



Evaluation des incidences sur l'environnement

LUXTRAM Tronçon Kirchberg (K2A)



LUXTRAM

COMPLÉMENTS APPORTÉS AU RAPPORT EIE

- Selon la *loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement*
- Et conformément à l'Annexe II (catégorie 7) du *règlement grand-ducal du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement*



LUXPLAN S.A.
Ingénieurs conseils

20211923-LP-ENV



Client

LUXTRAM S.A.

61, Circuit de la Foire Internationale
B.P. 834
L-2018 LUXEMBOURG
Tél. : (+352) 27 20 39 25



Bureau d'étude

LUXPLAN S.A.

4, rue Albert Simon | L-5315 Contern
B.P. 102 | L-5302 Sandweiler
Tél. : (+352) 30 61 61 1
Fax : (+352) 30 56 09



N° de référence	20211923-LP-ENV	
Suivi/Assurance qualité	Nom et qualité	Date
Rédigé par	Joséphine KLEIN / Jean-Marc BOURTON Tél. : 263 90 304 / 621 591 986	14/11/2022
Vérifié par	Markus QUACK Tél. : 263 90 332	14/11/2022
Résumé et modifications		
Indice	Description	Date



Table des matières

1	Contexte	1
2	Contenu du complément au rapport EIE	2
2.1	Généralités	2
2.1.1	Délimitation du tronçon	2
2.1.2	Etapas procédurales de l'évaluation et de l'autorisation du projet	3
2.1.3	Manque de lisibilité de l'APS	8
2.1.4	Clarification de la fréquence et des horaires projetés	12
2.2	Description du projet	14
2.2.1	Moyens de séparation du tracé	14
2.2.2	Eclairage du tracé	15
2.3	Evaluation du projet	16
2.3.1	Population et santé humaine : bruit	16
2.3.2	Population et santé humaine : vibrations	31
2.3.3	Population et santé humaine : champs électromagnétiques	42
2.3.4	Paysage : végétalisation du projet	43
2.3.5	Effets cumulés	44
2.4	Demandes complémentaires issues des avis des administrations	44
2.4.1	Administration de l'Environnement : acoustique et vibratoire	44
2.4.2	Administration de l'Environnement : sol/déchets	44
2.4.3	Ville de Luxembourg : plantes invasives	47
2.4.4	Ville de Luxembourg : Bruit/vibrations	47
2.4.5	Ville de Luxembourg : Canalisation	47
3	Résumé non technique	49

Illustrations

Figure 1 : Tracé du tronçon K2 (rouge) avec le nom des stations. Le présent rapport et complément EIE concerne uniquement la première section K2A (Etram, 2022).	3
Figure 2 : Localisation du tracé K2A (rouge) sur fond topographique 1 :5000. Les stations sont représentées en bleu (Géoportail, 2022).	3
Figure 3 : Schéma représentant la procédure d'évaluation et d'autorisation d'un projet d'infrastructure de transport. Suite dans Figure 2. Version originale en annexe 02 (MECDD, 2018)	6
Figure 4 : Schéma représentant la procédure d'évaluation et d'autorisation d'un projet d'infrastructure de transport. Version originale en annexe 02 (MECDD, 2018).	7
Figure 5 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 1. (ETRAM, 2022).	9
Figure 6 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 2. (ETRAM, 2022).	10
Figure 7 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 3. (ETRAM, 2022).	11
Figure 8 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 4. (ETRAM, 2022).	12
Figure 9 : Extrait de l'EIE relative aux tronçons C et D - Cadence et horaire prévisionnel du tramway par secteur et par jour de la semaine (source : LUXTRAM S.A., juillet 2015 ; version actualisée de la Stratégie d'exploitation, APS-Vol. A des tronçons C-D, Synthèse).	13
Figure 10 : Schéma illustrant les zones libres de tout obstacle de part et d'autre du GLO (APS Vol. A, 2022).	15
Figure 11 : Extrait des recommandations du flyer « Gutes Licht » (MDDI, 2018).	16
Figure 12 : Diagramme des vitesses de Pfaffenthal à Luxexpo P+R (Egis, 2022).	23
Figure 13 : Modèle acoustique du carrefour Kennedy/Adenauer (D2S international, 2022).	28
Figure 14 : Points d'évaluation de l'étude – partie 1 (D2S, 2022).	32
Figure 15 : Points d'évaluation de l'étude – partie 2 (D2S, 2022).	33
Figure 16 : Points d'évaluation de l'étude – partie 3 (D2S, 2022).	33
Figure 17 : Points d'évaluation de l'étude – partie 4 (D2S, 2022).	33
Figure 18 : Points d'évaluation de l'étude – partie 5 (D2S, 2022).	34
Figure 19 : Points d'évaluation de l'étude – partie 6 (D2S, 2022).	34
Figure 20 : Résultats des calculs avec une voie de référence (D2S, 2022).	35
Figure 21 : Résultats des mesures de mitigation « 8dB » (D2S, 2022).	37
Figure 22 : Résultats des mesures de mitigation « 16 dB » (D2S, 2022).	38



Figure 23 : Résultats des mesures de mitigation « 20 dB » (D2S, 2022).....	39
Figure 24 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).	40
Figure 25 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).	40
Figure 26 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).	40
Figure 27 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).	41
Figure 28 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).	41
Figure 29 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).	42
Figure 30 : Coupe longitudinale illustrant la situation actuelle du Bd. (en haut) et la volonté de créer une strate plus dense, diversifiée, mixte (autres essences, diverses tailles, différents ports etc.) (au milieu) et complétée par une strate basse arbustive et herbacée (en bas) (APS Vol. 2.1, 2022).....	43

Tableau

Tab. 1 : Tableau horaire des fréquences de passage des trams sur la ligne K2A (LUXTRAM S.A., 2022).....	14
Tab. 2 : Niveaux de bruit admissibles selon RGD du 13/02/1979 en fonction de la nature du milieu d'habitat	18
Tab. 3 : Prévision des niveaux de bruit à respecter (D2S International, 2022)	19
Tab. 4 : Résultats de l'étude acoustique par scénario chantier (D2S International, 2022).....	20
Tab. 5 : Tableau horaire des fréquences de passage des trams sur la ligne K2A (LUXTRAM S.A., 2022).....	22
Tab. 6 : Valeurs seuil recommandées selon la réglementation allemande « 16. BImSchV. » (D2S International, 2022).	24
Tab. 7 : Evaluation des niveaux de bruit maximums calculés (D2S International, 2022).....	25
Tab. 8 : Fréquence de circulation du tram actuel (Luxtram, 2022).	27
Tab. 9 : Niveaux maximaux de bruit modélisés (D2S, 2022).	29
Tab. 10 : Synthèse des impacts potentiels du projet sur le sol modifié.....	45

Annexes

- Annexe 01 Compte rendu de la réunion de concertation du 18 octobre 2022 + Avis des autorités concernant le contenu du rapport EIE (Réf. 101492).
- Annexe 02 MECDD (probablement 2018). Schéma relatif à la procédure d'évaluation et d'autorisation des projets d'infrastructures.
- Annexe 03 D2S, octobre 2022. Etude acoustique du tronçon K2A en phase chantier et exploitation.
- Annexe 04 D2S, octobre 2022. Etude vibratoire du tronçon K2A en phase chantier et exploitation.

Abréviations

AEV	Administration de l'Environnement
AGE	Administration de la Gestion de l'Eau
ANF	Administration de la Nature et des Forêts
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
CASIPO	Cadastre des Sites Potentiellement Pollués
CEF	Continuous Ecological Functionality Measures
CFL	Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois
CNRA	Centre National de la Recherche Archéologique
EIE	Évaluation des Incidences sur l'Environnement / Etude d'Impact Environnemental
FFH	Flora-Fauna-Habitat
ITM	Inspection du Travail et des Mines
IVL	Integratives Verkehrs- und Landesentwicklungskonzept
MECDD	Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement Durable
MDDI	Ministère du Développement Durable et des Infrastructures
ML	Ministère du Logement
MoDu	Mobilité Durable
MoPoPAG	Modification ponctuelle du PAG
OBS	Occupation Biophysique du Sol
PAG	Plan d'Aménagement Général
PAP-NQ	Plan d'aménagement particulier « nouveau quartier »
P&Ch	Administration des Ponts et Chaussées
PDAT	Programme Directeur d'Aménagement du Territoire
PN	Protection de la Nature (loi PN)
PNDD	Plan National pour un Développement Durable
PSL	Plan Directeur Sectoriel – Logement
PST	Plan Directeur Sectoriel – Transport
RGD	Règlement Grand-Ducal
SCA	Sites Contaminés ou Assainis
SEDAL	Service de Déminage de l'Armée Luxembourgeoise
SPC	Sites Potentiellement Pollués
SSMN	Service des Sites et Monuments Nationaux
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz

1 Contexte

LUXTRAM S.A. est chargé de la conception, de la réalisation et de l'exploitation du tramway pour le ministère de la Mobilité et des Travaux publics et la ville de Luxembourg. LUXTRAM S.A. prévoit ainsi la construction d'une extension de tramway de 2,3 km de long, complémentaire à la ligne existante A « Pfaffenthal – Luxexpo ». Cette nouvelle ligne desservira le nouveau quartier « Laangfur ».

Le projet correspond aux critères du règlement grand-ducal du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement, annexe II (*Liste des projets soumis à une évaluation des incidences pour lesquels les seuils et critères fixés sont atteints*), point 7 (*les projets de ligne de tramway, de plus d'un kilomètre à l'intérieur d'un tissu urbanisé composé principalement de zones d'habitation et de zones mixtes et de 2,5 km en dehors*). Conformément à l'article 2, paragraphe 3, point a) de la loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement (« loi EIE »)¹, le projet est donc soumis à une évaluation des incidences environnementales (EIE).

Mandaté par LUXTRAM, LUXPLAN a déposé le 07 juin 2022 le rapport d'évaluation correspondant (conformément à l'article 6 et 13 de la loi EIE) auprès du ministère de l'Environnement (MECDD).

Dans son avis (Réf. 101492) du 21 septembre 2022, le MECDD ainsi que les autorités consultées se sont formulé des constats et remarques selon les articles 6 et 7 de la loi EIE (cf. annexe 01).

Lors d'une réunion commune entre LUXTRAM, le MECDD et l'AEV le 19 septembre 2022, il a été convenu qu'un complément au rapport EIE du 07 juin 2022 serait élaboré, dans lequel les constats et remarques mentionnés seraient pris en compte et traités afin de présenter un dossier aussi complet que possible (cf. annexe 01).

Le présent complément aborde donc les points mentionnés dans l'avis du 21.09.2022. Pour des raisons de lisibilité, nous avons suivi l'ordre des points mentionnés dans les avis des autorités.

En conséquence, ce complément aborde les remarques de l'avis synthétique du MECDD puis certaines remarques ou questions issues des différents avis des administrations (ici AEV et Ville de Luxembourg).

¹ Loi modifiée du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement et portant modification :

1° de la loi modifiée du 25 mai 1964 concernant le remembrement des biens ruraux ;

2° de la loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés ;

3° de la loi modifiée du 19 janvier 2004 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles ;

4° de la loi modifiée du 19 décembre 2008 relative à l'eau.

2 Contenu du complément au rapport EIE

Comme indiqué précédemment, les points mentionnés par les différentes autorités, collectés par le MECDD et publiés dans son avis du 21 septembre 2022 sont présentés et traités dans l'ordre suivant.

2.1 Généralités

2.1.1 Délimitation du tronçon

Point 1.1 de l'avis du MECDD

Dans le courrier du 23 mai 2022 du MECDD suite à un courrier de LUXTRAM du 30 mars, le MECDD indique accepter la délimitation du tronçon Kirchberg en deux sections, la première section allant jusqu'à la station *Laangfur* et la seconde section, de la station *Laangfur* jusqu'au rondpoint Serra.

Afin de permettre le retournement des rames, il était nécessaire de considérer la première section jusqu'au *Märtesgrond* et non jusqu'à la station *Laangfur*. Ceci présente également l'avantage d'éviter ou de minimiser les nuisances sonores induites par la seconde phase du chantier dans le quartier *Laangfur*.

Comme mentionné dans le point 1.2 de l'avis du MECDD, le rapport d'évaluation et ce complément considèrent donc uniquement la section allant depuis l'intersection entre le Bd K Adenauer et l'Avenue J F Kennedy jusqu'au *Märtesgrond*, nommée K2A, mesurant 2,3 km.

La seconde section qui sera à évaluer dans une procédure EIE distincte de la première section, débute avant le *Märtesgrond* et se terminera au niveau du giratoire Serra.

Dans l'APS, le tronçon est encore divisé en trois parties (K2A, K2B, K2C), néanmoins cela est uniquement une dénomination pour faciliter les découpes de plans. Les sections nommées K2B et K2C seront construites en une seule phase et soumises à une seule procédure EIE.

L'Avant-Projet détaillé (APD) qui sera soumis pour autorisation de ce présent projet sera limité à la section K2A.

Dans le rapport EIE, il a été indiqué que pour cette section, l'assise de la plateforme dans la limite du GLO sera mise à disposition dans le nouveau quartier *Laangfur*. Tous les travaux préparatoires seront donc réalisés par le FUAK (mise en place des réseaux etc.).

Dans l'hypothèse d'un décalage du projet du PAP Laangfur et de la non mise à disposition de l'assise tramway, Luxtram exploitera la ligne K2A jusqu'à la station Ecole Européenne. Cette station sera exploitée en terminus provisoire, avec une zone d'arrière gare après la station pour réaliser les retournements des rames.

La pose des rails se limitera sur le boulevard Adenauer, dans la zone pour laquelle Luxtram se charge de l'ensemble des travaux de façades à façades y compris l'assise tramway, cela avant l'entrée dans le quartier Laangfur. Cette zone a donc déjà été considérée et évaluée dans le rapport EIE et donc aucune incidence supplémentaire ne serait à prévoir en cas de mise en œuvre de cette alternative.

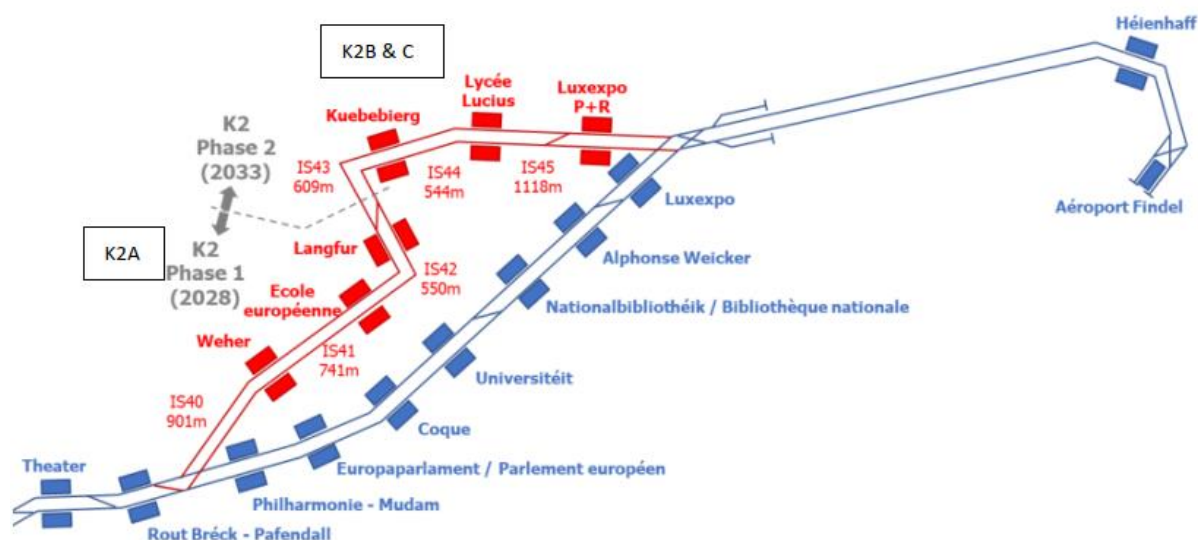


Figure 1 : Tracé du tronçon K2 (rouge) avec le nom des stations. Le présent rapport et complément EIE concerne uniquement la première section K2A (Etram, 2022).

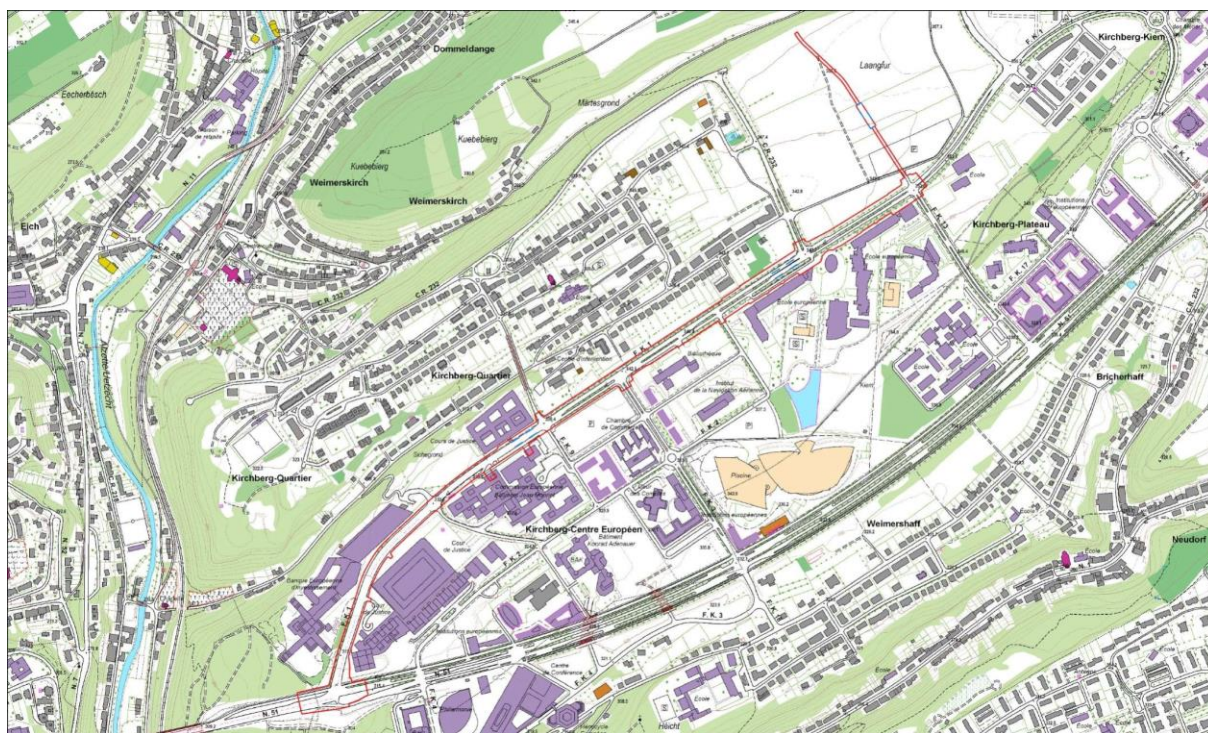


Figure 2 : Localisation du tracé K2A (rouge) sur fond topographique 1 :5000. Les stations sont représentées en bleu (Géoportail, 2022).

2.1.2 Etapes procédurales de l'évaluation et de l'autorisation du projet

Point 1.3 de l'avis du MECDD

Il convient de préciser les différentes étapes de la procédure d'évaluation et de l'autorisation du projet, compte tenu des dispositions de la section 2 de la loi EIE.

Le projet de tramway figurant à la catégorie 7 de l'annexe II du règlement grand-ducal (RGD) du 15 mai 2018 établissant les listes de projets soumis à une évaluation des incidences sur l'environnement, celui-ci est soumis d'office à une EIE.

C'est pourquoi, le maître d'ouvrage soumet à cet effet à l'autorité compétente les informations conformément à l'annexe II de la loi EIE (projets visés à l'article 2, paragraphe 2 et paragraphe 3, lettre a)). Le dossier en question a été élaboré par le bureau d'études LUXPLAN le 09 décembre 2021.

Ce document sert de base au ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement Durable (MECDD) et aux autres autorités compétentes afin de définir le champ d'application et le niveau de détail du rapport EIE (art. 5 de la loi EIE).

Le MECDD a invité les autorités compétentes ainsi que le maître d'ouvrage du projet et le bureau LUXPLAN mandaté pour l'EIE, à une réunion de concertation le 25 mars 2022. Le sujet de la réunion était les avis des autorités compétentes préparés sur base du dossier prémentionné. Les avis reçus ont été présentés par le représentant de l'autorité respective et discutés ensemble.

Ainsi, le rapport EIE a été élaboré conformément aux dispositions des articles 6 et 13 de la loi EIE tout en tenant compte des avis du 14 mars 2022. Celui-ci a été soumis au MECDD le 07 juin 2022. Le rapport EIE est basé sur l'Avant-Projet sommaire (APS).

Le 21 septembre 2022, le MECDD ainsi que les autorités consultées ont formulé des constats et remarques quant au contenu du rapport EIE conformément aux articles 6 et 7 de la loi EIE (cf. annexe 01).

Lors d'une réunion commune entre LUXTRAM, le MECDD et l'AEV le 19 septembre 2022, il a été convenu qu'un complément au rapport EIE du 07 juin 2022 serait élaboré, dans lequel les constats et remarques mentionnés seraient pris en compte et traités. Certaines remarques sont néanmoins uniquement à prendre au compte au stade de l'Avant-Projet détaillé (APD).

Ce présent document constitue donc le complément au rapport EIE.

Ensuite, la phase de consultation du public pourra être lancée (art. 14 de la loi EIE)². Le maître d'ouvrage est responsable de l'organisation et de la coordination de celle-ci avec les communes concernées.

Après la mise à disposition du rapport d'évaluation dans les communes d'implantation du projet et expiration du délai de 30 jours, dans lequel des observations écrites peuvent être adressées au collège des bourgmestres et échevins, ce dernier procède encore à une enquête publique dans laquelle il entend tous les intéressés qui se présentent (30 jours).

Le collège des bourgmestres et échevins transmet le procès-verbal de l'enquête publique et son propre avis au maître d'ouvrage qui complète les informations par un résumé des observations reçus par le

² Loi du 31 mai 2021 modifiant la loi du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement et modifiant :

1° la loi du 18 juillet 2018 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles ;

2° la loi modifiée du 19 décembre 2008 relative à l'eau ;

3° la loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés.

site électronique (<https://enquetes.public.lu>) à l'autorité compétente (MECDD), au ministre ayant l'Aménagement du territoire dans ses attributions, au ministre ayant l'Intérieur dans ses attributions, au ministre ayant les Travaux publics dans ses attributions et au ministre ayant les Transports dans ses attributions.

L'autorité compétente rédige sur cette base la conclusion motivée (art. 15). Le projet, ensemble avec la conclusion motivée et les résultats des consultations, est soumis au Gouvernement en conseil par le maître d'ouvrage qui prend une décision quant à la variante à réaliser et l'envergure des mesures compensatoires (art. 15).

Le maître d'ouvrage met la décision ainsi que la conclusion motivée à la disposition du public moyennant affichage pendant 15 jours dans la commune concernée et sur le site internet prémentionné (<https://enquetes.public.lu>).

En parallèle, le maître d'ouvrage élabore l'APD comprenant également les données nécessaires pour que le ministre ayant l'environnement dans ses attributions puisse fixer dans un arrêté les mesures compensatoires (art. 16) et les conditions d'aménagement et d'exploitation (art. 17). L'arrêté ministériel vaut autorisation définitive du projet.

Le ministre ayant l'Environnement dans ses attributions prend sa décision dans les 180 jours à partir de la réception de l'APD et des informations nécessaires à formuler les mesures compensatoires et les conditions d'exploitation et d'aménagement. Dès la réception de ces informations, il est habilité pendant 90 jours à demander au maître d'ouvrage des informations supplémentaires afin de fixer les conditions d'aménagement et d'exploitation. Cette demande suspend le délai jusqu'à réception des informations supplémentaires.

Le maître d'ouvrage met ensuite à la disposition du public moyennant affichage pendant 30 jours dans la commune concernée ainsi que sur le site internet prémentionné, les informations sur les décisions (art. 18).

Les projets ainsi autorisés sont dispensés des autorisations exigées par loi modifiée du 18 juillet 2018 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles, la loi modifiée du 19 juillet 2004 concernant l'aménagement communal et le développement urbain, la loi modifiée du 19 décembre 2008 relative à l'eau, la loi communale modifiée du 13 décembre 1988 et la loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés.

Les Figure 3 et Figure 4 ci-dessous résument les étapes énumérées dans le texte³.

³ En raison de l'entrée en vigueur de la Loi du 31 mai 2021 modifiant la loi du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement, certaines incohérences peuvent être présentes dans le schéma datant probablement de 2018.

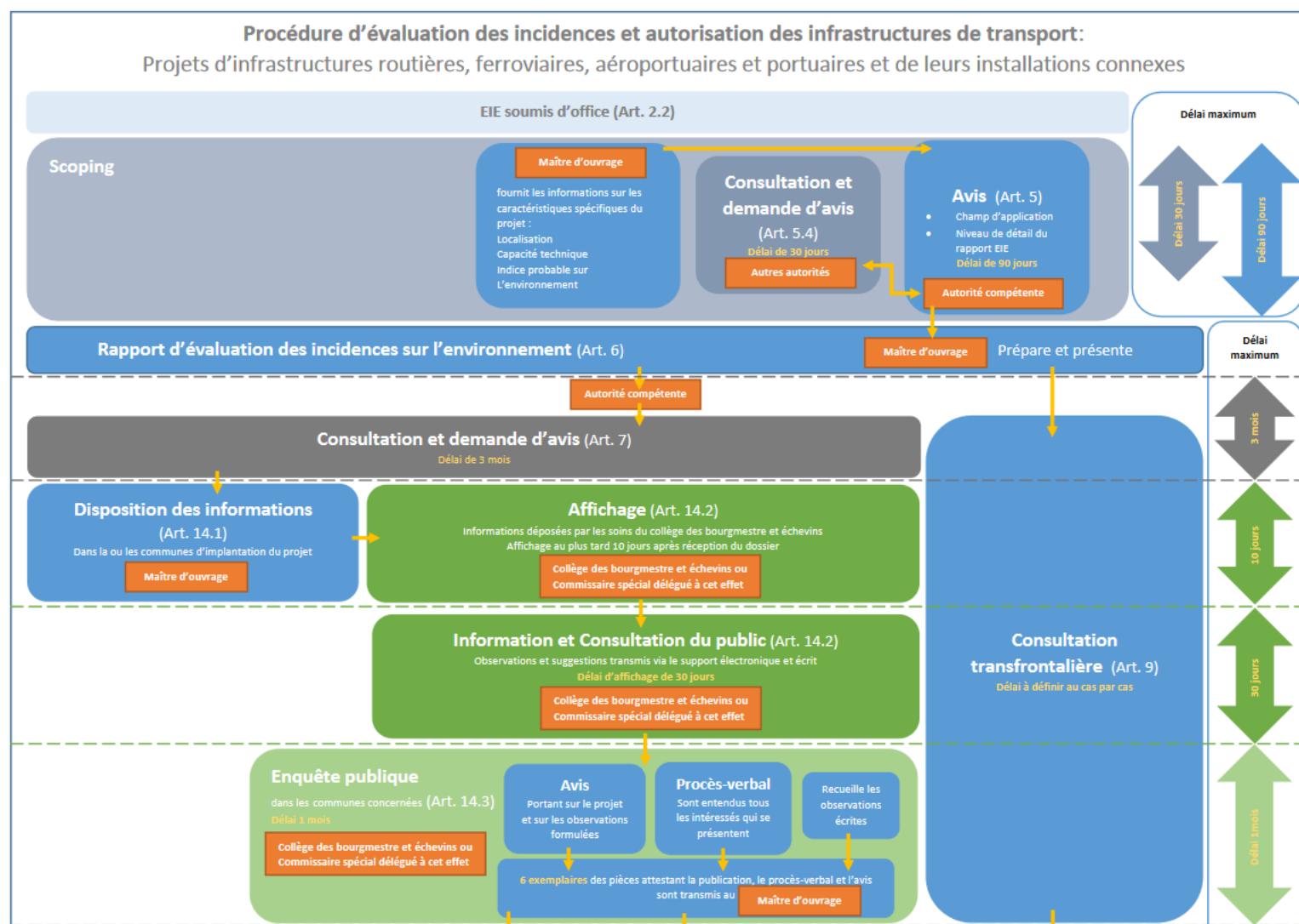


Figure 3 : Schéma représentant la procédure d'évaluation et d'autorisation d'un projet d'infrastructure de transport. Suite dans Figure 4. Version originale en annexe 02 (MECDD, 2018)



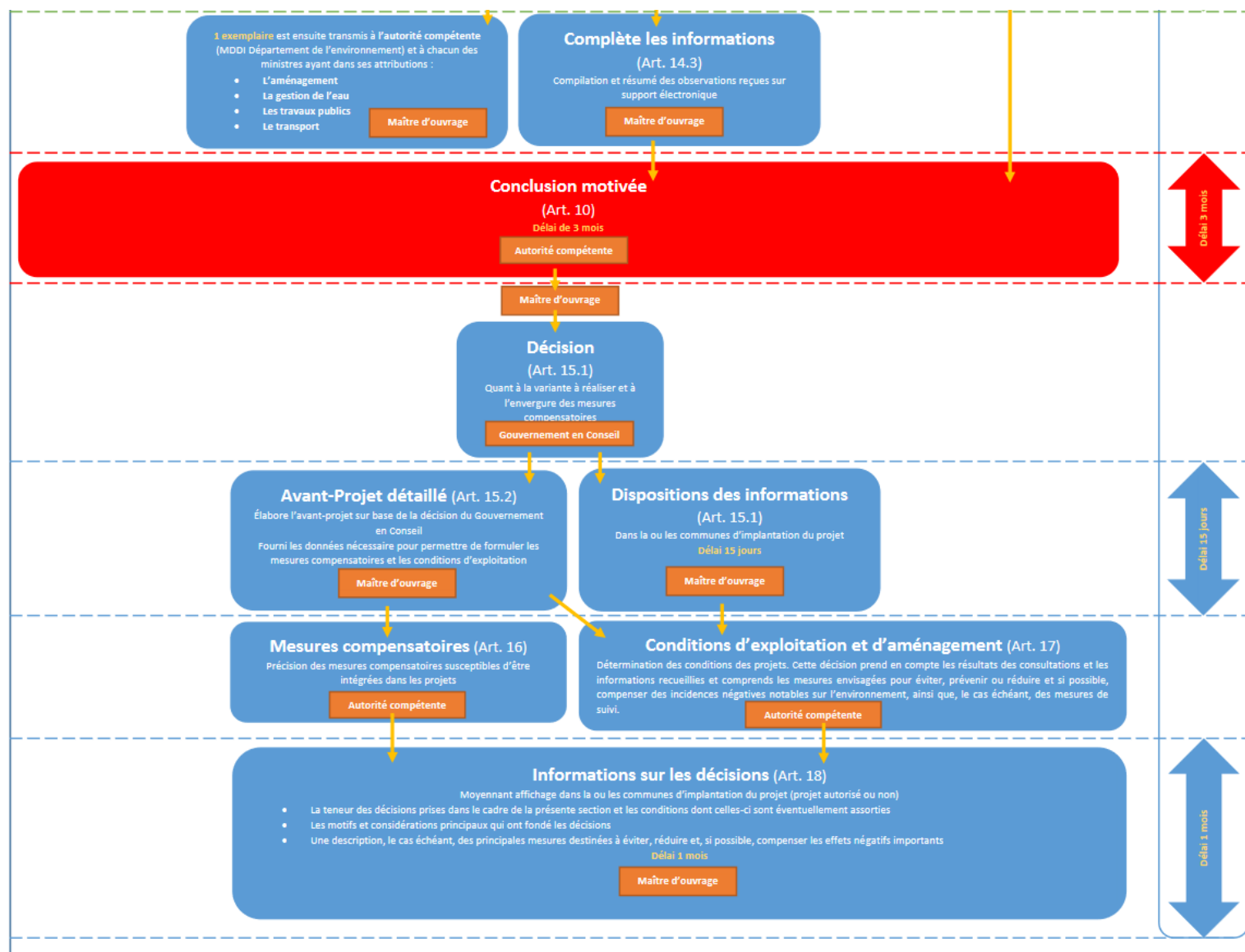


Figure 4 : Schéma représentant la procédure d'évaluation et d'autorisation d'un projet d'infrastructure de transport. Version originale en annexe 02 (MECDD, 2018).



Point 1.5 de l'avis du MECDD

Dans le rapport EIE le terme de « vérification préliminaire » et « screening » ont été utilisés alors que comme le MECDD le souligne dans son avis du 21 septembre 2022, ce terme est erroné dans le cadre de projets soumis d'office à une EIE.

En effet, comme mentionné dans le chapitre précédent, des informations définies dans l'annexe II de la loi EIE ont été compilées et transmises au MECDD. Le dossier en question a été élaboré par le bureau d'études LUXPLAN le 09 décembre 2021.

Ce document a servi de base au ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement Durable (MECDD) et aux autres autorités compétentes afin de définir le champ d'application et le niveau de détail du rapport EIE (art. 5 de la loi EIE).

Le dossier, y compris toutes les annexes, est accessible au public sur le portail EIE (www.eie.lu) sous le numéro 101492.

Les chapitres « 3.3.1 Screening » et « 3.3.2 Scoping » peuvent donc être ignorés et les informations apportées par ce chapitre 2.1.2 de ce présent document sont à considérer.

2.1.3 Manque de lisibilité de l'APS

Point 1.3 de l'avis du MECDD

Afin de remédier au manque de lisibilité de l'APS mentionné par l'autorité compétente, un tableau reprenant la nomenclature et le contenu des documents de l'APS a été réalisé. Celui-ci figure dans les Figure 5 à Figure 8.

Livrables APS		
Volume	Libellé	APS VF
Volume A	Synthèse	APS_2207A_K2_GEN_C0000_NOT_000958_B
Volume B	Le système de transport	
Vol B0	Principes d'exploitation	
B0-1	Principes d'exploitation	APS_2207A_K2_SYS_S2000_NOT_001435_B
Vol B1	Tracé et voie	
B1-1	Tracé, plate-forme et multitubulaire	APS_2207A_K2_INF_T3200_NOT_001374_B
B1-2	La voie ferrée	APS_2207A_K2_SYS_T6100_NOT_001356_B
B1-3	Interfaces entre l'infrastructure tramway et les ouvrages d'art	APS_2207A_K2_GEN_T4000_NOT_001483_D
Vol B2	La ligne aérienne et ses fondations	
B2-1	Ligne aérienne de contact	APS_2207A_K2_SYS_T6200_NOT_001496_A
B2-2	Pré-dimensionnement des fondations de supports de LAC	APS_2207B_K2_INF_T4600_NOT_001159_A
Vol B3	L'énergie	
B3-1	Note générale Energie	APS_2207A_K2_SYS_T6300_NOT_001072_A
B3-2	Simulation Energie de Traction - Note entrants et hypothèses	APS_2207A_K2_SYS_T6300_NHY_001074_A
B3-3	Simulation Energie de Traction - Rapport de simulation	APS_2207A_K2_SYS_T6300_RAP_001077_A
B3-4	Courants vagabonds	APS_2207A_K2_SYS_T6300_NOT_001399_A
Vol B4	Les systèmes d'exploitation	
B4-1	RMS / Chronométrie	APS_2207A_K2_SYS_T6400_NOT_001417_A
B4-2	GTC / GTE	APS_2207A_K2_SYS_T6600_NOT_001464_A
B4-3	Sono / Vidéo / Téléphonie	APS_2207A_K2_SYS_T6500_NOT_001415_A
B4-4	SAEIV / Radio / Billettique	APS_2207A_K2_SYS_T7200_NOT_001419_A
B4-5	La signalisation ferroviaire	APS_2207A_K2_SYS_T7500_NOT_001460_A
Volume C	L'aménagement urbain	
Vol C1	Travaux préalables	
C1-1	Acquisition foncière, adaptation riverains	APS_2207B_K2_ARC_T1100_NOT_001165_B
C1-2	Déviations réseaux	APS_2207B_K2_INF_T2100_NOT_001140_B
C1-3	OA, soutènement et ouvrages enterrés	APS_2207B_K2_INF_T4300_NOT_001162_B
C1-4	Diagnostic des Emergences	si nécessaire traité en APD
Vol C2	Insertion du projet et aménagement	
C2-1	Insertion architecturale	APS_2207E_K2_ARC_T5100_COM_001048_A
C2-2	Voirie	APS_2207B_K2_INF_T3300_NOT_001144_B
C2-2b	Note d'hypothèses voirie	APS_2207B_K2_INF_T3300_NOT_001152_B
C2-3	Eclairage public	APS_2207B_K2_INF_T3333_NOT_001156_A
C2-4	La signalisation horizontale et verticale, signalétique	APS_2207B_K2_INF_T3300_NOT_001168_B
C2-5	SLT Signalisation Lumineuse de Trafic	APS_2207B_K2_SYS_T7700_NOT_001171_B
C2-6	Mobilier urbain	Traité dans le cadre de la note de synthèse Vol A
C2-7	Mobilier urbain et mobilier de station	Traité dans le cadre de la note de synthèse Vol A
C2-8	Stations voyageurs	Traité dans le cadre de la note de synthèse Vol A
C2-9	Equipements de stations	Traité dans le cadre de la note de synthèse Vol A
Volume D	Ouvrage d'art	
		pas concerné
Volume E	Planning	

Figure 5 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 1. (ETRAM, 2022).

		APS_2207C_K2_GEN_D4550_NOT_000996_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004101_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004102_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004103_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004104_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004105_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004106_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004107_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004108_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004109_A
		APS_2207C_K2A_GEN_D4550_PHA_004110_A
		APS_2207C_00_GEN_D4550_PLG_001249_A
Volume H	Le coût prévisionnel de l'opération	
		APS_2207A_K2_GEN_D4520_NOT_001611_B
Volume I		
I-1	Stratégie d'Achat - Allotissement	APS_2207A_K2_GEN_D4500_NOT_001535_A
I-2	Analyse des interfaces	APS_2207C_00_GEN_D8000_NOT_001531_A
		APS_2207C_00_GEN_D8000_TAB_001528_A
		APS_2207C_00_GEN_D8000_FIL_001525_A
		APS_2207C_K2_GEN_D8000_PSY_004000_B
Volume J	Plans de référence	
J-1	Plans généraux: plan général de la ligne et schéma d'exploitation	
		APS_2207A_00_INF_T0200_PLA_001118_B
		APS_2207A_00_GEN_T0210_PLA_001352_B
J-2	Plate-forme, multi, massifs LAC, LAC et VF	
	planches H300 et K400	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001198_B
	planches H302 et K402	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001205_B
	planches H304 et K404	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001209_B
	planches H306 et K406	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001212_B
	planches H308 et K408	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001215_B
	planches H308-A et K410	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001217_B
	planches H308-B et K412	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001219_B
	planches H308-C et K414	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001221_B
	planches H310 et K416	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001223_B
	planches H312 et K416-A	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001225_B
	planches H314 et K418	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001227_B
	planches H316 et K420	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001229_B
	planches H318 et K422	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001231_B
	planche K424	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001233_B
	planche K426	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001235_B
	planche K428	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001237_B
	planche K430	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001239_B
	planche K430-A	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_002093_A
	planche K432	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001241_B
	planche K432-A	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001243_B
	planche K432-B	APS_2207A_K2_INF_T0310_PLA_001245_B
		APS_2207A_IS40_INF_T3216_PLO_000968_B
		APS_2207A_IS41_INF_T3216_PLO_000971_B
		APS_2207A_IS42_INF_T3216_PLO_000972_B
		APS_2207A_IS43_INF_T3216_PLO_000973_B
		APS_2207A_IS44_INF_T3216_PLO_000974_B
		APS_2207A_IS45_INF_T3216_PLO_000975_B
		APS_2207A_IS46_INF_T3216_PLO_000976_A

Figure 6 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 2. (ETRAM, 2022).

J-3	Voirie, éclairage, SLT, mobilier, limites d'intervention (emprises de travaux)	
		APS_2207B_K2A_INF_T0360_LIS_001130_A
		APS_2207B_K2_INF_T3317_PLA_001505_B
		APS_2207B_K2_INF_T0330_PSY_001430_B
J-4	Plantations, revêtements et mobilier	
		APS_2207E_K2_ARC_T5140_PSY_001009_B
		APS_2207E_K2_ARC_T5120_PSY_000312_C
J-5	Plans de synthèse émergence	
		APS_2207B_K2_INF_T0320_PSY_001405_B
J-6	Altimétrie voirie	
		APS_2207B_K2A_INF_T3312_PLA_001429_A
J-7	Plans de déviations des réseaux	
	Multis tram et CREOS	APS_2207B_K2_INF_T3270_PRE_000980_B
	Chauffage urbain	APS_2207B_K2A_INF_T2210_PRE_001274_A
	Eau	APS_2207B_K2A_INF_T2220_PRE_001275_A
	Canalisation	APS_2207B_K2A_INF_T2230_PRE_001246_A
	CREOS HT	APS_2207B_K2A_INF_T2310_PRE_001276_A
	CREOS MT et BT	APS_2207B_K2A_INF_T2310_PRE_001277_A
	Eclairage public	APS_2207B_K2A_INF_T2320_PRE_001280_A
	CREOS Gaz	APS_2207B_K2A_INF_T2400_PRE_001279_A
	POST	APS_2207B_K2A_INF_T2510_PRE_001281_A
	CEGECOM	APS_2207B_K2A_INF_T2520_PRE_001273_A
	ELTRONA	APS_2207B_K2A_INF_T2600_PRE_001278_A
	TIC	APS_2207B_K2A_INF_T2600_PRE_001286_A
	Circulation (SLT)	APS_2207B_K2A_INF_T2320_PRE_001282_A
	FUAK	APS_2207B_K2A_INF_T2600_PRE_001312_A
	Synthèse tous réseaux	APS_2207B_K2A_INF_T2100_PRE_001287_A
J-8	Coupes de voirie	
		APS_2207B_K2_INF_T3315_PCP_001310_A
		APS_2207B_K2A_INF_T3218_PCP_003212_A
J-9	Coupes d'aménagement et de voirie	
		APS_2207E_K2_ARC_T5100_PDT_001007_A
J-10	Murs et ouvrages d'art	
		pas concerné
J-11	Stations	
		APS_2207E_K2_ARC_T5200_PDT_001005_B
J-12	Sous-stations et locaux en lignes	
		APS_2207B_K2_INF_T5610_PLA_001426_B
J-13	Locaux enterrés	
		réserve
J-14	Carnet de détails Multi	
		APS_2207A_00_INF_T3270_PDT_001319_B
J-15	Carnet de détails VF	
		APS_2207A_00_INF_T6110_PDT_001331_B
J-16	Carnet de détails LAC	
		APS_2207A_00_SYS_T6260_PDT_001470_A
J-17	Plans parkings - arrêts	
		APS_2207B_K2_INF_T3310_PLA_001428_A
J-18	Carnet de détails mobilier	
		réserve
J-19	Plans HT / BT / Traction	
		APS_2207A_K2_SYS_T6300_SCH_001093_A
J-20	Carnet de détails d'éclairage	

Figure 7 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 3. (ETRAM, 2022).

		APS_2207B_K2_INF_T3333_PLA_001427_A
J-21	Carnet de détails SLT	
		réserve
J-22	Plans guides des équipements de maintenance au CRM	
		pas concerné
J-23	Reconstitutions riveraines	
		pas concerné
J-24	Plans de signalisation directionnelle	
		APS_2207B_K2A_INF_T3332_LIS_001124_A
J-25	Plans de SLT	
		APS_2207B_K2_SYS_T3335_PLA_001406_B

Figure 8 : Synthèse des documents de l'APS reprenant la nomenclature des documents et leur contenu – Partie 4. (ETRAM, 2022).

2.1.4 Clarification de la fréquence et des horaires projetés

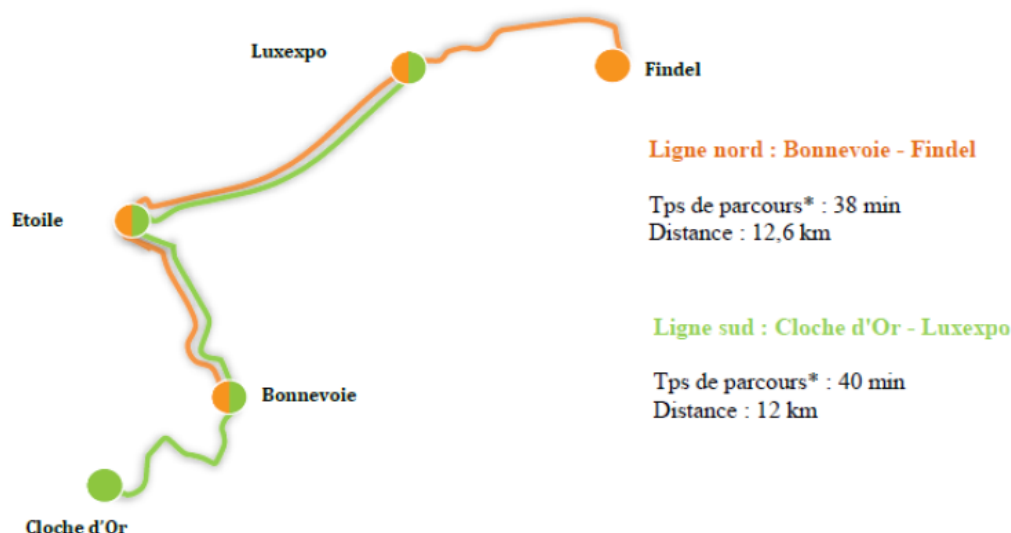
Point 1.6 de l'avis du MECDD

Le MECDD constate une augmentation des plages horaires de l'extension projetée par rapport à celles fixées par l'arrêté du tronçon A et B.

Or en raison de l'ajout des tronçons C-D-E, les plages horaires et les fréquences d'exploitation des tronçons A-B doivent évoluer. Une modification de l'arrêté des tronçons A-B selon l'article 17 paragraphe 3 de la loi modifiée du 18 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement sera demandée par LUXTRAM afin de régulariser la situation.

Les plages horaires et les fréquences des tronçons C-D-E avaient néanmoins déjà été étendues / augmentées et évaluées dans les EIE relatives à ces tronçons (voir extrait des horaires figurant dans l'EIE repris dans la Figure 9). Il y était précisé qu'en semaine, le service aux voyageurs débiterait à 4h30 et se terminerait à 00h30. Le week-end et les jours fériés, il est dérogé à ces horaires en fonction des besoins, comme le montre la Figure 9.

Les plages horaires de l'extension projetée K2A ont donc été alignés avec ceux des tronçons C-D-E. La fréquence au sein du quartier sera inférieure à celle de la ligne existante (6 min. max. ; 3 min. max. pour la ligne 1).



Jour	Période		Fréquence sur le tronc commun	Fréquence sur les extrémités
	début	fin		
Lundi-Vendredi	04:30	06:30	5	10
	06:30	09:30	3	6
	09:30	16:00	4	8
	16:00	19:30	3	6
	19:30	21:00	5	10
	21:00	00:30	7,5	15
Samedi	04:30	08:00	15	15
	08:00	19:00	8	8
	19:00	01:30	15	15
Dimanche / Jour férié	06:00	00:00	15	15

Figure 9 : Extrait de l'EIE relative aux tronçons C et D - Cadence et horaire prévisionnel du tramway par secteur et par jour de la semaine (source : LUXTRAM S.A., juillet 2015 ; version actualisée de la Stratégie d'exploitation, APS-Vol. A des tronçons C-D, Synthèse).

Point 2.1 de l'avis du MECDD

Le MECDD a constaté une incohérence entre les données concernant les horaires de la ligne 1 et l'extension.

En effet, une erreur s'est glissée dans le rapport EIE concernant les horaires d'exploitation de l'extension. Les plages horaires seront identiques à celles des tronçon C-D-E (Figure 9).

En semaine, le tram circulera de 04h30 à 00h30 (et non de 04h00 à 01h comme mentionné dans le rapport EIE). Le samedi, cette plage variera de 04h30 à 01h30 et le dimanche et jours fériés de 06h à minuit (Tab. 1).

La fréquence maximale sera de 6 min aux heures de pointes. Aux autres horaires, la fréquence variera entre 15 min et 8 min. Aux heures de pointes particulièrement, une fréquence doit être élevée afin d'avoir un taux de remplissage le plus élevé possible afin de proposer un moyen de transport compétitif et favorisé au profit de la voiture.

Notons que la fréquence de 6 min en heure de pointe est considérée comme une fréquence maximale, qui est à considérer comme un scénario très contraignant. Une fréquence inférieure, de 8 min sur l’extension K2A peut être envisagée, dans un scénario où toutes les extensions seront mises en service.

Tab. 1 : Tableau horaire des fréquences de passage des trams sur la ligne K2A (LUXTRAM S.A., 2022).

Jour	Horaires	Fréquences K2A
Du lundi au vendredi (ou samedi et jours fériés lors d’évènements particuliers)	04h30 – 06h30	10 minutes
	06h30 – 9h30	6 minutes
	09h30 – 16h00	8 minutes
	16h00 – 19h30	6 minutes
	19h30 – 21h00	10 minutes
	21h00 – 00h30	15 minutes
Samedi	04h30 – 08h00	15 minutes
	08h00 – 19h00	8 minutes
	19h00 – 01h30	15 minutes
Dimanche et jours fériés	06h00 – 00h00	15 minutes

2.2 Description du projet

2.2.1 Moyens de séparation du tracé

Point 2.3 de l’avis du MECDD

Le MECDD mentionne que le bureau d’études n’a pas analysé d’alternatives pour remplacer la construction de murs ou d’autres installations en béton, par des moyens de séparation naturels comme par exemple, des haies avec des effets environnementaux positifs. Néanmoins, il convient de préciser qu’il est impossible pour des raisons de sécurité, de planter des arbres ou des haies dans périmètre du GLO. En outre, d’après les recommandations du STRMTG (Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés,) une zone libre de tout obstacle doit être assurée en aval des carrefours traversés par le tramway. Cette zone sans obstacle est fonction de la vitesse du tramway et sa dimension est définie par la Figure 10. La seule mesure possible est donc la végétalisation des voies par du sédum, qui est prévue sur quasi la totalité du tronçon hormis au niveau des traversées. La végétalisation des voies permet aux piétons ou cyclistes de distinguer clairement les voies piétonnes des voies empruntées par le tramway. En outre, des nuances de couleurs et des

revêtements différents sont utilisés au niveau des traversées piétonnes et cyclistes comme mentionné dans le rapport d'évaluation afin de garantir la sécurité des usagers. Aucun mur n'est prévu dans le cadre du projet. L'ajout de haies entre les voies du tramway et des voies automobiles impliquerait une perte de surface et un entretien régulier devrait être garanti pour des raisons de sécurité. Il a été fait le choix de densifier la végétation dans les platebandes existantes et de prolonger l'allée d'arbres afin de créer un corridor complet jusqu'à l'avenue J F Kennedy plutôt que de rajouter une seconde platebande végétalisée entre la voie du tramway et la voie automobile, ce qui entraînerait probablement des conséquences négatives sur le trafic routier. Les mesures paysagères du projet ont été présentées dans le chapitre 7.7 « Paysage » du rapport d'évaluation. L'emploi de sedum afin de délimiter linéairement la voie du tram apparaît suffisante plutôt que l'emploi de haies. Ceci permet également de délimiter linéairement le tracé du tramway des chemins d'autres moyens de transport. Dans la section entrant dans le PAP *Laangfur*, l'emprise de LUXTRAM se limite à nouveau au GLO, limitant ses possibilités de végétaliser outre que dans le GLO par du sedum. Aucun mur n'est prévu dans ce périmètre non plus.

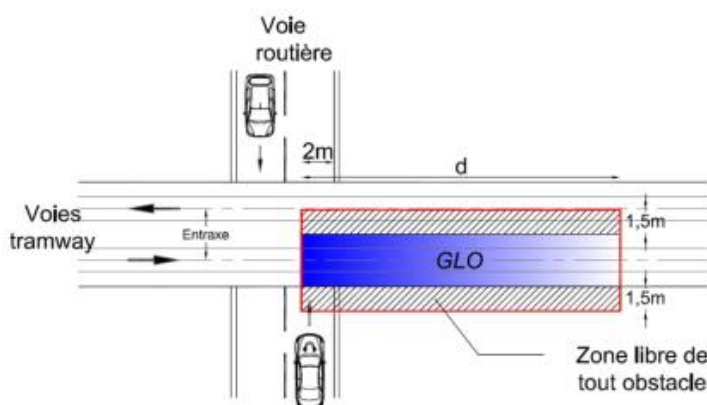


Figure 10 : Schéma illustrant les zones libres de tout obstacle de part et d'autre du GLO (APS Vol. A, 2022).

2.2.2 Eclairage du tracé

L'éclairage du projet au niveau du bd K Adenauer a été présenté dans le rapport EIE mais aucune information n'a été donnée au niveau du PAP *Laangfur* étant donné que le maître d'ouvrage de ce projet installera l'éclairage au sein du PAP. Néanmoins, il peut être ajouté que l'éclairage devra respecter les indications du guide « Gutes Licht im Außenraum » (Figure 11). Il s'agit de différentes mesures permettant de réduire la pollution lumineuse et l'impact sur les insectes, à savoir :

- L'éclairage doit être installé selon les besoins seulement et avec une orientation précise sur les surfaces à éclairer.
- Le niveau d'éclairage des espaces publics doit assurer une sensation de sécurité pour un usage agréable de ces espaces.
- Les durées de fonctionnement de l'éclairage doivent être limitées en fonction de l'usage anticipé.

- Des éclairage type ‘uplights’ sont interdits.
- Pour la ‘température de la lumière, un blanc chaud > 3000K est à privilégier.

En outre, l’éclairage public devra respecter la norme EN 13201 (road lighting). Au niveau des stations, le même modèle d’éclairage est envisagé que pour la ligne existante, à savoir des colonnes lumineuses de la marque EWO. Le système est également conçu pour que les faisceaux soient orientés vers le bas malgré la forme de type colonne.

L’éclairage envisagé pour la ligne de tramway et la nouvelle voirie peut donc être considéré comme compatible avec la biodiversité, sachant qu’il doit respecter les normes relatives à la sécurité dans l’espace public.

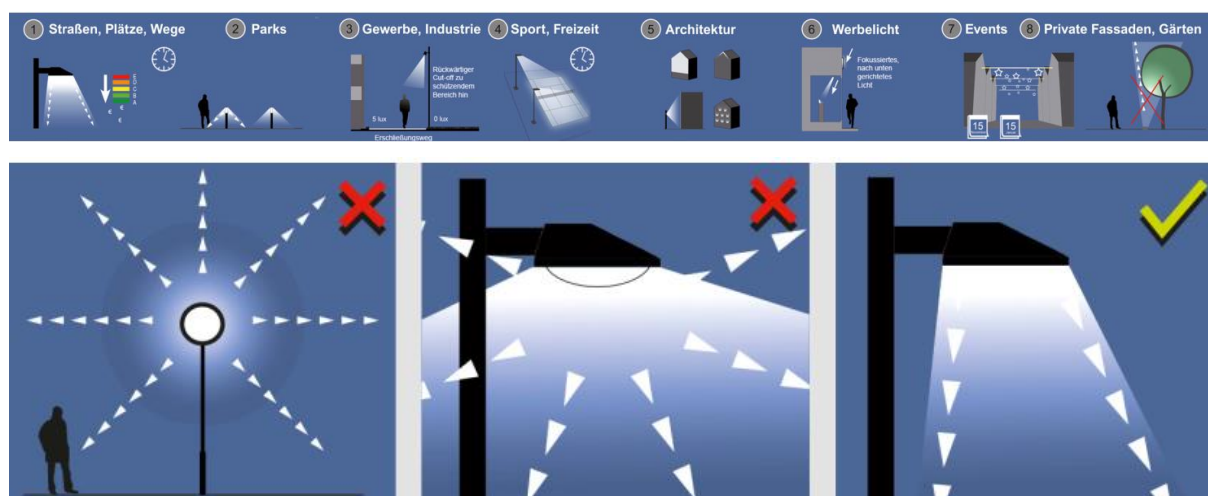


Figure 11 : Extrait des recommandations du flyer « Gutes Licht » (MDDI, 2018).

2.3 Evaluation du projet

2.3.1 Population et santé humaine : bruit

Points 3.1.1 & 3.1.2 de l’avis du MECDD et avis de l’AEV : Actualisation de l’étude acoustique en phase avec l’APS

Le MECDD et l’AEV ont émis des critiques et demandé des compléments d’informations à propos de l’étude de bruit du bureau D2S International.

Il était notamment demandé à ce que l’étude :

- clarifie le choix des zones de bruit effectué pour la phase chantier,
- revoie l’application ou non des dispositions de l’article 5 du RGD modifié du 13 février 1979,

- soit en cohérence avec l'Avant-Projet Sommaire (APS) notamment en ce qui concerne les horaires du tram, les revêtements du sol, les différentes vitesses du tram, la longueur des rames, le nombre d'essieux...
- clarifie le niveau de bruit admissible dans le futur quartier d'habitation « Laangfur »,
- intègre les effets cumulés avec la ligne de tram existante se produisant aux abords du carrefour avenue Kennedy/boulevard Adenauer.

L'étude acoustique a donc fait l'objet d'une mise à jour sur la base de ces demandes. La version actualisée est disponible en annexe 03.

Phase chantier

S'il est admis que le chantier devrait durer environ 24 mois, un planning détaillé de ce dernier n'est pas encore connu.

Le document « planning travaux K2_APS_2207C_K2_GEN_D4550_NOT_000996_A » fournit cependant quelques indications sur la composition et les phases qui s'inscrivent dans ce chantier.

Il comprendra la construction de 3 stations, avec 3 mois de travail par station et la réalisation d'une sous-station, avec une durée estimée de 6 mois.

S'agissant d'un chantier linéaire, la durée totale du chantier ne s'applique pas à chaque point récepteur mais seulement une fraction de celle-ci si bien que la durée d'exposition au bruit au droit d'un point récepteur peut être considérée inférieure à une année calendaire. Les dispositions de l'article 5 du RGD modifié du 13 février 1979 s'applique donc bien au chantier du tronçon K2A.

Si la durée est comprise entre 6 mois et 1 an, le niveau de bruit admissible peut être surélevé de 10 dB.

Le Tab. 2 montre les niveaux de bruit à ne pas dépasser, suivant les distinctions établies en fonction de la nature du milieu d'habitat.

Tab. 2 : Niveaux de bruit admissibles selon RGD du 13/02/1979 en fonction de la nature du milieu d'habitat

Zone	Niveau de bruit [dB(A)]		Nature du milieu d'habitat
	jour	nuit	
I	45	35	hôpitaux, quartier de récréation
II	50	35	milieu rural, habitat calme, circulation faible
III	55	40	quartier urbain, majorité d'habitat, circulation faible
IV	60	45	quartier urbain avec quelques usines ou entreprises, circulation moyenne
V	65	50	centre ville (entreprises, commerces, bureaux, divertissements), circulation dense
VI	70	60	prédominance industrie lourde

Sur la base de ces éléments, les niveaux de bruit à respecter aux points d'immission ont été définis en distinguant ceux situés entre Pfaffenthal et l'entrée du PAP Laangfur et ceux implantés au droit du PAP Laangfur.

Le Tab. 3 présente une synthèse des éléments pris en considération et des niveaux de bruit finalement à respecter.


Tab. 3 : Prévion des niveaux de bruit à respecter (D2S International, 2022)

Points d'immission concernés	Zone Pfaffenthal – entrée PAP Laangfur	Zone PAP Laangfur
Description de la zone d'étude	<u>PAG</u>	<u>PAG</u>
	Zone mixte SPEC-MIX-cen Zone mixte MIX-u Zone résidentielle HAB-2	Zone résidentielle HAB-2
	<u>Nature du milieu d'habitat</u>	<u>Nature du milieu d'habitat</u>
	Ces points d'immission se situent au sein d'une zone agglomération et concernent des bâtiments administratifs et résidentiels	Ces points d'immission se situent au sein d'une zone agglomération et concernent des bâtiments résidentiels.
Bruit des infrastructures des transports	<u>Trafic routier</u>	<u>Trafic routier</u>
	Dense - Boulevard Konrad Adenauer	Moyen - PAP Laangfur
	LDEN [dB(A)]	LDEN [dB(A)]
	65-75	65-70
	LNGT [dB(A)]	LNGT [dB(A)]
	50-65	50-55
	<u>Trafic ferroviaire</u>	<u>Trafic ferroviaire</u>
	LDEN [dB(A)]	LDEN [dB(A)]
	non déterminé	non déterminé
	LNGT [dB(A)]	LNGT [dB(A)]
	non déterminé	non déterminé
	<u>Trafic aérien</u>	<u>Trafic aérien</u>
	LDEN [dB(A)]	LDEN [dB(A)]
	non déterminé	non déterminé
	LNGT [dB(A)]	LNGT [dB(A)]
	non déterminé	non déterminé
Justification	La zone d'étude concerne un quartier urbain avec des entreprises et une circulation dense. Le bruit issu du trafic routier à proximité de certains points d'immission est important.	La zone d'étude concerne un quartier urbain avec des futures habitations et une circulation moyenne.
Proposition de zone selon art. 3 du RGD 13-02-1979 ⁽¹⁾	Zone V : centre-ville (entreprises, commerces, bureaux, divertissements), circulation dense	Zone IV : quartier urbain avec quelques usines ou entreprises, circulation moyenne
Selon art. 5 du RGD 13-02-1979 ⁽¹⁾	Dépend du planning détaillé	Dépend du planning détaillé
Cumul de chantier	pas d'application	pas d'application
Niveaux de bruit à ne pas dépasser en dB(A) en période jour	65 dB(A)	60 dB(A)

Le phasage, les scénarii étudiés et les points récepteurs (identiques à ceux de la phase exploitation) restent semblables à ce qui est décrit dans le rapport d'évaluation.

Les scénarios étudiés aboutissent aux résultats présentés dans le Tab. 4.

Tab. 4 : Résultats de l'étude acoustique par scénario chantier (D2S International, 2022).

Scénarii	Commentaires
1	<p>Résultats :</p> <p>Si le chantier est organisé de manière à ce que l'article 5 s'applique, il n'y aura pas de dépassements.</p> <p>Dans le cas contraire, on observe des dépassements dans tous les points récepteurs. Ceci est principalement causé par la faible distance entre le chantier et les façades.</p> <p>Il importe de noter que les niveaux de bruit calculés sont souvent inférieurs ou du même ordre de grandeur que l'impact du trafic routier.</p> <p>Mesures de mitigation :</p> <p>Les dépassements atteignent 7 dB dans la zone entre Pfaffenthal et l'entrée du PAP Laangfur et jusqu'à 8,5 dB dans la zone du PAP Laangfur. Une mesure relative au temps de fonctionnement du chantier ne sera pas suffisamment efficace.</p> <p>Une simulation avec un écran de 4 m a été réalisée. La réduction du bruit est notable mais des dépassements sont encore attendus au niveau des étages supérieurs qui ne peuvent être couverts par l'écran.</p>
2	<p>Résultats :</p> <p>Dépassements de tous les points récepteurs. Cela s'explique par la faible distance entre le chantier et les façades ainsi que par l'utilisation d'un brise-roche.</p> <p>Mesures de mitigation :</p> <p>Une simulation intégrant un écran anti-bruit comparable à celui proposé dans le scénario 1 a été réalisée. Son effet ici est très faible si bien que l'utilisation d'un brise-roche est à prescrire au profit d'un ripper / d'une fraise (- 8 dB).</p> <p>Ces deux mesures (mise en place d'un écran et utilisation d'un ripper/une fraise) permettent une nette diminution de l'impact mais des dépassements sont encore attendus au niveau des étages supérieurs.</p> <p>Si le chantier est organisé de manière à ce que l'article 5 s'applique, les mesures de mitigation permettent d'éviter des dépassements.</p>
3	<p>Résultats :</p> <p>Un unique dépassement est observé au droit du récepteur n°27 situé à proximité de la SST.</p> <p>Si le chantier est organisé de manière à ce que l'article 5 s'applique, il n'y aura plus de dépassement.</p> <p>Mesures de mitigation :</p> <p>L'ajout d'un écran anti-bruit devant ce bâtiment lors des travaux d'excavation est envisageable. Une simulation a été menée avec un écran d'une hauteur de 5 m, disposé comme cela est représenté sur la figure ci-dessous (l'écran est en bleu). L'effet de l'écran est considérable avec une réduction atteignant environ 6 dB. Au niveau des étages supérieurs, de légers dépassements sont encore attendus.</p> 

4	<p>Résultats : Plusieurs dépassements observés au droit de récepteurs situés à proximité de la SST.</p> <p>Mesures de mitigation : Les dépassements sont importants si bien que l'utilisation d'un brise-roche est à exclure. Une simulation a été menée avec un ripper / une fraise et un écran comparable à celui proposé dans le scénario 3. L'effet d'atténuation est conséquent mais de légers dépassements subsistent au niveau des étages supérieurs des bâtiments situés juste à côté du chantier. Toutefois, si le chantier est organisé de manière à ce que l'article 5 s'applique, les mesures de mitigation permettent d'éviter les dépassements.</p>
5	<p>Résultats : Dépassements de quasiment tous les points récepteurs. Cela s'explique par la faible distance entre le chantier et les façades. Il est à noter que les niveaux de bruit calculés sont souvent inférieurs ou du même ordre de grandeur que l'impact du trafic routier. Si le chantier est organisé de manière à ce que l'article 5 s'applique, les mesures de mitigation permettent d'éviter les dépassements.</p> <p>Mesures de mitigation : Une simulation comparable à celle du scénario 1 a été réalisée. Les résultats sont également comparables avec un faible effet de l'écran et des valeurs de bruit aux étages supérieurs des bâtiments dépassant les seuils.</p>
6	<p>Résultats : Dépassements de tous les points récepteurs.</p> <p>Mesures de mitigation : Dans la simulation menée, toutes les sources sont modélisées simultanément ce qui correspond à une surestimation. En vérité, le dépassement sera ponctuel géographiquement parlant mais également temporellement parlant (environ 1h par station) du fait du déplacement de l'équipe de forage.</p>

Phase exploitation

Les modifications apportées à l'étude ont en premier lieu concerné les données de base intégrées au logiciel de modélisation IMMI.

Les principales données de base qui ont été rectifiées sont les suivantes :

- Les fréquences de passage des trams considérés dans la modélisation sont présentées dans le Tab. 5. Les fréquences maximales considérées sont de 10 passages/heure pendant le jour et 6 passages/heure la nuit.

Tab. 5 : Tableau horaire des fréquences de passage des trams sur la ligne K2A (LUXTRAM S.A., 2022).

Jour	Période		Fréquence [minutes]
	Début	Fin	
Du lundi au vendredi (ou samedi et jours fériés lors d'évènements particuliers)	04h30	06h30	10
	06h30	09h30	6
	09h30	16h00	8
	16h00	19h30	6
	19h30	21h00	10
	21h00	00h30	15
Samedi	04h30	08h00	15
	08h00	19h00	8
	19h00	01h00	15
Dimanche et jours fériés	06h00	00h00	15

- Les revêtements de voie introduits sont cohérents avec ceux présentés dans l'APS. L'étude initiale avait considéré un revêtement à base de ballast alors que la version modifiée intègre notamment des revêtements végétalisés à base de sédum.
- La vitesse des rames considérée sur le tronçon K2 est celle figurant sur le diagramme des vitesses de la Figure 12.

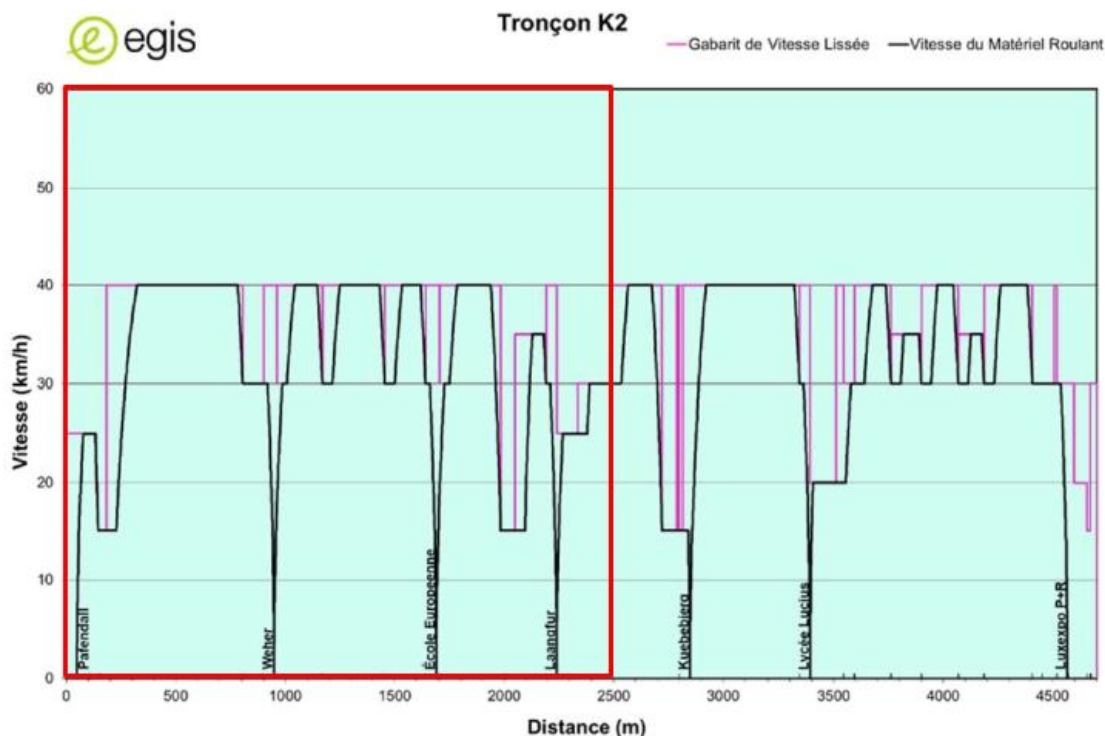


Figure 12 : Diagramme des vitesses de Pfaffenthal à Luxexpo P+R (Egis, 2022).

- Le matériel roulant considéré est de type CAF/URBOS. La modélisation des sources de bruit a tenu compte de trams à planchers rabaissés présentant 10 essieux.
- Les niveaux maximums de bruit ont été calculés au droit de 49 bâtiments existants ou futurs disposés le long du tracé. Pour chaque bâtiment, le niveau de bruit a été calculé à 3 hauteurs (1,5 / 4,5 et 7,5 m).
- La campagne de mesure a fourni des indications sur les niveaux de bruit atteint au droit du futur tracé.

Les valeurs limites considérées sont de 64 dB(A) en journée et de 54 dB(A) la nuit (zone 3). Toutefois certains secteurs résidentiels du boulevard Adenauer ainsi que le futur quartier « Laangfur » ont été considérés en zone 2 et sont donc soumis aux valeurs seuils de 59 dB(A) en journée et 49 dB(A) la nuit.

Ces valeurs sont conformes à celles de la réglementation allemande « 16. BImSchV. » présentées dans le Tab. 6.

Une exception toutefois avec les bâtiments 27 à 30, qui sont des écoles, et qui se sont vus appliqués les valeurs seuils de la zone 1, ce qui est une approche conservatrice compte tenu de l'ambiance sonore actuelle mesurée qui correspond plutôt à une zone 3.

Tab. 6 : Valeurs seuil recommandées selon la réglementation allemande « 16. BImSchV. » (D2S International, 2022).

Zone	Description	Jour	Nuit
1	Hôpitaux, écoles, maisons de cure et séniories	57	47
2	Zones résidentielles pures et générales, petites agglomérations	59	49
3	Zones centre-ville, zones villageoises et mixtes	64	54
4	Zones d'activités	69	59

Les résultats obtenus sont présentés dans le Tab. 7.

Tab. 7 : Evaluation des niveaux de bruit maximums calculés (D2S International, 2022).

Bâtiment	Niveaux prédits		Limites zone 1		Limites zone 2		Limites zone 3	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
01	52.7	50.5	/	/	/	/	64	54
02	55.5	53.2	/	/	/	/	64	54
03	52.3	50.1	/	/	/	/	64	54
04	54.6	52.4	/	/	/	/	64	54
05	54.2	52.0	/	/	/	/	64	54
06	58.0	55.7	/	/	/	/	64	54
07	54.4	52.2	/	/	/	/	64	54
08	56.1	53.9	/	/	/	/	64	54
09	54.4	52.2	/	/	59	49	64	54
10	52.5	50.3	/	/	59	49	64	54
11	53.6	51.4	/	/	59	49	64	54
12	53.4	51.1	/	/	59	49	64	54
13	52.9	50.7	/	/	59	49	64	54
14	52.9	50.7	/	/	59	49	64	54
15	53.7	51.4	/	/	59	49	64	54
16	51.5	49.3	/	/	59	49	64	54
17	49.0	46.8	/	/	59	49	64	54
18	52.1	49.9	/	/	59	49	64	54
19	51.0	48.8	/	/	59	49	64	54
20	51.2	48.9	/	/	59	49	64	54
21	52.1	49.9	/	/	59	49	64	54
22	53.4	51.2	/	/	59	49	64	54
23	53.9	51.7	/	/	59	49	64	54
24	53.3	51.1	/	/	59	49	64	54
25	53.2	51.0	/	/	59	49	64	54
26	49.4	47.2	/	/	59	49	64	54
27	53.2	51.0	57	47	/	/	/	/
28	51.9	49.7	57	47	/	/	/	/
29	52.1	49.8	57	47	/	/	/	/
30	52.7	50.5	57	47	/	/	/	/
31	49.0	46.8	/	/	59	49	64	54
32	49.6	47.4	/	/	59	49	64	54
33	52.2	50.0	/	/	59	49	64	54
34	52.1	49.8	/	/	59	49	64	54
35	54.5	52.3	/	/	59	49	64	54
36	54.8	52.5	/	/	59	49	64	54
37	52.4	50.2	/	/	59	49	64	54
38	52.5	50.2	/	/	59	49	64	54
39	52.7	50.5	/	/	59	49	64	54
40	55.7	53.5	/	/	59	49	64	54
41	54.7	52.5	/	/	59	49	64	54
42	55.5	53.3	/	/	59	49	64	54
43	56.8	54.6	/	/	59	49	64	54
44	55.1	52.9	/	/	59	49	64	54
45	46.7	44.5	/	/	59	49	64	54
46	55.6	53.4	/	/	59	49	64	54
47	54.6	52.4	/	/	59	49	64	54
48	52.8	50.6	/	/	59	49	64	54
49	55.5	53.3	/	/	59	49	64	54

Les valeurs relatives à la période de jour sont conformes aux limites, pour toutes les zones considérées. Concernant la période de nuit, les niveaux prédits dépassent les valeurs seuils au droit de nombreux points. Les limites en zone 2 sont particulièrement concernées par les dépassements de nuit, seules deux valeurs sont dépassées en zone 3. Pour les zones 3, il convient toutefois de souligner que les dépassements sont généralement faibles (au maximum 1,7 dB / point 6) et que la fréquence de passages maximale de 6 trams par heure a été considérée de nuit, bien que cette fréquence ne soit pas appliquée sur l'ensemble de la période.

Des mesures de mitigation sont applicables sur le tronçon K2A afin de réduire les incidences sonores en phase d'exploitation.

Les résultats des zones 3 laissent apparaître 2 dépassements au droit des points 6 et 43. Ces dépassements ont lieu entre 05h00 et 06h00 du matin, lorsque la fréquence de passage est de 1 tram toutes les 10 minutes.

Afin de réduire les niveaux de bruit au droit de ces points, la vitesse des rames peut être abaissée de 30 km/h (considérée dans la modélisation) à 20 km/h. Toutefois, les points 6 et 43 étant situés à proximité d'une station, la vitesse des rames y sera plus proche des 20 que des 30 km/h et les dépassements modélisés ont donc peu de chance de se produire. Aucun impact n'est donc attendu au droit de ses deux points.

Pour les zones 2, des dépassements en période de nuit sont attendus sur de nombreux points. Ils sont généralement de 2 à 3 dB à l'exception du point 43 présentant un dépassement de 5,6 dB.

Le revêtement considéré dans la modélisation étant déjà principalement une voie avec végétation (sédum), qui présente donc une certaine absorption acoustique, il n'est pas possible de proposer une mesure portant sur ce paramètre.

D'autres mesures, par exemple les écrans de bruit au niveau des voies, ne constituent pas une solution applicable en milieu urbain.

Il apparaît donc que la mesure la plus efficace sera une réduction de la vitesse. Une réduction de vitesse d'environ 50 % sera nécessaire pour réduire le niveau de bruit de 3 dB. Une réduction de 5,6 dB au droit du point 43 nécessitera une réduction conséquente de la vitesse des rames, de plus de 75 %. Celles-ci ne pourront circuler qu'à 8 km/h sur ces portions.

Pour la zone 1 (école européenne), des dépassements de nuit sont attendus. Après confirmation, un concierge y est présent la nuit sans toutefois connaître la localisation de la chambre à coucher. En outre, les niveaux ambiants actuels sont bien supérieurs à une zone 1 et ne sont donc de toute manière pas respectés aujourd'hui. En considérant une zone 2, les niveaux projetés seront tout de même supérieur à la limite mais faiblement. Tandis qu'en considérant une zone 3, les limites seraient respectées.

Effets cumulés (point 3.1.4 et 3.8.1 du MECDD)

L'effet cumulatif entre l'extension K2A et la ligne existante sur l'avenue Kennedy a été étudié. Pour cela, il a fallu décrire cette dernière sur la base des éléments suivants :

- Les horaires et fréquences considérées sont ceux du Tab. 8.

Tab. 8 : Fréquence de circulation du tram actuel (Luxtram, 2022).

HORAIRES ET FRÉQUENCES DE CIRCULATION DU TRAM			
« LUXEXPO » direction « LYCEE BOUNEWEG »		« LYCEE BOUNEWEG » direction « LUXEXPO »	
LUNDI A VENDREDI	Fréquence	LUNDI A VENDREDI	Fréquence
04h22* – 04h37	15 minutes	04:53* – 05h08	15 minutes
04h45 – 06h05	8 minutes	05h19 – 06h39	8 minutes
06h09 – 20h01	4 minutes	06h43 – 20h35	4 minutes
20h09 – 20h40	8 minutes	20h42 – 21h14	8 minutes
20h50 – 22h50	10 minutes	21h24 – 23h24	10 minutes
23h05 – 00h05**	15 minutes	23h36 – 00h39**	15 minutes

Les fréquences maximales considérées sont de 15 passages/heure pendant le jour et 6 passages/heure la nuit.

- Les revêtements de voie considérés sont ceux observés sur site.
- Le matériel roulant modélisé est du type CAF/URBOS. La modélisation des sources permet d'introduire des trams à plancher surbaissé avec 10 essieux

Actuellement, les trams de la ligne existante sont d'une longueur de 45,4 m (7 modules, 8 essieux), mais pour anticiper sur la situation future, les calculs ont été faits avec des trams plus longs (9 modules, 56 m, 10 essieux).

- Les vitesses considérées sont les suivantes : 25 km/h entre l'arrêt Pfaffenthal et le carrefour, 30 km/h sur le carrefour et 40 km/h sur la voie engazonnée en direction de Luxexpo.
- Les niveaux cumulés de bruit ont été calculés au droit de 7 points d'évaluation disposés comme représentés sur la Figure 13. Pour chaque point, le niveau de bruit a été calculé à 3 hauteurs (1,5 / 4,5 et 7,5 m). Les points d'évaluation ont été implantés comme présentés sur la Figure 13



Figure 13 : Modèle acoustique du carrefour Kennedy/Adenauer (D2S international, 2022).

Les résultats obtenus sont présentés dans le Tab. 9.

Les valeurs limites considérées sont celles correspondant à la zone 3.

La colonne « Tronçon K2 » donne les résultats propres au nouveau tronçon K2A, la colonne « ligne existante » ceux de la ligne de l'avenue Kennedy et la colonne « Effet cumulatif » présente les résultats du calcul de l'effet cumulé des deux lignes de tramway.

Les niveaux de bruit attendus pendant la journée et la nuit ne dépassent pas les limites admissibles.

Tab. 9 : Niveaux maximaux de bruit modélisés (D2S, 2022).

Bâtiment / Point d'évaluation	Hauteur point d'immission	Niveaux prédits Tronçon K2		Niveaux prédits Ligne existante (J.F. Kennedy)		Niveaux prédits Effet cumulatif		Limites	
		[dB(A)]							
		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
02 A	1.5 m	36.6	34.3	49.9	46.0	50.1	46.3	64.0	54.0
02 A	4.5 m	37.2	35.0	52.2	48.2	52.3	48.4	64.0	54.0
02 A	7.5 m	37.8	35.6	52.8	48.8	52.9	49.0	64.0	54.0
02 B	1.5 m	38.1	35.9	49.9	46.0	50.2	46.4	64.0	54.0
02 B	4.5 m	38.9	36.7	52.2	48.2	52.4	48.5	64.0	54.0
02 B	7.5 m	39.7	37.5	52.8	48.8	53.0	49.1	64.0	54.0
02 C	1.5 m	40.1	37.8	50.0	46.0	50.4	46.6	64.0	54.0
02 C	4.5 m	41.1	38.9	52.2	48.3	52.6	48.7	64.0	54.0
02 C	7.5 m	42.2	40.0	52.8	48.8	53.2	49.4	64.0	54.0
02 D	1.5 m	47.3	45.1	47.7	43.8	50.5	47.5	64.0	54.0
02 D	4.5 m	49.0	46.8	49.9	46.0	52.5	49.4	64.0	54.0
02 D	7.5 m	50.3	48.1	50.6	46.6	53.5	50.4	64.0	54.0
02 E	1.5 m	48.3	46.0	44.8	40.8	49.9	47.2	64.0	54.0
02 E	4.5 m	50.4	48.2	46.0	42.1	51.8	49.2	64.0	54.0
02 E	7.5 m	51.1	48.9	47.3	43.3	52.6	50.0	64.0	54.0
02 F	1.5 m	49.9	47.7	43.5	39.6	50.8	48.3	64.0	54.0
02 F	4.5 m	52.1	49.9	44.4	40.4	52.8	50.4	64.0	54.0
02 F	7.5 m	52.3	50.0	45.3	41.3	53.0	50.6	64.0	54.0
02 G	1.5 m	52.6	50.4	42.2	38.2	53.0	50.7	64.0	54.0
02 G	4.5 m	53.9	51.7	42.9	38.9	54.2	51.9	64.0	54.0
02 G	7.5 m	53.6	51.4	43.5	39.6	54.0	51.7	64.0	54.0

Conclusions de l'étude acoustique

Les incidences sonores de la phase chantier ont mis en évidence des dépassements pendant la plupart des phases de travaux, principalement à cause de la faible distance entre la zone de travaux et les façades des bâtiments. En appliquant l'article 5 du RGD du 13 février 1979, aucune mesure de mitigation n'est nécessaire. S'il ne s'applique pas, un écran au niveau de l'école européenne doit être installé ou alors les travaux peuvent être réalisés durant les vacances scolaires. Dans tous les cas, l'utilisation d'un brise roche est à exclure.

Des mesures de réduction de l'impact proposées s'avèrent efficaces sauf pour les étages les plus élevés qui restent exposés à une incidence sonore du chantier.

En phase APD, il pourra être vérifié si l'article 5 du RGD du 13 février 1979 s'applique ou non.

En phase exploitation, les niveaux de bruit modélisés pour la journée ne dépassent pas les valeurs seuils, au contraire des niveaux attendus pour la période de nuit, notamment dans les secteurs classés en zone 2.

Il convient toutefois de préciser certains aspects :

- La modélisation acoustique réalisée tient compte de la situation actuelle et ne considère pas les modifications à venir en termes d'intensité de trafic (voitures, bus...) dus au réaménagement des voiries et à l'adaptation des lignes de bus,
- Le linéaire compris entre les bâtiments 1 et 9 se compose essentiellement de bâtiments administratifs, sans occupation de nuit, où les dépassements n'auront pas d'impact,
- Les points d'évaluation considérés sont les plus proches de la voirie ce qui constitue une situation plus défavorable,
- Les fréquences de passage les plus élevées ont été utilisées pour l'analyse. Par exemple pour la période de nuit, c'est entre 4h30 et 6h00 du matin que la fréquence de passage est la plus élevée ce qui influe grandement les résultats.
- L'ambiance sonore actuelle dans le boulevard K. Adenauer (bâtiments 1 à 31) correspond plutôt à une zone 3 (niveau moyen de jour se situe autour de 64 dB(A) et le niveau moyen de nuit autour de 56-58 dB(A).).

Après prise en compte des résultats des modélisations et des remarques formulées ci-dessus, l'incidence acoustique du tramway peut être qualifié d'acceptable, même si de légers dépassements subsistent.

Dans les secteurs classés en zone 2, le respect de la valeur limite est plus compliqué et nécessite une combinaison de mesures alliant réduction de vitesse et réduction de la fréquence des rames. Néanmoins, à l'heure actuelle le type de locaux (habitats ou administratifs) présents au droit des différents PAP classés en zones 2 n'est pas défini avec certitude. En considérant les limites de la zone 3 plutôt qu'une zone 2, ce qui correspond pour le boulevard au niveau sonore actuel, les limites de jour comme de nuits seraient toutes respectées sauf pour deux points durant la nuit (bâtiments 06 et 43) qui sont situés à proximité d'une station, où la vitesse réelle serait sans doute inférieure à celle définie dans l'APS, laissant les experts conclure que les limites de bruit seraient en réalité très probablement respectées. En outre le bâtiment 06 étant la cour de justice, une utilisation de nuit n'est pas supposée. Il serait donc judicieux de vérifier si la considération d'une zone 2 (ou 1 concernant l'école) est pertinente ou non, une fois que des informations plus détaillées seraient disponibles.

D'autres solutions peuvent être proposées comme le renforcement de l'isolement des façades existantes et l'utilisation de cette étude acoustique comme référence pour les constructions encore non bâties (les PAP le long du boulevard et le PAP *Laangfur*) afin de dimensionner l'isolement acoustique des façades à construire.

L'effet cumulatif avec la ligne existante sur l'avenue Kennedy a également été étudié. Il apparaît que les valeurs limites « 16. BIm Sch V. » ne sont pas dépassées.

2.3.2 Population et santé humaine : vibrations

Point 3.1.5 et 3.1.6 de l'avis du MECDD et avis de l'AEV : Actualisation de l'étude vibratoire en phase avec l'APS et considérer effets cumulés

Différentes remarques ont été formulées par le MECDD et l'AEV au sujet de l'étude vibratoire réalisée en mars par D2S.

Il s'agissait notamment de :

- 1) la longueur du véhicule (45 m au lieu de 56 m possible),
- 2) De spécifier uniquement le nombre de passages par jour et par nuit sans spécifier les horaires,
- 3) De l'absence de considération du cumul des vibrations avec les vibrations émises par la ligne existante,
- 4) la présentation des résultats de calculs diverge de celle fixée par la norme,
- 5) le schéma décisionnaire de la procédure d'évaluation n'a pas été appliqué dans son entièreté
- 6) erreur de formulation
- 7) L'impact de la hauteur des bâtiments est à clarifier,
- 8) Erreur de la limite pour le niveau de bruit maximal pour zones mixtes MIX-u et SPEC-Mix-cen.

Pour répondre à ces remarques, l'étude vibratoire a été actualisée (annexe 04).

Pour répondre aux points susmentionnés, l'étude a ajouté ces informations :

- 1) Le spectre de densité d'effort a été déterminé pour le tram qui roule sur les lignes existantes. Il s'agit d'un tram de 8 modules avec une longueur de 45 m, bien que la nouvelle ligne soit exploitée avec des trams avec 10 modules et une longueur de 56 m. Toutefois, la longueur n'a aucune influence sur le spectre de densité d'effort.
- 2) Le tableau horaire a été ajouté à la figure 3.1 de l'étude
- 3) Un chapitre a été ajouté concernant le cumul des vibrations avec la ligne existante (chapitre 4.4 de l'étude). Le seul bâtiment pouvant être concerné est la cour de justice. La distance minimale entre la voie existante et le bâtiment est d'environ 23 m. Sur la base des calculs effectués pour la nouvelle voie, en considérant que la configuration de la voie et les véhicules sont similaires, cette distance est suffisante d'après les experts afin de ne pas provoquer des dépassements des normes applicables. Au niveau du coin du bâtiment, la distance minimale entre la future voie et le bâtiment est de seulement 12 m. Toutefois, une voie antivibratoire est préconisée pour la future voie, afin de ne pas causer des dépassements. Comme la future voie et la voie existante ne provoquent pas des dépassements, un effet cumulé n'est pas attendu.
- 4) Les résultats de l'étude sont à présents sous forme KB, conforme à la DIN 4150-2.

- 5) Une clarification dans l'étude a été ajoutée quant au schéma décisionnaire de la norme afin d'éviter toute confusion.
- 6) L'AEV était étonnée que D2S mentionne qu'aucune évaluation n'ait été faite (p. 9 de l'étude). Ceci était une erreur de formulation et a été reprise dans cette présente étude. Ceci a été reformulé comme suit : « Les mesures « état initial » sont des mesures de référence. Une évaluation directe n'est pas possible, comme les mesures ont été effectuées à l'extérieur des bâtiments, bien que la norme DIN 4150-2 nécessite une mesure à l'intérieur. Toutefois, en tenant compte de la position des points de mesure, une évaluation indirecte est possible. » (cf. p. 9 de l'étude en annexe 04).
- 7) Au chapitre 3.3 de l'étude, il a été ajouté que la hauteur du bâtiment a une influence indirecte sur ce couplage sol-fondations ; un bâtiment plus haut est généralement plus lourd. Un bâtiment plus lourd apporte une atténuation plus importante ; la fréquence de découplage (la fréquence à partir de laquelle une atténuation est observée) est généralement plus faible et l'atténuation vibratoire dans les hautes fréquences est plus importante.
- 8) Bien que l'AEV ait uniquement mentionné la nécessité de considérer les limites résidentielles pour le bruit solidien dans les zones où des bâtiments résidentiels sont présents, les limites de la norme DIN et du bruit solidien ont également été effectués sur la base de la nature des bâtiments (résidentiel, école etc.) selon les informations disponibles. Pour la zone HAB-2, les limites pour des bâtiments résidentiels ont été considérées.

Les principaux résultats et conclusions de l'étude actualisée sont donc repris ici. Les Figure 14 à Figure 19 représentent les points d'évaluation de l'étude. Pour le bâtiment 42, le calcul a été effectué en tenant compte de la présence d'un appareil de voie

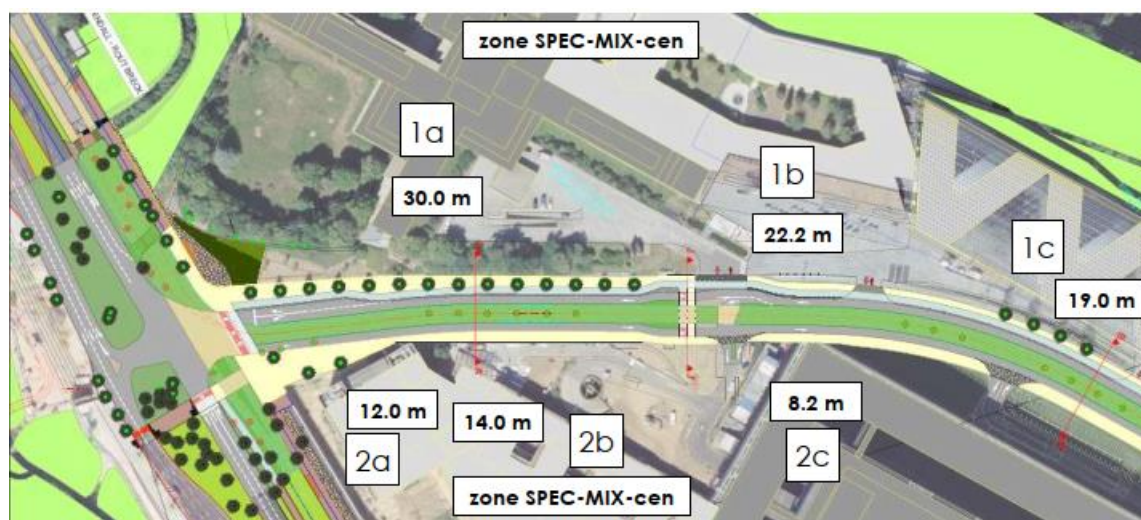


Figure 14 : Points d'évaluation de l'étude – partie 1 (D2S, 2022).

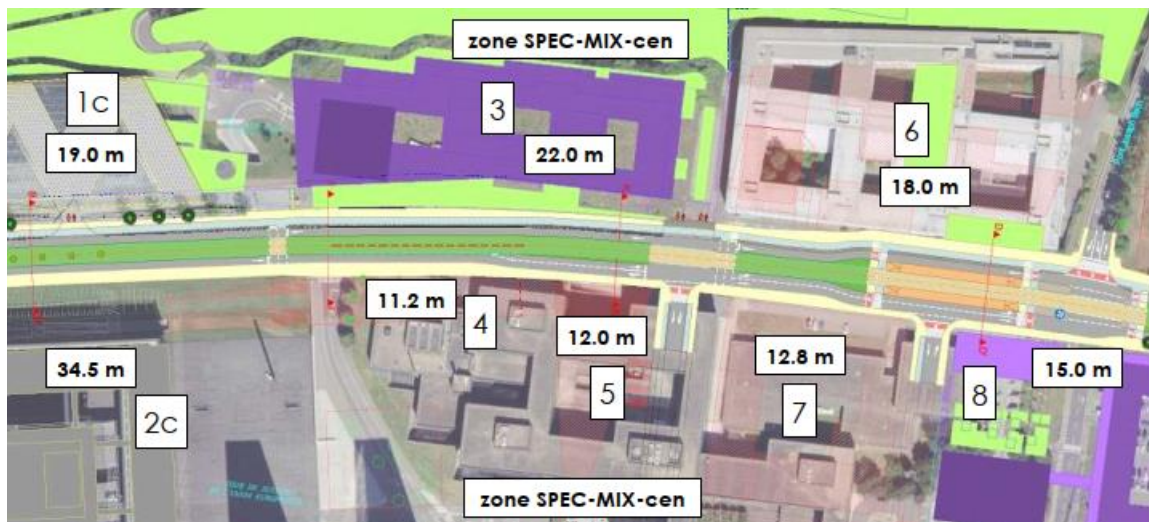


Figure 15 : Points d'évaluation de l'étude – partie 2 (D2S, 2022).

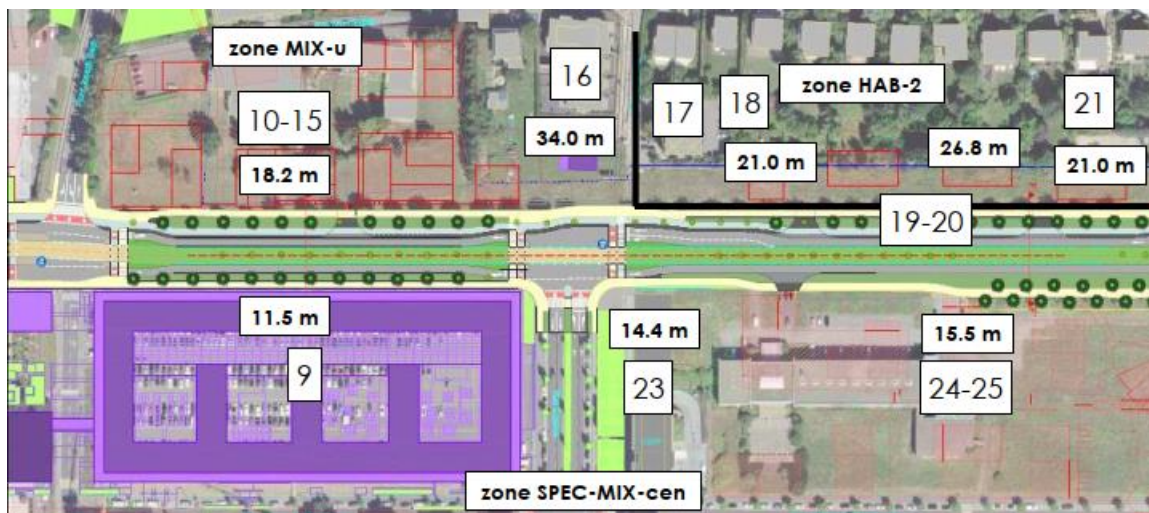


Figure 16 : Points d'évaluation de l'étude – partie 3 (D2S, 2022).

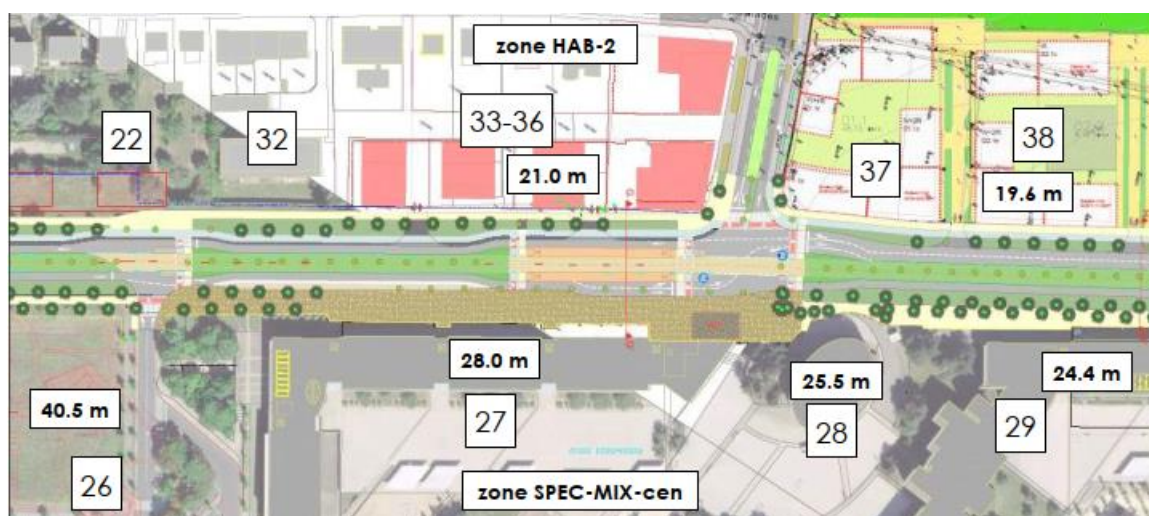


Figure 17 : Points d'évaluation de l'étude – partie 4 (D2S, 2022).



Figure 18 : Points d'évaluation de l'étude – partie 5 (D2S, 2022).



Figure 19 : Points d'évaluation de l'étude – partie 6 (D2S, 2022).

Les résultats de l'étude (Figure 20) montrent qu'une voie de référence ne suffira pas à beaucoup d'endroits pour garantir que les vibrations et le bruit solidien dans les bâtiments respecteront les réglementations applicables.

					Vibrations							Bruit solidien	
Point	Bâtiment	Zone DIN 4150-2	Vitesse	Distance	KB _{Fir} _{max}	Limite A _u (jour)	Limite A _u (nuit)	KB _{Fir} jour	Limite A _v	KB _{Fir} nuit	Limite A _v	Niveau	Limite
1a	Commercial	3	40	30,0	0,02	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	34,5	45,0
1b	Commercial	3	40	22,2	0,03	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	41,7	45,0
1c	Commercial	3	40	19,0	0,04	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	44,7	45,0
2a	Public	3	40	12,0	0,11	0,20	0,15	0,04	0,1	0,02	0,07	53,1	45,0
2b	Public	3	40	14,0	0,08	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	50,6	45,0
2c	Public	3	40	8,2	0,20	0,20	0,15	0,07	0,1	0,04	0,07	59,6	45,0
2d	Public	3	40	34,5	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	31,4	45,0
3	Inconnu	4	40	22,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	41,7	40,0
4	Inconnu	4	40	11,2	0,12	0,15	0,1	0,05	0,07	0,03	0,05	54,7	40,0
5	Inconnu	4	40	12,0	0,11	0,15	0,1	0,04	0,07	0,02	0,05	53,1	40,0
6	Inconnu	4	40	18,0	0,05	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	45,8	40,0
7	Inconnu	4	40	15,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	49,3	40,0
8	Inconnu	4	40	15,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	49,3	40,0
9	Inconnu	4	40	11,5	0,13	0,15	0,1	0,05	0,07	0,03	0,05	52,1	40,0
10-15	Résidentiel	4	40	18,2	0,06	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	43,8	40,0
16	Inconnu	4	40	34,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	28,8	40,0
17	Résidentiel	4	40	40,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	24,3	40,0
18	Résidentiel	4	40	21,0	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	40,5	40,0
19-20	Résidentiel	4	40	26,8	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	34,7	40,0
21-22	Résidentiel	4	40	21,0	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	40,5	40,0
23	Inconnu	4	40	14,4	0,09	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	48,1	40,0
24-25	Inconnu	4	40	15,5	0,08	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	46,7	40,0
26	Inconnu	4	40	40,5	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	24,3	40,0
27	Commercial	3	40	28,0	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	24,3	45,0
28	Commercial	3	40	25,5	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	25,3	45,0
29	Commercial	3	40	24,4	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	27,1	45,0
30	Inconnu	4	15	24,4	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	21,5	40,0
32	Résidentiel	4	40	40,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	15,5	40,0
33-36	Résidentiel	4	40	21,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	30,4	40,0
37-38	Résidentiel	4	40	19,6	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	32,8	40,0
39	Résidentiel	4	40	19,6	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	35,1	40,0
40	Résidentiel	4	35	12,0	0,06	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	42,9	40,0
41	Résidentiel	4	35	10,3	0,08	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	45,9	40,0
42	Résidentiel	4	30	12,0	0,17	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	51,6	40,0
43	Résidentiel	4	30	10,3	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	44,6	40,0
44	Résidentiel	4	30	10,3	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	44,6	40,0
45	Résidentiel	4	30	55,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	15,6	40,0
46	Résidentiel	4	30	10,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	44,6	40,0
47	Résidentiel	4	30	10,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	44,6	40,0
48	Résidentiel	4	30	18,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	34,2	40,0
49	Résidentiel	4	30	10,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	44,6	40,0

Figure 20 : Résultats des calculs avec une voie de référence (D2S, 2022).

C'est pourquoi des calculs ont été effectués avec des type de pose 8 dB, 16 dB et 20 dB afin de respecter les critères applicables.

Les résultats (Figure 21 à Figure 23) montrent qu'à certains endroits une pose de voie 8 dB est suffisante (au sein du PAP Laangfur par exemple), néanmoins notamment au niveau des futurs PAP dans le boulevard, un type de voie 16 dB est nécessaire. Au niveau de l'appareil de voie dans le PAP Laangfur, une dalle flottante (20 dB) est nécessaire (voir Figure 24 à Figure 29). Au niveau de l'appareil de voie (bâtiments 42), il est constaté que le niveau vibratoire augmente de manière significative avec un système « -16 dB » et avec un système « -20 dB ». Cet effet est causé par le pic de résonance du système antivibratoire, un pic qui est généralement moins exprimé en réalité. Pour cette raison, et pour le respect des limites du bruit solidien, les experts recommandent également une voie type « -20 dB ».

Les conclusions dans le rapport EIE sont donc obsolètes et ces présentes conclusions sont donc à considérer.

					Vibrations							Bruit soliden	
Point	Bâtiment	Zone DIN4150-2	Vitesse	Distance	KB _{Fmax}	Limite A _u (jour)	Limite A _u (nuit)	KB _{Ftr} jour	Limite A _r	KB _{Ftr} nuit	Limite A _r	Niveau	Limite
1a	Commercial	3	40	30,0	0,02	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	29,7	45,0
1b	Commercial	3	40	22,2	0,03	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	35,8	45,0
1c	Commercial	3	40	19,0	0,04	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	38,5	45,0
2a	Public	3	40	12,0	0,09	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	46,0	45,0
2b	Public	3	40	14,0	0,07	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	43,6	45,0
2c	Public	3	40	8,2	0,15	0,20	0,15	0,06	0,1	0,03	0,07	51,6	45,0
2d	Public	3	40	34,5	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	26,7	45,0
3	Inconnu	4	40	22,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	35,8	40,0
4	Inconnu	4	40	11,2	0,10	0,15	0,1	0,04	0,07	0,02	0,05	47,2	40,0
5	Inconnu	4	40	12,0	0,09	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	46,0	40,0
6	Inconnu	4	40	18,0	0,05	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,4	40,0
7	Inconnu	4	40	15,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	42,5	40,0
8	Inconnu	4	40	15,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	42,5	40,0
9	Inconnu	4	40	11,5	0,14	0,15	0,1	0,05	0,07	0,03	0,05	47,4	40,0
10-15	Résidentiel	4	40	18,2	0,06	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,8	40,0
16	Inconnu	4	40	34,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	25,9	40,0
17	Résidentiel	4	40	40,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	21,7	40,0
18	Résidentiel	4	40	21,0	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	36,8	40,0
19-20	Résidentiel	4	40	26,8	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	31,4	40,0
21-22	Résidentiel	4	40	21,0	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	36,8	40,0
23	Inconnu	4	40	14,4	0,09	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	44,6	40,0
24-25	Inconnu	4	40	15,5	0,08	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	42,4	40,0
26	Inconnu	4	40	40,5	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	21,7	40,0
27	Commercial	3	40	28,0	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	15,2	45,0
28	Commercial	3	40	25,5	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	17,1	45,0
29	Commercial	3	40	24,4	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	18,1	45,0
30	Inconnu	4	15	24,4	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	19,3	40,0
32	Résidentiel	4	40	40,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	6,1	40,0
33-36	Résidentiel	4	40	21,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	21,3	40,0
37-38	Résidentiel	4	40	19,6	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	22,3	40,0
39	Résidentiel	4	40	19,6	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	31,9	40,0
40	Résidentiel	4	35	12,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	38,1	40,0
41	Résidentiel	4	35	10,3	0,09	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	40,5	40,0
42	Résidentiel	4	30	12,0	0,18	0,15	0,1	0,07	0,07	0,04	0,05	46,8	40,0
43	Résidentiel	4	30	10,3	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,2	40,0
44	Résidentiel	4	30	10,3	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,2	40,0
45	Résidentiel	4	30	55,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	15,6	40,0
46	Résidentiel	4	30	10,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,2	40,0
47	Résidentiel	4	30	10,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,2	40,0
48	Résidentiel	4	30	18,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	30,6	40,0
49	Résidentiel	4	30	10,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	39,2	40,0

Figure 21 : Résultats des mesures de mitigation « 8dB » (D2S, 2022).

Point	Bâtiment	Zone DIN4150-2	Vitesse	Distance	Vibrations							Bruit solide	
					KB _{FMax}	Limite A _u (jour)	Limite A _u (nuît)	KB _{FTr} jour	Limite A _v	KB _{FTr} nuît	Limite A _v	Niveau	Limite
1a	Commercial	3	40	30,0	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	17,8	45,0
1b	Commercial	3	40	22,2	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	24,3	45,0
1c	Commercial	3	40	19,0	0,02	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	27,1	45,0
2a	Public	3	40	12,0	0,03	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	35,0	45,0
2b	Public	3	40	14,0	0,03	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	32,4	45,0
2c	Public	3	40	8,2	0,06	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	40,9	45,0
2d	Public	3	40	34,5	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	14,7	45,0
3	Inconnu	4	40	22,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	24,3	40,0
4	Inconnu	4	40	11,2	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	36,3	40,0
5	Inconnu	4	40	12,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	35,0	40,0
6	Inconnu	4	40	18,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	28,1	40,0
7	Inconnu	4	40	15,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	31,3	40,0
8	Inconnu	4	40	15,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	31,3	40,0
9	Inconnu	4	40	11,5	0,06	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	36,1	40,0
10-15	Résidentiel	4	40	18,2	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	28,3	40,0
16	Inconnu	4	40	34,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	14,4	40,0
17	Résidentiel	4	40	40,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	10,1	40,0
18	Résidentiel	4	40	21,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	25,3	40,0
19-20	Résidentiel	4	40	26,8	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	19,9	40,0
21-22	Résidentiel	4	40	21,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	25,3	40,0
23	Inconnu	4	40	14,4	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	32,1	40,0
24-25	Inconnu	4	40	15,5	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	31,1	40,0
26	Inconnu	4	40	40,5	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	10,1	40,0
27	Commercial	3	40	28,0	0,00	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	5,6	45,0
28	Commercial	3	40	25,5	0,01	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	8,1	45,0
29	Commercial	3	40	24,4	0,01	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	8,6	45,0
30	Inconnu	4	15	24,4	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	13,1	40,0
32	Résidentiel	4	40	40,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	-1,9	40,0
33-36	Résidentiel	4	40	21,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	11,6	40,0
37-38	Résidentiel	4	40	19,6	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	12,6	40,0
39	Résidentiel	4	40	19,6	0,08	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	24,8	40,0
40	Résidentiel	4	35	12,0	0,16	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	30,6	40,0
41	Résidentiel	4	35	10,3	0,20	0,15	0,1	0,07	0,07	0,04	0,05	32,8	40,0
42	Résidentiel	4	30	12,0	0,42	0,15	0,1	0,16	0,07	0,09	0,05	40,3	40,0
43	Résidentiel	4	30	10,3	0,17	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	31,5	40,0
44	Résidentiel	4	30	10,3	0,17	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	31,5	40,0
45	Résidentiel	4	30	55,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	-4,4	40,0
46	Résidentiel	4	30	10,0	0,17	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	31,5	40,0
47	Résidentiel	4	30	10,0	0,17	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	31,5	40,0
48	Résidentiel	4	30	18,0	0,07	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	23,8	40,0
49	Résidentiel	4	30	10,0	0,17	0,15	0,1	0,06	0,07	0,03	0,05	31,5	40,0

Figure 22 : Résultats des mesures de mitigation « 16 dB » (D2S, 2022).

					Vibrations							Bruit soliden	
Point	Bâtiment	Zone DIN4150-2	Vitesse	Distance	KB _F max	Limite A _u (jour)	Limite A _u (nuit)	KB _F jour	Limite A _r	KB _F nuit	Limite A _r	Niveau	Limite
1a	Commercial	3	40	30,0	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	14,4	45,0
1b	Commercial	3	40	22,2	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	20,8	45,0
1c	Commercial	3	40	19,0	0,02	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	23,7	45,0
2a	Public	3	40	12,0	0,03	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	31,6	45,0
2b	Public	3	40	14,0	0,03	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	29,0	45,0
2c	Public	3	40	8,2	0,06	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	37,5	45,0
2d	Public	3	40	34,5	0,01	0,20	0,15	0,00	0,1	0,00	0,07	11,1	45,0
3	Inconnu	4	40	22,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	20,8	40,0
4	Inconnu	4	40	11,2	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	32,9	40,0
5	Inconnu	4	40	12,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	31,6	40,0
6	Inconnu	4	40	18,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	24,7	40,0
7	Inconnu	4	40	15,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	27,9	40,0
8	Inconnu	4	40	15,0	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	27,9	40,0
9	Inconnu	4	40	11,5	0,04	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	32,4	40,0
10-15	Résidentiel	4	40	18,2	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	24,6	40,0
16	Inconnu	4	40	34,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	10,7	40,0
17	Résidentiel	4	40	40,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	6,1	40,0
18	Résidentiel	4	40	21,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	21,6	40,0
19-20	Résidentiel	4	40	26,8	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	16,2	40,0
21-22	Résidentiel	4	40	21,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	21,6	40,0
23	Inconnu	4	40	14,4	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	28,7	40,0
24-25	Inconnu	4	40	15,5	0,03	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	27,3	40,0
26	Inconnu	4	40	40,5	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	6,4	40,0
27	Commercial	3	40	28,0	0,01	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	2,8	45,0
28	Commercial	3	40	25,5	0,01	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	4,6	45,0
29	Commercial	3	40	24,4	0,01	0,20	0,15	0,00	0,10	0,00	0,07	5,7	45,0
30	Inconnu	4	15	24,4	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,01	0,05	11,0	40,0
32	Résidentiel	4	40	40,0	0,00	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	-1,9	40,0
33-36	Résidentiel	4	40	21,0	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	8,7	40,0
37-38	Résidentiel	4	40	19,6	0,01	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	10,1	40,0
39	Résidentiel	4	40	19,6	0,10	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	22,9	40,0
40	Résidentiel	4	35	12,0	0,19	0,15	0,1	0,07	0,07	0,04	0,05	28,7	40,0
41	Résidentiel	4	35	10,3	0,24	0,15	0,1	0,09	0,07	0,05	0,05	30,3	40,0
42	Résidentiel	4	30	12,0	0,52	0,15	0,1	0,20	0,07	0,11	0,05	38,4	40,0
43	Résidentiel	4	30	10,3	0,21	0,15	0,1	0,08	0,07	0,04	0,05	29,0	40,0
44	Résidentiel	4	30	10,3	0,21	0,15	0,1	0,08	0,07	0,04	0,05	29,0	40,0
45	Résidentiel	4	30	55,0	0,02	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	-4,4	40,0
46	Résidentiel	4	30	10,0	0,21	0,15	0,1	0,08	0,07	0,04	0,05	29,0	40,0
47	Résidentiel	4	30	10,0	0,21	0,15	0,1	0,08	0,07	0,04	0,05	29,0	40,0
48	Résidentiel	4	30	18,0	0,09	0,15	0,1	0,00	0,07	0,00	0,05	22,0	40,0
49	Résidentiel	4	30	10,0	0,21	0,15	0,1	0,08	0,07	0,04	0,05	29,0	40,0

Figure 23 : Résultats des mesures de mitigation « 20 dB » (D2S, 2022).

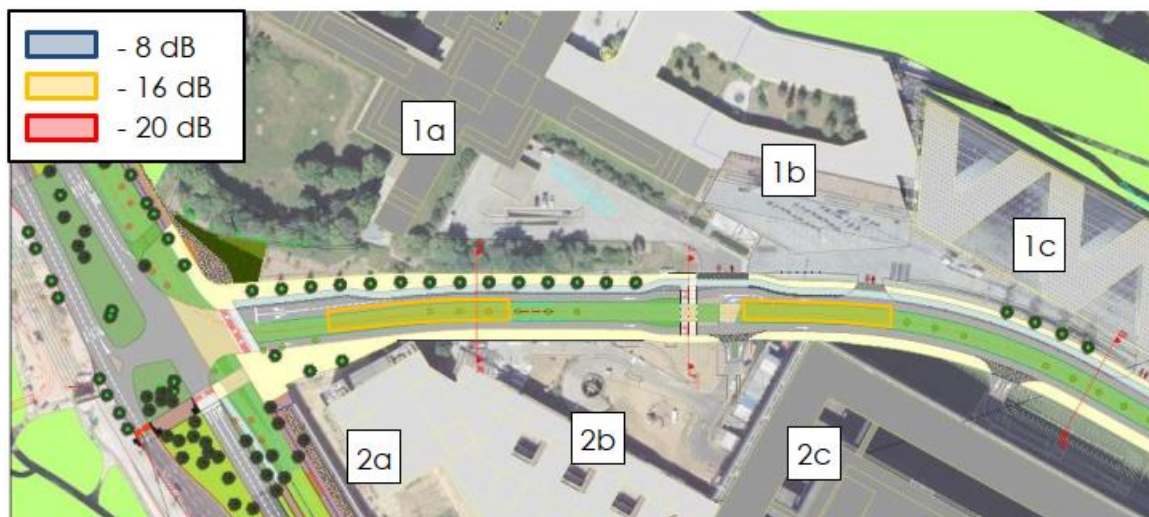


Figure 24 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).



Figure 25 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).



Figure 26 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).



Figure 27 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).

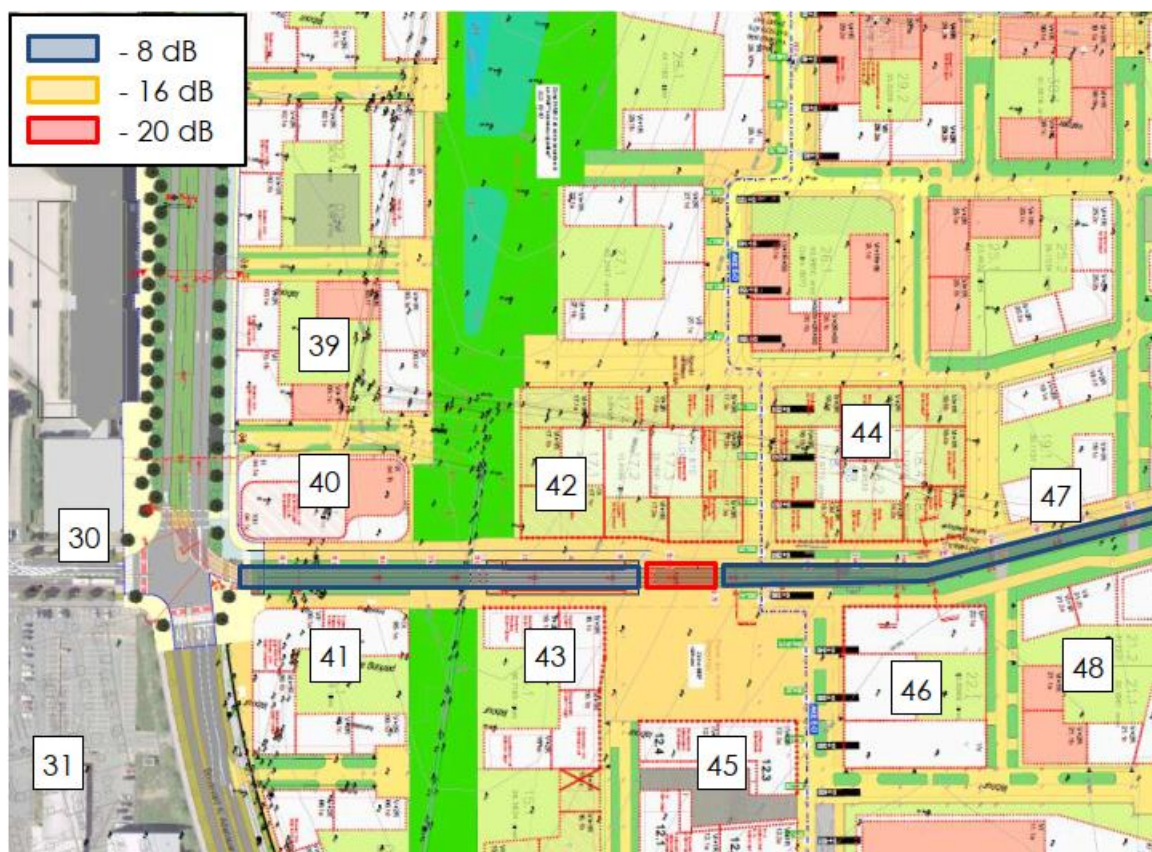


Figure 28 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).

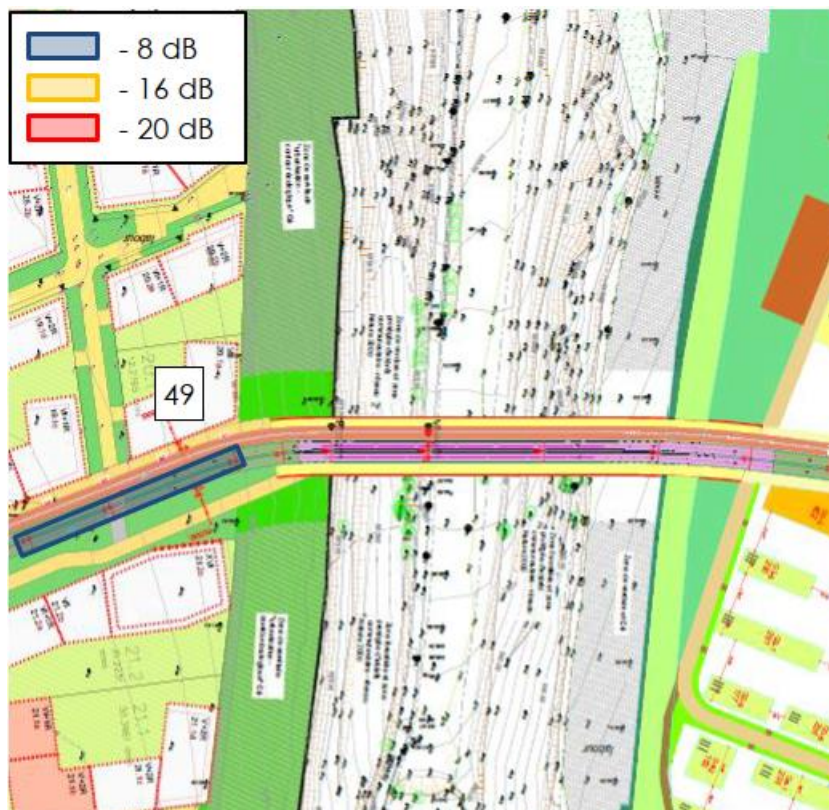


Figure 29 : Recommandations de l'étude vibratoire au sujet du type de pose de voie (D2S, 2022).

Pour conclure, ces types de pose de voie sont à intégrer dans l'APD afin de respecter les critères applicables. En respectant ce type de pose de voie, aucune incidence sur la population et la santé humaine en termes de vibration n'est attendue.

2.3.3 Population et santé humaine : champs électromagnétiques

Point 3.1.7 de l'avis du MECDD : Etude sur les champs électromagnétiques

Luxtram confirme avoir lancé une étude concernant les effets électromagnétiques du tramway. Les mesures électromagnétiques débuteront à la date du 21 Novembre 2022 sur la ligne existante.

L'entreprise Socotec a été mandatée par Luxtram pour effectuer les mesures à plusieurs points spécifiques sur les infrastructures existantes selon le type d'exposition :

- Public : Norme EN 50500-2018 & A1-2015 ; Recommandations du Conseil de l'UE N°1999/519/CE ;
- Travailleurs : Norme EN 50500-2018 & A1-2015 ; Directive 2013/35/UE
- Infrastructure : Norme EN 50121-2-2017

Les résultats et recommandations de ces mesures seront communiqués avant l'APD.

2.3.4 Paysage : végétalisation du projet

Point 3.7.1 de l'avis du MECDD : Végétalisation du projet

Le MECDD regrette que le bureau d'études ne se prononce pas d'avantage sur d'autres mesures d'aménagement afin de végétaliser le projet. Le concept paysager de l'APS a pourtant été présenté dans le chapitre 7.7 « Paysage » montrant une revégétalisation et un réaménagement complet du boulevard, supprimant certes la platebande végétalisée centrale existante mais compensant en plantant des arbres avec des strates boisées et arbustives de composition différente et de structure différente et ce jusqu'à l'avenue J F Kennedy ceci permettant de compléter le corridor aujourd'hui incomplet (Figure 30). En outre, l'APS propose des essences végétales appartenant à la liste rouge ce qui est d'après le bureau d'études un choix positif. Il peut néanmoins être ajouté qu'il convient de vérifier la provenance et la qualité des semences ou des plants afin d'éviter l'import d'espèces invasives. Pour les zones herbacées, les mélanges locaux proposés par SICONA sont à privilégier.

Néanmoins, pour la partie située dans le PAP *Laangfur*, il convient de préciser que le projet étant limité au GLO, il est impossible pour des raisons de sécurité, de planter des arbres ou des haies dans ce périmètre. La seule mesure possible est la végétalisation des voies par du sédum.

Le projet n'a donc pas d'effet négatif sur le bien protégé « paysage ».

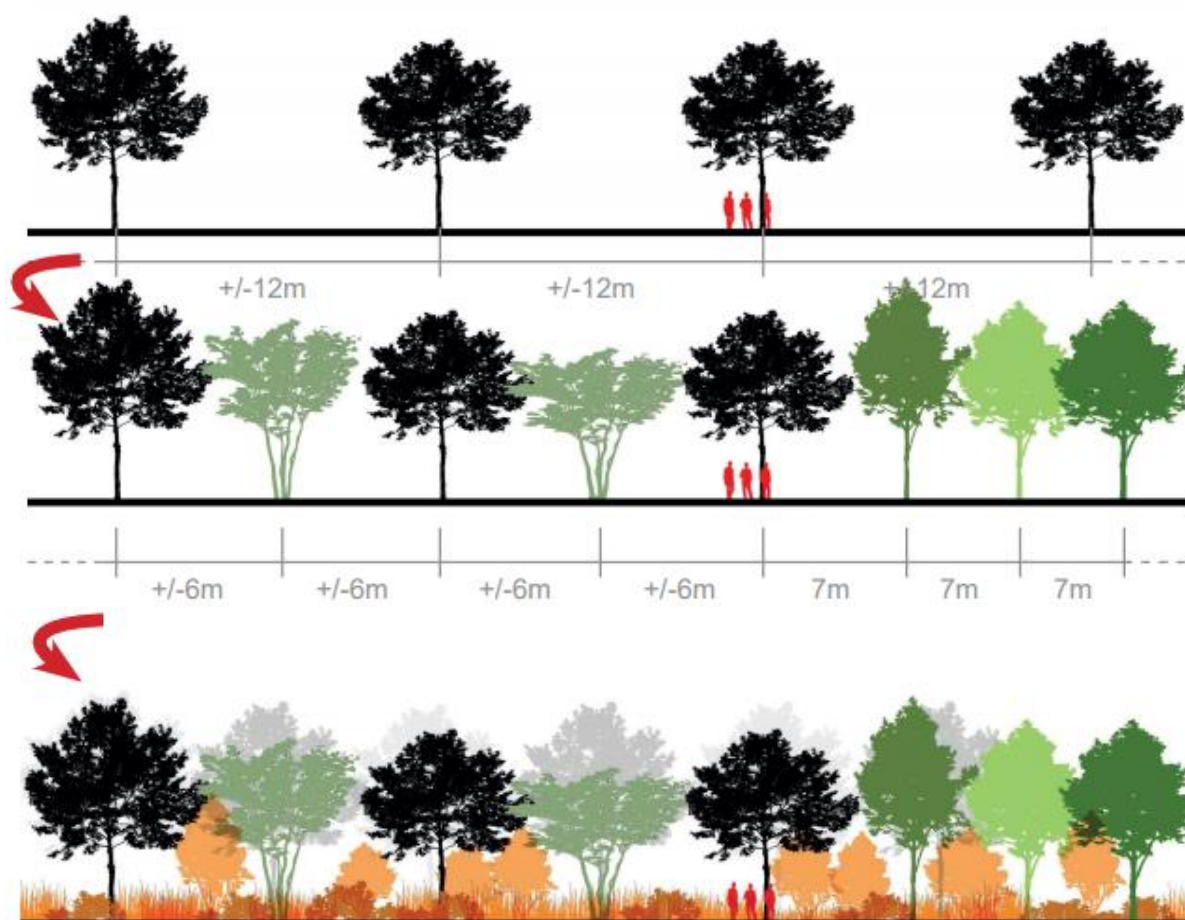


Figure 30 : Coupe longitudinale illustrant la situation actuelle du Bd. (en haut) et la volonté de créer une strate plus dense, diversifiée, mixte (autres essences, diverses tailles, différents ports etc.) (au milieu) et complétée par une strate basse arbustive et herbacée (en bas) (APS Vol. 2.1, 2022).

2.3.5 Effets cumulés

Voir réponses apportées au chapitre 2.3.1 et 2.3.2.

2.4 Demandes complémentaires issues des avis des administrations

2.4.1 Administration de l'Environnement : acoustique et vibratoire

Voir réponses apportées aux chapitres 2.3.1 et 2.3.2.

2.4.2 Administration de l'Environnement : sol/déchets

Avis AEV relatif au contenu du rapport EIE : synthèse des impacts potentiels sur le sol

L'AEV mentionne qu'une recommandation de la part des auteurs de l'étude de pollution (Fondasol, annexe 12b du rapport EIE) devrait être reprise dans le tableau de synthèse des incidences et des mesures pour le bien protégé sol.

Ce tableau est donc repris ici et la remarque de réaliser des analyses complémentaires dans les matériaux du coffre du boulevard à excaver dans le cadre du projet est ajoutée en gras dans le Tab. 10 ci-dessous.

Tab. 10 : Synthèse des impacts potentiels du projet sur le sol modifié

Effet notable potentiel	Évaluation de l'impact du projet		Mesures d'évitement et de réduction des impacts
	Degré de changement Dimension spatiale Dimension temporelle	Description	
Phase chantier			
Excavation du sol, terrassements : <ul style="list-style-type: none">• Travaux de déviation des réseaux existants• Travaux de voirie• Aménagements extérieurs	Neutre Localisé Permanent	Les déblais/remblais ont lieu dans des sols qui ne peuvent plus être qualifiés de naturels. De plus les volumes extraits seront, si leur qualité le permet, réutilisés dans le cadre du projet. En effet, une étude de pollution a mis en évidence la présence de polluants mais à des concentrations inférieures aux seuils (à une exception près) et ne s'opposant pas à leur réutilisation ou à leur mise en décharge.	En règle générale, la terre végétale est enlevée et stockée séparément du reste du sol excavé avant d'être réutilisée. L'administration de l'environnement doit être consultée en ce qui concerne le traitement des sites contaminés ou suspectés de l'être.
La qualité du sol : <ul style="list-style-type: none">• Rejet de polluants dans le sol• Sites contaminés existants/suspects de sites contaminés	Neutre Tout le tronçon K2A Permanent	Les fuites des véhicules de chantier ou le stockage inadéquat de substances potentiellement dangereuses, etc. peuvent entraîner la libération de polluants dans le sol. Dans la zone du tracé et à proximité, il existe des sites contaminés ou suspectés de l'être. En principe, on ne peut donc pas exclure la présence d'une pollution dans le sol ; c'est pourquoi une étude de pollution a été réalisée. Elle a mis en évidence quelques tâches de pollution relativement éparses et réduites.	Des mesures liées aux règles de circulation et de stationnement des véhicules ainsi qu'à l'entreposage des produits et matières dangereuses sont prévues et doivent être appliquées et respectées. Tous les véhicules de chantier et les camions peuvent par exemple être équipés d'un kit anti-pollution Les zones polluées mises en évidence seront purgées et les matériaux extraits traités dans une filière spécialisée et agréée. La vigilance reste de mise afin d'éviter la remobilisation d'une éventuelle pollution présente dans le sol. Réalisation d'analyses complémentaires dans des matériaux du coffre du boulevard à excaver dans le cadre du projet.
Phase d'exploitation			
La qualité du sol :	Négatif – neutre Tout le tronçon K2A	Lors de l'exploitation de tramways, il faut s'attendre à une usure accrue des roues au niveau des virages.	Des mesures de réduction de l'abrasion des roues/freins ont déjà été mises en œuvre, notamment par le choix

Effet notable potentiel	Évaluation de l'impact du projet		Mesures d'évitement et de réduction des impacts
	Degré de changement Dimension spatiale Dimension temporelle	Description	
<ul style="list-style-type: none"> Contamination par des polluants inorganiques (abrasion des roues et des freins). 	Permanent	<p>L'abrasion des freins peut également provoquer une contamination du sol au niveau des arrêts.</p> <p>L'ensemble des eaux pluviales, qui va rincer les surfaces contaminées, sera collecté, évacué et traité. Par conséquent, il ne faut pas s'attendre à un potentiel de contamination accru dû à l'abrasion.</p> <p>Des émissions ponctuelles ayant un impact sur le sol (par exemple en cas d'incident ou d'accident) ne peuvent pas être totalement exclues.</p>	du matériel roulant. De plus, les lubrifiants utilisés sont biodégradables.
Installation			
Aucun effet significatif	/	/	/



2.4.3 Ville de Luxembourg : plantes invasives

La Ville de Luxembourg informe des risques de propagation de plantes invasives via les remblais utilisés durant le chantier. Pour cela il est fait référence au « Guide d'identification et de gestion d'espèces de plantes exotiques envahissantes sur les chantiers » (ANF, 2019) qui a pour but d'informer et sensibiliser les secteurs de la construction vis-à-vis de cette problématique.

Plusieurs mesures sont possibles afin de limiter les risques comme par exemple :

- Identifier la présence d'espèces invasives dans l'emprise du projet et aux abords en amont des travaux ; baliser les foyers si présents,
- Etablir un plan de gestion du chantier en cas de découverte d'espèces invasives,
- Pendant le chantier, il convient de restreindre l'utilisation de terre végétale contaminée et interdire son utilisation en dehors des limites du chantier,
- Vérifier l'origine des matériaux extérieurs utilisés afin de ne pas importer des terres contaminées,
- Replanter ou réensemencer le plus rapidement possible avec des espèces indigènes,
- Nettoyer le matériel ayant été en contact avec plantes invasives avant leur sortie du chantier,
- Choisir des matériaux de remblais et du sedum de qualité exempt de plantes invasives.

Lors de la visite sur site par Luxplan S.A. en février et avril 2021, aucune plante invasive n'a été observée dans le périmètre des travaux. Il convient donc principalement de vérifier la qualité des matériaux utilisés afin de ne pas importer des terres contaminées et de réensemencer rapidement les nouvelles platebandes. En respectant ces mesures, Luxtram peut éviter une contamination ou une propagation de plantes invasives.

2.4.4 Ville de Luxembourg : Bruit/vibrations

Voir réponses apportées aux chapitres 2.3.1 et 2.3.2.

2.4.5 Ville de Luxembourg : Canalisation

Dans son avis scoping du 4 février 2022, la Ville de Luxembourg fait part de la nécessité de réaliser une analyse détaillée des interférences de l'extension avec les réseaux de canalisation existants et projetés. La Ville estime que ceci manque dans le rapport d'évaluation.

Or des plans détaillés montrant les canalisations d'eaux pluviales (bleu) et usées (brunes) existantes, à supprimer et projetées ont été représentés dans le rapport EIE (figure 136) et dans le volume J-7 de l'APS. De manière générale, les réseaux existants non situés sous le GLO sont préservés. Par contre, les collecteurs d'eaux pluviales sous le GLO (actuellement au centre de la voirie) doivent être supprimés

et déviés. De nouvelles conduites seront posées en bordure de voirie pour éviter un arrêt du tramway en cas d'intervention sur les conduites.

Les informations demandées par l'AGE à fournir dans l'APD, à savoir des plans de principe de l'assainissement de la voie ferrée et des appareils de voie complétés par une note détaillée et des plans de détail pour les stations du tronçon reprenant le principe d'évacuation des eaux pluviales répondront également à la demande de la Ville.

3 Résumé non technique

Dans son avis (Réf. 101492) du 21 septembre 2022, le MECDD ainsi que les autorités consultées ont formulé des constats et remarques concernant le contenu du rapport EIE (cf. annexe 01).

Lors d'une réunion commune entre LUXTRAM, le MECDD et l'AEV le 19 octobre 2022, il a été convenu qu'un complément au rapport EIE du 07 juin 2022 serait élaboré, dans lequel les constats et remarques mentionnés seraient pris en compte et traités afin d'afficher un dossier aussi complet que possible (cf. compte rendu dans annexe 01).

Le présent complément aborde donc de manière exhaustive les points mentionnés dans l'avis du 21.09.2022.

Certaines informations d'ordre générale étaient manquantes comme la délimitation du tracé, la présentation de l'entière procédure d'évaluation et d'autorisation du projet, le manque de lisibilité de l'APS ou des incohérences en termes d'horaires. Ceci a été rectifié et complété par ce présent complément.

Des informations supplémentaires sur l'éclairage et sur les moyens de séparation des voies ont également été données.

Une remarque principale des autorités concerne l'actualisation des études acoustiques et vibratoires selon les informations fournies par l'APS, les données ayant évoluées entre la finalisation de ces études et celles de l'APS. Ceci a été rectifié en actualisant ces études sur base de l'APS (horaire, fréquence, profil de vitesse, revêtement, type de matériel roulant) et certaines spécifications et rectifications procédurales.

Concernant le bruit, en phase chantier, des dépassements sont présents, pouvant être limités par la mise en place d'écrans, la réalisation de la sous station en période de vacances scolaires et l'utilisation d'un brise roche est à exclure. En phase d'exploitation, toutes les limites sont respectées en journée mais des dépassements sont observés la nuit. Pour les zones 3, les dépassements modélisés ont d'après les experts peu de chance de se produire en réalité. Pour les zones 2, des dépassements de l'ordre de 2-3 dB sont observés. Des mesures alliant réduction de vitesse et fréquence sont à utiliser dans les zones 2. Néanmoins, compte tenu que le type de locaux n'est pas encore défini avec certitude au droit des différents PAP et que l'ambiance sonore actuelle, du moins dans le boulevard K Adenauer, présente des niveaux sonores correspondant à une zone 3, il convient de nuancer les résultats. En considérant les limites de la zone 3 pour l'ensemble de la ligne, les limites de jour comme de nuits seraient toutes respectées sauf pour deux points durant la nuit (bâtiments 06 et 43) qui sont situés à proximité d'une station, où la vitesse réelle serait sans doute inférieure à celle définie dans l'APS. Les experts concluent ainsi que les limites de bruit seraient en réalité très probablement respectées au droit de ses deux points. En outre le bâtiment 06 étant la cour de justice, une utilisation de nuit n'est pas supposée. Il serait donc judicieux de vérifier si la considération d'une zone 2 est pertinente ou non une fois des informations plus détaillées disponibles. En guise de mesures supplémentaires et plus réalistes, le renforcement de l'isolement des façades existantes et l'utilisation de cette étude acoustique comme référence pour les constructions encore non bâties (les PAP le long du boulevard

et le PAP Laangfur) afin de dimensionner l'isolement acoustique des façades à construire est considéré comme une solution adéquate. Des effets cumulés avec la ligne existante ne sont pas attendus.

Concernant les vibrations, différentes sections doivent être traitées avec différents types de pose de voie, soit 8 dB, soit 16 dB ou soit au niveau de l'appareil de voie, en 20 dB. Ainsi les seuils seront respectés et aucune incidence sur la population et santé humaine n'est à attendre.

Concernant les champs électromagnétiques, Luxtram confirme soumettre les résultats d'une étude avant l'APD.

Certaines remarques de la Ville de Luxembourg (plantes invasives, mesures contre le bruit et vibrations, erreur de référence, informations sur les canalisations) ont également été prises en compte et des réponses ont été apportées.

Selon le bureau d'études, avec le respect des mesures mentionnées dans le rapport EIE et dans ce présent complément, la construction et l'exploitation du tronçon K2A, même en considérant un scénario s'arrêtant à la station européenne, ne devrait pas induire d'incidences sur l'ensemble des bien protégés étudiés.