pp. ;
- Ville de Juvisy – plans de 1700 et 1785.

IX.II.2.2.B Construction du modèle et simulation

IX.II.2.2.B.a Présentation du modèle hydrogéologique

IX.II.2.2.B.a.1 Choix du type de modèle

Le modèle hydrogéologique 3D multicouche intègre les différentes unités hydrogéologiques décrites précédemment (cf. 3.3) et donc la possibilité d'avoir des écoulements horizontaux ainsi que des échanges verticaux entre les couches les plus perméables. Le modèle intègre également les sources, la recharge (infiltration des eaux de pluie), la rivière Orge et la Seine.

Le maillage est basé sur des éléments finis (mailles triangulaires) qui se prêtent bien à la prise en compte de la structure relativement fine et arrondie du projet.

Le logiciel utilisé pour réaliser les calculs d'incidences hydrogéologiques est le programme FEFLOW (version 6.2 patch 15), de la société Mike by DHI.

IX.II.2.2.B.a.2 Extension horizontale

L'extension du modèle est présentée en Figure 21. Le modèle s'étend de l'intérieur du plateau à la rive gauche de la Seine. L'extension du modèle est d'environ 2 km par 2 km. L'extension du modèle a été suffisamment étendue pour ne pas créer d'effets de bords.

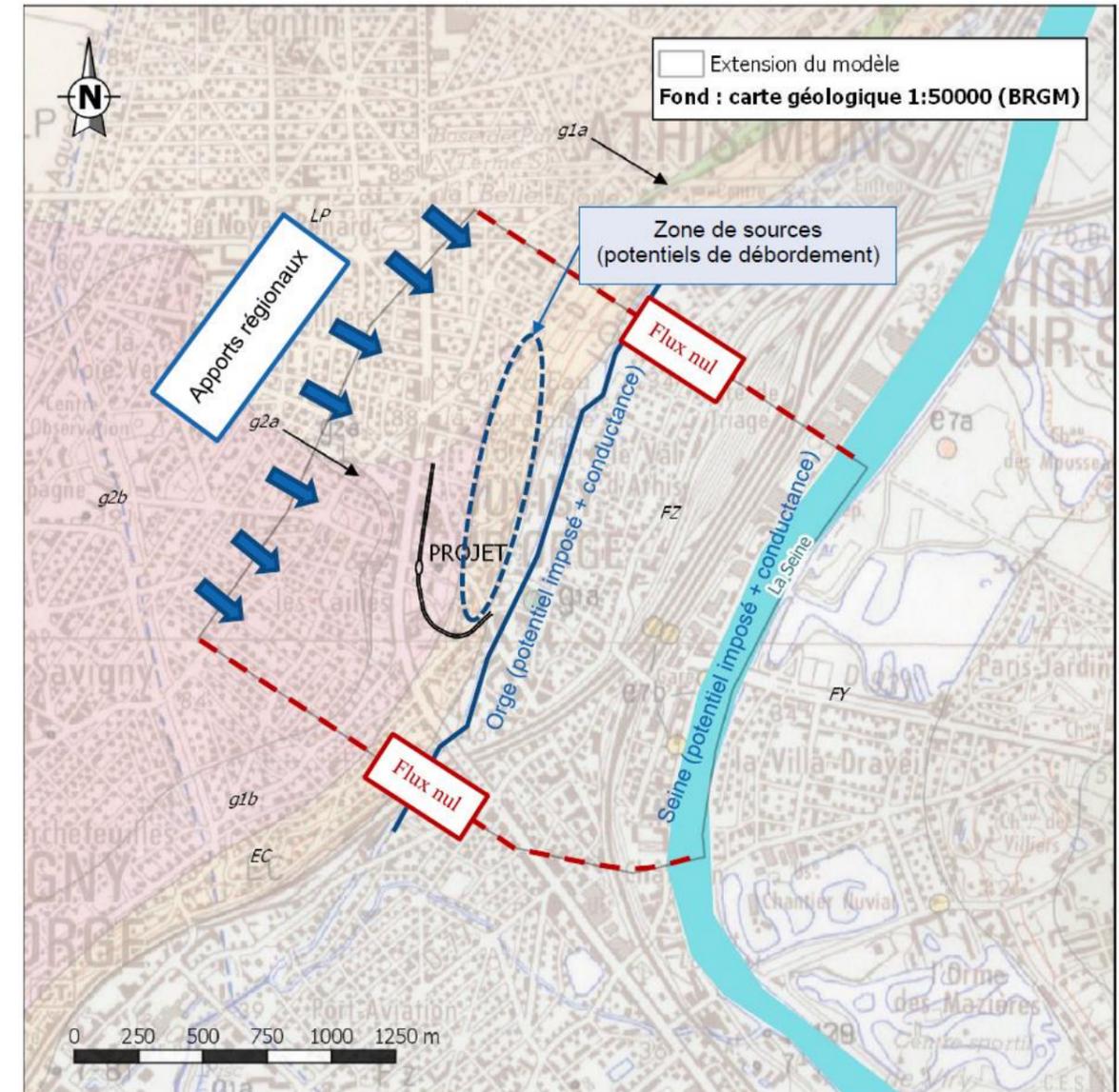


Figure 2 : Extension du modèle et principales conditions aux limites

IX.II.2.2.B.a.3 Extension verticale

Le modèle comprend l'ensemble des couches comprises entre le haut du plateau au droit du projet et la base des sables du Beauchamp (cf. Figure 22 et Tableau 6).

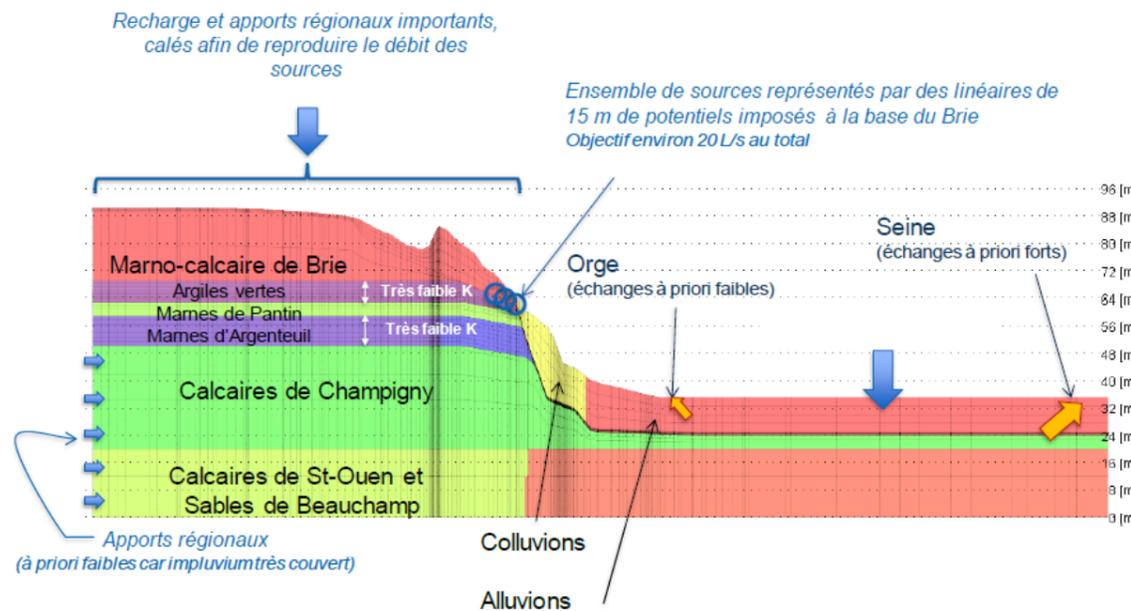


Figure 3 : Schéma hydrogéologique conceptuel

Couche géologique	Type	Couches correspondantes dans le modèle	Epaisseur indicative totale (m)
Alluvions	Phréatique	1 à 5	0 à 9
Colluvions / éboulis			0 à 10
Marno-calcaire de Brie et autres formations de couverture du plateau			0 à 10
Argiles vertes	Confiné	6 à 14	0 à 6
Marnes de Pantin		15 à 17	0 à 4
Marnes d'Argenteuil		18 à 24	0 à 9
Calcaires de Champigny (faciès gypseux)		25 à 29	2 à 30
Calcaire de Saint-Ouen et Beauchamp		30 à 31	20

Tableau 1 : Couches comprises dans le modèle

IX.II.2.2.B.a.4 Calage

Les perméabilités et les conditions aux limites du modèle ont été adaptées afin d'obtenir un calage des :

- niveaux piézométriques mesurés dans les différentes formations (cf. §3.3.3) ;

- décrochages piézométriques observés entre les différentes nappes (cf. §3.3.3.2 et §3.3.3.3).

La différence moyenne des niveaux piézométriques mesurés et simulés est de l'ordre de 2 m (toutes nappes confondues), soit une erreur de 5 % à l'échelle du modèle.

La différence moyenne des niveaux piézométriques mesurés et simulés est de l'ordre de 2,05 m (nappe phréatique), soit une erreur de 5 % à l'échelle de cette nappe.

Une erreur de 5 % est généralement jugée comme acceptable, si elle considère toutefois des niveaux parfaitement cohérents entre eux. Dans le cas présent, une erreur un peu plus importante pourrait être admise dans la mesure où certains niveaux piézométriques présentent des valeurs erratiques et que la densité de piézomètres fiables dans la nappe phréatique demeure relativement faible. Le calage du modèle est donc jugé satisfaisant compte tenu de la qualité et de la quantité des mesures de référence.

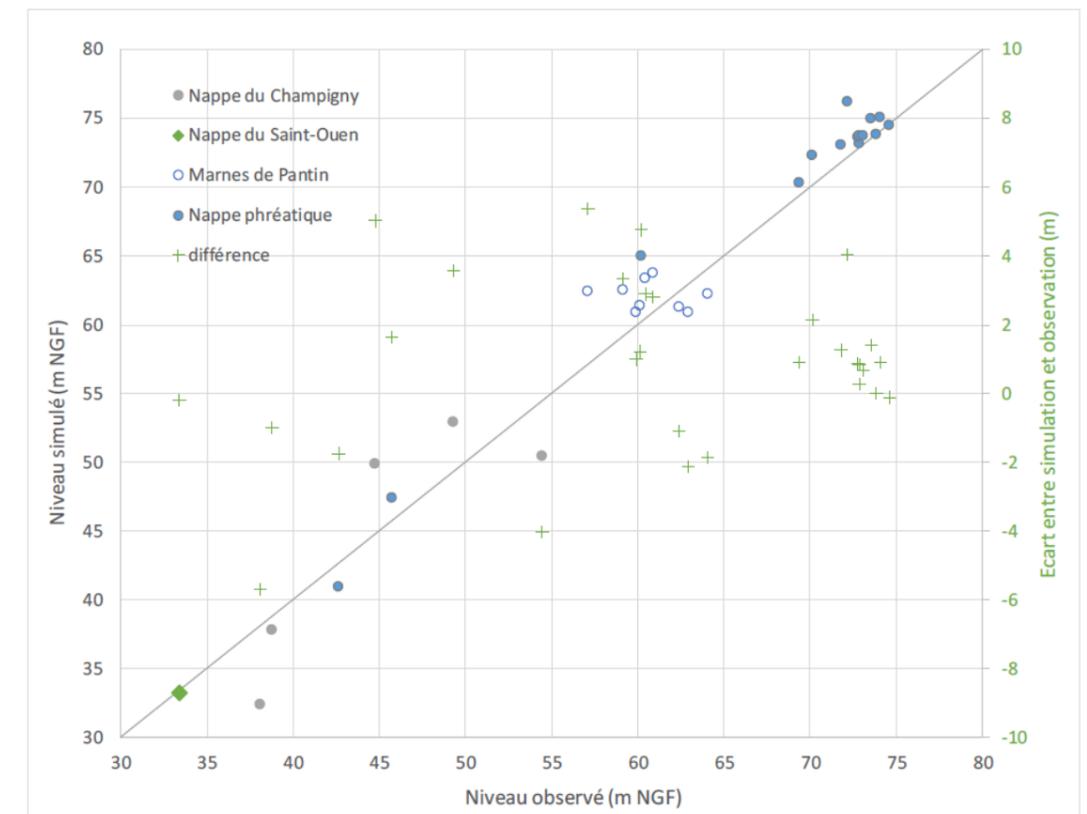


Figure 4 : Comparaison des niveaux piézométriques mesurés et simulés

Prolongement de la ligne 7 du tramway



PÔLE MULTIMODAL JUVISY

OBSERVATOIRE

STADE DELAUNE

ATHIS-MONS

MARÉCHAL LECLERC

PYRAMIDE

LE CONTIN

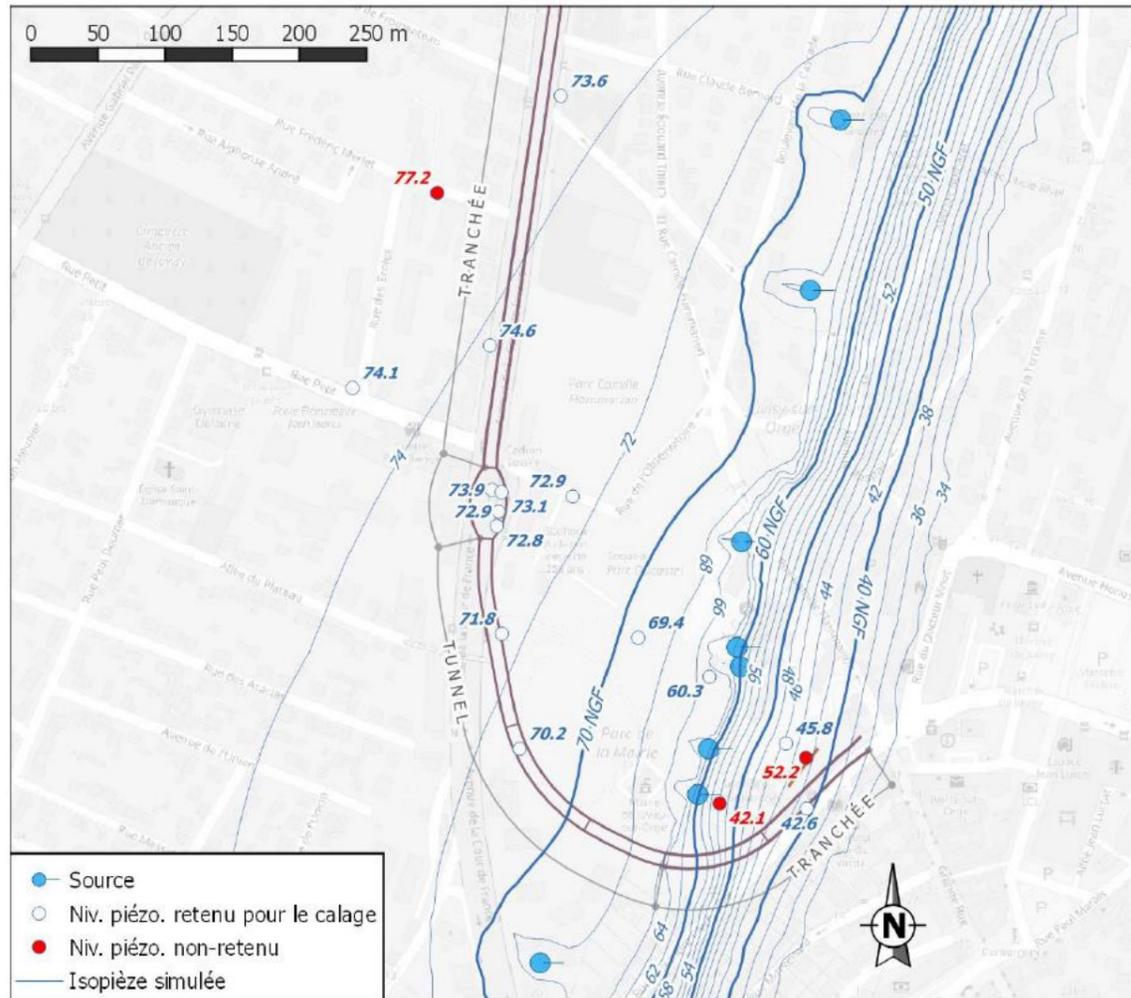


Figure 5 : Calage piézométrique dans le Calcaire de Brie et les éboulis (nappe phréatique)

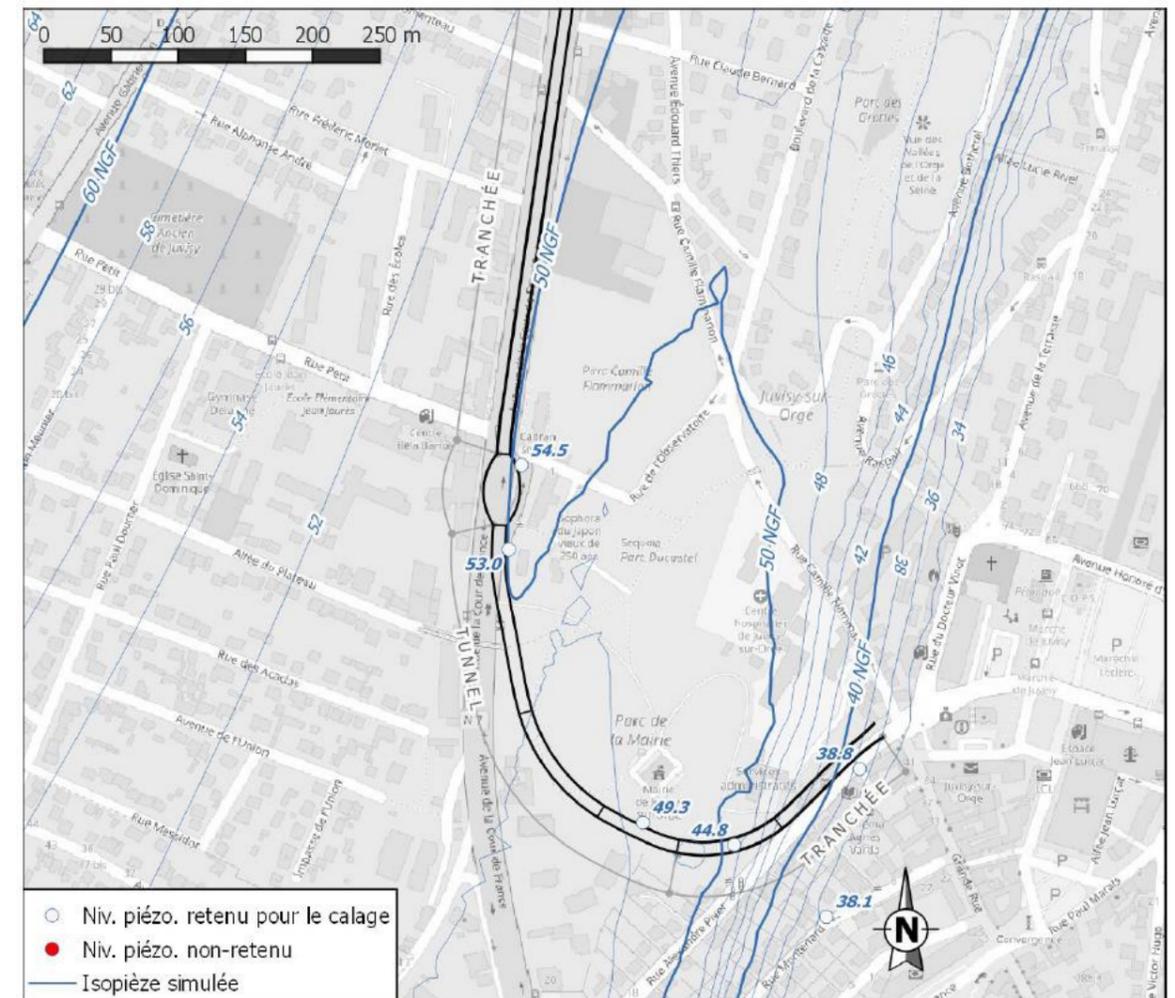


Figure 6 : Calage piézométrique dans les Calcaires de Champigny et les Marnes et Marnes du Gypse

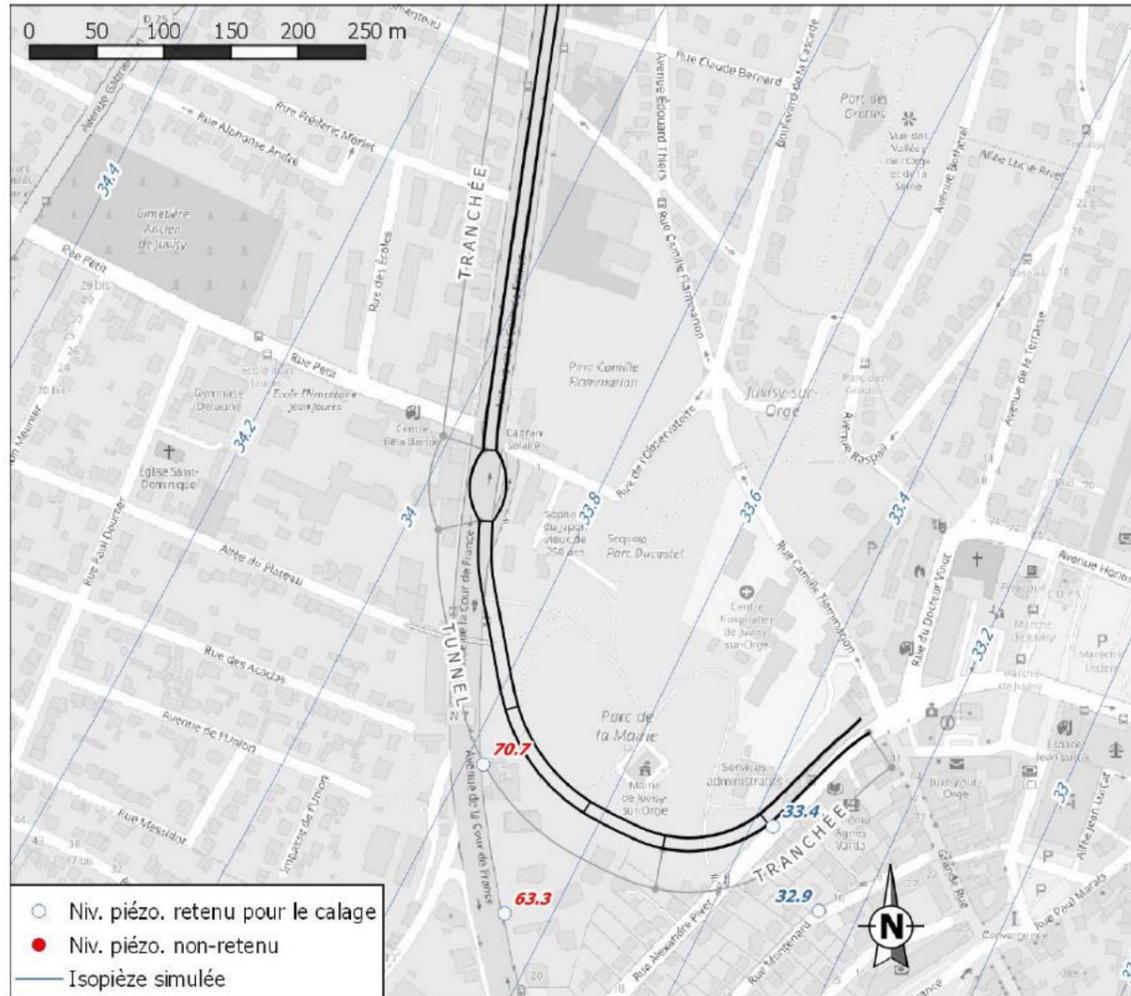


Figure 7 : Calage piézométrique dans les Calcaires de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp

IX.II.2.2.B.a.5 Perméabilités à l'issue du calage

À l'issue du calage, des perméabilités horizontales et verticales ont été attribuées aux différentes unités hydrogéologiques prises en compte dans le modèle (cf. Tableau 7). Dans la mesure du possible, ces valeurs sont gardées les plus proches possibles des valeurs bibliographiques disponibles (cf. §3.3.2).

La perméabilité retenue pour les colluvions, soit $5,5 \times 10^{-6}$ m/s, est cohérente quoique légèrement supérieure à celles mesurées sur site (de 1 à 5×10^{-6} m/s). Une version adaptée du modèle a donc été créée afin de prendre en compte une perméabilité plus proche des mesures de terrain, soit 2×10^{-6} m/s, par ailleurs plus sécuritaire dans la perspective du

dimensionnement d'un système de transparence hydraulique. Comme expliqué dans le paragraphe suivant, le modèle est moyennement sensible à cette modification de la perméabilité dans les colluvions.

Formation	Kh (m/s)	Kv (m/s)	Kh/Kv	Ep. Moyenne saturée (m)
Alluvions	$1,5 \times 10^{-4}$	1×10^{-5}	15	9
Colluvions / éboulis	$5,5 \times 10^{-6}$	$5,5 \times 10^{-6}$	1	10
Marno-calcaire de Brie	2×10^{-4}	$1,5 \times 10^{-6}$	133	10
Argiles vertes	3×10^{-10}	3×10^{-10}	1	6
Marnes de Pantin	1×10^{-9}	5×10^{-10}	2	9
Marnes d'Argenteuil	3×10^{-6}	3×10^{-7}	10	4
Calcaires de Champigny et/ou Masses et marnes du gypse	1×10^{-6}	1×10^{-6} à $1,5 \times 10^{-10}$ (à la base)	1 à 100	30
Saint-Ouen et Beauchamp	5×10^{-5}	1×10^{-5}	5	20

IX.II.2.2.B.a.6 Bilan hydrologique à l'issue du calage

Ce bilan est présenté dans la partie 4 « État actuel environnement », chapitre IV.II.4.4.F.

IX.II.2.2.B.a.7 Sensibilité du modèle aux perméabilités des colluvions

Le modèle produit un meilleur calage général avec une perméabilité dans les colluvions de l'ordre de $5,5 \times 10^{-6}$ m/s. Cette perméabilité est cohérente avec la perméabilité obtenue par essais de pompage (environ 5×10^{-6} m/s), en revanche elle est plus élevée que celle obtenue par essais d'infiltration, de l'ordre de 1×10^{-6} m/s (ANTEA, 2019).

IX.II.2.3 Boissements

IX.II.2.3.A Recensement, Cartographie et Environnement

Le recensement des arbres correspond à la détermination du genre, de l'espèce et à la localisation de l'arbre dans l'espace. Les coordonnées géographiques des arbres ont été collectées sur le terrain à l'aide d'un GPS Trimble GéoXT. Les coordonnées (X, Y) des arbres sont exprimées dans la projection Lambert 93 et RGF93.

De même, certains critères relatifs à l'environnement proche du sujet sont relevés :

- Le traitement du pied : description de l'état du sol au niveau du pied de l'arbre ;
- L'interdistance entre les sujets pour les arbres d'alignement ;
- La distance façade/bâtiment : relevé de la distance séparant l'arbre d'une façade/bâtiment.

IX.II.2.3.B Description morphologique

Dans le cadre de la description morphologique, sont relevées les caractéristiques individuelles de chaque arbre :

Mesure du diamètre des troncs à 1 m.

Estimation de l'inclinaison (dans la case défaut et altération).

Estimation de la hauteur totale (mesure vertex bourgeon terminal).

Indication sur le développement et la forme du houppier (ou couronne) :

- Forme libre : la couronne du sujet se développe sans connaître la moindre action de taille par l'homme ;
- Forme semi-libre : la couronne du sujet est entretenue régulièrement selon son port naturel ;
- Forme architecturée : la couronne du sujet est contenue dans une forme architecturée (plateau rideau, tête de chat, etc.) ;
- Mutilé : l'arbre a été étêté, sa couronne a subi des tailles sur de grosses sections (20 à 25 cm de diamètre) ;
- Traumatique : couronne non plus constituée de branches, mais de réitérations suite à une taille drastique dans le passé ;
- Forme délaissée : après un entretien en forme architecturée, les tailles sont arrêtées pour obtenir une forme semi-libre constituée de réitérations.

Cette identification permet de connaître la masse volumique de l'arbre. Ces informations morphologiques sont également utiles pour effectuer les devis d'entretien et d'abattages éventuels. Enfin, ces mesures permettent un suivi de l'évolution dans le temps de la croissance de l'arbre en hauteur et en largeur.

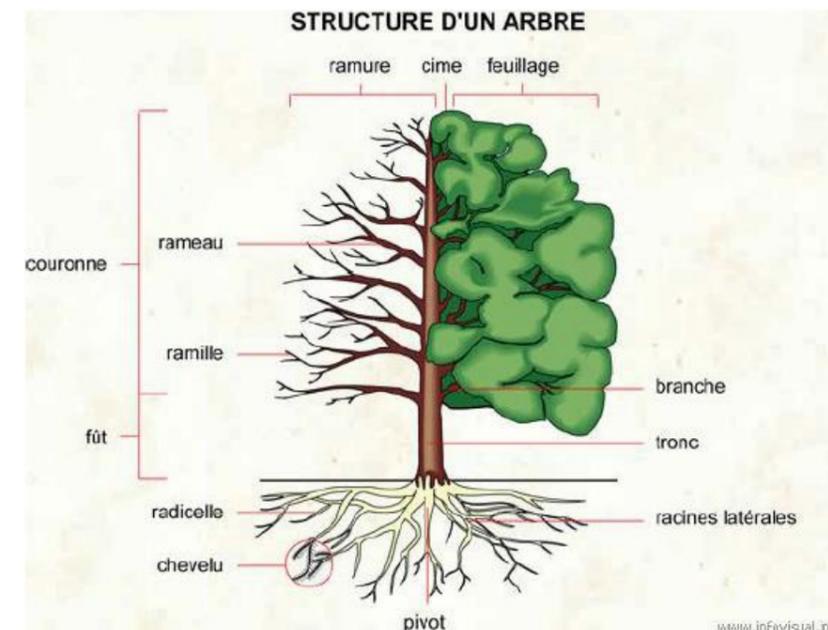


Figure 8 : Structure d'un arbre

IX.II.2.3.C État physiologique

L'évaluation visuelle de l'état physiologique de l'arbre permet d'apprécier les capacités de croissance de l'arbre ainsi que ses capacités de réaction face aux différentes agressions extérieures et travaux d'entretien. Seuls les symptômes de faiblesse des arbres ont été relevés et précisés.

L'analyse du comportement physiologique s'observe selon trois critères :

- La vigueur : elle exprime les capacités de l'arbre à croître dans un environnement donné avec les ressources dont il dispose. Elle s'observe sur les accroissements annuels des rameaux et sur les bourrelets de recouvrement ;
- La vitalité : elle définit la capacité de l'arbre à résister au stress. La perte de vitalité accidentelle ou physiologique est normalement compensée par la production de structures juvéniles (jeunes pousses). Des déficiences dans ce domaine indiquent des anomalies de fonctionnement ;
- L'architecture de l'arbre : elle permet de le situer sur une échelle de stades de développement. Nous retiendrons les stades de développement suivants :
 - Jeune cime : dominance apicale toujours présente,
 - Cime adulte : plus de dominance apicale, mais les branches basses ne sont pas encore tombées, houppier temporaire,
 - Cime à maturité : houppier définitif,

- Descente de cime : réaction à un stress momentané avec abandon de la cime et développement des bourgeons latéraux sur le tronc pour former un houppier plus bas,
- Cime sénescence : sur l'ensemble du houppier, les feuilles se recentrent sur les branches secondaires,
- Début de mortalité : mortalité du houppier supérieure à 40 % de manière irréversible.

Il s'ensuit la notation suivante :

1 Croissant Vigueur de l'arbre importante à modérée ou sujet présentant un problème passager (défoliation par exemple).

2 Stationnaire Faible vigueur de l'arbre, apparition des premiers signes de dépérissement.

3 Régressif Dépérissement marqué de l'arbre, dépérissement intense et irréversible.

IX.II.2.3.D Diagnostics sonores et visuel

Le diagnostic des arbres se fait selon la méthode VTA (Visual Tree Assessment) élaborée par le Docteur Claus MATTHECK en Allemagne. Elle a pour but l'observation et l'écoute des défauts liés à la mécanique de l'arbre ainsi que la recherche d'éventuels symptômes indiquant un désordre physiologique ou sanitaire pouvant être dû à un élément extérieur à l'arbre et pouvant entraîner un risque pour les usagers.

Cette étude se fait depuis le sol par une observation précise de toutes les parties de l'arbre et le relevé de tous les défauts et altérations observés afin de statuer sur l'avenir de l'arbre et sa dangerosité éventuelle.

IX.II.2.3.D.a Diagnostic sanitaire

L'état sanitaire des arbres est établi via l'observation visuelle (avec jumelles pour la couronne) de la présence éventuelle de parasites de types champignons ou insectes.

Une identification des insectes et des champignons est réalisée, s'il y a lieu, lorsque les fructifications de ces derniers sont suffisamment développées.

Le recensement des problèmes pathogènes (blessures, cavités, cicatrices, écorces incluses, etc.) est effectué au niveau des racines (lorsqu'elles sont visibles), du collet, du tronc et de la couronne.

IX.II.2.3.D.b Diagnostics sonore et visuel de la résistance mécanique des arbres

Un diagnostic sonore systématique est réalisé au niveau des contreforts racinaires, du tronc et du collet afin de déterminer la présence éventuelle d'une altération interne. Les cavités et

crevasses visibles ont également été systématiquement sondées avec une sonde métallique afin d'apprécier la profondeur et la qualité de la compartimentation de l'arbre.

L'ensemble des défauts et/ou altérations, des racines, du collet, du tronc et de la couronne est répertorié arbre par arbre dans le tableau d'inventaire en annexe.

Selon les symptômes relevés le jour de l'étude et en fonction de leur gravité, un commentaire sur l'état mécanique des arbres est établi d'après la classification suivante :

État mécanique :

- **Pas de défaut** Arbre sans défaut ou anomalies mécaniques, risque de rupture minime,
- **Défaut non critique** Arbre avec des défauts mécaniques mineurs, les propriétés mécaniques ne sont pas altérées,
- **Seuil limite réversible** Défauts mécaniques importants pouvant être corrigés par une intervention,
- **Seuil de risques dépassé** Défauts très étendus et irréversibles. Les seuils de risque sont atteints. La conservation de l'arbre est possible, mais sa rupture est envisagée en présence d'une forte contrainte. Il doit être régulièrement surveillé,
- **Défaut important** Arbre dangereux.

IX.II.2.3.D.c Estimation du Risque Acceptable

L'ensemble des observations concernant l'individu (morphologie, état physiologique et mesure de l'importance des défauts) nous amènera à évaluer le risque de rupture.

Pour chaque cavité, ouverte ou fermée, nous utiliserons les seuils « de risques acceptables » déterminés par les scientifiques comme référence afin de nous aider à la décision. Il s'agit des 3 seuils suivants : celui de Mattheck et Al, celui de Wagener et enfin, celui de Smiley and Freadrich.

Ces données ne déterminent pas le seuil de rupture (valeur à partir de laquelle la rupture survient), mais la valeur de risque acceptable (valeur à partir de laquelle le risque de rupture est élevé).

L'ensemble des observations et mesures permet d'apprécier l'évolution de la tenue mécanique de chaque partie défectueuse de l'arbre.

IX.II.2.3.E Données Générales

Cible

Il s'agit d'estimer la fréquentation du site par les usagers et d'observer la présence d'infrastructure sous l'arbre ainsi qu'à distance de basculement de l'arbre. S'ensuit la notation suivante :

- Nulle : l'accès à l'arbre est fermé ou difficile, aucune fréquentation possible pour les usagers.
- Faible : le site est très peu fréquenté et de manière ponctuelle. Aucune infrastructure et/ou mobilier urbain n'est observé sous l'arbre ou à distance de basculement de l'arbre.
- Moyenne : une fréquentation sporadique est observée, aucun mobilier urbain et/ou infrastructure urbaine ne permet le stationnement des usagers sous l'arbre et/ou à distance de basculement de l'arbre.
- Forte : fréquentation régulière et dense, à toutes heures, mobilier et/ou infrastructure urbaine permettant à l'utilisateur de s'arrêter sous l'arbre ou à distance de basculement de l'arbre.

Contrainte

Il s'agit de l'analyse des incidences de la cohabitation des arbres et de l'espace urbain :

- Faible ou inexistante : pas de contraintes ou ne troublant pas le développement l'arbre.
- Moyenne : contrainte à distance, troublant l'épanouissement de l'arbre et/ou l'établissement complet de son houppier, impliquant des travaux réguliers pour le maintenir et le faire cohabiter dans son environnement.
- Forte : contrainte proche de l'arbre et empêchant son développement normal, impliquant des travaux fréquents pour le maintenir et le faire cohabiter dans son environnement, ou qui va entraîner sa mort prématurée.

Avenir

Estimation d'une espérance de vie, en prenant en compte l'ensemble des données :

- Important : l'espérance de vie de l'arbre n'est pas limitée et reste inestimable.
- Modérée : espérance de vie de l'arbre estimée inférieure à 20 ans.
- Faible : espérance de vie de l'arbre estimée inférieure à 10 ans.

- Très faible : espérance de vie de l'arbre estimée inférieure à 5 ans.

Synthèse

Appréciation globale, en prenant compte de l'ensemble des données :

- Solide, de bonne croissance : arbre ne présentant pas ou peu de défaut non significatif quant à son maintien.
- Solide état physiologique moyen : arbre de présentant pas ou peu de défaut mécanique, mais dont la physiologie est contrariée momentanément, sans aucune conséquence immédiate quant à son maintien.
- Solide état sanitaire moyen : arbre ne présentant pas ou peu de défaut mécanique, mais étant sujet à une pathologie extérieure, sans aucune conséquence immédiate quant à son maintien.
- Solide avec anomalie morphologique : arbre présentant des anomalies architecturales lors de son développement, sans conséquence immédiate quant à son maintien.
- Défaut mécanique réversible : Arbre présentant un ou plusieurs défauts mécaniques pouvant être corrigés par l'action de travaux et n'ayant aucune conséquence immédiate quant à son maintien.
- Arbre dangereux : Arbre présentant de forts défauts mécaniques, physiologiques ou sanitaires et qui ne peuvent être corrigés par l'action de travaux.
- Mort ou sans avenir : Arbre mort sur pied ou dont l'avenir proche est compromis.

IX.II.2.3.F Préconisations de Gestion

IX.II.2.3.F.a Travaux

En fonction de l'état phytosanitaire de l'arbre, de sa tenue mécanique et de sa capacité de réaction, des préconisations de gestion sont énoncées en précisant les travaux éventuels.

IX.II.2.3.F.b Investigations complémentaires

Les « arbres à risques » (arbres présentant des défauts majeurs lors du diagnostic visuel) feront l'objet d'un diagnostic approfondi. Il consiste à vérifier la présence d'altération interne du bois à l'aide d'outils spécifiques, comme le marteau d'impulsion électronique, et de mesurer l'épaisseur de bois sain (paroi résiduelle de bois sain) en cas d'altération du bois. Nous utilisons pour cela un pénétromètre (Résistographe F 400).

Nous déterminons ainsi l'importance des cavités internes ou des pourritures.

Le sondage est représenté sur un graphe et permet de quantifier les altérations du tronc de l'arbre au niveau du sondage. Une fiche de sondage (fiche pénétromètre) est alors établie et jointe au rapport.

Pour les altérations en hauteur inaccessibles le jour de l'étude, une visite en hauteur peut être préconisée afin d'évaluer l'étendue du défaut ou de l'altération repérée lors du diagnostic visuel.

IX.II.2.3.G Avertissement et Limite de l'Expertise

Il est important de rappeler qu'une expertise est une photographie à un instant donné et ne saurait être valable au-delà d'un certain délai. Les arbres sont susceptibles de subir des agressions imprévisibles venant changer la teneur du diagnostic actuel. Par ailleurs, l'arbre présente, en général, une inertie dans sa réponse à un stress ou une blessure. Les conséquences de ces agressions peuvent se manifester au bout de quelques mois, voire de plusieurs années.

- La non-réalisation, la réalisation partielle ou différée des travaux préconisés par l'expert, le dégage de fait de toute responsabilité en cas de dommages à un tiers.
- Les ruptures estivales ou bris subits ne peuvent être présagés sur les arbres expertisés lors du repos végétatif.
- L'expertise et ses conclusions sont fournies dans l'état actuel de son environnement. De fait, tous les travaux réalisés à proximité de l'arbre expertisé rendraient les conclusions de l'expertise caduques et doivent donner lieu à une actualisation de l'expertise.
- Le mandant doit pouvoir fournir à l'expert tout document nécessaire pour faciliter son action et sa compréhension de ses constatations. Suite à l'expertise, l'expert décline toute responsabilité en cas de dommages résultant des conséquences d'une rétention d'information ou de l'oubli du maître d'ouvrage.
- Il est préconisé, dans les espaces ouverts au public, que le gestionnaire réalise régulièrement des visites de contrôle, notamment après des orages ou les coups de vent hivernaux ou tout autre événement climatique violent.

La dangerosité des arbres est entendue dans le seul cas de conditions météorologiques normales. Dans le cas de tempête, tout arbre peut être dangereux pour son environnement proche (habitation, route, sentier de randonnée, etc.), notamment si l'arbre présente des problèmes sanitaires ou mécaniques.

Les informations du présent diagnostic ont une durée de validité limitée à deux ans.

IX.II.2.4 Sensibilité

IX.II.2.4.A Étape 1 : Appropriation des données d'entrée et étude globale de la zone

L'étape 1 consiste en l'appropriation de l'ensemble des données disponibles dans la zone impactée par le projet. L'objectif est de définir dans un premier temps les bâtis à étudier et de les caractériser vis-à-vis des travaux souterrains.

IX.II.2.4.A.a Données d'entrée

Notre analyse est basée sur le tracé fourni par SYSTRA :

- Tracé du T7AMJ : Profil en plan fourni le 08/11/2018 ;
- Tracé du T7AMJ : Profil en long et coupe géologique fournis le 08/11/2018 ;
- Fiches bâtis de l'enquête caves et fondations fournies le 08/11/2018 ;
- Rapports de reconnaissances de structures et de fondations fournis le 08/11/2018.

IX.II.2.4.A.b Données recherchées

Les informations recherchées relatives au bâti concernent :

- Le propriétaire ou gestionnaire,
- L'affectation,
- Les dimensions en plan et en élévation,
- L'époque de construction,
- Les matériaux de construction et le type d'ossature,
- Le mode de fondation et la présence éventuelle de carrières,
- La disponibilité de plans.

IX.II.2.4.B Étape 2 : Enquêtes terrains et recueil d'informations à l'élaboration de la sensibilité

Lorsqu'elle est nécessaire, l'étape 2 consiste en une enquête de terrain, c'est-à-dire en une visite des bâtis identifiés précédemment afin de décrire de la façon la plus précise possible les éléments suivants :

- Description extérieure du bâti : nombre d'étages, sous-sols, typologie de la structure porteuse, nature et état des façades, nature et état du parement ;
- Description intérieure du bâti : description des matériaux utilisés (béton armé, métal, maçonnerie, bois...), examen des étages, des sous-sols visant à permettre de comprendre le fonctionnement structurel du bâti (poteaux/poutre, voûte, voiles, etc.). Nous notons également les dégradations structurelles éventuelles, les infiltrations

visibles ou signalées, les fragilités potentielles (vitrines, façades agrafées, zones dégradées, voûtes, poteaux élancés, la présence des fosses ascenseurs, etc.

Notre mission consiste également à rechercher la présence éventuelle d'installations diverses sensibles aux déformations (par exemple les matériels à haute précision). Nous demandons également aux personnes présentes lors de la visite de nous préciser les seuils d'acceptabilité en déplacements de ces matériels le cas échéant.

Lors de cette étape, l'opérateur effectue la visite des locaux rendus accessibles par les occupants, propriétaires ou leurs représentants.

Le compte-rendu de visite est établi :

- Sur la base d'éléments visibles depuis les planchers ou le sol,
- A partir de la consultation des documents collectés,
- Sans utiliser de moyen spécifique particulier d'accès (type escabeau, nacelle, échafaudage, etc.),
- Sans réaliser de sondages destructifs ou non destructifs,
- Sans effectuer de démontage ou de dépose des équipements, de faux-plafonds, de revêtements de sol, de flocage, etc.

Le constat réalisé prend en compte l'état du bâtiment le jour de sa visite et ne prend pas en compte les modifications ou travaux réalisés à posteriori.

Les conclusions sont établies sur la base de constats visuels et en supposant que le bâtiment a été réalisé conformément aux règles de l'art en vigueur à l'époque de la construction.

Il s'agit à cette étape de compléter les éléments collectés sur le bâti initié à l'étape 1, et d'y annexer des photos, des plans, des schémas, etc.

Une estimation du mode de fondation est également à réaliser lors de cette étape. Cette estimation concerne : le type de fondation, les éléments permettant de conclure sur le nombre éventuel en cas de fondations ponctuelles, le niveau d'ancrage ou d'assise des fondations tant en altimétrie qu'en nature du sol, les éventuelles reprises en sous-œuvre, etc. Le niveau de fiabilité de cette estimation est indiqué dans nos rapports.

Les conclusions générales portent sur :

- La conception générale du bâti ;
- L'état de conservation du bâti ;
- La présence d'équipements sensibles aux déformations.

Lorsqu'elle n'a pas lieu, les éléments précédents sont déduits des documents fournis par SYSTRA.

Dans les deux cas, il n'appartient pas à SOD.I.A. marque ARCALIA et/ou SITES de vérifier la réalité et la fiabilité des informations contenues dans les documents présentés (rapport de sol, plans de fondation, etc.).

IX.II.2.4.C Études de sensibilité intrinsèque et de vulnérabilité du bâti – sensibilité structurelle aux tassements

Sur la base des fiches d'enquête terrain (étape 2), un diagnostic de sensibilité des bâtis est établi sur l'aspect des déformations en phase travaux. Cette analyse permet de définir les éléments suivants :

- Sensibilité du bâti aux déplacements totaux ;
- Sensibilité du bâti aux déplacements différentiels ;
- Sensibilité du bâti aux déformations horizontales.

Cette sensibilité intrinsèque du bâti (4 niveaux) doit être accompagnée de l'établissement de tableaux de valeurs seuils de déplacements (déplacements totaux, différentiels, déformations horizontales) qui sont à corrélés à une échelle de dommages (dommages esthétiques, architecturaux, fonctionnels, structuraux).

Pour déterminer la sensibilité intrinsèque d'un bâti aux déformations, nous avons identifié un certain nombre de facteurs de sensibilité liés à :

- L'environnement ;
- Les éléments géométriques ;
- L'époque de construction et l'état de conservation ;
- La structure et les matériaux de construction ;
- Le mode de fondation ;
- La nature de l'occupation.

Un rapport présentant le niveau de sensibilité (« peu sensible », « moyennement sensible », « sensible », « très sensible ») est établi dans le rapport appelé « SEN ».

IX.II.2.4.C.a Bâtiments

Chapitre	Facteur de sensibilité
Environnement	Présence de bâtiment mitoyen (type de mitoyenneté)
Éléments géométriques	Surface emprise au sol
	Présence de JD recoupant le bâtiment toute hauteur (y compris infrastructure)
	Elancement en plan
	Hauteur de la superstructure (m/TN)
Etat de conservation	Dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, ...) : aucune - ponctuelles - fréquentes
Epoque de construction	Epoque
	Travaux modificatifs
Structure et matériaux	Ossature
	Conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent
	Présence d'éléments sensibles en façade (corniches, cheminées, statues, etc.)
	Présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m ²
Mode de fondation	Présence d'un autre élément fragile particulier
	Type de fondation
Nature de l'occupation	Fiabilité de l'information
	Nature de l'occupation
	Présence d'équipements sensible

Pour chacun des facteurs listés ci-avant, un coefficient de pondération est attribué.

La sensibilité potentielle du bâti aux déformations résulte de la combinaison de chacun des facteurs.

IX.II.2.4.C.b Ouvrages d'art aériens (ponts, passerelles)

Chapitre	Facteur de sensibilité	Note facteur	Pondération	Note pondérée
Environnement	Type de site	0 à 1	0.25 à 3.5	0 à 12
	Pente terrain naturel			
	Bâti mitoyens			
Etat de conservation	Visibilité des éléments de superstructure	0 à 1		
	Etat des structures			
Structure	Type d'ouvrage	0 à 1		
	Matériau			
	Portée(s)			
	Piles			
	Hauteur des piles			
Superstructures / équipements	Culées	0 à 1		
	Tirants			
	Appareils d'appui			
Fondations	Joint(s) de chaussée/joints de dilatation	0 à 1		
	Type de fondations			
Élément(s) secondaire(s)	Niveau de fiabilité des informations sur les fondations	0 à 1		
	Réseau			
Usage	Type de réseau	0 à 1		
	Usage			

La note ainsi obtenue après pondération des critères permet le classement des ouvrages en Peu Sensible, Moyennement Sensible, Sensible ou Très Sensible.

IX.II.2.4.C.c Ouvrages de soutènement (murs de soutènement, quais)

Chapitre	Facteur de sensibilité	Note facteur	Pondération	Note pondérée
Environnement	Type de site	0 à 1	0.25 à 3.0	0 à 12
	Pente terrain naturel			
	Etat du terrain de la zone d'influence			
	Bâtiments mitoyens			
Etat de conservation	Visibilité des éléments de superstructure	0 à 1		
	Etat des structures			
Structure	Matériau	0 à 1		
	Longueur			
	Hauteur			
	Tirants			
Superstructures / équipements	Joint de dilatation	0 à 1		
Fondations	Type	0 à 1		
	Niveau de fiabilité des informations sur les fondations			
Elément(s) secondaire(s)	Réseau	0 à 1		
	Type de réseau			
Usage	Usage	0 à 1		

La note ainsi obtenue après pondération des critères permet le classement des ouvrages en Peu Sensible, Moyennement Sensible, Sensible ou Très Sensible.

Exemple : époque de construction :

> 1970	Coefficient Faible	1970 > 1945	Coefficient Moyen	< 1945	Coefficient Fort

Cas particulier d'un équipement sensible aux déformations :

- L'enjeu économique : un arrêt d'exploitation n'a qu'un impact financier - exemple une imprimerie - l'estimation de la sensibilité sera pondérée d'un coefficient « moyen » ;
- L'enjeu humain : un arrêt d'exploitation peut mettre en jeu des vies humaines - exemple un bâtiment hospitalier avec équipement signalé comme sensible par l'exploitant lors de la visite - l'estimation de la sensibilité sera pondérée d'un coefficient « fort ».

Dans le tableau ci-après sont présentés quelques exemples de classement de sensibilité.

Exemple 1	Entrepôt en charpente métallique 1000m ² moins de 10m de hauteur Classé Code du Travail – Année 2000 – Bon état général – Fondations superficielles supposées	Peu Sensible
Exemple 2	Bâtiment structure murs et voiles BA – 20m x 20m – R+4+1SS – Habitation collective – Année 1980 – Bon état général – Fondations superficielles supposées	Peu Sensible
Exemple 3	Bâtiment structure portiques BA – 30m x 30m – R+9+3SS – Hôpital – Année 2000 – Bon état général – Fondations profondes supposées – Discontinuité de la structure (porte à faux)	Moyennement Sensible
Exemple 4	Entrepôt en charpente métallique 1000m ² moins de 28m de hauteur – Classé Code du Travail – Année 2000 – Bon état général – Fondations profondes supposées – Extension réalisée à posteriori créant une discontinuité + Suppression d'un poteau	Moyennement Sensible
Exemple 5	Structure murs et voiles BA – 110m x 80m – R+2 – 3 blocs – Bibliothèque (ERP) – Façade pierres agrafées – Bon état général – Fondations superficielles supposées	Moyennement Sensible
Exemple 6	Bâtiment structure murs et voiles BA – 100m x 22m – R+15+2SS – 2 JD – Habitation collective IGH – Année 1960 – Etat général moyen – Fondations profondes supposées	Sensible
Exemple 7	Bâtiment structure poteaux poutres BA – 45m x 20m – Bureaux IGH – Année 1980 – Etat mauvais – Mauvaise conception – Atrium + Eléments vitrés + Excroissance structure	Très Sensible
Exemple 8	Bâtiment structure maçonnerie ancienne – 40m x 20m – R+6+1SS – Habitation collective – Année 1920 – Etat mauvais – Fondations superficielles supposées	Très Sensible

IX.II.2.4.D Échelle de dommages et valeurs seuils

IX.II.2.4.D.a Échelle de dommages

Il a été convenu de définir quatre classes de dommages, décrites dans le tableau ci-dessous :

Classe de dommages	Description
CLASSE 1 : esthétiques	<ul style="list-style-type: none"> - Fissures isolées millimétriques facilement traitables lors de travaux légers de rénovation. - Dommages généralement restreints au revêtement des murs ou aux finitions. - En deçà de l'ELS - Pour les ouvrages (ponts, murs de soutènement, ...) : la nature esthétique des désordres n'est pas évaluée dans le cas des ouvrages de génie civil. Cette classe de dommage n'est pas définie pour ces ouvrages.
CLASSE 2 : architecturaux	<ul style="list-style-type: none"> - Fissures visibles mais isolées et inférieures à 5mm. - Fissures facilement colmatables et traitement des façades extérieures potentiellement nécessaire pour assurer l'étanchéité du bâtiment. - Retouches des finitions potentiellement nécessaires. - Portes et fenêtres potentiellement légèrement récalcitrantes. - Pour les ouvrages (ponts, murs de soutènement, ...) : dommages n'affectant ni le fonctionnement des équipements et superstructures, ni la tenue structurelle de l'ouvrage (fissures fines non traversante)
CLASSE 3 : fonctionnels	<ul style="list-style-type: none"> - Dommages qui affectent l'usage du bâti. - Instabilité de certains éléments structuraux, blocage de portes et de fenêtres, perte de verticalité des ascenseurs : l'utilisation de la construction est réduite. - Pour les ouvrages (ponts, murs de soutènement, ...) : dommages qui affectent le fonctionnement des équipements et superstructures (dispositifs de retenues, appareils d'appuis et joints de chaussée). - Ouverture de fissures isolées entre 5mm et 15mm ou multiples fissures ayant une ouverture supérieure à 3mm. - Fissures nécessitant des travaux lourds. - Alimentation en eau et réseaux divers potentiellement affectés et à réparer. - Rénovation et étanchéité des façades à prévoir. - Au-delà de l'ELS et en deçà de l'ELU
CLASSE 4 : structurels	<ul style="list-style-type: none"> - Dommages qui affectent la stabilité même du bâti. - Dégradation des éléments structuraux principaux, possibilité de rupture de certaines parties : mise en danger des occupants, une reconstruction partielle ou totale est nécessaire. - Pour les ouvrages (ponts, murs de soutènement, ...) : dommages qui affectent la tenue structurelle de l'ouvrage (fissuration ou zone de disjointement importante, lacunes de pierres). - Travaux de réhabilitation impératifs. Pans de murs et encadrement des fenêtres et portes à reconstruire. - Alimentation en eau et réseaux divers interrompues. - Planchers déformés - Risque d'effondrement - Au-delà de l'ELU.

Nota : en fonction du type de bâtiment (nature de l'exploitation en particulier), les conséquences d'un niveau d'endommagement peuvent être plus ou moins importantes et avoir un impact économique et/ou en termes de vie humaine.

IX.II.2.4.D.b Valeurs seuils relatifs aux tassements

A la demande de la RATP, les valeurs seuils proposés sont issues d'études précédemment menées (cf. prolongement des Lignes 11 et 15 du métro).

Des seuils de tassements, mise en pente et déformation horizontale ont été proposées pour la classe de bâtiments « moyennement sensible », puis extrapolés par un coefficient « FR » pour les autres classes de sensibilité et enfin corrigés à la marge dans quelques cas.

La prise en compte de ces éléments conduit aux valeurs suivantes :

IX.II.2.4.D.c Dans le cas des bâtiments :

Tassement absolu (mm)	Peu Sensible - Niveau 1	Moyennement Sensible - Niveau 2	Sensible - Niveau 3	Très Sensible - Niveau 4
Classe de dommages 1 (esthétiques)	Stot < 25	Stot < 20	Stot < 15	Stot < 10
Classe de dommages 2 (architecturaux)	25 ≤ Stot < 30	20 ≤ Stot < 25	15 ≤ Stot < 20	10 ≤ Stot < 15
Classe de dommages 3 (fonctionnels)	30 ≤ Stot < 40	25 ≤ Stot < 30	20 ≤ Stot < 25	15 ≤ Stot < 20
Classe de dommages 4 (structuraux)	Stot ≥ 40	Stot ≥ 30	Stot ≥ 25	Stot ≥ 20

Tassement différentiel relatif (distorsion)	Peu Sensible - niveau 1	Moyennement Sensible - Niveau 2	Sensible - niveau 3	Très Sensible - niveau 4
Classe de dommages 1 (esthétiques)	DS < 2,9‰	DS < 2‰	DS < 1,2‰	DS < 1‰
Classe de dommages 2 (architecturaux)	2,9‰ ≤ DS < 4,8‰	2‰ ≤ DS < 3,3‰	1,2‰ ≤ DS < 2‰	1‰ ≤ DS < 1,7‰
Classe de dommages 3 (fonctionnels)	4,8‰ ≤ DS < 10‰	3,3‰ ≤ DS < 6,7‰	2‰ ≤ DS < 4‰	1,7‰ ≤ DS < 3,3‰
Classe de dommages 4 (structuraux)	DS ≥ 10‰	DS ≥ 6,7‰	DS ≥ 4‰	DS ≥ 3,3‰

Déformation horizontale relative	Peu Sensible - niveau 1	Moyennement Sensible - Niveau 2	Sensible - niveau 3	Très Sensible - niveau 4
Classe de dommages 1 (esthétiques)	DH < 0,7‰	DH < 0,5‰	DH < 0,29‰	DH < 0,25/1000
Classe de dommages 2 (architecturaux)	0,7‰ ≤ DH < 1,1‰	0,5‰ ≤ DH < 0,75‰	0,29‰ ≤ DH < 0,44‰	0,25‰ ≤ DH < 0,38‰
Classe de dommages 3 (fonctionnels)	1,1‰ ≤ DH < 2,1‰	0,75‰ ≤ DH < 1,5‰	0,44‰ ≤ DH < 0,88‰	0,38‰ ≤ DH < 0,75‰
Classe de dommages 4 (structuraux)	DH ≥ 2,1‰	DH ≥ 1,5‰	DH ≥ 0,88‰	DH ≥ 0,75‰

IX.II.2.4.D.d Dans le cas des ouvrages (ponts, passerelles, murs de soutènement, quais)

Tassement absolu (mm)	Peu Sensible - Niveau 1	Moyennement Sensible - Niveau 2	Sensible - Niveau 3	Très Sensible - Niveau 4
Classe de dommages 2 (architecturaux)	Stot < 30 mm	Stot < 25 mm	Stot < 15 mm	Stot < 10 mm
Classe de dommages 3 (fonctionnels)	30 ≤ Stot < 50 mm	25 ≤ Stot < 40 mm	15 mm ≤ Stot < 30 mm	10 mm ≤ Stot < 20 mm
Classe de dommages 4 (structuraux)	Stot ≥ 50 mm	Stot ≥ 40 mm	Stot ≥ 30 mm	Stot ≥ 20 mm

Tassement différentiel relatif (distorsion)	Peu Sensible - Niveau 1	Moyennement Sensible - Niveau 2	Sensible - Niveau 3	Très Sensible - Niveau 4
Classe de dommages 2 (architecturaux)	DS < 10‰	DS < 7‰	DS < 4‰	DS < 1‰
Classe de dommages 3 (fonctionnels)	10‰ ⁽¹⁾ ≤ DS < 15‰	7‰ ≤ DS < 12‰	4‰ ≤ DS < 8‰	1‰ ≤ DS < 5‰ ou 3‰ ⁽²⁾
Classe de dommages 4 (structuraux)	DS ≥ 15 ‰	DS ≥ 12 ‰	DS ≥ 8 ‰	DS ≥ 3 ‰

Déformation horizontale relative	Peu Sensible - Niveau 1	Moyennement Sensible - Niveau 2	Sensible - Niveau 3	Très Sensible - Niveau 4
Classe de dommages 2 (architecturaux)	DH < 5‰	DH < 4‰	DH < 2‰	DH < 0,5‰
Classe de dommages 3 (fonctionnels)	5‰ ≤ DH < 8‰	4‰ ≤ DH < 6‰	2‰ ≤ DH < 4‰	0,5‰ ≤ DH < 1,5‰
Classe de dommages 4 (structuraux)	DH ≥ 8‰	DH ≥ 6‰	DH ≥ 4‰	DH ≥ 1,5‰

(1) Cette valeur de 1% correspond à la limite généralement admissible pour la conservation des écoulements (réseaux portés et système de drainage de l'ouvrage), le bon fonctionnement des appareils d'appui et la conservation de la circulation des véhicules ordinaires (VL, PL).

(2) Le seuil de 0,3% est à appliquer aux ouvrages portant des voies ferrées.

Nota : La classe de dommages 1 (esthétiques) n'est pas définie dans le cas des ouvrages.

IX.II.2.4.E Références bibliographiques

La recommandation AFTES - GT16R1F1 « Tassements liés au creusement des ouvrages en souterrain » (1995)

La recommandation AFTES - GT26R1F1 « intégration environnementale d'un chantier souterrain en site urbain » (2004)

La recommandation AFTES - GT32R2F1 « caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques » (2012)

La recommandation AFTES - GT19R2F1 « méthodes d'auscultation des ouvrages souterrains » (2005)

Le guide du CETU : « dossier pilote des tunnels, document n°5 : Environnement » (2011)

Echelle macrosismique Européenne (EMS-98)

Documentation interne Bureau Veritas suite aux travaux du Tunnel de Toulon (selon MM. Marin et Dauxin - 2010-2011)

EN 1997-1 annexe H pour les valeurs - limites des déformations des structures et des mouvements des fondations.

Règles NV65 - Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes - fev 2009 (DTU P 06-002)

SISMOA Evaluation préliminaire du risque sismique sur les ouvrages d'art du SETRA

IX.II.2.5 **Étude géotechnique**

IX.II.2.5.A Données mises à disposition

Les données fournies par la MOAD/MOEG pour l'établissement de ce rapport sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Données du projet transmises par SYSTRA/INGEROP

Numéro de référence	Référence document							Nom du document			Date d'édition
	Zone	Emetteur	Phase	Type	Discipline	Numéro	Indice	Titre fichier	Ouvrage	Titre document	
1	GEN	MOG	AVP	401	VOI	2	C	T7AMJ - Ligne de tramway Athis-Mons Juvisy	VOI	Note de prédimensionnement de la chaussée	30/06/2014
2	TTZ	MOG	PRO	401	LAC	1	A0	T7AMJ - Ligne de tramway Athis-Mons Juvisy	LAC	Notice Massifs LAC	26/11/2018
3	GEN	MOG	AVP	401	LAC	2	B	T7AMJ - Ligne de tramway Athis-Mons Juvisy	LAC	Notice Massifs LAC	Juin 2019
4	Courriel								LAC	Récapitulatif poids mâts	24/09/2019
5	T7_2	ETP	AMU		RER-R	A	B	T7AMJ - Ligne de tramway Athis-Mons Juvisy		Plan Autocad de projet de la prolongation de la ligne T7	24/09/2019
6	S01	MOG	AVP	262	AMU	1	C	T7AMJ - Ligne de tramway Athis-Mons Juvisy		Plan d'aménagement du projet	
7	S01	MOG	AVP	262	SYN	1	A	Carnet de coupes techniques		Plan de repréage des coupes - Secteur 1	03/12/2013
8	S02	MOG	AVP	262	SYN	2	A	Carnet de coupes techniques		Plan de repréage des coupes - Secteur 2	03/12/2013
9	S03	MOG	AVP	262	SYN	3		Carnet de coupes techniques		Plan de repréage des coupes - Secteur 3	03/12/2013
10	S01	MOG	PRO	262	LAC	901	A		LAC	Plan de répartition des massifs LAC - Secteur 1	05/02/2019
11	S02	MOG	PRO	262	LAC	901	A		LAC	Plan de répartition des massifs LAC - Secteur 2	20/12/2018
12	S03	MOG	PRO	262	LAC	901	A		LAC	Plan de répartition des massifs LAC - Secteur 3	12/02/2019

IX.II.2.5.B Données géotechniques acquises antérieurement

Des investigations géotechniques ont été réalisées par le groupement Antea Group/Géocentre au droit de la section souterraine du projet. Ces investigations ont fait l'objet d'un rapport factuel (rapport référencé S02_GEO_ESS_412_INF_03_2), les études géotechniques étant réalisées par la RATP. D'autres études géotechniques ont été réalisées par des tiers au droit du futur tunnel. Ces données antérieures ne présentent qu'un intérêt limité pour la conception des ouvrages de la section aérienne étant donné les différences d'échelle et de contexte géotechnique entre les deux secteurs.

Au démarrage de la mission, aucune étude géotechnique n'avait été réalisée au droit des secteurs aériens du projet de prolongement du tramway T7.

Au cours de l'année 2019, des investigations géotechniques portant sur des projets spécifiques situés au droit ou à proximité du projet ont été réalisées et certains résultats ont été intégrés à la présente étude. Ces investigations concernent les ouvrages suivants :

- Ouvrage de franchissement de l'Orge ;
- Parking souterrain Place Maréchal Leclerc.

IX.II.2.5.C Bases de données, sites institutionnels et cartes

Les bases de données publiques et sites internet consultés pour la rédaction du rapport sont les suivants :

- La banque de données du Sous-sol du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr>) ;
- Le site internet Géoportail et cartes topographiques de l'IGN (<http://geoportail.gouv.fr>) ;
- Le portail national sur les risques naturels (<https://georisques.gouv.fr>).
- Carte géologique de la France Corbeil-Essonnes (n°219) au 1/50 000 et sa notice.

IX.II.2.5.D Documents normatifs, règlementaires, guides techniques

Les documents normatifs et règlementaires associés à la présente étude sont référencés ci-après :

- Norme NF P94-500, Missions géotechniques – Classifications et spécifications, Novembre 2013
- Norme NF P94-261, Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles, Juin 2013
- Norme NF P94-262, Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, Juillet 2012
- Réalisation des remblais et des couches de forme (GTR92), Fascicules I et II
- Catalogue des structures types de chaussées neuves – Réseau routier national, SETRALCPC, Edition 1998
- Norme NF P98-086, Dimensionnement structural des chaussées routières, Application aux chaussées neuves, AFNOR, Octobre 2011
- Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France, Catalogue des structures de chaussées, Décembre 2003
- Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France, Catalogue des structures de chaussées, Chapitre Plate-formes, Révision Septembre 2008 sous la direction de Michel Kergoët (LREP), CETE IF

IX.II.2.5.E Modèles géotechniques – Secteur 01 – RN7

Les modèles géotechniques présentés dans les Tableau 3 et Tableau 4 ci-après synthétisent la coupe géologique type et les paramètres géotechniques caractéristiques pour chacun des deux zonages réalisés.

Modèle géotechnique Secteur 01 RN7 n°1 – Athis-Mons Centre Commercial à Stade Delaune – (SC1 à SC11)

Tableau 3 : Modèle géotechnique n°1 – Secteur 01 RN7 – Athis-Mons Centre Commercial à Stade Delaune – Modèle 1 (SC1 à SC11)

Caractéristiques mécaniques							
Horizon	Cote du toit des formations (m NGF)	Epaisseur de la formation	Poids volumique apparent γ (kN/m ³)	Pl* (MPa)	EM (MPa)	GTR	Coefficient α
Chaussée/remblais de chaussée	87,1 à 85,3	≈ 14 à 50 cm					
Remblais/Limons des Plateaux	86,7 à 84,7	≈ 2 à 4 m	20	0,5	5	A ₁ /A ₂	1/2
Argiles à meulrières/Calcaire de Brie	82,7 à <82	> 3*	/	1,3 à 5,2	42 à 76	/	

*D'après les données bibliographiques disponibles (banque de données du sous-sol)

Pour les calculs de fondation, les couches relatives à la chaussée et aux remblais de chaussée, ne sont pas considérées.

Modèle géotechnique Secteur 01 RN7 n°2 – Stade Delaune à Pyramide – (SC12 à SC20)

Tableau 4 : Modèle géotechnique n°2 – Secteur 01 RN7 – Stade Delaune à Pyramide – Modèle 2 (SC12 à SC20)

Caractéristiques mécaniques							
Horizon	Cote du toit des formations (m NGF)	Epaisseur de la formation	Poids volumique apparent γ (kN/m ³)	Pl* (MPa)	EM (MPa)	GTR	Coefficient α
Trottoir/Chaussée/remblais de chaussée	89,4 à 86,8	≈ 5 à 33 cm					
Remblais/Limons des Plateaux	89,1 à 83,4	≈ 1 à > 2,20 m	20	0,5	5	A ₁ /A ₂	1/2
Sables de Fontainebleau/ Colluvions	+86,3 à +83,4	> 5	/	1,6	17	/	1/3

IX.II.2.5.F Modèle géotechnique – Secteur 03 - Centre-Ville - Modèle 1 - Est de l'Orge Flanc du plateau de Brie

Les modèles géotechniques présentés dans les Tableau 5 et Tableau 6 ci-après synthétisent la coupe géologique type et les paramètres géotechniques caractéristiques pour chacun des deux zonages réalisés.

Modèle géotechnique Secteur 03 – n°1 (SP20 à SP25)

Tableau 5 : Modèle géotechnique n°1 – Secteur 03

Caractéristiques mécaniques							
Horizon	Cote du toit des formations (m NGF)	Épaisseur de la formation	Poids volumique apparent γ (kN/m ³)	pl* (MPa)	E _M (MPa)	GTR	Coefficient α
Trottoir/Chaussée/remblais de chaussée	89,4 à 86,8	≈ 5 à 33 cm					
Remblais/Limons des Plateaux	89,1 à 83,4	≈ 1 à > 2,20 m	20	0,5	5	A ₁ /A ₂	1/2
Sables de Fontainebleau/ Colluvions	+86,3 à +83,4	>5	/	1,6	17	/	1/3

L'épaisseur des éboulis et marnes supragypseuses est globalement décroissante vers l'aval, c'est pourquoi elle est indiquée de cette manière dans le Tableau 5 ci-dessus.

Modèle géotechnique Secteur 03 – n°2 (SP25 à SP28)

Tableau 6 : Modèle géotechnique n°2 – Secteur 03

Caractéristiques mécaniques							
Horizon	Cote du toit des formations (m NGF)	Épaisseur de la formation (m)	Poids volumique moyen γ (kN/m ³)	pl* (MPa)	E _M (MPa)	GTR	α
Remblais / Alluvions modernes	35,1 à 34,5	0,6 à 3	19,2	0,5	5	A ₁ et B ₁	1/2
Alluvions anciennes	33,4 – 31,5	6 à 12	18,9	2,0	20	B ₂	1/4
Calcaires de Champigny/Masses et marnes du Gypses	27 - 21	-	17,4	3,8	47	A ₁	1/2

IX.II.2.5.G Limite de la méthode d'investigations

Les sondages sont des reconnaissances ponctuelles qui ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains. Leur implantation et leur densité, guidées par la connaissance que nous avons du site, permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages, l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappé aux mailles de nos investigations.

IX.II.2.5.H Futures voiries – Données et hypothèses

IX.II.2.5.H.a Introduction

Dans le cadre de cette étude, un dimensionnement de structures de chaussées est réalisé en utilisant le logiciel Alizé-LCPC, développé par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et commercialisé par Itech.

Les données d'entrée concernant la catégorie de voie et les classes de trafic sont issues de la note de prédimensionnement de la chaussée fournie par Systra/Ingérop (GEN-MOG-AVP-401-VOI-002-C).

Afin de définir une structure de chaussée adaptée, il faut dans un premier temps déterminer l'intensité du trafic que la chaussée supportera, et déterminer l'agressivité de ce trafic.

IX.II.2.5.H.b Données d'entrée

Altimétrie du projet

D'après les coupes techniques fournies (références [7], [8] et [9]), les futures chaussées seront réalisées en remblai par rapport au niveau du sol actuel.

Le projet occasionnera une élévation du niveau du terrain en surface sur certaines sections et conservera à peu près le même niveau que le sol actuel sur d'autres sections. De rares portions du projet sont prévues en déblai par rapport au niveau du sol actuel.

Catégorie de voie

D'après le catalogue des types de route en milieu interurbain, édition 1991, l'ensemble des chaussées concernées par le projet sont de type 3 et 4 (artères interurbaines et autres routes). Elles sont considérées comme des voies du réseau non structurant (VRNS).

Selon la norme NF P98-086 plus récente, les chaussées du projet sont des chaussées urbaines. Ces chaussées urbaines du projet correspondent aux types de voies suivantes :

- Les voies de distribution où le trafic moyen journalier annuel (TMJA) est compris entre 25 et 150,
- Les voies principales à trafic lourds où le TMJA est compris en 150 et 1000.

La durée de vie de la chaussée considérée pour le calcul de la structure de chaussée est de 20 ans.

Prolongement de la ligne 7 du tramway



Données concernant le trafic

La note de prédimensionnement de chaussée GEN-MOG-AVP-401-VOI-002-C fournit les hypothèses de trafic nécessaire au dimensionnement de la chaussée.

Ces hypothèses sont rappelées ci-après :

- Le projet du tram en aérien est découpé en 9 tronçons en fonctions du trafic.
- Les sens de trafic sont définis dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Définition des sens de circulation

	RN7		Juvisy	
	Du	Vers	De	Vers
Sens 1	Nord	Sud	Ouest	Est
Sens 2	Sud	Nord	Est	Ouest

- Trafic moyen journalier annuel (TMJA) : voir Tableau 8,
- Taux de croissance annuel du trafic : 0.5 %.

Le Tableau 8 donne le nombre de poids lourds cumulé sur 20 ans (TC20) pour les 9 tronçons et pour chacun des deux sens.

Pour chacun des tronçons et pour chaque classe de trafic TC_i, le trafic moyen journalier annuel le plus élevé (TMJA) dans un des sens de circulation (sens 1 ou 2) sera considéré comme hypothèse pour le dimensionnement des chaussées.

Pour les tronçons 1 à 8, le TMJA et le TC20 évalués dans le sens 1 sera considéré. Pour le tronçon 9, le TMJA et le TC20 évalués dans le sens 2 sera considéré.

Les données de trafic utilisées pour le dimensionnement seront les données entourées en rouge dans le Tableau 8 :

Tableau 8 : Classe de trafic cumulée sur 20 ans – sens 1

Sens 1 :

	Voirie	HPM+HPS PL	TMJA (PL/jour/sens)	TC ₂₀ (en millions de PL)	Classe de trafic
1	Secteur 1 RN7: Carrefour Paul Vaillant Couturier et Carrefour Aristide Briand	105	621,6	4,75	TC ₅ ₂₀
2	Secteur 1 et Secteur 2 RN7: Carrefour Aristide Briand et Tunnel	120	710,4	5,43	TC ₅ ₂₀
3	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue Piver	30	177,6	1,36	TC ₃ ₂₀
4	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue du docteur Vinot	25	148	1,13	TC ₃ ₂₀
7	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy -Rue Maréchal Juin (sens unique)	35	207,2	1,58	TC ₄ ₂₀
8	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue Victor Hugo	60	355,2	2,72	TC ₅ ₂₀
9	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Estienne d'Orves et rue des Gaulois	20	113,4	0,91	TC ₃ ₂₀

Sens 2 :

	Voirie	HPM+HPS PL	TMJA (PL/jour/sens)	TC ₂₀ (en millions de PL)	Classe de trafic
1	Secteur 1 RN7: Carrefour Paul Vaillant Couturier et Carrefour Aristide Briand	70	414,4	3,17	TC ₅₂₀
2	Secteur 1 et Secteur 2 RN7: Carrefour Aristide Briand et Tunnel	90	532,8	4,07	TC ₅₂₀
3	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue Piver	20	118,4	0,91	TC ₃₂₀
4	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue du docteur Vinot	-	-	-	-
7	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue Maréchal Juin	-	-	-	-
8	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Rue Victor Hugo	15	88,8	0,68	TC ₃₂₀
9	Secteur 3: Centre-ville de Juvisy - Estienne d'Orves	25	148	1,13	TC ₃₂₀

Agressivité du trafic et valeur de risque

Les coefficients d'agressivité du trafic (CAM) et les valeurs de risque sont déterminés à partir de la norme NF P 98-086 sur la base du trafic, du type de voie et des matériaux envisagés pour la chaussée (Tableau 9). La correspondance entre la classe de trafic TC_i du catalogue 1998 et le type de voie/classe de trafic de la norme NF P 98-086 est indiquée ci-dessous.

Tableau 9 : CAM et valeurs de risques selon NF P98-086

Secteur		1-2-3 (RN7 + R.Victor Hugo)	3 (Centre-ville, Rue du Mal Juin)	3 (Centre-ville, R. Piver, R. Flammarion, Allée J-Moulin)	3 (Centre-ville, R. du Docteur Vinot, Av.Estienne d'Orves)
Classe de trafic cumulé sur 20 ans (Catalogue 1998)		TC ₅₂₀	TC ₄₂₀	TC ₃₂₀	TC ₃₂₀
Type de voie - NF P 98-086		voie principale à trafic lourds	voie principale à trafic lourds	voie principale à trafic lourds	voies de distribution
Classe de trafic - NF P 98-086		T1+	T2+	T2-	T3+
Risque (%) -- NF P 98-086	Chaussées bitumineuses	5	5	5	25
Coefficient d'agressivité moyen - NF P 98-086	Chaussées bitumineuses	0.2	0.2	0.2	0.2
Coefficient d'agressivité moyen - NF P 98-086	GNT et sol	1	1	1	0.75

IX.II.2.5.I Fondations des Poteaux LAC – Données d'entrée

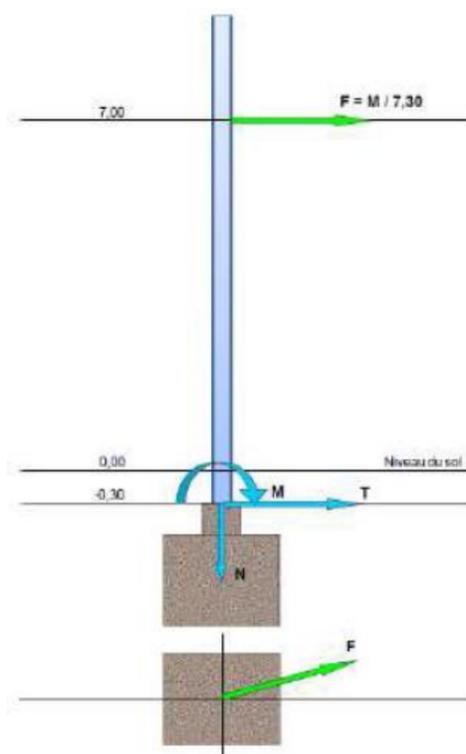
Les hypothèses de charges retenues pour le dimensionnement des massifs LAC sont issues des références suivantes :

- Notice des massifs LAC - phase AVP (GEN-MOG-AVP-401-LAC-002-B) pour la schématisation des efforts appliquées sur le massif (référence [3]) ;
- Notice des massifs LACS – phase PRO pour les modes de réalisation des massifs de poteaux LAC et les classes d'effort horizontaux appliqués à la base du poteau/ tête du massif (nommés par la suite T) (référence [2]) ;
- Plans d'implantation des massifs LAC et répartition selon leurs classes d'effort horizontaux pour les secteurs 01 et 03 (référence [10] et [12]) ;
- Échanges par courriel avec la MOEG du 30/09/19 et 02/10/2019 précisant les efforts normaux relatifs aux poids des mâts (nommés par la suite N) pour chaque classe d'effort horizontaux et cas de hauteur de mâts (référence [4]).

Schématisation des efforts appliqués sur le massif

Le schéma pris en compte pour le dimensionnement des massifs est indiqué sur la figure suivante :

Figure 9 : Schématisation des efforts appliqués sur le massif (Source : Référence [3])



Les efforts sont définis en sept classes avec pour chaque classe, 2 cas de hauteur de mâts.

L'effort F, dû aux charges apportées par le câble, peut être appliqué dans toutes les directions.

Il est pris en compte la situation défavorable vis-à-vis de la fondation, où la résultante pourrait se situer à 45 ° par rapport aux axes principaux de la fondation.

Les moments M_x et M_y sont calculés à partir des efforts horizontaux T transmis et des hauteurs de mâts.

Le récapitulatif des efforts appliqués sur les massifs et leur classification associée est fourni dans le Tableau 10 ci-après.

Le type de Massif M7+ de sous classe B7 n'est pas indiqué dans la notice massifs LAC mais un massif présente cette classe d'effort sur le plan des massifs Secteur 01 (référence [10]), c'est pourquoi il a été intégré dans ce tableau.

Pour les calculs de fondation, le poids propre des massifs est également pris en compte. Il s'ajoute à l'effort vertical N à la base du poteau.

La répartition des massifs selon leur type et leurs différentes classes d'efforts au droit du linéaire du projet est fournis sur les plans référencés [10] et [12].

Sur la base de ces éléments, les types et cas de charges récurrents indiqués sur les plans et dans le sur chacun des secteurs 01 et 03 ont été considérés pour les calculs. Les numérotations/ dénominations des massifs, classes d'effort et sous-classes d'effort sont celles issues de la notice massifs LAC du PRO référencé en [2].

Tableau 10 : Efforts appliqués sur les massifs et classification associée

Numéro de massif	Classe d'effort	Sous-classe d'effort	Hauteur mât (m)	Poids du mât associés N (kN)	Effort en tête T massif/base poteau (kN)	Moment (kN.m)	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)
M0	0	A0	8,5	6,4	5	42,5	30,1	30,1
M1		B0	10,5	9,3		52,5	37,1	37,1
M1	1	A1	8,5	7,8	8	68,0	48,1	48,1
M2		B1	10,5	10,8		84,0	59,4	59,4
M2	2	A2	8,5	8,8	12	102,0	72,1	72,1
M3		B2	10,5	13,2		126,0	89,1	89,1
M3	3	A3	8,5	10,8	16	136,0	96,2	96,2
M4		B3	10,5	19,1		168,0	118,8	118,8
M4	4	A4	8,5	12,3	20	170,0	120,2	120,2
M5		B4	10,5	21,1		210,0	148,5	148,5
M5	5	A5	8,5	14,7	24	204,0	144,2	144,2
M6		B5	10,5	22,1		252,0	178,2	178,2
M6	6	A6	8,5	17,2	30	255,0	180,3	180,3
M7		B6	10,5	23,0		315,0	222,7	222,7
M7	7	A7	8,5	29,4	50	425,0	300,5	300,5
M7		B7*	10,5	44,1		525,0	371,2	371,2

Tableau 11 : Cas de calculs – Massifs pleine fouille et massif sur pieu

Numéro de massif	Classe d'effort	Sous-classe d'effort	Hauteur mât (m)	Massif pleine fouille - S01	Massif pleine fouille - S03	Massif sur pieu - S03
M0	0	A0	8,5	X		
M1		B0	10,5			X
M1	1	A1	8,5	X	X	
M2		B1	10,5	X		
M2	2	A2	8,5			
M3		B2	10,5	X	X	X
M3	3	A3	8,5			
M4		B3	10,5			
M4	4	A4	8,5	X		
M5		B4	10,5		X	X
M5	5	A5	8,5			
M6		B5	10,5			
M6	6	A6	8,5			
M7		B6	10,5	X		X
M7	7	A7	8,5	X		
M7		B7*	10,5			

IX.II.2.5.J Fondations des poteaux LAC – Dimensionnement

IX.II.2.5.J.a Méthodologie de calcul des massifs superficiels ou semi-profonds

Dans le cadre de cette étude géotechnique, les massifs de fondation des Lignes apparentes de contact doivent être justifiés vis-à-vis des critères suivants :

Aux Etats Limites Ultimes

- Excès d'excentricité,
- Défaut de capacité portante.

Aux Etats Limite de Service :

- Critère d'excentricité (« surface comprimée »)
- Limitation de la descente de charge à une fraction de la résistance limite,
- Tassements : les tassements prévisionnels sont a priori faibles compte tenu de la dimension attendue des massifs pour justifier les critères liés à l'excentricité.

Excentrement du chargement – Justifications vis-à-vis du renversement

Le torseur des efforts comporte un moment (Tableau 10), la charge résultante n'est plus centrée et il apparaît un excentrement dans le plan transversal e_b et longitudinal e_l .

$$e_b = \frac{M_{d,y}}{V_d} \text{ et } e_l = \frac{M_{d,x}}{V_d}$$

e_b : excentrement dans le plan transversal (contenant B)

e_l : excentrement dans le plan longitudinal (contenant L)

V_d : valeur de calcul de la composante verticale du torseur des efforts (effort normal + poids propre du massif)

$M_{d,y}$: valeur de calcul du moment par rapport à l'axe x du torseur des efforts (perpendiculaire à la longueur L)

$M_{d,x}$: valeur de calcul du moment à l'axe y du torseur des efforts (perpendiculaire à la longueur B)

Pour une fondation rectangulaire (largeur B, longueur L), les critères suivants (Figure 32) doivent être vérifiés.

États limites	Semelle rectangulaire (largeur B, longueur L)
ELU fondamentaux accidentels et sismiques	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{1}{15}$
ELS quasi-permanents et fréquents	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{2}{3}$
ELS caractéristiques	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{1}{2}$

Figure 10 : Vérifications à effectuer dans le cas d'une charge excentrée

Les massifs de type semelle de hauteur 1,0 m (notés M_{xs} dans la notice et le plan référencés [10]) ne permettent pas de vérifier les critères d'excentricité.

Des massifs de type pleine fouille (notés M_{xpf} dans la notice [2] mais non référencés sur le plan [10]) sont prévus en remplacement et en cohérence avec ce qui avait déjà été envisagé dans la notice AVP [3] et dans le rapport S01_GEO_PRO_412_GEO_1_A.

IX.II.2.5.J.b Méthodologie de calcul des fondations profondes

Les fondations profondes sont dimensionnées selon l'Annexe Nationale Fondations Profondes NF P 94-262 de juillet 2012, associée à l'Eurocode 7.

Les fondations profondes ont été dimensionnées à l'aide du logiciel Foxta v3 de Terrasol (modules FONDPROF et PIECOEF).

Le module Piecoef+ permet de modéliser, de manière affinée, le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations latérales en se basant sur un modèle de poutre sur appuis élastoplastiques.

Il s'applique au cas d'un pieu d'inertie variable, dans un sol multicouche de comportement élastoplastique, sous différentes conditions de chargement.

IX.II.2.5.K Dimensionnement de massifs sur pieu

IX.II.2.5.K.a Cas de calculs de massifs sur pieu

Les poteaux indiqués dans le Tableau 12 sont concernés par un mode de fondation profondes afin de minimiser les emprises au sol des terrassements.

Tableau 12 : Cas de calcul – massif sur pieux secteur 03

Numéro de poteau	Nu-méro selon classe d'effort	Effort (daN)	Effort horizontal T(kN) - ELS	Effort horizontal T(kN) - ELU	Hau-teur poteau (m)	Poids du mât (kN)	Poids du fût béton (kN)	Effort normal N total (kN) - ELS	Effort normal N total (kN) - ELU	Mo-ment (kN/m) - ELS	Mo-ment (kN/m) - ELU	Cas de cal-cul
P324	M7pi	3000	30	45	10,5	23,0	25	48	64,8	315,0	472,5	cas pieu 1
P325 à P328	M3pi	1200	12	18	10,5	13,2	25	38,2	51,57	126,0	189,0	cas pieu 3
P329 à P330	M5pi	2000	20	30	10,5	21,1	25	46,1	62,235	210,0	315,0	cas pieu 2
P331 à P334	M1pi	500	5	7,5	10,5	9,3	25	34,3	46,305	52,5	78,8	cas pieu 4

Pour ces poteaux, le dimensionnement des fondations profondes est principalement déterminé par les efforts horizontaux et les moments de renversement associés.

Les efforts verticaux sont relativement modérés.

IX.II.2.5.K.b Hypothèses de calcul

Modèle géotechnique de calcul

Les cas de charge M7pi, M5pi et M3pi concernent des poteaux LAC qui se situent dans une même zone géotechnique (voir Figure 11).

La coupe géotechnique type utilisée pour ce calcul est basée sur le profil en Figure 33 et le sondage SP24 qui présentent des épaisseurs de Remblais/Alluvions modernes et d'Eboulis relativement bien identifiées.

La coupe géotechnique type utilisée pour les calculs est fournie en Figure 12.

Le cas de charge M1pi concerne des poteaux LAC qui se situent dans un contexte géotechnique où la présence d'éboulis n'a pas été clairement établie (voir zonage secteur 03 - n°2, Figure 33). Néanmoins, le même modèle géotechnique de calcul peut être considéré, compte tenu de l'horizon d'ancrage potentiel envisagé pour ce cas de charge le plus faible (Alluvions anciennes jusqu'à 5 m/TN).

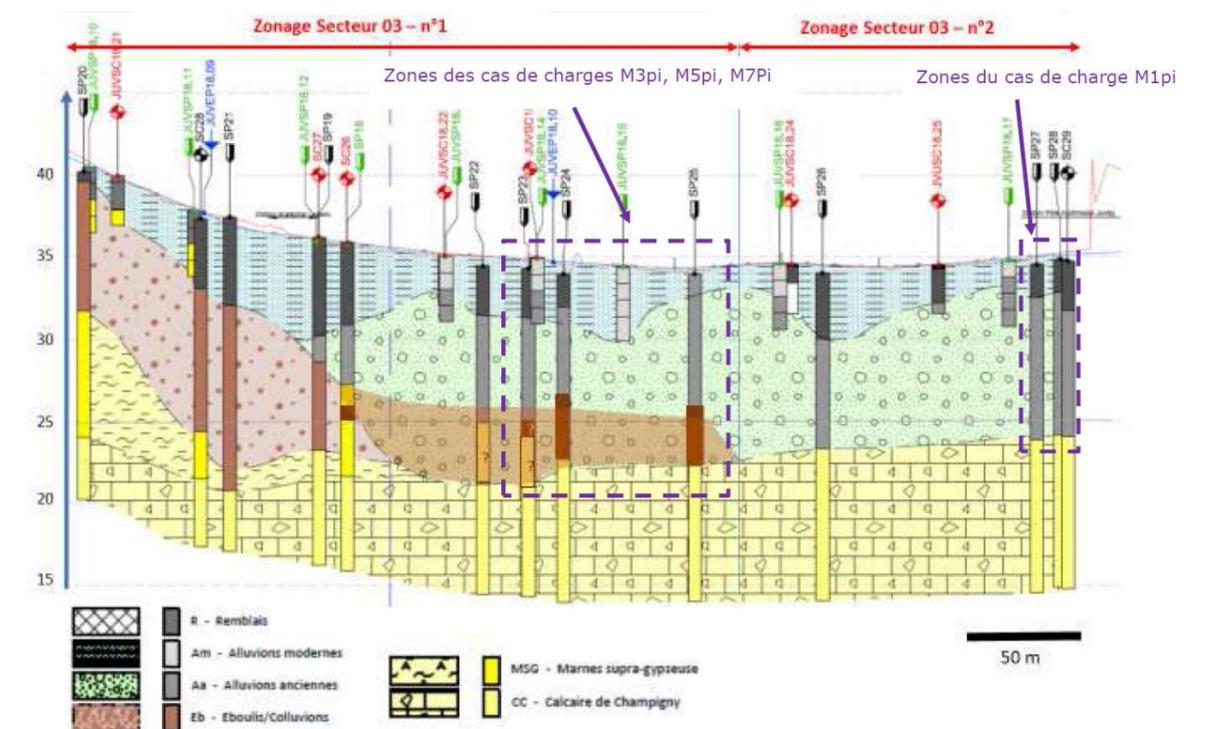


Figure 11 : Profil géologique du secteur 03 – Centre-ville de Juvisy, zonage géologique associé et localisation des zones de calculs

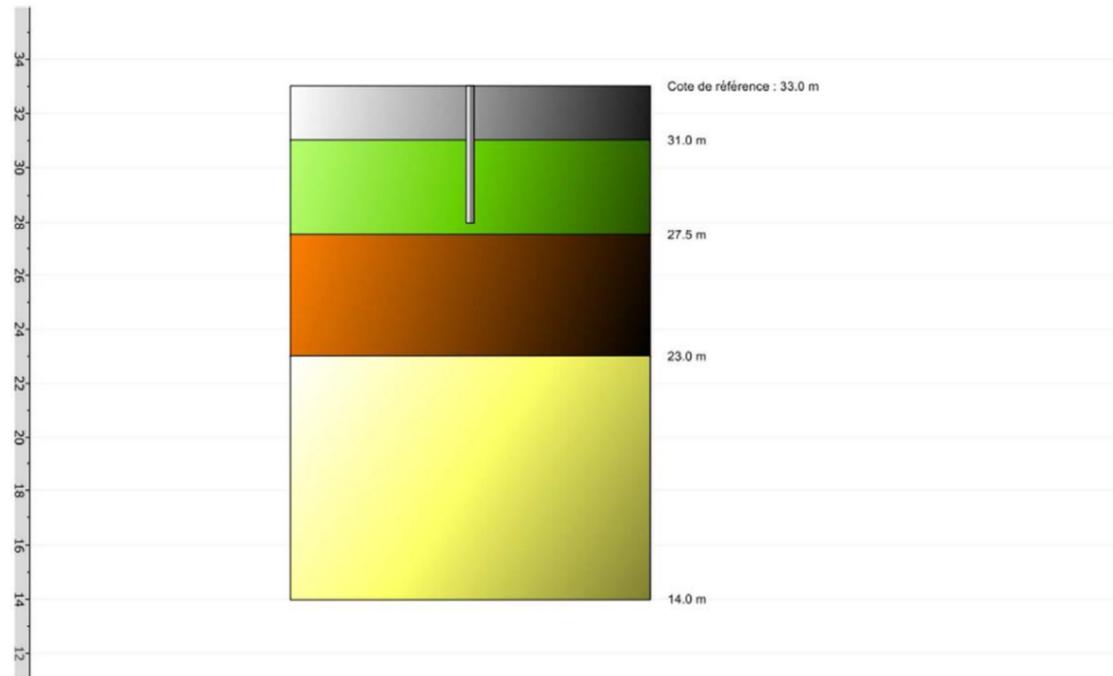


Figure 12 : Coupe géotechnique prise en compte pour le calcul

Nom	Couleur	Classe de sol	Z _{base} [m]	p _i * [kPa]	q _{si} [kPa]	k _{pmax}
Remblais/Alluvions		Argile, limons	31,00	500,00	1,00	
Alluvions anciennes		Sables, graves	27,50	2000,00	210,95	
Eboulis		Roche altérée et fragmentée	23,00	900,00	199,24	
calcaire de Champigny		Marne et calcaire marneux	14,00	3800,00	264,96	

Tableau 13 : Paramètres géotechniques pour le calcul des fondations profondes

Les hypothèses de calcul suivantes ont été retenues :

- Charges : Cas de charges voir Tableau 12,
- Horizon d'ancrage : L'horizon d'ancrage des fondations profondes sera les alluvions anciennes ou éventuellement le Calcaire de Champigny. Le toit des Alluvions anciennes est estimé à +31,0 m NGF soit 2 m sous la base du fût. Un ancrage au sein des éboulis est déconseillé compte tenu des caractéristiques hétérogènes observées au sein de cet ensemble,
- Paramètres géotechniques : voir Tableau 13. Le frottement latéral est négligé au sein des remblais et alluvions modernes, compte tenu de leurs faibles caractéristiques,
- Type de fondation profonde : micropieu de type III pour le cas de charge M1pi et pieux forés tubés pour les cas de charge M3pi, M5pi et M7Pi,

- Vérification de la capacité portante : Pour les frottements latéraux unitaires et coefficients de portance pressiométriques, voir Tableau 13. Le frottement latéral est négligé au sein des remblais/alluvions modernes, qui possèdent de très faibles caractéristiques,
- Vérification des micropieux et pieux sous sollicitations horizontales et moments.

Hypothèses concernant les matériaux constitutifs des fondations profondes

Béton des pieux

- Le module de déformation à long-terme est considéré : $ELT=10$ GPa
- L'inertie du pieu (m⁴) prise en compte est l'inertie d'un cylindre plein), $I= (\pi D^4/64$, avec D : Diamètre du pieu)
- La résistance à la compression à 28 jours $fc28$ est égale à 25 MPa.

Les éventuels aciers des pieux seront à déterminer par le bureau d'étude structures lors des études d'exécution.

Acier des micropieux

Des micropieux de type III de diamètre compris entre 200 et 250 mm sont considérés pour le cas de charge M1pi.

Des tubes acier de nuance S355 sont considérés. Quelques caractéristiques des tubes acier des micropieux sont présentées dans le tableau suivant.

	M1pi – calcul 1 - diamètre 200 mm	M1pi – calcul 2 - diamètre 250 mm
Diamètre extérieur du tube (mm)	177,8	244,0
Epaisseur du tube (mm)	12,5	10,0
Diamètre extérieur du tube après corrosion (mm)	175,4	242,0
Epaisseur du tube après corrosion (mm)	11,3	8,8
Section du tube A (cm²)	58,3	64,4
Section aire cisaillement après corrosion A_v (cm²)	37,1	41,0
Nuance d'acier – Limite élastique, f_y (MPa)	355	355
Module d'inertie I/v (cm³)	225	361
Moment admissible M_{c,Rd} (kN.m par micropieu)	79,8	128,3
Effort tranchant admissible V_{pl} (kN par micropieu)	763,6	843,6

Tableau 14 : Caractéristiques des tubes acier des micropieux

Corrosion

Il est fait l'hypothèse d'une corrosion de 1,2 mm sur une durée de 50 ans.

IX.II.2.5.L Enchaînement des missions géotechniques

IX.II.2.5.L.a Incertitudes résiduelles

A l'issue de cette étude géotechnique de conception – phase Projet (mission G2 – Phase PRO), les incertitudes résiduelles identifiées sont indiquées ci-après :

- Au droit du secteur 01, la nature du substratum (terrains présents sous les Limons des Plateaux) est variable et constituée d'Argiles à meulière/Calcaire de Brie ou de Sables de Fontainebleau. Ces terrains ont été reconnus à la base des sondages réalisés à 3 et 5 m/TN. Des sondages complémentaires plus profonds permettraient de confirmer la nature du substratum et son épaisseur ainsi que la transition entre le modèle secteur 01 n°2 et le modèle secteur 01 n°2. Ces sondages complémentaires avaient été proposées par Antea Group à la MOAD en Janvier 2019 mais ils n'ont pas été réalisés compte tenu du contexte d'intervention difficile sur ce secteur du projet ;

- L'extension spatiale et la caractérisation des éboulis identifiés à flanc de coteau au droit du secteur 03. Etant donné leur mode de dépôt, des variabilités de natures et d'épaisseur sont possibles ;
- La variabilité du niveau des nappes intéressant le projet reste à évaluer sur une durée plus longue. Un suivi piézométrique des niveaux piézométriques est donc recommandé jusqu'à la réalisation des ouvrages.

IX.II.2.6 Etude circulation

Pour l'établissement de ce rapport daté de février 2020, les données sont fournies par CDVIA.

IX.II.2.6.A Le modèle ANTONIN 2

Les prévisions de trafic du prolongement du tramway T7 entre Athis-Mons et Juvisy ont été réalisées dans le cadre de la préparation de l'enquête publique du projet par Île-de-France Mobilités à l'aide du modèle ANTONIN 2 (Analyse des Transports et de l'Organisation des Nouvelles Infrastructures), basé sur les comportements de déplacements observés par l'Enquête Globale transports réalisée en 2001-2002 auprès de 10 500 ménages franciliens.

Le modèle ANTONIN 2 prend en compte l'ensemble des modes de déplacement (voiture en tant que conducteur ou passager, transports collectifs, marche et vélo). Il estime l'évolution des déplacements en fonction du développement urbain ainsi que les reports modaux associés à un changement dans l'offre de transport. La description du réseau de transports collectifs est particulièrement détaillée ce qui permet l'estimation du trafic suite à la mise en place d'une nouvelle offre de transports collectifs.

Pour les besoins de la présente étude, le modèle ANTONIN 2, établi sur l'ensemble de l'Île-de-France, a été affiné sur le secteur d'étude.

Afin de pouvoir évaluer l'intérêt d'un projet de transports collectifs, les prévisions de trafic ont tout d'abord été effectuées à l'horizon de la mise en service du projet mais en considérant une situation dite de référence sans projet. L'intégration du projet dans le modèle permet d'en estimer le trafic et, par comparaison avec la situation de référence, d'en apprécier l'impact en particulier en termes de gains de temps et de reports modaux.

IX.II.2.6.B Hypothèses de modélisation

IX.II.2.6.B.a Données de population et d'emplois

Les projections de populations et d'emplois ont été définies sur le secteur d'étude sur la base du recensement des projets urbains fourni par les communes. Leur répartition a été retravaillée par l'Institut Paris Region, en compatibilité avec le cadrage défini par le SDRIF.

IX.II.2.6.B.b Réseau d'accompagnement

Les prévisions de trafic ont été réalisées à l'horizon 2020. Dans le secteur du T7, les projets pris en compte sont les suivants :

- T7 entre Villejuif et Athis Mons ;
- Schémas directeurs des RER C et D ;
- Tram 12.

IX.II.2.7 Etude acoustique

Pour l'établissement de ce rapport daté de 2019, les données sont fournies par Artelia.

Définition

Le **dB(A)** : Les niveaux de bruit sont exprimés en dB (décibels) et sont éventuellement pondérés selon les différentes fréquences, par exemple le dB(A) pour exprimer le bruit effectivement perçu par l'oreille humaine. En effet, afin de prendre en compte les particularités de l'oreille humaine qui ne perçoit pas les sons aigus et les sons graves de la même façon, on utilise la pondération A. Il s'agit d'appliquer un « filtre » dont la pondération varie en fonction de la fréquence. L'unité du niveau de pression acoustique devient alors le décibel « A », noté dB(A). "

Un **Point Noir Bruit** est un bâtiment sensible, localisé dans une zone de bruit critique, dont les niveaux sonores en façade dépassent ou risquent de dépasser à terme l'une au moins des valeurs limites, soit 70 dB(A) en période diurne (6h - 22h) et 65 dB(A) en période nocturne (22h - 6h).

Dans le contexte réglementaire actuel, le projet d'extension du T7 entre Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge peut être considéré comme un cas de création de voie ferroviaire nouvelle (en considérant uniquement la plateforme du tramway) ou comme une transformation d'infrastructures routières existantes (en considérant les aménagements des voiries).

Les niveaux de bruit dans l'environnement varient constamment, ils ne peuvent donc être décrits aussi simplement qu'un bruit continu.

Afin de les caractériser simplement, on utilise le niveau équivalent exprimé en dB(A), noté LAeq, qui représente le niveau de pression acoustique d'un bruit stable de même énergie que le bruit réellement perçu pendant la durée d'observation.

Les objectifs réglementaires pour l'étude sont alors les suivants :

1^{ère} approche réglementaire : Cas de création de voie ferroviaire nouvelle

- en zone d'ambiance sonore préexistante modérée : $L_{Aeq}(6h-22h) = 63 \text{ dB(A)}$
 $L_{Aeq}(22h-6h) = 58 \text{ dB(A)}$
- en zone d'ambiance sonore préexistante non modérée : $L_{Aeq}(6h-22h) = 68 \text{ dB(A)}$
 $L_{Aeq}(22h-6h) = 63 \text{ dB(A)}$

Ces seuils s'entendent pour la seule contribution du tramway. On rappelle par ailleurs qu'une ambiance sonore est modérée de jour et/ou de nuit si les niveaux acoustiques sont respectivement inférieurs à 65 dB(A) et/ou 60 dB(A).

2^{ème} approche réglementaire : Cas de transformation d'infrastructure routière existante

Si la transformation est significative :

- $L_{Aeq}(6h-22h) = 60 \text{ dB(A)}$ si l'exposition à terme sans projet est inférieure à 60 dB(A) de jour ;
- $L_{Aeq}(22h-6h) = 55 \text{ dB(A)}$ si l'exposition à terme sans projet est inférieure à 55 dB(A) de nuit.

Maintien des niveaux si l'exposition à terme sans projet est comprise entre 60 et 65 dB(A) de jour (entre 55 et 60 dB(A) de nuit).

$L_{Aeq}(6h-22h) = 65 \text{ dB(A)}$ si l'exposition à terme sans projet est supérieure à 65 dB(A) de jour ;

$L_{Aeq}(22h-6h) = 60 \text{ dB(A)}$ si l'exposition à terme sans projet est supérieure à 60 dB(A) de nuit.

- Si la transformation n'est pas significative : aucun objectif n'est à retenir.

Ces seuils s'entendent pour la seule contribution du bruit routier. On rappelle qu'une transformation est significative si on observe une augmentation de plus de 2 dB(A) entre les niveaux à terme sans et avec projet.

IX.II.2.8 Etude air et santé

Pour l'établissement de ce rapport daté de 2019, les données sont fournies par Artelia.

Dans le cadre des aménagements du projet de prolongement du tramway T7, un volet « air et santé » est réalisé. L'objectif de l'étude est d'identifier les sensibilités du secteur et d'évaluer l'impact du projet sous l'angle de la qualité de l'air et de la santé des riverains.

La méthodologie générale utilisée pour réaliser l'étude air et santé s'appuie sur la note technique TRET1833075N du 22 février 2019. Cette note est spécifique au projet d'aménagement routier mais compte tenu de l'impact du projet sur la voirie et le plan de circulation, la méthodologie est cohérente avec les enjeux d'un projet d'aménagement urbain.

Le contenu de l'étude est défini en fonction :

- du trafic attendu sur l'axe étudié à l'horizon d'étude retenu,
- de la densité de la population à ses abords,
- la longueur du projet,
- la sensibilité des lieux de vie aux abords du réseau routier.

Les critères énoncés ci-avant permettent de déterminer le niveau d'étude « Air et Santé », ce niveau s'échelonnant de I à IV, respectivement du plus au moins exigeant (tableau ci-dessous).

Tableau 15 : Définition des niveaux d'étude

Trafic à l'horizon d'étude et densité (hab./km ²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité 10 000 hab./km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab./km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité ≤ 2 000 hab./km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km
G IV Pas de Bâti	III	III	IV	IV

Conformément à la note méthodologique pour une étude « air et santé » de type II, l'étude prévisionnelle consiste à réaliser :

- une estimation des émissions de polluants et de la consommation énergétique au niveau du domaine d'étude,



- une modélisation de la dispersion des polluants dans le domaine d'étude.

Le domaine d'étude est composé de l'ensemble du réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10%. D'après l'étude de trafic routier du secteur, les axes significativement impactés et étudiés dans cette partie sont les axes empruntés par le projet (RN7) ainsi que les principaux axes interceptant la ligne de tramway en projet et étant impactés par ce dernier (RD118, RD29, RD931, RD25...).

Au droit du domaine d'étude, la RN7 fait figure de route principale, et supporte un trafic moyen journalier compris entre 25 000 véh/j et 50 000 véh/j¹. De ce fait, on considérera une largeur de bande d'étude de 200 mètres de part et d'autre de l'ensemble des axes étudiés, quel que soit le trafic qu'ils supportent, afin d'obtenir une homogénéité de traitement sur l'ensemble de l'aire d'étude.

¹ Données trafic issues de l'étude d'Octobre 2011 d'Egis Mobilité (référence ci-dessous).
Comptages trafic réalisés en 2010 et 2011