

Avril 2021

Etude d'incidences

Projet de construction du « **Métro Nord** »

Lot 2 : Ligne Liedts-Bordet

**LIVRE III – Stations**

***Généralités relatives à toutes les stations***

**Demandeur**



**Mandaté par**



**Auteur de l'étude**



**en collaboration avec**





# Table des matières

## **PARTIE 1 : MÉTHODOLOGIES, ANALYSES ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES, PAR DOMAINE DE L'ENVIRONNEMENT ..... 3**

1. MOBILITÉ.....	5
1.1. Méthodologie .....	5
1.2. Cadre réglementaire et références.....	6
1.3. Méthodologie spécifique à l'analyse de l'adéquation entre l'offre et la demande en stationnement vélos .....	7
1.3.1. Introduction.....	7
1.3.2. Stationnement suivant le Vademecum stationnement vélo Bruxellois.....	8
1.3.3. Stationnement suivant le Masterplan Stationnement Vélo (Transitec, ICEDD, Espace Mobilité, décembre 2018) .....	8
1.3.4. Analyse de la demande en stationnement vélos à proximité des stations de métros périphériques et estimation des besoins en stationnement projeté.....	9
1.4. Recommandations générales sur l'ensemble des stations .....	12
1.4.1. Pour les modes actifs.....	12
1.4.2. Stationnement vélos .....	13
1.4.3. Stationnement voitures .....	13
1.5. Tableau de synthèse des recommandations.....	15
2. URBANISME, AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET PATRIMOINE.....	16
2.1. Méthodologie .....	16
2.2. Cadre réglementaire et références.....	17
2.3. Analyse des incidences du projet en situation de référence .....	18
2.3.1. Traitement des aménagements en surface.....	18
2.4. Recommandations sur le projet .....	18
2.4.1. Aménagement des abords des stations.....	18
2.4.2. Végétalisation des toitures.....	18
2.5. Tableau de synthèse des recommandations.....	19
3. DOMAINE SOCIO-ÉCONOMIQUE .....	20
3.1. Coûts d'exploitation des stations.....	20
3.2. Dimension socio-culturelle des stations de métro.....	20
3.3. Justification des commerces prévus dans les futures stations .....	21
3.4. Recommandations concernant les commerces prévus dans les stations.....	22
4. SOL ET EAUX .....	23
4.1. Cadre réglementaire et références .....	23
4.1.1. Cadre réglementaire Sol.....	23
4.1.2. Cadre réglementaire Eau .....	23
4.1.3. Références.....	24
4.2. Inventaire des incidences potentielles du projet.....	25
4.3. Analyse des incidences du projet .....	26
4.3.1. Incidences du projet sur les eaux souterraines .....	26
4.3.2. Incidences du projet sur les tassements .....	30
4.3.3. Incidences sur les eaux souterraines en phase chantier.....	31
4.3.4. Incidences liées aux déblais.....	35
4.3.5. Impacts en matière d'eaux usées.....	48
4.4. Recommandations sur le projet .....	48
4.4.1. Gestion intégrée des eaux pluviales.....	48
4.4.2. Imperméabilisation .....	51
4.4.3. Eaux souterraines.....	52
4.4.4. Tassements .....	53

4.5. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	54
5. FAUNE ET FLORE .....	56
5.1. <i>Méthodologie spécifique</i> .....	56
5.2. <i>Cadre réglementaire et références</i> .....	56
5.2.1. Législation européenne .....	56
5.2.2. Législation régionale .....	56
5.2.3. Références.....	57
5.3. <i>Analyse de la prescription 0.2 du PRAS</i> .....	57
5.4. <i>Recommandations sur le projet et les alternatives</i> .....	60
5.4.1. Toiture verte et végétation sur dalle.....	60
5.4.2. Développement de la biodiversité.....	61
5.5. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	64
6. QUALITÉ DE L'AIR .....	66
6.1. <i>Méthodologie</i> .....	66
6.2. <i>Cadre réglementaire et références</i> .....	66
6.2.1. Cadre réglementaire et normatif .....	66
6.2.2. Références.....	71
6.3. <i>Description de la situation existante</i> .....	71
6.3.1. Caractérisation de la qualité de l'air globale .....	71
6.3.2. Caractérisation de la qualité de l'air au droit de la station .....	74
6.4. <i>Analyse des incidences du projet en situation de référence</i> .....	74
6.4.1. Emissions de polluants en station et en surface.....	74
6.4.2. Eléments du projet et incidences sur la qualité de l'air .....	77
6.5. <i>Recommandations sur le projet</i> .....	79
6.5.1. Mise en place de sondes pour les COV, les particules fines et la température dans la régulation de la ventilation .....	79
6.5.2. Mise en place d'un entretien des rames et des infrastructures afin d'assurer la qualité de l'air dans les stations.....	79
6.5.3. Identification des prises et rejets d'air de ventilation et de désenfumage sur les plans .....	80
6.6. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	80
7. ENERGIE .....	81
7.1. <i>Méthodologie</i> .....	81
7.2. <i>Cadre réglementaire et références</i> .....	81
7.2.1. Cadre réglementaire .....	81
7.2.2. Références.....	83
7.3. <i>Analyse des incidences du projet en situation de référence</i> .....	84
7.3.1. Consommations d'énergie liées à l'exploitation de la station .....	84
7.4. <i>Analyse des incidences des alternatives et des variantes en situation de référence</i> .....	93
7.4.1. Généralités .....	93
7.4.2. Alternative bitube .....	94
7.5. <i>Recommandations sur le projet, les alternatives et les variantes</i> .....	95
7.5.1. Privilégier des équipements économes en énergie .....	95
7.5.2. Etudier la possibilité de récupérer d'énergie au sein des stations.....	95
7.5.3. Privilégier des sources d'éclairage de type LED.....	96
7.5.4. Mise en œuvre d'un éclairage extérieur performant .....	96
7.5.5. Risque de confusion au niveau des différents types d'alimentation électrique de l'éclairage des stations.....	96
7.6. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	97
8. ENVIRONNEMENT SONORE ET VIBRATOIRE.....	98
8.1. <i>Méthodologie</i> .....	98
8.2. <i>Cadre réglementaire et références</i> .....	98
8.2.1. Rappel législation bruit installations classées.....	98
8.2.2. Cartes de bruit de Bruxelles Environnement.....	99
8.3. <i>Analyse des incidences du projet en situation de référence</i> .....	100
8.3.1. Niveau de confort acoustique dans les stations.....	100

8.4. <i>Recommandations sur le projet</i> .....	101
8.5. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	102
9. ÊTRE HUMAIN .....	103
9.1. <i>Cadre réglementaire et références</i> .....	103
9.1.1. Cadre réglementaire .....	103
9.1.2. <b>Cadre réglementaire et références prévus en demande de permis</b> .....	104
9.1.3. Références.....	104
9.2. <i>Analyse des incidences du projet en situation de référence</i> .....	105
9.2.1. Sécurité subjective et objective des usagers de la station et de ses abords .....	105
9.3. <i>Analyse des incidences de l'alternative bitube</i> .....	148
9.3.1. Sécurité subjective .....	148
9.3.2. Sécurité objective .....	148
9.4. <i>Recommandations sur le projet, les alternatives et les variantes</i> .....	175
9.4.1. Recommandations relatives à la sécurité subjective .....	175
9.4.2. Recommandations relatives à la sécurité objective.....	176
9.4.3. Recommandations en matière de prévention incendie.....	177
9.4.4. Recommandations spécifiques à la sécurité des femmes .....	184
9.5. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	185
10. MICROCLIMAT.....	189
11. DÉCHETS.....	189
11.1. <i>Recommandations générales</i> .....	189
<b>PARTIE 2 : ANALYSE ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES SUR LE CHANTIER .....</b>	<b>191</b>
1. CALENDRIER GÉNÉRAL DU CHANTIER.....	193
2. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER SUR LA MOBILITÉ.....	195
2.1. <i>Charroi de chantier</i> .....	195
2.2. <i>Recommandations</i> .....	196
2.3. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	198
3. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER SUR L'URBANISME .....	199
3.1. <i>Recommandations</i> .....	199
3.2. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	199
4. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER SUR LES SOLS, SOUS-SOL ET EAUX SOUTERRAINES.....	200
4.1. <i>Risque de dégâts aux conduites</i> .....	200
4.2. <i>Consommation d'eau de distribution par le chantier</i> .....	200
4.3. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	201
5. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER SUR LA FAUNE ET LA FLORE .....	202
6. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER SUR L'ENVIRONNEMENT SONORE ET VIBRATOIRE .....	203
6.1. <i>Méthodologie</i> .....	203
6.2. <i>Analyse des incidences de chantier</i> .....	203
6.2.1. Engins et machines chantier .....	203
6.2.2. Charroi et trafic chantier .....	205
6.3. <i>Recommandations pour les activités du chantier</i> .....	206
6.3.1. Engins et machines chantier .....	206
6.3.2. Charroi et trafic chantier .....	209
6.4. <i>Tableau de synthèse des recommandations</i> .....	210
7. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER EN ÊTRE HUMAIN .....	211
7.1. <i>Mesures prises par le demandeur</i> .....	211
7.2. <i>Recommandations</i> .....	211
7.2.1. Communication relative au chantier.....	211
7.2.2. Sécurité objective .....	212
7.2.3. Sécurité subjective .....	213

7.3. Tableau de synthèse des recommandations.....	213
8. INCIDENCES PRÉVISIBLES DU CHANTIER EN DÉCHETS.....	214
8.1. Recommandations .....	214
8.1.1. Gestion des déchets sur le chantier .....	214
8.1.2. Gestion de la propreté aux abords du site.....	214
8.2. Tableau de synthèse des recommandations.....	215
9. SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES RELATIVES AU CHANTIER .....	216
<b>PARTIE 3 : INTERACTIONS ENTRE LES DOMAINES, SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>225</b>
1. INTERACTIONS CONCERNANT TOUTES LES STATIONS ET RECOMMANDATIONS FINALES .....	227
1.1. Qualité et végétalisation de l'espace public (urbanisme, paysage, mobilité, eaux de surface, être humain).....	227
1.2. Accessibilité PMR aux quais de métro et qualité des cheminements dans les stations et services disponibles (mobilité, être humain, urbanisme) .....	229
1.3. Parkings vélo (mobilité, urbanisme) .....	230
1.4. Stationnement voitures et autres véhicules motorisés .....	231
1.5. Toitures vertes (urbanisme, paysage, faune et flore, microclimat, eau, énergie).....	232
1.6. Eclairage des stations (urbanisme, microclimat, mobilité, énergie et sécurité).....	233
1.7. Fermeture de l'espace entre les portes palières et le plafond des quais (air, être humain).....	234
1.8. Circularité et origine des matériaux.....	234
1.9. Gestion des eaux .....	235
1.10. Chantier .....	236
1.11. Contenu de la demande de permis.....	237
2. SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS.....	238
2.1. Recommandations mentionnées dans les interactions .....	239
2.2. Recommandations générales par domaine.....	246

## **Préambule**

Ce livre contient les descriptions, analyses et recommandations qui sont communes à toutes les stations du projet Métro nord. En effet, dans la plupart des domaines étudiés, plusieurs éléments concernent toutes les stations de la même manière. Il s'agit notamment de descriptions méthodologiques, de descriptions relatives aux équipements techniques présents dans toutes les stations, d'analyses relatives au chantier des stations, de recommandations générales afin de limiter les incidences de l'exploitation d'une station, etc. Afin d'alléger les livrets relatifs aux stations, ces éléments communs d'analyse sont donc regroupés dans le présent livre qui doit donc accompagner la lecture de chaque livret Station.

Le présent livre est structuré en trois parties :

- La première partie concerne les méthodologies et analyses communes sur le projet, structurée par thématique de l'environnement.
- La deuxième partie concerne les analyses relatives au chantier dans son ensemble,
- La troisième partie vise à mettre en évidence les thématiques principales entrant en interactions entre les stations et entre les domaines de l'environnement étudiés. Cette dernière partie comporte également le tableau de synthèse des recommandations applicable à l'ensemble des stations.



# **Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations générales, par domaine de l'environnement**



# 1. Mobilité

## 1.1. Méthodologie

L'analyse de la situation existante et prévisible sera réalisée à partir des éléments suivants :

- Modes actifs :
  - Enjeux définis par la Région et les Communes (PRM, GoodMove PCM, PRDD...) ;
  - Localisation des stations au sein des réseaux piétons et vélos à l'échelle de 500m (ICR, Promenade verte, RER vélos, stations Villo! ...) ;
  - Description des aménagements et des infrastructures d'accueil à l'échelle du périmètre d'intervention éventuellement élargi vers les points d'attrait proches (autres arrêts TC, grand équipements, commerces, grands axes de circulation...) ;
  - Identification des points noirs, conflits avec les autres usagers, barrières semi ou infranchissable, ...
  - Analyse de l'offre et la demande en stationnement vélos à l'échelle du périmètre d'intervention éventuellement élargi vers les points d'attrait proches (Arceaux, VILLO !, ...) ;
  - Aucun comptage de vélos ou piétons n'est prévu à ce stade, des observations de terrain permettront de valider les itinéraires préférentiels éventuels dans le périmètre rapproché (en lien avec les points d'attrait identifiés et arrêts TC existants) ;
- Transports en commun (De Lijn, TEC, STIB, SNCB)
  - Localisation dans le réseau TC existant ;
  - Localisation des arrêts TC dans le périmètre rapproché (périmètre d'intervention éventuellement élargi) ;
  - Infrastructures d'accueil (bande bus, trams, abris...) existantes dans le périmètre rapproché (Équivalent des plans de quartier STIB – 200m à vol d'oiseau) ;
- Trafic routier :
  - Localisation dans les réseaux PRAS, PRM, Good Move
  - Pas de comptages systématiques prévus – Données disponibles auprès de la Région et des études antérieures (Etude réaménagement av. de la Reine) + Comptages en cas de modifications des infrastructures de circulation de surface et/ou en cas de validation nécessaire de comptages plus anciens (Liedts...)
  - Description des infrastructures d'accueil dans le périmètre d'intervention élargi (sens de circulation, type de voirie, vitesses autorisées, tonnage...)
- Stationnement :
  - Description des modes de gestion du stationnement à l'échelle de 500m
  - Identification des parkings publics et parking « commerciaux » à l'échelle des 500m
  - Analyse de l'offre et de la demande :
    - Pas de relevés systématiques dans le périmètre élargi – Données issues des PCAS 2016 et BM 2013 avec validation par visite de terrain ;

- Relevés précis dans le périmètre d'intervention du stationnement disponibles, nature des places (PMR, K&R, livraisons, autopartage...) et occupation en journée, nuit et samedi (pour les zones commerciales) ;
- Occupations et usages des parkings publics (sur base des données disponibles auprès des gestionnaires) et commerciaux dans les périmètres proches des station (200m) ;

Dans le cadre de cette étude, le terme « PMR » (personne à mobilité réduite) est à comprendre au sens large. En effet, d'après la définition de Bruxelles Mobilité :

*« par personne à mobilité réduite, il faut entendre toute personne confrontée à la difficulté de se déplacer et soumise à des obstacles qu'elle ne peut surmonter seule ou très difficilement.*

*A Bruxelles comme partout ailleurs en Belgique, plus de 30 % de la population est considérée comme appartenant à la catégorie des PMR.*

*Les difficultés de mobilité peuvent aussi bien être liées à l'âge, à la maladie, à un état provisoire (une femme enceinte, une personne chargée de commissions ou encore le simple fait de transporter des bagages), comme à un handicap temporaire ou définitif (la maladie, la cécité, une personne se déplaçant en béquilles ou chaise roulante).*

*En bref, tout ce qui, à un moment ou un autre de la vie, est susceptible de réduire la mobilité de chaque citoyen. Ces difficultés portent donc atteinte à l'autonomie de la personne, limitent ses déplacements et sa capacité d'intégration à la société en général.*

*Les difficultés de mobilité peuvent aussi bien être visibles qu'invisibles :*

- *Chaise roulante,*
- *Plâtre, canne, béquilles, prothèse ou tribune,*
- *Personne avec landau ou poussette,*
- *Petite ou grande taille,*
- *Obésité,*
- *Difficultés cardiaques ou respiratoires (y compris les allergies),*
- *Rhumatisme et arthrite,*
- *Acuité visuelle diminuée (malvoyants) ou inexistante (aveugles),*
- *Acuité auditive diminuée (malentendants) ou inexistante (sourds). »*

## 1.2. Cadre réglementaire et références

Les sources principales utilisées dans le cadre de ce présent chapitre sont :

- Le Plan Régional d'Affectation du Sol (PRAS) (carte Transport en commun et carte voirie (hiérarchie)), 2013
- Le Règlement Régional d'Urbanisme, Région Bruxelles Capitale, novembre 2006 ;
- Le Plan Régional de Développement Durable, Région Bruxelles Capitale, juillet 2018 ;

- Plan Régional de Mobilité – GoodMove, mars 2020 ;
- Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 18 juillet 2013 relatif aux zones de stationnement réglementées et aux cartes de dérogation ;
- Etude RER Cyclable, Timenco & Pro Vélo, 2012 ;
- Plan piéton stratégique : Bruxelles, ville piétonne, Bruxelles Mobilité in Vademecum piétons en Région de Bruxelles-Capitale, 2012 ;
- Plan communal de Mobilité de la commune d'Evere, Agora clôturé en 2006 ;
- Plan d'Action Communal de Stationnement de la commune de Schaerbeek, mai 2016 ;
- Projet de Plan d'Action Communal de Stationnement de la commune d'Evere, décembre 2016 ;
- Site internet Bruxelles Mobilité : <https://mobilite-mobiliteit.brussels/fr/se-deplacer/velo/itineraires-cyclables> ;
- Site internet Mobigis – Bruxelles Mobilité : <https://data-mobility.brussels/mobigis/fr/#> ;
- Site internet Parking Brussels : [www.parking.brussels/fr](http://www.parking.brussels/fr) ;
- Site internet Cambio : <https://www.cambio.be/cms/carsharing/fr> ;
- Site internet ZenCar : <https://www.zencar.eu/> ;
- Site internet STIB - [www.stib-mivb.be](http://www.stib-mivb.be) ;
- Site internet SNCB - [www.belgiantrain.be/SNCB](http://www.belgiantrain.be/SNCB) .

Ces documents sont présentés dans les différents livres des stations au sein du chapitre 1.4.1 Situation existante de droit et planologique.

## **1.3. Méthodologie spécifique à l'analyse de l'adéquation entre l'offre et la demande en stationnement vélos**

### **1.3.1. Introduction**

Des modèles d'estimation des besoins en stationnement vélo par station sont repris ci-dessous. Cependant, l'analyse de l'offre et de la demande au droit des stations ne peut pas se faire au cas par cas, elle doit venir d'une analyse d'ensemble. En effet, les besoins en stationnement vélo sont à relativiser par rapport à la localisation même des différentes stations sur le réseau ainsi que leur position par rapport aux réseaux cyclables régionaux et aux autres transports en commun. À titre de comparaison, l'étude analyse ci-dessous les hypothèses définies par le Vademecum vélo, par le Masterplan Vélo ainsi que par une troisième méthode basée sur l'occupation du stationnement en situation existante et projections de l'usage du vélo.

### 1.3.2. Stationnement suivant le Vademecum stationnement vélo Bruxellois

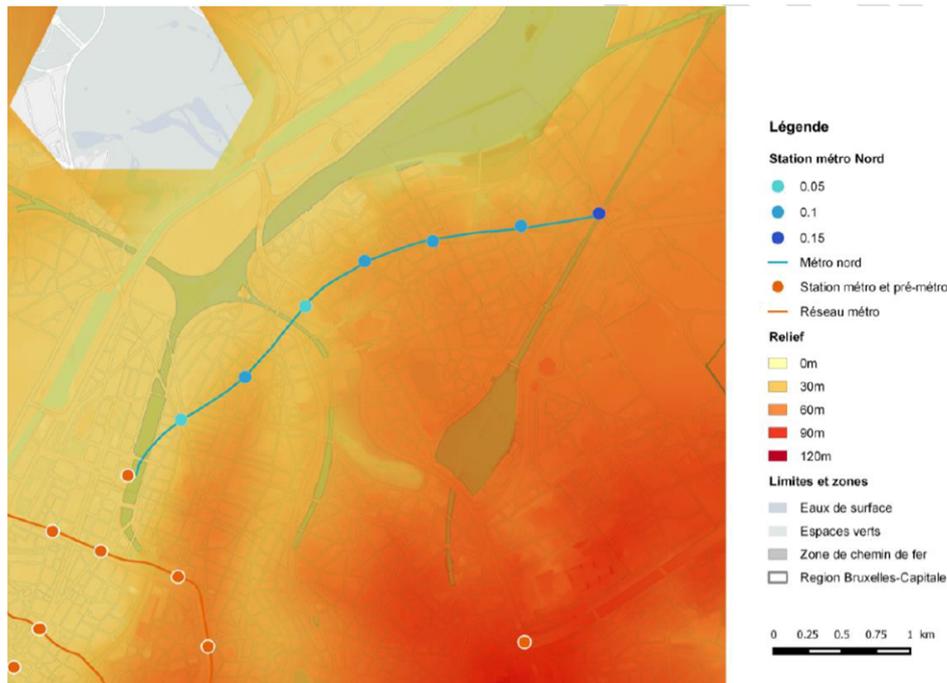
D'après le Vademecum vélo en Région de Bruxelles-Capitale (7 – Stationnement vélo et recommandations relatives aux différents équipements de stationnement vélo<sup>1</sup>), pour un nœud intermodal tel qu'une station de métro, le nombre d'emplacements vélos nécessaire doit être estimé de l'ordre de 10 % des voyageurs en partance, 25 % des voyageurs arrivant à destination.

### 1.3.3. Stationnement suivant le Masterplan Stationnement Vélo (Transitec, ICEDD, Espace Mobilité, décembre 2018)

Dans cette étude, le dimensionnement de l'offre de stationnement dédiée aux vélos s'appuie sur l'application d'un ratio à la fréquentation (*montées*) estimée des différentes stations. Les ratios utilisés varient de 5% à 15% de la fréquentation avec une graduation croissante en s'éloignant de Bruxelles-Nord et en se rapprochant de Bordet. « *La Région de Bruxelles-Capitale ne dispose pas de chiffres concernant les différents modes de déplacement (la répartition modale) utilisés avant et après les transports en commun. Ces données sont importantes pour augmenter l'attrait des transports en commun et améliorer le confort des voyageurs. Les chiffres de la Région flamande, par exemple, démontrent que les modes « doux » se taillent la part du lion dans ce pré- et post-transport : la marche à pied représente 45,6 %, le **vélo 20,6 %** et la voiture comme conducteur ou passager 13,2 %. Vu son caractère fort urbanisé, la Région de Bruxelles- Capitale occupe une position privilégiée par rapport aux environnements plus ruraux.* »<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale et IBSR (2013). Vademecum vélo en Région de Bruxelles-Capitale : 7 – Stationnement vélo et recommandations relatives aux différents équipements de stationnement vélo. 100p.

<sup>2</sup> Vademecum 3 – Cyclistes et transports en commun



**Tableau 1 : Ratios utilisés pour dimensionner l'offre de stationnement vélos dans les futures stations du métro nord (Masterplan Stationnement Vélo, Transitec, ICEDD, Espace Mobilité, décembre 2018)**

La répartition entre l'offre de stationnement sécurisée et celle en libre accès est maintenue comme pour les autres pôles intermodaux avec respectivement 60 % et 40%.

### **1.3.4. Analyse de la demande en stationnement vélos à proximité des stations de métros périphériques et estimation des besoins en stationnement projeté**

Cette analyse a pour objectif d'approcher au mieux les besoins actuels en stationnement vélos à proximité des stations de métro existantes et de dégager la **tendance de transfert modal du vélo vers le métro**.

Pour ce faire, le bureaux ARIES a sollicité les données d'occupation du stationnement vélos à proximité des stations de métros collectées par Provélo en septembre 2018 et 2019 ainsi que des données de montées et descentes de passagers aux différentes stations de métros auprès de la STIB pour 2019. Les données obtenues de la STIB font références aux données de montées et descentes entre 7h et 9h.

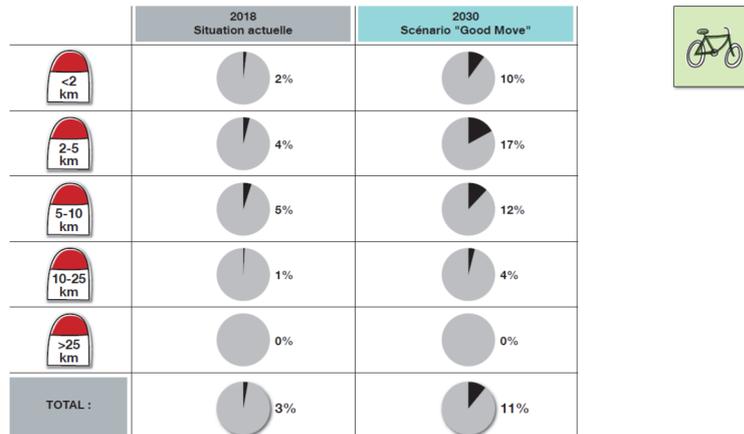
L'étude du stationnement vélos réalisée par Provélo en 2019 a montré des taux d'occupation moyens relativement faibles du stationnement vélos mis à disposition des cyclistes près des stations de métro. Ce taux d'occupation était en 2019 de 32% et en 2018 de 43%. Les taux d'occupation les plus importants ont été rencontrés à la gare Centrale, à la gare du Nord et à la gare de Luxembourg pour des taux autour de 80%. Les données ci-dessous ne sont reprises que pour les stations des lignes périphériques afin d'être comparables au projet étudié.

En croisant les montées dans le métro en pointe du matin (7h-9h) aux données maximales d'occupation du stationnement vélos sur les deux années de relevés ont obtenu un taux de



d'un pôle multimodal qui augmente le nombre de montées en pointe sans augmenter le transfert vélo ainsi que la proximité du centre-ville et de la densité bâtie.

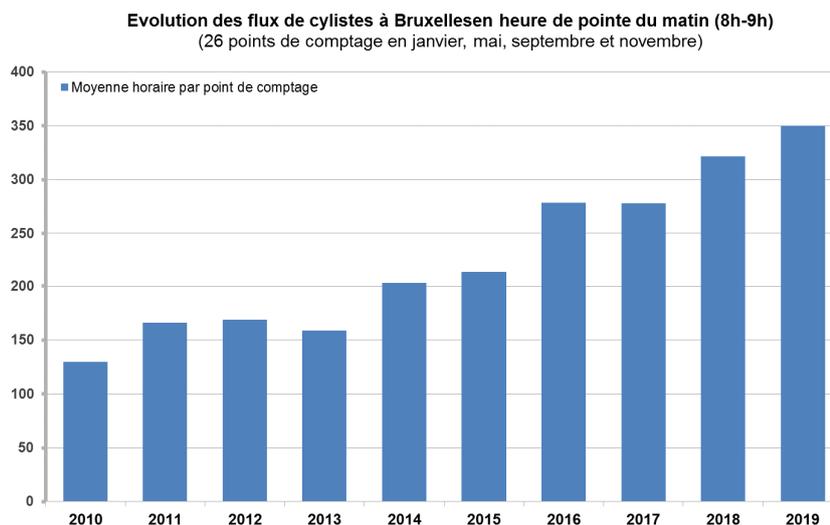
Outre ces éléments, les ambitions de Good Move pour le vélo sont d'atteindre plus de 10% de part modale pour l'ensemble des déplacements en lien avec Bruxelles (internes, entrants et sortants), et plus de 15% pour les déplacements courts (moins de 5 km) à l'horizon 2030.



**Figure 2 : Évolution visée de la part modale du vélo dans Good Move selon les distances (Plan Good Move, 2020)**

D'aujourd'hui à 2030, la demande serait donc multipliée par 5 pour les courtes distances, passant de 3% à 15%.

De plus, une transition est observée depuis 2010 avec une croissance annuelle moyenne du nombre de cyclistes de +13%. Malgré un certain manque de cyclabilité, l'usage du vélo se développe fortement ces dernières années au sein de la Région (Données Provélo – Observatoire du vélo 2019).



**Figure 3 : Évolution des flux cyclistes à Bruxelles en heure de pointe du vélo (8h-9h) (Observatoire du vélo en Région de Bruxelles-Capitale, Provélo, 2019)**

Suivant cette évolution et en la considérant constante, le nombre de cyclistes serait multiplié par 3,5 d'ici 2030 et par 6 d'ici 2035.

Afin de déterminer les besoins en stationnement d'ici 2035 et estimer une offre en suffisance, nous pouvons émettre l'hypothèse d'un besoin en stationnement vélos autour des stations de métro similaire, soit un besoin estimé à :

- 20% de la totalité des départs en pointe (7h-9h) pour la station terminus de Bordet ;
- 5,0-7,5% de la totalité des départs en pointe (7h-9h) pour les stations intermédiaires et plus éloignées ;
- 2,5% de la totalité des départs en pointe (7h-9h) pour la station intermédiaire proche du centre et de la gare du Nord : station Liedts.

## 1.4. Recommandations générales sur l'ensemble des stations

### 1.4.1. Pour les modes actifs

#### 1.4.1.1. Circulation au sein de la station

Afin de faciliter la circulation des piétons et des PMR à l'entrée des différentes stations, il est recommandé de :

- Prévoir une desserte de chaque quai par deux ascenseurs accessibles aux PMR. Ces ascenseurs devront dans la mesure du possible relier directement les quais à la surface afin d'éviter les ruptures de charge et les trajets inutiles aux PMR. La position de ces ascenseurs devra permettre une visibilité aisée de ceux-ci par les PMR;
- Le matériel roulant, les quais et la station dans son ensemble devront être adaptés aux normes PMR éditées par la STIB dans sa politique d'accessibilité pour tous – *Personnes à besoins spécifiques – Mode d'emploi des services, février 2016* ainsi que répondre au *Vademecum 4 – Cahier de l'accessibilité piétonne – Directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous, juin 2014* (pictogrammes, accès, dénivelée maximale...);
- Répondre au problème de franchissement de la lacune (espace entre le quai et la rame de métro). Des solutions efficaces doivent être trouvées pour permettre un accès en autonomie et en toute sécurité pour tous au matériel roulant à venir mais aussi existant ;
- Communiquer via le site web de la STIB et les applications sur la disponibilité des ascenseurs en temps réel pour cette nouvelle station comme c'est le cas pour les autres stations existantes ;
- Clarifier et détailler les matériaux qui seront utilisés pour les revêtements de surface (contraste, antidérapant...).
- Assurer un dégagement plus généreux au débouché des ascenseurs en station et en surface de manière à garantir une bonne visibilité et un minimum de sécurité /contrôle social.

#### **1.4.1.2. Aménagement des espaces publics de surface**

Au vu des aménagements projetés sur les différentes stations il est recommandé de :

- Adapter toutes les traversées piétonnes, les aménagements de l'espace public, et les aménagements extérieurs à la station pour répondre aux impositions du RRU ainsi que des guides de bonnes pratiques en la matière dont le Vademecum n°4 – *Cahier de l'accessibilité piétonne – Directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous* ;
- Clarifier et détailler les matériaux qui seront utilisés pour les revêtements de surface (contraste, antidérapant ...) - Charte revêtement élaborée par Bruxelles-Mobilité ;
- Tenir compte lors de l'aménagement des stations Villo ! de l'encombrement (bornes, panneaux publicitaires).
- Placer sur les taques de la sortie de secours un revêtement identique à celui prévu de son environnement immédiat.

#### **1.4.2. Stationnement vélos**

Au vu de l'analyse et des incidences attendues, il est recommandé pour le stationnement vélos des différentes stations de :

- Prévoir au minimum un local vélo sécurisé pour du stationnement longue et moyenne durée. La répartition entre l'offre de stationnement sécurisée et celle en libre accès est maintenue comme pour les autres pôles intermodaux avec respectivement 60 % et 40%.
- Répondre aux exigences du Vademecum stationnement vélos qui recommande qu'au minimum 5% des places de stationnement soit réservé à des vélos spéciaux :
  - Espaces de stationnement spéciaux dotés d'une possibilité de verrouillage pour triporteurs, vélos électriques, vélos extra-longs et remorques ;
  - Coffres pour vélos de valeur ;
  - Crochets recouverts et possibilité de verrouillage pour suspendre les vélos de course légers ;
  - Coffres sur mesure pour vélos pliables.

#### **1.4.3. Stationnement voitures**

Dans toutes les stations, les réaménagements de surface conduisent à la suppression d'emplacements de stationnement afin d'améliorer la qualité des espaces publics destinés aux modes actifs en lien avec les nouvelles stations de métro. Afin de maîtriser l'impact de la perte de stationnement à l'échelle de l'ensemble du projet, la recommandation suivante est formulée à l'attention du demandeur :

- Conformément à l'arrêté du 18 juillet 2013, notifier à l'agence de stationnement, avant le démarrage des travaux, le nombre de places de stationnement en voirie supprimés dans le cadre du projet (détaillé par voirie/station) de manière à ce que l'agence de stationnement puisse communiquer les compensations hors voiries à prévoir. Cette compensation éventuelle pourra tenir compte du nouveau service de mobilité offert par l'infrastructure de métro.

Cette recommandation est à suivre **en complément** à celles formulées plus particulièrement dans les livres Stations.

## 1.5. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
<p>Accroissement de la demande en déplacements pour les piétons, PMR en lien avec les nouvelles stations de métro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir une desserte de chaque quai par deux ascenseurs accessibles aux PMR. Ces ascenseurs devront dans la mesure du possible relier directement les quais à la surface afin d'éviter les ruptures de charge et les trajets inutiles aux PMR. La position de ces ascenseurs devra permettre une visibilité aisée de ceux-ci par les PMR ;</li> <li>▪ Le matériel roulant, les quais et la station dans son ensemble devront être adaptés aux normes PMR édictées par la STIB dans sa politique d'accessibilité pour tous – Personnes à besoins spécifiques – Mode d'emploi des services, février 2016 ainsi que répondre au Vademecum 4 – Cahier de l'accessibilité piétonne – Directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous, juin 2014 (pictogrammes, accès, dénivelée maximale...) ;</li> <li>▪ Répondre au problème de franchissement de la lacune (espace entre le quai et la rame de métro). Des solutions efficaces doivent être trouvées pour permettre un accès en autonomie et en toute sécurité pour tous au matériel roulant à venir mais aussi existant. Au minimum, répondre au critère Go/NOGO STIB, à savoir une porte métro est conforme quand la lacune verticale est comprise en -30 et +30 mm et la lacune horizontale entre 0 et 70 mm ;</li> <li>▪ Communiquer via le site web de la STIB et les applications sur la disponibilité des ascenseurs en temps réel pour cette nouvelle station comme c'est le cas pour les autres stations existantes ;</li> <li>▪ Clarifier et détailler les matériaux qui seront utilisés pour les revêtements de surface (contraste, antidérapant...).</li> <li>▪ Assurer un dégagement plus généreux au débouché des ascenseurs en station et en surface de manière à garantir une bonne visibilité et un minimum de sécurité /contrôle social ;</li> </ul>
<p>Accroissement de la demande en déplacements pour les piétons, PMR et cyclistes sur les nouveaux espaces projetés en surface</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adapter toutes les traversées piétonnes, les aménagements de l'espace public et les aménagements extérieurs à la station pour répondre aux impositions du RRU ainsi que des guides de bonnes pratiques en la matière dont le Vademecum n°4 – Cahier de l'accessibilité piétonne – Directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous ;</li> <li>▪ Clarifier et détailler les matériaux qui seront utilisés pour les revêtements de surface (contraste, antidérapant...)- Charte revêtement élaborée par Bruxelles-Mobilité ;</li> <li>▪ Tenir compte lors de l'aménagement des stations Villo ! de l'encombrement (bornes, panneaux publicitaires, ...).</li> </ul>
<p>Accroissement de la demande en déplacements vélos et de la demande en stationnement vélos moyenne et longue durée</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir au minimum un local vélo sécurisé dans chaque station pour du stationnement longue et moyenne durée. La répartition entre l'offre de stationnement sécurisée et celle en libre accès est maintenue comme pour les autres pôles intermodaux avec respectivement 60 % et 40%.</li> <li>▪ Répondre aux exigences du Vademecum stationnement vélos qui recommande qu'au minimum 5% des places de stationnement soit réservé à des vélos spéciaux.</li> </ul>
<p>Perte d'emplacements de stationnement voiture en lien avec les réaménagements des espaces publics autour des stations</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conformément à l'arrêté du 18 juillet 2013, notifier à l'agence de stationnement, avant le démarrage des travaux, le nombre de places de stationnement en voirie supprimés dans le cadre du projet (détaillé par voirie/station) de manière à ce que l'agence de stationnement puisse communiquer les compensations hors voiries à prévoir. Cette compensation éventuelle pourra tenir compte du nouveau service de mobilité offert par l'infrastructure de métro.</li> </ul>

**Tableau 2 : Recommandations relatives à la mobilité valables pour toutes les stations (ARIES, 2021)**

## 2. Urbanisme, aménagement du territoire et patrimoine

### 2.1. Méthodologie

Dans un premier temps, ce chapitre *Urbanisme, aménagement du territoire et patrimoine* décrira les **situations existante et de référence** dans le quartier (contexte urbain, fonctions, gabarits et typologies des bâtiments) et dans le périmètre d'intervention (occupation du sol).

Il s'attardera sur la situation existante en termes historique et de patrimoine :

- Contextualisation de la structuration progressive du maillage urbain au droit des stations (cartes historiques) permettant de retracer l'historique de l'urbanisation des quartiers concernés ;
- Contextualisation : Réalisation d'une carte reprenant la situation de droit pour chaque station contenant :
  - Patrimoine architectural (valeur légale) : monuments, sites et ensembles classés ou repris à l'inventaire ;
  - Patrimoine archéologique : sites, zones d'extension, découvertes isolées ;
  - Patrimoine naturel : arbres remarquables ;
  - Patrimoine bâti : Inventaire du Patrimoine architectural de la Région de Bruxelles-Capitale ;
- Relevé de terrain :
  - Identification du « petit patrimoine » éventuellement non classé (petits monuments et éléments anciens présents au sein du périmètre d'intervention en surface) ;
  - Identification au sein du périmètre d'intervention en surface des éléments de végétation à valeur historique ou patrimoniale (arbres d'intérêt non repris comme arbres remarquables, éventuels autres espaces verts pertinents non identifiés de manière bibliographique ;
- Une attention particulière sera portée aux stations ayant des enjeux patrimoniaux :
  - Patrimoine architectural : Colignon : maison communale Schaerbeek (monument classé), ensemble Art Nouveau (zone de protection) ;
  - Patrimoine architectural & naturel : Riga : Square Riga et avenue Huart Hamoir (inventaire légale des sites), arbres remarquables ;
  - Patrimoine archéologique : Tilleul et Paix : zone d'extension centre ancien (site archéologique) ;

Dans un second temps, ce chapitre analysera les incidences du projet, des alternatives et variantes :

- Conformité avec les documents à valeur réglementaire (PRAS et PPAS) et stratégique (PRDD et PCD), ainsi que les règlements urbanistiques (RRU et RCU) ;
- Intégration dans le tissu urbain (localisation des accès aux stations, implantation des émergences, aménagements de l'espace en surface et connexions créées avec le tissu existant, démolitions) ;
- Caractéristiques du projet au regard de son environnement (gabarit, traitement architectural, visibilité des accès) : intégration du bâti au niveau local ;
- Qualité des aménagements de surface et des abords (espace public et abords des stations et du dépôt) : description des matériaux, qualités esthétiques et fonctionnelles ;
- Analyse de l'impact sur le patrimoine naturel ;
- Impact visuel des stations et du dépôt (avec une attention spécifique aux impacts des sites patrimoniaux) : (analyse sur base de photomontages, vues 3D...) ;
- Impacts liés aux modifications de cheminements et d'utilisation des espaces publics (lien avec l'analyse de mobilité et du chapitre social et économique) ;
- Impact dans la situation urbaine prévisible (étant donné l'évolution urbanistique des quartiers dans lesquels s'implante le projet).

## 2.2. Cadre réglementaire et références

Les documents en application sur le site du projet ayant trait à l'urbanisme sont les suivants :

- Le Code bruxellois de l'aménagement du territoire (CoBAT) ;
- Les plans d'orientation :
  - Le Plan Régional de Développement Durable (PRDD) ;
  - Les Plans Communaux de Développement (PCD) ;
  - Le Plan d'Aménagement Directeur (PAD) Bordet ;
- Les plans d'affectation :
  - L'AGRBC du 3 mai 2001 adoptant le Plan Régional d'Affectation du Sol (PRAS) et ses modifications ultérieures ;
  - Les Plans Particuliers d'Aménagement du Sol ;
- Les règlements d'urbanisme :
  - Le Règlement Régional d'Urbanisme (RRU) approuvé par le Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale le 21 novembre 2006 ;
- Les Règlements Communaux d'Urbanisme (RCU) de la Ville de Bruxelles, Evere, Schaerbeek ;
- Le Schéma Directeur de Haren.

Ces documents sont présentés dans le point suivant du chapitre *Urbanisme, aménagement du territoire et patrimoine* de chaque livre station :

*Voir point 2.3.1. Description de la situation existante de droit*

La conformité du projet avec ces documents est vérifiée plus loin dans le chapitre Urbanisme de chaque station.

## **2.3. Analyse des incidences du projet en situation de référence**

### **2.3.1. Traitement des aménagements en surface**

Les aménagements de l'espace public prévus pour les abords des stations feront l'objet d'un ou plusieurs projets différents de cette demande de permis. Ces projets seront rédigés ultérieurement à la présente étude.

À l'exception de l'espace public situé aux abords de la station Riga (dont l'aménagement présenté a vocation d'être mis en œuvre tel qu'il est décrit dans les plans), les aménagements en surface prévus dans les autres stations sont présentés dans cette étude à titre indicatif.

## **2.4. Recommandations sur le projet**

### **2.4.1. Aménagement des abords des stations**

- Prévoir des traitements des aménagements en surface conformes au RRU, au cahier de l'accessibilité piétonne (vademeccum piéton régional) ainsi qu'à la charte régionale sur les revêtements piétons, en visant une cohérence avec les aménagements en surface existants hors des périmètres d'intervention, afin de favoriser l'intégration des projets dans leurs contextes urbains.
- Prévoir des éléments de mobilier urbain (des bancs, des lampadaires, etc.) conformes et cohérents avec les vadémécums de mobilier urbain existants dans les respectives communes au moment de la mise en œuvre du projet.
- Déminéraliser davantage l'espace public. Il est possible de prévoir davantage de revêtements semi-perméables ainsi que des fosses de plantations, etc.
- Prévoir une tonalité de lumière blanche chaude ( $\pm 3.000$  K) pour les luminaires du projet, afin d'assurer la conformité aux recommandations concernant cet aspect définies par le Plan Lumière 2017 de la Région de Bruxelles-Capitale.

### **2.4.2. Végétalisation des toitures**

Pour toutes les toitures plates des édicules des stations, il est recommandé de prévoir une toiture verte, sauf à Liedts, où la réflexion sur la pertinence visuelle d'une toiture verte doit être réfléchié dans le cadre de la révision de l'architecture de la station (voir Livre Liedts, Partie 4. Interactions).

## 2.5. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Aménagement de surface	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir des traitements des aménagements en surface conformes au RRU, au cahier de l'accessibilité piétonne (vademeccum piéton régional) ainsi qu'à la charte régionale sur les revêtements piétons, en visant une cohérence avec les aménagements en surface existants hors des périmètres d'intervention, afin de favoriser l'intégration des projets dans leurs contextes urbains.</li> <li>▪ Prévoir des éléments de mobilier urbain (des bancs, des lampadaires, etc.) conformes et cohérents avec les vadémécums de mobilier urbain existants dans les communes respectives au moment de la mise en œuvre du projet.</li> <li>▪ Lors de l'implantation d'éléments techniques (gainnes de ventilation, sorties de secours), veiller à la bonne intégration urbanistique de ces éléments et choisir leur implantation de manière à gêner le moins possible les circulations. Il doit être envisagé en priorité d'intégrer les grilles de désenfumage et de ventilation dans le bâti existant afin de dégager l'espace public.</li> <li>▪ Déminéraliser davantage l'espace public. Il est possible de prévoir davantage de revêtements semi-perméables ainsi que des fosses de plantations, etc.</li> <li>▪ Prévoir une tonalité de lumière blanche chaude (<math>\pm 3.000</math> K) pour les luminaires du projet, afin d'assurer la conformité aux recommandations concernant cet aspect définies par le Plan Lumière 2017 de la Région de Bruxelles-Capitale.</li> </ul>
Respect du RRU article 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verdurer la toiture plate des édicules des stations.</li> </ul>

**Tableau 3 : Recommandations relatives à l'urbanisme valables pour toutes les stations (ARIES, 2021)**

## 3. Domaine socio-économique

### 3.1. Coûts d'exploitation des stations

Le tableau ci-dessous reprend une estimation des frais moyens pour l'exploitation d'une station (maintenance et entretien) tel que fournie par les services de la DITP et de la STIB. Cette estimation se base sur les frais inhérents de stations existantes. Dans le cas du métro Nord, le budget destiné à l'entretien et la maintenance des nouvelles stations sera donc considérablement inférieur à ceux-ci, compte tenu de l'usage de nouvelles techniques plus performantes :

	Coût	Opérations considérées
Entretien de la station	+/- 122.000 €/ans	Coûts de nettoyage qui comprend notamment la vidange des poubelles, les auto-laveuses, le nettoyage des sièges, des AVM, gardes corps, valideurs.
Maintenance de la station		
<i>Renouvellement des parachèvements</i>	+/- 3.500.000 € par renouvellement des parachèvements. Pour une nouvelle station de métro, il faut compter +/- 20 ans avant le renouvellement.	
<i>Coût de maintenance</i>	+/- 150.000 €/ans	Coût de maintenance qui comprend notamment la peinture, réparation carrelage, injections, réparation des bétons et petits travaux divers, signalétique mal-voyant.
Maintenance Tunnel	+/- 60.000 €/km/ans.	La maintenance structurelle du tunnel qui comprend le dépoussiérage tunnel, étanchéité et anti-carbonatation, nettoyage des égouts dans les stations, réparation des bétons, passage de nappe

**Tableau 4 : Coûts de maintenance et d'entretien par station (sur base des données transmises par la STIB et la DITP, 2021)**

En conclusion, une station présente un coût annuel moyen d'environ 272.000 € auquel il faut rajouter le renouvellement des parachèvements tous les 20 ans à 3,5 millions d'€. Concernant la maintenance tunnel, celle-ci coûte environ 60.000 €/km/an.

### 3.2. Dimension socio-culturelle des stations de métro

Il y a lieu de souligner dans le présent Livre général relatif aux stations que ces dernières peuvent jouer un rôle socio-culturel. Les stations de métro font en effet partie du patrimoine urbain. Chaque station aura une identité qui lui est propre, notamment via la conception architecturale et urbanistique, mais aussi au travers des œuvres d'art qui pourraient y être implantées. Les stations doivent représenter une porte ouverte pour l'intégration dans le quartier.

Cet aspect socio-culturel et artistique n'est pas encore présent à ce stade du projet mais pourra être intégré après le chantier des stations ou même après le début de l'exploitation de la ligne.

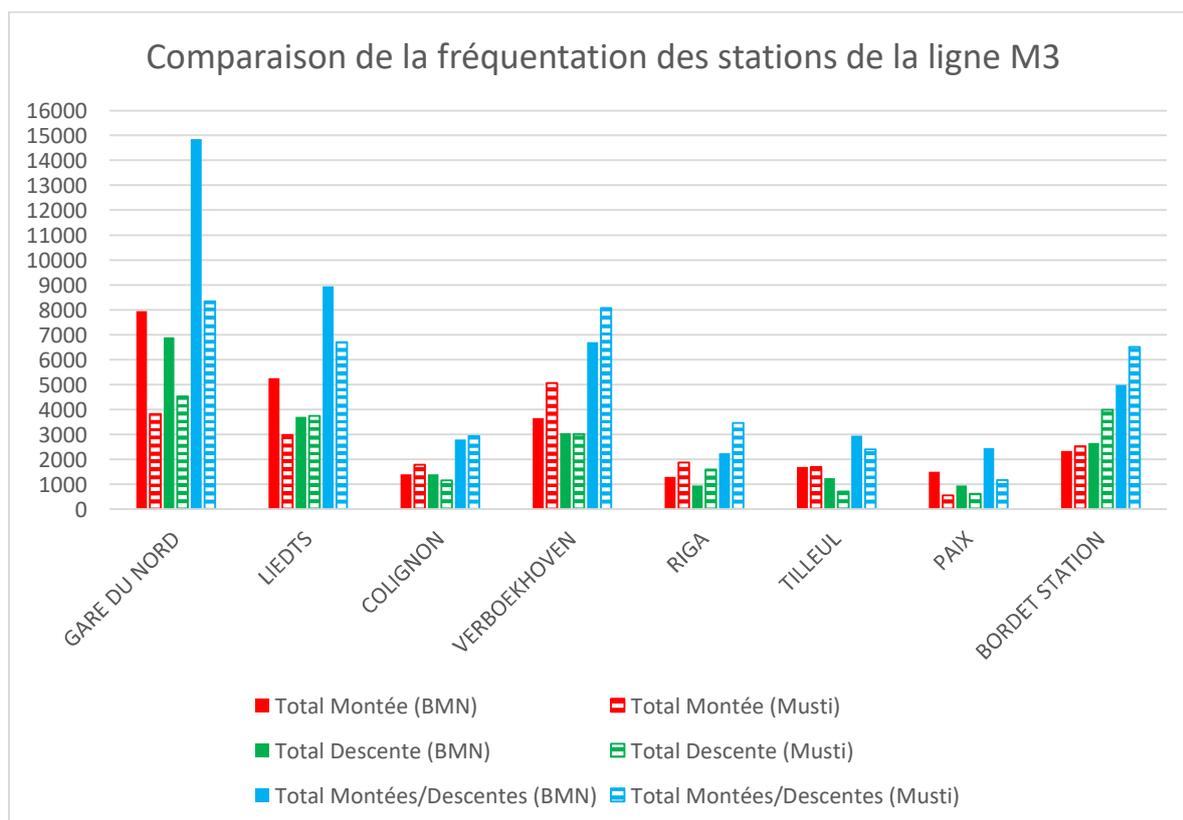
### 3.3. Justification des commerces prévus dans les futures stations

Dans certaines stations de l'extension du métro nord, la STIB envisage de placer des commerces, comme il en existe dans de nombreuses stations existantes du réseau bruxellois. Cette demande a été intégrée au projet lors de la conception. Les stations qui accueilleront des surfaces commerciales sont les suivantes :

- Liedts
- Colignon
- Riga
- Bordet

Il est utile de préciser que dans chacune de ces stations, un distributeur automatique de billets (ou « ATM ») sera également prévu

Le choix de prévoir du commerce dans ces stations est principalement basé sur un critère de **fréquentation** (à partir des chiffres estimés par BMN dans les études préalables sur la faisabilité du métro). Ainsi, les stations les plus fréquentées accueilleront des surfaces commerciales qui profiteront des nombreux passages de voyageurs. Les stations Paix et Tilleul ont donc été écartées.



**Figure 4 : Fréquentation estimée pour les stations sur l'heure de pointe 7h – 9h (Tractebel, 2020)**

Le critère de l'espace disponible au sein des boîtes des stations a également été pris en compte. Ce critère a été un facteur limitant dans certains cas. En effet, vu l'augmentation au fil du temps

de l'attractivité des commerces dans les stations de métro bruxelloises, la STIB aurait souhaité augmenter les surfaces prévues pour les commerces dans le projet. En fonction de l'implantation et de la taille de la boîte des stations, il n'était pas toujours possible d'augmenter les surfaces commerciales.

Il existe également un troisième critère qui a alimenté les réflexions sur le choix de l'implantation des commerces dans les futures stations : la présence et la typologie des commerces présents en surface autour de la station. A la station Verboekhoven, qui est une des plus fréquentée, aucun commerce n'a été prévu étant donné que la STIB envisage un redéveloppement commercial sur la parcelle accueillant le LIDL (qui sera démoli dans le cadre du chantier de la station).

Enfin, en ce qui concerne le type de commerce prévu, il n'est pas connu à ce stade. A priori, le type de commerces devrait être similaires à ceux qu'on retrouve aujourd'hui dans les stations (petits supermarchés de proximité, café/restauration à emporter, ...). Cependant, les tendances évoluent rapidement et les enseignes majoritairement présentes aujourd'hui dans les stations bruxelloises ne sont pas les mêmes qu'il y a une dizaine d'années. C'est donc un peu avant le début de l'exploitation de la ligne que la STIB choisira les enseignes qui s'installeront dans chaque station, en fonction de la demande à ce moment-là. Le choix sera également réalisé en fonction des commerces déjà existants autour de la station.

Il est à noter que la demande de permis actuelle ne prévoit pas l'implantation de « commerces de bouche » où des cuisines, et donc des hottes d'extraction avec gaine de ventilation supplémentaire, seraient nécessaires. Au stade actuel, les commerces de vente de détail ou à emporter sont envisagés et les seuls équipements prévus sont les arrivées d'électricité, d'eau et les espaces techniques pour la pose d'équipements de refroidissement.

### **3.4. Recommandations concernant les commerces prévus dans les stations**

Les commerces prévus dans les stations n'étant pas encore connus à ce stade, les recommandations suivantes sont formulées :

- viser un maximum de flexibilité en termes d'offre commerciale, préciser dans le projet amendé ce qui est envisageable ou non (possibilité d'y intégrer des cheminées/hottes, équipements techniques, etc.) et préciser la demande de PU sur ces questions.
- viser une programmation commerciale complémentaire aux commerces présents en surface et non en concurrence.

De manière plus générale, il est recommandé d'assurer suffisamment de flexibilité au niveau de la conception des espaces dans la station, notamment les surfaces dédiées au commerce, pour leur permettre d'évoluer vers d'autres types d'usage (bureau, équipement, autre...) dans le futur si le besoin s'en fait ressentir.

## 4. Sol et eaux

### 4.1. Cadre réglementaire et références

#### 4.1.1. Cadre réglementaire Sol

- L'Ordonnance du 5 mars 2009 relative à la gestion et à l'assainissement des sols pollués (M.B. 10/03/2009) modifiée par l'Ordonnance du 23 juin 2017 (M.B. 13/07/2017) ;
- L'AGRBC du 29 mars 2018 déterminant les normes d'assainissement et les normes d'intervention (M.B. 02/05/2018) ;
- L'AGRBC du 29 mars 2018 fixant le contenu type des reconnaissances de l'état du sol et des études détaillées (M.B. 02/05/2018) ;
- L'AGRBC du 29 mars 2018 fixant le contenu type des projets d'assainissement, des projets de gestion du risque, et des traitements de durée limitée (M.B. 02/05/2018) ;
- L'AGRBC du 16 février 2017 relatif à l'attestation du sol (M.B. 20/03/2017) ;
- L'AGRBC du 16 juillet 2015 modifiant l'AGRBC du 17 décembre 2009 fixant la liste des activités à risque (M.B. 10/08/2015) ;
- L'AGRBC du 15 décembre 2011 fixant les conditions d'agrément des experts en pollution du sol et d'enregistrement des entrepreneurs en assainissement du sol (M.B. 30/01/2012) et sa modification du 07 juillet 2016 ;
- L'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 2 juillet 2001 fixant les conditions d'exploitation pour le nettoyage à sec au moyen de solvants (mis à jour au 04-05-2018).

#### 4.1.2. Cadre réglementaire Eaux

- Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau :
  - L'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 24 mars 2011 établissant des normes de qualité environnementale, des normes de qualité de base et des normes chimiques pour les eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses et autres polluants (M.B. 08/04/2011) ;
- Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (M.B. 22/12/2000), transposée par l'Ordonnance du 20 octobre 2006 établissant un cadre pour la politique de l'eau ;
  - L'ordonnance du 20 octobre 2006 établissant un cadre pour la politique de l'eau (M.B. 03/11/2006) (modifiée par l'Ordonnance du 28 octobre 2010 et par l'Ordonnance du 16 mai 2019) ;
  - L'ordonnance du 29 mars 1996 instituant une taxe sur le déversement des eaux usées (M.B. 01/04/1996) et son arrêté d'exécution du 7 novembre 1996 modifié par l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 23 décembre

- 1999 (M.B. 07/01/2000) et abrogé partiellement par l'Ordonnance du 20 octobre 2006 (article 15 à 21 en vigueur) ;
- Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 3 décembre 2015 établissant un outil de suivi et de reporting en vue de la détermination du coût-vérité de l'eau en Région de Bruxelles-Capitale et abrogeant l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 22 janvier 2009 établissant un plan comptable uniformisé du secteur de l'eau en Région de Bruxelles-Capitale.
- Directive 2007/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.
    - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 24 septembre 2010 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (M.B. 05/10/2010) (modifié par l'Arrêté du 28 mars 2013).
  - L'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 23 mars 1994 relatif au traitement des eaux urbaines résiduaires (M.B. 05/05/1994) (modifié par l'Arrêté du 27/10/1998) ;
  - L'Arrêté royal du 19 décembre 1997 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (M.B. 30/12/1997) ;
  - L'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2006 arrêtant les Titres Ier à VIII du Règlement régional d'urbanisme (RRU) applicable à tout le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale (M.B. 19/12/2006) ;
  - L'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 8 novembre 2018 réglementant les captages dans les eaux souterraines et les systèmes géothermiques en circuit ouvert (M.B. 01/04/2019).

### 4.1.3. Références

#### Sites internet :

- Nouvel outil cartographique de Bruxelles Environnement : <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/> ;
- Carte de l'état du sol de Bruxelles Environnement : <http://brusoil.environnement.brussels/home.html>.

#### Document à propos du site :

- Les photos prises lors des visites ;
- Le permis d'environnement octroyé par Bruxelles Environnement pour le site ;
- Les plans du réseau d'égouttage communiqués par Vivaqua suite à une demande sur la plateforme KLIM-CICC.

### Publications

- La nouvelle carte géologique Bruxelles-Nivelles 31-39 par Buffel et Matthijs (2001) ;
- Carte géotechnique 31.3.4. Bruxelles par J. Nuyens (1984).
- VIVAQUA (2012b). Gestionnaire des bassins d'orage, fiche explicative, 2p. Disponible en ligne : [http://www.vivaqua.be/sites/default/files/bassins\\_dorage\\_.pdf](http://www.vivaqua.be/sites/default/files/bassins_dorage_.pdf)

## **4.2. Inventaire des incidences potentielles du projet**

Les incidences potentielles du projet en matière de sol sont les suivantes :

- Travaux de construction des stations au droit d'une pollution du sol et/ou des eaux souterraine.
- Travaux de construction des stations au droit d'une parcelle reprise à l'inventaire de l'état du sol, engendrant une obligation de réaliser une étude de sol.

Les incidences potentielles du projet en matière d'eaux sont les suivantes :

- Modification du volume d'eau pluviale ruisselant sur le site lors de grosses intempéries, liée à la modification du taux d'imperméabilisation en situation projetée par rapport à la situation actuelle.
- La contribution à la saturation du réseau d'égouttage public existant en aval du site suite aux rejets d'eaux usées et d'eaux pluviales.
- L'apport supplémentaire d'eaux usées à traiter au niveau de la station d'épuration 'Bruxelles-Nord'.

Les incidences potentielles du projet en matière d'eaux souterraines et du sous-sol sont les suivantes :

- Modification du niveau piézométrique dû à la mise en place des ouvrages souterrains des stations et du drainage permanent réalisé sous les stations (rabattement ou barrage).
- Risque de tassements du sol autour et au droit des zones de construction.

Le projet est susceptible d'impacter les eaux souterraines de deux façons :

- Par la présence des boîtes de la station, et particulièrement des parois moulées. Ces éléments peuvent modifier l'écoulement naturel de la nappe et, dans le pire des cas, créer, du côté amont, un effet barrage qui pourrait engendrer des remontées de nappe (voir effet net dans la section ci-dessous).
- Par le rabattement du niveau de la nappe à l'intérieur des boîtes et dans une moindre mesure à l'extérieur de celle-ci, pendant la phase chantier mais également pendant la phase d'exploitation puisqu'un drainage permanent est prévu sous les dalles de fondation de toutes les stations.

Les parois moulées de toutes les stations ont une épaisseur d'1,2 m et sont ancrées dans une couche étanche de la formation de Courtrai. Ces parois permettent de limiter le débit de contournement des parois de l'extérieur vers l'intérieur de l'enceinte.

## 4.3. Analyse des incidences du projet

### 4.3.1. Incidences du projet sur les eaux souterraines

Les sources principales utilisées dans le cadre l'étude d'incidences sur les eaux souterraines :

- Le rapport de modélisation hydrogéologique du Métro Nord, Artesia, janvier 2020 (Rapport R/19/031) et le rapport complémentaire relatif au risque de remontées de nappe, juin 2020 (Rapport R/20/014).
- La note commune STIB/Beliris concernant le concept de drainage des stations – Modifiée suivant remarques STIB (octobre 2018).
- Des échanges d'informations informelles en réunion entre le chargé d'étude, BMN et le demandeur.
- Des résultats de simulations Modflow 3D réalisées par BMN en 2020 au droit de chaque station.

#### 4.3.1.1. Etudes Artesia

L'étude initiale d'Artesia avait plusieurs objectifs :

- Evaluer les incidences du projet sur le niveau piézométrique (suite au drainage permanent des stations et l'effet barrage des ouvrages).
- Evaluer les débits drainés dans les stations mais également par le tunnel.
- Evaluer les tassements induits pas le rabattement de la nappe.

On notera que la mise en place des stations et du tunnel est susceptible de créer potentiellement à sa périphérie des **effets antagonistes qui se superposent** : d'une part un **rabattement extérieur à l'enceinte** du au drainage à l'intérieur de celle-ci et d'autre part un **effet barrage avec remontée de nappe du côté amont**. Le modèle permet d'évaluer l'effet net résultant de ces deux phénomènes.

Dans cette étude, un modèle hydrogéologique 3D a été réalisé afin de simuler l'effet sur la nappe en conditions d'exploitation (situation équilibrée après chantier).

Deux scénarios ont été simulés par Artesia sur base d'hypothèses de travail différentes :

- Un **scénario V1** – scénario initial et scénario de référence visant à maximaliser l'effet de rabattement et les débits à extraire – pour se faire les valeurs les plus élevées de la perméabilité des parois et de leur horizon d'ancrage (formation de Saint Maur) ont été prises en considération ;
- Un **scénario V2** – scénario visant à maximaliser l'effet de barrage et de remontée susceptible d'apparaître sur la face amont (au sud) du dispositif – pour se faire les valeurs les plus basses de la perméabilité des parois et de leur horizon d'ancrage ont été prises en considération.

La modélisation englobe l'entièreté du projet et se base notamment sur les hypothèses suivantes, pour ce qui concerne le **scénario V1** (scénario de référence) :

- Perméabilité  $K_h$  de la formation de Saint-Maur (horizon d'ancrage de la paroi moulée) à  $1.10^{-7}$  m/s (avec une anisotropie de 10 et une valeur de  $K_v$ :  $1.10^{-8}$  m/s); dans le cas présent ceci impactera uniquement les stations, en effet il n'y a pas de paroi moulée ancrée dans un aquitard au droit direct du tunnel, la progression du tunnelier se faisant sous nappe.
- Perméabilité des parois moulées  $K_{\text{paroi}}$  à  $1.10^{-8}$  m/s (idem, les parois sont présentes uniquement au niveau des stations uniquement). Il s'agit notamment d'une pratique usuelle recommandée par le CSTC qui a pour but de prendre en compte d'hypothétiques défauts dans la paroi en vue de modéliser les scénarios les plus critiques pour ce qui concerne le débit de pompage et les rabattements périphériques à celle-ci.
- Perméabilité des parois du tunnel,  $K_{\text{tunnel}}$  à  $7,5.10^{-11}$  m/s (résultat d'une étude de sensibilité réalisée par Artesia, qui permet d'obtenir un débit de fuite inférieur à 300 l/h par km de tunnel); il s'agit d'une perméabilité équivalente qui prend en compte l'ensemble du dispositif d'étanchéité du tunnel (voussoirs, joints étanches entre voussoirs et injections dans l'espace annulaire).
- Calibration en régime d'équilibre.

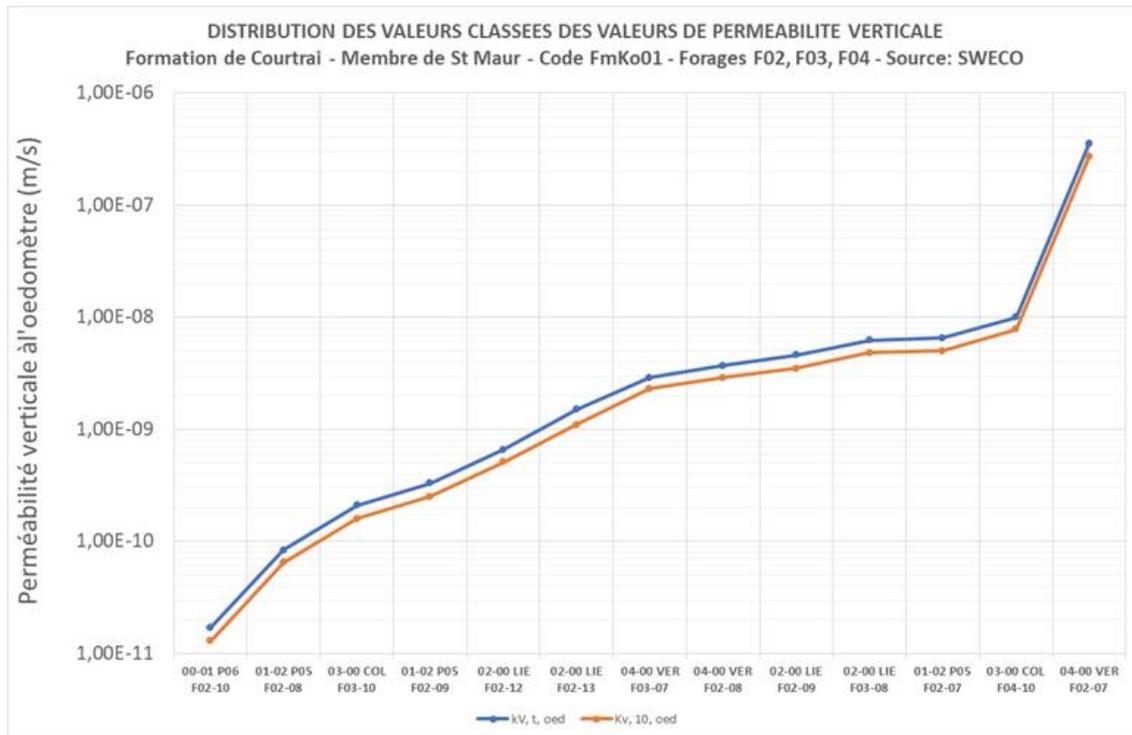
Comme signalé ci-dessus, ces hypothèses, prises en compte pour le **scénario V1** impliquent certaines limitations au niveau de l'utilisation du modèle et de son interprétation et notamment en ce qui concerne :

- La perméabilité de la formation de Saint-Maur ( $K_h$  :  $1.10^{-7}$  m/s) dans laquelle viennent s'ancrer les parois moulées au niveau des stations et la perméabilité des parois moulées ( $K$  :  $1.10^{-8}$  m/s), elles-mêmes. Ces valeurs considérées sont :
  - Conservatives vis-à-vis du calcul du rabattement mais également des débits (plus la perméabilité est élevée, plus l'impact du drainage est élevée). Cela permet de simuler le scénario qui maximalise l'estimation du débit à récupérer dans l'enceinte et les rabattements périphériques.
  - Optimistes vis-à-vis de l'impact des effets barrage des ouvrages sur l'écoulement de la nappe. La paroi étant considérée dans la gamme la plus haute de perméabilité, l'évaluation d'un éventuel effet barrage est de facto minimisée.
- La calibration en régime permanent :
  - La zone modélisée se situe dans un contexte urbain extrêmement complexe qui ne permet pas facilement de calibrer le modèle en régime transitoire.
  - Les simulations réalisées dans le modèle ne permettent d'obtenir que les résultats pour une situation à l'équilibre, cela signifie qu'il n'est pas possible de connaître l'évolution des rabattements et des débits dans le temps mais uniquement de connaître l'état final (après stabilisation des niveaux en régime d'exploitation).

Afin d'étudier l'effet de barrage potentiel et l'intensité des remontées de nappe côté amont dans les conditions les plus critiques, un **scénario V2**, mis en œuvre dans le cadre d'un modèle complémentaire a pris en compte les hypothèses de travail suivantes, différant des précédentes :

- La perméabilité de la formation de Saint-Maur a été abaissée de 3 ordres de grandeur, soit  $K_h$  :  $1.10^{-10}$  m/s et  $K_v$  :  $1.10^{-11}$  m/s. Ce choix repose sur une série d'essais de perméabilité réalisés par Sweco, sur la formation de Saint-Maur (et notamment les horizons supérieurs d'ancrage, FmKo01). Comme l'illustre la figure ci-après, la

perméabilité verticale,  $K_v$ , de ces terrains varie, pour toute sa gamme, de  $1.10^{-11}$  m/s à  $3.10^{-7}$  m/s (moyenne géométrique :  $5.10^{-9}$  m/s). La valeur la plus faible et donc la plus critique de la distribution a été prise en compte, soit  $K_v$  :  $1.10^{-11}$  m/s. Tenant compte, comme usuellement d'un facteur d'anisotropie  $K_h/K_v$  de 10, une valeur de  $K_h$  :  $1.10^{-10}$  m/s a aussi été prise en compte, un tel choix place cette simulation du côté le plus sécuritaire pour l'examen de l'effet barrage.



**Figure 5 : Distribution des valeurs classées de perméabilité du haut de la formation de Saint-Maur (FmKo01)**

- La perméabilité des parois pour la réalisation des stations a aussi été abaissée de 3 ordres de grandeur, soit  $K$  :  $1.10^{-11}$  m/s sans anisotropie ; il s'agit de valeurs de perméabilité très basses mais néanmoins réalistes si les parois ne comportent pas de défaut lors de leur exécution (jonctions, retraits, ...) ; on notera que le choix de valeurs plus basses n'aurait pas de sensibilité sur les résultats de la modélisation.
- La perméabilité des parois du tunnel n'a pas été modifiée et est restée à  $7,5.10^{-11}$  m/s sans anisotropie.

L'analyse globale des résultats des études Artesia est traitée dans le Livre II Tunnel (Partie 1, chapitre 6.4).

#### 4.3.1.2. Etudes BMN

Plusieurs études ont été réalisées par BMN :

- Calcul du dimensionnement du réseau de drainage via un modèle Modflow 3D au droit de chaque station.

- Calcul du risque de claquage des couches étanches et dimensionnement des drains verticaux via une modélisation Plaxis 2D.

Le modèle Modflow 3D se base, entre autres, sur les hypothèses suivantes :

- Perméabilité ( $K_h$ ) de la formation étanche (Saint-Maur) dans laquelle les parois sont ancrées à  $1,1 \times 10^{-7}$  m/s ( $K_v$  :  $1,1 \times 10^{-8}$  m/s).
- Perméabilité des parois des murs emboués à  $1 \times 10^{-8}$  m/s.
- Simulation en régime permanent (à l'équilibre).

Le modèle Plaxis se base quant à lui sur les hypothèses suivantes :

- Calcul schématique effectué pour un cas où les parois moulées sont ancrées dans la première couche étanche (voir figure ci-dessous).
- Perméabilité des couches étanches à  $5 \times 10^{-9}$  m/s en vertical et  $1 \times 10^{-6}$  m/s en horizontal.
- Perméabilité de la couche sableuse à  $1 \times 10^{-7}$  m/s en vertical et  $5 \times 10^{-6}$  m/s en horizontal.



**Figure 6 : Illustration schématique de la coupe du modèle Plaxis 2D (BMN, 2020)**

Plusieurs scénarios ont été testés notamment en l'absence de drains verticaux, le but étant d'évaluer si l'absence de ceux-ci garantit un niveau de sécurité suffisant en ce qui concerne le claquage des couches de fond.

### 4.3.2. Incidences du projet sur les tassements

Les sources principales utilisées dans le cadre l'étude d'incidences sur les tassements :

- La note Tassements, BMN, avril 2016 (réf. BMN-TUN-CIV-RP-013).
- Des calculs complémentaires des parois moulées réalisés par BMN en 2019.
- Le rapport de modélisation hydrogéologique du Métro Nord, Artesia, janvier 2020
- Des échanges d'informations informelles en réunion entre le chargé d'étude, BMN et le demandeur.

#### 4.3.2.1. Etudes BMN

La note tassement de BMN présente une analyse des tassements dus au creusement du tunnel à divers endroits le long du tracé. Les calculs réalisés sont de deux types :

- Calculs numériques détaillés grâce à un modèle aux éléments finis. Ces calculs sont menés en quatre endroits le long du tracé (Puits P5, stations Liedts, Tilleul et Bordet), et servent à calibrer la méthode analytique suivante :
- Calculs analytiques selon la méthode de Peck, bien connue dans le monde des travaux tunneliers. Cette méthode est calibrée grâce aux calculs numériques, et permet de contrôler rapidement les tassements à attendre le long du tracé, et de vérifier l'incidence du creusement sur le bâti existant.

Ce document propose également un inventaire des bâtiments et des structures sensibles aux tassements absolus et différentiels le long du tracé. Ces ouvrages peuvent être des bâtiments classés et/ou de grandes dimensions, des bâtiments sensibles dans des zones où la couverture du tunnel serait potentiellement insuffisante ( $< 1,5 \times$  le diamètre), et d'autres ouvrages sensibles tels que des voies ferrées et bassins d'orage.

Ce document propose enfin une série de mesures préventives et curatives en cas de tassements excessifs attendus ou constatés en cours de travaux.

Des calculs complémentaires des parois moulées ont été réalisés par BMN en 2019 : ces calculs sont destinés à vérifier le design des parois qui constitueront les boîtes des stations. Ces calculs sont principalement destinés à vérifier que les structures prévues sont à même de résister aux différentes sollicitations qui leur seront appliquées, et notamment les poussées des terres. Ces calculs établissent également les déplacements horizontaux des parois dans ces conditions ; une estimation des tassements à attendre en surface est proposée comme étant une fraction de ces déplacements horizontaux.

Des tassements peuvent survenir dans les environs des stations pour les raisons suivantes :

- Lors des phases d'excavation, les parois de soutènement formant la boîte de la station vont se déplacer vers l'intérieur de celle-ci ; la diminution du support horizontal des terrains avoisinant va entraîner un mouvement vertical (tassement) de ceux-ci ;
- Le niveau inférieur des stations est nettement en-dessous du niveau de la nappe phréatique, et un rabattement de celle-ci à l'intérieur de l'enceinte des boîtes des stations est donc nécessaire pendant toute la durée des travaux ou une partie de celle-ci.

- La zone d'influence du rabattement va s'étendre en dehors de l'empreinte de la station, de façon plus ou moins importante en fonction de la profondeur des parois de soutènement et de la perméabilité des terrains. Le rabattement du niveau de la nappe entraîne une diminution de la poussée d'Archimède (pression interstitielle) sur la frange de terrain mise hors eau, ce qui peut générer des tassements supplémentaires (ceci est traité ci-dessous, Etude Artesia 2020).
- En fonction de la configuration du sol traversé par les parois de soutènement sous le niveau d'excavation (alternance de couches plus ou moins perméables), des phénomènes d'instabilité du fond de fouille pourraient survenir (claquage du fond de fouille, phénomène d'érosion rétrograde – entrainement de particules de sol). Ceux-ci pourraient aller jusqu'à entraîner une instabilité des parois de soutènement, avec des effets qui dépasseraient les simples tassements (effondrement). Ce point a fait l'objet de la modélisation Plaxis décrite ci-dessus (chapitre 4.3.1.2, visant à déterminer les conditions de drainage permettant d'éviter les risques de claquage).

#### **4.3.2.2. Etudes Artesia**

Une étude des tassements induits en périphérie de la station par le rabattement du drainage permanent (situation définitive) a également été réalisé par Artesia sur la base des simulations de rabattement effectuées. Les résultats de cette étude sont repris du rapport de la modélisation hydrogéologique.

Dans cette étude, les tassements ont été calculés à l'aide l'équation de Terzaghi, qui est une méthode analytique jugée conservatrice. Cette méthode se base sur les paramètres géotechniques des couches de sol mais également des essais CPT<sup>3</sup> réalisés au droit des stations.

Cette méthode permet de déterminer le rabattement maximum qui permet de ne pas dépasser la valeur du tassement maximum admissible (fixée à 20 mm) tout en prenant en compte les hypothèses les plus conservatrices. Ces résultats sont ensuite comparés aux rabattements obtenus par le modèle 3D.

#### **4.3.3. Incidences sur les eaux souterraines en phase chantier**

Pour rappel, la modélisation réalisée par Artesia a été effectuée en régime permanent à l'équilibre. Elle a pour but de simuler l'effet du drainage une fois l'eau équilibrée en régime dynamique aux environs de la base du radier. Le niveau d'eau est contrôlé par le système de drainage horizontal (et le cas échéant le système de drainage vertical quand il existe). Le niveau est régulé par les pompages dans les chambres ou fossés d'évacuation présents à la base des boîtes des stations, ceux-ci ont pour effet de maintenir le niveau en dessous d'un niveau imposé permettant aux boîtes de ne pas subir de submersion et de limiter les sous-pressions sur leur fond. Le niveau imposé correspond à la lame d'eau maximum qui peut persister dans les chambres d'évacuation.

<sup>3</sup> Un CPT (*Cone Penetration Test*) est un essai in situ qui permet de déterminer la stratigraphie et les propriétés mécaniques d'un sol.

Il dépend des niveaux finis des radiers de fond et des chambres d'évacuation. Il diffère pour chaque station et sera confirmé en phase d'étude d'exécution. Dans le cadre de cette approche, ont été pris en considération les niveaux de rabattement fixés par BMN dans leurs calculs de dimensionnement du réseau de drainage via un modèle Modflow 3D au droit de chaque station (voir description dans le chapitre ci-dessus).

Le régime de drainage permanent, tel que modélisé, est constitué de deux apports : un débit de transit à travers les parois et un débit de contournement sous les parois ancrées dans le premier ou le second aquitard de la formation de Saint Maur.

En scénario V1, le débit de transit à travers les parois est dominant et s'ajoute à un débit de contournement beaucoup plus faible. En scénario V2, le débit de transit devient marginal et ne reste que le débit de contournement beaucoup plus faible mais quasiment identique entre les scénarios V1 et V2 (voir chapitre précédent).

Le niveau d'équilibre et les débits à extraire sont donc dépendants : de la perméabilité de la paroi, de la perméabilité de l'horizon d'ancrage des murs et du niveau imposé, par les besoins du chantier ou de l'exploitation, à l'intérieur de l'enceinte confinée.

De manière générale le niveau d'équilibre de la nappe en exploitation à l'équilibre est proche des niveaux les plus bas à atteindre. Ceci est dû au fait que :

- Le rabattement en chantier est opéré de **manière progressive**, par **épuisement de fond de fouille**, à un niveau situé chaque fois un peu en dessous du plancher d'excavation de chaque phase mais au-dessus de la base du radier (l'opération se fait par pompages au sein de puisards de faible profondeur situés en point bas des excavations) ; en d'autres termes on ne cherche pas à abattre le niveau de nappe beaucoup plus bas que le plancher d'excavation par un système de puits profonds ou de cannes filtrantes ;
- Le **dernier niveau excavé correspond à la base des radiers au fond des boîtes** et les dispositifs qui en font partie (chambres, fossé, etc.), on ne procède pas à des excavations hors eau significativement plus basses (la zone sous-jacente fait en général l'objet d'injections de type grouting mais ne nécessitant pas une mise hors plus basse que la base des radiers) ;
- Le rabattement en exploitation est opéré par un **système de drains horizontaux multiples (voire verticaux pour certaines stations) répartis à travers toute l'emprise de la station**, ce qui a pour effet de ne pas devoir induire des niveaux de rabattement accrus en certaines zones localisées des stations pour garantir en tous points du plancher les niveaux imposés.

Cette manière de progresser pour le rabattement signifie que la situation modélisée, **à l'équilibre, en exploitation, est susceptible de représenter l'impact quasiment maximum** que le drainage des stations et des tronçons induit sur les aquifères encaissants.

Il est apparu au cas par cas, et en fonction de la spécificité de chaque station, que le niveau à rabattre en fin de chantier, avant la mise à l'équilibre, peut être légèrement inférieur au niveau d'exploitation imposé par la base des radiers ; la différence le cas échéant est peu importante, temporaire et **ne justifie pas l'occurrence d'impacts significativement plus élevés en fin de chantier qu'en période d'exploitation**. Ces différences sont illustrées dans les livres qui traitent des stations.

On rappellera que la modélisation des écoulements souterrains a été réalisée en régime d'équilibre (écoulement temporaire) et non en régime transitoire<sup>4</sup>, ceci afin d'établir un état de la situation permanente en exploitation.

La dynamique des rabattements (évolution des niveaux en fonction du temps) n'est pas précisément établie à ce stade, néanmoins afin de juger de l'évolution maximale des rabattements pendant le chantier, il a été fait recours au planning communiqué par l'entreprise. Celui-ci donne, pour certaines phases, en fonction du temps les profondeurs des différentes excavations à atteindre.

Sur cette base, une courbe d'évolution reconstituée des niveaux de nappe a été réalisée en prenant l'hypothèse que le niveau de projet de chaque phase est atteint dès le début de celle-ci. Cette courbe ne traduit pas le comportement exact des niveaux dans le temps (la descente asymptotique n'apparaît pas, le niveau à atteindre est anticipé au début de chaque phase et la descente entre chaque début de phase est linéaire) néanmoins elle donne une **idée représentative de l'évolution maximale des niveaux de nappe pendant les phases de chantier**.

Dans un second temps une **évaluation simplifiée des débits associés à la descente** est effectuée sur base d'un calcul du facteur de proportionnalité des débits de transit en fonction des hauteurs d'eau à l'intérieur et à l'extérieur de l'enceinte pour chaque phase de chantier. Ceci permet de donner une évaluation approchée de l'évolution des débits à attendre jusqu'à rejoindre la situation d'équilibre en régime d'exploitation.

Cette approche se base sur la situation modélisée en scénario V1 susceptible de maximaliser les débits à extraire et les effets périphériques à distance.

Les livres relatifs à chaque station présentent l'évolution attendue des niveaux de nappe (du niveau statique initial jusqu'au niveau dynamique à l'équilibre en exploitation), ceci avec les limitations rappelées ci-dessus. Ces niveaux sont mis en perspective avec la position du terrain naturel, du fond des boîtes à drainer, de la base des murs de confinement et du toit de l'horizon d'ancrage de ceux-ci.

En ce qui concerne les zones mises en œuvre **sous congélation** périphérique, les zones temporairement congelées sont considérées comme imperméables au passage de l'eau. La congélation est sensée être exécutée jusque dans le même horizon d'ancrage que celui des parois de confinement, à savoir le premier ou second aquitard de la formation de Saint Maur. Dans les parties de tronçon confinées de cette manière le débit de transit à travers les parois est considéré comme inexistant, seul persiste un débit de contournement sous la zone congelée pouvant alimenter les boîtes par le fond.

Les différentes approches effectuées ont montré que ce débit de fond est peu important, voire marginal comparativement au débit de transit à travers les parois mis en évidence en scénario V1. La conception du dispositif de congélation est effectuée de manière à garantir une congélation, homogène et sur une épaisseur suffisante qui doit garantir cette étanchéité de la zone excavée sous congélation.

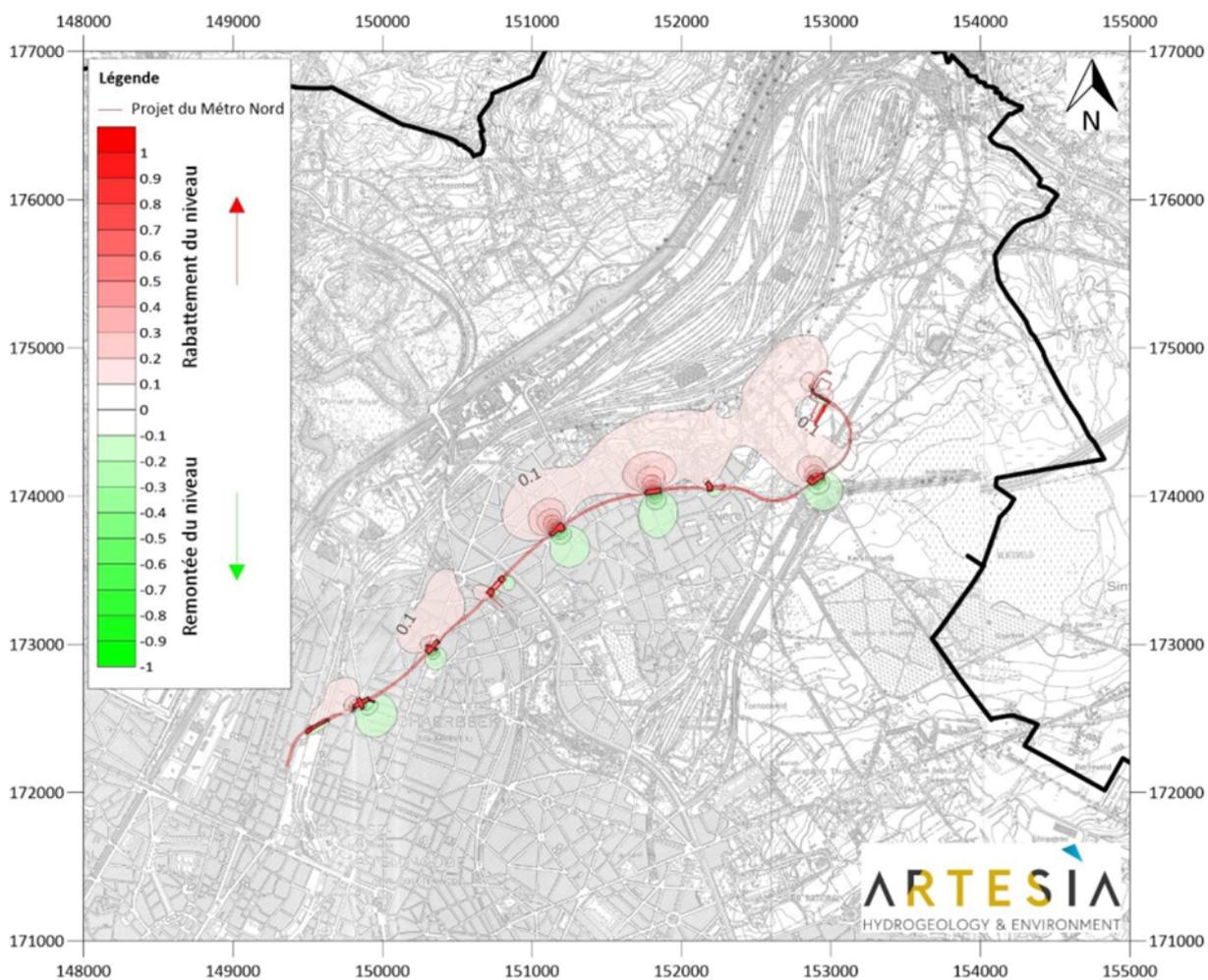
---

<sup>4</sup> Une telle approche plus longue à réaliser aurait nécessité la réalisation d'essais de pompages de durée suffisante, leur interprétation en régime transitoire et la détermination de paramètres complémentaires : coefficient d'emmagasinement et porosité efficace. Ce niveau de détail n'était pas requis pour juger de l'impact de la situation à l'équilibre, en exploitation

Compte tenu de ces aspects, on n'attend **pas d'impact accru en termes de débit à extraire en chantier et d'effet périphérique en termes de rabattement.**

Seul un effet de barrage temporaire peut donner lieu à de légères remontées de nappe de même ampleur que celles modélisées par le scénario V2 (remontée entre 0,2 et 0,7 m par rapport au niveau statique initial).

Ceci a pour éventuelle conséquence d'augmenter légèrement la zone d'extension des remontées au droit des zones congelées. La modélisation a cependant mis en évidence que les zones d'extensions des remontées restent réduites au droit de chaque station et que celles-ci ont très vite tendance à se dissiper latéralement en laissant le passage du débit de transit de la nappe en périphérie des stations et notamment sous les tronçons de tunnel.



**Figure 7 : Impact du drainage permanent du tunnel et des stations sur le niveau piézométrique – carte des rabattements (V2) – (Artesia, 2020)**

On notera enfin qu'il s'agit d'effets temporaires disparaissant à l'arrêt de la congélation.

En résumé, l'impact de mise hors eau par congélation au droit de certaines zones du tronçon n'est pas considéré comme un élément sensible.

Les estimations de l'évolution des niveaux dynamiques et des débits totaux maximum à exhauser en fonction du temps dans chaque station sont reprises dans chaque Livre station.

### **4.3.4. Incidences liées aux déblais**

#### **4.3.4.1. Gestion des déblais**

##### **A. Cadre réglementaire**

La réglementation pour la gestion des terres est définie par région. Puisque la probabilité que les terres excavées soient transportées vers une autre région, voire un autre pays est importante, la réglementation dans les trois régions est reprise ci-dessous.

##### **B. Région de Bruxelles-Capitale**

Les dispositions de l'Ordonnance relative à la gestion et à l'assainissement des sols pollués du 5 mars 2009 sont d'application pour les excavations des terres :

- Catégorie 0 – parcelles potentiellement polluées : la rédaction d'une reconnaissance de l'état du sol (RES) est demandée dans le cadre des demandes de permis (d'environnement ou pour des excavations envisagées) ;
- Catégorie 1 ou 2 – parcelles respectant les normes d'assainissement et/ou d'intervention : aucune proposition nécessaire ;
- Catégorie 3 – parcelles ne respectant pas les normes d'intervention mais avec risques tolérables : proposition de mesures de suivi demandée pour la gestion de terres et d'eaux souterraines polluées (16-7-2013) + déclaration de conformité préalable par Bruxelles Environnement ;
- Catégorie 4 – parcelles ne respectant pas les normes d'intervention et à traiter ou en cours de traitement : projet d'assainissement ou projet de gestion du risque demandé + déclaration de conformité préalable par Bruxelles Environnement ;
- Si pas inscrite à l'inventaire de l'état du sol : aucune proposition nécessaire ;
- Si calamité ou découverte fortuite pendant les travaux : RES ou projet d'assainissement limité + déclaration de conformité préalable par Bruxelles Environnement.

En attente de l'Arrêté des conditions d'utilisation, de transport, de dépôt, de traitement et de traçabilité des terres de remblai et de déblai (prévu cf. l'art. 72 de l'Ordonnance Sol), il est recommandé d'appliquer les conditions de réutilisation des terres excavées comme stipulées dans la note rédigée par Bruxelles Environnement du 19 février 2015.

Les procédures techniques de la région Flamande « Grondverzet » ne sont pas acceptées en Région de Bruxelles-Capitale.

##### **C. Région flamande**

En Région flamande, la réglementation pour la réutilisation des terres excavées est décrite dans le Chapitre 13 du Vlarebo.

Pour l'évacuation des terres excavées, la rédaction d'un rapport technique flamand (« technisch verslag » ou TV) est recommandée.

Dans le cadre du projet Métro Nord, une consultation préalable avec l'organisation de gestion des terres (Grondbank ou Grondwijzer) est conseillée afin de déterminer la stratégie d'investigation.

En principe, les terres excavées pourraient également être évacuées vers un dépôt intermédiaire ou un centre de traitement des terres. Dans ce cas, l'exploitant d'un tel dépôt ou centre devient responsable de la rédaction d'un rapport technique TV et doit assurer le suivi des procédures de traçabilité. Dans ce cas il est important de déclarer le transport des terres excavées à un organisme de gestion des terres agréé.

## D. Région wallonne

En Région wallonne un arrêté d'exécution relatif à la gestion des terres excavées est également en préparation (cf. art 4 du Décret gestion des sols du 5 décembre 2008).

En l'attente de cet Arrêté, les dispositions des législations suivantes sont appliquées :

- Décret du 27/06/1996 relatif aux déchets ;
- AGW du 10/07/1997 catalogue des déchets ;
- AGW du 14/06/2001 favorisant la valorisation de certains déchets ;
- les sols excavée sont toujours considérés comme déchets jusqu'à leur revalorisation ;
- les analyses sont obligatoires pour des terres décontaminées (test de conformité)
- les terres excavées sont classées en 3 types:
  - terres non-polluées ;
  - terres polluées ;
  - terres décontaminées.

La plupart du temps, les terres excavées finissent en décharge (dans un centre d'enfouissement technique (CET) de classe 3) ou sont valorisées dans le cadre de travaux de terrassement (terres de déblai utilisées en remblai ou de génie civil (si autorisé et enregistré à l'Office wallon des déchets)).

### 4.3.4.2. Valorisation des déblais

La valorisation des déblais dépend largement de la qualité des matériaux extraits en fonction de la géologie traversée et par le mode d'excavation.

Le volume total des terres à excaver qui provient des stations comprend, pour chaque station :

- Le volume des terres des boites ;
- Le volume évacué lors de la mise en œuvre des parois moulées ;
- Le volume des terres de la partie sous front de congélation, c'est-à-dire une partie de la zone de quais de certaines stations (Liedts, Colignon, Verboekhoven, Paix et Bordet).

Le calcul du volume de terre prend en compte un coefficient moyen de foisonnement du terrain, fixé à ~1,3 sur base des coefficients standards (voir tableau ci-dessous).

COEF. EXCAVATION SELON TYPE DE TERRAIN		
Type de terrain	Coef. d'expansion initiale	Coef. expansion résiduelle
Terre végétale	1.1	0.01 - 0.05
Sable	1.15 - 1.20	0.01 - 0.03
Argile	1.20 - 1.25	0.03 - 0.05
Marne	1.25 - 1.30	0.05 - 0.08
Sable argileuse	1.2	0.1
Argile compacte	1.5	0.3
Terre dure	1.55	0.3
Roche crassée	1.60 - 1.65	0.4
Terre marneuse	1.7	0.4

**Tableau 5 : Coefficient de foisonnement en fonction par type de sol (BMN, 2016)**

Le volume des terres excavées en provenance des stations peut être de nature différente en fonction des stations considérées (détaillé au cas par cas pour chaque station dans les Livres III Station). Les terres proches de la surface sont, sur les premiers mètres, des remblais ou terres de nature hétérogène de qualité médiocre qui ne pourront être valorisés. Notons également qu'il existe un risque d'état de contamination/pollution du sol rencontré en surface, et jusqu'à une profondeur indéterminée. Ce risque de pollution du sol dépend de l'historique des activités humaines sur le terrain. Ce risque est analysé pour chaque station dans les Livres III Station.

Une partie des terres des stations sont situées sous le niveau de la nappe phréatique et risquent donc d'être gorgées. Il sera nécessaire de prévoir des installations du type bassins de décantation pour chaque station.

L'estimation des volumes de déblais par station est reprise dans le tableau ci-dessous.

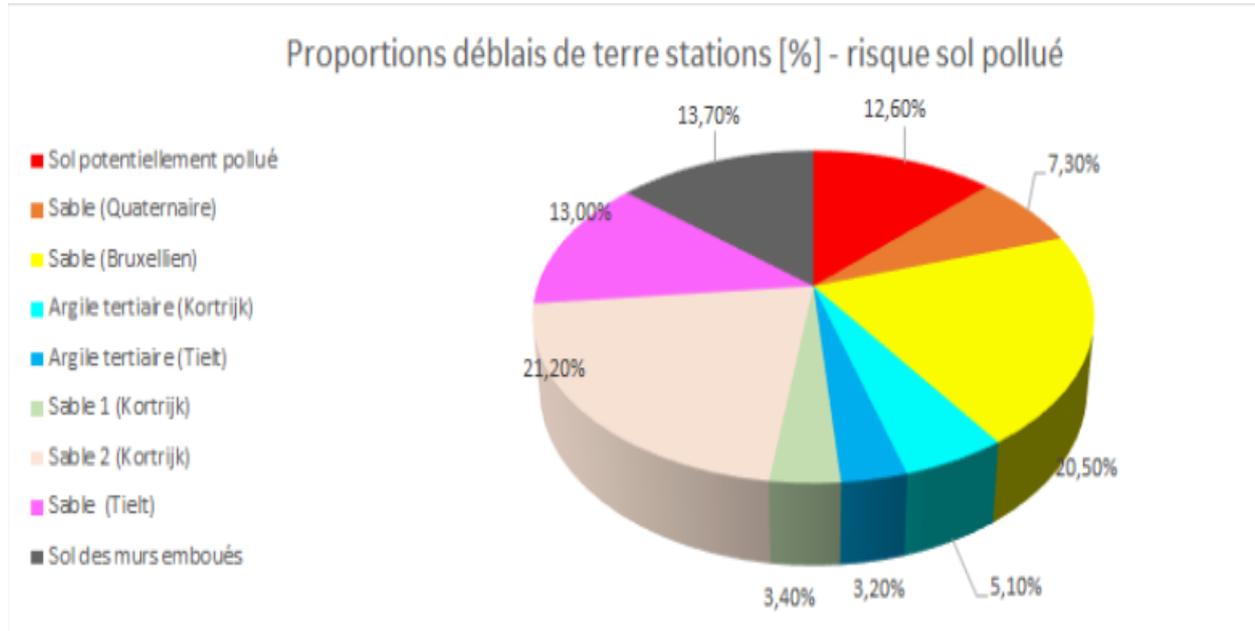
	Déblais des boîtes	Déblais des zones congelées	Total
	[m³]	[m³]	[m³]
LIEDTS	58.088	41.128	99.215
COLIGNON	69.363	24.382	93.745
Verboekhoven	98.842	38.039	136.881
RIGA	108.416		108.416
TILLEUL	99.455		99.455
PAIX	65.369	28.995	94.364
BORDET	125.580		125.580
<b>TOTAL 7 STATIONS</b>	<b>625.113</b>	<b>132.544</b>	<b>757.657</b>

**Tableau 6 : Estimation du volume de déblais des stations**

Le volume total de déblais pour les 7 stations est estimé à environ 758.000 m<sup>3</sup>.

Ce volume peut être divisé en plusieurs catégories en fonction de la granulométrie, du type de sol et de l'origine du sol.

L'estimation de la proportion de type de sols excavés est reprise à la figure ci-dessous.



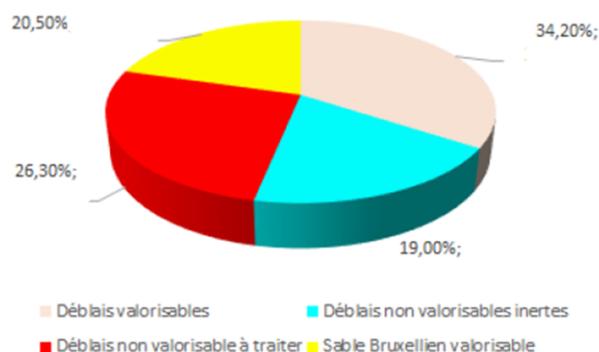
**Figure 8: Répartition des types de sols excavés (BMN, 2016)**

La majorité des sols sableux peuvent être valorisés en tant que matériaux de construction (via des centrales à béton ou cimenteries). Les argiles peuvent être réutilisées comme remblais.

Pour la destination des déblais, on retient les catégories suivantes :

- Le volume de sol pollué. Ce volume est transporté vers un centre de traitement. Il s'agit des 5 premiers mètres de terres et des terres issues des murs emboués ;
- Le volume de sol valorisable. Ce volume est valorisé en tant que matériaux de construction ou de remblais ;
- Le volume de sol est non valorisable inerte. Ce volume de sol est constitué de terres non polluées, qu'il ne faut pas traiter, mais qui n'est pas valorisable.

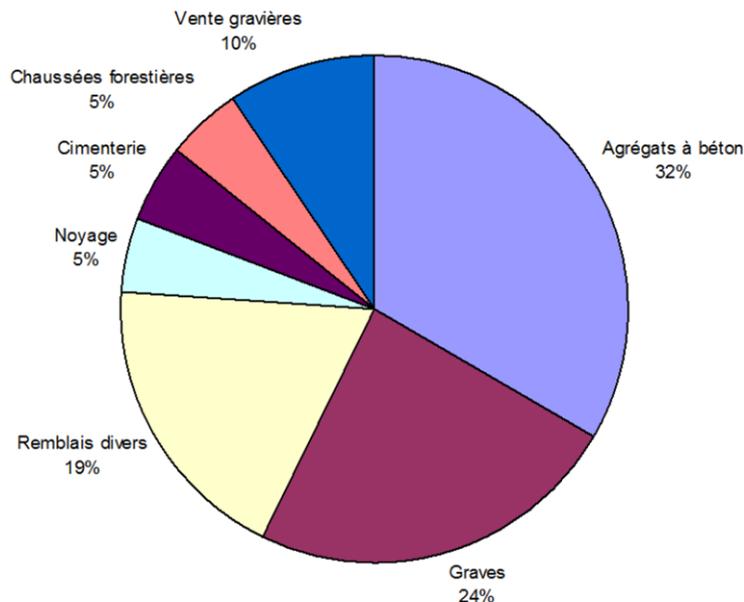
**Potentiel de valorisation des déblais [%]**



**Figure 9 : Répartition de la valorisation des déblais (BMN, 2016)**

Au total, 54% des terres excavées pourraient être revalorisées (selon des critères de valorisation).

La valorisation des déblais peut être effectuées par plusieurs types de secteur (voir figure ci-dessous).



**Figure 10 : Répartition de la valorisation des déblais par secteur d'activité (BMN, 2016)**

Les déblais sableux pourraient être valorisés par les cimentier présents le long du canal de Bruxelles (Inter Béton, Holcim, CCB, ...).

Les déblais pourraient également être revalorisés pour recomblir les carrières en Wallonie mais également en Flandre.

Une dernière possibilité serait de réutiliser les déblais comme remblais pour des projets de réaménagements.

#### **4.3.4.3. Transport des déblais**

Les modes de transport possibles pour l'acheminement vers un dépôt final des déblais sont les suivants :

- Routier.
- Ferroviaire.
- Fluvial.

Au niveau régional, un des objectifs du plan IRIS 2 (2010) est un transfert modal au profit du rail et de la voie d'eau du transport des marchandises. Cet objectif reste d'application en 2020

Une étude de comparaison de ces modes de transport a été réalisé par BMN en 2016 (Rapport sur la gestion et valorisation des déblais, ref : BMN-GEN-PM-RP-008). Il reprend un tableau comparatif des avantages et inconvénients de chaque mode de transport :

	routier	ferroviaire	fluvial
<b>Volume transporté par voyage</b>	30T	600 – 1250T <sup>9</sup>	4500T*
<b>Coûts (€/tonne)</b>	- 5 – 10	- 7,68 – 8,76	+ 2,2 – 2,7
<b>Planning</b>	+ planning prévu	+ planning prévu mais à concorder avec les contraintes du domaine	+ planning prévu mais à concorder avec les contraintes du domaine
<b>Nuisances</b>	-	-	+
Bruit	-	-	+
Vibrations	-	-	+
Impacts espace public (zones sotckage en surface en milieu habité)	-	-	+
Qualité de l'air	-	-	+
<b>Pollution atmosphérique</b>	-	-	+
<b>Logistique chantier</b>	+ espace suffisant	+/- espace de stockage intermédiaire à prévoir près d'un chemin de fer	+/- espace de stockage intermédiaire à prévoir près du canal
<b>Contexte urbain</b>	- impact direct sur le contexte urbain	+ infrastructure existante donc peu d'impacts complémentaires en comparaison+ à la situation existante	+ contexte non résidentiel donc peu de conflits

**Tableau 7 : Tableau de comparaison des modes de transport (BMN, 2016)**

Les zones potentielles de stockage temporaire des déblais sont :

- Le futur dépôt de Haren : lieu de déchargement de transition des déblais du tunnel ;
- Zone d'Intérêt Régional à proximité du parc Josaphat (ancienne gare Josaphat). Il s'agit d'un lieu de déchargement provisoire pour l'évacuation par voie ferrée ;
- Site de Schaerbeek Formation : il s'agit d'un site de dépôt provisoire des terres, à aménager pour l'évacuation par voie ferrée ;
- Plateforme de transbordement existante du port de Bruxelles ;
- Nouvelle plateforme de transbordement du port de Bruxelles, à aménager pour charger les barges.

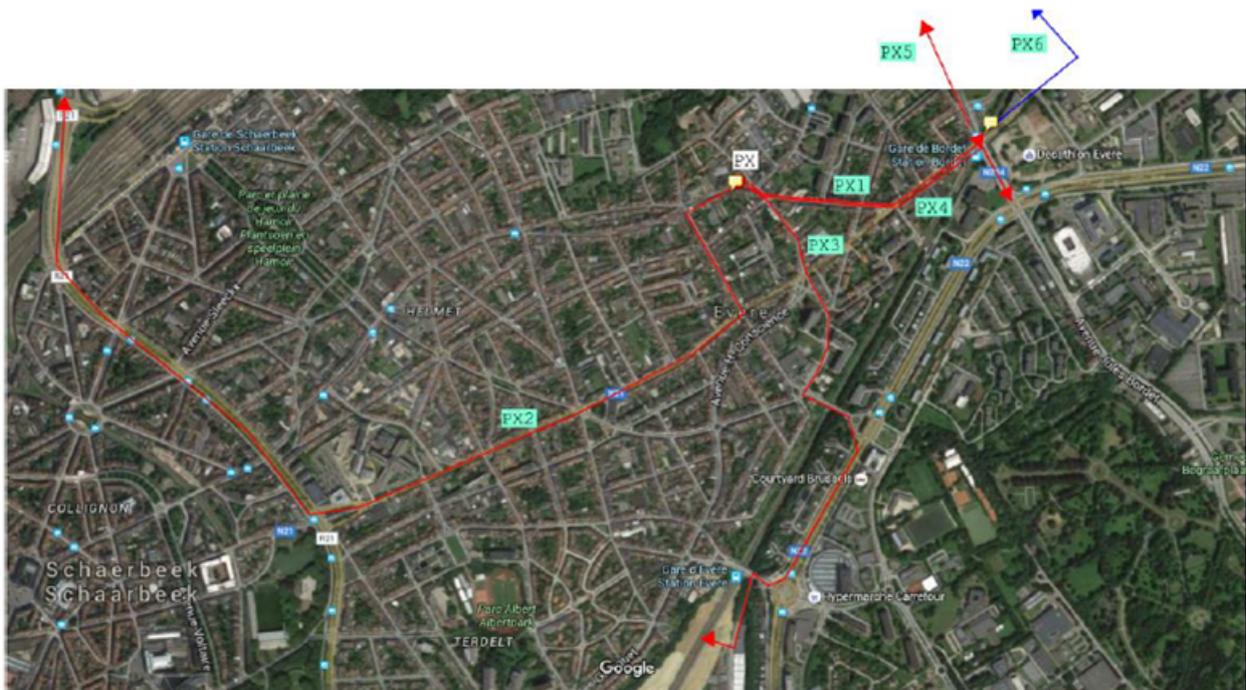


**Figure 11 : Localisation des zones potentielles de stockage des déblais des stations (BMN, 2016)**

De manière générale, les possibilités de préacheminement sont par la voie routière ou par convoyeur à bande. Mais au regard de la morphologie de la ville dans ce quadrant cette dernière option est difficilement envisageable.

Le préacheminement doit s'étudier au cas par cas pour chaque station :

- Bordet :
  - Stockage intermédiaire sur le site d'Haren ;
  - Préacheminement par camion ou convoyeur à bande.
- Paix :



**Figure 12 : Scénarios de préacheminement des déblais de la station Paix (BMN, 2016)**

- PX1 : Préacheminement par camions vers le dépôt de Haren (voie ferrée) ;
- PX2 et PX4 : Préacheminement par camions (voie routière) ;
- PX3 : Préacheminement par camions vers le site de Josaphat (voie ferrée) ;
- PX5 : Préacheminement par camions vers plateforme de transbordement (voie fluviale) ;
- PX6 : Préacheminement par camions vers le dépôt de Haren (voie fluviale).

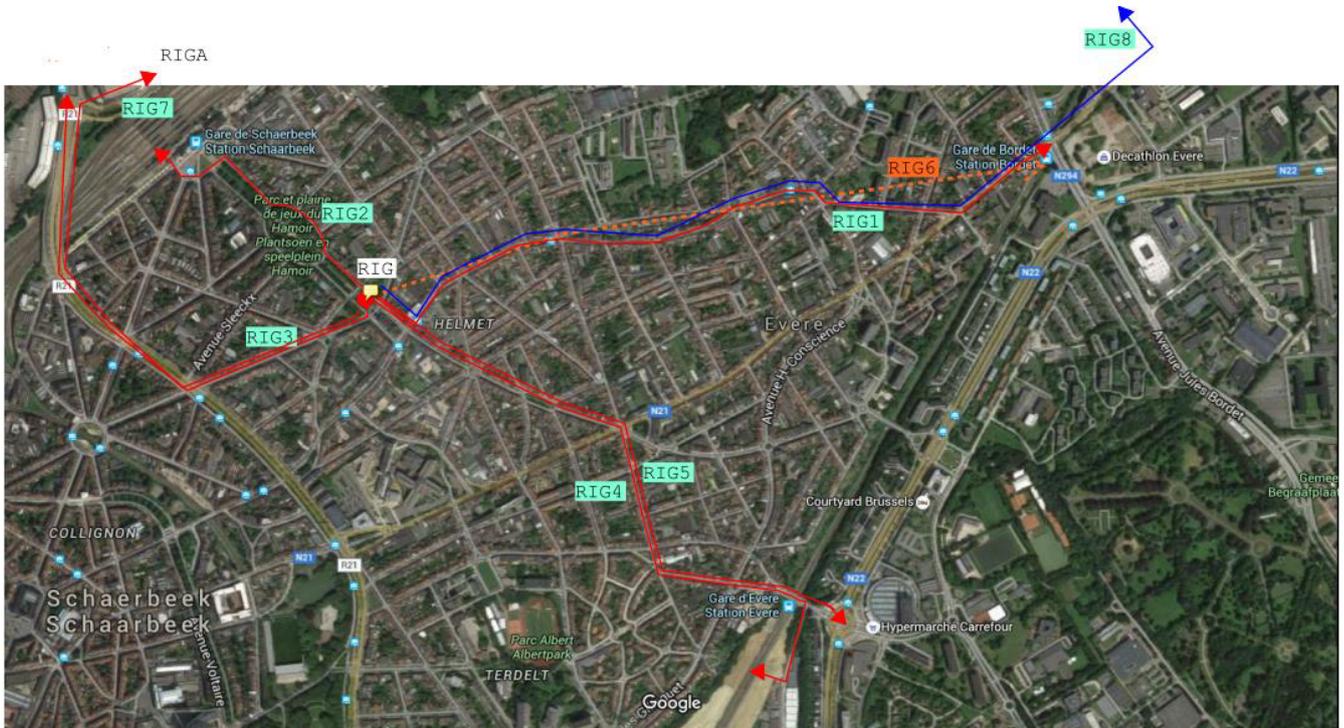
- Tilleul :



**Figure 13 : Scénarios de préacheminement des déblais de la station Tilleul (BMN, 2016)**

- TIL1 : Préacheminement par camions vers le dépôt de Haren (voie ferrée) ;
- TIL2 : Préacheminement par camions vers le site de Schaerbeek-Formation (voie ferrée) ;
- TIL3 et TIL5 : Préacheminement par camions (voie routière) ;
- TIL4 : Préacheminement par camions vers le site de Josaphat (voie ferrée) ;
- TIL6 : Préacheminement par camions vers plateforme de transbordement (voie fluviale) ;
- TIL8 : Préacheminement par camions (et/ou partiellement via convoyeur du tunnel) vers le dépôt de Haren (voie fluviale).

• Riga :



**Figure 14 : Scénarios de préacheminement des déblais de la station Riga (BMN, 2016)**

- RIG1 : Préacheminement par camions vers le dépôt de Haren (voie ferrée) ;
- RIG2 : Préacheminement par camions vers le site de Schaerbeek-Formation (voie ferrée) ;
- RIG3 et RIG5 : Préacheminement par camions (voie routière) ;
- RIG4 : Préacheminement par camions vers le site de Josaphat (voie ferrée) ;
- RIG7 : Préacheminement par camions vers plateforme de transbordement (voie fluviale) ;
- RIG8 : Préacheminement par camions (et/ou partiellement via convoyeur du tunnel) vers le dépôt de Haren (voie fluviale).

• Verboekhoven :



**Figure 15 : Scénarios de préacheminement des déblais de la station Verboekhoven (BMN, 2016)**

- VBK1 : Préacheminement par camions vers le site de Schaerbeek-Formation (voie ferrée) ;
- VBK2 : Préacheminement par camions vers le site de Josaphat (voie ferrée) ;
- VBK3 et VBK4 : Préacheminement par camions (voie routière) ;
- VBK5 : Préacheminement par camions vers plateforme de transbordement (voie fluviale) ;
- VBK6 : Préacheminement par camions vers le site de Haren (voie fluviale).

• Colignon :



**Figure 16 : Scénario de préacheminement des déblais de la station Colignon (BMN, 2016)**

- COL1 : Préacheminement par camions vers le site de Josaphat (voie ferrée) ;
- COL2 et COL3 : Préacheminement par camions (voie routière) ;
- COL4 : Préacheminement par camions vers plateforme de transbordement (voie fluviale) ;
- COL5 : Préacheminement par camions vers le dépôt de Haren (voie fluviale).

• Liedts :



**Figure 17 : Scénarios de préacheminement des déblais de la station Liedts (BMN, 2016)**

- LIE1 : Préacheminement par camions vers le site de Josaphat (voie ferrée) ;
- LIE2 : Préacheminement par camions (voie routière) ;
- LIE3 : Préacheminement par camions vers plateforme de transbordement (voie fluviale) ;
- LIE4 : Préacheminement par camions vers le dépôt de Haren (voie fluviale).

Le transport via voie ferrée nécessite un préacheminement routier pour toutes les stations à l'exception de la station Bordet pour laquelle il est possible d'acheminer les terres via un convoyeur à bande en surface, vers le dépôt d'Haren (solution BO2).

Les solutions d'acheminement les plus adéquates (limitation de la distance de parcours en camion) parmi les acheminements vers les voies ferrées sont :

- Évacuation vers le site de Haren par convoyeur à bande en surface (solution BO2) ;
- Évacuation vers le site de Haren par camion (solution PX1 et PX6). Cette solution est également avantageuse dans le cas où un système de transport automatique est prévu vers le canal pour les déblais du tunnel ;
- Évacuation vers le site de Schaerbeek Formation (solutions TIL2, RIG2 et VBK1) ;
- Évacuation vers le site à proximité de Josaphat (solution COL1 et LIE1).

Pour les solutions d'acheminement vers la voie fluviale, les solutions les plus adéquates sont :

- Évacuation des déblais vers le dépôt de Haren pour les stations de Bordet, Paix, Tilleul et Riga, et à partir de là un transport vers le canal par un système de transport mis en place pour les déblais issus du tunnel ;
- Pour les autres stations (Verboekhoven, Colignon et Liedts), évacuation directe par voie routière vers le canal.

Les recommandations spécifiques sur cette thématique se trouvent en partie 'chantier' de ce livre

#### 4.3.5. Impacts en matière d'eaux usées

L'estimation des quantités d'eau consommée et des débits d'eaux usées rejetés est réalisée à l'aide d'une unité de mesure, l'équivalent-habitant (EH), qui correspond à une consommation moyenne journalière de 120 litres par personne. Les hypothèses suivantes sont prises pour le calcul du nombre d'EH en situation projetée :

- Chaque employé représente 1/3 EH ;
- Des ratios de 1 employé pour 85 m<sup>2</sup> pour les surfaces commerciales sont considérés ;
- L'utilisation de chacune des toilettes de la station 4 fois par heure durant les 12 heures les plus fréquentées de la station est considérée. Cela correspond à 1/17 EH par individu utilisant les toilettes.

Les données concernant le nombre d'individus par affectation proviennent des estimations réalisées dans le *chapitre Domaine socio-économique*. Les calculs résultant de ces données et des hypothèses précitées sont présentés dans les livres stations.

### 4.4. Recommandations sur le projet

#### 4.4.1. Gestion intégrée des eaux pluviales

Afin de limiter la saturation du réseau d'égouttage, la mise en place d'un système de gestion des eaux pluviales sur **l'ensemble** du périmètre du projet est recommandée. On profiterait ainsi du réaménagement prévu sur tout le périmètre d'intervention du projet pour améliorer considérablement la gestion des eaux sur les sites autour des stations, aujourd'hui en grande partie minéralisés et ne disposant d'aucun dispositif de tamponnement des eaux pluviales avant rejet aux égouts.

De plus, la mise en place de l'alternative 'eaux souterraines' est fortement recommandée car celle-ci permet le rejet des eaux d'infiltration/drainage vers le réseau d'eau de surface limitant ainsi la saturation du réseau d'égouttage.

Le système à implanter au sein des stations devra également répondre aux grands principes de la gestion des eaux pluviales alternative tels que définis dans le PGE 2016-2021, à savoir :

- La décentralisation : la gestion des eaux pluviales est effectuée localement, le plus en amont possible ;
- L'enchaînement des dispositifs : la gestion des eaux pluviales est effectuée au moyen d'un enchaînement de dispositifs qui assurent les fonctions de collecte, de transfert et de ralentissement, de rétention ou de stockage, de soustraction par évaporation, évapotranspiration, infiltration, évacuation régulée sans oublier les dispositifs de dépollution ;
- La composition architecturale : la gestion des eaux pluviales sur la parcelle constitue une opportunité à saisir pour exprimer les chemins de l'eau à ciel ouvert comme élément de composition et de valorisation des abords.

#### **4.4.1.1. Système de rétention et opportunité de favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol**

Le choix de systèmes alternatifs de gestion des eaux de surface ruisselant sur les surfaces imperméables dépend fortement de la disponibilité foncière sur le site. Dans le cadre de cette demande et compte tenu de l'espace de pleine terre disponible au niveau de chaque station, il conviendra de coupler plusieurs dispositifs de gestion des eaux pluviales, en priorité à ciel ouvert, et de coupler les fonctions de voiries avec une fonction de rétention voire d'infiltration.

L'infiltration de l'eau dans le sol doit être favorisée autant que cela sera possible. Cependant, de tels aménagements sont fortement tributaires des propriétés intrinsèques du site telles que la perméabilité du sol et la profondeur de la nappe phréatique. Sur la plupart du périmètre d'intervention, l'infiltration est envisageable en première approche. La réalisation de tests de perméabilité in situ (préférentiellement de type Matsuo ou de type Porchet) permettra de déterminer la capacité réelle d'infiltration du sol et de dimensionner avec précision les ouvrages de tamponnement/infiltration à mettre en place.

#### **4.4.1.2. Types d'aménagements alternatifs**

Afin de mettre en œuvre une gestion intégrée des eaux pluviales, les solutions, dispositifs et techniques qui peuvent être mis en place sont multiples :

- 'Traitement' des eaux pluviales à la source via une faible imperméabilisation, la mise en place de toitures vertes, etc. ;
- Réutilisation des eaux pluviales via des citernes de récupération ;
- Infiltration des eaux pluviales via un dispositif d'infiltration à ciel ouvert (noues, fossés, bassins secs) ;
- Infiltration des eaux pluviales via un dispositif d'infiltration enterré (massif d'infiltration, chaussée réservoir, etc.). Ces dispositifs peuvent être installés également sous des espaces verts ou des noues pour améliorer les capacités de temporisation et d'infiltration de l'ensemble ;
- Création de chemins d'eau, fontaines, etc. pour renforcer la présence de l'eau dans l'espace public ;

- Gestion des eaux pluviales via un bassin d'orage à débit limité vers les égouts (en dernier recours, si les solutions « non-enterrées » ne suffisent pas).

Il s'agit de dispositifs ayant des portées et objectifs différents, mais qu'il est pertinent de combiner.

Les volumes de tamponnement/infiltration à mettre en place sont **préférentiellement de type végétalisé et à ciel ouvert** et pourraient prendre la forme de **fossés, noues, arbres de pluie** comme illustrés ci-dessous. Dans les cas où l'espace ne permet pas une gestion totale à ciel ouvert, la mise en place de dispositifs d'infiltration/tamponnement enterrés (chaussée à structure réservoir<sup>5</sup> ou alvéolaire<sup>6</sup>) est également possible.

Ces dispositifs de tamponnement/infiltration sont à répartir en différents endroits du périmètre et doivent tenir compte de la topographie projetée afin que l'ensemble des eaux pluviales aboutissent *in fine* vers un ouvrage de tamponnement/infiltration avant infiltration. L'objectif est de tendre le plus possible vers « zéro rejet » vers le réseau d'égouttage.



Fossé engazonné (Fontainas - Bernard Boccara)



Noie en pente avec « renforcement » au point bas (Quartier du Kronsberg, Hanovre – Valérie Mahaut)

<sup>5</sup> Outre une réduction du débit de pointe, ce système permet une dépollution efficace des eaux pluviales par décantation et « filtration » grâce à l'interception des particules au travers de la structure. Il existe un risque de colmatage en zone à faible circulation, nécessitant un entretien non négligeable pour maintenir une bonne perméabilité. Le choix de la structure de revêtement dépendra fortement du système de gestion des voiries choisi.

<sup>6</sup> Les structures thermoplastiques en nid d'abeilles, légères, constituent une solution alternative au stockage et à la régulation des eaux pluviales grâce à leur taux de vide très élevé (90 %) et à leur grande résistance mécanique. Il est ainsi possible d'augmenter la capacité de rétention au mètre carré par rapport aux chaussées à enrobés poreux. Il convient néanmoins de protéger cette structure en cas de mise en place sous chaussée avec un trafic important notamment de poids lourd.



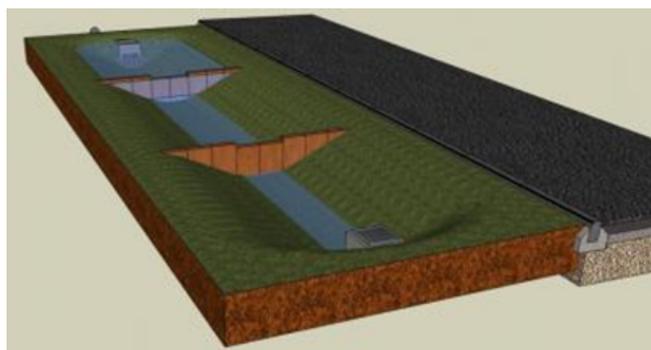
Noue infiltrante minérale partiellement plantée  
 (Quartier du Kronsberg, Hanovre – Valérie Mahaut)



Jardin de pluie intégré dans l'aménagement des voiries  
 (Bruxelles Environnement)



Arbre de pluie (EPA, Stormwater to street trees)



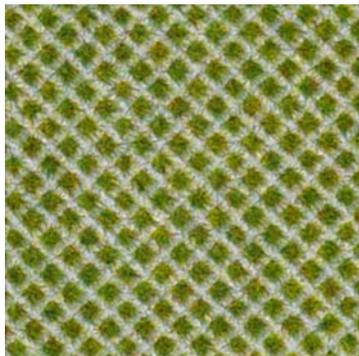
Noue à redan (INFRA Services)

**Figure 18 : Exemples de dispositifs de tamponnement/infiltration (ARIES, d'après Bruxelles Environnement)**

#### 4.4.2. Imperméabilisation

Afin de limiter l'imperméabilisation et d'éviter au maximum un accroissement des volumes de ruissellement des eaux pluviales, il est recommandé de favoriser les revêtements (semi-) perméables au niveau des espaces de trottoirs et de cheminements. A titre d'exemple, les revêtements (semi-)perméables peuvent être de type dalles-gazon ( $CR^7=0,4$ ), en pavés à joints écartés ( $CR=0,7$ ) ou en pavés drainants ( $CR= 0,7$ ) (voir figure suivante).

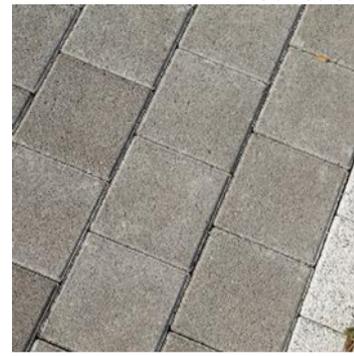
<sup>7</sup> Coefficient de ruissellement



Dalle gazon (BUSCH, 2018)



Pavés à large joints  
(Museum Textures, 2018)



Pavés drainants  
(Heinrich & Bock, 2018)

**Figure 19 : Type de revêtement à préconiser pour les trottoirs et cheminements**

#### 4.4.3. Eaux souterraines

##### **En ce qui concerne le suivi piézométrique :**

- Faire une synthèse des piézomètres existants dans la périphérie du projet et identification des niveaux de nappe équipés pour chacun de ceux-ci ;
- Vérifier si certains piézos existants sont situés dans la zone d'emprise du chantier et seront affectés par celui-ci et si nécessaire les substituer par de nouveaux piézos ;
- Le cas échéant, et après examen du réseau existant, compléter celui-ci, si nécessaire, par des piézomètres complémentaires de manière à documenter les zones non actuellement couvertes (par exemple les zones interstations) et les différents niveaux aquifères concernés par le projet ; on peut ainsi recommander qu'au niveau de chaque station, à son aval et à son amont, soient opérationnels au moins un doublon, voire un triplet de piézomètres contigus équipés au niveau des différents aquifères situés sur la hauteur rabattue ;
- Poursuivre le monitoring continu des niveaux piézométriques pour l'ensemble des piézomètres présents dans la périphérie directe du projet et les piézomètres complémentaires ; ce suivi doit couvrir la période actuelle pré-chantier (background) ; la période de chantier (période transitoire) et la période d'exploitation (période d'équilibre post-chantier). Le suivi est à opérer avec des loggers automatisés. Ce suivi permettra de quantifier l'impact du projet et de valider les présentes conclusions.

##### **En ce qui concerne les effets barrages**

La mise en œuvre de dispositifs de passage de nappe n'est pas exclue à ce stade. En vertu du principe de précaution et en l'absence d'étude complémentaire qui permettrait de mieux évaluer le risque de remontée de nappe, des dispositifs de passage de nappe, combinés à un monitoring piézométrique devront être prévus lors de l'étude d'exécution. La maintenance de ces dispositifs devra également pouvoir être assurée pour prévenir tout risque de colmatage des drains.

Différentes options de passage de nappe peuvent être étudiées, pour autant que leur nécessité soit confirmée lors des études complémentaires le cas échéant :

- soit un passage de nappe à travers la station en créant un chemin préférentiel via des canalisations passant dans la station (techniques assez invasives cependant),
- soit un passage de nappe avec des drains périphériques extérieur, passage sous les tunnels et zones de répartition côté aval, dans cette option un chemin préférentiel se ferait à l'extérieur de la station par augmentation de la perméabilité dans la zone encaissant directement la station.

Ces aspects doivent être examinés lors des études d'exécution. Ce type de dispositif a pour but de diminuer l'effet barrage de la station et de rééquilibrer les niveaux de nappe amont plus bas que ceux engendrés par les murs de confinement.

#### **En ce qui concerne l'impact du rabattement sur les tassements :**

- Affiner l'approche d'évaluation de l'impact du rabattement sur les tassements qui a été faite, en effet l'approche Terzaghi (Artesia) est considérée comme très sécuritaire et a mené à des conclusions relatives aux CPT les plus défavorables. L'approche est à réaliser sur base d'un calcul numérique et d'une caractérisation géotechnique (CPT) dans la zone de rabattement maximum du côté aval des stations concernées ;
- S'il se confirmait que le rabattement est de nature à induire, localement (sur une zone limitée) un tassement pouvant excéder la valeur admissible, il serait nécessaire d'envisager la mise en œuvre d'une recharge locale de l'aquifère pour limiter localement l'effet du rabattement ;
- Le cas échéant, une identification de l'horizon cible est à opérer et ainsi qu'un dimensionnement du dispositif de réinjection (extension en surface, profondeur, débit). Dans cette optique il est recommandé d'utiliser le modèle Artesia pour évaluer l'effet de remontée et affiner les débits à recharger.

#### **4.4.4. Tassements**

Outre les mesures préventives préconisées par le demandeur, il est important que le projet se base sur des principes de conception appropriés et des études de conception approfondies. Parmi les principes de conception mis en œuvre par BMN, on citera l'utilisation de parois de soutènement de forte section et de profondeur importante par rapport à la profondeur de l'excavation (qui de plus est ancrée dans une couche peu perméable), l'utilisation d'un étançonnement des parois en cours d'excavation, la mise en place de mesures permettant de limiter le déconfinement du sol (technique de congélation des sols), ...

Certains points restent cependant à approfondir et font donc l'objet des recommandations suivantes de la part du chargé d'étude :

- Étude explicite des tassements dus aux travaux d'excavation : il est recommandé qu'une méthode de calcul approfondie soit mise en œuvre pour estimer l'ampleur des mouvements de terrain lors de la réalisation de la station. Cette méthode de calcul

(par exemple calcul aux éléments finis) doit pouvoir prendre en compte le phasage détaillé des travaux :

- Mise en place des parois de soutènement,
- Phases d'excavation,
- Mise en place de l'étaçonnement provisoire (butons, etc.) et définitif (radiers et dalles d'étages),
- Effets du rabattement,
- Effets de la congélation des sols,
- Interaction avec le creusement du tunnel du métro (si nécessaire, une modélisation en 3D des zones de pénétration du tunnel dans la station devrait être mise en œuvre).

## 4.5. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Gestion des eaux pluviales	<p>Afin d'améliorer la gestion des eaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mettre en place la variante 'eaux d'infiltration' permettant le rejet des eaux de drainage des stations et du tunnel vers les eaux de surface.</li> <li>▪ Mettre en place des toitures vertes sur les toitures plates des stations ;</li> <li>▪ Mettre en place des dispositifs de tamponnement/infiltration privilégiant les dispositifs à ciel ouvert et végétalisés comme des noues, fossés, jardins et arbres de pluies, bassins secs, etc. ;</li> <li>▪ Prévoir un dispositif d'infiltration sans rejet pour les eaux pluviales des surfaces imperméables (de l'ordre de 8 l/m<sup>2</sup>)</li> <li>▪ Prévoir un volume de tamponnement/infiltration dimensionné sur base de 40 l/m<sup>2</sup> de surfaces imperméabilisées (soit 473 m<sup>3</sup>).</li> <li>▪ Favoriser la mise en place de revêtements (semi-)perméables au sein du périmètre, particulièrement au niveau des trottoirs et des cheminements</li> <li>▪ Réaliser des tests d'infiltration afin de dimensionner avec précision les dispositifs de tamponnement/infiltration</li> </ul>
Gestion des eaux usées	Localiser le point de rejet eaux usées de la station et identifier la conduite dans laquelle il se rejette.
Impact du projet sur la nappe	<p>En ce qui concerne le suivi piézométrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faire une synthèse des piézomètres existants dans la périphérie du projet et identification des niveaux de nappe équipés pour chacun de ceux-ci ;</li> <li>▪ Vérifier si certains piézos existants sont situés dans la zone d'emprise du chantier et seront affectés par celui-ci et si nécessaire les substituer par de nouveaux piézos ;</li> <li>▪ Le cas échéant, et après examen du réseau existant, compléter celui-ci, si nécessaire, par des piézomètres complémentaires de manière à documenter les zones non actuellement couvertes (par exemple les zones interstations) et les différents niveaux aquifères concernés par le projet ; on peut ainsi recommander qu'au niveau de chaque station, à son aval et à son amont, soient opérationnels au moins un doublon, voire un triplet de piézomètres contigus équipés au niveau des différents aquifères situés sur la hauteur rabattue ;</li> <li>▪ Poursuivre le monitoring continu des niveaux piézométriques pour l'ensemble des piézomètres présents dans la périphérie directe du projet et les piézomètres complémentaires ; ce suivi doit couvrir la période actuelle pré-chantier (background) ; la période de chantier (période transitoire) et la période d'exploitation (période d'équilibre post-chantier). Le suivi est à opérer avec des loggers</li> </ul>

Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations  
4. Sol et eaux

Incidences	Recommandations
	<p>automatisés. Ce suivi permettra de quantifier l'impact du projet et de valider les présentes conclusions.</p>
<p>Risque d'effet des stations</p>	<p>La mise en œuvre de dispositifs de passage de nappe n'est pas exclue à ce stade. En vertu du principe de précaution et en l'absence d'étude complémentaire qui permettrait de mieux évaluer le risque de remontée de nappe, des dispositifs de passage de nappe, combinés à un monitoring piézométrique devront être prévus lors de l'étude d'exécution. La maintenance de ces dispositifs devra également pouvoir être assurée pour prévenir tout risque de colmatage des drains.</p> <p>Différentes options de passage de nappe peuvent être étudiées, pour autant que leur nécessité soit confirmée lors des études complémentaires le cas échéant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ soit un passage de nappe à travers la station en créant un chemin préférentiel via des canalisations passant dans la station (techniques assez invasives cependant),</li> <li>▪ soit un passage de nappe avec des drains périphériques extérieur, passage sous les tunnels et zones de répartition côté aval, dans cette option un chemin préférentiel se ferait à l'extérieur de la station par augmentation de la perméabilité dans la zone encaissant directement la station.</li> </ul> <p>Ces aspects doivent être examinés lors des études d'exécution. Ce type de dispositif a pour but de diminuer l'effet barrage de la station et de rééquilibrer les niveaux de nappe amont plus bas que ceux engendrés par les murs de confinement.</p>
<p>Impact du rabattement sur les tassements</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Affiner l'approche d'évaluation de l'impact du rabattement sur les tassements qui a été faite, en effet l'approche Terzaghi (Artesia) est considérée comme très sécuritaire et a mené à des conclusions relatives aux CPT les plus défavorables. L'approche est à réaliser sur base d'un calcul numérique et d'une caractérisation géotechnique (CPT) dans la zone de rabattement maximum du côté aval des stations concernées ;</li> <li>▪ S'il se confirmait que le rabattement est de nature à induire, localement (sur une zone limitée) un tassement pouvant excéder la valeur admissible, il serait nécessaire d'envisager la mise en œuvre d'une recharge locale de l'aquifère pour limiter localement l'effet du rabattement ;</li> <li>▪ Le cas échéant, une identification de l'horizon cible est à opérer et ainsi qu'un dimensionnement du dispositif de réinjection (extension en surface, profondeur, débit). Dans cette optique il est recommandé d'utiliser le modèle Artesia pour évaluer l'effet de remontée et affiner les débits à recharger.</li> </ul>

**Tableau 8 : Recommandations relatives aux sols et eaux valables pour toutes les stations (ARIES, 2021)**

## 5. Faune et flore

### 5.1. Méthodologie spécifique

L'analyse de la faune et de la flore étudie les différents habitats présents susceptibles d'être influencés par le projet et en évalue la qualité. Une recherche préalable des sites au regard des plans d'aménagement de la Région bruxelloise est réalisée. De même une recherche des sites bénéficiant d'un statut de protection ou reconnus pour leur qualité biologique, présents au sein du site du projet et sur ses abords est effectuée (Natura 2000, réserves naturelles et forestières, etc.).

Le site d'étude a fait l'objet de relevés de terrain. L'intérêt biologique de chaque habitat est mis en évidence, et le rôle qu'il peut jouer dans le maillage vert est évalué. Ces relevés ne peuvent cependant pas être exhaustifs dans la mesure où ils sont réalisés sur une période limitée. L'ensemble des espèces présentes ne peut donc pas être détecté. Cependant les milieux présents sur site sont exclusivement d'origine et de gestion anthropique et ornementale et limités au plus simple aménagement.

Enfin, les éventuelles incidences du projet sur la faune et la flore sont analysées et des propositions d'amélioration en termes de plantations et de gestion des espaces verts du site sont formulées.

### 5.2. Cadre réglementaire et références

#### 5.2.1. Législation européenne

- CE/92/43 : Directive Faune-Flore-Habitat (Directive « Natura 2000 ») ;
- 2000/60/EC : Directive eau ;
- CEE/79/409 : Directive concernant la conservation des oiseaux sauvages.

#### 5.2.2. Législation régionale

- Ordonnance du 1<sup>er</sup> Mars 2012 relative à la conservation e la nature et RBC et ses modifications ;
- PRAS (Plan Régional d'affectation du sol) d'application depuis le 29 juin 2001 ;
- RRU (Règlement Régional d'Urbanisme) approuvé par le Gouvernement en date du 21 novembre 2006 et entré en vigueur le 3 janvier 2007 ;
- Plan Régional Nature de la Région Bruxelles-Capitale ;
- Plan Régional de Développement Durable de la Région Bruxelles-Capitale.

### 5.2.3. Références

- BruGIS, Portail cartographique de la Région Bruxelles-Capitale, <http://www.mybrugis.irisnet.be> consulté en octobre 2017 ;
- Cartographie des réserves naturelles de la Région bruxelloise, Bruxelles Environnement – IBGE, site Internet consulté en octobre 2017
- DUVIGNEAUD P., L'écosystème Bruxelles dans l'écosystème urbain : application à l'Agglomération bruxelloise. Colloque international, 14-15/09/1974, Bruxelles : 45-57(1975) ;

Ces documents sont présentés dans les différents livres des stations au sein du chapitre 5.4.1 Situation existante de droit du chapitre consacré à la faune et la flore.

### 5.3. Analyse de la prescription 0.2 du PRAS

En ce qui concerne les espaces verts, la prescription 0.2 du PRAS spécifie :

*« Dans toutes les zones, la réalisation d'espaces verts est admise sans restriction, notamment en vue de contribuer à la réalisation du maillage vert.*

*En dehors des programmes prévus pour les zones d'intérêt régional, les demandes de certificat et de permis d'urbanisme ou de lotir portant sur une superficie au sol de minimum 5.000 m<sup>2</sup> prévoient le maintien ou la réalisation d'espaces verts d'au moins 10% de cette superficie au sol comprenant un ou plusieurs espaces verts d'un seul tenant de 500 m<sup>2</sup> de superficie au sol chacun. »*

Au stade actuel de la réflexion et du cas particulier de l'emprise du projet qui se situe partiellement sur l'espace public et l'espace privé, l'interprétation de cette prescription est la suivante :

- Compte tenu de l'unicité de la demande, le demandeur peut cumuler les m<sup>2</sup> au sol de toutes les interventions qui tombent sous le champ d'application de la prescription 0.2.
- Le demandeur peut globaliser la création de l'espace vert concerné par le calcul de la prescription 0.2 à un seul endroit du projet moyennant le respect de la prescription dans son aménagement
- La prescription 0.2 ne s'applique pas aux travaux en sous-sol, en combinaison avec la 0.13 qui prévoit que « Les travaux d'infrastructure souterrains ne peuvent compromettre l'affectation des terrains où sont exécutés les travaux et qui ne comportent pas ces infrastructures en surface ». Dans le cadre de ce projet cela concerne donc uniquement les infrastructures du dépôt et les édicules de station.

- La prescription 0.2 ne s'applique que pour les travaux effectués dans « toutes les zones », sous-entendu du PRAS. Les actes et travaux qui sont en voirie ne sont donc pas concernées car ils ne sont pas réalisés dans des zones du PRAS. Cette interprétation est consolidée par l'examen des travaux préparatoires du PRAS de 2001, qui évoquent en effet la notion de « parcelle » pour l'application de la prescription 0.2. En conclusion, le calcul de celle-ci porte sur les travaux qui sont inclus dans une parcelle et non sur espace public ou non cadastré.

Pour chaque station et pour le dépôt cette analyse sera réalisée dans les différents livres.

L'analyse qui suit globalise quant à elle cette prescription à l'ensemble des éléments de la demande de permis, à savoir les différentes stations de métro ainsi que le dépôt lui-même.

	Superficie cadastrées (m <sup>2</sup> )	Superficie affectation dans une affectation au PRAS(m <sup>2</sup> )	Superficie cadastrée et dans une affectation au PRAS(m <sup>2</sup> )	Superficie cadastrée et NON reprise dans une affectation au PRAS(m <sup>2</sup> )	Superficie cadastrée et NON reprise dans une affectation au PRAS(m <sup>2</sup> )	Superficie cadastrée et/ou reprise dans une affectation au PRAS(m <sup>2</sup> )	Surface de pleine terre sur parcelle cadastrée non cadastrée mais dans une affectation au PRAS(m <sup>2</sup> )	Total de surface de pleine terre sur parcelle cadastrée et/ou dans une affectation au PRAS (m <sup>2</sup> )
Liedts	-	-	-	-	-	-	-	-
Colignon	-	-	-	-	-	-	-	-
Verboekhoven	6.767	7.109	6.767	342	7.109	763	283	1.046
Riga	2.276	2.276	2.276	-	2.276	2.256	-	2.256
Tilleul	10.146	9.400	9.198	202	10.348	-	-	-
Paix	2.464	2.464	2.464	-	2.464	-	-	-
Bordet	8.661	9.512	8.661	851	9.512	2.243	17	2.260
Dépôt	103.400	103.400	103.400	-	103.400	42.639	-	42.639
<b>TOTAL</b>					<b>135.109</b>			<b>48.201</b>

**Tableau 9 : Analyse de la prescription 0.2 du PRAS à l' échelle de la demande de Permis (ARIES, 2021)**

En considérant les surfaces du projet reprises sur une parcelle cadastrée et/ou dans une affectation au PRAS, un total de 135.109 m<sup>2</sup> sont concernés. Suivant la prescription 0.2 du PRAS, au minimum 13.500 m<sup>2</sup> de superficie au sol comprenant un ou plusieurs espaces verts d'un seul tenant de 500 m<sup>2</sup> de superficie au sol chacun doivent être prévus. Le projet répond à la prescription puisqu'il intègre un total de 48.200 m<sup>2</sup> de superficie au sol d'espace vert.

## 5.4. Recommandations sur le projet et les alternatives

### 5.4.1. Toiture verte et végétation sur dalle

Afin que les toitures vertes puissent jouer un rôle écologique, il est recommandé de s'assurer de la mise en place de toitures vertes de type **semi-intensif** d'une profondeur variant entre 15 et 30 cm lors du projet amendé.

Les toitures vertes semi-intensives s'apparentent régulièrement à de la prairie fleurie sèche composée d'herbacées et parfois de quelques petits buissons. La mise en place de ce type de toiture favorisera la diversification des milieux en créant un milieu ouvert particulier favorable au développement de la biodiversité. Dans l'idéal, la profondeur de substrats devra également varier (microrelief) sur la surface de la toiture de manière à diversifier l'implantation de la végétation.

Outre l'intérêt écologique, ces toitures possèdent également un intérêt esthétique/visuel et hydrologique (tamponnage des eaux de pluies). L'intégration de ces espaces végétalisés permet l'amélioration du cadre de vie des logements via le développement du paysage urbain.

Le tableau suivant reprend les différents types de toitures vertes et leurs principales caractéristiques. Notons qu'il est important de dimensionner la structure portante des toitures en fonction de la surcharge générée par les épaisseurs de substrats.

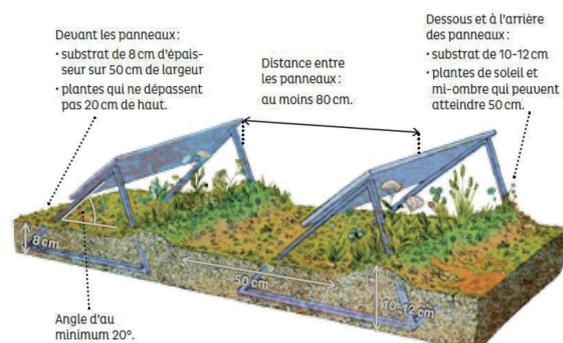
Type de toiture	Végétation	Epaisseur (cm)	Rétention (%)	Surcharge [kg/m <sup>2</sup> ]	Entretien
Extensive	Mousses/sedums	2 – 4	40	30 – 100	Limité
	Sedums/mousses	4 – 6	45		
	Sedums/mousses/herbacées	6 – 10	50		
Semi-intensive	Sedums/herbacées/herbes	10 - 15	55	100 – 400	Moyen
	Herbes/herbacées	15 – 20	60		
	Herbes/herbacées/arbustes	15 – 25	60		
Intensive	Herbes /herbacées/arbustes	25 – 50	70	> 400	Important
	Herbes /arbustes/arbres	> 50	90		

**Tableau 10 : Facteur de rétention d'eau et surcharge de différents types de toitures vertes (Adapté de CSTC, 2006)**

Afin de permettre, le cas échéant, le développement de toitures végétalisées combinées avec le placement de panneaux solaires, il est nécessaire de mettre en œuvre les mesures suivantes :

- L'angle d'inclinaison du panneau sera de minimum 20° ;
- Le bas du panneau sera surélevé de 20 cm au-dessus du substrat ;

- Les panneaux seront espacés d'au moins 80 cm ;
- Devant les panneaux solaires, l'épaisseur du substrat se limitera à maximum 8 cm sur une bande de 50 cm de largeur. Celle-ci comprendra une bande de gravier de 15 cm de largeur au pied du panneau. Les plantes choisies ne dépasseront pas 20 cm ;
- A l'arrière du panneau, l'épaisseur du substrat variera de 10 à 12 cm. La hauteur des plantes pourra atteindre 50 cm. En fonction de leur position et de l'orientation, elles seront choisies parmi les plantes de soleil ou de mi-ombre.



**Tableau 11 : Principe de mise en place de panneaux solaires combinés à une toiture verte (MATRIciel, 2019)**

## 5.4.2. Développement de la biodiversité

### 5.4.2.1. Choix d'espèces

Lors des aménagements autour des infrastructures, le choix des espèces devra principalement se porter sur des espèces indigènes qui ont un apport plus important pour la biodiversité.

Les espèces à planter peuvent être reprises dans la liste des « espèces végétales indigènes et conseillées » des infos fiches Espaces Verts de Bruxelles Environnement. Cette liste reprend les espèces indigènes ou adaptées à l'environnement local et non envahissantes, susceptibles d'être plantées aux abords des bâtiments en milieu urbain et suburbain.

Les plantations prévues respecteront « l'Ordonnance relative à la conservation de la nature du 1 mars 2012 », en ce qui concerne l'introduction d'espèces invasives (Section 5 – article 77). Aucune espèce reprise dans l'annexe IV-b de cette ordonnance ne sera plantée.

Par ailleurs, il est recommandé de prévoir un maximum de plantes mellifères.

### 5.4.2.2. Viabilité des plantations d'arbres

Afin d'assurer la viabilité des plantations d'arbres à haute tige sur dalle, il est recommandé de dimensionner au mieux les **fosses de plantation**. Une fosse de plantation est l'espace souterrain accordé à l'arbre lui permettant de s'ancrer et de lui fournir l'alimentation hydrique et minérale nécessaire à son bon développement.

Les fosses de plantation respectent les règles cumulatives suivantes :

- Être exemptes de toute fondation de bordure et de tout débris de chantier ;
- Présenter un volume de terre arable accessible pour le système racinaire de l'arbre, déterminé en fonction de la hauteur du sujet à maturité :
  - 10 m<sup>3</sup> pour les essences de 3<sup>e</sup> grandeur (10 m ≤ h < 15 m) ;
  - 15 m<sup>3</sup> pour les essences de 2<sup>e</sup> grandeur (15 m ≤ h < 20 m) ;
  - 20 m<sup>3</sup> pour les essences de 1<sup>re</sup> grandeur (h ≥ 20 m) ;

Il convient également d'utiliser des terres fertiles adaptées au développement des arbres. Ces terres doivent permettre **l'alimentation en eau** et en **éléments nutritifs** mais doivent également permettre **l'aération** et la **circulation de l'eau** (porosité). Elles proviennent majoritairement de sols cultivables et contiennent une **teneur élevée en matières organiques**. Précisons que si le substrat utilisé est pauvre, le volume de substrat à apporter sera plus élevé soit 10 à 15 m<sup>3</sup>. Etant plantés sur dalle, une couche drainante doit être installée de manière à éviter la stagnation de l'eau et le pourrissement des racines.

Ayant une faible capacité d'absorption en eau lors de leur plantation, les arbres fraîchement plantés nécessitent **un apport en eau continu** afin de permettre leur développement racinaire. Cette condition est d'autant plus importante pour les arbres de grosse dimension ou pour les arbres transplantés dont le volume racinaire a été réduit. Pour subvenir aux besoins hydriques des arbres, il est également recommandé de prévoir la création de **cuvettes d'arrosage** ou autres systèmes d'irrigation (ex : drains). Les eaux pluviales peuvent en partie être redirigées dans ces cuvettes d'arrosage à condition d'avoir un substrat drainant.

Ces plantations, au même titre que les autres espaces verts pourront être arrosées avec les eaux qui seront récupérées au sein des stations (eaux d'infiltration).

Il est également recommandé de sélectionner des essences adaptées aux conditions urbaines et ayant les dimensions appropriées (8 – 10 m de hauteur et 15 – 30 cm de circonférence) pour assurer le développement végétatif des individus. Toutes ces conditions sont d'application pour les nouveaux arbres.

#### **5.4.2.3. Prairie de fauche – prairie fleurie**

Dans les stations disposant de larges zones de « pelouse », il est recommandé d'aménager celles-ci en prairie de fauche. Cette gestion aurait un impact très positif sur la biodiversité.

Une prairie de fauche est une zone où les espèces présentes peuvent se développer spontanément. Pâquerettes, véroniques, ensuite renoncules, pissenlit puis l'achillée mille-feuille, le lotier corniculé s'y développeront.

Dans un environnement préservé, le semis de graines de prairie n'est généralement pas nécessaire : le sol renferme un stock de graines en dormance qui se manifesteront dès que les conditions deviendront favorables. La gestion de ces zones devrait se faire de la manière suivante :

- ❑ Fauchage une fois l'an avec exportation des foins ;
- ❑ Conservation d'une zone de 20% de la superficie fauchée une fois tous les deux ans. Cette zone est variable dans son emplacement. Ceci permet de conserver des abris hivernaux pour certains insectes ;
- ❑ Fauchage mi-juillet ou mi-septembre, en conservant approximativement la même date d'année en année ;
- ❑ Aucun apport d'engrais organique ou minéral. Plus une prairie est pauvre plus la diversité écologique de celle-ci est importante ;
- ❑ Gestion des espèces invasives susceptibles d'envahir et de refermer le milieu.



**Figure 20 : Exemple de gestion différenciée en prairie de fauche – prairie fleurie d'espaces ouverts (source : <http://www.ecophytozna-pro.fr>)**

#### **5.4.2.4. Gestion des abords des bâtiments et des zones ornementales : alternative au désherbage chimique**

Trouver une alternative au désherbage chimique laisse entendre qu'il existe d'autres moyens de désherbage ; moyens jugés meilleurs, plus respectueux de l'environnement que tous ceux dont les capacités d'éradication, sélective ou non, occasionnent de graves déséquilibres. La reconquête de la qualité de l'eau (superficielle ou non) et des milieux passe par la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Dans la mesure où les sols imperméables, pavés ou recouverts de graviers ne jouissent pas d'une activité biologique aussi intense que celle qui existe dans un jardin riche en micro-organismes, les herbicides y sont dégradés moins vite et le risque est important de voir le produit lessivé par les eaux de pluie et entraîné dans les eaux de surface et les nappes phréatiques.

Pour cela, trois alternatives à l'usage des produits phytosanitaires existent :

- ❑ Empêcher les herbes de pousser, ce sont des techniques préventives ;
- ❑ Les détruire par des moyens non chimiques, ce sont des techniques curatives ;
- ❑ Enfin, laisser les plantes spontanées dans l'espace urbain, en veillant à leur bonne intégration et à leur maîtrise.

Dans le cas qui nous concerne, les solutions peuvent être mises en place de la manière suivante :

- ❑ Les solutions alternatives préventives

- Les paillis végétaux (broyat de branche, feuilles mortes) au pied des plans d'arbres et arbustes durant les premières années (3 ans) afin d'éviter la concurrence entre les nouveaux plants et la végétation spontanée ;



- Les paillis de lin dans les parterres de vivaces afin d'empêcher la végétation spontanée de se mettre en place ;
  - Mettre en place un feutre ou tapis de lin.
- Les solutions curatives :
- Le brossage régulier des zones de trottoirs, grilles d'évacuation, ... afin d'éviter l'accumulation de matière organique et donc la possibilité d'implantation de la végétation spontanée ;
  - Le désherbage manuel, le long des trottoirs ou des bordures ;
  - Le désherbage thermique (désherbage portatif à flamme, désherbage thermique à mousse d'amidon maïs et coco, désherbage thermique à eau chaude ou vapeur, ...) en dernier recours, pour les zones de passages et le long des bordures.

## 5.5. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Abattage d'arbres dans le périmètre de la demande	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les plans d'abattage joints à la demande de permis amendée doivent répertorier l'ensemble des arbres existants dans le périmètre d'intervention de chaque station et indiquer clairement ceux qui doivent être abattus dans le cadre du projet.</li> </ul>
Suppression - réaménagement des espaces verts existants dans le périmètre de la demande	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réaliser une toiture verte semi-intensive (minimum 25 à 30 cm de substrat) sur les toits plats des bâtiments des stations ;</li> <li>▪ Choisir judicieusement les espèces à planter :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Choisir des espèces indigènes et non les résineux ;</li> <li>○ Respecter l'Ordonnance relative à la conservation de la nature du 1 mars 2012, en ce qui concerne l'introduction d'espèces invasives</li> <li>○ Privilégier les espèces mellifères ;</li> </ul> </li> <li>▪ Utiliser les eaux de récupération de la station pour l'arrosage des espaces verts</li> <li>▪ Mettre en place une alternative au désherbage chimique :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Laisser les plantes spontanées dans l'espace urbain ;</li> <li>○ Opter pour des solutions alternatives comme les paillis végétaux, les paillis de lin, les feutres ou tapis de lin ;</li> <li>○ Opter pour des solutions curatives comme le brossage régulier, le désherbage manuel, le désherbage thermique ;</li> </ul> </li> </ul>

Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations  
 5. Faune et flore

<p>Abattage et plantations sur les stations</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les fosses de plantation respectent les règles cumulatives suivantes :                     <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1° être exemptes de toute fondation de bordure et de tout débris de chantier ;</li> <li>○ 2° présenter un volume de terre arable accessible pour le système racinaire de l'arbre, déterminé en fonction de la hauteur du sujet à maturité :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 10 m<sup>3</sup> pour les essences de 3e grandeur (10 m ≤ h &lt; 15 m) ;</li> <li>▪ 15 m<sup>3</sup> pour les essences de 2e grandeur (15 m ≤ h &lt; 20 m) ;</li> <li>▪ 20 m<sup>3</sup> pour les essences de 1ère grandeur (h ≥ 20 m) ;</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>▪ Utiliser des terres fertiles adaptées au développement des arbres.</li> <li>▪ Pour subvenir aux besoins hydriques des arbres, créer des cuvettes d'arrosage ou autres systèmes d'irrigation (ex : drains). Les eaux pluviales peuvent en partie être redirigées dans ces cuvettes d'arrosage à condition d'avoir un substrat drainant. Ces plantations, au même titre que les autres espaces verts pourront aussi être arrosées avec les eaux qui seront récupérées au sein des stations (eaux d'infiltration/drainage).</li> </ul>
---	---

**Tableau 12 : Recommandations relatives à la faune et flore valables pour toutes les stations (ARIES, 2021)**

## 6. Qualité de l'air

### 6.1. Méthodologie

Après une brève analyse du cadre réglementaire et normatif, la situation existante est décrite à l'échelle globale de la future ligne dans son ensemble et au droit de la station.

Les incidences du projet sont ensuite abordées en situations de référence et prévisible, tant pour le projet que pour les alternatives et variantes si elles existent pour la station concernée.

Il s'agit d'analyser, sur base notamment des documents de la demande de permis :

- L'impact de l'exploitation de la future ligne sur la qualité de l'air et des émissions de polluants dans certains locaux ;
- Les différents éléments du projet qui jouent potentiellement un rôle sur la qualité de l'air, à savoir : les installations projetées, la régulation de la ventilation, les prises et rejets d'air de ventilation, le choix du matériel roulant, les infrastructures, le désenfumage, ainsi que diverses autres mesures.

En ce qui concerne le désenfumage, seuls les aspects purement liés à la qualité de l'air sont abordés dans ce chapitre. L'analyse relative à la sécurité objective et aspects SIAMU est développée dans le chapitre Être humain.

Par ailleurs, les besoins en termes d'installations techniques et les surfaces des locaux techniques ne sont pas des aspects sur lesquels l'étude d'incidence a pour vocation à se prononcer. Pour des raisons de sécurité, ces locaux ne sont en outre pas localisés sur les plans.

### 6.2. Cadre réglementaire et références

#### 6.2.1. Cadre réglementaire et normatif

##### 6.2.1.1. Directive 2004/107/CE

Il s'agit de la directive 2004/107/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant. Cette directive est transposée en droit régional bruxellois par le biais du CoBrACE (cf. plus bas).

### **6.2.1.2. Directive n°2008/50/CE**

Il s'agit de la directive n° 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. Cette directive est transposée en droit régional bruxellois par le biais du CoBrACE.

Ses objectifs, repris dans son article I<sup>er</sup>, visent notamment :

« 1) à définir et à fixer des objectifs concernant la qualité de l'air ambiant, afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement dans son ensemble ;

2) à évaluer la qualité de l'air ambiant dans les États membres sur la base de méthodes et de critères communs ;

3) à obtenir des informations sur la qualité de l'air ambiant afin de contribuer à lutter contre la pollution de l'air et les nuisances et de surveiller les tendances à long terme et les améliorations obtenues grâce aux mesures nationales et communautaires ;

4) à faire en sorte que ces informations sur la qualité de l'air ambiant soient mises à la disposition du public ;

5) à préserver la qualité de l'air ambiant, lorsqu'elle est bonne, et à l'améliorer dans les autres cas ;

6) à promouvoir une coopération accrue entre les États membres en vue de réduire la pollution atmosphérique. »

La directive concerne les **substances suivantes** : l'anhydride sulfureux (dioxyde de soufre, SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), les particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), le plomb, le benzène, le monoxyde de carbone (CO) et l'ozone (O<sub>3</sub>).

Elle définit pour ces substances des valeurs limites et des valeurs cibles, des seuils d'alerte, des seuils d'information, des seuils d'évaluation supérieurs et inférieurs, des objectifs à long terme.

Les valeurs limites sont reprises dans un tableau dans lequel elles sont comparées aux valeurs guides définies par l'OMS, cf. infra).

### **6.2.1.3. CoBrACE**

Il s'agit de l'ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie (CoBrACE).

L'article 3.2.5 stipule que « le Gouvernement fixe les valeurs limites, les valeurs cibles, les objectifs à long terme, les niveaux critiques, ainsi que les seuils d'alerte et d'information pour les polluants [suivants] [...] conformément aux Directives européennes relatives à la qualité de l'air ambiant [...] » : l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les PM<sub>2,5</sub>, les PM<sub>10</sub>, le plomb, l'ozone, le benzène, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures polycycliques aromatiques, le cadmium, l'arsenic, le nickel, le mercure.

#### **6.2.1.4. Valeurs-guides OMS**

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixe des valeurs guides de concentrations en polluants à ne pas dépasser plus strictes que celles de la législation européenne (cf. directive européenne 2008/50/CE supra) (voir tableau infra). Ces valeurs guides représentent des niveaux de polluants en-dessous desquels l'exposition (à vie ou pendant une période donnée) ne représente pas un important risque pour la santé publique.

À long terme (horizon 2050), l'objectif européen est d'aligner les normes européennes sur les recommandations de l'OMS.

#### **6.2.1.5. Tableau synoptique comparatif Directive 2008/50/CE et OMS**

Le tableau ci-dessous reprend, pour les différents polluants :

- les principales sources d'émissions,
- les principaux impacts,
- les différentes valeurs limites (pour les polluants autres que l'ozone) ou valeurs cibles (pour l'ozone) pour la protection de la santé humaine, définies dans la directive européenne 2008/50/CE,
- les valeurs guides fixées par l'OMS.

Polluant	Sources	Impacts	Normes et valeurs cibles		
			Période de calcul de la moyenne	Valeurs limites et valeurs cibles 2008/50/CE	Valeurs guides OMS
SO <sub>2</sub>	Principalement la combustion des énergies fossiles contenant du soufre pour le chauffage domestique, la production d'électricité et les véhicules à moteur.	Le SO <sub>2</sub> affecte le système respiratoire (toux, production de mucus, exacerbation de l'asthme, bronchites chroniques, sensibilisation aux infections respiratoires), le fonctionnement des poumons et provoque des irritations oculaires. La réaction avec l'eau produit de l'acide sulfurique, principal composant des pluies acides à l'origine de phénomènes de déforestation.	10 minutes	/	500 µg/m <sup>3</sup>
			1 heure	350 µg/m <sup>3</sup> , max 24 dépassements	/
			1 jour	125 µg/m <sup>3</sup> , max 3 dépassements	20 µg/m <sup>3</sup>
			Année	20 µg/m <sup>3</sup>	/
NO <sub>2</sub>	Principalement le transport routier, la production d'énergie et l'industrie (y compris les raffineries), ainsi que le chauffage des bâtiments. En Belgique, environ la moitié des émissions de NO <sub>x</sub> proviennent du transport routier.	Le NO <sub>2</sub> provoque une augmentation de l'asthme, des affections bronchiques, des inflammations pulmonaires et l'altération des fonctions pulmonaires. De plus, le NO <sub>2</sub> constitue un des principaux précurseurs de la formation d'ozone.	1 heure	200 µg/m <sup>3</sup> , max 18 dépassements	200 µg/m <sup>3</sup>
			Année	40 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Principalement les transports, l'industrie, l'agriculture et le chauffage des bâtiments. Les particules secondaires apparaissent dans l'atmosphère suite aux transformations physico-chimiques de composés gazeux (NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ) et de composés organiques volatiles (COV).	Les particules fines peuvent pénétrer et se loger en profondeur dans les poumons. L'exposition chronique aux particules est un facteur de risque de maladies cardiovasculaires et respiratoires, et de cancer du poumon. Même à faible concentration, la pollution aux particules fines a une incidence sanitaire. L'OMS n'a pas identifié de seuil au-dessous duquel elle n'affecte en rien la santé.	1 jour	50 µg/m <sup>3</sup> , max 35 dépassements	50 µg/m <sup>3</sup> , max 3 dépassements
Année			40 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>2.5</sub>			1 jour	/	25 µg/m <sup>3</sup>
Année			20 µg/m <sup>3</sup> à partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2020 *	10 µg/m <sup>3</sup>	
Benzène (COV)	Les composés organiques volatiles (COV) sont principalement émis par le transport et	Les COV constituent un des principaux précurseurs de la formation d'ozone et de particules fines secondaires.	Année	5 µg/m <sup>3</sup>	/

Polluant	Sources	Impacts	Normes et valeurs cibles		
			Période de calcul de la moyenne	Valeurs limites et valeurs cibles 2008/50/CE	Valeurs guides OMS
	l'utilisation de solvants dans l'industrie et par les ménages (peinture, détergent, ...)	Le benzène en particulier est cancérigène. L'OMS n'a pas identifié de seuil au-dessous duquel il n'affecte en rien la santé.			
CO	Le CO est produit lors de toute combustion incomplète de combustible carboné et donc majoritairement par le chauffage des bâtiments et le trafic automobile.	Le CO constitue un des principaux précurseurs de la formation d'ozone. Dans les espaces confinés et mal ventilés tels qu'un parking couvert ou une salle de bain équipée d'un chauffe-eau, la concentration en CO peut augmenter fortement et causer des asphyxies, parfois mortelles.	Max journalier de la moyenne sur 8h	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
			1 heure	/	30 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	L'ozone se forme sous l'effet de réactions photochimiques entre divers polluants. Les principaux précurseurs d'ozone sont les NO <sub>x</sub> , les COV, le CO et le CH <sub>4</sub> . On observe des pics de concentration pendant les périodes de temps ensoleillé.	L'ozone est nocif, si présent en concentration trop élevée, pour la santé humaine, la faune et la flore. Chez l'homme, l'ozone provoque des problèmes respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme, une diminution de la fonction pulmonaire et l'apparition de maladies respiratoires. L'ozone est l'un des principaux facteurs de risque de morbidité et de mortalité liées à l'asthme.	Max journalier de la moyenne sur 8h	120 µg/m <sup>3</sup> , max 25 dépassements en moyenne sur 3 ans. 0 dépassement = objectif à long terme	100 µg/m <sup>3</sup>

\* Antérieurement : 25 µg/m<sup>3</sup>

**Tableau 13 : Synthèse des polluants principaux (ARIES, 2020 d'après Directive 2008/50/CE et OMS, 2005)**

## 6.2.2. Références

### Cadre réglementaire

- Réglementation européenne
  - Directive 2004/107/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant
  - Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe
- Réglementation régionale
  - Ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie (CoBrACE)

### Sites Internet consultés

- Bruxelles Environnement : <https://environnement.brussels>
- irCELINE<sup>8</sup> : <https://www.irceline.be>
- Brugis : <https://gis.urban.brussels/brugis>

### Publications

- OMS (2005). *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre (Mise à jour mondiale 2005) – Synthèse de l'évaluation des risques*
- ANSES<sup>9</sup> (2015). *Pollution chimique de l'air des enceintes de transports ferroviaires souterrains et risques sanitaires associés chez les travailleurs*
- Respire, LPC2E<sup>10</sup> (2019). *Première étude sur les particules fines dans le métro et le RER (Synthèse des résultats)*

## 6.3. Description de la situation existante

### 6.3.1. Caractérisation de la qualité de l'air globale

La qualité de l'air se caractérise par la mesure des concentrations de différents polluants, parmi lesquels on peut citer les particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les composés organiques volatils (COV) ou encore le monoxyde de carbone (CO).

L'évolution de ces concentrations est suivie en Région de Bruxelles-Capitale par différentes stations de mesure du réseau irCELINE. Certaines d'entre elles permettent de caractériser de

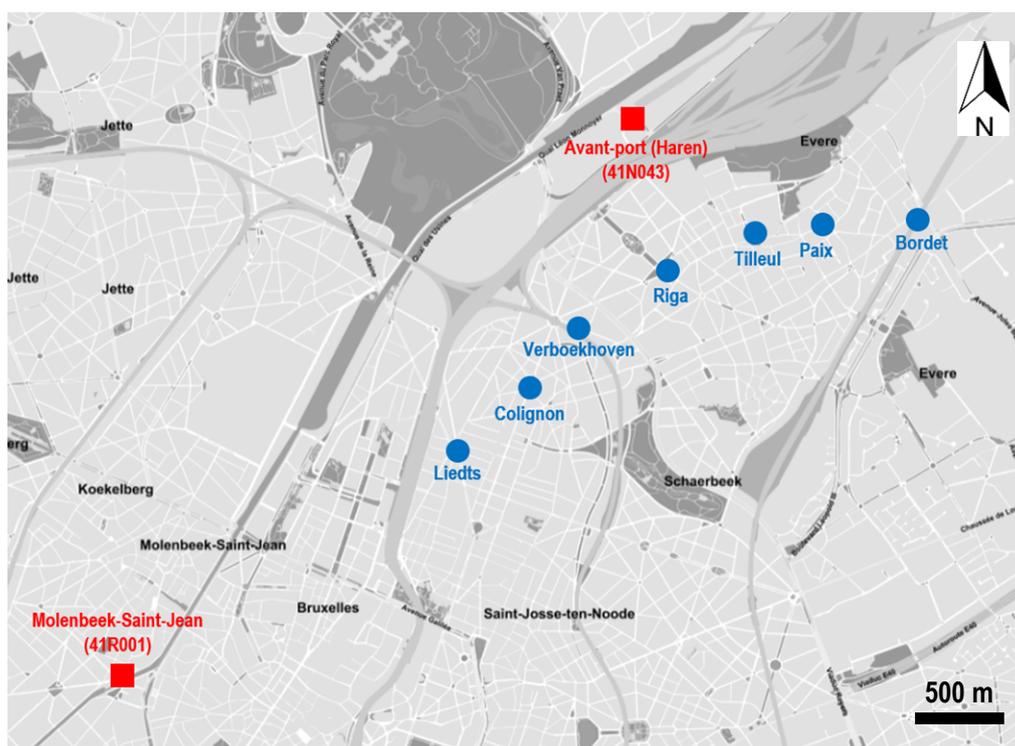
<sup>8</sup> Cellule Interrégionale de l'Environnement

<sup>9</sup> Agence Nationale de Sécurité Sanitaire alimentation, environnement, travail (France)

<sup>10</sup> Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace du CNRS

manière globale la qualité de l'air au droit de l'ensemble du tracé de la future ligne de métro (voir localisation ci-dessous) :

- La **station de Molenbeek-Saint-Jean** (41R001), représentative d'un environnement urbain influencé par le trafic routier, à l'instar de la moitié occidentale du tracé (stations Liedts, Colignon, Verboekhoven) ;
- La **station de l'Avant-port (Haren)** (41N043), représentative d'un environnement peu urbanisé et industriel (port de Bruxelles) et située à environ 1 km à vol d'oiseau du futur emplacement de la station Riga.



**Figure 21 : Localisation des stations de mesures et des 7 stations du métro nord (ARIES, 2020 sur fond Brugis, 2020)**

Les émissions de **particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>** représentent l'enjeu le plus important au niveau de la qualité de l'air dans les stations de métro (voir plus bas). Celles-ci sont principalement issues, en Région de Bruxelles-Capitale, du secteur du bâtiment (chauffage résidentiel et tertiaire, pour une part de l'ordre de 60%) et du transport (pour une part de l'ordre de 40%).

Les tableaux ci-dessous reprennent respectivement :

- les concentrations moyennes annuelles en PM<sub>10</sub> ;
- les nombres de dépassements de la concentration journalière moyenne en PM<sub>10</sub> de 50 µg/m<sup>3</sup>.

Ces valeurs sont comparées aux valeurs limites de la directive européenne et aux valeurs guides de l'OMS.

	Particules fines (PM <sub>10</sub> ) : Concentration moyenne annuelle [µg/m <sup>3</sup> ]													Valeur limite UE	Valeur guide OMS
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019			
Molenbeek-Saint-Jean (41R001)	32	30	29	30	25	25	26	22	23	21	22	19	40	20	
Avant-port (Haren) (41N043)	35	36	33	40	34	34	32	27	25	26	27	26			

**Tableau 14 : Particules fines PM<sub>10</sub> – Concentrations moyennes annuelles (ARIES, 2020 d'après irCELINE, 2020)**

	Particules fines (PM <sub>10</sub> ) : Nombre de dépassements du seuil de 50 µg/m <sup>3</sup> (moyenne journalière)													Valeur limite UE	Valeur guide OMS
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019			
Molenbeek-Saint-Jean (41R001)	125	42	26	43	29	21	18	7	8	6	8	3	35	3	
Avant-port (Haren) (41N043)	130	66	47	87	55	58	33	19	15	14	19	16			

**Tableau 15 : Particules fines PM<sub>10</sub> – Nombre de dépassements du seuil de 50 µg/m<sup>3</sup> (ARIES, 2020 d'après irCELINE, 2020)**

La **valeur limite de la concentration annuelle en PM<sub>10</sub>**, fixée à 40 µg/m<sup>3</sup> dans la directive européenne, a été respectée dans toutes les stations de mesure de la Région bruxelloise depuis l'année 2005, bien que certaines stations influencées par le trafic routier présentent des valeurs proches de cette valeur limite. En revanche, la valeur guide de l'OMS est pratiquement toujours dépassée.

Le **nombre maximal autorisé de dépassements de la concentration journalière moyenne en PM<sub>10</sub> de 50 µg/m<sup>3</sup>**, fixé à 35 par an dans la directive européenne n'a plus été dépassé depuis 2011 au niveau de la station de Molenbeek-Saint-Jean et 2013 pour la station de l'Avant-port de Haren. Le nombre de dépassements est en forte baisse depuis 2008 pour atteindre 3 dépassements à Molenbeek-Saint-Jean en 2019 et 16 dépassements à l'Avant-port de Haren. Cependant, la valeur guide de l'OMS n'est jamais respectée.

Le tableau ci-dessous reprend les **concentrations moyennes annuelles en PM<sub>2,5</sub>** et les compare à la valeur limite de la directive européenne et aux valeurs guides de l'OMS.

	Particules fines (PM <sub>2,5</sub> ) : Concentration moyenne annuelle [µg/m <sup>3</sup> ]												Valeur limite UE	Valeur guide OMS
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
Molenbeek-Saint-Jean (41R001)	23	22	23	25	23	20	18	15	16	14	14	12	25	10
Avant-port (Haren) (41N043)	21	24	22	24	21	19	15	16	17	16	15	15		

**Tableau 16 : Particules fines PM<sub>2,5</sub> – Concentrations moyennes annuelles (ARIES, 2020 d'après irCELINE, 2020)**

La **valeur limite de la concentration moyenne annuelle en PM<sub>2,5</sub>**, fixée à 25 µg/m<sup>3</sup> dans la directive européenne, est toujours respectée depuis son entrée en vigueur en 2015. A titre informatif, les concentrations sont également inférieures à la nouvelle valeur limite de 20 µg/m<sup>3</sup> entrée en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020. Cependant, la valeur guide de l'OMS reste systématiquement dépassée.

### 6.3.2. Caractérisation de la qualité de l'air au droit de la station

Cette analyse est reprise dans le livre de la station concernée.

## 6.4. Analyse des incidences du projet en situation de référence

### 6.4.1. Emissions de polluants en station et en surface

#### 6.4.1.1. Exploitation de la ligne de métro

Les principales sources de pollution de l'air liées à l'exploitation de la ligne de métro sont dues :

- à la **circulation du matériel roulant**, par le biais de la friction roue-frein, du contact roue-rail et du contact entre le matériel roulant et le système d'alimentation électrique ;
- aux **opérations de maintenance**, notamment, par l'utilisation de motrices diesel, le meulage des rails, ... ;
- à l'**apport d'air extérieur**, via les ouvertures de la station et le réseau de ventilation. Cette ventilation a pour but d'assurer l'apport d'air hygiénique pour les locaux à occupation humaine, l'extraction des locaux humides, le refroidissement de certains locaux techniques et le maintien d'une surpression pour éviter l'introduction d'air sale.

Les travaux de maintenance, se déroulant principalement de nuit en dehors des périodes d'exploitation, peuvent également être source de polluants, notamment en raison de l'emploi de motrices diesel.

De manière théorique, plusieurs **paramètres** peuvent influencer la qualité de l'air en un point donné de la station, parmi lesquels on peut citer :

- les conditions de trafic (fréquences, vitesse à l'approche des stations),

- l'effet piston lors du passage des métros (déplacement des poussières par la circulation des métros et notamment, des tunnels vers les quais des stations),
- le matériel roulant : type de freinage, type et profils de roues, masse des voitures,
- la configuration de la station,
- la profondeur des quais, la position par rapport au tunnel,
- l'utilisation de ballast,
- la présence et la hauteur des portes palières
- le système de ventilation,
- la méthode et la fréquence de nettoyage de la station,
- la période de l'année.

Les émissions liées à la circulation des métros ont lieu principalement au niveau des quais et influencent la qualité de l'air dans l'ensemble de la station.

En vue d'améliorer cette qualité de l'air, un système de ventilation est mis en place (voir plus bas).

Les **particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>**<sup>11</sup> constituent la problématique la plus importante en termes de polluants, à l'instar de tous les réseaux ferroviaires. Au niveau des stations, ces particules fines sont principalement composées :

- de fer et d'oxydes de fer : dominantes en termes de concentrations, elles sont émises lors de la circulation et du freinage du matériel roulant (phénomènes d'abrasion, de friction, d'arrachement) ;
- de carbone (élémentaire et organique), vraisemblablement attribuable au freinage ;
- d'éléments métalliques, dont la nature peut être très diverse : chrome, nickel, manganèse, cuivre, baryum, chrome, zinc, antimoine, ... ;
- de minéraux (silice, calcium, ...). La silice provient du sable utilisé dans le but d'augmenter la friction et l'adhérence en cas de freinage d'urgence ou sur un tronçon en pente.

Il est à ce sujet intéressant d'examiner tant la concentration en masse (concentration massique) que la concentration en nombre des particules fines. La concentration en masse ne permet pas de prendre en compte les particules les plus fines, qui, bien qu'étant plus nombreuses, ne représentent qu'une partie négligeable de la masse. La concentration en nombre ne permet pas, quant à elle, de prendre en compte les particules les plus grosses, moins nombreuses.

Les **concentrations massiques** en particules fines relevées à l'intérieur des stations sont en moyenne de l'ordre de 3 fois plus élevées que celles dans l'air urbain. Elles peuvent présenter, dans certains cas, des niveaux 10 fois plus élevés que les concentrations mesurées à l'extérieur

---

<sup>11</sup> Ces particules sont classées en fonction de leur diamètre aérodynamique qui correspond au diamètre moyen d'une sphère qui posséderait des propriétés aérodynamiques équivalentes. Les catégories utilisées sont les PM<sub>10</sub> (PM provenant de l'anglais « Particulate Matter ») et les PM<sub>2,5</sub>, correspondant aux particules dont le diamètre est respectivement inférieur à 10 µm et à 2,5 µm.

(de l'ordre de 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à l'intérieur, par rapport à de l'ordre de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à l'extérieur). Des valeurs bien plus élevées (quelques centaines de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) peuvent être relevées et sont notamment observées la nuit en dehors des périodes d'exploitation, lorsque des travaux de maintenance ont lieu, à l'occasion desquels des motrices diesel sont susceptibles de circuler.

La concentration en  $\text{PM}_{10}$  est de l'ordre de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 24 heures.

A titre indicatif, la plupart des études ont montré un dépassement des valeurs limites annuelles réglementaires de la Directive 2008/CE/50 (fixées à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{10}$  et à 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{2,5}$ ), si l'on fait l'hypothèse que les mesures effectuées, dont la durée est limitée et varie de quelques heures à plusieurs jours, sont représentatives des niveaux de pollution chronique sur une année complète.

Certaines études ont en outre montré que les concentrations en  $\text{PM}_{10}$  augmentent en fonction de la profondeur de la station. De manière générale, les concentrations en  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$  varie selon les endroits de la station considérés (quais, couloirs, ...) et le trafic.

La **concentration en nombre** des particules  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$  de l'air en station est quant à elle du même ordre de grandeur que celle observée pour une exposition de fond urbain et de l'ordre de 1,5 à 4 fois inférieures aux concentrations relevées à proximité du trafic routier.

De manière générale, la concentration en nombre des particules métalliques (fer, oxydes de fer), autres éléments métalliques) et du carbone est plus élevée dans l'air en station que dans l'air extérieur.

La grande majorité des particules présente des dimensions inférieures à 1  $\mu\text{m}$ . Les particules ultrafines (présentant un diamètre inférieur à 0,1  $\mu\text{m}$ ) représentent une proportion en masse négligeable mais sont toutefois nombreuses dans les stations.

Les **autres polluants** pouvant être relevés sont des composés organiques volatils (COV) tels que les hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène) et polycycliques (benzo(a)pyrène). Leurs concentrations présentent une grande variabilité en fonction du réseau, de la localisation sur un réseau donné et de la saison, mais restent de manière générale inférieures aux concentrations relevées au niveau du trafic routier. De même, en dehors des périodes de travaux de maintenance, les polluants tels que le carbone suie (ou black carbon), le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), le formaldéhyde (faisant partie des COV), ... se retrouvent en concentrations inférieures ou équivalentes à celles de l'air extérieur urbain au sein du trafic routier. Les concentrations en benzène ou en oxydes d'azote peuvent dépendre des sources d'air extérieures, notamment du trafic routier.

#### **6.4.1.2. Emissions de polluants dans certains locaux**

Cette analyse est reprise dans le livre de la station concernée.

## 6.4.2. Eléments du projet et incidences sur la qualité de l'air

### 6.4.2.1. Installations projetées

#### A. Ventilation

Le débit de ventilation au niveau des quais est déterminé sur la base d'objectifs de qualité de l'air en termes d'odeurs et de particules en suspension, sur base de deux paramètres :

- Le débit, en m<sup>3</sup>/h, ne fait pas l'objet d'exigences réglementaires. Aussi il a été fixé à 30 m<sup>3</sup>/h, ce qui correspond aux prescriptions de l'ancien RGPT pour les bâtiments tertiaires avant leur modification par l'arrêté royal du 25 mars 2016.
- Un taux d'occupation de 1 personne par m<sup>2</sup>, correspondant aux exigences des pompiers dans le Safety Management plan. Ce taux conduit à des occupations comprises entre 1050 et 1450 personnes selon les stations. Il s'agit de valeurs maximales, qui ne devraient être atteintes que dans des situations ne se produisant que ponctuellement dans l'année.

Les débits alimentant les zones publiques ainsi que les locaux à occupation humaine sont prévus pour atteindre une qualité de l'air intérieur de niveau IDA 2 au sens de la norme EN 13779, correspondant à une qualité de l'air moyenne (augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> entre l'intérieur et l'extérieur comprise entre 400 et 600 ppm). Dans le cas des zones publiques commerciales, ces débits sont fixés à 22 m<sup>3</sup>/(h.pers), visant l'objectif d'un niveau IDA 3, correspondant à une qualité de l'air acceptable (augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> entre l'intérieur et l'extérieur comprise entre 600 et 1000 ppm).

La **ventilation des différents locaux techniques** sera, quant à elle, assurée par des installations classées et non classées, situées dans différents locaux à différents niveaux de la station. Ces installations de ventilation ont également été présentées en introduction.

En outre, un débit d'extraction de 500 m<sup>3</sup>/h sera prévu dans le local comprenant l'UPS.

#### B. Autres installations

En ce qui concerne la **production de chauffage**, aucune émission n'est à attendre en exploitation normale de la station au droit de celle-ci, cette production étant assurée par des pompes à chaleur électriques réversibles.

Les stations seront équipées de groupes de **refroidissement** qui n'occasionneront pas d'émissions en conditions de fonctionnement normal. En cas de fuite, du réfrigérant pourrait cependant être relâché dans l'atmosphère. Il est prévu d'assurer le refroidissement de certains locaux techniques par une armoire de climatisation.

### 6.4.2.2. Régulation de la ventilation au niveau des quais

La régulation du fonctionnement du groupe de ventilation est prévue selon ce schéma :

- Mise en service : suivant l'horaire d'ouverture de la station ;
- Débit minimal du groupe de pulsion : 1/3 du débit de ventilation nominal ;
- Débit maximal de recyclage : 50% du débit minimal de pulsion, soit 1/6 du débit nominal ;

- Température minimale de pulsion : 5°C.

Le débit de pulsion variera entre le tiers et la totalité du débit nominal en fonction des mesures réalisées par des sondes CO<sub>2</sub> (consigne de 900 ppm) placées au niveau des quais. D'après des contacts avec BMN, il devrait également y avoir des sondes pour les COV et les particules fines.

Une sonde de température devrait par ailleurs être mise en œuvre afin d'assurer une température minimale de pulsion de 5°C. Assurer une température minimale de pulsion de 5°C est nécessaire pour éviter le risque de condensation au niveau des quais. Cette condensation peut apparaître lorsque la température de surface se situe à une température inférieure au point de rosée de l'air environnant. Elle peut être à l'origine de la formation de gouttes d'eau pouvant potentiellement atteindre les usagers ou rendre le sol glissant.

Il a été estimé dans le cas des stations que l'apport direct d'air neuf à la température extérieure n'était pas possible sans entraîner ce risque de condensation au niveau des quais.

Aussi, il est envisagé de préchauffer l'air en recyclant partiellement l'air en provenance de la partie supérieure de la station pour profiter du fait qu'il y règne une température plus élevée étant donné la présence d'installations techniques émettrices de chaleur, ...

Par ailleurs, aucun phénomène de combustion n'étant attendu dans les stations en dehors des périodes de maintenance, aucune disposition n'est prise relativement à la détection du monoxyde de carbone (CO).

#### **6.4.2.3. Prises et rejets d'air de ventilation**

Cette analyse est reprise dans le livre de la station concernée.

#### **6.4.2.4. Choix du matériel roulant**

Différentes caractéristiques du matériel roulant envisagé sur la nouvelle ligne, à savoir les rames M7, permettront de limiter les émissions de polluants :

- Optimisation du contact rail-roue :
  - Optimisation de la composition du bandage des roues de manière à limiter l'usure à 0,3 mm tous les 10.000 km ;
  - Lubrification avec graissage embarqué du champignon de rail dans les courbes ;
- Optimisation du freinage :
  - Utilisation du freinage électrodynamique jusqu'à 5 km/h pour les rames M6/M7 (contre 15 km/h pour les rames plus anciennes M1 à M5). Le recours à du matériel roulant équipé d'un système de freinage électromagnétique en lieu et place de systèmes de freinage utilisant du sable pour augmenter l'adhérence en cas de freinage d'urgence ou en pente permettra d'éviter les émissions de silice dans la station.
  - Utilisation des moteurs asynchrones pour les M6/M7 (sans charbons actifs).

#### **6.4.2.5. Infrastructures**

La mise en place de **portes palières** peut jouer un rôle dans l'importance de la propagation des polluants (notamment des particules PM<sub>10</sub> et en particulier de la teneur en fer) dans la station, comme cela a été constaté lors de plusieurs études et en particulier lors de

l'automatisation de la ligne 1 du métro de Paris (diminution des concentrations en PM<sub>10</sub> un an après les travaux). Les portes palières installées à cette occasion présentent une faible hauteur et n'atteignent pas le plafond de la station. Si ces portes permettent de réduire la pollution au niveau des quais, elles pourraient en revanche augmenter l'exposition des passagers dans les rames.

Si l'influence de l'installation de portes palières sur la qualité de l'air au niveau des quais et à l'intérieur des rames a été abordée dans certaines études, la problématique de la dispersion des polluants sur les quais dans le cas particulier des portes palières partielles n'atteignant pas le plafond de la station ne semble néanmoins pas avoir été analysée.

#### **6.4.2.6. Désenfumage**

Cette analyse est reprise dans le livre de la station concernée.

#### **6.4.2.7. Autres mesures**

D'autres mesures sont envisagées par la STIB en vue de limiter les émissions de polluants dans les stations :

- Utilisation d'un train meuleur avec système d'aspiration des poussières ;
- Utilisation d'un train aspirateur des voies avec système d'aspiration des poussières ;
- Nettoyage régulier des bas de caisse.

### **6.5. Recommandations sur le projet**

#### **6.5.1. Mise en place de sondes pour les COV, les particules fines et la température dans la régulation de la ventilation**

L'exploitation de la ligne sera source d'émissions de particules fines et d'autres polluants, tels que des COV.

D'après des contacts pris avec BMN, outre des sondes CO<sub>2</sub>, des sondes pour les COV et les particules fines devraient être mises en place pour réguler les débits de ventilation dans les stations. De même, des sondes de température devraient être installées pour assurer une température minimale de pulsion. Cependant, la mise en place de ces sondes n'apparaît pas clairement dans la demande de PU. Aussi, il sera nécessaire de confirmer la présence de ces 3 types de sondes dans les demandes et étude ultérieures.

#### **6.5.2. Mise en place d'un entretien des rames et des infrastructures afin d'assurer la qualité de l'air dans les stations**

Lorsqu'elles circulent, les rames peuvent transporter les polluants dans les stations, notamment par effet piston. Afin de limiter le transport de polluants dans les stations, il est recommandé d'assurer un bon entretien des rames en mettant en place les mesures envisagées citées précédemment : aspiration des poussières au niveau des voies, nettoyage régulier des bas de caisse, ...

De même, un entretien régulier des stations elles-mêmes (nettoyage, ...) pourra favoriser une meilleure qualité de l'air.

### 6.5.3. Identification des prises et rejets d'air de ventilation et de désenfumage sur les plans

Dans leur état actuel, les plans des demandes de PU et de PE ne permettent pas d'identifier aisément les prises et rejets d'air de ventilation et désenfumage de la station. Ce sont des informations supplémentaires échangées avec l'auteur de projet durant la présente étude qui ont permis de lever les incertitudes liées aux plans et, par conséquent, d'évaluer en toute connaissance de cause les impacts sur la qualité de l'air extérieur dans le voisinage de ceux-ci.

Aussi, dans le cadre des dossiers PU et PE amendés, il sera important de localiser de manière univoque ces prises et rejets d'air sur les différents jeux de plans, de coupes et d'élévations, en les différenciant à l'aide d'une légende claire et en précisant quel type d'air est rejeté (en provenance des quais, des locaux techniques, ...).

## 6.6. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
<b>Projet</b>	
Emissions de particules fines et d'autres polluants lors de l'exploitation de la ligne	Confirmer la présence de sondes COV, particules fines et de température dans les demandes et étude ultérieures, afin de réguler la ventilation des stations en fonction de ces paramètres pour atteindre un bon niveau de qualité de l'air.
Transport de polluants dans les stations par les rames	Assurer un bon entretien des rames en mettant en place les mesures envisagées (aspiration des poussières au niveau des rames et des voies, ...).
Difficulté d'identifier les prises et rejets d'air de ventilation et de désenfumage de la station sur les plans des demandes de PU et de PE.	Localiser de manière univoque ces prises et rejets d'air sur les différents jeux de plans, de coupes et d'élévations, en les différenciant à l'aide d'une légende claire et en précisant quel type d'air est rejeté (en provenance des quais, des locaux techniques, ...).

**Tableau 17 : Recommandations relatives à la qualité de l'air valables pour toutes les stations (ARIES, 2021)**

## 7. Energie

### 7.1. Méthodologie

Le cadre réglementaire et normatif est brièvement analysé. Etant donné l'absence d'infrastructure en situation existante, les incidences du projet sont directement abordées en situations de référence et prévisible, tant pour le projet que pour les alternatives et variantes si elles existent pour la station concernée.

Il s'agit d'analyser, sur base notamment des documents de la demande de permis, d'études complémentaires et de contacts avec BMN et la STIB :

- Les sources de consommations d'énergie liées à l'exploitation de la station pour les postes suivants : refroidissement, chauffage, ventilation, éclairage, équipements. Une évaluation des consommations spécifiques de chacun de ces postes est en outre réalisée pour le projet.
- Le niveau de confort thermique, par le biais du niveau d'isolation, de l'inertie thermique et des apports solaires.
- La réglementation PEB.

### 7.2. Cadre réglementaire et références

#### 7.2.1. Cadre réglementaire

##### 7.2.1.1. Directive 2010/31/EU

Il s'agit de la Directive 2010/31/EU du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments dont l'objectif est de promouvoir « *l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments dans l'Union, compte tenu des conditions climatiques extérieures et des particularités locales, ainsi que des exigences en matière de climat intérieur et du rapport coût/efficacité.* »

Ces exigences portent notamment sur la performance énergétique des bâtiments neufs et les systèmes techniques.

##### 7.2.1.2. CoBrACE

Il s'agit de l'ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code Bruxellois de l'Air, du Climat et de la maîtrise de l'Energie (CoBrACE). Cette ordonnance transpose la Directive 2010/31/UE.

Le CoBrACE se structure en 4 livres : des dispositions communes, des mesures sectorielles dans lesquelles est notamment repris le cadre réglementaire relatif à la PEB (volets *Travaux*, *Installations techniques* (chauffage et climatisation) et *Certification*), des dispositions spécifiques à l'air et au climat et des dispositions finales.

### **7.2.1.3. Réglementation « Travaux PEB »**

L'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 décembre 2007 déterminant des exigences en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments (ou encore arrêté « Exigences ») fixe, comme son nom l'indique, les exigences s'appliquant aux unités PEB et les méthodes de calcul visant à en vérifier le respect. Il a été modifié à plusieurs reprises. La dernière version est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2019.

Une **unité PEB** est une partie du volume protégé (qui correspond, de manière simplifiée, au volume isolé) qui peut présenter une des 4 affectations suivantes :

- unité Habitation individuelle (unité PER),
- unité Non résidentielle (unité PEN),
- unité Autre (activité industrielle, agricole, artisanale ou affectée à du dépôt ou de l'entreposage),
- unité Partie commune (partie commune d'un immeuble, utilisée par plusieurs unités PEB).

La réglementation prend en compte le fait qu'une unité Non résidentielle puisse comprendre différentes fonctions (bureaux, enseignement, soins de santé, rassemblement, cuisine, commerce, sport, locaux techniques, ...), correspondant chacune à une « partie fonctionnelle ».

La réglementation distingue 4 natures des travaux : unité PEB neuve, unité PEB assimilée à du neuf, unité PEB rénovée lourdement et unité PEB rénovée simplement.

Les exigences s'appliquant à une unité PEB dépendent de son **affectation** et de la **nature des travaux**.

Les stations projetées comprendront, suivant les cas, des unités PEB Non résidentielles et des unités Autre dont la nature des travaux sera « Neuf ».

Les exigences d'application pour les **unités PEB Non résidentielles** porteront sur :

- la **consommation d'énergie primaire** (CEP) : exprimée en kWh/(m<sup>2</sup>.an), il s'agit de la consommation spécifique d'énergie primaire prenant en compte le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, l'humidification et l'autoproduction d'électricité.

Le niveau de l'exigence d'une unité PEB Non résidentielle n'est pas unique et dépend de la nature des fonctions contenues dans cette unité par le biais des parties fonctionnelles et de la superficie de celle-ci.

- le **niveau d'isolation des parois enveloppant l'unité PEB**,
- les **installations techniques**,
- les **nœuds constructifs**,
- la **ventilation**.

Les exigences d'application pour les **unités PEB Autres** porteront sur :

- le **niveau d'isolation des parois enveloppant l'unité PEB**,
- les **installations techniques**.

#### **7.2.1.4. Réglementation « Chauffage et Climatisation PEB »**

L'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif aux exigences PEB applicables aux systèmes de chauffage et aux systèmes de climatisation pour le bâtiment lors de leur installation et pendant leur exploitation. Il transpose notamment la Directive 2010/31/UE et expose les exigences PEB applicables :

- aux **systèmes de chauffage** comprenant une ou plusieurs chaudières (fonctionnant aux combustibles liquides ou gazeux et transmettant leur chaleur via de l'eau liquide comme fluide caloporteur intermédiaire) et aux chauffe-eau ;
- aux **systèmes de climatisation** dont la puissance nominale effective est supérieure à 12 kW.

#### **7.2.2. Références**

##### **Cadre réglementaire**

- Réglementation européenne
  - Directive 2010/31/EU du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments
- Réglementation régionale
  - Ordonnance du 2 mai 2013 portant le Code Bruxellois de l'Air, du Climat et de la maîtrise de l'Energie (CoBrACE)
  - Réglementation « Travaux PEB » : Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 décembre 2007 déterminant des exigences en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments (Arrêté « Exigences »)
  - Réglementation « Chauffage et Climatisation PEB » : Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 juin 2018 relatif aux exigences PEB applicables aux systèmes de chauffage et aux systèmes de climatisation

##### **Sites Internet consultés**

- Bruxelles Environnement : <https://environnement.brussels>

##### **Rapports**

- IBAM sa (2011). Audit énergétique – Station de métro De Brouckère – version 1.0

## 7.3. Analyse des incidences du projet en situation de référence

### 7.3.1. Consommations d'énergie liées à l'exploitation de la station

#### 7.3.1.1. Description des installations

Les principales installations que comprendront les stations sont les suivantes :

- **Installations de chauffage** : pompes à chaleur réversibles pour assurer le chauffage dans les locaux sanitaires, urgences, gestion, vestiaires ;
- **Installations de refroidissement** : CRAC units (Computer Room Air Conditioning) servant au refroidissement des locaux des nœuds de télécommunication et des locaux abritant les distributeurs de billets pour les stations qui en sont pourvues.
- **Postes de transformation et de redressement** : la STIB gère elle-même son réseau de distribution et de transformation électrique, et alimente ses réseaux de tram, prémétro et métro en énergie électrique avec une tension alternative de 11 kV en différents points appelés sous-stations, réparties le long des différentes lignes. Ces sous-stations abritent un poste de transformation et/ou un poste de redressement. Dans le cas de la future ligne de métro, toutes les stations seront équipées d'un poste de transformation, tandis qu'une station sur deux sera équipée d'un poste de redressement.
  - Le poste de transformation a pour rôle d'abaisser la tension alternative de 11 kV à 400 V ou 230 V, pour les utilisations classiques au niveau de la station (éclairage, escalators, ascenseurs, ...).
  - Le poste de redressement a pour rôle d'abaisser la tension alternative et de la redresser ensuite afin de générer une tension continue de 900 V servant à alimenter la traction des métros. Pour des raisons d'efficacité au niveau de la traction, le métro est en effet alimenté en courant continu.
- **Nœud de télécommunication 1 (ICT1-SIG-MTV)** : ce nœud comprend :
  - les équipements du réseau informatique utilisé pour la signalisation automatique des métros ;
  - des équipements permettant un contrôle de la signalisation des métros (signaux, portes palières, ...).Ces équipements sont répartis dans différents locaux.
- **Nœud de télécommunication 2 (ICT2-radio Tetra)** : ce nœud comprend :
  - des équipements de redondance du réseau informatique utilisé pour la signalisation automatique des métros ;
  - des équipements de communication du tunnel et des stations ;
  - des équipements de communication radio pour les services de secours.Ces équipements sont répartis dans différents locaux.
- **UPS** (Uninterruptible Power Supply, ou Alimentation Sans Interruption) : dispositifs d'alimentation électrique de secours permettant de fournir du courant alternatif sans aucune coupure, quoi qu'il se produise sur le réseau électrique (panne, ...) ;

- Pompes de relevage** : servent à acheminer les eaux d'infiltration et de drainage collectées dans la station et dans les tunnels vers le réseau d'égouttage public ;
- Escalators et ascenseurs** ;
- Distributeurs de billets** (dans les stations pourvues de commerces).

### **7.3.1.2. Données et hypothèses de calcul**

Cette section reprend l'ensemble des données et hypothèses de calcul utilisées dans l'évaluation des consommations d'énergie pour les postes suivants :

- Refroidissement,
- Chauffage,
- Ventilation,
- Eclairage,
- Equipements.

De manière générale, le chauffage et le refroidissement des commerces ne sont pas pris en compte dans l'évaluation des consommations annuelles des stations qui en sont pourvues. En effet, les systèmes seront installés par les concessionnaires et leur nature n'est donc pas connue à ce stade.

Il en est de même pour les Kiosks (points de vente STIB), dont l'installation prévue à Liedts et à Bordet n'est pas confirmée à ce stade de l'étude. Les consommations liées à leur ventilation ne sont pas non plus considérées. En comparaison avec les autres installations, les consommations dues à l'occupation de ces Kiosks devraient en effet être marginales.

#### **A. Refroidissement**

En ce qui concerne les locaux des **2 nœuds de télécommunication**, la puissance électrique absorbée considérée est de 7,5 kW en moyenne sur une année (respectivement 4,5 et 3 kW pour les nœuds 1 et 2), selon une estimation de BMN. Ces locaux sont refroidis en permanence pour assurer le bon fonctionnement des installations qu'ils abritent.

Les consommations électriques dues au refroidissement du **local UPS** en permanence, sont évaluées par BMN à environ 9.600 kWh, ce qui correspond à une puissance absorbée d'environ 1,1 kW en moyenne sur une année.

Dans le cas des stations qui en sont équipées, le **local ATM** est également refroidi en permanence, la puissance électrique absorbée étant estimée par BMN à 0,6 kW en moyenne sur une année.

#### **B. Chauffage**

Les **locaux gestion, vestiaires, urgences et sanitaires** sont considérés occupés pendant 10% des heures d'ouverture de la station (de 4 heures du matin à 1 heure du matin le lendemain, soit 21 heures par jour), selon une hypothèse posée en concertation avec la STIB, et ce, pendant 7 mois sur 12. Cependant, dans le cas de la **station Riga**, ces locaux sont considérés occupés

en permanence. Etant donné sa place centrale sur le futur tronçon Nord-Bordet, cette station concentrera en effet les équipements de prise de service du personnel (les autres stations n'abriteront que des locaux utilisés en cas de besoin pour la gestion de crise).

La puissance électrique absorbée est de 4 kW selon l'annexe de la demande de permis d'environnement.

### C. Ventilation

La **ventilation hygiénique des quais** est régulée afin d'assurer un niveau de qualité de l'air suffisant, entraînant une variation de la puissance électrique absorbée. Par hypothèse et en concertation avec BMN, une journée type est considérée pour l'évaluation des consommations d'énergie et se décompose comme suit : 6 heures à puissance nominale (15 kW), 8 heures à puissance moyenne (20% de la puissance nominale, soit 3 kW) et 7 heures à puissance minimale (10% de la puissance nominale, soit 1,5 kW). Le lien entre débit de ventilation et puissance absorbée n'est pas linéaire : le débit varie entre 1/3 et 100% du débit nominal (voir *chapitre 6. Qualité de l'air*) tandis que la puissance absorbée correspondante varie entre 10% et 100% de la puissance nominale.

La station est supposée non ventilée pendant les 3 heures de fermeture.

En ce qui concerne les **locaux des 2 nœuds de télécommunication**, la puissance absorbée considérée est de 0,5 kW en moyenne sur une année par nœud, selon une évaluation de BMN. Ces locaux sont ventilés en permanence.

Les **postes de transformation** et de **redressement** sont également ventilés en permanence. Dans le cadre de la présente évaluation, ces consommations de ventilation (de même que celles liées à l'éclairage) sont prises en compte au niveau des consommations des auxiliaires liés à ces postes de transformation et de redressement. Ces consommations, reprenant également celles de l'éclairage des locaux concernés, sont comptabilisées dans le poste équipements (voir plus bas).

Les **autres locaux techniques** (locaux gestion, vestiaires, urgences, sanitaires) sont quant à eux ventilés pendant leur occupation (dont la durée est prise égale à 10% des heures d'ouverture de la station, par hypothèse prise en concertation avec la STIB), à l'exception de la station Riga, pour les raisons évoquées plus haut. La puissance absorbée est considérée égale à 3,25 kW en moyenne sur l'année d'après une estimation de BMN.

Enfin, au niveau des **commerces**, les locaux sont supposés être ventilés uniquement pendant les heures d'ouverture, fixées par hypothèse entre 6 et 19 heures. La puissance électrique absorbée est évaluée par BMN à 0,75 kW en moyenne sur une année.

Par hypothèse, les consommations liées au désenfumage, auquel il est recouru en situation exceptionnelle, ne sont pas prises en compte.

### D. Eclairage

Chaque station dispose d'un réseau Normal, d'un réseau Sécurité et d'une installation no-break, assurant chacun l'alimentation électrique d'une partie des systèmes. Le tableau ci-dessous synthétise l'information.

Réseau Normal	Réseau Sécurité	Blocs autonomes Alimentation de secours
Eclairage zones publiques	Eclairage des locaux techniques et du tunnel	Eclairage de secours (autonomie d'une heure)
2/3	1/3 Eclairage de sécurité	

**Tableau 18 : Alimentation électrique de l'éclairage des stations (ARIES, 2021)**

Le **réseau Normal** assurera les 2/3 de l'alimentation de l'éclairage des zones publiques. Les caractéristiques des sources mises en place ne sont pas définies à ce stade de l'étude. Les luminaires au niveau des quais seront du type « rail précâblé ».

Le **réseau Sécurité** assurera le tiers restant de l'alimentation de l'éclairage des zones publiques, ainsi que la totalité de l'éclairage des locaux techniques et du tunnel. Le réseau Sécurité assurera également l'éclairage de sécurité, défini par le BeSWIC<sup>12</sup>, comme étant l'« *éclairage artificiel qui assure la reconnaissance et l'utilisation en toute sécurité des moyens d'évacuation et qui permet aux personnes d'évacuer vers un lieu sûr et de gagner les sorties du bâtiment en cas de défaillance de l'éclairage artificiel normal.* »

Le transformateur et le tableau général secours (TGS) du réseau Sécurité seront installés dans un local compartimenté et séparé des tableaux d'alimentation des circuits normaux.

Enfin, **l'installation no-break** assurera l'alimentation de l'éclairage de secours, défini par le BeSWIC comme étant l'« *éclairage artificiel qui permet de poursuivre une certaine activité en certains endroits du bâtiment en cas de défaillance de l'éclairage artificiel normal, afin de prévenir toute situation dangereuse à laquelle les travailleurs pourraient être confrontés.* » L'objectif de cet éclairage est également d'éviter l'obscurité totale qui pourrait provoquer la panique.

Cet éclairage de secours sera assuré par des blocs autonomes non permanents dont l'autonomie est d'une heure, qui répondront aux exigences de la NBN EN 1838 : Eclairagisme – Eclairage de secours.

De **nouvelles installations d'éclairage extérieur** (sur mât ou sur façade) seront également réparties sur l'ensemble du périmètre d'intervention, en complément ou en remplacement des installations existantes.

Les **hypothèses relatives à l'évaluation des consommations annuelles** sont reprises ci-dessous. L'éclairage souhaité dans les **zones accessibles au public** (quais et circulations) est de 200 lux, tandis que la puissance spécifique visée est de 2 W/(m<sup>2</sup>.100 lux), ce qui correspond donc à 4 W/m<sup>2</sup>. Par hypothèse, cette valeur est considérée pour l'ensemble de la station. En outre, cette même valeur est considérée pour les commerces.

Pour les **locaux techniques**, l'éclairage souhaité est de 250 lux. La puissance spécifique visée est également de 2 W/(m<sup>2</sup>.100 lux), ce qui mène une puissance surfacique de 5 W/m<sup>2</sup>. L'éclairage au niveau des circulations non accessibles au public est de 200 lux, pour une puissance surfacique de 4 W/m<sup>2</sup>.

Dans le cas particulier des locaux abritant les postes de transformation et les postes de redressement, les consommations d'éclairage correspondantes sont prises en compte au niveau

<sup>12</sup> Belgian Safe Work Information Center : Centre de connaissance belge sur le bien-être au travail

des consommations de leurs auxiliaires et sont comptabilisées dans le poste équipements (voir plus bas), à l'instar de la ventilation.

En termes de durée et d'intensité, les **zones accessibles au public** sont considérées éclairées à 100% pendant les heures d'ouverture (de 4 heures du matin à 1 heure du matin le lendemain pour la station, en dehors des commerces), tandis qu'un dimming (adaptation du niveau d'éclairage) à 30% est mis en place pendant les heures de fermeture, selon les informations reçues auprès de la STIB. Par hypothèse, il n'est pas pris en compte dans les calculs de la possibilité d'une exploitation 24 heures/24 de la ligne.

L'éclairage des **locaux techniques** est quant à lui actionné par boutons-poussoirs. Les locaux sont allumés à 100% pendant 2 heures, puis à 50% pendant les 2 heures suivantes avant d'être ensuite éteints. Ils sont de manière générale peu fréquentés, principalement dans le cadre d'opérations de maintenance ponctuelles. Une hypothèse conservatrice, posée en concertation avec la STIB, consiste dès lors à considérer pour l'ensemble des locaux techniques une occupation moyenne égale à 20% de la période d'ouverture de la station (21 heures par jour), à l'exception de la station Riga, pour les raisons évoquées plus haut. Les circulations non accessibles au public sont considérées quant à elles éclairées pendant 10% de cette période d'ouverture.

De nouvelles installations d'**éclairage extérieur** seront également réparties sur l'ensemble du périmètre d'intervention, en complément ou en remplacement des installations existantes. La nature et la performance de cet éclairage n'étant pas connues à ce stade, celui-ci n'est pas analysé dans le cadre de cette étude. Les installations seront conçues en fonction des exigences des gestionnaires (Bruxelles Mobilité pour les voiries régionales et Sibelga pour les voiries locales).

## E. Equipements

Les consommations et les consommations spécifiques annuelles sont évaluées pour :

- Les **ascenseurs** et les **escalators** ;
- Les **équipements des nœuds de télécommunication** ;
- Les **postes de transformation** assurant l'alimentation de la station en tension alternative 230 V ou 400 V, **ainsi que leurs auxiliaires** ;
- Les **auxiliaires des postes de redressement** (les postes de redressement ayant pour rôle d'alimenter la traction des métros en tension continue de 900 V, leurs consommations propres sont évaluées dans le livre Tunnel) ;
- Les **pompes de relevage**.

Ne sont pas pris en compte dans l'étude les petits équipements tels que les bornes de développement de photos, les distributeurs de friandises et de boissons, ... Les équipements tels que les treuils, ponts roulants, ..., dont l'utilisation est relativement limitée dans le temps, ne sont pas non plus pris en compte dans l'évaluation.

Au niveau des **escalators** et des **ascenseurs**, faute de données plus précises concernant notamment les consommations dans les stations existantes, sont utilisés par hypothèse les chiffres de l'audit énergétique réalisé en 2011 dans le cadre de la rénovation de la station De

Brouckère, en situation existante avant travaux<sup>13</sup>. Les consommations de tels équipements sont en effet difficiles à estimer étant donné qu'elles varient en fonction de différents paramètres tels que la technologie<sup>14</sup> (et par suite, les consommations en mode stand-by et en fonctionnement), la hauteur de course, la fréquentation par les usagers, la localisation dans la station, ...

Une consommation annuelle unitaire de 16.500 kWh a été considérée pour les **escalators**. Cette valeur est déduite des mesures réalisées au niveau de 5 escalators dans le cadre de l'audit et correspond en particulier à un escalator montant installé en 2009. Cette consommation n'est toutefois qu'un ordre de grandeur : il est important de noter que le dénivelé de l'escalator considéré est de 4,57 m tandis que certains escalators installés dans les 7 nouvelles stations présenteront des dénivelés plus élevés (supérieurs à 7,5 m).

En ce qui concerne les **ascenseurs**, une consommation annuelle unitaire de 8.000 kWh a été considérée, correspondant à la consommation la plus élevée déduite des mesures réalisées dans le cadre du même audit. L'ascenseur considéré est de marque Technilift et a été mis en service en 2004. Sa puissance est de 7 kW, proche des ascenseurs potentiellement installés dans les nouvelles stations (de l'ordre de 6 kW, d'après les informations recueillies auprès de BMN en date de la rédaction de l'étude). De même que pour les escalators, la consommation est un ordre de grandeur, la hauteur de course des futurs ascenseurs pourra en effet être sensiblement plus importante et dépasser 20 m dans certains cas.

En ce qui concerne les **équipements des 2 nœuds de télécommunication** et d'après les renseignements fournis par la STIB :

- Les équipements des **locaux ICT1 et ICT2** fonctionnent de manière simultanée à puissance réduite. Les puissances électriques moyennes absorbées au cours d'une année sont considérées égales à 60% des puissances installées et s'élèvent respectivement à 9,48 kW (0,6 x 15,8 kW) et 8,28 kW (0,6 x 12,8 kW) pour les locaux ICT1 et ICT2.
- Au niveau du **local SIG** (nœud de télécommunication 1) : la puissance électrique moyenne absorbée comprend une part constante correspondant à la puissance minimale nécessaire pour garantir un fonctionnement sécuritaire de l'installation (puissance correspondant à des consommations de « base ») et une part variable correspondant au fonctionnement intermittent d'équipements tels que les portes palières, les aiguillages, ... Par hypothèse, posée en concertation avec la STIB, cette part variable est considérée égale à 10% de la différence entre la puissance totale installée et la puissance correspondant aux consommations de base. Cette puissance est évaluée à 11,35 kW pour les stations Liedts, Verboekhoven, Tilleul et Bordet et à 7,85 kW pour les stations Colignon, Riga et Paix.
- Les puissances absorbées au niveau des **locaux MTV** (nœud de télécommunication 1) et **radio Tetra** (nœud de télécommunication 2) sont estimées respectivement à 0,72 et 1,35 kW.

<sup>13</sup> IBAM sa (2011). *Audit énergétique – Station de métro De Brouckère – version 1.0*

<sup>14</sup> Modèle non connu à ce stade de l'étude

Les équipements des nœuds de télécommunication fonctionnent en permanence.

En ce qui concerne les **postes de transformation**, les consommations électriques annuelles sont estimées, auxiliaires compris :

- à 830.000 kWh pour les stations comprenant des commerces (Liedts, Colignon, Riga et Bordet) ;
- À 620.000 kWh pour les autres stations.

Ces consommations ont été évaluées sur base des consommations moyennes mesurées en 2018 pour un ensemble de stations existantes également dotées de commerces et comparables en termes de taille et de profondeur. Il s'agit d'un ordre de grandeur, étant donné la dispersion qu'il peut y avoir entre les différentes stations et les fluctuations dans le temps. Les consommations des auxiliaires sont évaluées à 8.000 kWh par mois (96.000 kWh par an). Elles comprennent notamment la ventilation et l'éclairage des locaux qui les abritent<sup>15</sup>, mais également des consommations liées à des écrans, des prises pour des appareils de mesures, ...

Comme annoncé en préambule de cette section, les consommations des **postes de redressement** ne sont pas reprises dans l'évaluation des consommations des stations, étant liées à la traction des métros. Ce poste est détaillé dans la partie de l'étude relative au tunnel (Voir *Livre Tunnel*).

Cependant, les consommations de leurs auxiliaires, comprenant notamment la ventilation et l'éclairage des locaux qui les abritent<sup>16</sup>, sont comptabilisées au niveau de la station. Elles sont évaluées sur base des consommations moyennes mesurées pour l'ensemble des postes de redressement du réseau existant, de l'ordre de 10.000 kWh par mois (120.000 kWh par an).

Enfin, les **2 pompes de relevage**, d'une puissance unitaire de 3 kW, seront amenées à fonctionner en permanence dans le contexte particulier des futures stations.

### 7.3.1.3. Comparaison des consommations annuelles d'énergie des 7 stations

Le tableau ci-dessous reprend les consommations annuelles d'énergie estimées pour les 7 stations, ventilées suivant les 5 postes (refroidissement, chauffage, ventilation, éclairage et équipements).

Poste	Liedts	Colignon	Verboekhoven	Riga	Tilleul	Paix	Bordet	Total
Refroidissement	80.556	80.556	75.300	80.556	75.300	75.300	80.556	548.124
Chauffage	1.764	1.764	1.764	17.640	1.764	1.764	1.764	28.224
Ventilation	60.252	51.164	59.723	76.614	50.635	56.694	57.223	412.304
Eclairage	114.851	109.730	136.411	123.155	78.370	97.943	164.155	824.615
Equipements	1.555.697	1.404.537	1.410.697	1.338.537	1.213.697	1.096.037	1.562.697	9.581.898
<b>Total</b>	<b>1.813.120</b>	<b>1.647.750</b>	<b>1.683.895</b>	<b>1.636.502</b>	<b>1.419.766</b>	<b>1.327.738</b>	<b>1.866.394</b>	<b>11.395.165</b>

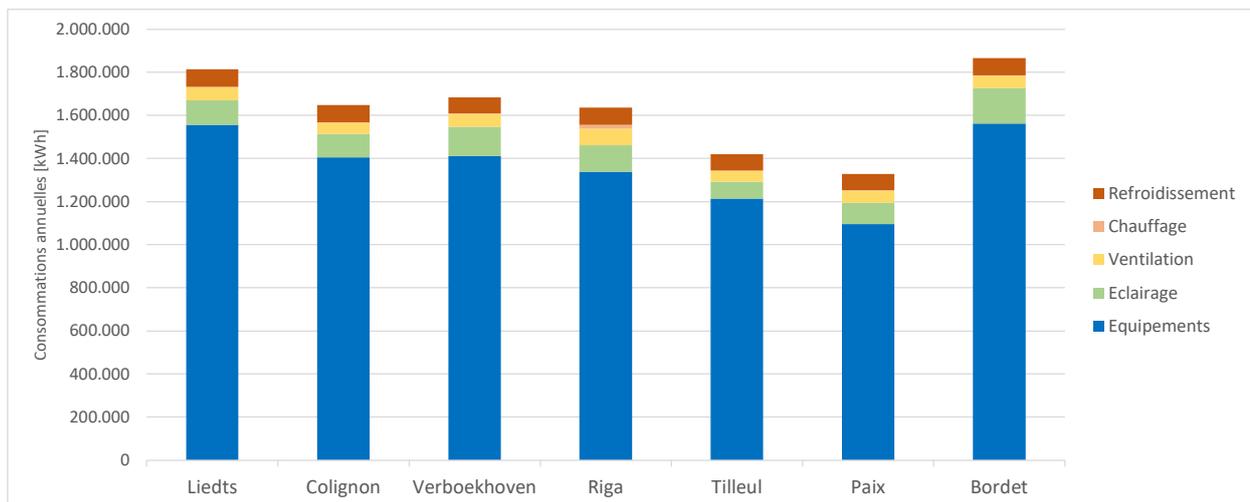
**Tableau 19 : Consommations annuelles d'énergie des 7 stations [kWh]  
(ARIES, 2020)**

<sup>15</sup> Ces locaux ne doivent pas être climatisés.

<sup>16</sup> Ces locaux ne doivent pas être climatisés.

Pour rappel, le poste Equipements reprend les consommations liées aux ascenseurs et aux escalators, aux équipements des nœuds de télécommunication, aux postes de transformation ainsi que leurs auxiliaires, aux auxiliaires des postes de redressement et aux pompes de relevage.

Le graphique ci-dessous met en relation les consommations des 7 stations et illustre la répartition de ces consommations suivant les 5 postes.



**Figure 22 : Répartition des consommations d'énergie annuelles entre les 5 postes pour les 7 stations (ARIES, 2020)**

A partir des consommations d'énergie estimées sur base des hypothèses posées, les conclusions suivantes peuvent être tirées :

- Les consommations de **refroidissement** varient modérément d'une station à l'autre : les différences s'expliquent par l'absence d'un local de distributeurs de billets ou non.
- Les consommations de **chauffage**, très minimes, ne varient pas d'une station à l'autre, à l'exception de la station Riga, où le personnel disposera de locaux centralisés, à la demande de la STIB. Pour ce cas particulier, la durée d'occupation a été considérée égale à la durée d'ouverture de la station (dans le cas des autres stations, la durée d'occupation a été considérée égale à 10% de cette dernière). Pour des raisons d'échelle, les consommations ne sont pas visibles sur le graphe ci-dessus.
- Les variations des consommations de **ventilation** entre les stations sont dues à la ventilation hygiénique des quais. Les consommations relatives à la ventilation des locaux techniques destinés à une occupation humaine (gestion, vestiaires, urgences, ...) sont considérées identiques d'une station à l'autre, à l'exception de la station Riga, en raison d'une plus grande durée d'occupation.
- Les variations des consommations pour l'**éclairage** entre les stations sont assez marquées (variation maximale du simple au double) et sont notamment dues aux différences de superficies. Les consommations des **équipements** varient en fonction des consommations de certains types d'équipements, à savoir les postes de transformation, les auxiliaires des postes de redressement dans le cas des stations

qui ont en dotées, les consommations des équipements des locaux SIG, les ascenseurs et les escalators.

De manière plus détaillée, pour ce dernier poste « équipements », les consommations sont comprises entre :

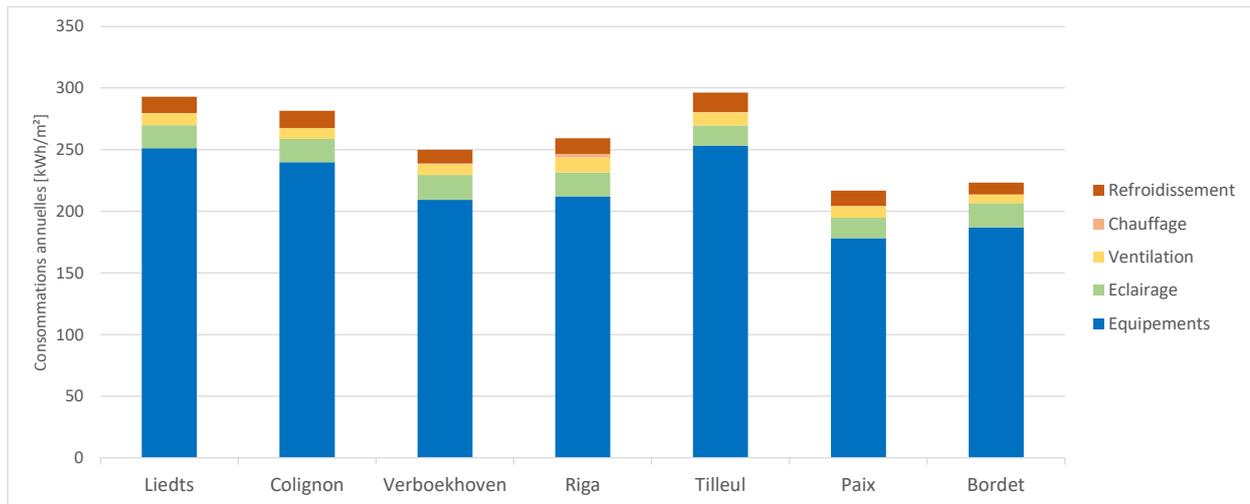
- 1.100.000 kWh pour la station Paix, qui :
  - ne comprend pas de commerces (dont la présence influence les consommations de ventilation et celles relatives au poste de transformation),
  - n'est pas équipée de poste de redressement,
  - présente des consommations moins élevées au niveau des équipements du local SIG ;
  - contient moins d'escalators (10) que la moyenne des stations ;
  - et n'est desservie que par deux ascenseurs ;
- et 1.560.000 kWh pour la station Bordet, qui, à l'inverse :
  - comprend des commerces,
  - est équipée d'un poste de redressement ;
  - présente des consommations plus élevées au niveau des équipements du local SIG ;
  - et est desservie par plus d'ascenseurs (7) que la moyenne des stations (la station comprend toutefois 14 escalators, ce qui est dans la moyenne des 7 stations).

Les consommations des autres équipements des 2 nœuds de télécommunication (locaux ICT1, ICT2, MTV et Tetra), ainsi que celles des pompes de relevage ont été considérées identiques d'une station à l'autre.

Afin de pouvoir comparer les stations entre elles, les consommations spécifiques annuelles sont données dans le tableau et illustrées sur le graphique ci-dessous.

Poste	Liedts	Colignon	Verboek-hoven	Riga	Tilleul	Paix	Bordet
Refroidissement	13,0	13,8	11,2	12,8	15,7	13,6	9,6
Chauffage	0,3	0,3	0,3	2,8	0,4	0,3	0,2
Ventilation	9,7	8,7	8,9	12,1	10,6	10,2	6,8
Eclairage	18,5	18,7	20,2	19,5	16,4	17,7	19,6
Equipements	251,2	239,9	209,3	212,1	253,3	198,0	187,0
<b>Total</b>	<b>292,8</b>	<b>281,5</b>	<b>249,8</b>	<b>259,3</b>	<b>296,3</b>	<b>239,9</b>	<b>223,4</b>

**Tableau 20 : Consommations spécifiques annuelles d'énergie des 7 stations [kWh/(m<sup>2</sup>.an)]  
(ARIES, 2020)**



**Figure 23 : Répartition des consommations d'énergie spécifiques annuelles entre les 5 postes pour les 7 stations (ARIES, 2020)**

Le classement des stations est quelque peu différent par rapport aux consommations d'énergie absolues données précédemment : les stations Tilleul et Paix présentent les consommations spécifiques respectivement la plus élevée et la plus basse. Dans le cas de la station Tilleul, les consommations sont proportionnellement plus élevées par rapport à la superficie, qui est la plus petite des 7 stations (4791 m<sup>2</sup> pour une superficie moyenne de 6254 m<sup>2</sup>). En ce qui concerne la station Paix, les consommations absolues sont les plus basses des 7 stations, pour une superficie de 5535 m<sup>2</sup>, soit environ 750 m<sup>2</sup> de plus que la station Tilleul dont les consommations absolues sont pourtant proches.

## 7.4. Analyse des incidences des alternatives et des variantes en situation de référence

### 7.4.1. Généralités

Les alternatives (de conception et bitube) portent sur la géométrie des stations. Certains postes ne varient donc pas entre le projet initial et ces alternatives :

- Les postes refroidissement et chauffage restent inchangés car ils concernent principalement les locaux techniques ou des locaux de petite taille ;
- La ventilation des locaux techniques ;
- Les équipements autres que les ascenseurs et les escalators, dont le nombre peut varier en fonction de l'étendue de la station.

Le tableau ci-dessous reprend les consommations totales relatives à ces postes invariants. Les proportions varient entre 69 et 81%, notamment en fonction :

- de la superficie des stations (influençant les consommations en éclairage) ;
- du nombre d'ascenseurs et d'escalators.

Poste	Liedts	Colignon	Verboek- hoven	Riga	Tilleul	Paix	Bordet
Consommations totales correspondant aux postes invariants	1.369.268	1.218.608	1.154.012	1.256.904	1.154.012	1.003.352	1.369.268
Consommations totales	1.813.120	1.647.750	1.675.895	1.636.502	1.419.766	1.327.738	1.866.394
Pourcentage des postes invariants	75,5%	74,0%	68,5%	76,8%	81,3%	75,6%	73,4%

**Tableau 21 : Consommations totales des postes ne variant pas entre le projet et les alternatives [kWh] (ARIES, 2020)**

Etant donné le niveau de détails moindre des alternatives, l'estimation des consommations d'énergie au niveau repose sur certaines **hypothèses générales** :

- Les **consommations liées à la ventilation hygiénique** des quais sont considérées identiques dans l'alternative par rapport au projet initial, ce qui constitue une approximation étant donné l'influence potentielle de la géométrie des stations sur les débits à assurer ;
- En termes de superficie, les approximations suivantes ont été faites :
  - La **proportion entre la surface des locaux techniques et celle des circulations** qui les desservent est considérée identique entre le projet initial et les alternatives, ce qui influence les consommations relatives à l'éclairage ;
  - La **superficie de certains locaux techniques**, à savoir, les locaux gestion, urgence, vestiaires, sanitaires, ainsi que les locaux abritant les postes de redressement et de transformation, est également considérée identique entre le projet initial et les alternatives ;
  - Pour les stations pour lesquelles la **superficie des commerces** n'est pas calculée au niveau de l'alternative, celle-ci est considérée identique à celle du projet initial.

#### 7.4.2. Alternative bitube

A l'instar du projet de base, le tableau ci-dessous reprend les consommations annuelles d'énergie estimées pour les 7 stations, ventilées suivant les 5 postes (refroidissement, chauffage, ventilation, éclairage et équipements) dans le cas de l'alternative bitube.

Poste	Liedts	Colignon	Verboekhoven	Riga	Tilleul	Paix	Bordet	Total	Variation / projet de base
Refroidissement	80.556	80.556	75.300	80.556	75.300	75.300	80.556	548.124	0%
Chauffage	1.764	1.764	1.764	17.640	1.764	1.764	1.764	28.224	0%
Ventilation	60.252	51.164	59.723	76.614	50.635	56.694	57.223	412.304	0%
Eclairage	130.538	125.619	130.119	111.775	80.762	86.683	164.155	829.650	0,6%
Equipements	1.555.197	1.322.037	1.377.697	1.256.537	1.164.197	1.079.537	1.554.697	9.309.898	-2,8%
<b>Total</b>	<b>1.828.307</b>	<b>1.581.140</b>	<b>1.644.603</b>	<b>1.543.121</b>	<b>1.372.657</b>	<b>1.299.977</b>	<b>1.858.394</b>	<b>11.128.199</b>	<b>-2,3%</b>

**Tableau 22 : Consommations annuelles d'énergie des 7 stations – Alternative bitube [kWh] (ARIES, 2020)**

Globalement, la différence entre les consommations totales pour la solution bitube et la solution monotube est limitée et est évaluée à environ 2% : les variations concernant les consommations pour l'éclairage et pour les équipements sont en effet marginales.

## 7.5. Recommandations sur le projet, les alternatives et les variantes

### 7.5.1. Privilégier des équipements économes en énergie

Les équipements représentent les plus grosses sources de consommations d'énergie. Aussi, il est recommandé de viser l'installation d'appareils les plus économes possible au moment de la mise en œuvre du projet, en tenant compte de l'évolution des technologies.

### 7.5.2. Etudier la possibilité de récupérer d'énergie au sein des stations

Notamment au niveau des locaux techniques, des dégagements de chaleur sont dus au fonctionnement des installations qu'ils abritent.

Au stade du dossier amendé des demandes de permis, il serait pertinent d'analyser l'opportunité de récupérer de l'énergie au sein des stations et la manière de valoriser celle-ci. Il s'agira de vérifier l'avancement des études et tests, en cours au moment de la rédaction de l'étude d'incidences, pour le cas échéant adapter le projet en matière de récupération de l'énergie au sein des stations.

### 7.5.3. Privilégier des sources d'éclairage de type LED

Il est recommandé de privilégier des sources d'éclairage LED au détriment des tubes luminescents (« TL ») qui présentent des consommations d'énergie plus élevées et une durée de vie moindre. De plus, les éclairages LED permettent un allumage instantané et d'obtenir des températures de couleur plus basses (éclairage plus chaleureux).

### 7.5.4. Mise en œuvre d'un éclairage extérieur performant

De nouvelles installations d'éclairage extérieur seront également réparties sur l'ensemble du périmètre d'intervention, en complément ou en remplacement des installations existantes. La nature et la performance de cet éclairage n'étant pas connues à ce stade, celui-ci n'est pas analysé dans le cadre de cette étude. Les installations seront conçues en fonction des exigences des gestionnaires (Bruxelles Mobilité pour les voiries régionales et Sibelga pour les voiries locales).

Afin de limiter les consommations d'énergie, il est cependant recommandé de prévoir un éclairage extérieur performant (type LED), présentant l'efficacité lumineuse la plus élevée possible, tout en mettant en œuvre des luminaires adéquats, de manière à assurer une bonne uniformité sur le périmètre du projet (éviter les zones d'ombre) et à éviter la pollution lumineuse (éviter le rayonnement vers le ciel).

### 7.5.5. Risque de confusion au niveau des différents types d'alimentation électrique de l'éclairage des stations

La Note de sécurité jointe à la demande de permis d'environnement explicite les différents types d'alimentation électrique de l'éclairage des stations. Cependant, la manière dont cela est présenté dans le document actuel pourrait engendrer un risque de confusion dans leur interprétation.

Aussi, il est recommandé, dans la demande de permis amendée :

- De **clarifier les définitions adoptées** dans le document, et notamment celles de l'éclairage de sécurité et de l'éclairage de secours, en faisant bien apparaître leur rôle (assurer de bonnes conditions en cas d'évacuation, permettre la poursuite de certaines activités, éviter la panique, ...) et en se référant, au besoin, à des définitions telles que celles fournies par le BeSWIC (Belgian Safe Work Information Center).
- De **revoir la structure des passages concernés ainsi que les sous-titres adoptés**. Dans la version actuelle du document, les sous-titres sont « Eclairage de sécurité » et « Alimentation de secours ». Or, le titre « Eclairage de sécurité » traite de l'ensemble des alimentations : réseau Normal, réseau Sécurité et l'alimentation lorsque ceux-ci sont coupés, et concerne tant l'éclairage de secours que l'éclairage de sécurité. Le titre « Alimentation de secours » peut également porter à confusion étant donné qu'il reprend le réseau Sécurité et l'éclairage de sécurité, ainsi que l'éclairage de secours.

## 7.6. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Privilégier des équipements économes en énergie.	Viser l'installation d'appareils les plus économes possible au moment de la mise en œuvre du projet, en tenant compte de l'évolution des technologies.
Dégagements de chaleur au sein de la station, notamment dus au fonctionnement de certaines installations techniques.	Au stade du dossier amendé des demandes de permis, analyser l'opportunité de récupérer de l'énergie au sein des stations et sa valorisation.
Consommations d'électricité liées à l'éclairage artificiel des stations.	Privilégier l'utilisation de sources d'éclairage LED, qui présentent des consommations d'énergie moindres par rapport à celles des tubes luminescents (« TL »).
Limiter les consommations d'électricité liées à l'éclairage extérieur.	Pour toutes les stations disposant d'un édicule en surface (Liedts, Verboekhoven, Tilleul, Paix et Bordet), utiliser un système d'éclairage crépusculaire, régulé en fonction de la luminosité ambiante, pour le hall d'échange. Prévoir un éclairage extérieur performant (type LED), présentant l'efficacité lumineuse la plus élevée possible, tout en mettant en œuvre des luminaires adéquats, de manière à assurer une bonne uniformité sur le périmètre du projet et à éviter la pollution lumineuse.
Surface disponible en toiture des édicules.	Pour les stations Verboekhoven, Tilleul, Paix et Bordet, analyser la faisabilité technique et économique de l'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture des édicules.
Risque de confusion au niveau de l'interprétation des différents types d'alimentation électrique de l'éclairage des stations dans la Note de sécurité jointe à la demande de permis d'environnement.	Clarifier la présentation des différents types d'alimentation électrique qui assurent l'éclairage des stations, en définissant notamment de manière univoque les notions d'éclairage de sécurité et d'éclairage de secours.

**Tableau 23 : Recommandations relatives à l'énergie valables pour toutes les stations (ARIES, 2021)**

## 8. Environnement sonore et vibratoire

### 8.1. Méthodologie

Pour les stations, comme pour le dépôt, des recommandations pour prévenir les nuisances sonores sur base des données et des plans du projet des installations (comme par exemple les bouches d'aération etc.) seront décrites.

Au droit des stations, une attention particulière sera accordée aux vibrations selon la norme de référence allemande DIN 4150. Cette étude permettra d'avoir, dans un premier temps, une estimation du risque de « ponts vibratoires », et dans un second temps, de déterminer les éventuels dispositifs antivibratoires à proposer.

La méthodologie de l'analyse de l'impact du bruit est reprise dans le livre Introduction.

L'analyse des incidences sonores du dépôt de Haren vers l'environnement est réalisée à l'aide d'un logiciel, une maquette informatique de l'aire géographique sera établie pour simuler l'impact bruit venant des circulations dans la zone de dépôt.

Ces aspects seront traités dans les livres stations et dépôt de la présente étude.

### 8.2. Cadre réglementaire et références

#### 8.2.1. Rappel législation bruit installations classées

L'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre le bruit et les vibrations générés par les installations classées vise à préciser les valeurs limites d'émission de bruit à l'extérieur en provenance des installations classées. Les valeurs considérées correspondent aux niveaux de bruit provenant de l'installation et mesurés à l'extérieur, en limite de parcelles.

Les normes de l'arrêté « bruit des installations classées » du 21 novembre 2002 sont applicables aux installations classées et aux installations non classées dont le fonctionnement est indispensable au fonctionnement d'une installation classée.

L'arrêté du 21 novembre 2002 définit le niveau de bruit spécifique maximum  $L_{sp}$ , en fonction de la période et de la zone au PRAS. Toutes les stations se situent à cheval sur plusieurs zones différentes du PRAS qui seront étudiées au cas par cas dans chaque livre station.

Pour information, il y a aussi les zones sous voiries. Les valeurs pour les IC dans les zones souterraines sont celles de la zone voisine la plus stricte. Les valeurs limites applicables dans la zone d'étude sont les suivantes.

Périodes Zones	Lundi-Vendredi 7h-19h (Période A)			Lundi-Vendredi 19h- 22h et samedi 7h-19h (Période B)			Ts les jours 22h-7h, samedi 19h-22h et dimanche 7h-19h (Période C)		
	Lsp	N	Spte	Lsp	N	Spte	Lsp	N	Spte
<b>Zone 1</b> – zones d'habitation à prédominance résidentielle, zones vertes, zones de haute valeur biologique, zones de parc, zones de cimetière et zones forestières.	42	20	72	36 [42]	10	66	30	5	60
<b>Zone 2</b> – autres zones d'habitation que celles à prédominance résidentielle.	45	20	72	39 [45]	10	66	33 [(39)]	5 (10)	60 (66)
<b>Zone 3</b> – zones mixtes, zones de sports ou de loisirs en plein air, zones agricoles et zones d'équipements d'intérêt collectif ou de service public.	48	30	78	42 [41]	20	72	36 [(42)]	10 (20)	66 (72)
<b>Zone 4</b> – zones de forte mixité.	51	30	84	45 [51]	20	78	39 [(45)]	10 (20)	72 (78)
<b>Zone 5</b> – zones administratives	54	30	90	48 [54]	20	84	42 [(48)]	10 (20)	78 (84)
<b>Zone 6</b> – zones d'industries urbaines	60	30	90	54 [60]	20	84	48 [(54)]	10 (20)	78 (84)

( ) : limites applicables aux installations dont le fonctionnement ne peut pas être interrompu (ventilation, installations, frigorifiques, etc.).

[ ] : limites applicables pour les éventuelles IC présentes pour le commerce de détail dans le cas où ce genre d'installations est prévu dans les stations.

**Tableau 24 : Normes acoustiques générales s'appliquant aux installations classées (bruit perçu à l'extérieur) - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2002**

Le **niveau de bruit spécifique**,  $L_{sp}$  correspond au niveau de pression acoustique propre à la source sonore considérée et de la correction éventuelle en présence de tonalités. En pratique,

$$L_{sp} = \text{Niveau de bruit total (soit, appareil en fonctionnement)} - \text{niveau de bruit ambiant}$$

L'arrêté relatif à la lutte contre le bruit des installations classées ne couvre pas les aéroports, les chantiers, les transformateurs statiques, les stands de tir et les spectacles de plein air classés.

### 8.2.2. Cartes de bruit de Bruxelles Environnement

Pour calculer les indicateurs de bruit  $L_{den}$  (Day-Evening-Night) et  $L_n$  (Night), le trafic routier, ferroviaire et aérien de 2016 en Région bruxelloise est pris en compte comme source de bruit. Les niveaux de bruit du cadastre du bruit routier ne concernent donc que le bruit routier. Le cadastre du bruit « multi-exposition » cumule les sources de bruit des transports. Il se base sur les cadastres 2016 du bruit routier (cf. fiche documentée n°8) et ferroviaire (cf. fiche documentée n°6), ainsi que sur le cadastre 2016 lié au trafic des avions (cf. fiche documentée n°45), pour les périodes globales (semaine de 7 jours représentative d'une année). Le bruit des trams et métros n'est pas repris dans le cadastre « multi-exposition » 2016 en raison de sa faible contribution. Les données d'exposition au bruit du trafic des trams et métro sont seulement

disponibles pour le cadastre 2006. L'impact acoustique des trams et métros est relativement faible sur la Région de Bruxelles-Capitale. Les niveaux sonores issus des trams et métros sont inférieurs au bruit de fond de la ville. Ils avoisinaient les 45 – 50 dB(A) durant la journée en 2006. La situation existante ayant peu évolué depuis 2006, les niveaux sonores concernés étant très localisés et le cadastre étant facultatif selon la directive, il n'a pas été jugé nécessaire de réactualiser le cadastre en 2011 ni en 2016. Durant la nuit, l'impact est négligeable puisque la plupart des trafics sont interrompus.

Les résultats sont présentés sous forme cartographique. La représentation cartographique a l'avantage de donner une vue globale de la situation.

### **8.3. Analyse des incidences du projet en situation de référence**

#### **8.3.1. Niveau de confort acoustique dans les stations**

Le confort du voyageur est primordial pour l'organisation interne de la station. Grâce au principe des plans 'open space', il y a des vues en travers des espaces, ce qui favorise la sécurité et le contrôle. Vu la grande profondeur des stations (quais à +/- 25 m de profondeur), il est important d'avoir un cheminement le plus clair et le plus direct possible. Cette organisation de l'espace a des impacts en termes d'acoustique.

Le confort acoustique est important, à savoir une bonne audibilité du système de sonorisation et une bonne qualité acoustique des espaces.

Par exemple, il est recommandé que le niveau sonore à trois mètres de tout point de l'escalier mécanique soit inférieur à 50 dB(A).

Pour le système de sonorisation, il est recommandé d'utiliser un système adaptatif qui peut suivre suffisamment rapidement pour que le niveau optimal soit supérieur de 15 dB au bruit de fond : la différence doit être limitée à un minimum de 10 et un maximum de 20 dB à tout moment. Dans de telles conditions, l'utilisation des revêtements réverbérants (style carrelage, verre, etc.) dans la totalité d'une station doit être évitée. La règle générale prévoit que tous les établissements ouverts au public, y compris les événements en plein air ou temporaires, peuvent diffuser du son amplifié sans condition particulière, pour autant qu'ils ne dépassent pas un niveau maximum de 85 dB(A) calculé sur une durée de 15 minutes consécutives.

Dans les locaux techniques, les groupes d'air, les ventilateurs et autres machines qui génèrent des vibrations audibles sont montés sur des piédestaux flottants en béton armé. Les supports antivibratoires doivent être calculés en fonction du type de machine à isoler afin d'obtenir une efficacité d'isolation antivibratoire supérieure à 95%, en tenant compte des caractéristiques dynamiques du plancher flottant. L'amplitude des vibrations des supports doit être compatible avec le bon fonctionnement de la machine.

Le temps de réverbération dans les zones d'accès public doit être à un niveau acceptable. Dans une étude de mise en œuvre ultérieure, des choix doivent être faits en ce qui concerne la quantité de revêtement acoustique absorbant et les choix de matériaux correspondants. Afin d'obtenir une bonne intelligibilité de la parole, une étude de sonorisation est recommandée.

## 8.4. Recommandations sur le projet

Vu l'impact de la vitesse sur les vibrations et le bruit solidien généré par le passage de métro, il est recommandé de réduire la vitesse des métros sur la portion de tunnel dans l'environnement immédiat des stations quand des fonctions ou des bâtiments sensibles se trouvent à proximité et à la sortie au dépôt. Le métro en tunnel se trouvant à une certaine profondeur dans le sol (plus de 20 m), avec une faible vitesse de passage dans la station, les vibrations générées par les déplacements des métros en station seront faibles. Malgré le fait que le bruit solidien soit conforme au seuil prévu par la Convention entre la Région et la STIB, une pose de voie adaptée peut être envisagée pour diminuer encore plus l'impact sonore au niveau des bâtiments sensibles, des écoles et instituts. La définition de la vitesse maximale autorisée en entrée et sortie pour 6 des 7 stations (toutes sauf Bordet qui est éloignée des zones d'habitations et de fonctions sensibles) et pour le dépôt sera réalisée au début de l'exploitation à l'aide d'un monitoring de bruit et de vibration. Ce monitoring permettra de vérifier que les seuils sont respectés dans la zone d'incidences.

En ce qui concerne l'usure ondulatoire, il est primordial de mettre en place de bonnes pratiques de fonctionnement et d'entretien de la nouvelle infrastructure car l'usure des rails et du matériel roulant engendre une augmentation des niveaux vibratoires avec le temps.

Il est recommandé que le niveau sonore à trois mètres de tout point de l'escalier mécanique soit inférieur à 50 dB(A) dans les stations.

Il est recommandé de manière générale de mettre en place des bonnes pratiques de fonctionnement et d'entretien des nouvelles structures, y compris des escalators et des ascenseurs pour éviter les bruits de crissements qui pourraient apparaître en cas de dysfonctionnement. Pour le système de sonorisation, il est recommandé d'utiliser un système adaptatif qui peut suivre suffisamment rapidement pour que le niveau optimal soit supérieur de 15 dB au bruit de fond : la différence doit être limitée à un minimum de 10 et un maximum de 20 dB à tout moment. Le niveau maximum dans chaque position est de 90 dB(A).

Dans les locaux techniques, les groupes d'air, les ventilateurs et autres machines qui génèrent des vibrations audibles sont montés sur des piédestaux flottants en béton armé. Les supports antivibratoires doivent être calculés en fonction du type de machine à isoler afin d'obtenir une efficacité d'isolation antivibratoire supérieure à 95%, en tenant compte des caractéristiques dynamiques du plancher flottant. L'amplitude des vibrations des supports doit être compatible avec le bon fonctionnement de la machine.

Le temps de réverbération dans les zones d'accès public doit être à un niveau acceptable. Dans une étude de mise en œuvre ultérieure, des choix doivent être faits en ce qui concerne la quantité de revêtement acoustique absorbant et les choix de matériaux correspondants.

Afin d'obtenir une bonne intelligibilité de la parole, une étude de sonorisation est recommandée.

## 8.5. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences sonores et vibratoires	Recommandations
<p>Nuisances liées à l'exploitation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incidences liées aux déplacements du métro (cf. vibrations et bruit solidien dans le Livre Introduction)</li> <li>- Incidences de certaines phases travaux où les engins produisent des vibrations induites</li> <li>- Incidences liées aux passages des camions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoring à réaliser au niveau des entrées et sorties des stations pour adapter la vitesse de circulation des métros.</li> <li>- En fonction des résultats du monitoring, adapter la vitesse des métros sur la portion de tunnel dans l'environnement immédiat des stations</li> <li>- Mettre en place des bonnes pratiques de fonctionnement et d'entretien des nouvelles structures et du matériel tels que les ascenseurs et escalators</li> <li>- Calculer les supports antivibratoires des équipements en fonction du type de machine à isoler afin d'obtenir une efficacité d'isolation antivibratoire supérieure à 95%</li> </ul>
<p>Confort acoustique dans la station :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Attention particulière à porter aux temps de réverbérations dans les stations</li> <li>- Attention particulière à porter aux matériaux utilisés pour le revêtement acoustique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effectuer une étude de sonorisation et une étude de mise en œuvre du revêtement acoustique</li> <li>- Utiliser un système adaptatif pour le système de sonorisation dans les stations, qui peut suivre suffisamment rapidement pour que le niveau sonore soit supérieur de 15dB au bruit de fond</li> </ul>

**Tableau 25 : Recommandations relatives à l'environnement sonore et vibratoire valables pour toutes les stations (Tractebel, 2021)**

## 9. Être humain

### 9.1. Cadre réglementaire et références

#### 9.1.1. Cadre réglementaire

- L'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 24 avril 2014 portant l'exécution de l'ordonnance du 29 mars 2012 portant intégration de la dimension de genre dans les lignes politiques de la Région de Bruxelles-Capitale ;
- L'arrêté royal du 25 janvier 2001 concernant les chantiers temporaires ou mobiles ;
- L'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les nouveaux bâtiments doivent satisfaire ;
- L'arrêté royal du 28 mars 2014 relatif à la prévention de l'incendie sur les lieux de travail ;
- L'article 52 du Règlement Général pour la Protection du Travail ;
- Si demandées, les exigences des dérogations des autorités belges aux non-conformités prescriptives ;
- Les directives et règlements européens en matière de sécurité incendie (euroclasses, eurocodes, ...) ;
- Les exigences du SIAMU ;
- La norme ISO/TR 16738 - Ingénierie de la sécurité incendie — Informations techniques sur les méthodes d'évaluation du comportement et du mouvement des personnes ;
- La norme NFPA 130 (Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems) ;
- La norme européenne NBN EN 81-72 - Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs - Applications particulières pour les ascenseurs et ascenseurs de charge - Partie 72 : ascenseurs pompiers ;
- La norme S 21-208-1 (Protection incendie dans des bâtiments – Conception et calculs des installations d'évacuation des fumées et de la chaleur (EFC) – Partie 1 : Grands espaces intérieurs non cloisonnés s'étendant sur un niveau) ;
- Le livre 3, titre 3, chapitre 3 du code du bien-être au travail ;
- Le titre III du Règlement Régional d'Urbanisme relatif aux chantiers ;
- Le titre IV du Règlement Régional d'Urbanisme relatif à l'accessibilité des bâtiments par les personnes à mobilité réduite.

## 9.1.2. Cadre réglementaire et références prévus en demande de permis

### 9.1.2.1. Cadre réglementaire

En sécurité incendie, les arrêtés royaux dits « normes de base » du Ministère de l'intérieur s'appliquent aux stations, qui sont considérés comme des bâtiments bas.

La norme NFPA130 (Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems) a été utilisée par BMN en tant que référence normative. Cependant, l'analyse de l'application de cette norme dans le cadre de ce projet a été réalisée par le chargé d'étude. Cette analyse révèle que la norme NFPA130 n'est pas pertinente pour l'analyse des évacuations dans le cadre de ce projet. Avec l'accord du Comité d'accompagnement, la norme ISO 16738 a donc été appliquée pour les études ASET/RSET de cette étude. La norme ISO 16738 inclut notamment la gestion des comportements humains en cas d'incendie.

### 9.1.2.2. Procédures à appliquer

Tant la demande de permis d'urbanisme que la demande de permis d'environnement ont fait l'objet d'un avis SIAMU. Ces avis sont des éléments constitutifs des dossiers de demandes de permis et sont analysés dans cette étude.

En cas de non-conformité par rapport à un référentiel prescriptif, c'est l'autorité prescriptive qui traite les dérogations par rapport à ces référentiels. Dans le cas des stations, c'est donc la commission de dérogation incendie du Ministère de l'intérieur qui peut octroyer les dérogations demandées.

### 9.1.3. Références

- D'ARBOIS DE JUBAINVILLE H. et VANIER C. (ONDRP), Le sentiment d'insécurité dans les transports en commun : situations anxieuses et stratégies d'évitement. Grand Angle, n°46 (janvier 2018) ;
- BRUXELLES MOBILITE et BRULOCALIS, La gender mobility. Le Moniteur de la mobilité et de la sécurité routière, n°44 (2016) ;
- Centre Hubertine Auclert, Femmes et espaces publics – Pour l'égalité entre les femmes et les hommes dans la rue, les transports et les espaces loisirs (2018) ;
- CHAUMONT L. et Zeilinger I. (Garance ASBL), Espace public, genre et sentiment d'insécurité (2012) ;
- NOBLE J., L'insécurité personnelle dans les transports en commun. Déviance et Société, vol. 39, n°3, pp. 343-364 (2015) ;
- Perspective.brussels, Guide de l'intégration de dispositifs de sécurité dans l'espace public, Région de Bruxelles-Capitale (octobre 2019) ;
- Unia et CAWaB, L'accessibilité des infrastructures et des équipements de la STIB pour les personnes en situation de handicap (mai 2018).

## 9.2. Analyse des incidences du projet en situation de référence

### 9.2.1. Sécurité subjective et objective des usagers de la station et de ses abords

#### 9.2.1.1. Rappel des notions de sécurité subjective et objective

La sécurité comporte un aspect subjectif (psychologique) et un aspect objectif :

- La sécurité subjective est celle qui concerne la perception personnelle du sentiment de sécurité ou d'insécurité dans une situation donnée. Elle est influencée par des facteurs externes tel que la lumière, la composition (visibilité et lisibilité), l'aménagement du lieu (les matériaux, la scénographie, les œuvres d'art, etc...), la fréquentation du site, les activités présentes, la présence d'un dispositif de surveillance ou encore la propreté.
- La sécurité objective est celle rattachée aux conditions et aux mesures effectives mises en place sur le site pour garantir la sécurité des différentes catégories d'usagers du site. Il peut s'agir de mesures contre les actes commis par malveillance (vols, incendies volontaires, etc.) ou contre les phénomènes accidentels et naturels (collisions, fuite de produits dangereux, chute d'objets, etc.).

#### 9.2.1.2. Sécurité subjective

Concernant le sentiment de sécurité ressenti par les usagers du métro en tant que tel, celui-ci dépend d'une part des caractéristiques individuelles (âge, genre, familiarité ou expérience vécue avec les transports en commun, environnement personnel, etc.) et d'autre part des infrastructures et du mode de fonctionnement du métro.

La question du sentiment d'insécurité des usagers de la station de métro n'est pas à négliger étant donné qu'elle peut influencer la fréquentation du métro. En effet, l'insécurité ressentie par la population peut la dissuader d'utiliser le métro.

De manière générale, au sein d'une station de métro (hall d'échange, mezzanine, couloirs souterrains et quais), divers facteurs renforcent le sentiment de sécurité des usagers :

- La présence de caméras de surveillance ou/et la présence d'agents de sécurité dans la station ;
- La propreté et l'entretien des lieux ;
- Un éclairage ambiant suffisant, adéquat et accueillant ;
- La présence d'autres usagers dans la station (hormis les moments d'affluence) ;
- L'absence d'incivilités des autres passagers (proférer des insultes, fumer, parler fort au téléphone, manger de la nourriture, etc.) ;
- Des infrastructures spacieuses, colorées, vivantes, avec la présence d'œuvres d'art ;
- L'absence de recoins pouvant générer des phénomènes de squats et/ou d'insalubrité dans la station ;
- Des revêtements sans graffitis ni tags ;

- La présence de commodités au sein de la station (commerces, toilettes, locaux vélos, etc.).

Plusieurs études ont démontré que, de manière générale, les femmes appréhendent différemment l'espace public. En effet, le sentiment d'insécurité ressenti par les femmes est en moyenne plus élevé que chez les hommes, particulièrement le soir où la visibilité est plus faible. Les facteurs qui renforcent le sentiment de sécurité cités ci-dessus sont applicables à tout le monde mais, en général, les femmes sont particulièrement sensibles à l'éclairage, la visibilité, la propreté, la fréquentation des lieux, les zones sombres et enclavées comme les tunnels et les recoins, les peintures murales, etc.

### **9.2.1.3. Sécurité objective**

#### **A. Mesures générales de sécurité au sein de la station**

##### *A.1. Performances de l'enveloppe*

Le projet n'aborde pas les mesures de sécurisation physique de l'enveloppe extérieure des édifices. Ces aspects sont néanmoins importants puisqu'ils permettraient d'apporter une réponse aux problématiques d'incivilités et d'intrusions en période de fermeture de la station.

##### *A.2. Vidéosurveillance*

L'importance de la vidéosurveillance est mentionnée dans le paragraphe relatif à la sécurité subjective. Ce système joue également un rôle essentiel dans la sécurisation objective du site. Le projet ne spécifie pas le système de vidéosurveillance prévu.

##### *A.3. Communication*

Le projet n'aborde pas les aspects liés à la communication (GSM, radio) depuis l'intérieur de la station. Ce point est pourtant essentiel et devra impérativement être développé. Une couverture intégrale de la station doit être garantie.

##### *A.4. Contrôle des accès*

Tous les locaux techniques sont inaccessibles au public et disposent d'un système de contrôle d'accès par badge et d'un système de détection d'intrusion.

A noter que le projet ne définit pas la procédure d'accès à la station en période de fermeture. Ce point devra être traité en parallèle et en cohérence avec les moyens de sécurisation physique de l'enveloppe de l'édifice.

##### *A.5. Eclairage de sécurité et de secours du site*

Chaque station est équipée d'un système d'éclairage de sécurité dans tous les locaux, couloirs de circulation et cages d'escalier et d'un système d'éclairage de secours dans tous les locaux hébergeant des activités techniques :

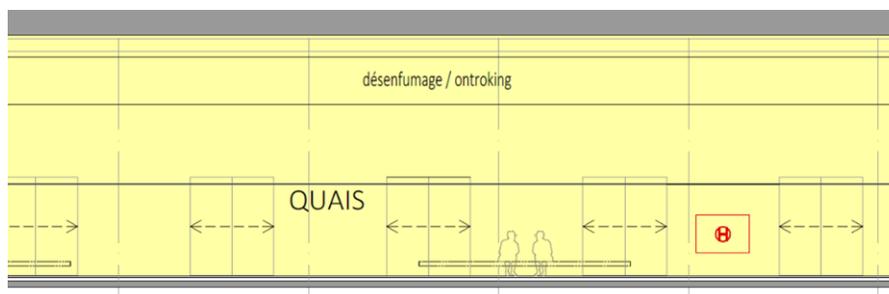
- L'éclairage de sécurité est prévu pour être utilisé en cas de défaillance de l'éclairage normal et dont l'objectif est de permettre aux occupants une évacuation des lieux en toute sécurité, et ceci, sans éblouissement ;
- L'éclairage de secours est prévu pour être utilisé en cas de défaillance de l'éclairage normal et dont l'objectif est de permettre aux personnes éventuellement sur place de continuer leurs activités en cours (réparation, maintenance, installations, etc.) avant de quitter les lieux.

#### A.6. Escalators

Les escalators sont pourvus d'un bouton d'arrêt d'urgence qui peut être enclenché à tout moment en cas d'incidents. Notons que la STIB a constaté dans les stations de métro existantes l'arrêt fréquent des escalators causé par la malveillance des personnes qui activent les boutons d'arrêt d'urgence. Dans le cas où le bouton d'arrêt d'urgence serait activé (y compris par malveillance), les escalators actuels sont dotés d'un système de réarmement automatique (DP) qui permet de remettre l'escalator en service après 10 secondes en s'assurant qu'il n'y ait personne durant ces 10 secondes.

#### A.7. Sécurisation des quais

Des portes palières (portes automatiques vitrées) hautes de 2,6 m sont aménagées sur toute la longueur des quais en bordure des voies. Celles-ci ne s'ouvrent que lorsque la rame est à l'arrêt. Elles sont essentiellement destinées à empêcher les suicides ou les accidents.



**Figure 24 : Coupe schématique des quais illustrant les portes palières (BMN, 2018)**

Deux portes PMR sont prévues au milieu du quai (portes 9 et 10). Celles-ci donnent accès aux emplacements spécialement dédiés aux fauteuils roulants à l'intérieur de la rame de métro.

Cependant, le projet ne prévoit pas la mise en place d'un bouton spécifique aux PMR au niveau des quais de la station et de la rame de métro. Le temps d'arrêt du métro automatique ne prend donc pas en compte la présence ou non d'un PMR devant monter ou descendre à cette station.

#### A.8. Sécurisation des issues de secours

Le projet ne précise pas les équipements prévus pour sécuriser les trappes situées sur la voie publique, à la sortie des issues de secours en provenance des quais.

Les niveaux de résistance de ces trappes devront être précisés. Elles devront également être surveillées par les systèmes de vidéosurveillance et de détection d'intrusion.

#### *A.9. Mesures spéciales*

Le projet n'aborde pas le fonctionnement de la station en mode crise (en cas de manifestation, de niveau de menace élevé, etc.). Dans certaines circonstances, des moyens de contrôle supplémentaires doivent être déployés. Ces moyens sont souvent temporaires mais nécessitent la mise en place d'équipements techniques « en attente » afin de faciliter la mise en œuvre des contrôles. Les espaces disponibles permettraient l'intégration de ces équipements en attente.

#### *A.10. Dispositifs de sécurité contre les attentats au niveau de l'espace public extérieur*

Plusieurs catégories d'attaques sont possibles dans les espaces publics extérieurs, dont, notamment, les attaques par véhicule-bélier et les attaques armées sans véhicule.

Pour se protéger d'une attaque armée sans véhicule (par exemple, piéton armé ou piégé), les caméras de surveillance peuvent être placées là où le contrôle social est insuffisant. Celles-ci permettent de détecter et/ou d'identifier des individus suspects. Le système de vidéosurveillance peut également recourir à des systèmes d'analyse d'images et d'intelligence artificielle.

Le pavillon et les zones adjacentes sont à protéger contre une attaque à la voiture-bélier. Divers dispositifs sont intégrés dans le paysage urbain et pourraient jouer un rôle dans cette protection : poteaux, bancs, poubelles, bacs de plantes, arceaux vélos, murets, etc. Ceux-ci peuvent être fixes, rétractables ou amovibles et sont implantés de manière à ce qu'ils ne représentent pas un obstacle pour le cheminement des piétons et des usagers autour des accès à la station.

Selon le *Guide à l'intégration de dispositifs de sécurité dans l'espace public* rédigé par perspective.brussels, tout aménagement doit :

- Permettre de se protéger contre des véhicules de 7,5 T maximum ;
- Proposer des distances libres entre obstacles de maximum 1,4 m.

### **B. Mesures actives et passives**

L'évaluation des règlements et des normes est réalisée pour les thématiques suivantes :

#### *B.1. Compartimentage*

#### *B.2. Résistance structurelle au feu*

#### *B.3. Détection incendie et principes des alertes*

#### *B.4. Gestion de contrôle d'accès*

#### *B.5. HVAC / surpression / désenfumage*

#### *B.6. Sprinklage*

#### *B.7. Extinction au gaz*

#### *B.8. Équipements de 1er secours*

#### *B.9. Alimentation de secours*

#### *B.10. Accès des services de secours / ascenseurs pompiers*

**B.11. Signalisation**

**B.12. Réaction au feu**

**B.13. Commerces**

Les mesures actives et passives sont numérotées de B1 à B13. Les numérotations entre les livres stations sont cohérentes pour permettre une comparaison entre les différentes stations.

Les tableaux ci-dessous reprennent les observations réalisées en matière de mesures passives et actives à mettre en œuvre, ainsi que la gravité des remarques.

Les recommandations pour pallier les manquements sont reprises dans le chapitre des recommandations.

Les mesures actives et passives reprises dans les livres des stations sont listées ci-dessous en 2 catégories :

- Prévention incendie
- Évacuation / alarme

ID	Objet
B1.1	Escaliers principaux pas compartimentés
B3.1	Augmenter la rapidité de la levée de doute en visionnant les images des caméras dans la zone détectée dans le centre de contrôle des opérations (OCC) de la STIB/MIVB
B3.2	Détection n'est pas conforme aux normes de bases
B3.3	Absence de note pour identifier ou maintenir tous les différents asservissements nécessaires (commande des équipements auxiliaires) et la gestion des équipements auxiliaires liés à la sécurité incendie
B3.4	Les opérateurs à l'OCC (Operations Control Center = le dispatching pour superviser le métro) n'ont pas une vision globale de toute la ligne.
B3.5	Contrôles techniques
B3.6	Les images de vidéosurveillance
B4.1	Contrôle d'accès portes
B4.2	L'accès automatique au domaine
B5.1	Système de surpression dans les cages d'escalier de secours
B5.2	Atrium n'est pas équipé d'un système d'extinction automatique et / ou d'un système d'extraction fumée et de la chaleur
B5.3	La preuve de la sécurité d'évacuation des personnes n'est pas démontrée
B5.4	Note supplémentaire sur le débit et les installations
B5.5	Risque de fumée sous les écrans de fumée
B5.6	Note de calcul vérifiant le taux d'extraction
B5.7	Suppression des cages d'escalier
B6.1	Le compartiment « atrium » n'est pas sprinklé entièrement
B6.2	Sprinklage du dépôt d'ordures
B6.3	Débit du système d'arrosage
B7.1	Pas de système d'extinction automatique dans les locaux ICT1, SIG, MTV, ICT2, Tetra en Astrid
B7.2	Le choix du gaz n'est pas spécifié et son approbation n'est pas faite
B8.1	Les extincteurs supplémentaires ne sont pas visibles sur le plan dans la zone commerciale et publique
B8.2	Extincteurs manquants dans les locaux techniques à risques
B9.1	Il n'y a pas de garantie sur la conformité des installations électriques
B9.2	L'alimentation de secours des escaliers roulants manque
B9.3	Les canalisations électriques alimentant des installations ou appareils dont le maintien en service est indispensable en cas de sinistre ne sont pas sécurisées
B9.4	Fonctionnement des circuits vitaux
B10.1	Ascenseur non conforme à la norme NBN EN 81-72 <sup>17</sup>

<sup>17</sup> Règles de sécurité pour la construction et l'installation des élévateurs - Applications particulières pour les ascenseurs et ascenseurs de charge - Partie 72 : Ascenseurs pompiers

B10.2	Absence d'un sas devant chaque porte palière
B10.3	La station n'est pas accessible par les rues communales
B11.1	Plans d'implantation des pictogrammes sont non conforme à la norme ISO 7010 <sup>18</sup>
B12.1	La réaction au feu n'est pas décrite
B13.1	Non respect de l'article 5.4 de la norme NBN EN 12845 <sup>19</sup>

**Tableau 26 : Observations en matière de prévention incendie**

ID	Objet
B1.1	Point d'un compartiment se trouvant à une distance supérieure à 30 m
B1.2	Deux escaliers d'un des deux côtés au bout du quai ne sont pas de type secours
B2.1	Les largeurs d'évacuation ne sont pas calculées en fonction de l'occupation totale
B2.2	Hypothèses de calcul d'occupation
B3.1	Le temps d'évacuation dans les rapports de simulation est une valeur indicative
B3.2	Le temps moyen d'évacuation est supérieur à la valeur prescrites au §5.5.6.1.2 de l'édition NFPA 130-2010 (360 secondes)
B3.3	L'escalier de secours ne peut être considéré comme un point sûr
B3.4	Le groupe des enfants (moins de 17 ans) manque pour les deux sexes dans le rapport de simulations
B3.5	Le nombre de passagers présents aux étages au-dessus du quai
B3.6	Variation de vitesse dans les hypothèses utilisées pour l'évacuation (rapport des simulations hypothèses Exodus)
B3.7	La fatigue des personnes qui montent les escaliers n'est pas prise en compte
B3.8	L'étude d'évacuation est insuffisante
B3.9	L'escalier n'est pas conforme aux exigences du §4.2.3.1 de l'annexe 2 des normes de base
B3.10	La largeur utile minimale des escaliers n'est pas respectée
B3.11	Utilisation des sorties de secours
B4.1	Evacuation des PMR
B6.1	La méthode de diffusion de l'alarme incendie

**Tableau 27 : Observations en matière d'évacuation et d'alarme**

<sup>18</sup> « L'ISO 7010:2011 prescrit les signaux de sécurité à utiliser dans le cadre de la prévention des accidents, de la lutte contre l'incendie, de l'information sur les risques d'atteinte à la santé et de l'évacuation d'urgence. » Source : ISO

<sup>19</sup> Normes sur les installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes d'extinction automatique du type sprinkler

Ces mesures sont ensuite classées dans le tableau suivant le niveau de criticité comme suit :

- Pas de commentaire
- Remarque
- Remarque majeure

	pas de commentaire
	remarque
	remarque majeure

		Verboekhoven	PAIX	TILLEUL	COLIGNON	BORDET	LIEDTS	RIGA
Prévention incendie								
B1	Compartimentage	B1.1	B1.1	B1.1	B1.1	B1.1	B1.1	B1.1
B2	Résistance structurelle au feu							
B3	Détection incendie et principes des alertes	B3.1	B3.1	B3.1	B3.1	B3.1	B3.1	B3.1
		B3.2	B3.2	B3.2	B3.2	B3.2	B3.2	B3.2
		B3.3	B3.3	B3.3	B3.3	B3.3	B3.3	B3.3
		B3.4	B3.4		B3.4	B3.4	B3.4	B3.4
				B3.5	B3.5	B3.5		
		B3.6	B3.6			B3.6	B3.6	
B4	Gestion de contrôle d'accès	B4.1	B4.1	B4.1	B4.1	B4.1	B4.1	B4.1
		B4.2	B4.2	B4.2	B4.2	B4.2	B4.2	B4.2
B5	HVAC / surpression / désenfumage	B5.1	B5.1	B5.1	B5.1	B5.1	B5.1	B5.1
		B5.2	B5.2	B5.2	B5.2	B5.2	B5.2	B5.2
		B5.3	B5.3	B5.3	B5.3	B5.3	B5.3	B5.3
		B5.4	B5.4	B5.4	B5.4	B5.4	B5.4	B5.4
		B5.5	B5.5	B5.5	B5.5	B5.5	B5.5	B5.5
		B5.6	B5.6	B5.6	B5.6	B5.6	B5.6	B5.6
		B5.7	B5.7	B5.7	B5.7	B5.7	B5.7	B5.7
B6	Sprinklage					B6.1	B6.1	B6.1
		B6.2	B6.2	B6.2	B6.2			
						B6.3		
B7	Extinction au gaz	B7.1	B7.1	B7.1	B7.1	B7.1	B7.1	B7.1
			B7.2	B7.2			B7.2	B7.2
B8	Équipements de 1er secours		B8.1	B8.1				
		B8.2			B8.2	B8.2	B8.2	B8.2

B9	Alimentation de secours	B9.1			B9.1		B9.1	B9.1
			B9.2				B9.2	B9.2
		B9.3						
		B9.4						
B10	Accès des services de secours / ascenseurs pompiers		B10.1				B10.1	B10.1
			B10.2				B10.2	B10.2
			B10.3				B10.3	B10.3
B11	Signalisation	B11.1						
B12	réaction au feu	B12.1						
B13	commerces				B13.1	B13.1	B13.1	B13.1
	Evacuation / alarme							
B1	Sorties et distances d'évacuation	B1.1						
			B1.2					
B2	Occupation	B2.1						
		B2.2						
B3	Simulations d'évacuation	B3.1						
		B3.2				B3.2	B3.2	
		B3.3						
				B3.4	B3.4	B3.4	B3.4	B3.4
				B3.5	B3.5	B3.5	B3.5	B3.5
				B3.6	B3.6	B3.6	B3.6	B3.6
		B3.7						
							B3.8	B3.8
								B3.9
					B3.10	B3.10		B3.10
					B3.11			
B4	Évacuation des PMR					B4.1		
B6	Moyens d'alarme	B6.1	B6.1	B6.1	B6.1	B6.1	B6.1	

**Tableau 28 : Remarques à traiter en matière de sécurité objective pour chaque station**

## C. Sécurité en cas d'évacuation : Etude ASET/RSET

### C.1. Méthodologie

Conformément à la demande du Comité d'Accompagnement, le bureau d'études a réalisé des études ASET/RSET afin de démontrer que les usagers sont en sécurité en cas d'évacuation.

Le calcul de l'ASET est déterminé par des simulations de fumées.

Le calcul du RSET est déterminé par des simulations d'évacuation de personnes.

L'étude ASET/RSET consiste à prouver que le temps nécessaire à l'évacuation des occupants (RSET) est inférieur au temps disponible à l'évacuation (ASET). En particulier, il faut vérifier que tous les occupants ne sont pas atteints par les fumées.

En outre, les simulations permettront de vérifier :

- Le bon dimensionnement des quais
- Le temps de mise en sécurité (Ts)
- Le temps d'évacuation des quais (Tq)
- Le temps d'évacuation de la station (Tt)
- Le temps d'immobilisation des occupants (Ti)
- Le temps de marge (Tmarg)

Les stations « worst case » qui ont été désignées sont les stations de Verboekhoven (Verboekhoven) et de Riga. Verboekhoven est en effet la plus profonde (30 m) et la plus longue (160 m), et Riga est la station qui comprend le plus de surfaces commerciales (370 m<sup>2</sup>). Il est donc proposé de retenir ces deux stations pour l'analyse de l'étude d'incidences. Ce choix a été validé par le Comité d'Accompagnement lors d'une réunion de groupe de travail organisé dans le cadre de cette étude.

Il est également proposé, en plus de la simulation de Verboekhoven et Riga, de réaliser les simulations ASET /RSET d'une évacuation du tunnel, c'est-à-dire, le cas où une rame est bloquée entre deux stations. Cette proposition fait suite à l'analyse des documents fournis dans le cadre de l'étude et est plus pertinente pour la comparaison des solutions monotube et bitube. La description et les résultats de la simulation du tunnel se trouvent dans le Livre Tunnel dans le chapitre « Sécurité Objective » du volet « Être Humain ».

L'étude des stations se base sur 8 simulations ASET / RSET :

	Monotube		Bitube (voir analyse en section bitube)	
	ASET	RSET	ASET	RSET
Riga	x	x	x	x
Verboekhoven	x	x	x	x

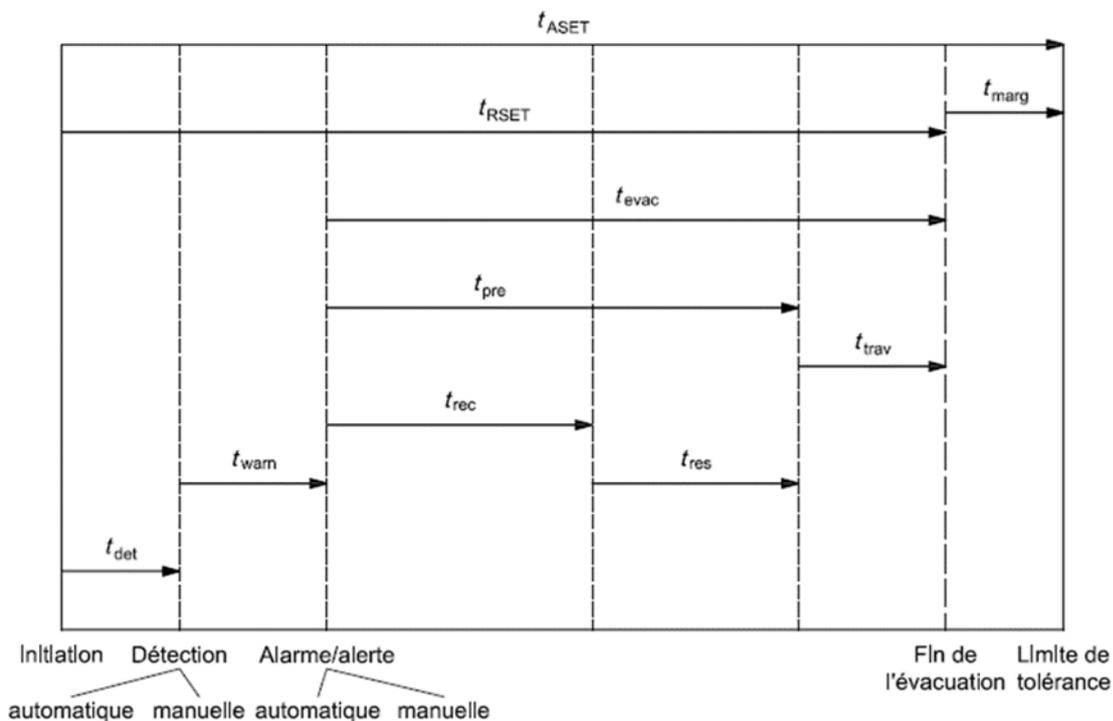
**Tableau 29 : Simulations réalisées pour l'étude des stations**

Ces simulations des « worst case » seront prises comme référence pour les autres stations :

- Pour extrapoler les critères de mise en sécurité
- Pour comparer les configurations monotube / bitube (en section bitube).

### C.2. Référentiel

La méthode de l'approche performancielle est basée sur la norme ISO/TR 16738<sup>20</sup> version 2009 relative à l'ingénierie de la sécurité incendie – Informations techniques sur les méthodes d'évaluation du comportement et du mouvement des personnes. Cette norme divise le temps nécessaire à l'évacuation en plusieurs parties.



**Figure 25 : Définition des temps selon la norme ISO/TR 16738**

<sup>20</sup> « La norme ISO/TR 16738:2009 est destinée à renseigner les concepteurs, les autorités réglementaires et les professionnels de la sécurité incendie sur les méthodes d'ingénierie disponibles pour les stratégies d'évacuation relatives à l'évaluation de la sécurité des personnes d'une conception utilisant l'ingénierie de la sécurité incendie. Les informations concernent l'évaluation, la quantification et la gestion du comportement des occupants, notamment le comportement lors d'une évacuation, en cas d'incendie. », source : ISO

- TASET = Temps disponible pour l'évacuation
- Tdet = Temps de détection
- Tevac = Temps d'évacuation
- Tpre = Temps de pré mouvement
- TRSET = Temps nécessaire à l'évacuation
- Trec = Temps de reconnaissance du signal d'alarme par les occupants
- Tres = Temps de réaction des occupants
- Ttrav = Temps de mouvement
- Twarn = Temps d'alerte
- Tmarg = marge de sécurité adéquate

La norme détermine également les différents paramètres (prémouvement, temps de déplacement, ...).

### C.3. Logiciel

Les simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel de CFD (Computational Fluid Dynamics) PyroSim. Ce logiciel utilise le code FDS (Fire Dynamic Simulation) développé et validé par le NIST (National Institut of Standards Technology, US).

2 à 4 runs ont été effectués pour chaque scénario.

### C.4. Critères de mise en sécurité

Les critères de mise en sécurité sont issus des normes suivantes :

- ISO/TR 16738
- ISO 13571<sup>21</sup>
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering
- PD 7974-6<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> « La norme ISO 13571:2012 est destinée à être utilisée conjointement à des modèles pour l'analyse du déclenchement et du développement du feu, de la propagation du feu, de la formation et du déplacement des fumées, de la génération, du transport et de la décroissance des espèces chimiques, et du déplacement des personnes, ainsi que pour la détection et la suppression de l'incendie. Elle ne doit être utilisée que dans ce contexte. », source : ISO

<sup>22</sup> « Il s'agit du sixième d'une série de documents publiés à l'appui de BS 7974 - une norme britannique fournissant un cadre pour le développement d'une méthodologie rationnelle pour des conceptions qui permettent de protéger les personnes, les biens et l'environnement contre le feu. La norme utilise une approche alternative d'ingénierie de la sécurité incendie, basée sur l'application de principes scientifiques et d'ingénierie. Les documents publiés contiennent des conseils et des informations sur la manière d'entreprendre une analyse quantitative et détaillée d'aspects spécifiques de la conception. Ils sont un résumé de "l'état de l'art" et sont mis à jour à mesure que de nouvelles théories, méthodes de calcul et données deviennent disponibles. », texte traduit de l'anglais - source : BSI

et sont les suivants :

- Effets de la fumée sur la vitesse de marche
- Effets de l'exposition au feu ou à la chaleur
- Toxicité des fumées (Limite dépassée quand la visibilité est inférieure à 10 m)

Les critères de mise en sécurité doivent être remplis quand les occupants atteignent leur position de sécurité.

### C.5. Paramètres RSET

Le **pourcentage de PMR** dans les rames a été défini à 0,5% dans les études BMN. Au niveau fédéral, les bonnes pratiques requièrent de prendre en compte un taux de 1% de PMR non autonomes dans les zones publiques. Un taux de 1% a donc été considéré en accord avec le Comité d'Accompagnement, pour les simulations ASET / RSET réalisées dans le cadre de cette étude.

L'**occupation** des stations par niveau est reprise dans le tableau suivant.

	Liedts		Verboekhoven		Riga		Colignon		Tilleul		Paix		Bordet	
	Valides	PMR 1%	Valides	PMR 1%	Valides	PMR 1%	Valides	PMR 1%	Valides	PMR 1%	Valides	PMR 1%	Valides	PMR 1%
Nbre d'occupants Niv 0	27		76	0					68	1	29		22	
Nbre d'occupants Niv -1	155	2	48	0	130	1	185	2	28				162	2
Nbre d'occupants Niv -2	76	1	29	0	64	1	50		42		25			
Nbre d'occupants Niv -3	46		50	0	53	0	51	1			60	1	166	2
Nbre d'occupants Quais Bordet	1161	12	861	8	767	8	767	8	776	8	767	8	752	8
Nbre d'occupants Quais Nord	847	9	784	9	561	6	873	9	479	5	354	4	225	2
Nbre d'occupants Total	2336		1865		1591		1946		1407		1248		1341	

**Tableau 30 : Occupation des 7 stations (Tractebel, 2021)**

Les **temps de détection** (Tdet) et le **temps d'alerte** (Twarn) sont estimés à 3 minutes suite aux réunions du groupe de travail mises en place dans le cadre de l'Etude d'incidences. Ces paramètres ont été approuvés par le Comité d'Accompagnement.

Le **temps de pré-mouvement** est basé sur la norme ISO/TR 16738.

Pour une telle infrastructure de transport, l'interprétation de la Norme permet de considérer un temps de pré-mouvement variant :

- De 1,5 minutes pour les premiers occupants
- À 4 minutes pour les derniers occupants

Définition des termes utilisés dans cette norme :

- Le terme M indique le niveau de gestion de la sécurité incendie (A1 = niveau optimum sur une échelle de 1 à 3)
- Le terme B indique le niveau de complexité du bâtiment (A1 = niveau optimum sur une échelle de 1 à 3)
- Le terme A indique le niveau du système d'alarme (A1 = niveau optimum sur une échelle de 1 à 3)
- Le terme catégorie E correspond au scénario comportemental dédié aux infrastructures de transport, qui est un cas particulier de la catégorie B (occupants éveillés et ne connaissant pas le bâtiment), mais avec des facteurs spéciaux susceptibles d'influencer les distributions des temps de prémouvement, comme par exemple la grande complexité spatiale, des problèmes de langue, la réticence à abandonner ses bagages, les groupes familiaux et des problèmes de sécurité complexes.

La somme de Tdet, Twarn et Tpre varie donc de 4,5 à 7 min, sauf pour les occupants en contact direct avec le foyer qui réagissent directement (au temps T0 = début du foyer).

**Temps vers un lieu sûr** : le temps de simulation pour le compartiment est calculé lorsque le dernier occupant a franchi la 1ère porte RF<sup>23</sup> et est donc en lieu sûr. Il est considéré qu'une personne est en sécurité si elle a franchi un escalier principal au niveau supérieur si les fumées restent au niveau des quais.

Le **mouvement** des occupants est défini comme suit :

- Les personnes valides empruntent les escaliers
- Les personnes valides n'empruntent pas les ascenseurs<sup>24</sup>
- Les PMR n'empruntent pas les escaliers, sauf quand ils sont accompagnés ; Ils sont dirigés vers les zones refuges, puis sont accompagnés vers la sortie par les pompiers ou le personnel ad-hoc.

Un **taux de fatigue** est ajouté aux occupants empruntant un escalier ou un escalator après un temps de mouvement, comme suit :

	Temps	% de réduction
Taux de fatigue	10 sec	2,5
	20 sec	3
	30 sec	7
	40 sec	9

**Tableau 31 : Taux de fatigue (Tractebel, 2020)**

<sup>23</sup> Porte RF : porte résistante au feu

<sup>24</sup> Les ascenseurs ne font pas partie de la stratégie d'évacuation des PMR

La norme ISO/TR 16738<sup>25</sup> renseigne la **vitesse** de 1,19 m/s comme vitesse de déplacement non restreinte maximale pour les couloirs, allées, rampes et portes. Cette même norme renseigne les vitesses entre 0,85 et 1,05 m/s comme vitesses de déplacement non restreintes maximales pour les escaliers. Pour les personnes en fauteuil roulant non assisté, une vitesse moyenne de déplacement de 0,89 m/s sur les surfaces horizontales est renseignée.

Il en résulte :

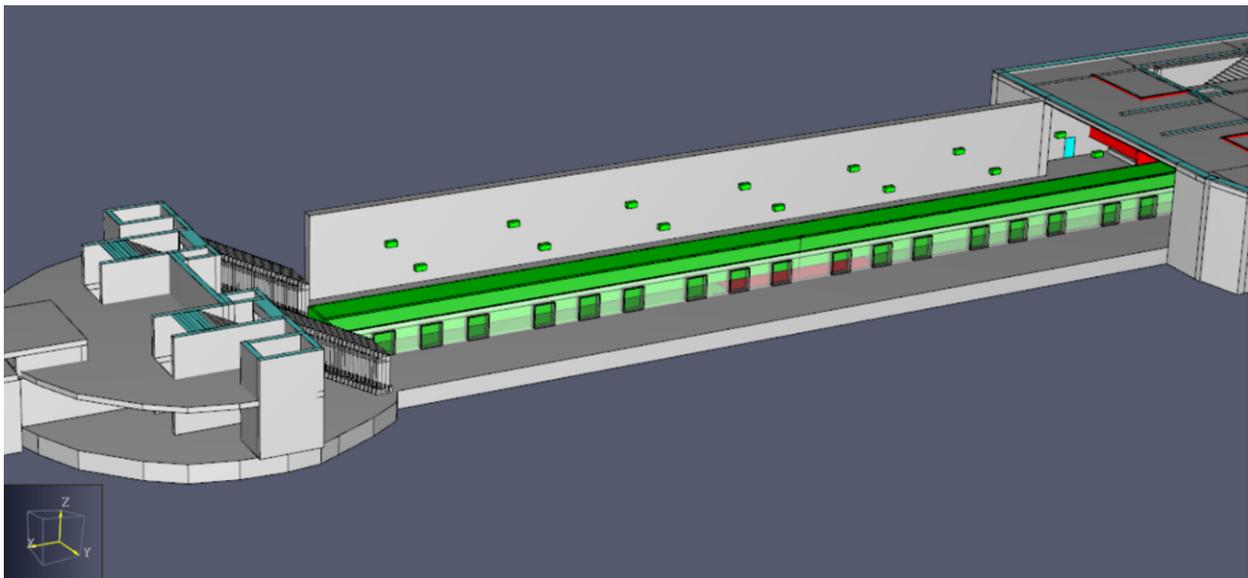
- Une vitesse de déplacement horizontal de 1 à 1,19 m/s pour les personnes valides
- Une vitesse de déplacement horizontal de 0,57 à 0,95 m/s pour les PMR

Un **gabarit moyen** de 45 cm est considéré pour les personnes valides. Un gabarit moyen de 65 cm est considéré pour les PMR. Cette valeur correspond à la largeur d'une chaise roulante, y compris les 2 mains de la personne.

### C.6. Paramètres ASET

#### C.6.1. Paramètres communs pour toutes les stations

**Foyer et métro** : Un incendie dans le métro est simulé pour chaque modèle de simulation. Cet incendie est situé au centre d'une rame de métro.



**Figure 26 : Vue globale de la modélisation du métro (Tractebel, 2020)**

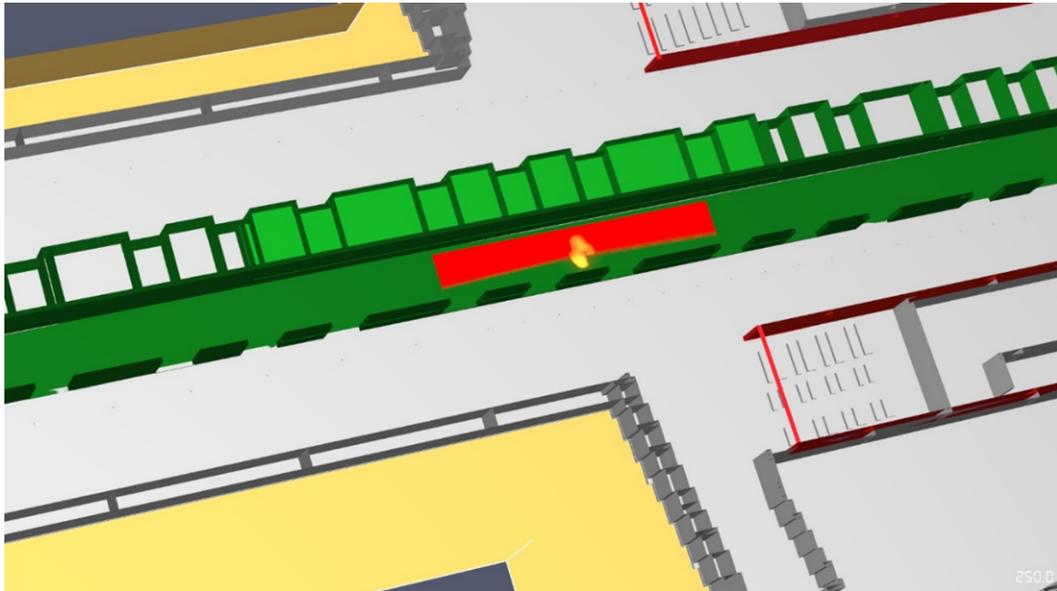
Afin d'approcher le feu de manière réaliste, la **croissance du feu** est modélisée à l'aide d'un taux de propagation qui représente la croissance du feu au fur et à mesure de son évolution dans le temps. Les caractéristiques utilisées sont les suivantes :

- Dimensions : 16 m x 2,7 m
- Surface du foyer : 43,2 m<sup>2</sup>

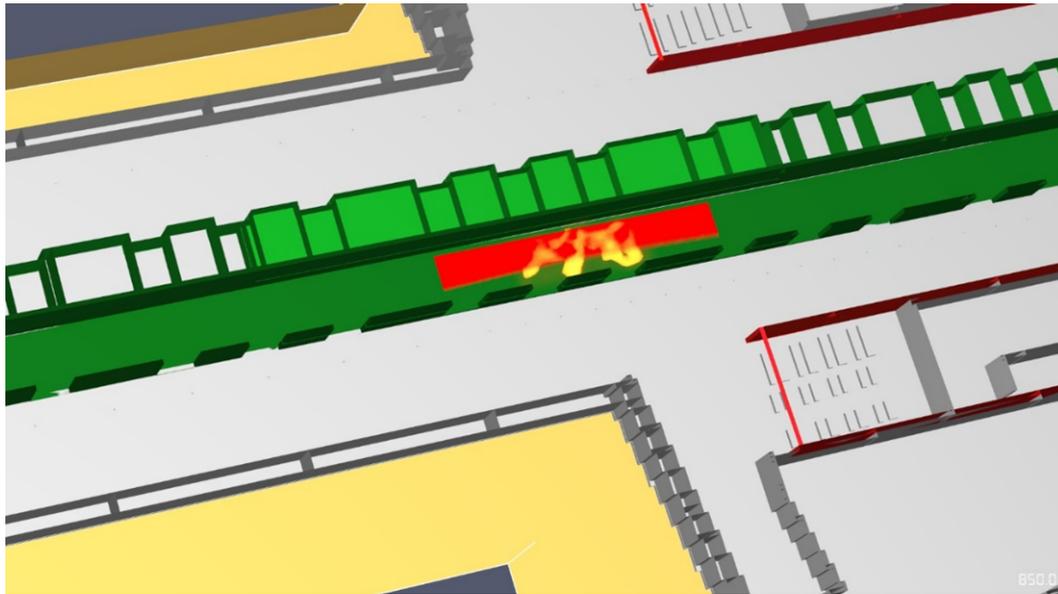
<sup>25</sup> Source : tableaux G2 et G4 de la norme ISO/TR 16738

- HRRPUA : 350 kW/m<sup>2</sup>
- HRR : 15 MW
- Chaleur de combustion : 24,89 MJ/kg
- Fraction radiative : 35%
- Taux de propagation d'incendie : 4,87 mm/s
- Départ de l'incendie : central
- Matériau combustible : PMMA (C<sub>5</sub>O<sub>2</sub>H<sub>8</sub>)
- Taux de suies Y<sub>s</sub> : 0.04 g/g

Notons que les 15 MW ont été simulés après proposition et validation par le Comité d'Accompagnement. Cette valeur de 15 MW, prise par défaut, est certainement conservative. Le chargé d'étude et le SIAMU préconisent de faire un test de feu réel dans une rame M7 afin de déterminer la charge au feu réelle si les auteurs de projet souhaitent réduire cette contrainte fixée de manière théorique.



**Figure 27 : Vue du foyer en propagation progressive (Tractebel, 2020)**



**Figure 28 : Vue du foyer en propagation progressive (Tractebel, 2020)**

Les **conditions initiales** implémentées dans les modèles sont les suivantes :

- Température ambiante : 12 °C
- Taille du maillage au niveau de la station : 0,25 m x 0,25 m x 0,25 m
- Taille du maillage aux niveaux supérieurs : 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m

Caractéristiques utilisées pour le béton :

- Densité : 2200 kg/m<sup>3</sup>
- Conductivité : 1,2 kJ/(m.K)
- Chaleur spécifique : 0,88 kJ/(kg.K)

Caractéristiques utilisées pour l'acier :

- Densité : 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Conductivité : 45,8 kJ/(m.K)
- Chaleur spécifique : 0,46 kJ/(kg.K)

Les **limites du domaine** sont inertes. Il est considéré que les conditions limites sont ouvertes au niveau des portails des tunnels et des entrées des stations. 2 mètres sont présents en stations.

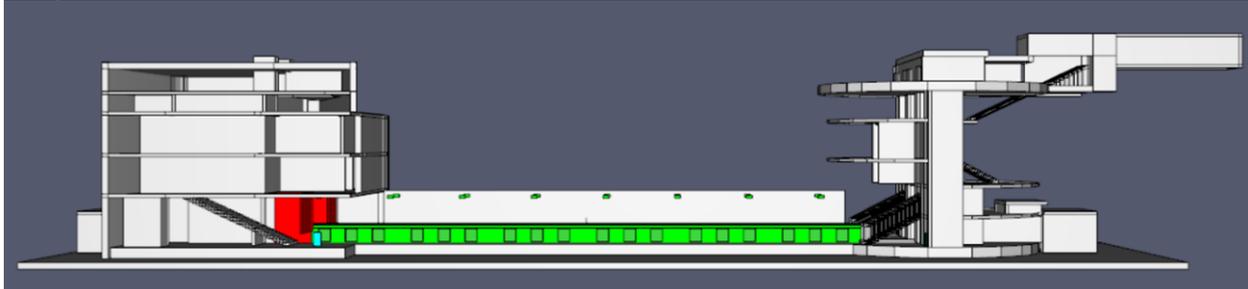
**Temps d'activation** : Afin de modéliser une approche réaliste d'un scénario d'incendie, il faut des périodes de temps qui représentent un certain temps de référence :

- A  $t = 0$  s, le feu commence. Ce feu croît au fur et à mesure de l'évolution de la simulation ;
- À  $t = 150$  s (2,5 min.), le système de désenfumage est mis en marche ;
- À  $t = 180$  s (3 min.), le système de désenfumage fonctionne à 100 %.

#### *C.6.2. Station Verboekhoven - Monotube*

Dans le chapitre suivant, les paramètres particuliers de la station Verboekhoven Monotube sont décrites.

**Domaine, géométrie et maillage** : La géométrie est basée sur les plans fournis de la station en question.

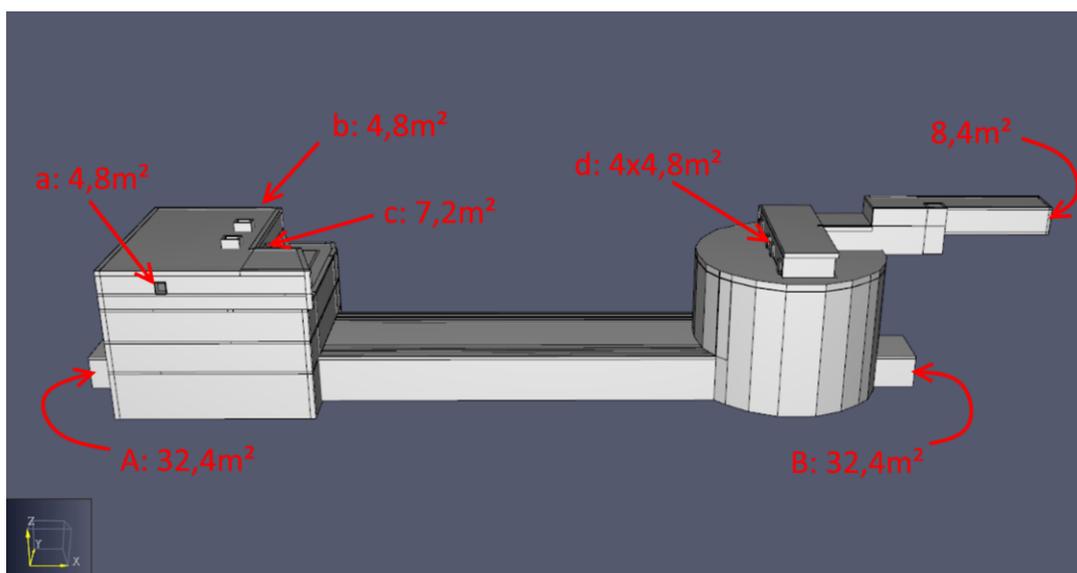


**Figure 29 : Vue globale du modèle de la station Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**

Les entrées d'air frais sont basées sur les plans architecturaux et sont représentées comme suit :

	Ouvertures	Nombre	Surface (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )
A	Connexion tunnel	1	32,4	32,4
B	Connexion tunnel	1	32,4	32,4
a	Entrée station	1	4,8	4,8
b	Entrée station	1	4,8	4,8
c	Entrée station	1	7,2	7,2
d	Entrée station	4	4,8	19,2
e	Entrée station	1	8,4	8,4

**Tableau 32 : Surfaces des ouvertures de la station Verboekhoven Monotube**



**Figure 30 : Ouvertures dans la station Verboekhoven Monotube**

Le domaine est divisé en cellules de 25 cm au niveau de la station et 50 cm aux niveaux supérieurs. Le nombre total de cellules est de 5.913.360.

### Système de désenfumage :

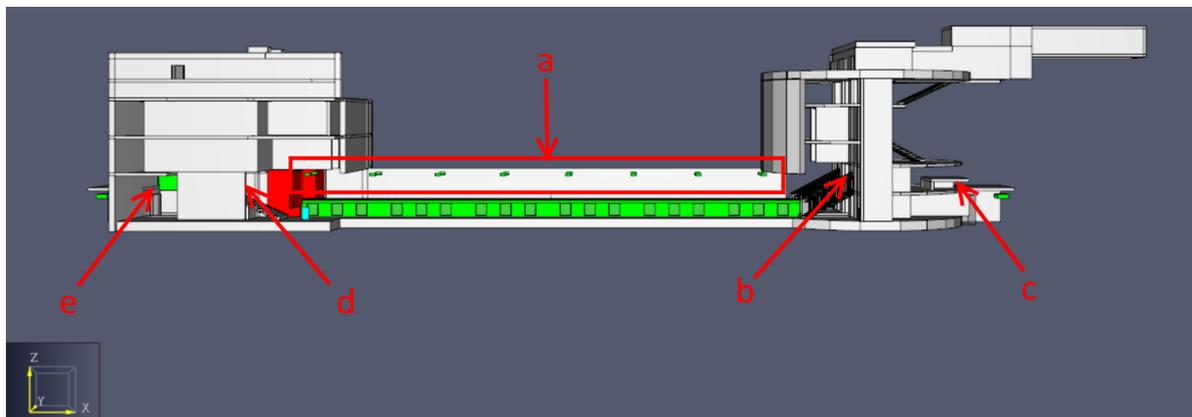
- Le débit d'extraction

Le débit total d'extraction est de 500 000 m<sup>3</sup>/h. Les points d'extraction sont distribués sur base des informations reçues de BMN.

Les caractéristiques des points d'extraction sont détaillés dans le tableau ci-dessous et sont indiqués sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Dimensions	Nombre de points d'extraction	Surf par point d'extraction (m <sup>2</sup> )	Surf tot (m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
a	central	5,25	1 x 0,5	16 (8x2)	0,5	8	36,1
b	Côté sud station	7,3	6,4 x 1	1	6,4	6,4	50
c	Côté sud tunnel	3,75	6,4 x 2	1	12,8	12,8	19,445
d	Côté nord station	5,5	2 x 1	2	2	4	13,89
e	Côté nord tunnel	3,75	6,4 x 2	1	12,8	12,8	19,445

**Tableau 33 : Débits d'extraction de la station Verboekhoven Monotube**



**Figure 31 : Localisation des points d'extraction dans le modèle Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**

- Le débit de soufflage

Le soufflage se fait au moyen des boosters à travers le tunnel ainsi que des portes des escaliers d'évacuation qui sont mis en légère surpression. Ces dernières s'ouvrent à t=3 minutes et se ferment à t=13 minutes. Les caractéristiques des points de soufflage sont détaillées dans le tableau ci-dessous et sont indiqués sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au quai (m)	Nombre de points de soufflage	Dimensions	Surface par point de soufflage (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
1	Côté sud tunnel (boosters)	2,8	2	0,75 x 0,75	0,5625	1,125	1,125
2	Côté sud station (escaliers)	0	2	2,2 x 1,25	2,75	5,5	4
3	Côté nord tunnel (boosters)	2,8	2	0,75 x 0,75	0,5625	1,125	1,125
4	Côté nord station (escaliers)	0	2	2,2 x 1,25	2,75	5,5	4

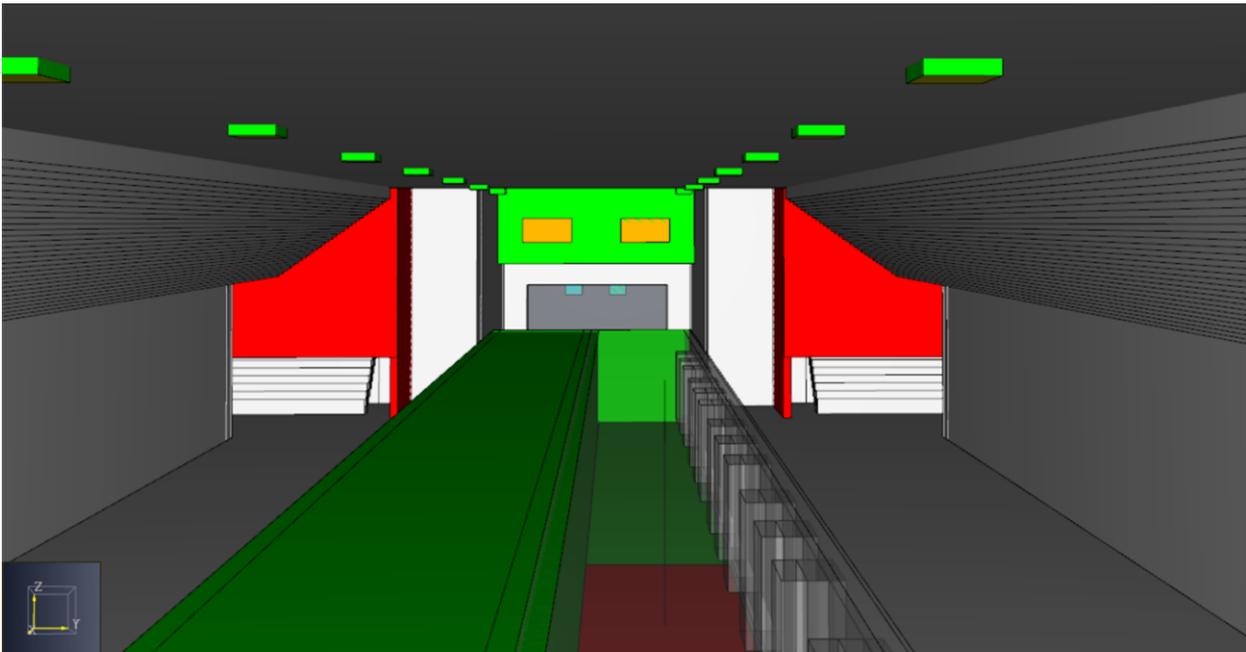
**Tableau 34 : Débits de soufflage de la station Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**



**Figure 32 : Localisation des points de soufflage dans le modèle Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**

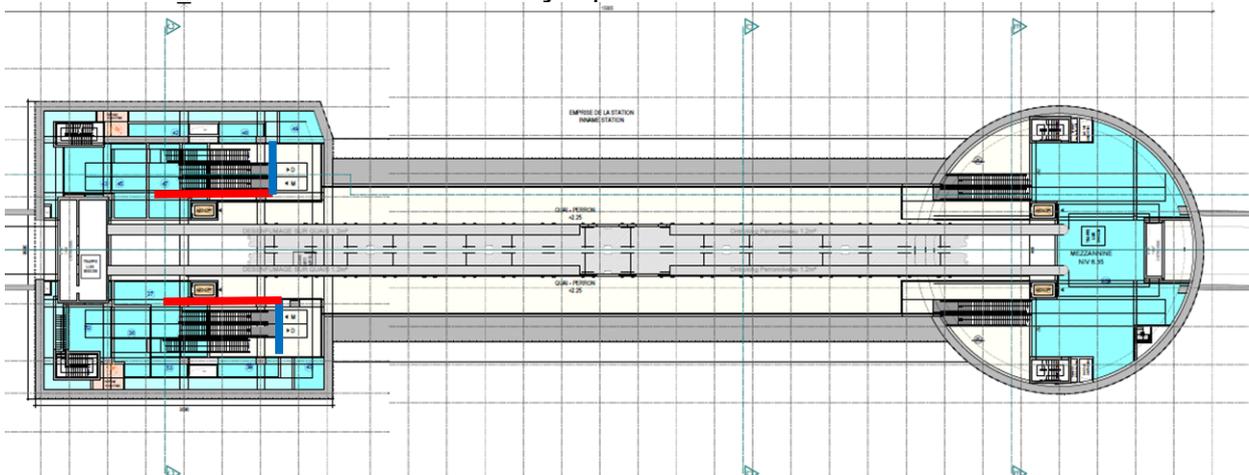
- Les écrans de fumée

Pour éviter la propagation des fumées aux niveaux supérieurs, des écrans / rideaux de fumée sont implémentés autour des escaliers de la station. Ces écrans forment une barrière du plafond au sol. Au niveau l'accès à l'escalier, le bas de l'écran de fumée sera à 2 mètres au-dessus du niveau du sol.



**Figure 33 : Vue de la modélisation des écrans de fumée dans le modèle Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**

Les écrans de fumée sont activés de  $t=0$  jusqu'à la fin de la simulation.



**Figure 34 : Position des écrans de fumée dans le modèle Verboekhoven Monotube en rouge (Tractebel, 2020)**

### C.6.3. Station Riga - Monotube

Dans le chapitre suivant, les paramètres particuliers de la station Riga Monotube sont décrits.

**Domaine, géométrie et maillage** : La géométrie est basée sur les plans fournis de la station en question. Le domaine est divisé en cellules de 25 cm au niveau de la station et 50 cm aux niveaux supérieurs. Le nombre total de cellules est de 7.472.000 mailles.

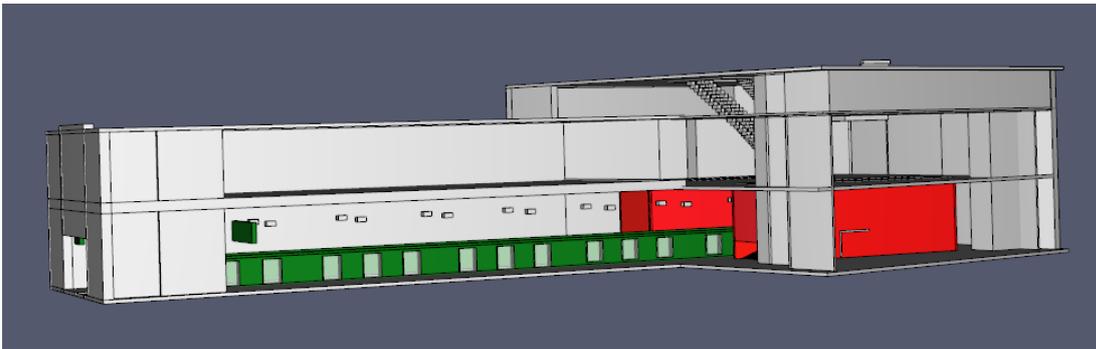


Figure 35 : Vue globale du modèle de la station Riga Monotube (Tractebel, 2020)

Les entrées d'air frais sont basées sur les plans architecturaux et sont représentées comme suit :

	Ouvertures	Nombre	Surface (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )
A	Connexion tunnel	1	49,5	49,5
B	Connexion tunnel	1	49,5	49,5
a	Entrée station	1	76,5	76,5
b	Entrée station	1	118,25	118,25

Tableau 35 : Surfaces des ouvertures de la station Riga Monotube

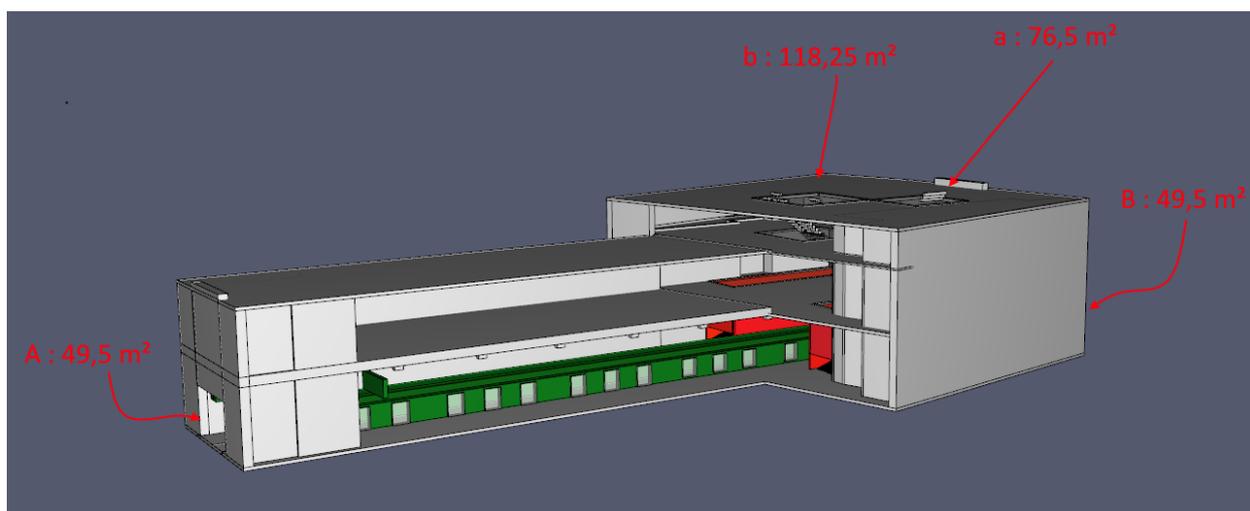


Figure 36 : Ouvertures dans la station Riga Monotube (Tractebel, 2020)

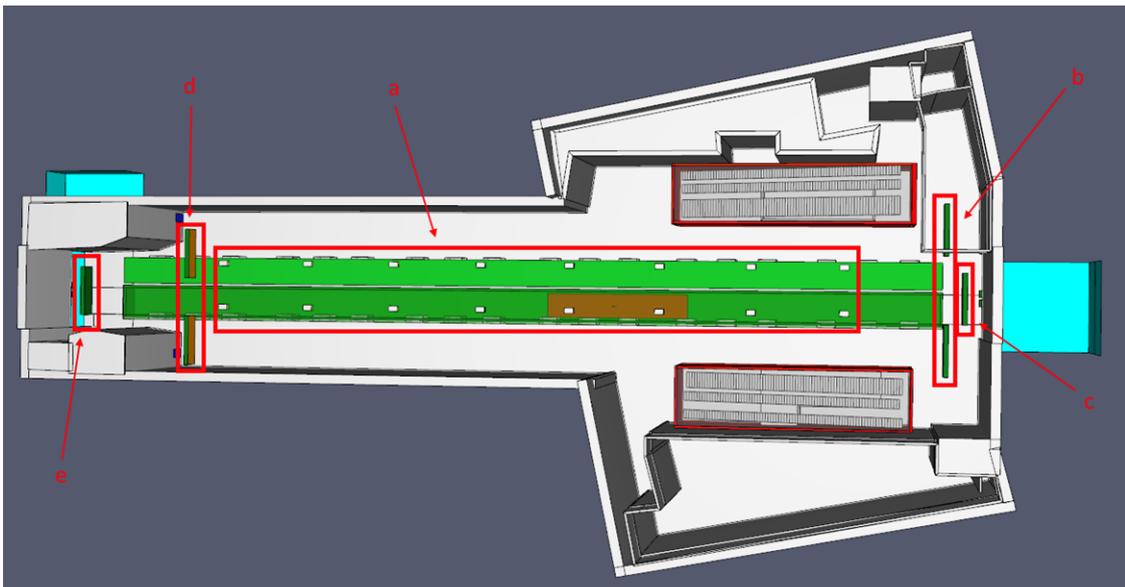
**Système de désenfumage :**

- Le débit d'extraction

Le débit total d'extraction est de 498 000 m<sup>3</sup>/h. Les points d'extraction sont distribués sur base des informations reçues de BMN. Les caractéristiques des points d'extraction sont détaillées dans le tableau ci-dessous et sont indiqués sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Dimensions	Nombre de points d'extraction	Surf par point d'extraction (m <sup>2</sup> )	Surf tot (m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
a	central	5,75	1x0,6	16 (8x2)	0,6	9,6	83,33
b	Côté sud station	6,5	1,5x1	2	1,5	3	22,22
c	Côté sud tunnel	3,75	6,4x2	1	12,8	12,8	8,89
d	Côté nord station	6,5	1x1	2	1	2	15
e	Côté nord tunnel	3,75	6,4x2	1	12,8	12,8	8,89

**Tableau 36 : Débits d'extraction de la station Riga Monotube**



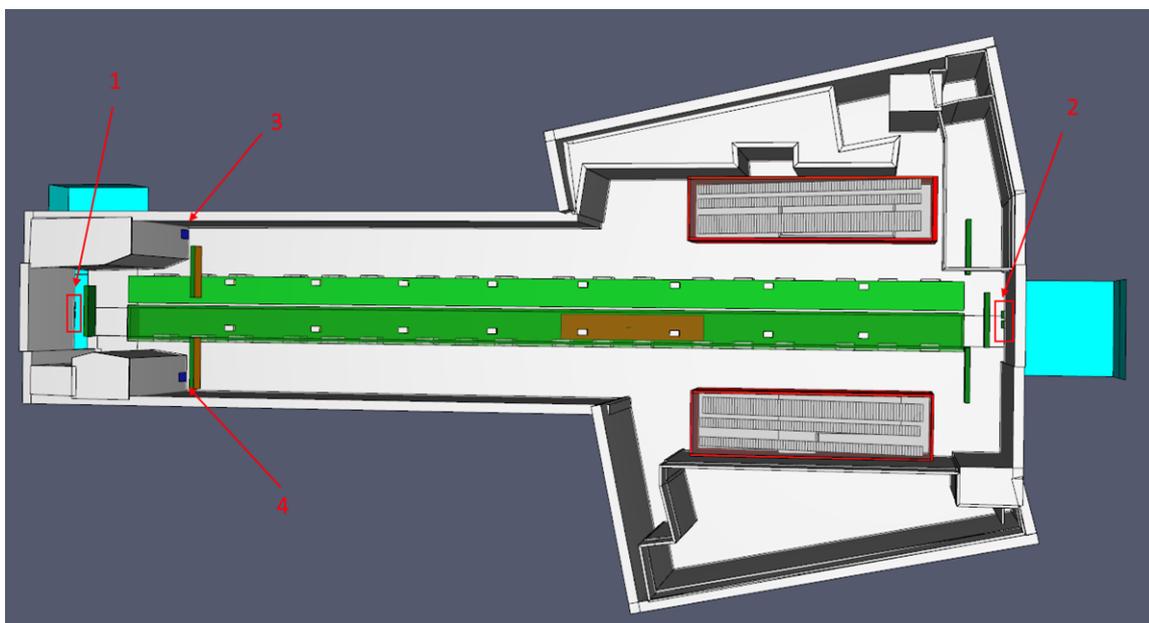
**Figure 37 : Localisation des points d'extraction dans le modèle Riga Monotube (Tractebel, 2020)**

- Le débit de soufflage

Le soufflage se fait au moyen des boosters à travers le tunnel ainsi que des portes des escaliers d'évacuation qui sont mis en légère surpression. Ces dernières s'ouvrent à t=3 minutes et se ferment à t=13 minutes. Les caractéristiques des points de soufflage sont détaillées dans le tableau ci-dessous et sont indiqués sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Nombre de points de soufflage	Dimensions	Surface par point de soufflage (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
1	Côté nord tunnel	4,75	2	0,75x0,75	0,56	1,125	1,125
2	Côté sud tunnel	4,75	2	0,75x0,75	0,56	1,125	1,125
3	Côté nord station	0	1	1x2,25	2,25	2,25	2
4	Côté nord station	0	1	1x2,25	2,25	2,25	2

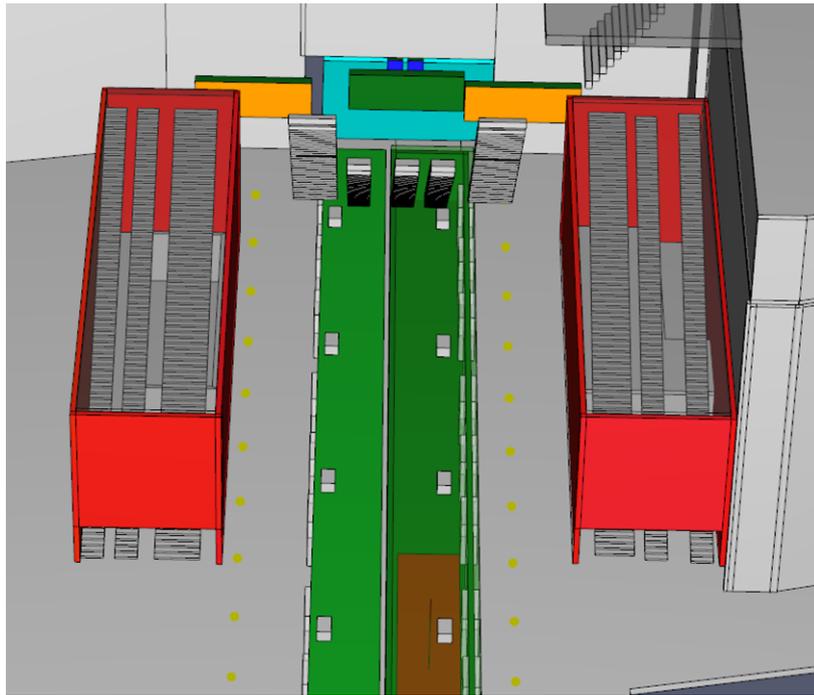
**Tableau 37 : Débits de soufflage de la station Riga Monotube**



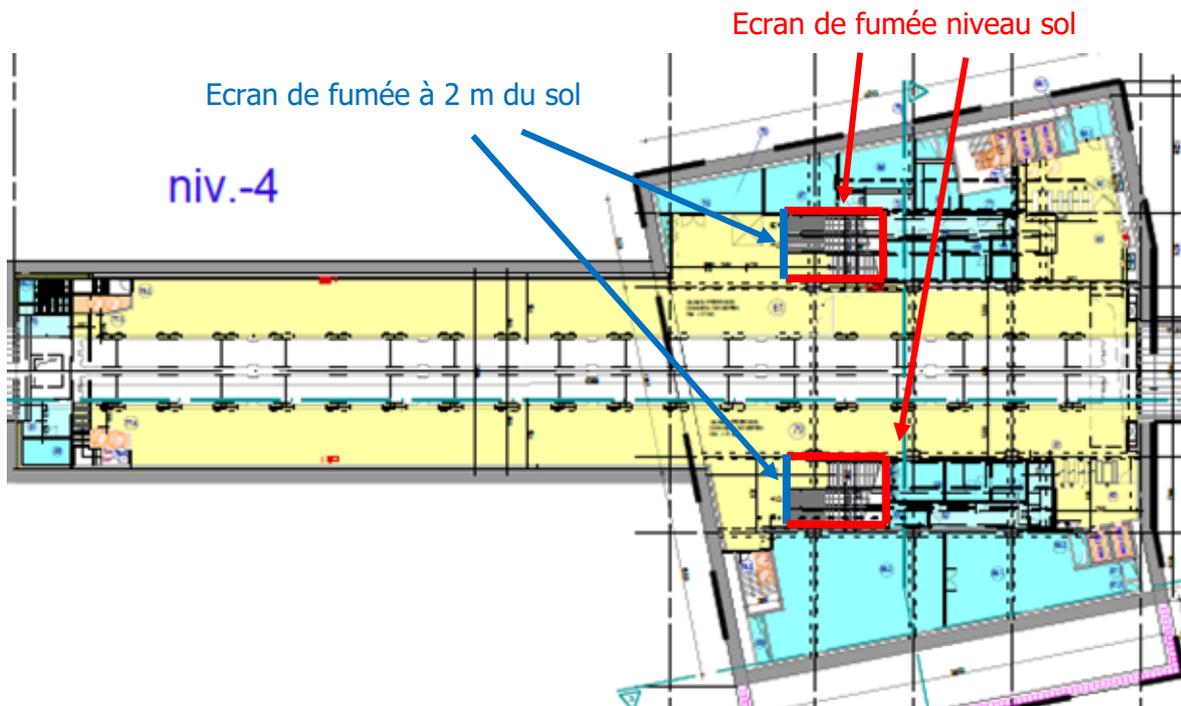
**Figure 38 : Localisation des points de soufflage dans le modèle Riga Monotube (Tractebel, 2020)**

□ Les écrans de fumée

Pour éviter la propagation des fumées aux niveaux supérieurs, des écrans / rideaux de fumée sont implémentés autour des escaliers de la station. Ces écrans forment une barrière du plafond au sol. Au niveau de l'accès à l'escalier, le bas de l'écran de fumée sera à 2 mètres au-dessus du niveau du sol.



**Figure 39 : Vue de la modélisation des écrans de fumée dans le modèle Riga Monotube (Tractebel, 2020)**



**Figure 40 : Position des écrans de fumée dans le modèle Riga Monotube (Tractebel, 2020)**

Les écrans de fumée sont activés de  $t = 2$  min jusqu'à la fin de la simulation.

### C.7. Résultat des simulations RSET

### C.7.1. Présentation des résultats

Pour chacune des simulations, le tableau ci-dessous donne le résultat pour les temps suivants :

- Le temps d'évacuation des quais (Tq)
- Le temps d'évacuation de la station (Tt)
- Le temps d'immobilisation des occupants (Ti)

Pour le temps de marge (T<sub>marg</sub>) voir le chapitre C.9.

Le tableau ci-dessous donne le résultat des temps d'évacuation pour un foyer<sup>26</sup>:

		foyer - temps (min,sec)				
		Verboekhoven MONOTUBE			RIGA MONOTUBE	
		T det + T warn	T evac	T RSET	T evac	T RSET
Temps d'évacuation des quais - valides	Tq	3,00	5,22	8,22	6,45	9,45
Temps d'évacuation des quais - PMR	Tq	3,00	5,14	8,14	5,19	8,19
Temps d'évacuation de la station	Tt	3,00	11,03	14,03	9,38	12,38
Temps d'immobilisation	Ti		2,30		1,00	

Temps maximum d'évacuation des quais, sans T det + T warn  
 Temps maximum d'évacuation des quais, avec T det + T warn

$T_{RSET} = T_{det} + T_{warn} + T_{evac}$

**Tableau 38 : Temps d'évacuation pour un foyer (Tractebel, 2020)**

Ces temps sont trop longs par rapport aux critères de la NFPA 130 (version 2020), qui prévoit les temps maximum suivants :

- Évacuation d'un quai : 4 minutes (§ 5.3.3.1)
- Évacuation vers un point de sécurité: 6 minutes vers le niveau d'évacuation de la station ou un niveau intermédiaire désenfumé (§ 5.3.3.2)

Dans notre méthodologie, ces temps ne doivent pas être comparés à la norme NFPA 130 mais aux temps d'évacuation ASET (voir méthodologie).

Les images ci-dessous reprennent, pour chaque simulation, des captures d'écran aux temps suivants :

- Début de la simulation

<sup>26</sup> « pour un foyer » marque la distinction par rapport aux simulations « en cas d'alerte à la bombe ».

- Milieu de la simulation
- Fin de la simulation (dernier occupant de la station)

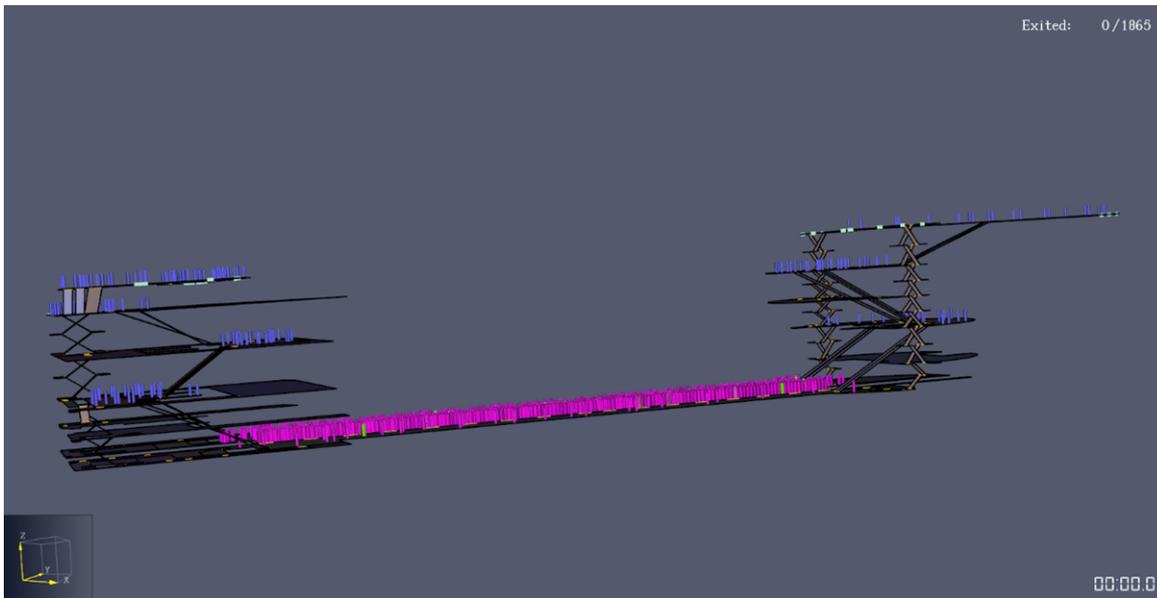
Légende des occupants à évacuer dans les figures :

vert : Personne à mobilité réduite (PMR)

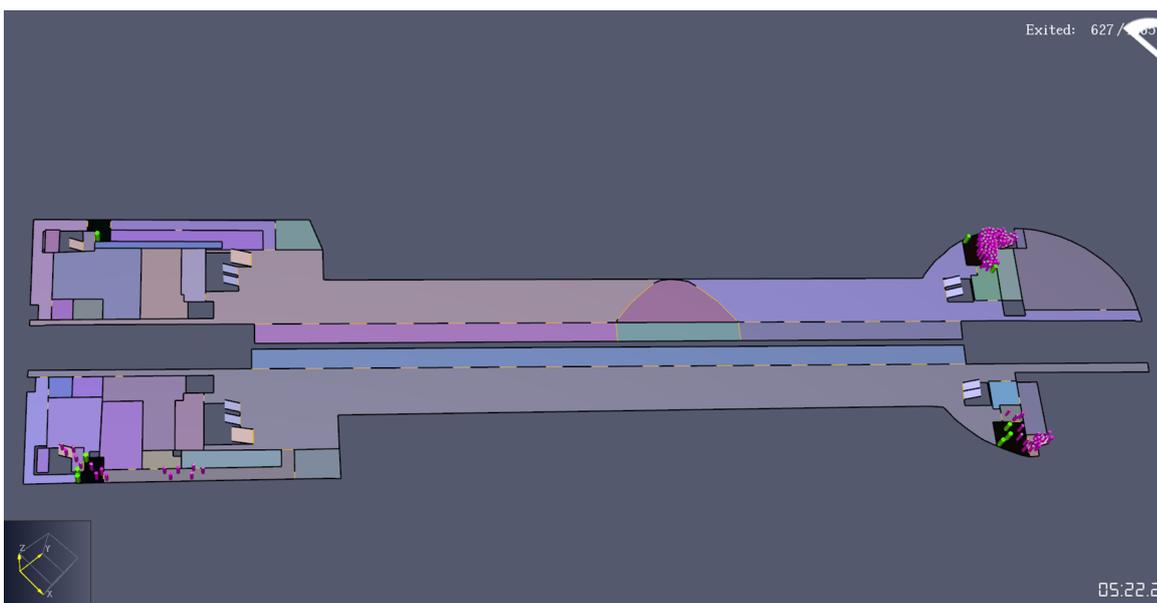
rose : Personnes valides

Les simulations complètes ASET / RSET sont confidentielles mais ont été présentées et approuvées par le Comité d'accompagnement de l'étude d'incidences.

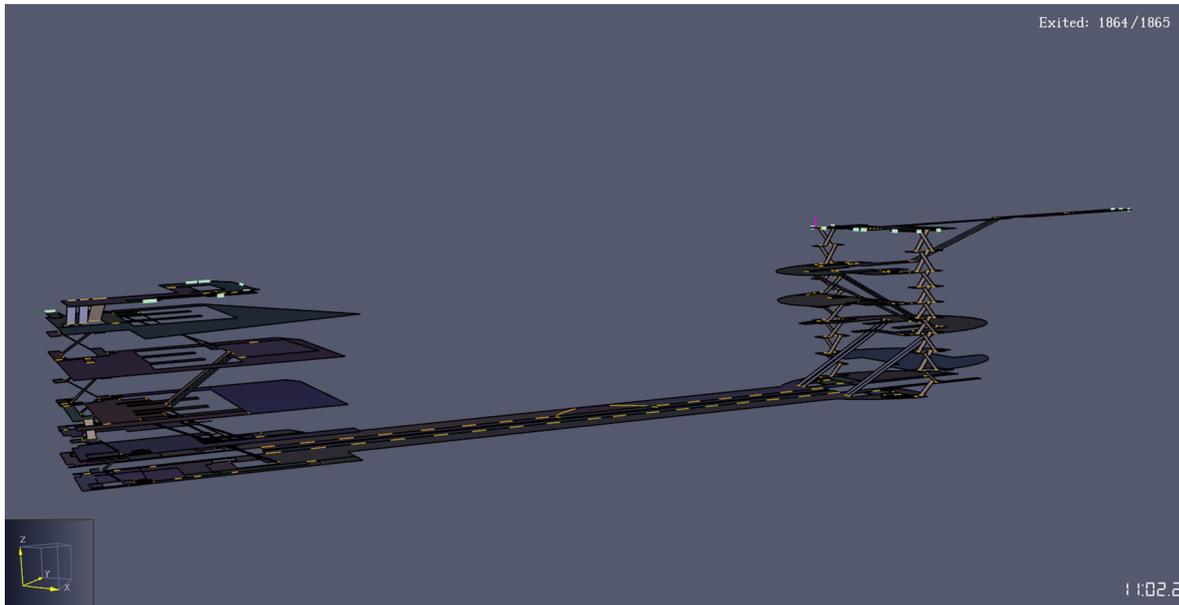
### C.7.2. Station Verboeckhoven - Monotube



**Figure 41: Evacuation à t0 (Tractebel, 2020)**



**Figure 42: Evacuation des valides (Tractebel, 2020)**



**Figure 43 : Fin de l'évacuation à 11:02 (Tractebel, 2020)**

C.7.3. Station Riga - Monotube

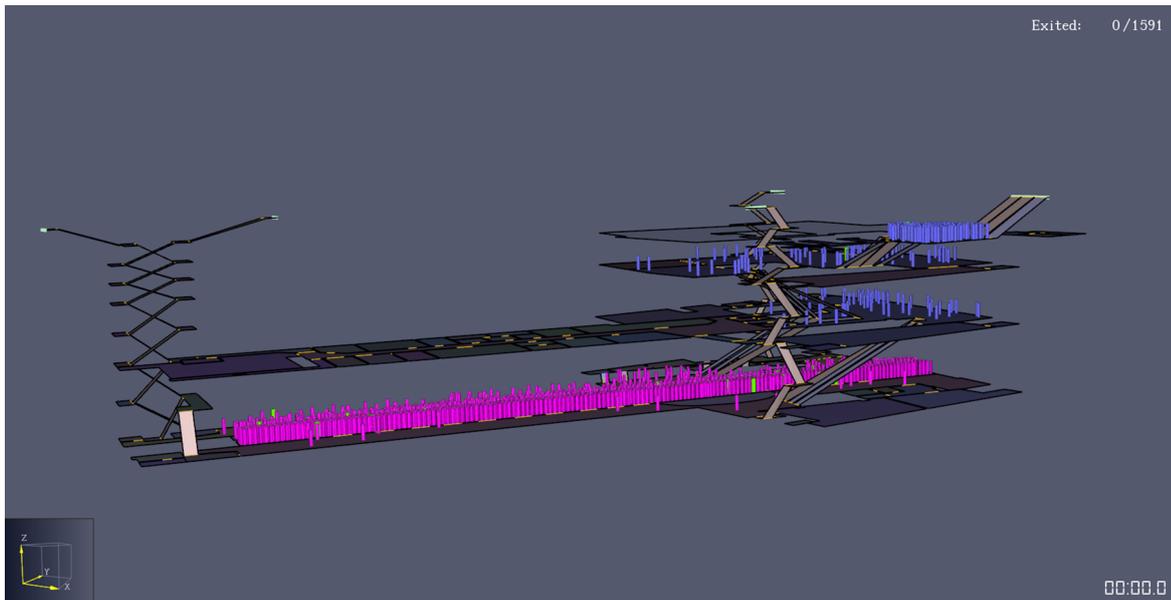


Figure 44 : Evacuation à t0 (Tractebel, 2020)

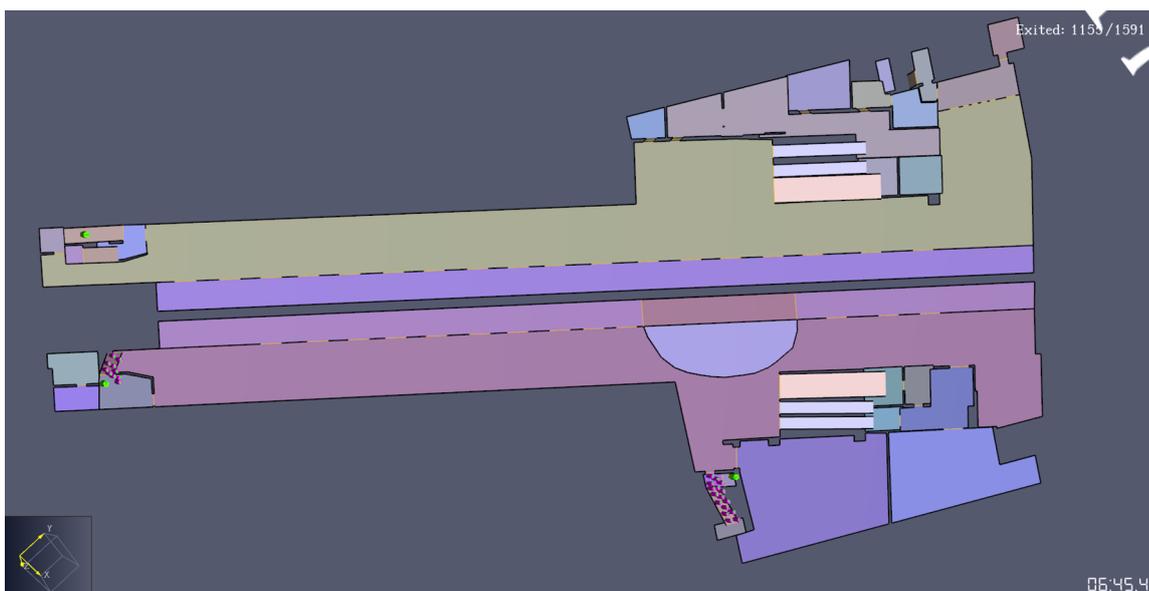
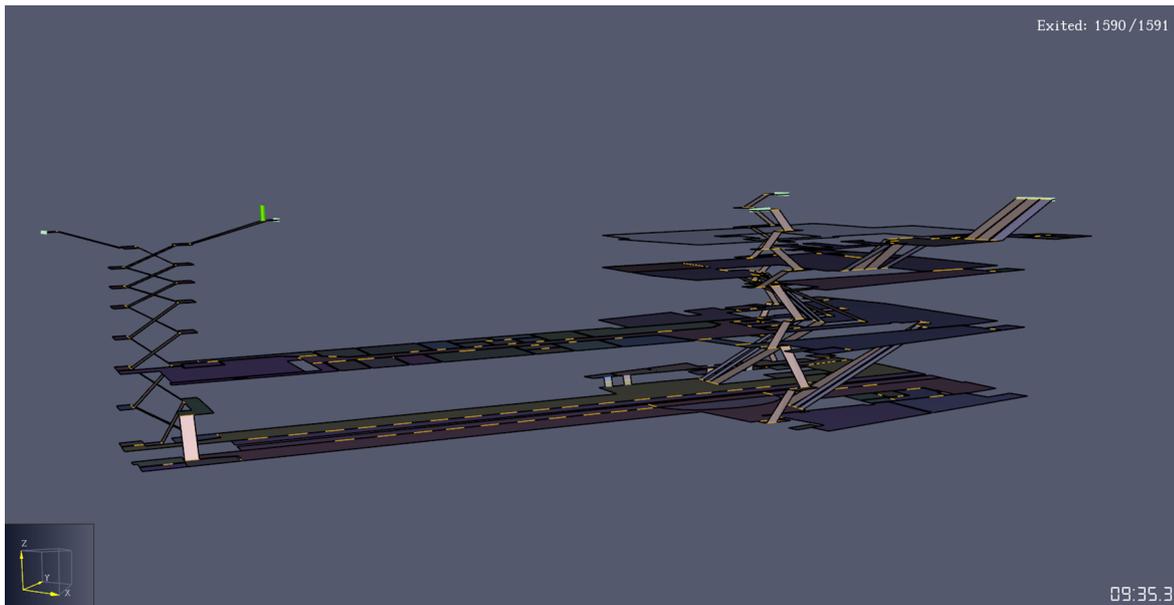


Figure 45 : Evacuation des valides (Tractebel, 2020)



**Figure 46 : Fin de l'évacuation à 9:35 (Tractebel, 2020)**

### C.8. Résultat des simulations ASET

#### C.8.1. Présentation des résultats

Dans ce chapitre, les figures de visibilité et température présentent les résultats à  $t=200s$  et  $t=400s$ . La simulation complète allant de  $t=0$  à  $t=1700s$  a été présentée au Comité d'accompagnement de l'étude.

Les critères de validation pour les simulations CFD des stations ont été approuvés par le Comité d'Accompagnement et sont définies comme suit :

- Visibilité > 10 m
- Température < 80°C
- Flux radiatif < 2.5 kW/m<sup>2</sup>

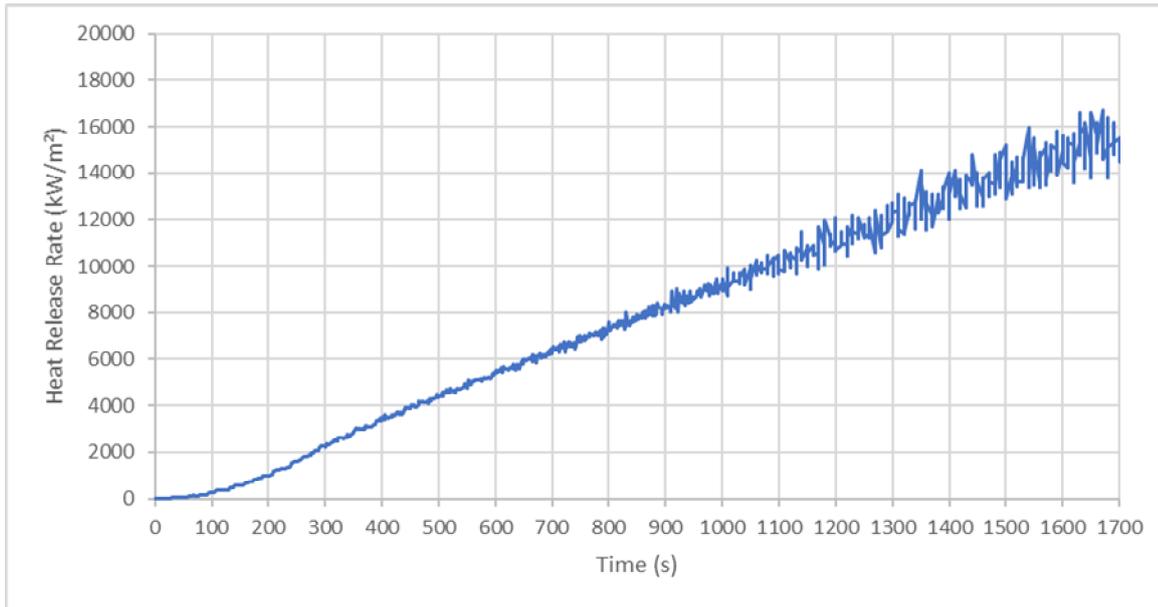
Les coupes de visibilité et de température sont placées à 2 mètres de hauteur par rapport au quai.

Les capteurs de flux radiatif sont positionnés le long du quai et près des escaliers d'évacuation à 2 mètres de hauteur par rapport au quai.

Une analyse toxicologique des fumées n'est possible que si l'on connaît la nature des matériaux utilisés, ce qui n'a pas été fourni. Si on se base sur la norme ISO 16738 qui fait un lien entre la toxicité et la visibilité, on conclut que la limite de toxicité est dépassée lorsque la visibilité est inférieure à 10 m.

#### C.8.2. Station Verboekhoven - Monotube

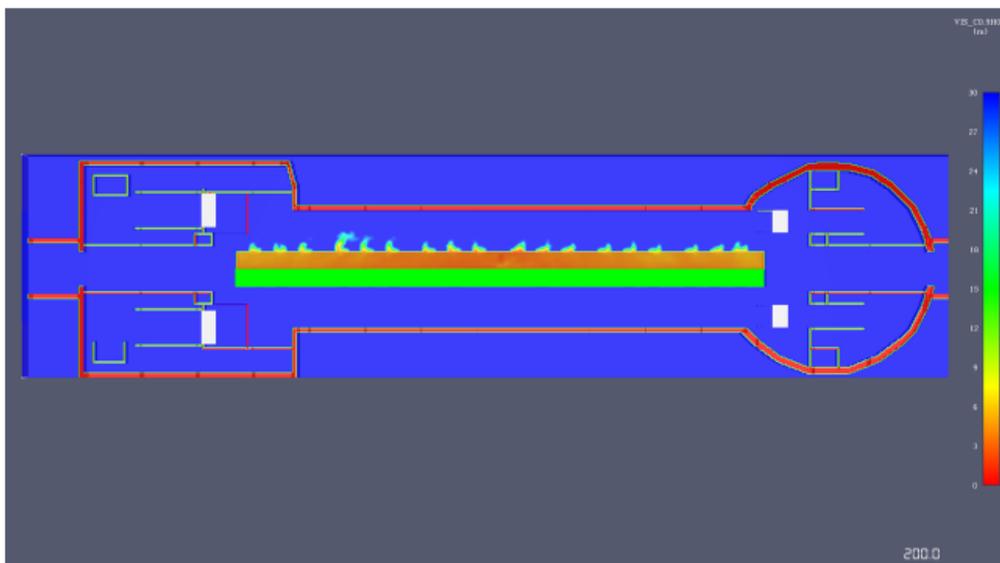
- Evolution de la courbe de taux de dégagement de chaleur HRR (en kW)



**Figure 47 : Evolution HRR - Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**

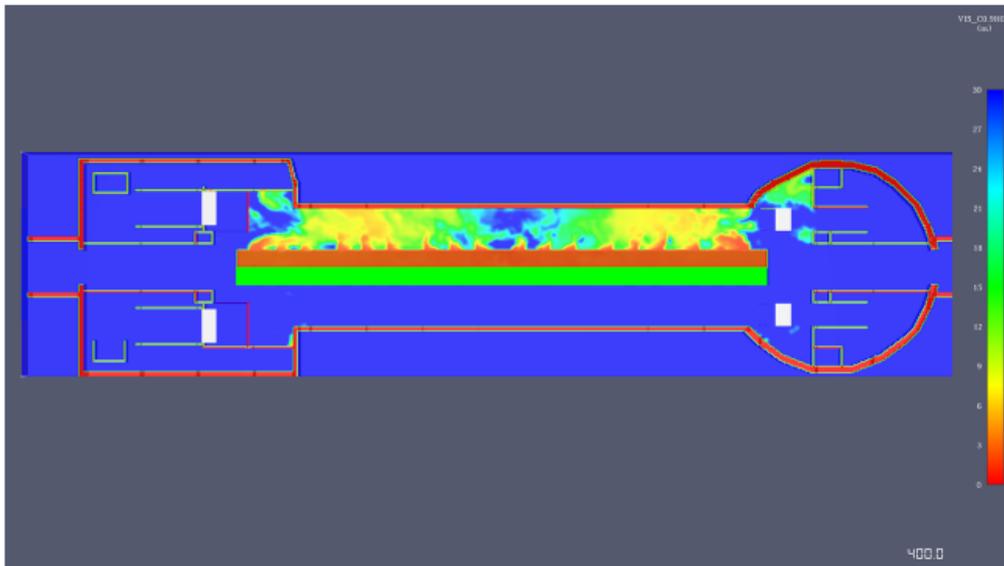
La puissance du feu augmente au fur et à mesure dans le temps jusqu'à atteindre 15 MW.

- Niveaux de visibilité dans la station (en m)



**Figure 48 : Visibilité Verboekhoven monotube à t=200 s (Tractebel, 2020)**

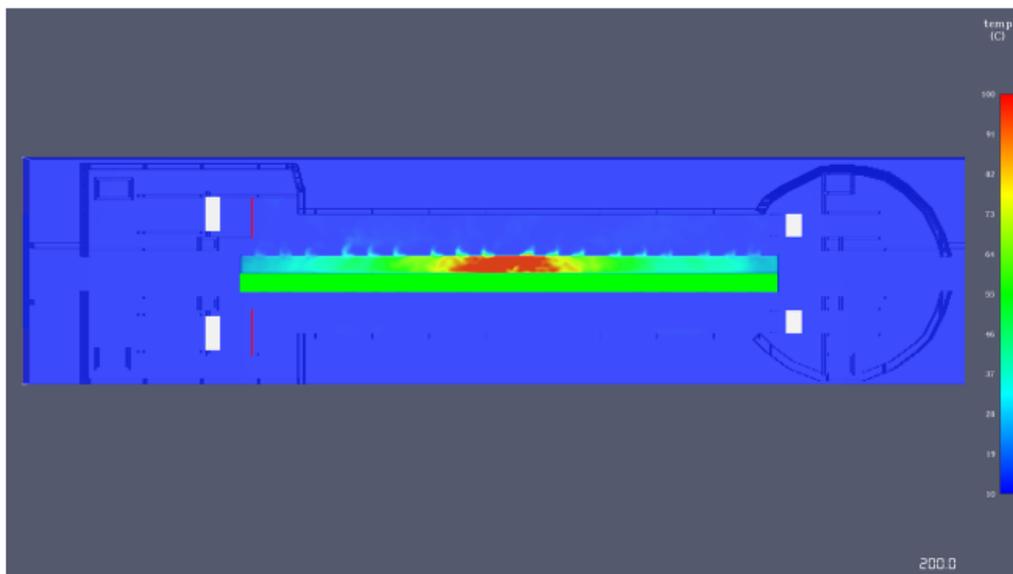
Le résultat montre qu'à 200 s la visibilité dans la rame de métro est en dessous de la valeur admissible (10 m) et supérieure à 10 m dans le reste de la station.



**Figure 49 : Visibilité Verboekhoven monotube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

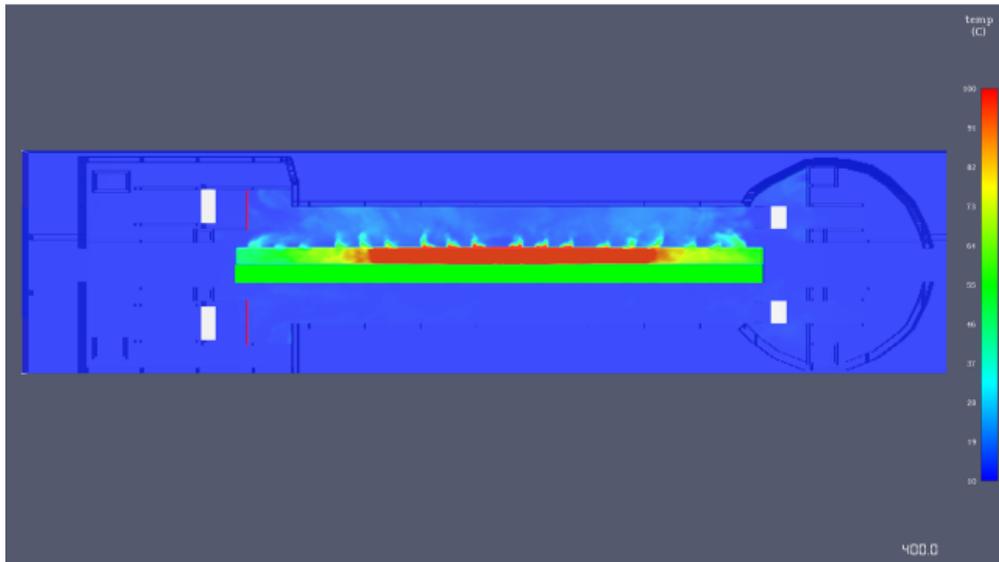
A partir de 400 s, sur le quai le niveau de visibilité commence à descendre en-dessous de 10 m.

- Niveaux de température dans la station (en °C)



**Figure 50 : Température Verboekhoven monotube à t=200 s (Tractebel, 2020)**

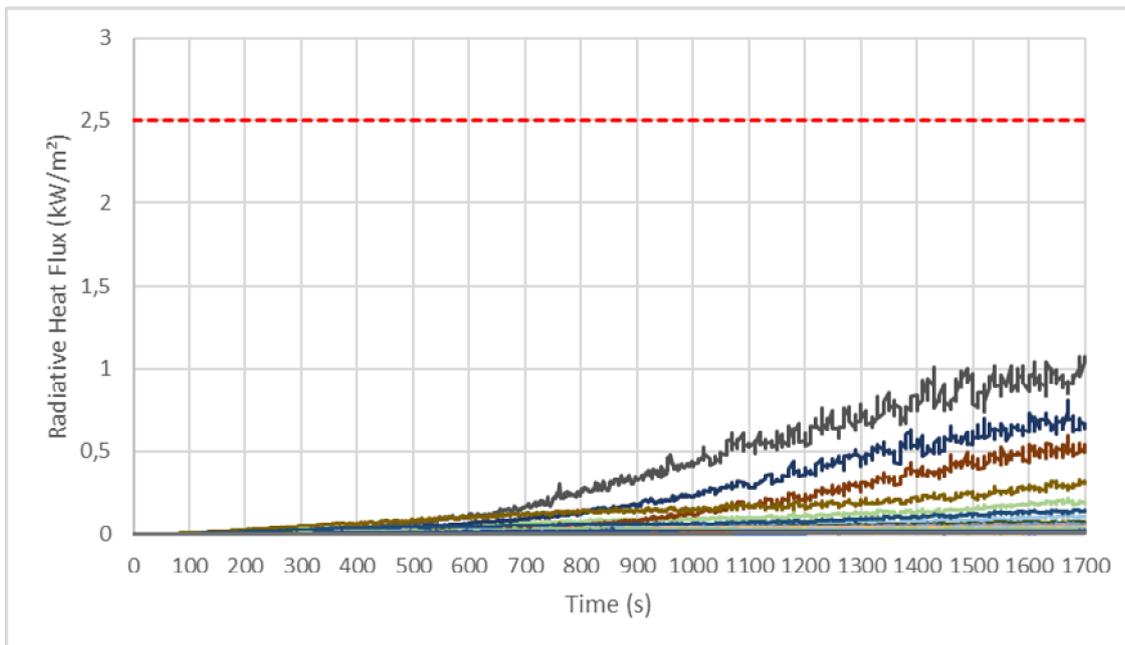
La figure montre qu'à 200 s, la température dans la station est inférieure à la valeur limite 80°C. Par contre dans la rame en feu, on note une température plus importante (> 80°C) autour du foyer.



**Figure 51 : Température Verboekhoven monotube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

A partir de 400 s, la température est bonne dans la station sauf autour du foyer de la rame en feu.

- Niveaux de flux radiatif dans la station (en kW/m<sup>2</sup>)

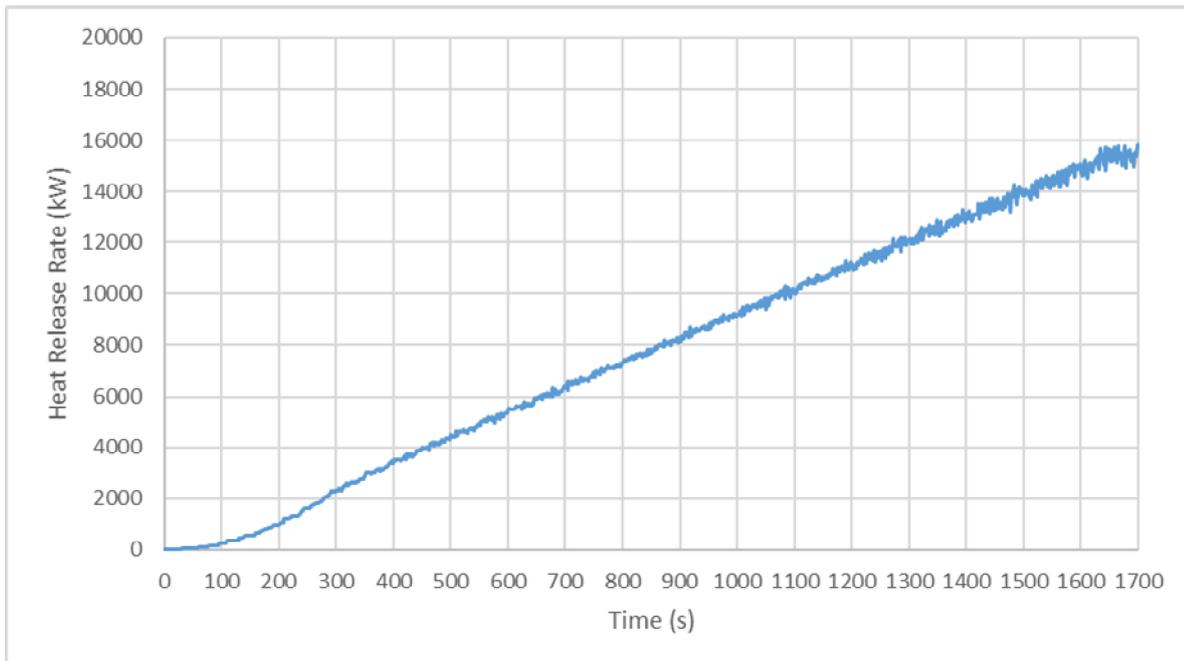


**Figure 52 : Flux radiatif Verboekhoven monotube (Tractebel, 2020)**

Le résultat montre qu'aucun capteur ne dépasse la valeur limite du flux radiatif 2,5 kW/m<sup>2</sup>.

### C.8.3. Station Riga - Monotube

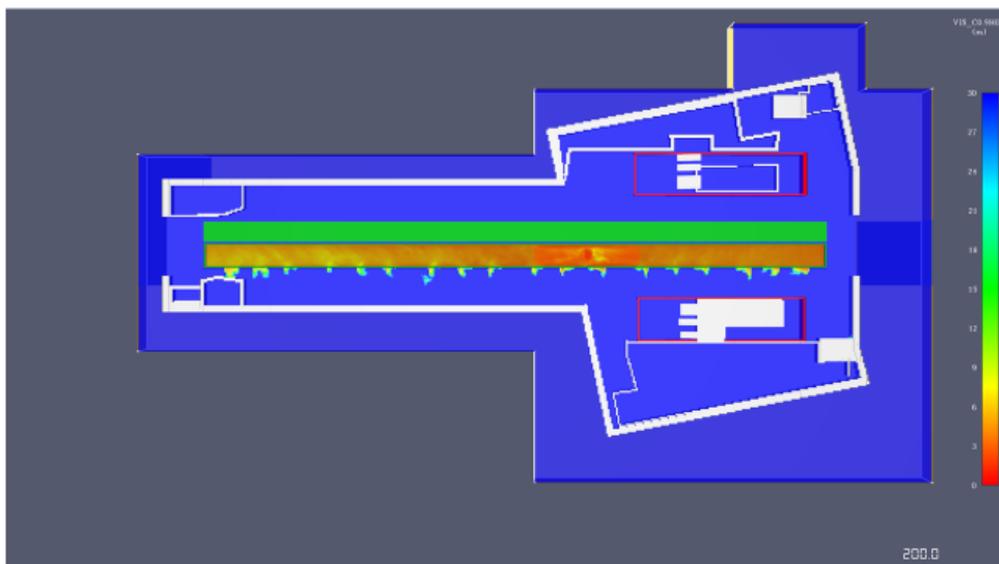
- Evolution de la courbe de taux de dégagement de chaleur HRR (en kW)



**Figure 53 : Evolution HRR - Riga monotube (Tractebel, 2020)**

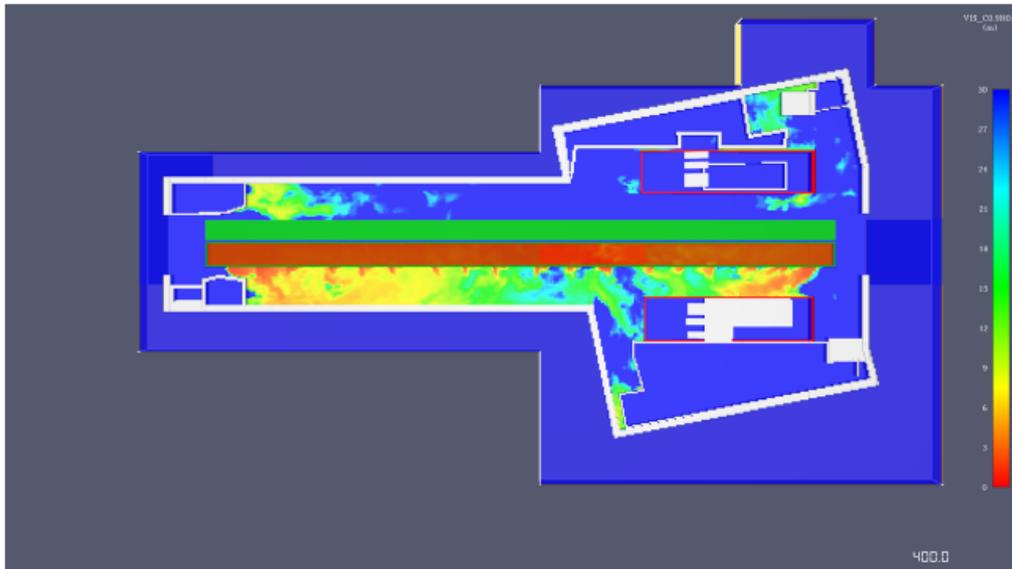
La puissance du feu augmente au fur et à mesure dans le temps jusqu'à atteindre 15 MW.

- Niveaux de visibilité dans la station (en m)



**Figure 54 : Visibilité Riga monotube à t=200 s (Tractebel, 2020)**

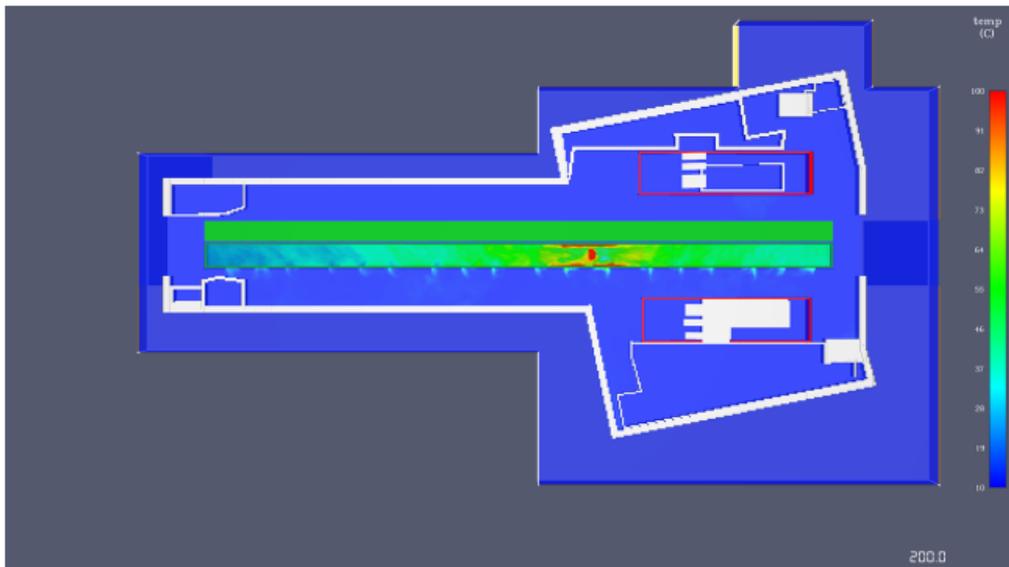
Le résultat montre qu'à 200 s la visibilité dans la rame de métro est en dessous de la valeur admissible (10 m) et supérieure à 10 m dans le reste de la station.



**Figure 55 : Visibilité Riga monotube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

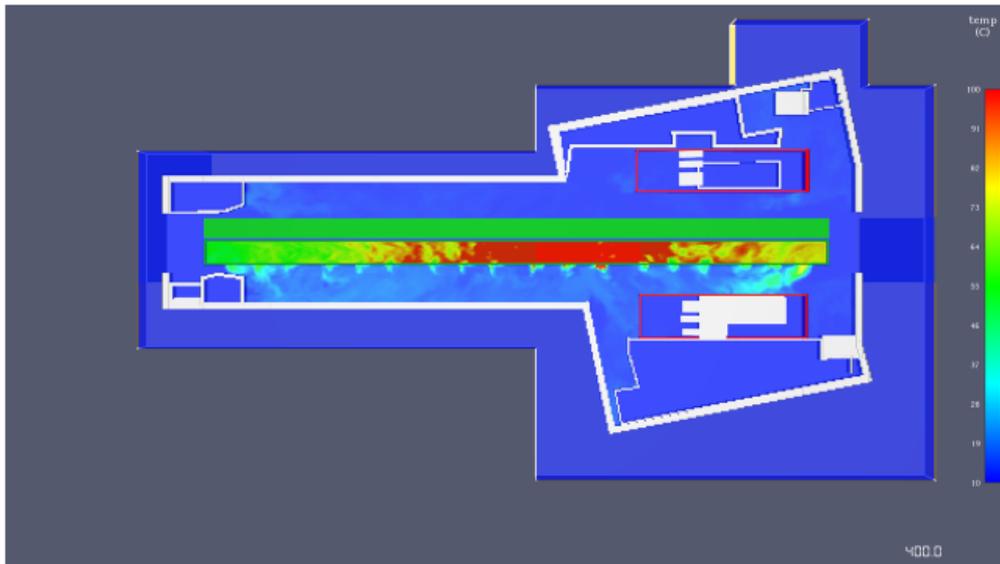
A partir de 400 s, sur le quai le niveau de visibilité commence à descendre en-dessous de 10 m.

- Niveaux de température dans la station (en °C)



**Figure 56 : Température Riga monotube à t=200 s (Tractebel, 2020)**

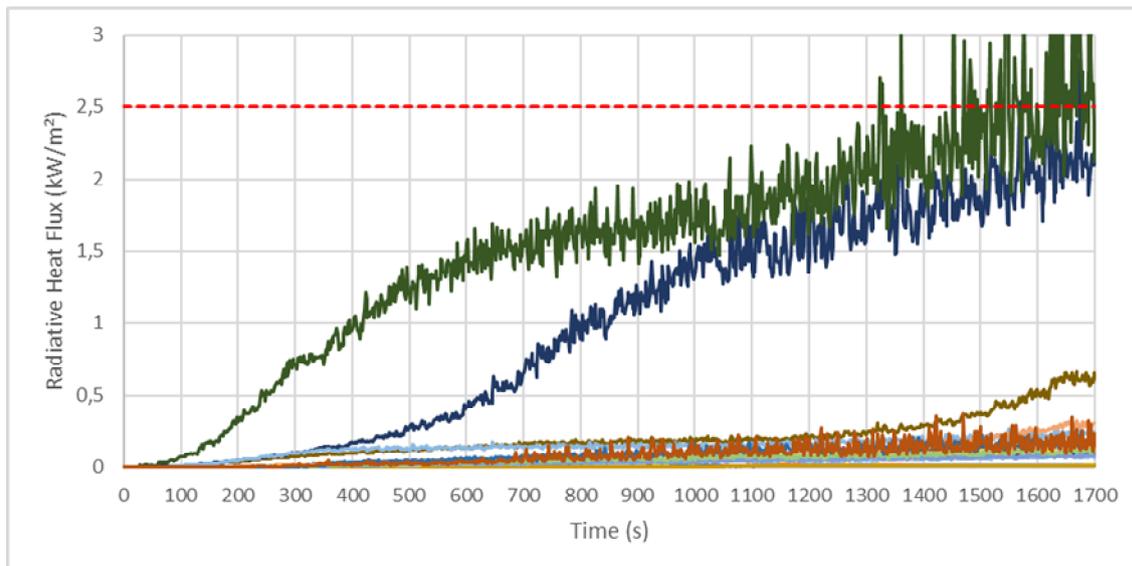
La figure montre qu'à 200 s, la température dans la station est inférieure à la valeur limite 80°C.



**Figure 57 : Température Riga monotube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

A partir de 400 s, la température est bonne dans la station sauf au niveau de la rame autour du foyer.

- Niveaux de flux radiatif dans la station (en kW/m<sup>2</sup>)



**Figure 58 : Flux radiatif Riga monotube (Tractebel, 2020)**

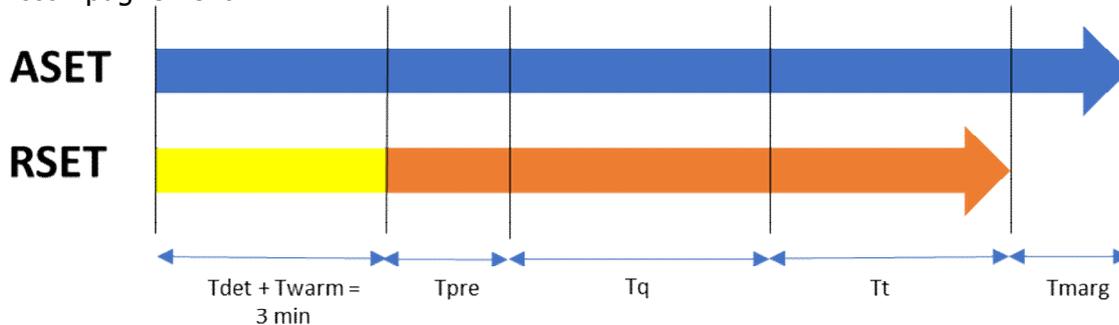
Le résultat montre qu'un seul capteur dépasse la valeur limite du flux radiatif, ceci est dû à sa localisation tout près du foyer et des flammes. Le reste des capteurs au niveau du quai montre que le flux radiatif est inférieur à la valeur limite de 2,5 kW/m<sup>2</sup>.

### C.9. Analyse des simulations ASET / RSET

#### C.9.1. Présentation des résultats

Ce chapitre présente le résultat de comparaison ASET / RSET (Visibilité dans les fumées / Evacuation des personnes) au moment où le critère de validation n'est pas atteint.

La ligne du temps ci-dessous reprend le schéma rencontré en théorie, où le T ASET est normalement supérieur à T RSET, avec un Tdet + T warn à 3 min. comme défini avec le Comité d'Accompagnement :



**Figure 59 : ligne du temps théorique (Tractebel, 2020)**

Le résultat des simulations ASET montre que les rames atteignent une limite de visibilité de 10m assez tôt, entre 100 et 200 sec. après le début du foyer T0. Cela signifie que les occupants de la rame sont atteints par les fumées avant les 3 minutes prédéfinies.

Nous avons donc adapté T det + T warn pour qu'ils soient intégrés dans le temps de prémouvement T pre, c.à.d. entre 1,30 et 4 min.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des simulations RSET adaptées.

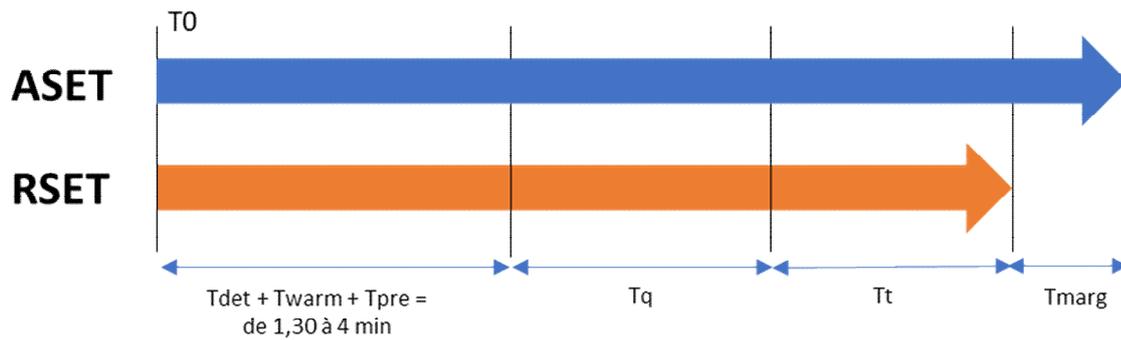
  Temps maximum d'évacuation des quais, avec T det + T warn

T RSET = T det + T warn + T evac	foyer - temps (min,sec)		
	Verboekhoven MONOTUBE	RIGA MONOTUBE	
	T RSET	T RSET	
Temps d'évacuation des quais - valides	Tq	5,22	6,45
Temps d'évacuation des quais - PMR	Tq	5,14	5,19
Temps d'évacuation de la station	Tt	11,03	9,38
Temps d'immobilisation	Ti	2,30	1,00

**Tableau 39 : Résultats des simulations RSET adaptées (Tractebel, 2020)**

Le résultat des simulations montre que les occupants n'arrivent pas à évacuer la rame avant leur mise en sécurité. Pour rappel, la charge au feu est très conservatrice. Néanmoins, il est recommandé que le temps de détection tende vers 30 sec. Le temps d'alerte ne pourra être réduit à 0 sec. car la levée de doute est nécessaire en exploitation.

La ligne du temps ci-dessous reprend le schéma pratique calculé.



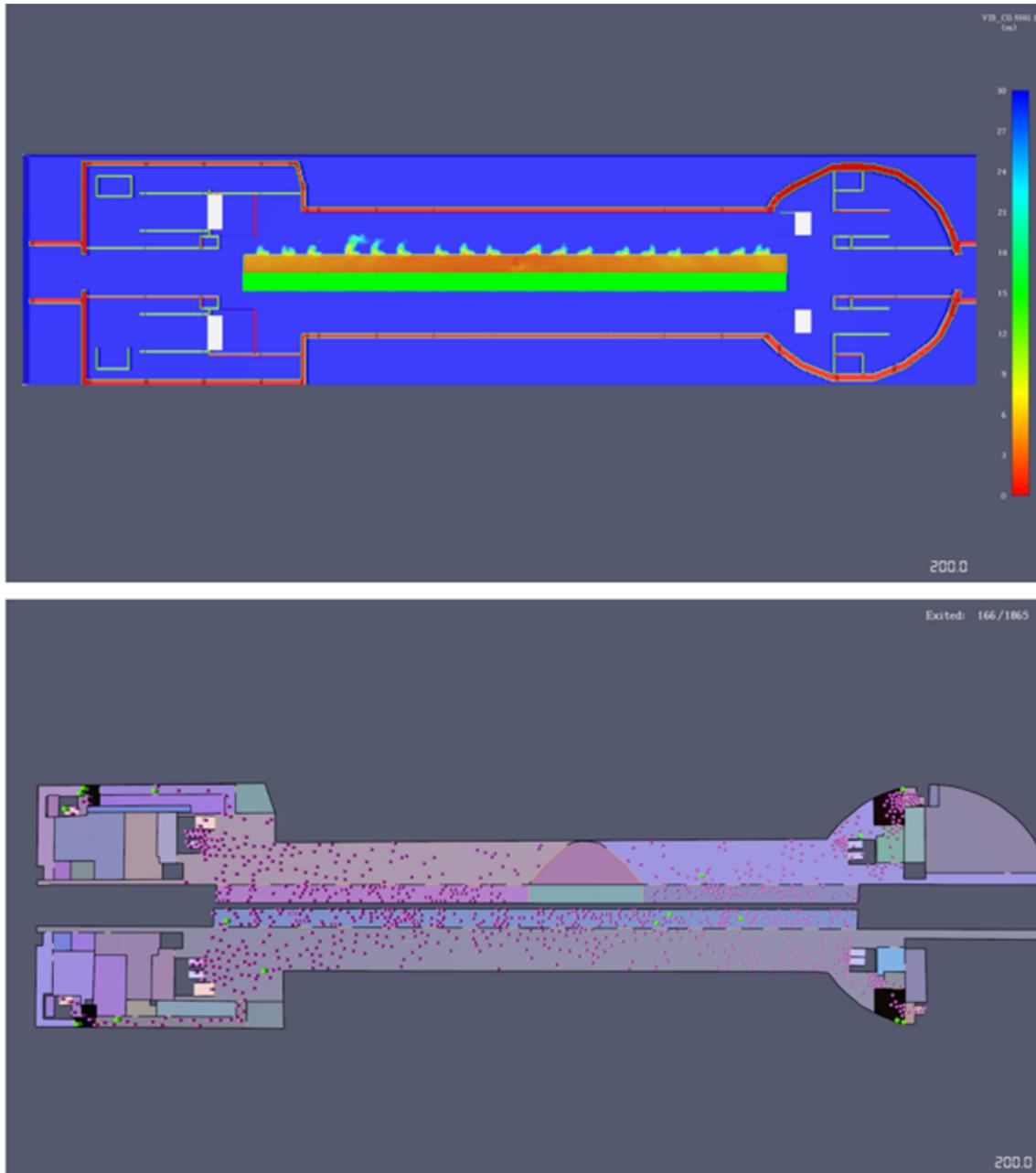
**Figure 60 : Ligne du temps adaptée (Tractebel, 2020)**

### C.9.2. Station Verboekhoven - Monotube

A  $t=200s$  :

- La visibilité sur le quai est à environ 30 mètres, ce qui est acceptable
- La visibilité dans certaines parties de la rame est à environ 5 mètres, soit inférieure à 10 m, ce qui n'est pas acceptable.

La simulation complète a été présentée au Comité d'accompagnement de l'étude.



**Figure 61 : Comparaison ASET/RSET - Verboekhoven Monotube (Tractebel, 2020)**

### C.9.3. Station RIGA - Monotube

A t=200s :

- La visibilité sur le quai est à environ 30 mètres ce qui est acceptable
- La visibilité dans certaines parties de la rame est à environ 5 mètres, soit inférieure à 10 m, ce qui n'est pas acceptable.

La simulation complète a été présentée au Comité d'accompagnement de l'étude.

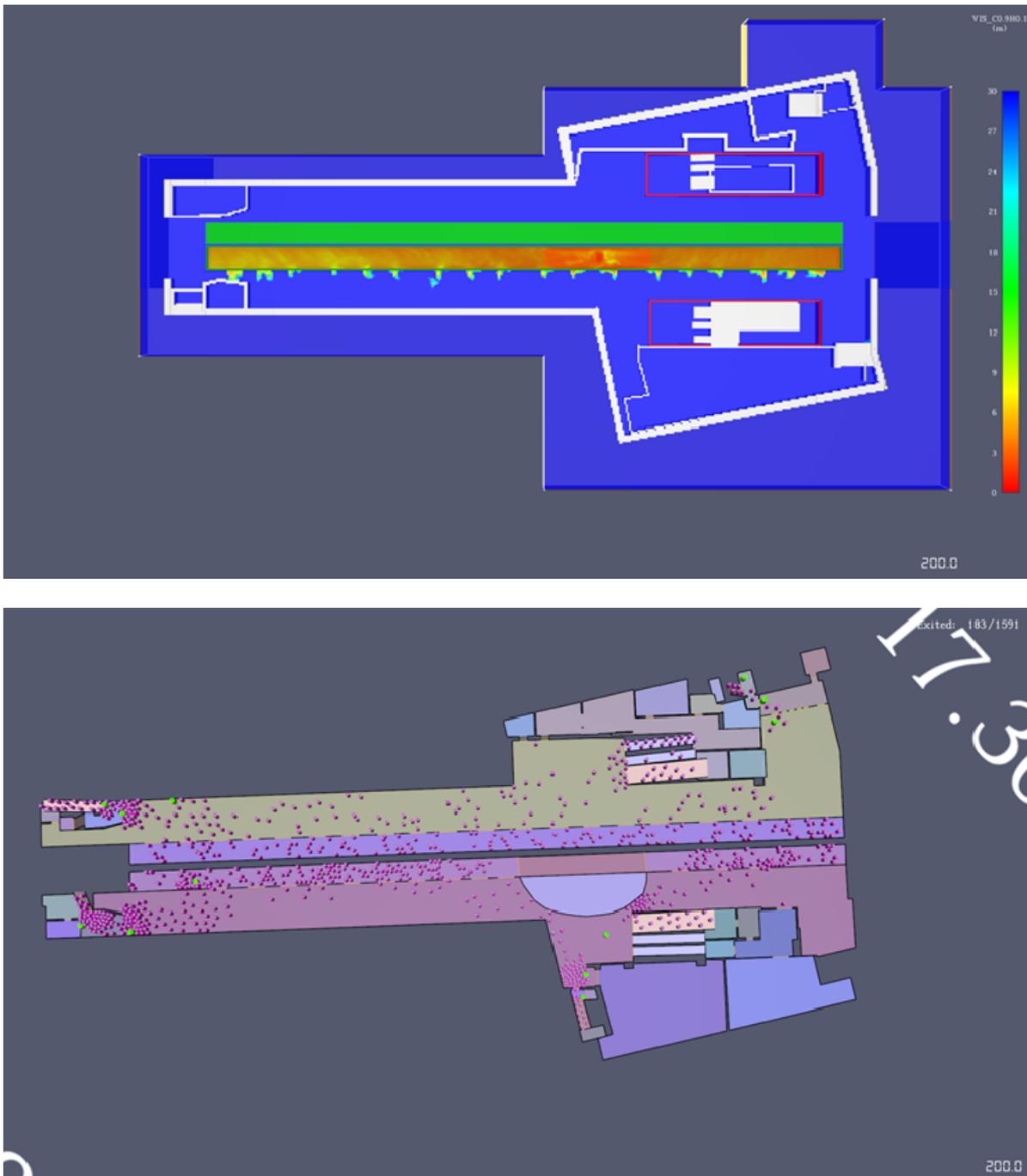


Figure 62 : Comparaison ASET/RSET - Riga Monotube (Tractebel, 2020)

### C.10. Comparaison des simulations ASET / RSET pour les autres stations

Les 4 simulations effectuées dans les 2 stations Riga et Verboekhoven sont représentatives par rapport aux autres stations car les résultats obtenus sont majoritairement dépendants des équipements techniques mis en œuvre et non pas de la configuration des stations. En effet :

- Le premier critère de visibilité atteint dans tous les cas se fait au niveau des rames sinistrées<sup>27</sup>
- Les occupants des quais ne sont jamais atteints par les fumées
- Le risque de panique n'est jamais atteint

## D. Dimensionnement des quais

L'occupation des stations est basée sur celle indiquée dans les annexes SI2 du dossier de sécurité de la demande de permis de BMN T5 pour chaque stations, en 2080.

La densité minimale d'occupation est de 1 pers / m<sup>2</sup> (prescriptions communales et régionales belges).

Ces paramètres ont été approuvés dans le cadre de cette étude par le Comité d'Accompagnement.

La surface considérée est celle prévue dans le layout des stations fournies par BMN.

norme : 

1	m <sup>2</sup> / pers sur quai
xx	conforme

xx	surface minimale à prévoir
xx	non conforme

 (1) = surface accessible au public

Stations	Surface quais en m <sup>2</sup> (1)			occupation des niveaux des quais							densité d'occupation			
				vers Bordet			vers gare du nord			tot	vers Bordet	vers gare du nord	commun	
	Quai vers Nord	Quai vers Bordet	tot	Méto au moment de l'arrivée du méto	Quai au moment de l'arrivée du méto	Nombre de personnes à évacuer	Méto au moment de l'arrivée du méto	Quai au moment de l'arrivée du méto	Nombre de personnes à évacuer	Nombre de personnes à évacuer	m <sup>2</sup> / pers sur le quai	m <sup>2</sup> / pers sur le quai	m <sup>2</sup> / pers sur le quai	
1T	Liedts	663	689	1352	760	96	856	760	413	1173	2029	7,18	1,61	
	Colignon	532	548	1080	760	15	775	760	122	882	1657	36,53	4,36	
	VBH	716	718	1434	760	33	793	548	321	869	1662	21,76	2,23	
	Riga	604	547	1151	760	15	775	455	112	567	1342	36,47	5,39	
	Tilleul	459	459	918	760	24	784	343	141	484	1268	19,13	3,26	
	Paix	703	569	1272	760	15	775	227	131	358	1133	37,93	5,37	
Bordet	485	508	993	760	0	760	0	227	227	987		2,14		

**Tableau 40 : Surface minimale des quais**

## E. Dimensionnement des espaces PMR

L'occupation des stations est basée sur celle indiquée dans les annexes SI2 du dossier de sécurité de la demande de permis de BMN T5 pour chaque stations, en 2080. Le layout considéré est celui des stations fournies par BMN.

<sup>27</sup> Pour rappel, la demande de permis concerne l'infrastructure et non le matériel roulant. Cependant, la simulation prenant en compte le foyer au sein de la rame, l'analyse doit également la prendre en compte.

Une zone est considérée comme refuge PMR quand elle est compartimentée par rapport aux quais.

Une analyse des plans a été réalisée afin de vérifier le nombre réel de PMR non autonomes pouvant être confinés dans les zones refuge.

Voici les conclusions de cette analyse :

- Dans le tableau ci-dessous, les largeurs de passage nécessaires à l'évacuation des valides ont été considérées afin de leur permettre d'atteindre les escaliers de secours. Les surfaces disponibles restant dans les diverses zones ont été mesurées et le calcul du pourcentage de PMR par rapport à l'occupation totale ne sachant évacuer seuls par les escaliers et pouvant être confinés dans les zones refuge a été défini en considérant 1 m<sup>2</sup> par PMR.
- La Région bruxelloise, qui est compétente en matière de personnes à mobilité réduite, travaille actuellement à l'établissement d'une norme de référence régionale en termes de taux de PMR à prendre en considération dans les zones publiques. Les travaux en cours semblent s'orienter vers la prise en compte d'un taux de PMR variant entre 3% et 6%. Ces travaux ne sont pas clôturés au moment où nous rédigeons ces lignes. Les indications fournies au chargé d'étude semblent indiquer que le taux de 3% serait un taux adéquat pour le présent projet. Un taux de 3% a donc été considéré en accord avec le Comité d'Accompagnement pour le dimensionnement des zones refuges.

Légende
ND = Non défini

Station	Direction	Bitube/Monotube	Occupation TOT	S[m <sup>2</sup> ]	S_par Quai [m <sup>3</sup> ]	NBR_PMR (BMN) par Quai	% de PMR prévu par BMN	NBR_PMR requis 3% par Quai	S_manquante [m <sup>2</sup> ]
Paix	vers GN	Monotube	354	22,6	22,6	22	6%	11	Conforme
	vers BOR		767	3,7 19	22,7	22	3%	23	1
Bordet	vers GN	Monotube	225	11	11	11	5%	7	Conforme
	vers BOR		752	8	8	8	1%	23	15
Tilleul	vers GN	Monotube	479	6,5 6,5	13	13	3%	14	1
	vers BOR		776	6,5 6,5	13	13	2%	23	10
Riga	vers GN	Monotube	561	7,9 8,4	16,3	16	3%	17	1
	vers BOR		767	5,6 6	11,6	11	1%	23	12
Verboekhoven	vers GN	Monotube	784	11,3 7,5 23	41,8	41	5%	24	Conforme
	vers BOR		861	7,5 23 11,3	41,8	41	5%	26	Conforme
Colignon	vers GN	Monotube	873	9,3 3,42	12,72	12	1%	26	14
	vers BOR		767	9 5	14	14	2%	23	9
Liedts	vers GN	Monotube	847	11,5 8,9	20,4	20	2%	25	6
	vers BOR		1161	9,8 4,1	13,9	13	1%	35	22

**Tableau 41 : Surface des zones refuges pour PMR à créer (Tractebel, 2021)**

## F. Gestion et prévention du risque d'incendie

Conformément à l'article III.3.21 du codex<sup>28</sup>, un dossier d'intervention doit être fourni. Ce dossier comprendra notamment :

- Les plans d'évacuation
- l'emplacement des installations électriques;
- l'emplacement et le fonctionnement des vannes de fermeture des fluides utilisés;
- l'emplacement et le fonctionnement des systèmes de ventilation;
- l'emplacement de la centrale de détection d'incendie.

Les plans d'évacuation à fournir devront mentionner :

- la division et la destination des locaux ;
- la localisation des limites des compartiments;
- l'emplacement des locaux présentant un danger accru d'incendie;
- l'emplacement des sorties, des sorties de secours, des lieux de rassemblement après évacuation et le tracé des voies d'évacuation.

## G. Risques d'explosions

La description du projet dans la demande de permis indique : « *Un risque d'explosion existe en cas d'action criminelle. L'impact se situe surtout au niveau du nombre de victimes ce qui implique une influence importante sur les moyens d'intervention. Une étude sera établie en collaboration avec des experts en explosion pour déterminer le comportement et la fiabilité des systèmes d'évacuation.* »

En accord avec le Comité d'Accompagnement, il a été décidé qu'une analyse concernant le risque d'explosions sera réalisée par ailleurs et ne sera pas reprise dans la présente étude. En effet, il s'agit d'une préoccupation sensible en matière de sécurité qui mérite d'être traitée dans un cadre de confidentialité de manière à ne pas compromettre l'efficacité des mesures envisagées.

L'analyse des risques d'explosions sort du cadre de l'évaluation des incidences environnementales car ce sujet découle de plans d'acteurs fédéraux et de plans sécurité internes à la STIB.

Il est néanmoins essentiel que le suivi de cette préoccupation soit poursuivi au cours des étapes ultérieures de la mise en œuvre de ce projet et que les administrations délivrant les autorisations sur ce projet soient associées à cette discussion afin de pouvoir délivrer les permis en connaissance de cause, tout en garantissant un niveau de sécurité sur ces informations.

---

<sup>28</sup> Transposition en droit belge de la Directive européenne 89/654/CEE du Conseil du 30 novembre 1989 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour les lieux de travail (première directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE) : Section 6.- Faciliter l'intervention des services de secours publics : Art. III.3-21.- Afin de faciliter l'intervention des services de secours publics, l'employeur veille à ce qu'un dossier d'intervention soit mis à leur disposition à l'entrée du bâtiment.

## 9.3. Analyse des incidences de l'alternative bitube

### 9.3.1. Sécurité subjective

L'analyse de la sécurité subjective pour l'alternative bitube est réalisée au niveau des livres Stations.

### 9.3.2. Sécurité objective

#### A. Simulations ASET / RSET, dimensionnement des quais, dimensionnement des espaces PMR, mesures actives et passives

##### A.1. Paramètres ASET

##### A.1.1. Station Verboekhoven - Bitube

Dans le chapitre suivant, les paramètres particuliers de la station Verboekhoven Bitube sont décrits.

**Domaine, géométrie et maillage** : La géométrie est basée sur les plans fournis de la station en question.

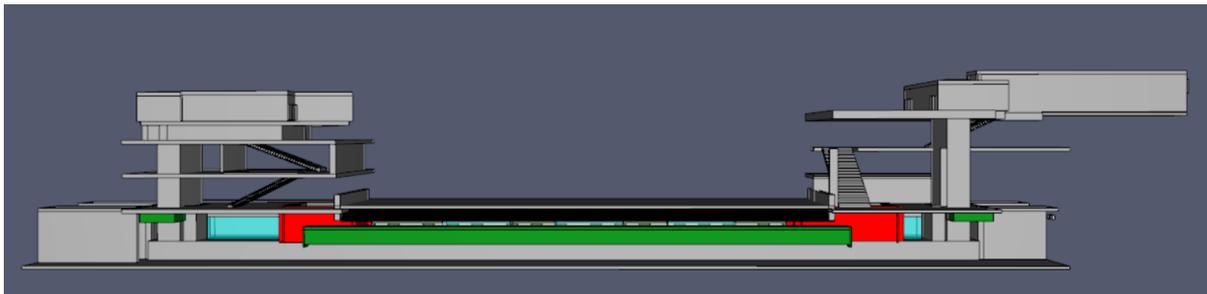


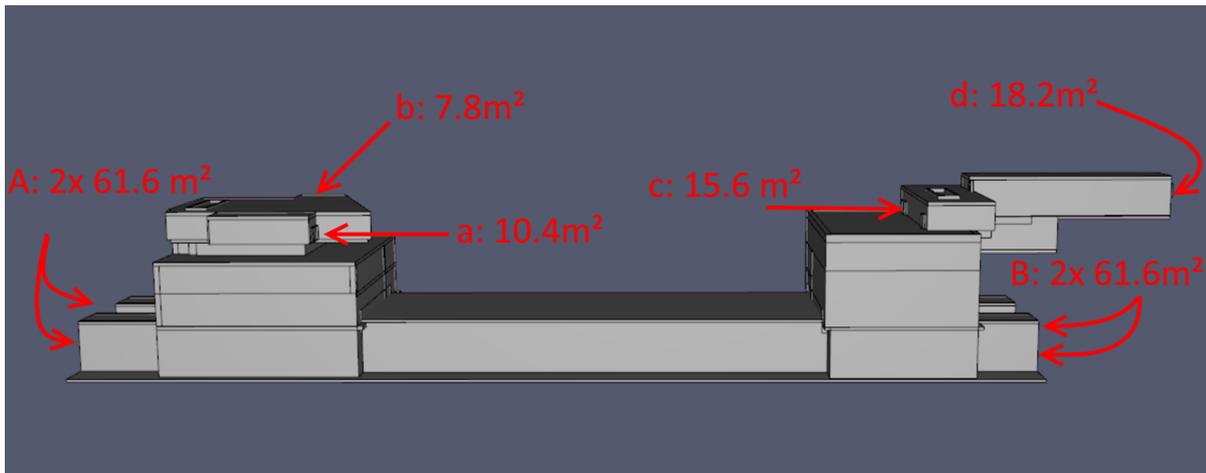
Figure 63 : Vue globale du modèle de la station Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)

Les entrées d'air frais sont basées sur les plans architecturaux et sont représentées comme suit :

- Les connexions aux 4 tunnels ;
- Les entrées principales de la station.

	Ouvertures	Nombre	Surface (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )
A	Connexion tunnel	2	61,6	123,2
B	Connexion tunnel	2	61,6	123,2
a	Entrée station	1	10,4	10,4
b	Entrée station	1	7,8	7,8
c	Entrée station	1	15,6	15,6
d	Entrée station	1	18,2	18,2

Tableau 42 : Surfaces des ouvertures de la station Verboekhoven Bitube



**Figure 64 : Ouvertures dans la station Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)**

Le domaine est divisé en cellules de 25 cm au niveau de la station et 50 cm aux niveaux supérieurs. Le nombre total de cellules est de 5.948.800.

### Systeme de désenfumage :

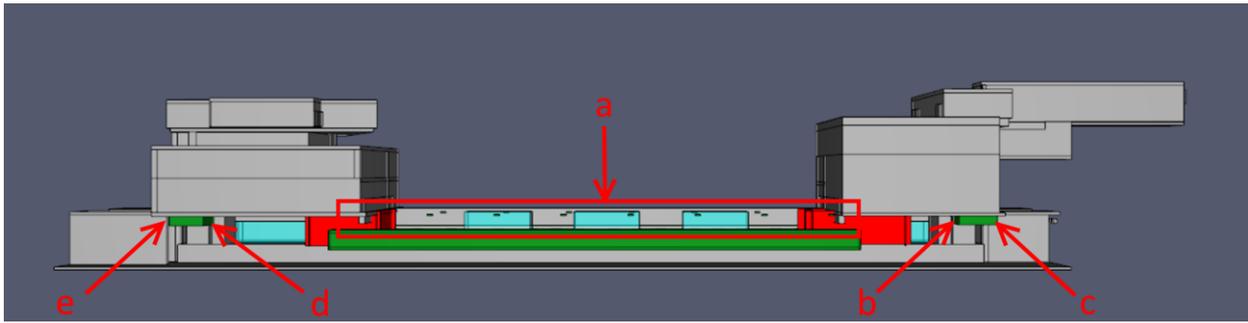
- Le débit d'extraction

Le débit total d'extraction est de 500 000 m<sup>3</sup>/h. Les points d'extraction sont distribués sur base des informations reçues de BMN.

Les caractéristiques des points d'extraction sont détaillées dans le tableau ci-dessous et sont indiquées sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Dimensions	Nombre de points d'extraction	Surf par point d'extraction (m <sup>2</sup> )	Surf tot (m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
a	central	5,25	1 x 0,5	16 (8x2)	0,5	8	36,1
b	Côté sud station	4,3	6,4 x 1	1	6,4	6,4	50
c	Côté sud tunnel	3,75	6,4 x 1,75	1	11,2	11,2	19,445
d	Côté nord station	4,3	6,4 x 1	1	6,4	6,4	13,89
e	Côté nord tunnel	3,75	6,4 x 1,75	1	11,2	11,2	19,445

**Tableau 43 : Débits d'extraction de la station Verboekhoven Bitube**



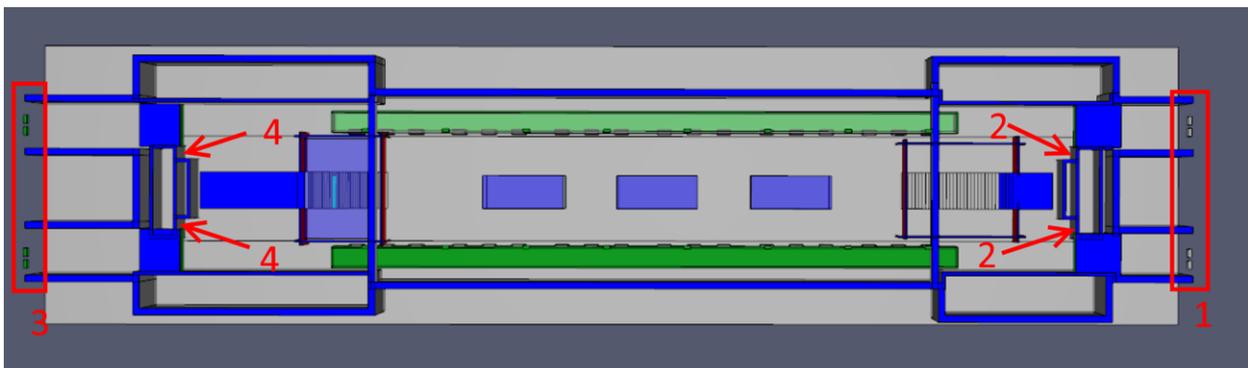
**Figure 65 : Localisation des points d'extraction dans le modèle Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)**

Le soufflage se fait au moyen des boosters (1m/s) à travers le tunnel ainsi que des portes des escaliers d'évacuation qui sont mis en légère surpression. Ces dernières s'ouvrent à t=3 minutes et se ferment à t=13 minutes. Le soufflage se fait du tunnel vers la station.

Les caractéristiques des points de soufflage sont détaillés dans le tableau ci-dessous et sont indiqués sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Nombre de points de soufflage	Dimensions	Surface par point de soufflage (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
1	Côté sud tunnel (boosters)	4,55	4	0,75 x 0,75	0,5625	2,25	2,25
2	Côté sud station (escaliers)	0	2	2,2 x 1	2,2	4,4	4
3	Côté nord tunnel (boosters)	4,55	4	0,75 x 0,75	0,5625	2,25	2,25
4	Côté nord station (escaliers)	0	2	2,2 x 1	2,2	4,4	4

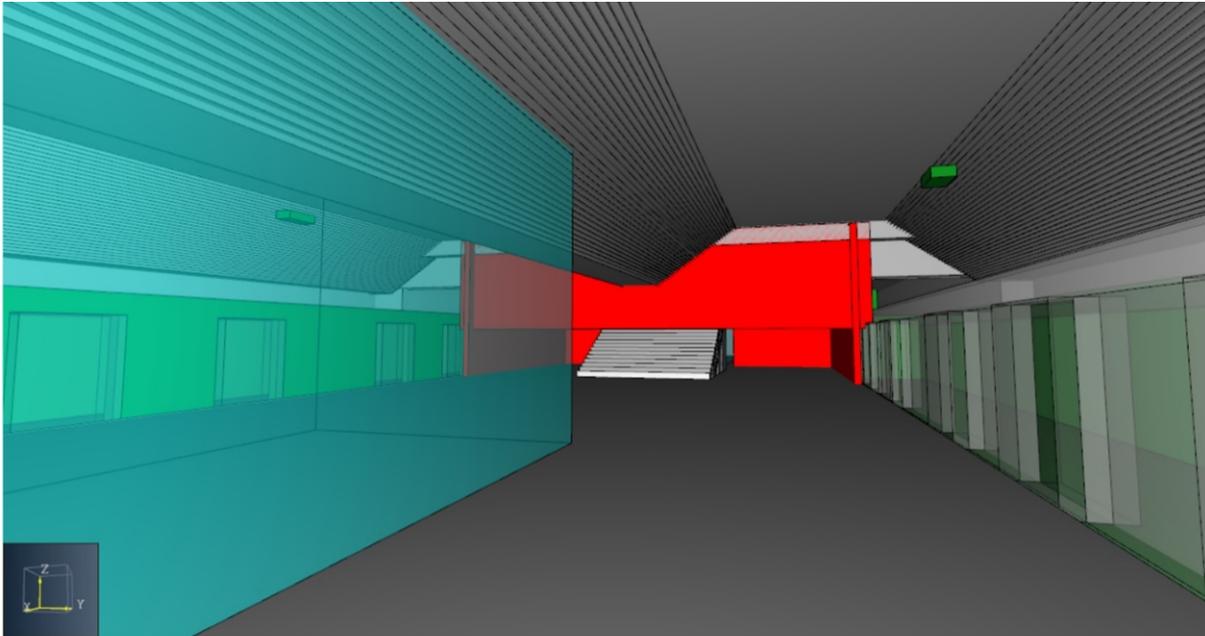
**Tableau 44 : Débits de soufflage de la station Verboekhoven Bitube**



**Figure 66 : Localisation des points de soufflage dans le modèle Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)**

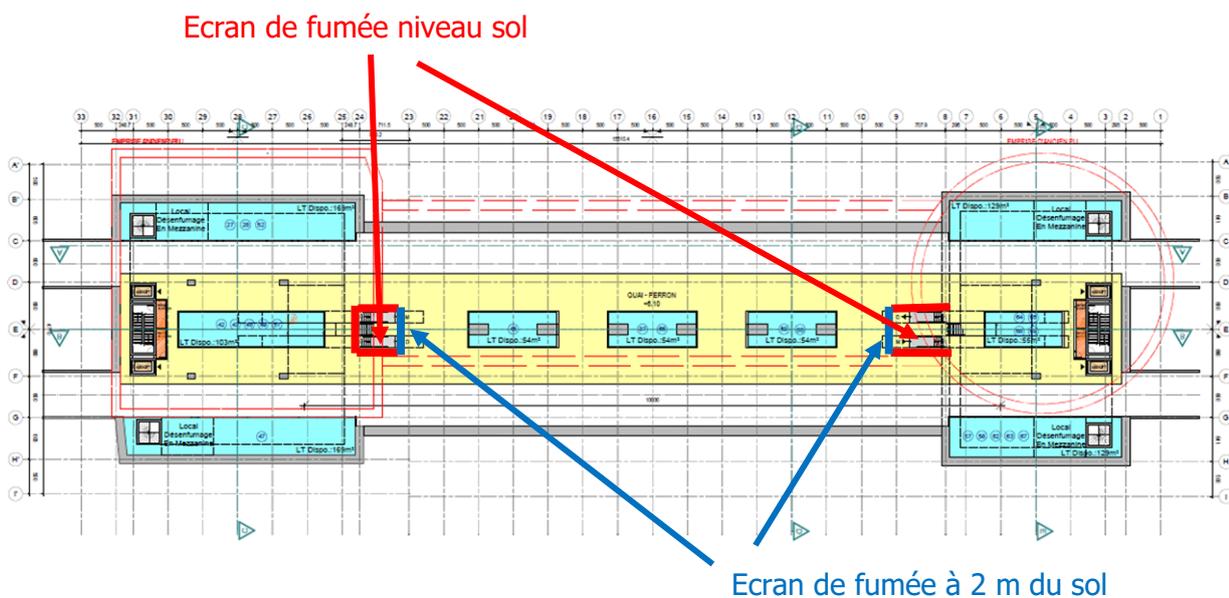
□ Les écrans de fumée

Pour éviter la propagation des fumées aux niveaux supérieurs, des écrans / rideaux de fumée sont implémentés autour des escaliers de la station. Ces écrans forment une barrière du plafond au sol. Au niveau de l'accès à l'escalier, le bas de l'écran de fumée sera à 2 mètres au-dessus du niveau du sol.



**Figure 67 : Vue de la modélisation des écrans de fumée dans le modèle Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)**

Les écrans de fumée sont activés de  $t=0$  jusqu'à la fin de la simulation.

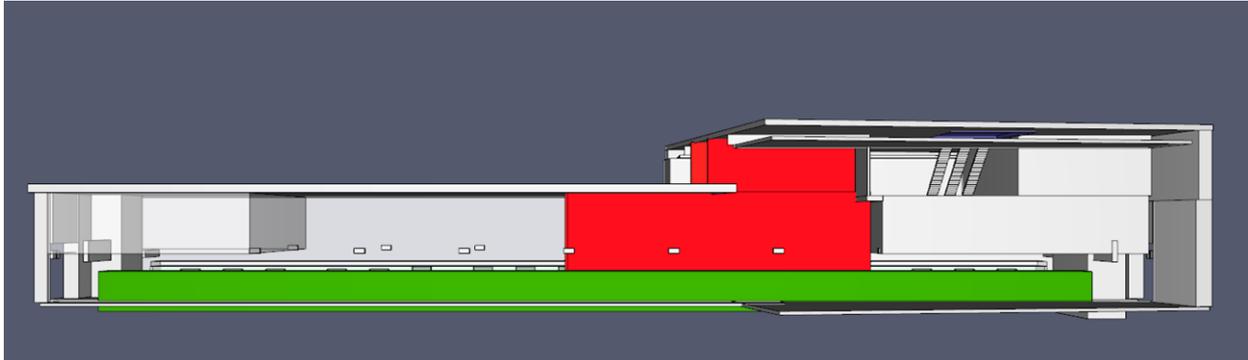


**Figure 68 : Position des écrans de fumée dans le modèle Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)**

### A.1.2. Station Riga - Bitube

Dans le chapitre suivant, les paramètres particuliers de la station Riga Bitube sont décrites.

**Domaine, géométrie et maillage** : La géométrie est basée sur les plans fournis de la station en question. Le domaine est divisé en cellules de 25 cm au niveau de la station et 50 cm aux niveaux supérieurs. Le nombre total de cellules est de 8.784.000 cellules.

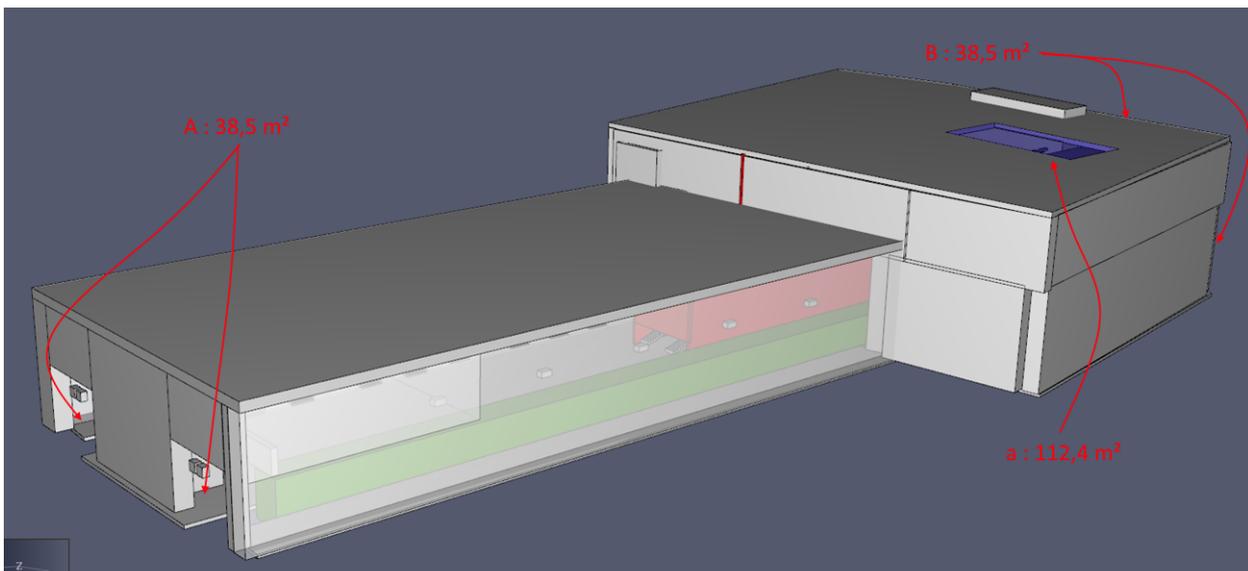


**Figure 69 : Vue globale du modèle de la station Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

Les entrées d'air frais sont basées sur les plans architecturaux et sont représentées comme suit :

	Ouvertures	Nombre	Surface (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )
A	Connexion tunnel	2	38,5	77
B	Connexion tunnel	2	38,5	77
a	Entrée station	1	112,4	112,4

**Tableau 45 : Surfaces de ouvertures de la station Riga Bitube**



**Figure 70 : Ouvertures dans la station Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

**Système de désenfumage :**

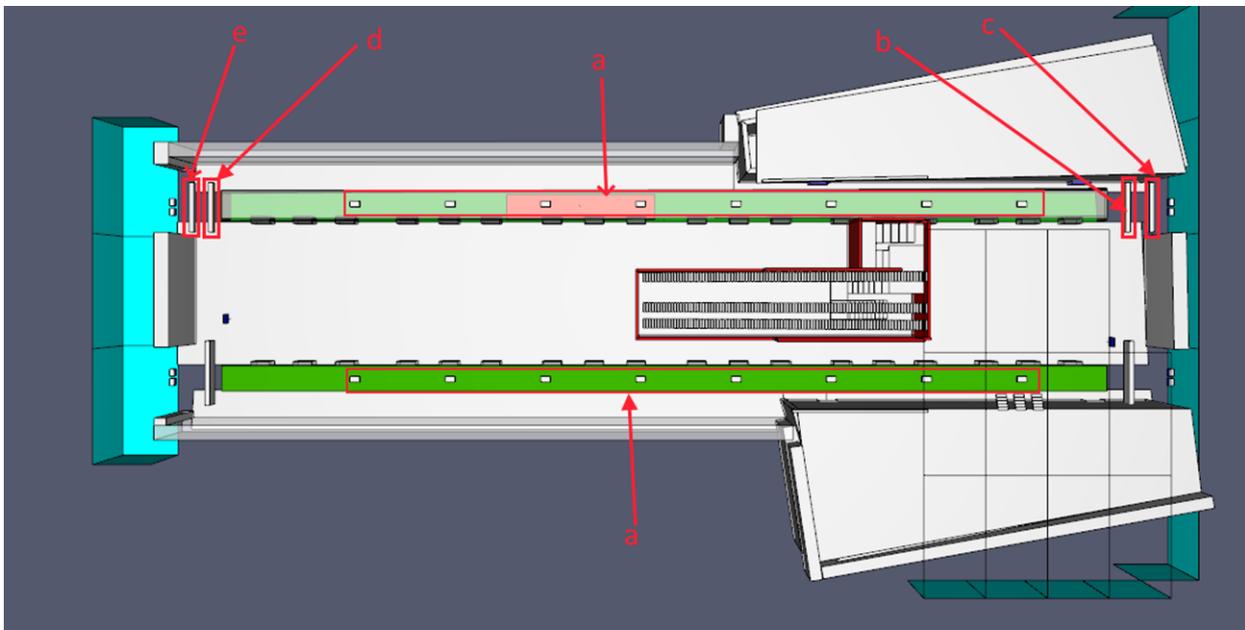
- Le débit d'extraction

Le débit total d'extraction est de 498 000 m<sup>3</sup>/h. Les points d'extraction sont distribués sur base des informations reçues de BMN.

Les caractéristiques des extracteurs de fumées sont données dans le tableau suivant :

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Dimensions	Nombre de points d'extraction	Surf par point d'extraction (m <sup>2</sup> )	Surf tot (m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
a	central	4,5	1x0,6	16 (8x2)	0,6	4,8	83,33
b	Côté sud station	6,5	1,5x1	1	1,5	1,5	22,22
c	Côté sud tunnel	3,75	6,15x0,75	1	4,6125	4,6125	8,89
d	Côté nord station	6,5	1x1	1	1	4	15
e	Côté nord tunnel	3,75	6,15x0,75	1	4,6125	4,6125	8,89

**Tableau 46 : Débits d'extraction de la station Riga Bitube**



**Figure 71 : Localisation des points d'extraction dans le modèle Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

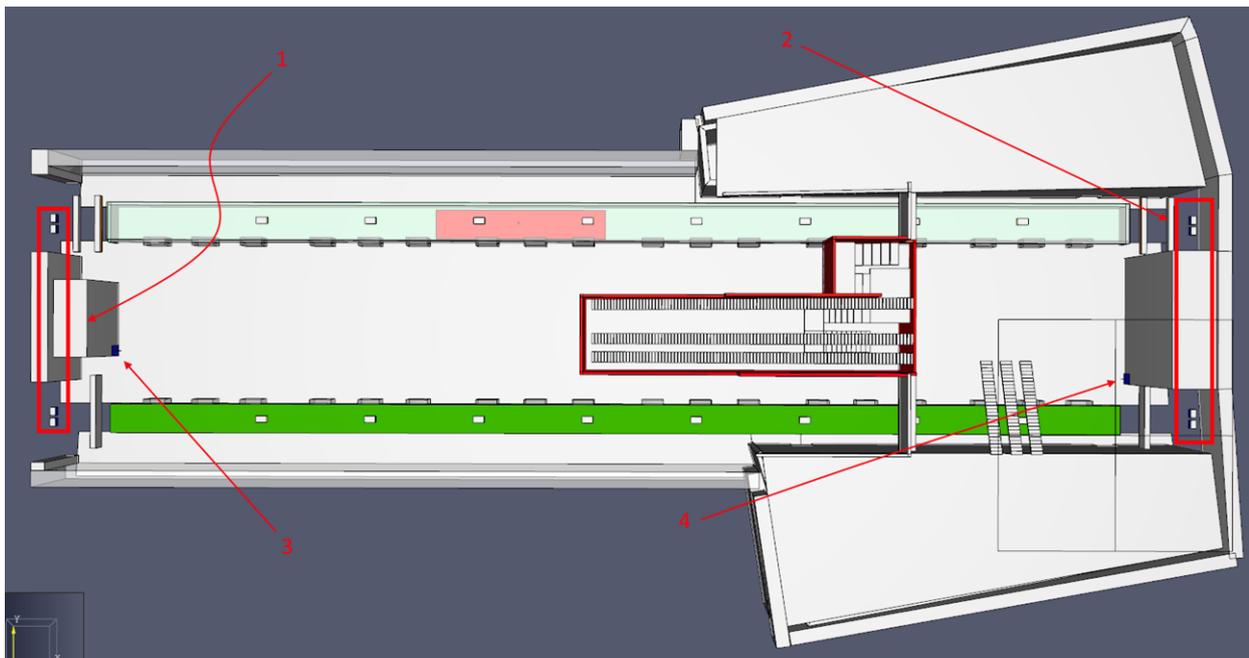
□ Le débit de soufflage

Le soufflage se fait au moyen des boosters à travers le tunnel ainsi que des portes des escaliers d'évacuation qui sont mis en légère surpression. Ces dernières s'ouvrent à t=3 minutes et se ferment à t=13 minutes.

Les caractéristiques des points de soufflage sont détaillées dans le tableau ci-dessous et sont indiqués sur la figure ci-après.

	Localisation	Hauteur par rapport au sol (m)	Nombre de points de soufflage	dimensions	Surface par point de soufflage (nette m <sup>2</sup> )	Surface totale (nette m <sup>2</sup> )	Débit total (m <sup>3</sup> /s)
1	Côté nord tunnel	4	4	0,75x0,75	0,5625	2,25	2,25
2	Côté sud tunnel	4	0,75x0,75	0,5625	2,25	2,25	
3	Côté nord station	0	1	2,25x1	2,25	2,25	2
4	Côté sud station	0	1	2,25x1	2,25	2,25	2

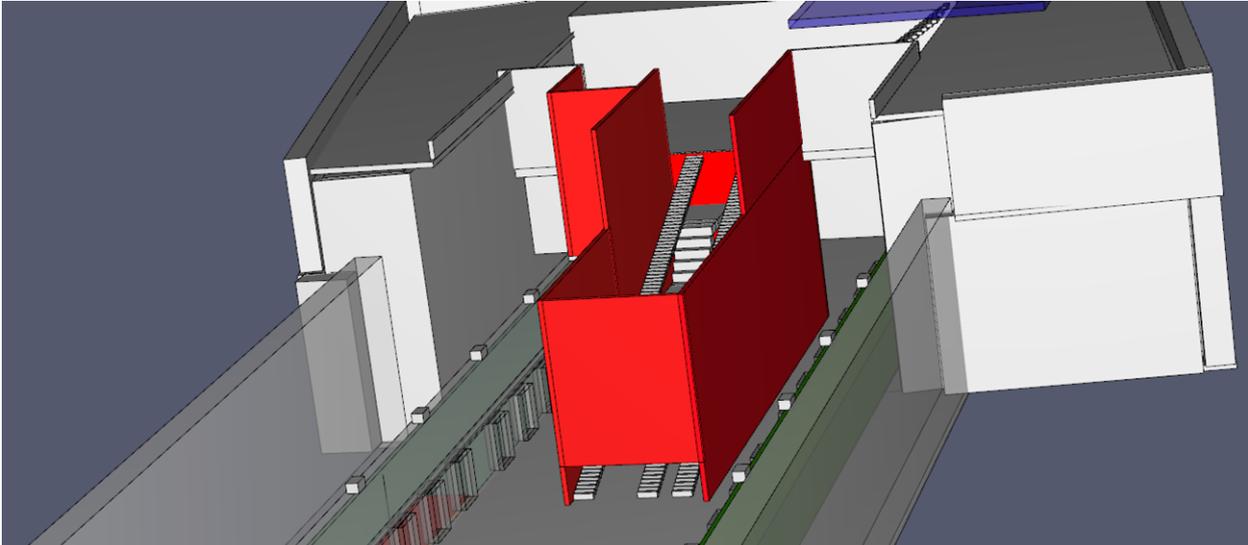
**Tableau 47 : Débits de soufflage de la station Riga Bitube**



**Figure 72 : Localisation des points de soufflage dans le modèle Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

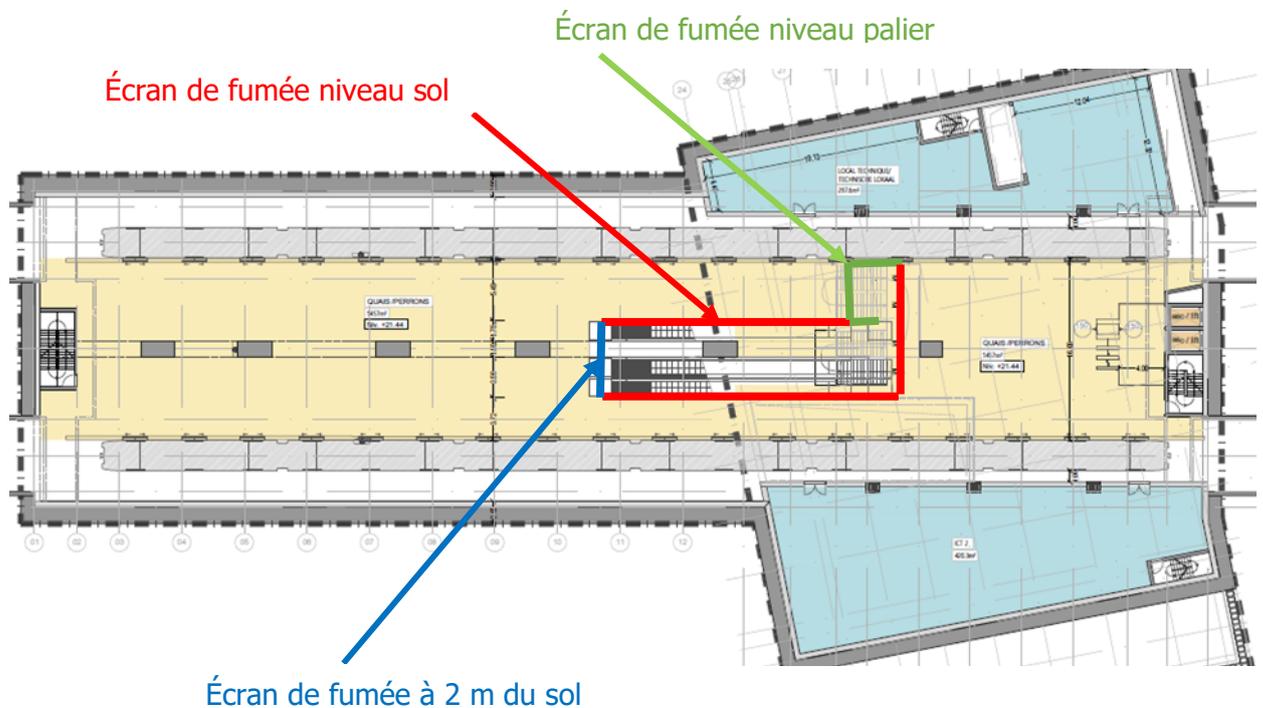
□ Les écrans de fumée

Pour éviter la propagation des fumées aux niveaux supérieurs, des écrans / rideaux de fumée sont implémentés autour des escaliers de la station. Ces écrans forment une barrière du plafond au sol. Au niveau de l'accès à l'escalier, le bas de l'écran de fumée sera à 2 mètres au-dessus du niveau du sol.



**Figure 73 : Vue de la modélisation des écrans de fumée dans le modèle Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

Les écrans de fumée sont activés de  $t=0$  jusqu'à la fin de la simulation.



**Figure 74 : Position des écrans de fumée dans le modèle Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

## A.2. Résultat des simulations RSET

### A.2.1. Présentation des résultats

Pour chacune des simulations, le tableau ci-dessous donne le résultat pour les temps suivants :

- Le temps d'évacuation des quais (Tq)
- Le temps d'évacuation de la station (Tt)
- Le temps d'immobilisation des occupants (Ti)

Le tableau ci-dessous donne le résultat des temps d'évacuation pour un foyer<sup>29</sup>:

		foyer - temps (min,sec)				
		Verboekhoven BITUBE		RIGA BITUBE		
T RSET = T det + T warn + T evac		T det + T warn	T evac	T RSET	T evac	T RSET
Temps d'évacuation des quais - valides	Tq	3,00	7,54	10,54	6,24	9,24
Temps d'évacuation des quais - PMR	Tq	3,00	7,18	10,18	7,37	10,37
Temps d'évacuation de la station	Tt	3,00	11,25	14,25	9,25	12,25
Temps d'immobilisation	Ti		2,00		1,30	

**Tableau 48 : Temps d'évacuation pour un foyer**

Ces temps sont trop longs par rapport aux critères de la NFPA 130 (version 2020), qui prévoit les temps maximum suivants :

- Évacuation d'un quai : 4 minutes (§ 5.3.3.1)
- Évacuation vers un point de sécurité: 6 minutes vers le niveau d'évacuation de la station ou un niveau intermédiaire désenfumé (§ 5.3.3.2)

Dans notre méthodologie, ces temps ne doivent pas être comparés à la norme NFPA 130 mais aux temps d'évacuation ASET (voir méthodologie).

Les images ci-après reprennent, pour chaque simulation, des captures d'écran aux temps suivants :

<sup>29</sup> « pour un foyer » marque la distinction par rapport aux simulations « en cas d'alerte à la bombe ».

- Début de la simulation
- Milieu de la simulation
- Fin de la simulation (dernier occupant de la station)

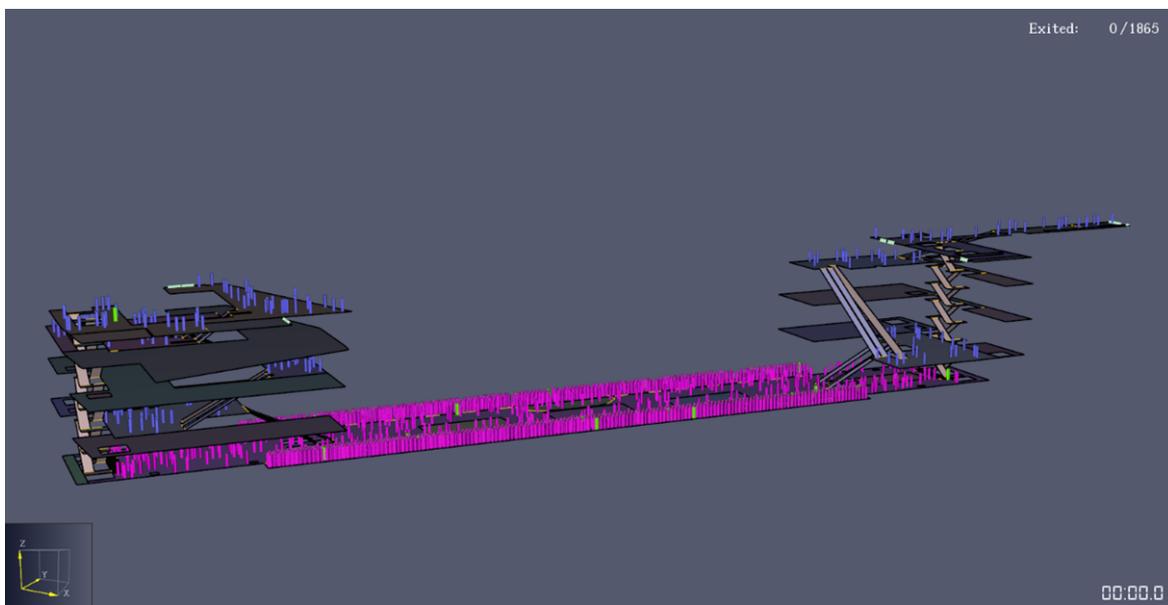
Légende des occupants à évacuer dans les figures :

vert : Personne à mobilité réduite (PMR)

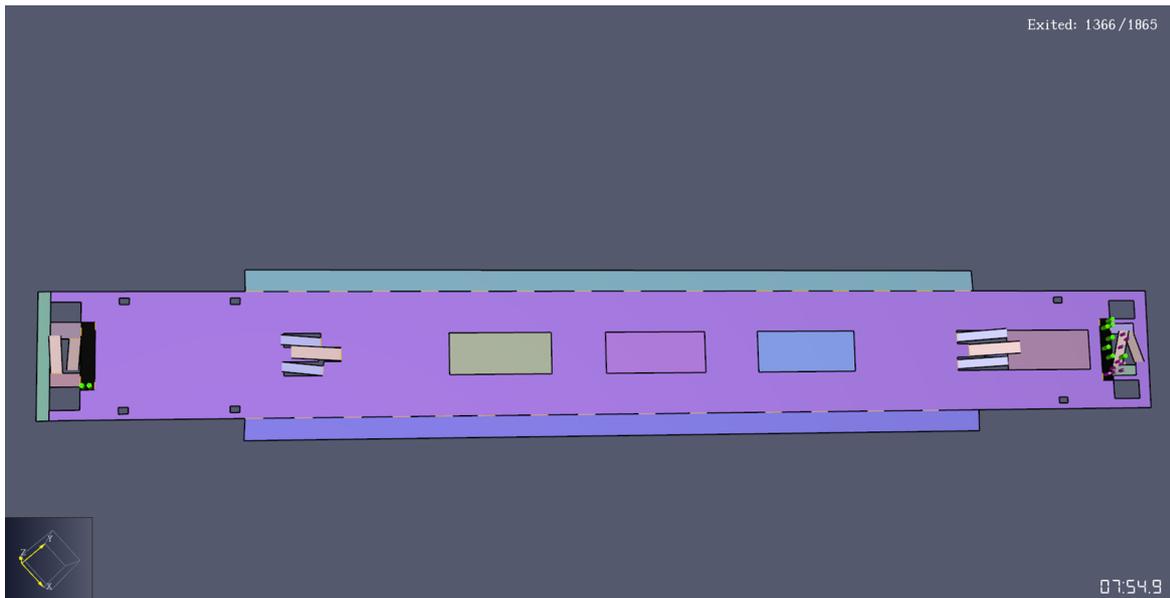
rose : Personnes valides

Les simulations complètes ASET / RSET sont confidentielles mais ont été présentées et approuvées par le Comité d'accompagnement de l'étude d'incidences.

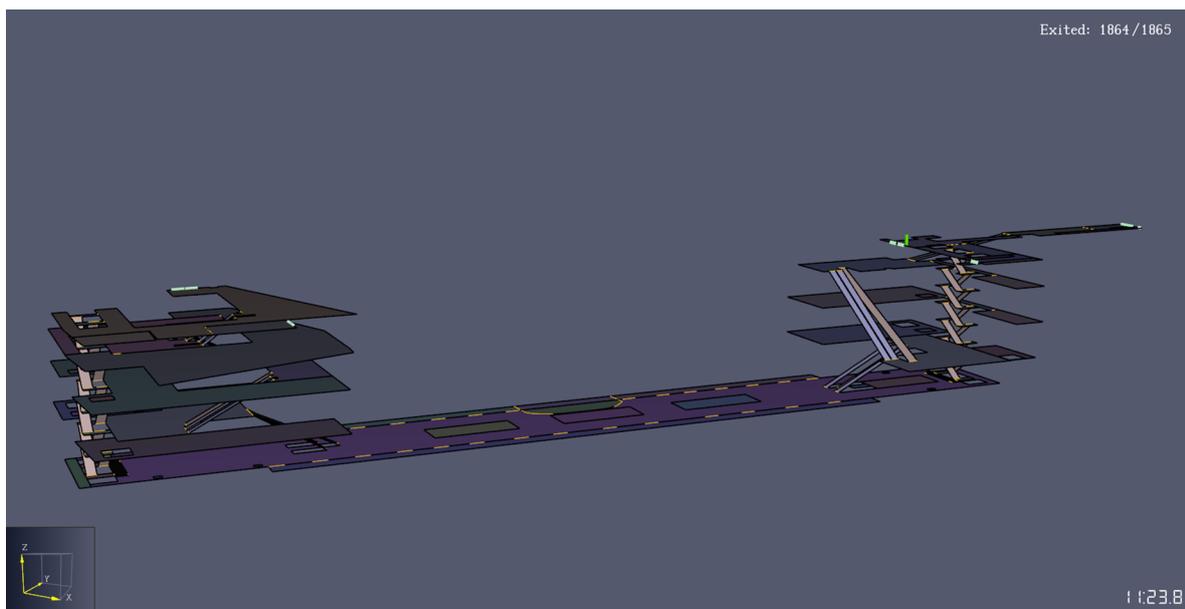
#### A.2.2. Station Verboeckhoven - Bitube



**Figure 75 : Evacuation à t0 (Tractebel, 2020)**



**Figure 76 : Evacuation des valides (Tractebel, 2020)**



**Figure 77 : Fin de l'évacuation à 11:23 (Tractebel, 2020)**

A.2.3. Station Riga - Bitube

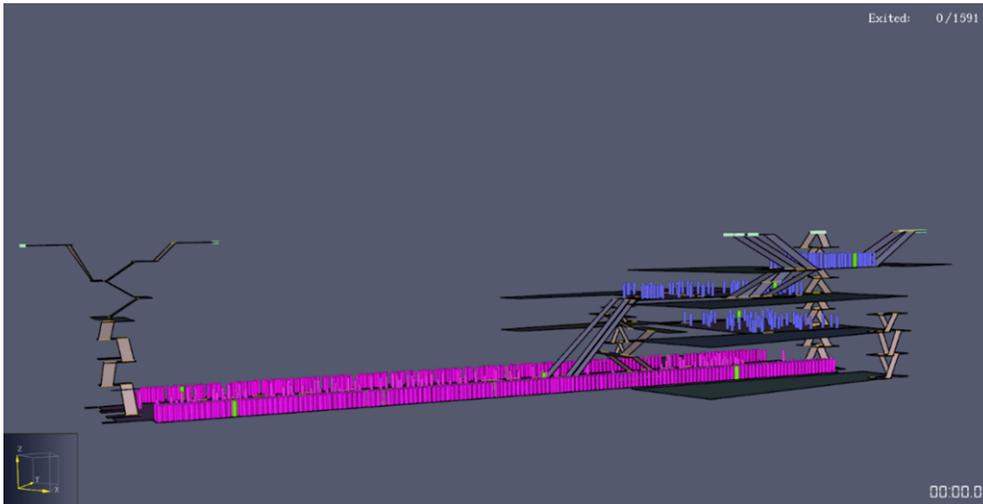


Figure 78 : Evacuation à t0 (Tractebel, 2020)

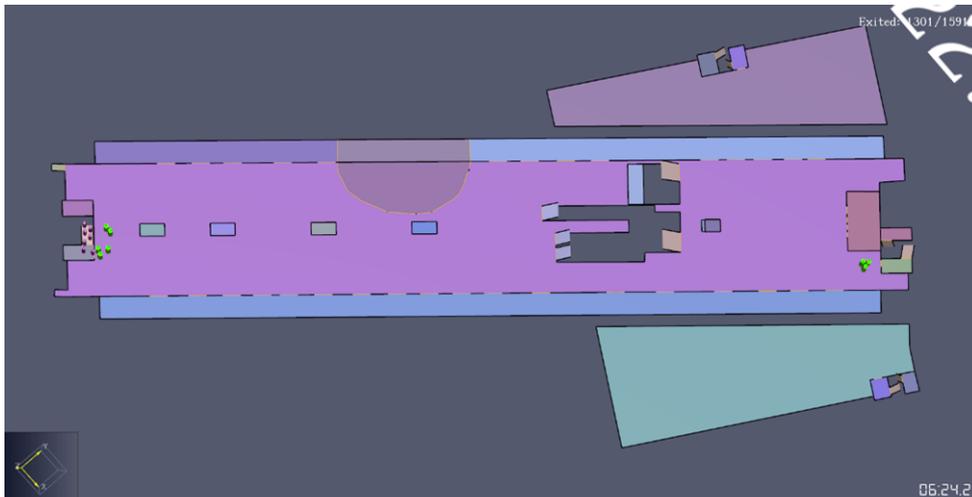


Figure 79 : Evacuation des valides (Tractebel, 2020)

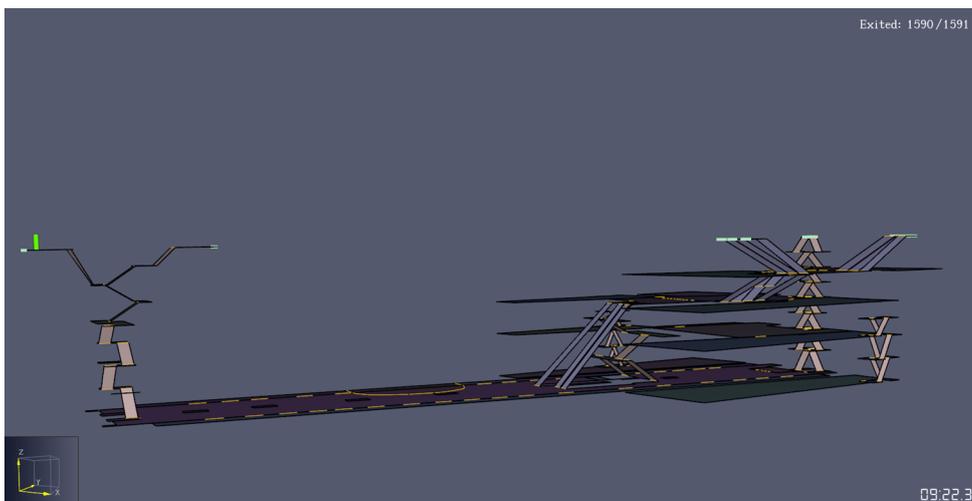


Figure 80 : Fin de l'évacuation à 9:22 (Tractebel, 2020)

### A.3. Résultat des simulations ASET

#### A.3.1. Station Verboekhoven - Bitube

- Evolution de la courbe de taux de dégagement de chaleur HRR (en kW)

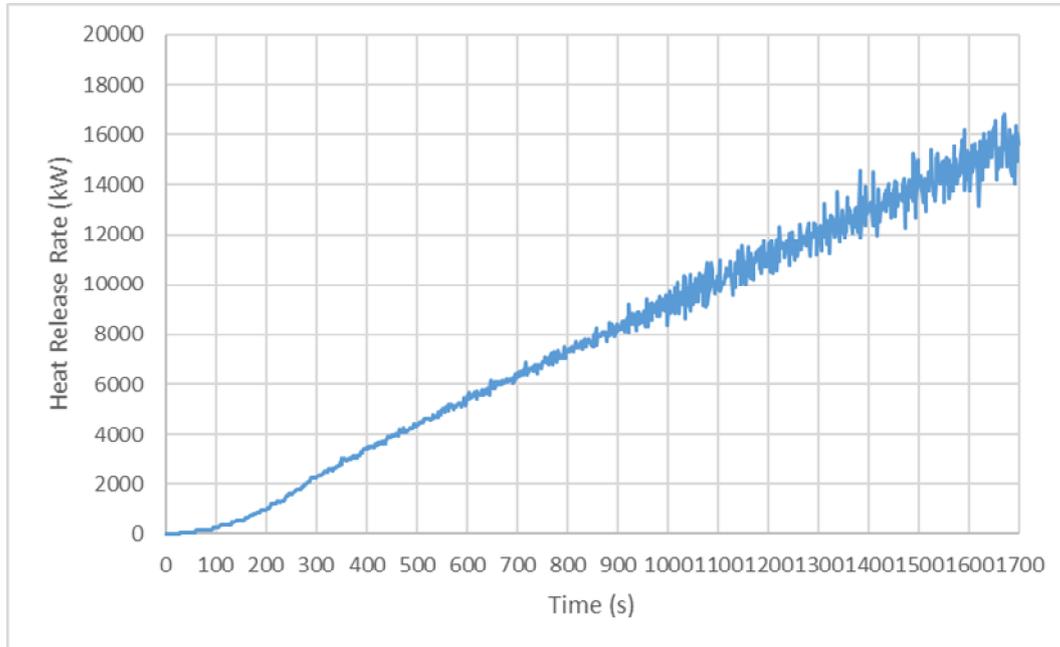


Figure 81 : Evolution HRR - Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)

La puissance du feu augmente au fur et à mesure dans le temps jusqu'à atteindre 15 MW.

- Niveaux de visibilité dans la station (en m)

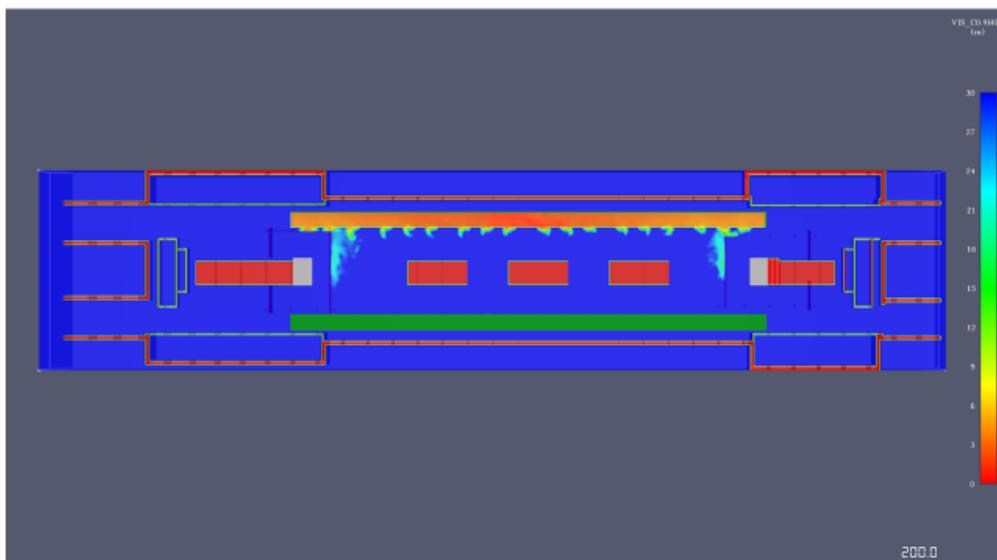
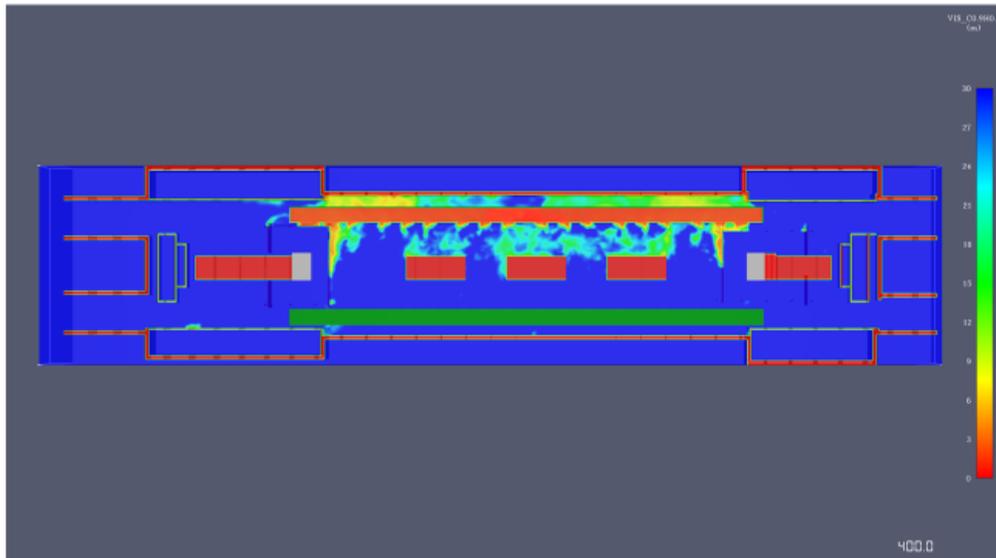


Figure 82 : Visibilité Verboekhoven bitube à t=200 s (Tractebel, 2020)

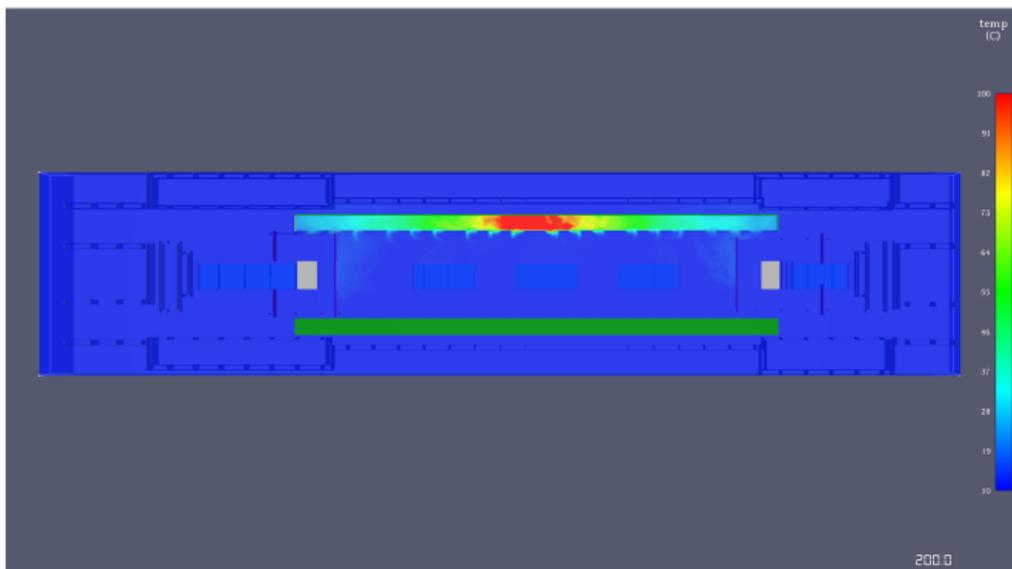
Le résultat montre qu'à 200 s la visibilité dans la rame de métro est en dessous de la valeur admissible (10 m) et supérieure à 10 m dans le reste de la station.



**Figure 83 : Visibilité Verboekhoven bitube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

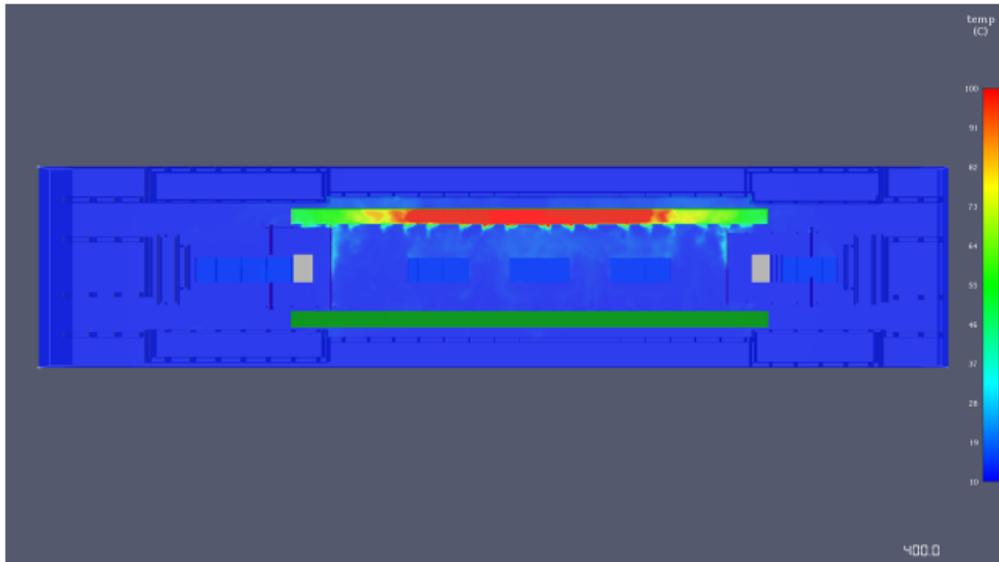
A partir de 400 s, la visibilité est supérieure à 10 mètres partout dans la station sauf dans la rame en feu et au niveau des escaliers.

- Niveaux de température dans la station (en °C)



**Figure 84 : Température Verboekhoven bitube à t=200 s (Tractebel, 2020)**

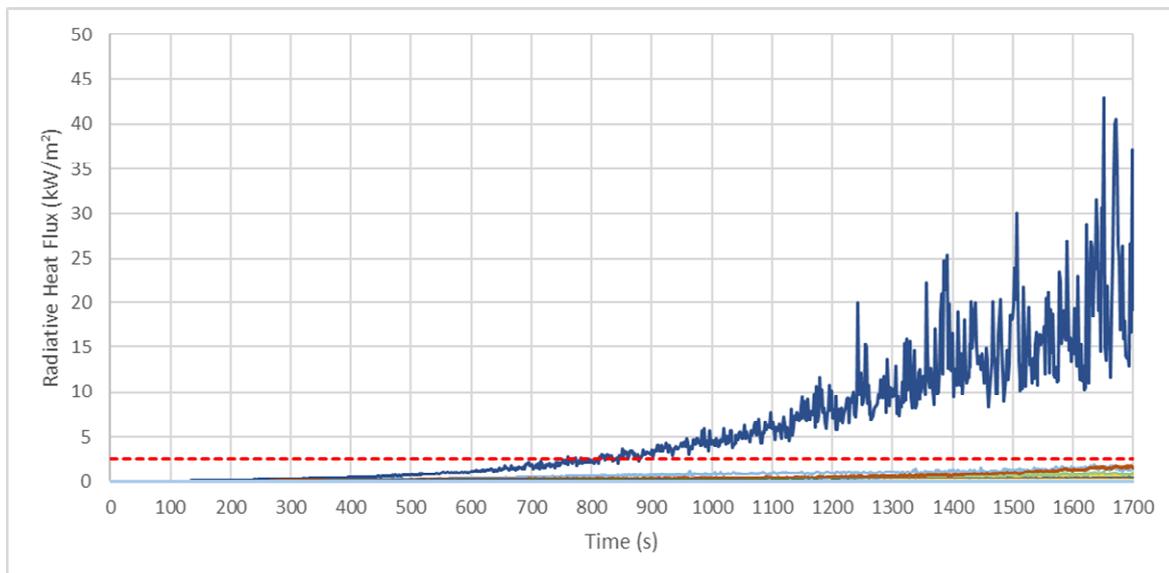
La figure montre qu'à 200 s, la température dans la station est inférieure à la valeur limite 80°C. Par contre dans la rame en feu, on note une température plus importante (> 80°C) autour du foyer.



**Figure 85 : Température Verboekhoven bitube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

A partir de 400 s, la température est bonne dans la station sauf au niveau de la rame autour du foyer.

- Niveaux de flux radiatif dans la station (en kW/m<sup>2</sup>)

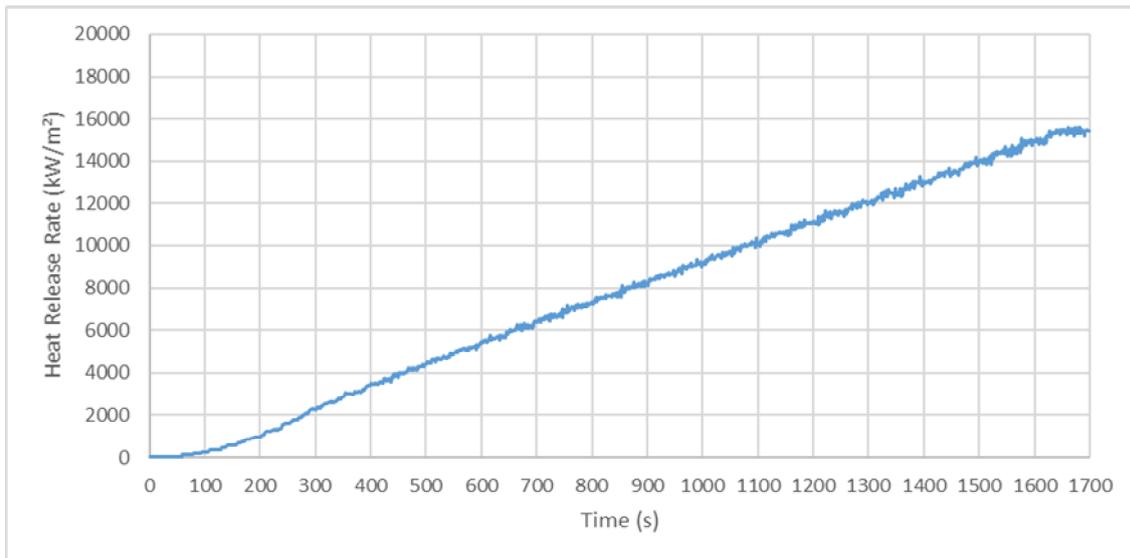


**Figure 86 : Flux radiatif Verboekhoven bitube (Tractebel, 2020)**

Le résultat montre qu'un seul capteur dépasse la valeur limite du flux radiatif, ceci est dû à sa localisation tout près du foyer et des flammes. Le reste des capteurs au niveau du quai montre que le flux radiatif est inférieur à la valeur limite de 2,5 kW/m<sup>2</sup>.

### A.3.2. Station Riga - Bitube

- Evolution de la courbe de taux de dégagement de chaleur HRR (en kW)

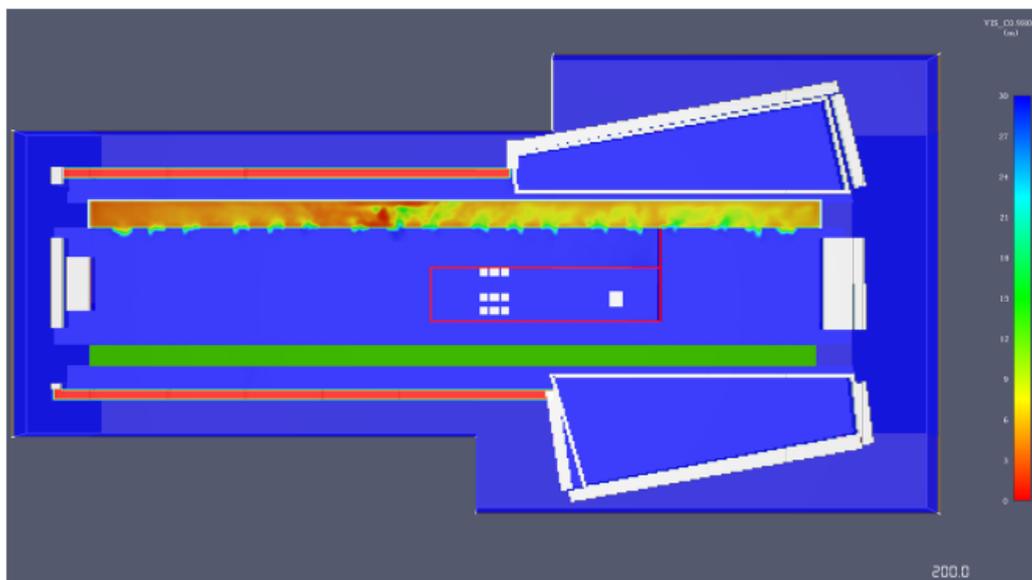


**Figure 87 : Evolution HRR - Riga bitube (Tractebel, 2020)**

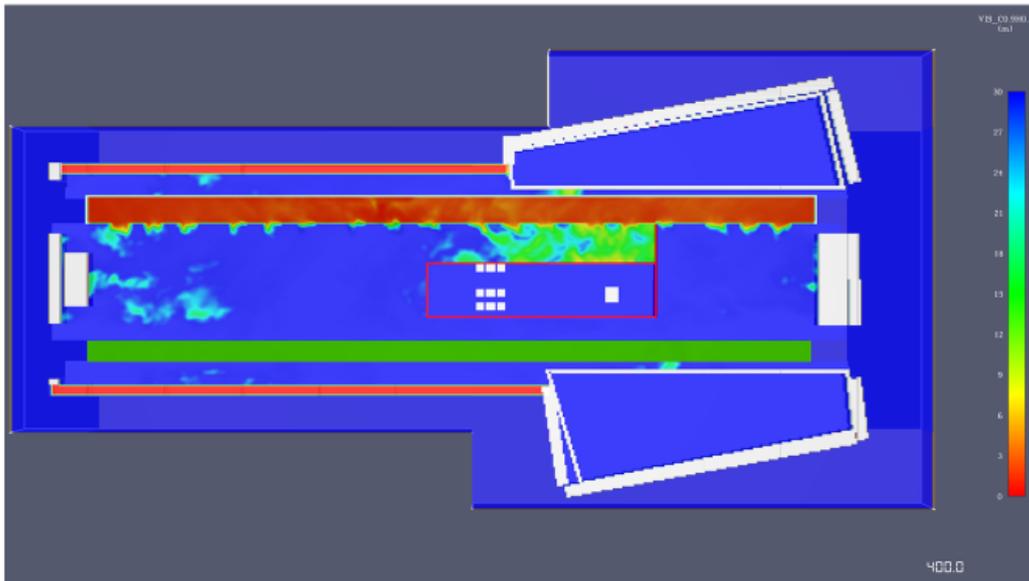
La puissance du feu augmente au fur et à mesure dans le temps jusqu'à atteindre 15 MW.

- Niveaux de visibilité dans la station (en m)

Le résultat montre qu'à 200 s la visibilité dans la rame de métro est en dessous de la valeur admissible (10 m) et supérieure à 10 m dans le reste de la station.



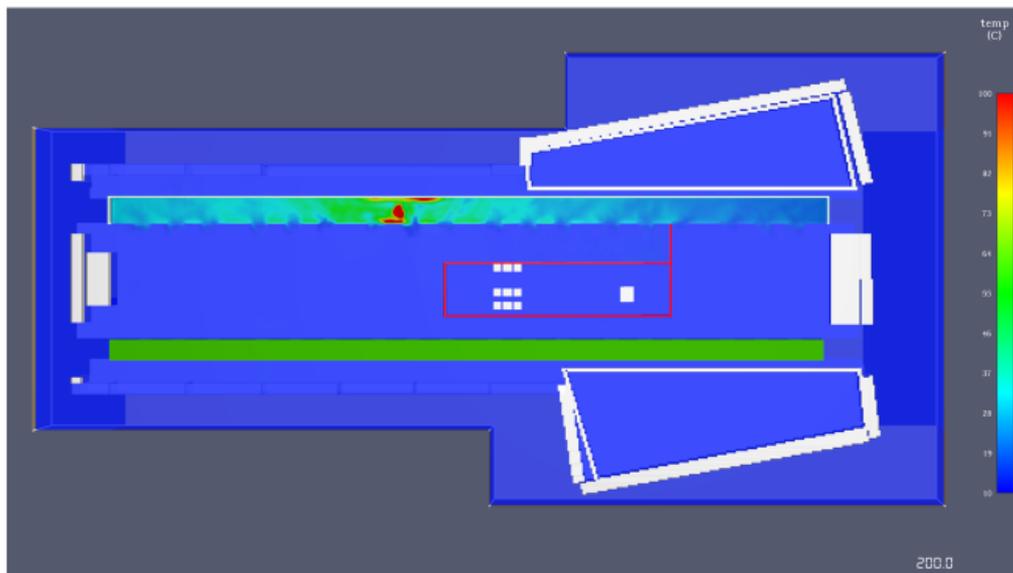
**Figure 88 : Visibilité Riga bitube à t=200 s (Tractebel, 2020)**



**Figure 89 : Visibilité Riga bitube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

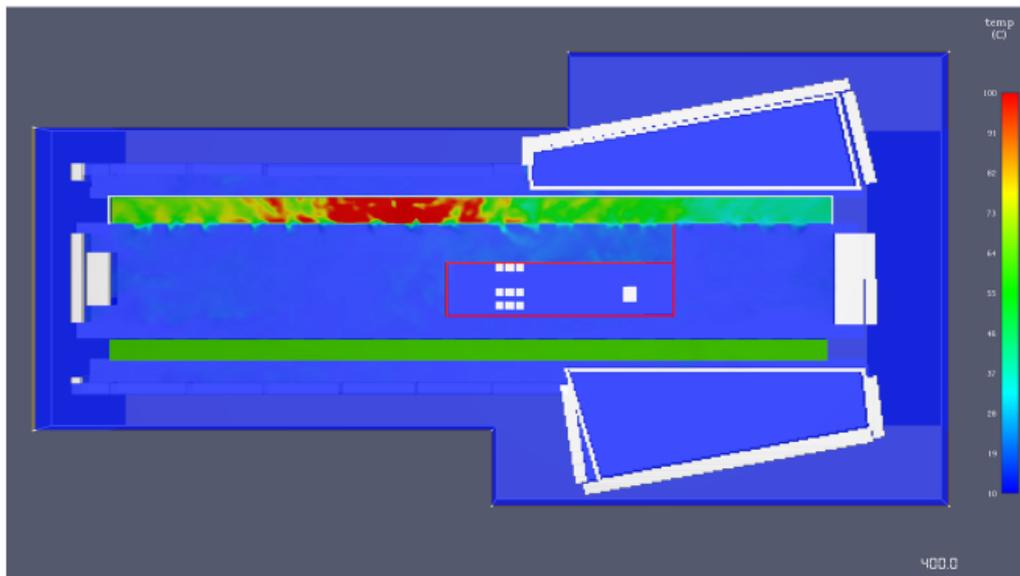
A 400 s, la visibilité dans la rame en feu est inférieure à la valeur limite mais toujours supérieure à 10 m sur le quai.

- Niveaux de température dans la station (en °C)



**Figure 90 : Température Riga bitube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

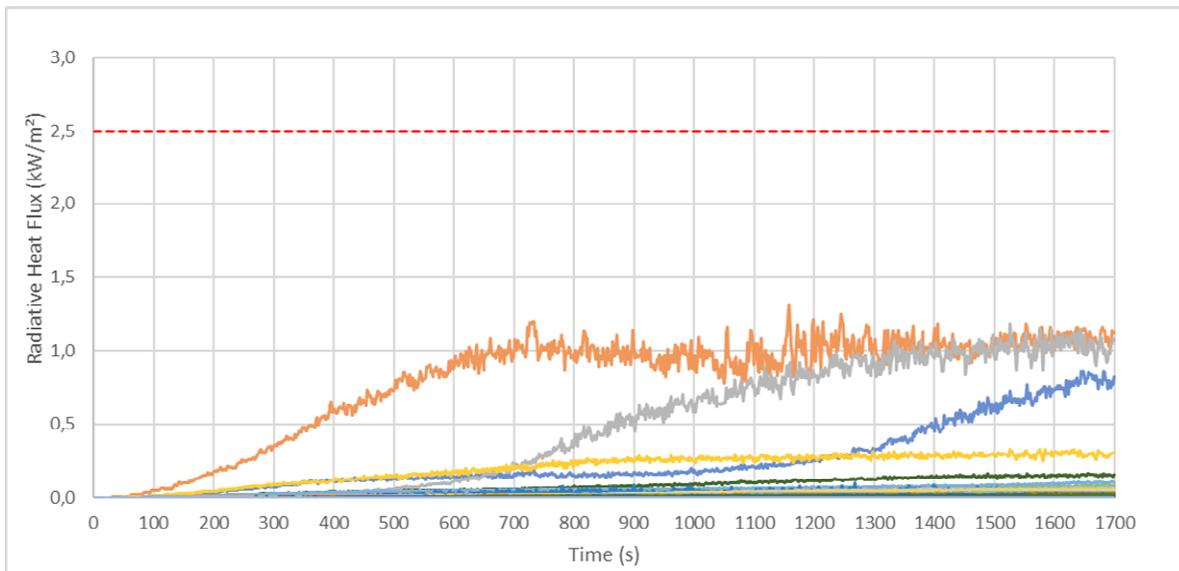
La figure montre qu'à 200 s, la température dans la station est inférieure à la valeur limite 80°C. Par contre dans la rame en feu, on note une température plus importante (> 80°C) autour du foyer.



**Figure 91 : Température Riga bitube à t=400 s (Tractebel, 2020)**

A partir de 400 s, la température est bonne dans la station sauf au niveau de la rame autour du foyer.

- Niveaux de flux radiatif dans la station (en kW/m<sup>2</sup>)



**Figure 92 : Flux radiatif Riga bitube (Tractebel, 2020)**

Le résultat montre qu'aucun capteur ne dépasse la valeur limite du flux radiatif 2,5 kW/m<sup>2</sup>.

#### A.4. Analyse des simulations ASET / RSET

##### A.4.1. Présentation des résultats

Ce chapitre présente le résultat de comparaison ASET / RSET (Visibilité dans les fumées / Evacuation des personnes) au moment où le critère de validation n'est pas atteint. La ligne du temps ci-dessous reprend le schéma rencontré en théorie, où le T ASET est normalement supérieur à T RSET, avec un Tdet + T warn à 3 min. comme défini avec le Comité d'Accompagnement :

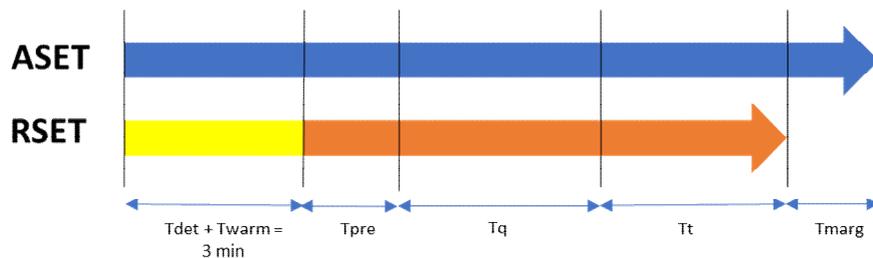


Figure 93 : Ligne du temps théorique (Tractebel, 2020)

Le résultat des simulations ASET montre que les rames atteignent une limite de visibilité de 10m assez tôt, entre 100 et 200 sec. après le début du foyer T0. Cela signifie que les occupants de la rame sont atteints par les fumées avant les 3 minutes prédéfinies. Nous avons donc adapté T det + T warn pour qu'ils soient intégrés dans le temps de prémouvement T pre, c.à.d. entre 1,30 et 4 min.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des simulations RSET adaptées.

T RSET = T det + T warn + T evac		foyer - temps (min,sec)			
		Verboekhoven MONOTUBE	Verboekhoven BITUBE	RIGA MONOTUBE	RIGA BITUBE
		T RSET	T RSET	T RSET	T RSET
Temps d'évacuation des quais - valides	Tq	5,22	7,50	6,45	6,24
Temps d'évacuation des quais - PMR	Tq	5,14	7,18	5,19	7,37
Temps d'évacuation de la station	Tt	11,03	11,25	9,38	9,25
Temps d'immobilisation	Ti	2,30	2,00	1,00	1,30

Tableau 49 : Résultats des simulations RSET adaptées (Tractebel, 2020)

Malgré cela, les occupants n'arrivent pas à évacuer la rame avant leur mise en sécurité. Pour les rames, T ASET étant inférieur à T RSET, la sécurité des occupants n'est pas assurée. La ligne du temps ci-dessous reprend le schéma pratique calculé.

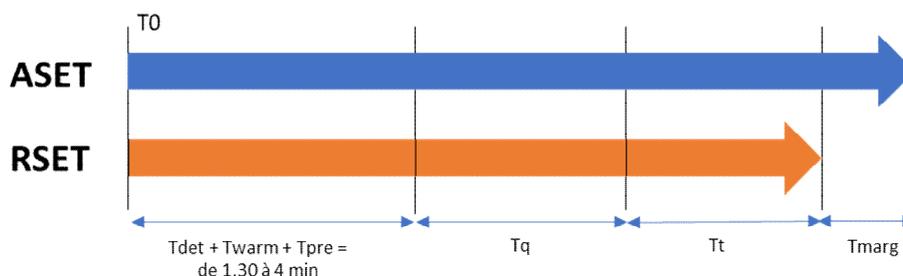


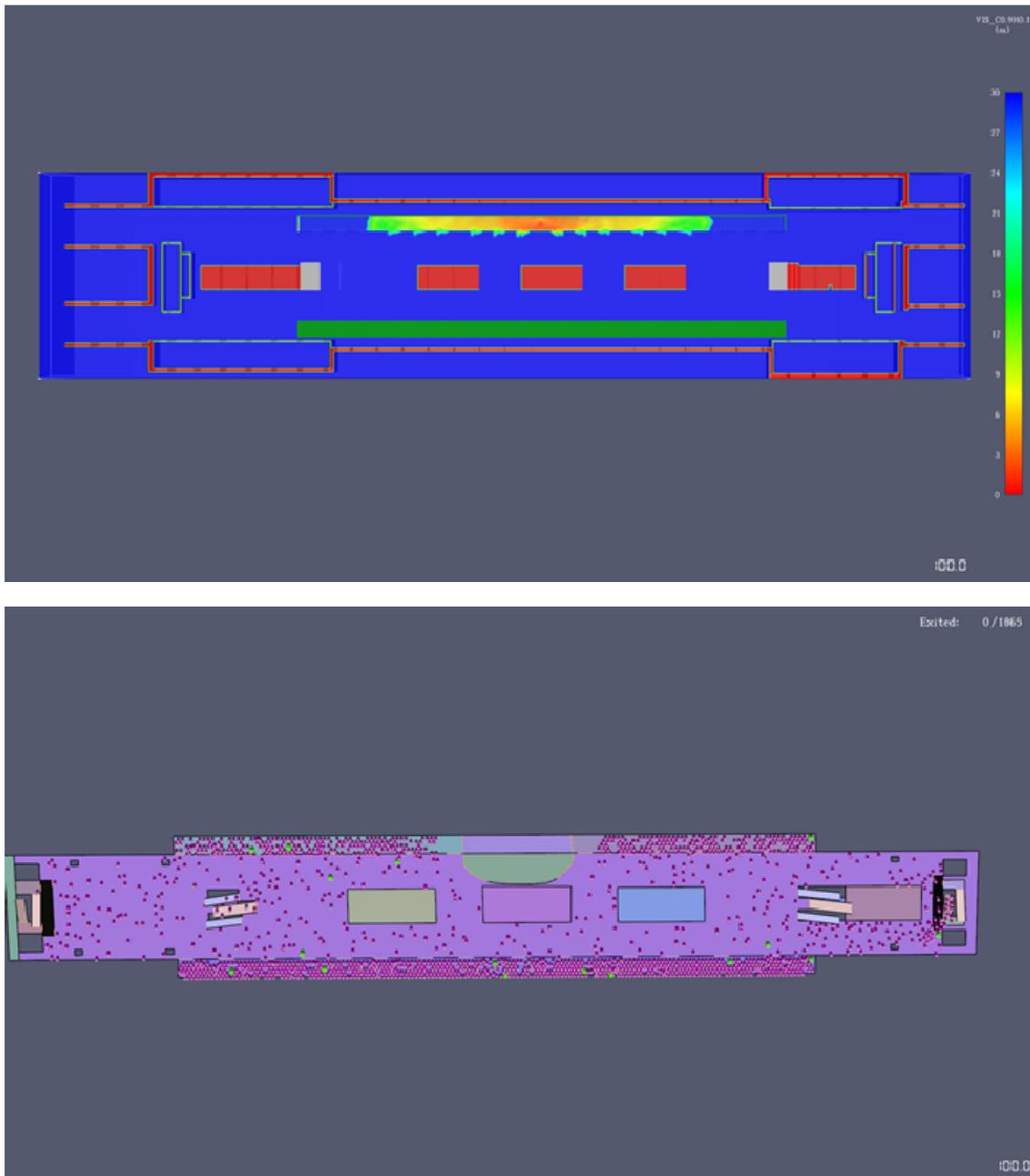
Figure 94 : Ligne du temps adaptée (Tractebel, 2020)

##### A.4.2. Station Verboekhoven - Bitube

A t=100s :

- La visibilité sur le quai est à environ 30 mètres ce qui est acceptable
- La visibilité dans certaines parties de la rame est à environ 4 mètres, soit inférieure à 10 m, ce qui n'est pas acceptable.

La simulation complète a été présentée au Comité d'accompagnement de l'étude.



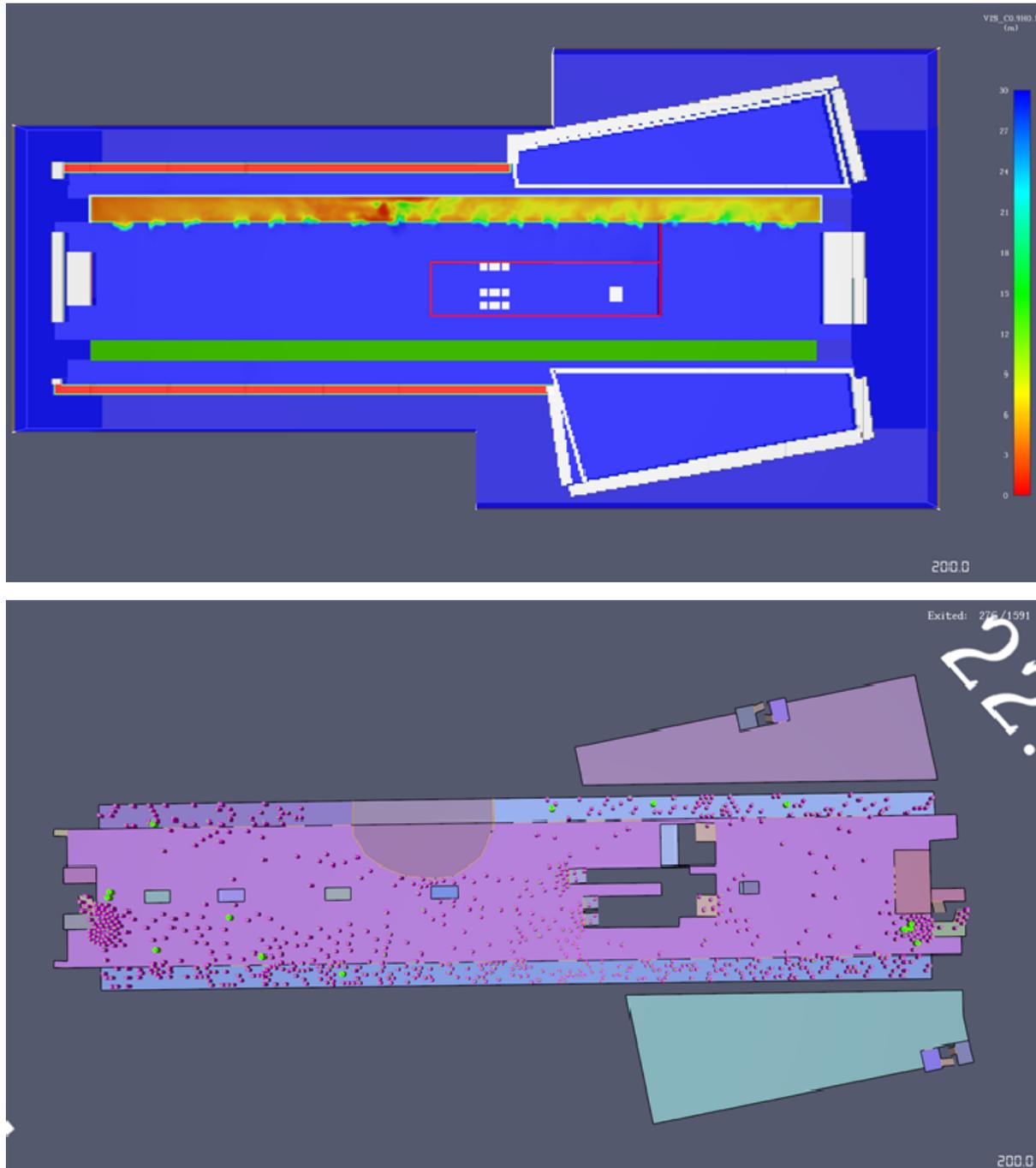
**Figure 95 : Comparaison ASET/RSET - Verboekhoven Bitube (Tractebel, 2020)**

#### A.4.3. Station RIGA - Bitube

A  $t=200s$  :

- La visibilité sur le quai est à environ 30 mètres ce qui est acceptable
- La visibilité dans certaines parties de la rame est à environ 4 mètres, soit inférieure à 10 m, ce qui n'est pas acceptable.

La simulation complète a été présentée au Comité d'accompagnement de l'étude.



**Figure 96 : Comparaison ASET/RSET - Riga Bitube (Tractebel, 2020)**

*A.5. Comparaison des configurations monotube / bitube*

Au niveau des mesures organisationnelles, les configurations n'apportent pas de différence significative pour les mesures organisationnelles à mettre en œuvre.

Au niveau des mesures passives et actives, les constatations sont les suivantes :

- Les temps d'évacuation des quais sont légèrement supérieurs pour les stations bitubes par rapport aux monotubes (20% de différence), mais les résultats de mise en sécurité des occupants sont identiques
- Les temps d'évacuation des stations sont identiques pour les stations bitubes et les monotubes (1% de différence)
- Les temps d'immobilisation sont variables pour les stations bitubes par rapport aux monotubes (différences de 15 à 25% dans les deux sens)
- Au niveau des quais, la visibilité dans les stations bitubes est meilleure à 400 sec par rapport aux stations monotubes parce que l'apport d'air est plus important dans les bitubes

## **B. Mesures actives et passives**

L'évaluation des règlements et des normes reste identique en configuration monotube qu'en configuration bitube.

En plus des remarques et commentaires cités ci-dessous, ceux émis dans l'analyse des incidences du projet en situation de référence restent les mêmes pour toutes les stations qu'en configuration Bitube.

### ***B.1. Compartimentage***

Les remarques émises en configuration monotube restent d'application. Etant donné que les surfaces ont augmentées, BMN doit refaire l'étude de compartimentage.

### ***B.2. Résistance structurelle au feu***

Les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

### ***B.3. Détection incendie et principes des alertes***

Pas de changement par rapport au monotube.

### ***B.4. Gestion de contrôle d'accès***

Pas d'information reçue en configuration bitube concernant la proposition de BMN. Les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

BMN doit néanmoins revoir l'étude de la gestion du contrôle d'accès de bout en bout et dans sa globalité de manière à tenir compte de la réorganisation des locaux et des accès. L'étude de BMN doit pouvoir assurer le maintien de la protection au domaine automatique de différentes intrusions.

### ***B.5. HVAC / surpression / désenfumage***

Dans le rapport « BMN-INC-GEN-RP-001 » fourni par BMN, la solution de désenfumage est généralisée pour toutes les stations et le détail du calcul n'a pas été soumis à l'évaluation. Il est indiqué que :

*« L'objectif du système de désenfumage est de créer un chemin d'évacuation sécurisé pour les passagers. »*

*Le principe général des 2 systèmes de désenfumage est maintenu. Par conséquent, un système de désenfumage sera installé aux deux extrémités de la station. Ces deux systèmes ont chacun deux objectifs :*

- *Extraction de fumée en cas d'un incendie dans un métro en station. Les système de gainage sera dédoublé.*
- *L'extraction de fumée en cas d'un incendie dans un tunnel adjacent. Le débit requis par tunnel est plus faible que dans le cas d'un monotube, car le tunnel a un diamètre plus petit »*

BMN estime une diminution de débit de 50% due à la diminution de la surface des tunnels mais ceci doit être évalué plus en détail.

Le désenfumage des zones commerciales n'est pas traité.

#### **B.6. Sprinklage**

Les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

#### **B.7. Extinction au gaz**

Pas de changement particulier par rapport au monotube.

#### **B.8. Équipements de 1er secours**

Pas de changement particulier par rapport au monotube.

#### **B.9. Alimentation de secours**

Les commentaires et remarques qui ont été cités en configuration monotube restent d'application. Étant donné l'extension du tunnel et la nouvelle architecture des stations, il y a lieu de réviser ou revoir le bilan de puissance de l'ensemble des équipements à secourir ainsi que l'étude de distribution et d'alimentation de ces équipements à partir du Tableau Général Basse Tension (TGBT) secours. Les contraintes liées à la pose des câbles doivent être analysées. La pose des câbles secours doit être conforme au Règlement général sur les installations électriques (RGIE). Une attestation de conformité de ces installations devra être transmise en fin de chantier.

### *B.10. Accès des services de secours / ascenseurs pompiers*

Outres les exigences citées en configuration monotube, les nouveaux accès des services secours doivent être soumis aux autorités compétentes ou aux pompiers pour avis ou approbation. La norme NBN EN 81-72<sup>30</sup> doit être applicable pour la construction des nouveaux ascenseurs pompiers.

### *B.11. Signalisation*

Comme pour la solution monotube la signalisation n'a pas fait l'objet de point spécifique dans l'étude BMN, et est donc traitée spécifiquement.

### *B.12. Réaction au feu*

Les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

### *B.13. Commerces*

Les zones commerciales ne sont pas encore définies en solution bitube.

## **C. Sécurité en cas d'évacuation**

**Occupation :** Pour les configurations bitubes, les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

**Sorties et distances d'évacuation :** Les sorties et distances d'évacuation doivent être conforme aux exigences à l'arrêté royal du 7 juillet 1994 de l'annexe 2/1<sup>31</sup>. De plus, les escaliers des quais de type secours doivent être compartimentés. BMN doit veiller au respect de cette condition pour l'ensemble des stations.

**Moyens d'alarme :** Pour les configurations bitubes, aucune information n'a été fournie par BMN concernant les moyens d'alarme. Les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

<sup>30</sup> Règles de sécurité pour la construction et l'installation des élévateurs - Applications particulières pour les ascenseurs et ascenseurs de charge - Partie 72 : Ascenseurs pompiers

<sup>31</sup> Arrêté royal fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments bas doivent satisfaire. L'annexe 2.1 concerne les bâtiments bas.

**Capacité d'évacuation :** Pour les configurations bitubes, le schéma d'évacuation montrant les escaliers principaux, escalator et escaliers de secours et mentionnant leur dimension n'a pas été fourni par BMN. Ce schéma doit être établi pour chaque station afin de déterminer :

- La largeur totale d'évacuation de la station vers la surface,
- La largeur d'évacuation aux différents quais (vers Bordet et vers la gare du nord),

Les mesures d'évacuation n'ont pas été analysées par BMN. Les calculs des largeurs d'évacuation doivent permettre de déterminer les capacités d'évacuation. Les non-conformités par rapport aux prescriptions belges doivent être identifiées et faire l'objet de demandes de dérogation.

### **Simulations d'évacuation :**

Pour les configurations bitubes, les remarques émises en configuration monotube restent d'application. Pour ces simulations, les demandeurs doivent tenir compte des remarques émises par le SIAMU en configuration monomode.

Ces remarques concernent :

- Les calculs d'occupation des niveaux ainsi que de la population totale
- L'étude ASET et RSET
- Temps d'évacuation par rapport à la NFPA 130
- Montrer que les escaliers de secours et les plateformes sécurisées sont des points sûrs
- Tenir compte du taux de fatigue des occupants âgés dans les escaliers
- Prendre en compte l'effet des parents ayant de jeunes enfants

Il y a lieu de se référer également au paragraphe « Analyse des simulations ASET / RSET » ci-dessus.

### **D. Dimensionnement des quais**

Pour les stations bitubes LIE / TIL / PAI et BOR, le layout n'a pas été fourni.

Sur base de ces hypothèses, les surfaces des quais sont suffisantes pour toutes les stations dont le layout est connu (voir calcul dans le tableau ci-dessous).

Pour les stations bitubes LIE / TIL / PAI et BOR, la surface minimale est indiquée dans le tableau ci-dessous.

norme : 

1
xx

 m2 / pers sur quai  
conforme

xx

 surface minimale à prévoir  
non conforme

(1) = surface accessible au public

Stations	Surface quais en m <sup>2</sup> (1)			occupation des niveaux des quais							densité d'occupation			
				vers Bordet			vers gare du nord			tot	vers Bordet	vers gare du nord	commun	
	Quai vers Nord	Quai vers Bordet	tot	Métro au moment de l'arrivée du métro	Quai au moment de l'arrivée du métro	Nombre de personnes à évacuer	Métro au moment de l'arrivée du métro	Quai au moment de l'arrivée du métro	Nombre de personnes à évacuer	Nombre de personnes à évacuer	m2 / pers sur le quai	m2 / pers sur le quai	m2 / pers sur le quai	
1T	Liedts	663	689	1352	760	96	856	760	413	1173	2029	7,18	1,61	
	Colignon	532	548	1080	760	15	775	760	122	882	1657	36,53	4,36	
	VBH	716	718	1434	760	33	793	548	321	869	1662	21,76	2,23	
	Riga	604	547	1151	760	15	775	455	112	567	1342	36,47	5,39	
	Tilleul	459	459	918	760	24	784	343	141	484	1268	19,13	3,26	
	Paix	703	569	1272	760	15	775	227	131	358	1133	37,93	5,37	
	Bordet	485	508	993	760	0	760	0	227	227	987		2,14	
2T	Liedts			2029							2029			1,00
	Colignon		1760	1760							1657			1,06
	VBH		1792	1792							1662			1,08
	Riga		1457	1457							1342			1,09
	Tilleul			1268							1268			1,00
	Paix			1133							1133			1,00
	Bordet			987							987			1,00

**Tableau 50 : Surface minimale des quais pour les stations bitubes LIE / TIL / PAI et BOR**

## E. Evacuation PMR

Pour les stations bitubes Colignon, Liedts, Tilleul, Paix et Bordet, le layout ne prévoit pas de zones refuge pour PMR.

Une zone est considérée comme refuge PMR quand elle est compartimentée par rapport aux quais.

Une analyse des plans a été réalisée afin de vérifier le nombre réel de PMR non autonome pouvant être confinés dans les zones refuge.

Voici les conclusions de cette analyse :

- Pour les stations bitubes Colignon, Liedts, Tilleul, Paix et Bordet (layout non fourni), la zone refuge du quai unique est la somme des zones refuges des 2 quais en monotube.
- Dans le tableau ci-dessous, les largeurs de passage nécessaires à l'évacuation des valides ont été considérées afin de leur permettre d'atteindre les escaliers de secours. Les surfaces disponibles restant dans les diverses zones ont été mesurées et le calcul du pourcentage de PMR par rapport à l'occupation totale ne sachant évacuer seuls par les escaliers et pouvant être confinés dans les zones refuge a été défini en considérant 1 m<sup>2</sup> par PMR.

- La Région bruxelloise, qui est compétente en matière de personnes à mobilité réduite, travaille actuellement à l'établissement d'une norme de référence régionale en termes de taux de PMR à prendre en considération dans les zones publiques. Les travaux en cours semblent s'orienter vers la prise en compte d'un taux de PMR variant entre 3% et 6%. Ces travaux ne sont pas clôturés au moment où nous rédigeons ces lignes. Les indications fournies au chargé d'étude semblent indiquer que le taux de 3% serait un taux adéquat pour le présent projet. Un taux de 3% a donc été considéré en accord avec le Comité d'Accompagnement pour le dimensionnement des zones refuges.

Station	Bitube/ Monotube	Occupation TOT	S[m <sup>2</sup> ]	S_par Quai [m <sup>3</sup> ]	NBR_PMR (BMN) par Quai	% de PMR prévu par BMN	NBR_PMR requis 3% par Quai	Surface manquante [m <sup>2</sup> ]
Paix	Bitube	1121	ND	ND	ND	ND	34	34
Bordet	Bitube	977	ND	ND	ND	ND	29	29
Tilleul	Bitube	1255	ND	ND	ND	ND	38	38
Riga	Bitube	1328	ND	ND	ND	ND	40	40
Verboekhoven	Bitube	1645	12,9 12,9	26	25	2%	49	24
Colignon	Bitube	1640	ND	ND	ND	ND	49	49
Liedts	Bitube	2008	ND	ND	ND	ND	60	60

ND : Non défini

**Tableau 51 : Surface des zones refuges pour PMR à créer**

## F. Dispositifs de sécurité contre les attentats au niveau de l'espace public extérieur

Pour les configurations bitubes, les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

## G. Gestion et prévention du risque d'incendie

Pour les configurations bitubes, les remarques émises en configuration monotube restent d'application.

## H. Risques d'explosion

En accord avec le Comité d'Accompagnement, il a été décidé qu'une analyse concernant le risque d'explosions sera réalisée par ailleurs et ne sera pas reprise dans la présente étude. En effet, il s'agit d'une préoccupation sensible en matière de sécurité qui mérite d'être traitée dans un cadre

de confidentialité de manière à ne pas compromettre l'efficacité des mesures envisagées. Le cadre confidentiel est en effet incompatible avec le fonctionnement d'une étude d'incidences.

L'analyse des risques d'explosions sort du cadre de l'évaluation des incidences environnementales car ce sujet découle de plans d'acteurs fédéraux et de plans sécurité internes à la STIB.

Il est néanmoins essentiel que le suivi de cette préoccupation soit poursuivi au cours des étapes ultérieures de la mise en œuvre de ce projet et que les administrations délivrant les autorisations sur ce projet soient associées à cette discussion afin de pouvoir délivrer les permis en connaissance de cause, tout en garantissant un niveau de sécurité sur ces informations.

## 9.4. Recommandations sur le projet, les alternatives et les variantes

### 9.4.1. Recommandations relatives à la sécurité subjective

Afin de permettre le renforcement du sentiment de sécurité au sein des stations de métro, différentes recommandations sont formulées :

- Prévoir à l'intérieur de la station un éclairage suffisant, clair, non aveuglant, uniforme et accueillant là où l'apport de lumière naturelle n'est pas possible ;
- Prévoir un éclairage extérieur suffisant aux entrées de la station afin de les rendre visibles lorsque la luminosité est faible (le matin, le soir et pendant les temps hivernaux) ;
- Prévoir un renforcement d'éclairage dans les zones « à risque », tels que les escaliers, les escalateurs, les ascenseurs, la ligne de contrôle de validation des titres de transport, etc., mais aussi les commerces et les zones de travail (soumis à la législation spécifique en la matière) ;
- Favoriser l'intégration des activités urbaines (commerces, HoReCa, etc.), ainsi que des œuvres d'art ;
- Placer une signalétique lisible et adéquate afin que les usagers du métro, dont les PMR, puissent se diriger aisément vers les quais via les escalators, escaliers ou ascenseurs ;
- Entretenir régulièrement les espaces accessibles au public ;
- Ouvrir un maximum le champ de vision des utilisateurs. Par exemple, certaines couleurs ou matériaux peuvent donner l'impression de réduire l'espace. Les couleurs claires, au contraire, donnent l'impression d'un espace plus grand ;
- Utiliser des matériaux solides et résistants aux vandalismes, et faciles à la maintenance et l'entretien pour les murs intérieurs de la station, les façades extérieures et les parois vitrées (via un film anti-graffitis).
- Prévoir des toilettes accessibles au public (dont aux PMR) dans toutes les stations.

Afin de permettre le renforcement du sentiment de sécurité aux abords des stations, les recommandations suivantes sont formulées pour la bonne gestion des espaces publics :

- Assurer les bonnes conditions d'activation des espaces, générer des occupations positives et un contrôle social dans les espaces publics autour des stations ;
- Clarifier la gestion des différents espaces publics : définir les gestionnaires responsables ainsi que les modalités de gestion.

#### 9.4.2. Recommandations relatives à la sécurité objective

Compte tenu qu'il n'y aura pas de membre du personnel présent en permanence dans les stations pour assurer la sécurité, il est recommandé de prévoir un système de vidéosurveillance (avec analyse d'images) couvrant l'intégralité de la station et des abords immédiats, en accord bien entendu avec les autorités. Une attention particulière doit être portée à la couverture vidéo des accès aux espaces techniques, aux chemins d'évacuation (notamment au niveau des quais) et aux espaces isolés. Les images du système doivent également être transmises vers le dispatching des services de police.

En outre, d'autres mesures générales de sécurité devront être mises en place au sein des différentes stations, à savoir :

- Concevoir l'enveloppe externe du/des édicule(s) de manière à obtenir un niveau de résistance à l'effraction de niveau CR3 ou supérieur ;
- Prévoir la sécurisation des trappes en sortie des issues de secours provenant des quais ;
- Prévoir le couplage des différents systèmes de sécurité (contrôle d'accès, vidéosurveillance, détection d'intrusion, détection incendie, public address, etc.) et la supervision de l'ensemble depuis un dispatching externe ;
- Prévoir une couverture intégrale de la station pour les systèmes de communication GSM et radio ;
- Prévoir les équipements techniques en attente nécessaires pour l'ajout ponctuel de contrôles renforcés (en situation de crise) ;
- Prévoir la sécurisation du système de ventilation (notamment la sécurisation des amenées d'air).

Enfin, afin d'assurer l'accessibilité et la sécurité des personnes à mobilité réduite au sein des stations de métro, différentes recommandations sont formulées :

- Au stade du dossier de permis amendé, vérifier le statut du document concernant les directives relatives à la conception des stations de métro à Bruxelles, et s'il a été approuvé par la Région, appliquer ces directives au projet ;
- Prévoir des bornes d'appel d'urgence placées à une hauteur accessible à tous (PMR, enfants, etc.) dans la station, y compris sur les quais et à l'intérieur des ascenseurs. Ces bornes pourront être utilisées par tous les usagers du métro en cas de danger, de violence ou de malaise. Celles-ci devront être clairement visibles, notamment par des marques au sol, et être reliées au service de sécurité de la STIB ;

- Optimiser la lacune (c'est-à-dire l'espace entre le quai de la station et la rame de métro) à hauteur des portes PMR (portes 9 et 10) afin de permettre aux PMR de monter ou de descendre plus aisément du métro. Dès lors, il est recommandé au minimum de répondre au critère Go/NOGO STIB, à savoir une porte métro est conforme quand la lacune verticale est comprise en -30 et +30 mm et la lacune horizontale entre 0 et 70 mm ;
- Mettre en évidence les portes palières spécifiques aux PMR (portes 9 et 10) en plaçant un logo PMR sur celles-ci ;
- Placer une ligne de guidage podotactile au sol au bord des quais pour indiquer aux personnes malvoyantes la zone de danger à ne pas franchir ;
- Prévoir des lignes de guidage podotactile pour guider les personnes déficientes visuelles depuis les entrées de la station jusqu'aux quais. Les directions sont indiquées en braille sur des bornes jaunes ;
- Compte tenu du taux de panne élevé des ascenseurs, prévoir deux ascenseurs par quai afin d'assurer l'accessibilité des quais à tout moment aux PMR, sans devoir attendre l'intervention d'un agent de la STIB.

### 9.4.3. Recommandations en matière de prévention incendie

#### **Recommandations visant le suivi de la prévention incendie et du risque d'explosions durant la procédure et après la procédure de demandes de permis**

La présente procédure de demande de permis est encadrée d'obligations en matière de prévention incendie. Il s'agit essentiellement des avis SIAMU requis dans le cadre des dossiers de demande. Nous recommandons, pour les étapes ultérieures un suivi proactif de cette préoccupation de la part de différents acteurs :

1. Dans la phase d'amendements qui suit la clôture de l'étude d'incidences et d'instruction jusqu'à la délivrance :
  - a. Le projet subira probablement des évolutions qui remettront en cause certains aspects du projet en matière de prévention incendie. Nous recommandons donc que le projet tel qu'amendé après l'étude d'incidences fasse l'objet d'une nouvelle demande d'avis SIAMU (initiative par le demandeur)
  - b. Le projet amendé doit notamment prévoir 2 ascenseurs par quai. Le compartimentage des ascenseurs doit permettre une évacuation des PMR via ces ascenseurs, pour éviter les blocages des équipes d'intervention aux escaliers de secours
  - c. il conviendra alors de veiller à ce que l'avis SIAMU soit transmis aux autorités délivrantes avant la délivrance des permis (urbanisme et environnement) dans un timing à convenir en concertation avec les autorités délivrantes, le SIAMU et le demandeur
  - d. en ce qui concerne la charge réelle au feu des rames, nous recommandons au demandeur de convenir avec le SIAMU une valeur qui soit suffisamment sécurisante sans générer de surcoûts démesurés. Si nécessaire, procéder à un test de combustion en conditions réelles (en partenariat avec la STIB)

- e. dans le but d'éviter que l'avis SIAMU rendu dans le cadre du projet amendé n'implique des modifications significatives au projet, il serait utile de baliser certains sujets en amont de la demande d'avis SIAMU, nous pensons notamment, à titre d'exemple :
- i. convenir du contenu technique et du niveau de détail des informations à fournir au SIAMU pour leur permettre d'émettre un avis aussi complet et précis que possible
  - ii. convenir des paramètres des simulations ASET/RSET qui devront être réalisées sur le projet tel qu'adapté de de faire valider ces paramètres de simulation
  - iii. définir une liste claire des classes des matériaux qui méritent d'être définis dans la demande de permis (gros-œuvre, équipements techniques, matériaux de façades, etc.) afin de clarifier leurs caractéristiques en termes de résistance au feu (sur les plans du projet amendé, par exemple) mais aussi lorsque nécessaire en termes de risque qu'ils représentent au niveau de la toxicité des fumées qu'ils représentent.
- f. procéder, dans le cadre de l'élaboration du projet amendé, à la réalisation des simulations ASET/RSET définies par la norme ISO 16738 en prenant en compte les paramètres approuvés au préalable par le SIAMU et d'en fournir les résultats au SIAMU dans le cadre du dossier de demande d'avis ainsi qu'aux autorités délivrantes.
- g. Nous recommandons au SIAMU de veiller à être suffisamment disponibles pour ce dialogue en amont de la demande d'avis sur le projet amendé et de se positionner dès ce moment-là sur les paramètres à définir tel que décrits ci-dessus.
- h. Nous recommandons également d'ouvrir un dialogue avec le SPF Intérieur en vue d'anticiper les demandes de dérogations induites par le projet. Il conviendra également de veiller à ce que ces dérogations soient formellement sollicitées à temps pour qu'elles puissent être accordées et transmises aux autorités délivrantes avant la délivrance des permis.
- i. Nous recommandons également que le demandeur s'informe de la poursuite des travaux actuellement en cours qui visent à définir les normes à prendre en considération en termes de taux de personnes à mobilité (PMR) réduite à prendre en considération dans la stratégie d'évacuation. Dans la mesure du possible, en fonction de la date d'issue de ces travaux, adapter le projet en vue de respecter cette nouvelle norme. Si cette information n'est pas disponible suffisamment tôt, nous recommandons (1) de vérifier la possibilité d'adapter les infrastructures pour un taux de 3% de PMR, (2) d'intégrer ce taux dans le projet partout où cela est possible et (3) s'il reste des zones plus spécifiquement contraintes qui rendent l'atteinte de cette exigence particulièrement complexe, il convient alors d'expliquer ces contraintes, de définir le taux de PMR auquel le projet répond réellement et de proposer des mesures d'accompagnement qui permettent d'atténuer le risque accru que cette zone particulière induirait.
- j. En ce qui concerne le risque d'explosions, nous recommandons d'envisager un avis de Bruxelles Prévention et Sécurité (BPS) dans le cadre de l'instruction du dossier (à l'initiative du demandeur et/ou des autorités délivrantes)

- k. Dans le but d'éviter que l'avis de BPS n'induisse des modifications significatives au projet après le dépôt du projet amendé, nous recommandons que BPS se rende disponible durant la phase d'amendement pour anticiper cet avis de manière à permettre d'inclure directement dans le projet les éléments principaux (aspects structurels, par exemple).

2. Durant la phase de chantier et en phase d'exploitation :

- a. Recommandation aux demandeurs : l'étude recommande que le chantier fasse l'objet de visites du SIAMU à différents moments définis au préalable de manière à permettre la formulation d'observations et remarques qui pourraient alors être prises en considération par le demandeur
- b. Le type de revêtement/d'aménagement (mobilier, revêtements de surface, etc.) fait l'objet du permis d'urbanisme mais pas à un niveau de détail permettant d'analyser la toxicité en cas de combustion. Nous recommandons à Beliris/la STIB de veiller à ce que le détail de l'ensemble des éléments de finition, non-soumis à permis d'urbanisme ou d'environnement, soient sélectionnés au regard des risques que ces éléments peuvent représenter en termes de toxicité des fumées. Cette préoccupation doit être suivie attentivement durant toute la durée d'exploitation de la ligne.
- c. En ce qui concerne les alimentations de secours : les canalisations électriques de secours doivent être placées de manière à répartir les risques de mise hors service général. Une attestation de conformité des installations devra être fournie par les demandeurs avant les réceptions provisoires des installations.
- d. Recommandations aux demandeurs : Le temps de détection doit tendre vers 30 sec, tandis que le temps d'alerte ne pourra peut être réduit à 0 sec. car la levée de doute est nécessaire.
- e. Recommandations aux demandeurs : En cas de sinistre dans la station, une levée de doute peut être prévue. Le temps d'alerte peut être réduit en asservissant les images vidéo disponibles à une simple détection, permettant un temps de détection et d'alerte inférieur à 1 min 30 sec
- f. Recommandations aux demandeurs : Adapter la puissance des extracteurs en cas de sinistre au niveau des quais afin d'extraire complètement les fumées (faire un calcul, et vérifier via étude ASET / RSET)
- g. Recommandations aux demandeurs : En cas de sinistre dans la station, utiliser la puissance des extracteurs en début de tunnel pour évacuer les fumées du quai
- h. Recommandations aux demandeurs : dès l'achèvement des travaux, solliciter une visite de contrôle du SIAMU afin d'obtenir la délivrance d'une attestation de conformité des installations (selon l'article 55 du titre XIII du Règlement général de la bâtisse de la Région bruxelloise)

**Recommandations en termes de normes à prendre en considération (rappel)**

En l'absence de spécification des classes de matériaux utilisés, nous recommandons de se baser sur les performances à atteindre suivantes :

- a. Pour les stations, il y a lieu de respecter l'annexe 5 (réaction au feu des matériaux) à l'AR du 19 décembre 1997 modifiant l'AR du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire. Cette norme de base définit les performances de réaction au feu des matériaux de construction et l'opacité des fumées émises. Il y a lieu d'utiliser les valeurs définies pour prendre en compte les usagers non autonomes (PMR, enfants...)
- b. En ce qui concerne la toxicité des fumées générées par les matériaux de construction utilisés, bien que certaines normes d'essai existent en la matière, aucun règlement spécifique ne prescrit les limites de toxicité des matériaux à mettre en œuvre dans les bâtiments par rapport aux gaz émis lors d'un incendie (CO, HBr, HF, SO<sub>2</sub>, Nox, ... etc). La norme ISO 16738 fait un lien entre la toxicité et la visibilité. Pour ce projet, il sera supposé que la limite de toxicité est dépassée quand la visibilité est inférieure à 10 m (voir norme ISO 13571 et « SFPE Handbook of Fire Protection Engineering »).
- c. Pour les câbles électriques, il y a lieu de mettre en œuvre les câbles ne produisant pas de fumées denses et acides (voir RGIE).
- d. En l'absence de spécification des classes de matériaux utilisés et des matières stockées, le livre VI du code du bien-être<sup>32</sup> relatif aux agents chimiques, cancérigènes et mutagènes doit être respecté

Les mesures actives et passives reprises dans les livres des stations sont listées ci-dessous en 2 catégories :

- Prévention incendie
- Évacuation / alarme

ID	Objet	Recommandations	Etape
B1.1	Escaliers principaux pas compartimentés	Demander une dérogation à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.1	Augmenter la rapidité de la levée de doute en visionnant les images des caméras dans la zone détectée dans le centre de contrôle des opérations (OCC) de la STIB/MIVB	Etablir la procédure ad-hoc	Avant les réception provisoires des installations
B3.2	Détection n'est pas conforme aux normes de bases	Respecter les normes NBN S 21-100-1 <sup>33</sup> et NBN EN54 <sup>34</sup>	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme

<sup>32</sup> Transposition en droit belge de la Directive européenne 98/24/CE du Conseil, du 7 avril 1998, concernant la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur le lieu de travail (quatorzième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE)

<sup>33</sup> Systèmes de détection et d'alarme incendie – Partie 1: Règles pour l'analyse des risques et l'évaluation des besoins, l'étude et la conception, le placement, la mise en service, le contrôle, l'utilisation, la vérification et la maintenance

<sup>34</sup> « La Norme NBN EN 54-1 donne les termes et les définitions utilisés dans la série de normes EN 54. Elle fournit les principes de base ayant présidé à l'élaboration de chaque partie et décrit les fonctions remplies par les composants d'un système de détection et d'alarme incendie. La présente Norme européenne s'applique aux systèmes de détection et d'alarme incendie à l'intérieur et aux alentours des bâtiments. » source : NBN

Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations  
9. Être humain

B3.3	Absence de note pour identifier ou maintenir tous les différents asservissements nécessaires (commande des équipements auxiliaires) et la gestion des équipements auxiliaires liés à la sécurité incendie	Produire une note pour les asservissements et gestion auxiliaires à la sécurité incendie	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.4	Les opérateurs à l'OCC (Operations Control Center = le dispatching pour superviser le métro) n'ont pas une vision globale de toute la ligne.	Donner une vision globale aux opérateurs de toute la ligne y compris connaître l'état de chaque train, l'état des portes d'accès au domaine automatique et l'état des équipements d'interphonie dans les trains et les stations	Avant les réception provisoires des installations
B3.5	Contrôles techniques	Effectuer les contrôles techniques par les entreprises d'exécution avant l'ouverture de la station	Avant les réception provisoires des installations
B3.6	Les images de vidéosurveillance	Mettre à la disposition les images dans le cadre de l'envoi des pompiers au moyen de quelques écrans	Avant les réception provisoires des installations
B4.1	Contrôle d'accès portes	Equiper les portes d'un ensemble d'accessoires susceptibles d'être contrôlés ou non par le système de contrôle d'accès, mais également par les systèmes de détection incendie et installation de désenfumage	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B4.2	L'accès automatique au domaine	Contrôler l'accès automatique par badge	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B5.1	Système de surpression dans les cages d'escalier de secours	Démontrer le fonctionnement sûr de ce système de surpression au moyen d'une analyse CFD ASET ou d'une analyse montrant qu'un écoulement uniforme de la cage d'escalier vers la plate-forme est présent pendant cette partie de l'évacuation	Avant demande de permis d'urbanisme
B5.2	Atrium n'est pas équipé d'un système d'extinction automatique et / ou d'un système d'extraction fumée et de la chaleur	Demander une dérogation à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU	Avant demande de permis d'urbanisme
B5.3	La preuve de la sécurité d'évacuation des personnes n'est pas démontrée	Faire une simulation CFD ASET	Avant demande de permis d'urbanisme
B5.4	Note supplémentaire sur le débit et les installations	Produire une note de calcul en tenant compte des pertes de pressions dans les tubes	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B5.5	Risque de fumée sous les écrans de fumée	Faire une analyse CFD	Avant demande de permis d'urbanisme
B5.6	Note de calcul vérifiant le taux d'extraction	Produire la note de calcul	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme

Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations  
9. Être humain

B5.7	Suppression des cages d'escalier	Démontrer moyennant une simulation CFD afin qu'aucune fumée ne puisse pénétrer lorsque les portes sont ouvertes pendant une longue période	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B6.1	Le compartiment « atrium » n'est pas sprinklé entièrement	Demander une dérogation à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU	Avant demande de permis d'urbanisme
B6.2	Sprinklage du dépôt d'ordures	Apporter quelques précisions à ce sujet	Avant demande de permis d'urbanisme
B6.3	Débit du système d'arrosage	Ajuster le calcul du système d'arrosage	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B7.1	Pas de système d'extinction automatique dans les locaux ICT1, SIG, MTV, ICT2, Tetra en Astrid	Equiper ces locaux d'un système d'extinction automatique au gaz réalisé suivant la norme NFPA 2001 <sup>35</sup> ou la NBN EN12094 <sup>36</sup>	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B7.2	Le choix du gaz n'est pas spécifié et son approbation n'est pas faite	Spécifier le choix du gaz et faire une demande d'approbation auprès d'un organisme de contrôle	Avant demande de permis d'urbanisme
B8.1	Les extincteurs supplémentaires ne sont pas visibles sur le plan dans la zone commerciale et publique	Faire apparaître les extincteurs supplémentaires sur le plan dans la zone commerciale et publique	Avant les réception provisoires des installations
B8.2	Extincteurs manquants dans les locaux techniques à risques	Placer un extincteur type ABC ou BC sur roues (50kg) dans le local stockage	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B9.1	Il n'y a pas de garantie sur la conformité des installations électriques	Fournir une attestation de conformité des installations électriques en fin de travaux	Avant les réception provisoires des installations
B9.2	L'alimentation de secours des escaliers roulants manque	Prévoir l'alimentation de secours	Avant demande de permis d'urbanisme
B9.3	Les canalisations électriques alimentant des installations ou appareils dont le maintien en service est indispensable en cas de sinistre ne sont pas sécurisées	Sécuriser ces canalisations	
B9.4	Fonctionnement des circuits vitaux	Garantir le réseau de sécurité	Avant demande de permis d'urbanisme
B10.1	Ascenseur non conforme à la norme NBN EN 81-72 <sup>37</sup>	Se conformer à la norme NBN EN 81-72 ou demander une dérogation à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU	Avant demande de permis d'urbanisme
B10.2	Absence d'un sas devant chaque porte palière	Etudier le comportement et la fiabilité des systèmes d'évacuation (ascenseurs pompiers)	Avant demande de permis d'urbanisme

<sup>35</sup> Norme sur les systèmes d'extinction d'incendie à agent propre, afin d'adapter la quantité de média hybride en fonction de la pression atmosphérique

<sup>36</sup> Normes sur les installations fixes de lutte contre l'incendie - Eléments constitutifs pour installations d'extinction à gaz

<sup>37</sup> Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs - Applications particulières pour les ascenseurs et ascenseurs de charge - Partie 72 : Ascenseurs pompiers

Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations  
9. Être humain

B10.3	La station n'est pas accessible par les rues communales	Identifier l'accès pompier	Avant demande de permis d'urbanisme
B11.1	Plans d'implantation des pictogrammes sont non conforme à la norme ISO 7010 <sup>38</sup>	Corriger les plans d'implantation des pictogrammes	Pendant les études du projet amendé et après demande du permis d'urbanisme
B12.1	La réaction au feu n'est pas décrite	Respecter l'annexe 5 (réaction au feu des matériaux) à l'AR du 19 décembre 1997 modifiant l'AR du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire	Avant demande de permis d'urbanisme
B13.1	Non-respect de l'article 5.4 de la norme NBN EN 12845 <sup>39</sup>	Être conforme à la NBN EN 12845	Pendant les études après demande du permis d'urbanisme

**Tableau 52 : Recommandations en matière de prévention incendie (Tractebel, 2021)**

ID	Objet	Recommandations	
B1.1	Point d'un compartiment se trouvant à une distance supérieure à 30 m	Demander une dérogation à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU	Avant demande de permis d'urbanisme
B1.2	Deux escaliers d'un des deux côtés au bout du quai ne sont pas de type secours	Demander une dérogation à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU	Avant demande de permis d'urbanisme
B2.1	Les largeurs d'évacuation ne sont pas calculées en fonction de l'occupation totale	Faire une demande de dérogation pour ne pas respecter l'arrêté royal du 7 juillet 1994	Avant demande de permis d'urbanisme
B2.2	Hypothèses de calcul d'occupation	Faire approuver par le SIAMU les hypothèses de calcul d'occupation et l'occupation des personnes par niveau et prendre en compte la zone commerciale située au niveau - 1 dans l'estimation des personnes	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.1	Le temps d'évacuation dans les rapports de simulation est une valeur indicative	Tester l'évacuation par rapport à une simulation CFD avec différents scénarios d'incendie dans lesquels il faudra analyser si les personnes peuvent évacuer à tout moment dans un environnement sûr et sans fumée	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.2	Le temps moyen d'évacuation est supérieur à la valeur prescrites au §5.5.6.1.2 de l'édition NFPA 130-2010 (360 secondes)	Faire une analyse ASET > RSET pour vérifier et garantir que le scénario est sûr	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.3	L'escalier de secours ne peut être considéré comme un point sûr	Faire simulation ASET CFD dans laquelle l'effet de la surpression dans l'escalier de secours montre que la fumée est maintenue hors de l'escalier	Avant demande de permis d'urbanisme

<sup>38</sup> « L'ISO 7010:2011 prescrit les signaux de sécurité à utiliser dans le cadre de la prévention des accidents, de la lutte contre l'incendie, de l'information sur les risques d'atteinte à la santé et de l'évacuation d'urgence. » Source : ISO

<sup>39</sup> Normes sur les installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes d'extinction automatique du type sprinkler

Partie 1 : Méthodologies, analyses et recommandations  
9. Être humain

B3.4	Le groupe des enfants (moins de 17 ans) manque pour les deux sexes dans le rapport de simulations	Intégrer le groupe des enfants (moins de 17 ans) pour les deux sexes dans le rapport de simulations avec une vitesse plus lente et ralentir leurs parents également	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.5	Le nombre de passagers présents aux étages au-dessus du quai	Clarifier Le facteur pourcentage de la population totale présente dans les étages	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.6	Variation de vitesse dans les hypothèses utilisées pour l'évacuation (rapport des simulations hypothèses Exodus)	Expliquer ces hypothèses	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.7	La fatigue des personnes qui montent les escaliers n'est pas prise en compte	Prendre en compte le facteur fatigue	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.8	L'étude d'évacuation est insuffisante	Faire une étude ASET et RSET	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.9	L'escalier n'est pas conforme aux exigences du §4.2.3.1 de l'annexe 2 des normes de base	Respecter les exigences des normes de base	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.10	La largeur utile minimale des escaliers n'est pas respectée	Respecter la largeur utile minimale des escaliers à 80 cm au minimum	Avant demande de permis d'urbanisme
B3.11	Utilisation des sorties de secours	Revoir le rapport de simulations sur le pourcentage de personnes utilisant les sorties de secours	Avant demande de permis d'urbanisme
B4.1	Evacuation des PMR	Faire une étude de l'évacuation des PMR et faire valider le pourcentage de PMR par la STIB / la DITP	Avant demande de permis d'urbanisme
B6.1	La méthode de diffusion de l'alarme incendie	vérifier et étudier ces particularités (Bruit de fond excessif)	Avant demande de permis d'urbanisme

**Tableau 53 : Recommandations en matière d'évacuation et d'alarme (Tractebel, 2021)**

Concernant les incidences de **l'alternative bitube des stations**, les recommandations sont les mêmes que celles pour le projet.

#### 9.4.4. Recommandations spécifiques à la sécurité des femmes

Rappelons que le sentiment d'insécurité dans l'espace public et dans les transports en commun est en moyenne plus élevé chez les femmes que chez les hommes. Dès lors, les recommandations relatives à la sécurité subjective émises ci-dessus sont d'autant plus importantes afin d'améliorer le sentiment de sécurité des femmes. Par ailleurs, sur base de différentes études menées à ce sujet et qui proposent des solutions, les bornes d'appel d'urgence prévues sur les quais du métro doivent également pouvoir être utilisées en cas d'agressions sexuelles. En effet, les quais sont des lieux propices aux agressions sexuelles étant donné que les femmes sont en position d'immobilité et se retrouvent « bloquée » en attendant le métro.

Par ailleurs, il est recommandé de placer des affiches de sensibilisation aux harcèlements ou agressions sexuelles sur les murs de la station afin de décourager les agresseurs et également d'encourager les témoins de ces violences à intervenir.

## 9.5. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations aux demandeurs
Sécurité incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir 2 ascenseurs compartimentés par quai pour le projet amendé</li> </ul>
Sécurité incendie : procédure	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faire une nouvelle demande d'avis SIAMU pour le projet amendé</li> <li>▪ Veiller à ce que l'avis SIAMU soit transmis aux autorités délivrantes avant la délivrance des permis dans un timing à convenir en concertation avec les autorités délivrantes, le SIAMU et le demandeur</li> <li>▪ Baliser certains sujets en amont de la demande d'avis SIAMU, tels que le contenu technique et le niveau de détail des informations à fournir au SIAMU, les paramètres des simulations ASET/RSET et une liste claire des classes des matériaux</li> <li>▪ Ouvrir un dialogue avec le SPF Intérieur en vue d'anticiper les demandes de dérogations induites par le projet. Veiller à ce que ces dérogations soient formellement sollicitées à temps pour qu'elles puissent être accordées et transmises aux autorités délivrantes avant la délivrance des permis</li> <li>▪ Prévoir des visites du SIAMU sur chantier à différents moments définis au préalable de manière à permettre la formulation d'observations et remarques qui pourraient alors être prises en considération par le demandeur</li> <li>▪ Une demande de dérogation doit être transmise afin qu'aucun point d'un compartiment ne se trouve à une distance supérieure à 30 m du chemin d'évacuation reliant les escaliers ou les sorties.</li> <li>▪ Une demande de dérogation doit être transmise afin que les largeurs d'évacuation doivent être calculées en fonction de l'occupation totale conformément à l'Arrêté royal du 7 juillet 1994.</li> <li>▪ Compartimentage : Une dérogation doit être demandée à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU.</li> <li>▪ Dès l'achèvement des travaux, solliciter une visite de contrôle du SIAMU afin d'obtenir la délivrance d'une attestation de conformité des installations (selon l'article 55 du titre XIII du Règlement général de la bâtisse de la Région bruxelloise)</li> </ul>
Sécurité du projet : simulation des évacuations en cas d'incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En ce qui concerne la charge réelle au feu des rames, convenir avec le SIAMU d'une valeur qui soit suffisamment sécurisante sans générer de surcouts démesurés. Si nécessaire, procéder à un test de combustion en conditions réelles (en partenariat avec la STIB)</li> <li>▪ Procéder, dans le cadre de l'élaboration du projet amendé, à la réalisation des simulations ASET/RSET définies par la norme ISO 16738 en prenant en compte les paramètres approuvés au préalable par le SIAMU et en fournir les résultats au SIAMU dans le cadre du dossier de demande d'avis ainsi qu'aux autorités délivrantes</li> </ul>
Sécurité incendie : temps d'alerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le temps de détection doit tendre vers 30 sec. Le temps d'alerte ne pourra être réduit à 0 sec. En effet, pour que l'alarme soit actionnée, la levée de doute est nécessaire.</li> <li>▪ En cas de sinistre dans la station, une levée de doute peut être prévue. Le temps d'alerte peut être réduit en asservissant les images vidéo disponibles à une simple détection, permettant un temps de détection et d'alerte inférieur à 1 min 30 sec</li> </ul>
Sécurité du projet : Prise en compte des PMR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zone refuge : Le pourcentage de PMR recommandé par Bruxelles Mobilité est de 3% en considérant une surface d'1m<sup>2</sup>. Ce pourcentage pourra être revu si des textes officiels précisent cette donnée au moment de l'amendement du projet. Les surfaces supplémentaires de zones refuge à prévoir dans chaque station pour pouvoir accueillir 3 % de PMR sont précisées dans les livres Stations.</li> <li>▪ Il est suggéré de permettre l'aménagement des couloirs techniques (sans traverser le compartiment sinistré) ou des paliers adaptés et déverrouillés en cas de besoin pour pouvoir également accueillir les PMR en cas d'évacuation. Les zones refuges ne peuvent pas bloquer les flux des personnes valides. Le traitement de ces zones refuges doit être identique à tout point de vue à celui des zones PMR (réaction aux feux...).</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S'informer de la poursuite des travaux actuellement en cours qui visent à définir les normes à prendre en considération en termes de taux de personnes à mobilité réduite (PMR) à prendre en considération dans la stratégie d'évacuation. Dans la mesure du possible, adapter le projet en vue de respecter cette nouvelle norme. S'il reste des zones plus spécifiquement contraintes qui rendent l'atteinte de cette exigence particulièrement complexe, expliquer ces contraintes, définir le taux de PMR auquel le projet répond réellement et proposer des mesures d'accompagnement qui permettent d'atténuer le risque accru que cette zone particulière induirait.</li> </ul>
Sécurité incendies : Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Veiller à ce que le détail de l'ensemble des éléments de finition, non-soumis à permis d'urbanisme ou d'environnement soient sélectionnés au regard des risques que ces éléments peuvent représenter en termes de toxicité des fumées.</li> <li>▪ Pour les stations, il y a lieu de respecter l'annexe 5 (réaction au feu des matériaux) à l'AR du 19 décembre 1997 modifiant l'AR du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire.</li> <li>▪ La norme ISO 16738 fait un lien entre la toxicité et la visibilité. Pour ce projet, il sera supposé que la limite de toxicité est dépassée quand la visibilité est inférieure à 10 m</li> <li>▪ En l'absence de spécification des classes de matériaux utilisés et des matières stockées, le livre VI du code du bien-être relatif aux agents chimiques, cancérigènes et mutagènes doit être respecté</li> </ul>
Sécurité incendies : installations et exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adapter la puissance des extracteurs en cas de sinistre au niveau des quais afin d'extraire complètement permettrait de mieux extraire les fumées (faire un calcul, et vérifier via étude ASET / RSET)</li> <li>▪ En cas de sinistre dans la station, utiliser la puissance des extracteurs en début de tunnel pour évacuer les fumées du quai</li> <li>▪ En ce qui concerne les alimentations de secours : les canalisations électriques de secours doivent être placées de manière à répartir les risques de mise hors service général. Une attestation de conformité des installations devra être fournie par les demandeurs avant les réceptions provisoires des installations.</li> <li>▪ Pour les câbles électriques, il convient de mettre en œuvre les câbles ne produisant pas de fumées denses et acides</li> <li>▪ Les détecteurs automatiques doivent être du type multicritère et conformes.</li> <li>▪ Les images de vidéosurveillance doivent être mises à disposition des pompiers.</li> <li>▪ Une procédure doit être établie par laquelle les personnes du centre de contrôle des opérations (OCC) de la STIB/MIVB transmettent au dispatcher les images à sélectionner en cas d'incident.</li> <li>▪ Les cages d'escalier de secours doivent être dotées d'un système de surpression qui empêche la fumée de s'écouler dans ces escaliers.</li> <li>▪ L'atrium doit être équipé d'un système d'extinction automatique et d'un système d'extraction de la fumée et de la chaleur. Cela n'étant pas inclus dans le concept, une dérogation doit être demandée au comité de dérogation.</li> <li>▪ Le compartiment « atrium » doit pouvoir être sprinklé entièrement. Si ce n'est pas le cas, une dérogation doit être introduite.</li> <li>▪ Certaines locaux doivent être équipés d'un système d'extinction automatique au gaz (voir livres par station pour détail).</li> <li>▪ Les demandeurs doivent spécifier le choix du type de gaz et obtenir l'approbation auprès d'un organisme de contrôle.</li> <li>▪ Les installations ou appareils visés par les normes de base 6.5.2 de l'annexe 2/1 suivants doivent aussi être secourus.</li> <li>▪ Les canalisations électriques alimentant des installations ou appareils dont le maintien en service est indispensable en cas de sinistre doivent être placées de manière à répartir les risques de mise hors service général.</li> <li>▪ Pour les stations où des commerces sont prévus : L'installation proposée pour la zone de commerce devra respecter la NBN EN 12845.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>La méthode de diffusion de l'alarme incendie aux occupants doit être conforme aux exigences de la stratégie d'intervention en cas d'alarme incendie.</li> </ul>
Sécurité incendie : procédure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nous recommandons au SIAMU de veiller à être suffisamment disponibles pour ce dialogue en amont de la demande d'avis sur le projet amendé et de se positionner dès ce moment-là sur les paramètres à définir tel que décrits ci-dessus</li> </ul>
Sécurité incendie : procédure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dans le but d'éviter que l'avis du BPS n'induisse des modifications significatives au projet après le dépôt du projet amendé, nous recommandons que BPS se rende disponible durant la phase d'amendement pour anticiper cet avis de manière à permettre d'inclure directement dans le projet les éléments principaux</li> </ul>
Risques d'explosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>En ce qui concerne le risque d'explosions, envisager un avis de Bruxelles Prévention et Sécurité (BPS) dans le cadre de l'instruction du dossier (à l'initiative du demandeur et/ou des autorités délivrantes)</li> <li>Une analyse des risques d'explosion doit être réalisée et présentée aux autorités compétentes. Les recommandations qui en découleront devront être suivies lors de la mise en œuvre et l'exploitation du projet.</li> </ul>
Assurer la sécurité des PMR au niveau des quais et de la rame de métro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prévoir des bornes d'appel d'urgence placées à une hauteur accessible à tous (PMR, enfants, etc.) dans la station, y compris sur les quais et à l'intérieur des ascenseurs. Ces bornes pourront être utilisées par tous les usagers du métro en cas de danger, de violence ou de malaise. Celles-ci devront être clairement visibles, notamment par des marques au sol, et être reliées au service de sécurité de la STIB ;</li> <li>Optimiser la lacune (c'est-à-dire l'espace entre le quai de la station et la rame de métro) à hauteur des portes PMR (portes 9 et 10) en répondant au minimum au critère Go/NOGO STIB, à savoir une porte métro est conforme quand la lacune verticale est comprise en -30 et +30 mm et la lacune horizontale entre 0 et 70 mm ;</li> <li>Mettre en évidence les portes palières spécifiques aux PMR (portes 9 et 10) en plaçant un logo PMR sur celles-ci ;</li> <li>Placer une ligne de guidage podotactile au sol au bord des quais pour indiquer aux personnes malvoyantes la zone de danger à ne pas franchir ;</li> <li>Prévoir des lignes de guidage podotactile pour guider les personnes déficientes visuelles depuis les entrées de la station jusqu'aux quais. Les directions sont indiquées en braille sur des bornes jaunes ;</li> <li>Compte tenu du taux de panne élevé des ascenseurs, prévoir deux ascenseurs par quai afin d'assurer l'accessibilité des quais à tout moment aux PMR, sans devoir attendre l'intervention d'un agent de la STIB.</li> </ul>
Pas de membre du personnel présent en permanence dans la station	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prévoir un système de vidéosurveillance (avec analyse d'images) couvrant l'intégralité de la station et des abords immédiats. Une attention particulière doit être portée à la couverture vidéo des accès aux espaces techniques, aux chemins d'évacuation (notamment au niveau des quais) et aux espaces isolés. ;</li> <li>Prévoir le couplage des différents systèmes de sécurité (contrôle d'accès, vidéosurveillance, détection d'intrusion, détection incendie, public address, etc.) et la supervision de l'ensemble depuis un dispatching externe ;</li> <li>Concevoir l'enveloppe externe du/des édicule(s) de manière à obtenir un niveau de résistance à l'effraction de niveau CR3 ou supérieur ;</li> <li>Prévoir la sécurisation des trappes de sortie des issues de secours provenant des quais ;</li> <li>Prévoir la sécurisation du système de ventilation (notamment la sécurisation des amenées d'air).</li> </ul>
Assurer la sécurité en situation de crise	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prévoir une couverture intégrale de station pour les systèmes de communication GSM et radio ;</li> <li>Prévoir les équipements techniques en attente nécessaires pour l'ajout ponctuel de contrôles renforcés.</li> </ul>

<p>Risque de générer un sentiment d'insécurité chez les femmes au sein de la station de métro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utiliser les bornes d'appel d'urgence sur les quais du métro en cas d'agressions sexuelles.</li> <li>▪ Placer des affiches de sensibilisation aux harcèlements ou agressions sexuelles sur les murs de la station afin de décourager les agresseurs et également d'encourager les « spectateurs » de ces violences à intervenir.</li> </ul>
<p>Risque de générer un sentiment d'insécurité chez les usagers de la station</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir à l'intérieur de la station un éclairage suffisant, clair, non aveuglant, uniforme et accueillant là où l'apport de lumière naturelle n'est pas possible ;</li> <li>▪ Prévoir un éclairage extérieur suffisant aux entrées de la station afin de les rendre visibles lorsque la luminosité est faible (le matin, le soir et pendant les temps hivernaux) ;</li> <li>▪ Prévoir un renforcement d'éclairage dans les zones « à risque », tels que les escaliers, les escalateurs, les ascenseurs, la ligne de contrôle de validation des titres de transport, etc., mais aussi les commerces et les zones de travail (soumis à la législation spécifique en la matière) ;</li> <li>▪ Favoriser l'intégration des activités urbaines (commerces, HoReCa, etc.), ainsi que des œuvres d'art ;</li> <li>▪ Placer une signalétique lisible et adéquate afin que les usagers du métro, dont les PMR, puissent se diriger aisément vers les quais via les escalators, escaliers ou ascenseurs ;</li> <li>▪ Entretenir régulièrement les espaces accessibles au public ;</li> <li>▪ Ouvrir un maximum le champ de vision des utilisateurs. Par exemple, certaines couleurs ou matériaux peuvent donner l'impression de réduire l'espace. Les couleurs claires, au contraire, donnent l'impression d'un espace plus grand ;</li> <li>▪ Utiliser des matériaux solides et résistants aux vandalismes, et faciles à la maintenance et l'entretien pour les murs intérieurs de la station et pour les parois vitrées (via un film anti-graffitis).</li> <li>▪ Prévoir des toilettes accessibles au public (dont aux PMR) dans toutes les stations.</li> </ul>
<p>Sentiment de sécurité aux abords de la station</p>	<p>Afin d'assurer un sentiment de sécurité via la bonne gestion des espaces publics :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Veiller à une bonne activation et un contrôle social dans les espaces publics autour des stations ;</li> <li>▪ Clarifier la gestion des différents espaces publics : définir les gestionnaires responsables ainsi que les modalités de gestion.</li> </ul>

**Tableau 54 : Synthèse des recommandations relatives à l'être humain valables pour toutes les stations (ARIES et Tractebel, 2021)**

## 10. Microclimat

L'analyse du projet pour la thématique microclimat est réalisée dans les livres Stations.

## 11. Déchets

### 11.1. Recommandations générales

Concernant la propreté autour et dans les stations, les recommandations suivantes sont formulées :

- Prévoir des poubelles aux abords des stations :
  - Visibles et accessibles,
  - Dont au moins une poubelle à proximité de l'entrée du pavillon,
  - Avec un intervalle de maximum 30 m entre les poubelles,
  - Permettant un tri efficace ;
- Prévoir des cendriers à proximité des accès à la station ;
- Prévoir une vidange des poubelles adéquate en fonction de l'affluence du site ;
- Nettoyer régulièrement l'espace public (par des équipes spécialisées).

Dans toutes les stations, il serait intéressant de profiter du réaménagement de la surface pour intégrer un système de conteneurs enterrés pour la collecte des déchets ménagers et éventuellement des autres déchets (issus des commerces et équipements alentours). La commune de Schaerbeek souhaite mener un projet pilote à ce sujet. Cette recommandation doit être analysée en collaboration avec les communes et l'agence Bruxelles Propreté afin d'évaluer sa faisabilité et le cas échéant déterminer le nombre de conteneurs nécessaires. Si l'analyse est positive, la position des conteneurs enterrés doit être réfléchié dans le cadre de l'aménagement global des abords de chaque station afin de les localiser de manière judicieuse. Les modalités de gestion doivent également être définies préalablement à la mise en exploitation du système (à puce, au kilo, ...).

L'analyse du chantier en matière de déchets est développée plus bas dans le présent livre.

*Voir 8 Incidences prévisibles du chantier en déchets*



## **Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier**



## 1. Calendrier général du chantier

Les principes du chantier et les techniques utilisées sont détaillés dans le livre tunnel. En bref, les boîtes de stations seront en grande partie construites avant le passage du tunnelier (qui traversera les boîtes des stations au fur et à mesure de l'avancement du nouveau tunnel). Le tunnelier démarrera du côté du dépôt et traversera ensuite tour à tour chaque station, depuis Bordet jusqu'à Liedts. Après Liedts, une fois la connexion à la gare du Nord créée, le tunnelier sera démantelé. La construction des stations continuera également après le passage du tunnelier.

La planification générale de réalisation des travaux est donc déterminée par la réalisation du tunnel. En effet, afin de garantir la traversée des gares souterraines par le tunnelier dans des conditions satisfaisantes de sécurité (notamment en termes d'étanchéité), il est indispensable que le volume principal des gares soit excavé et que les structures provisoires souterraines soient réalisées (notamment nécessaires à la poussée et la mise en confinement du tunnelier, mais également à l'étanchéité).

Le démarrage général du chantier est actuellement prévu **en 2022**. Préalablement au démarrage du chantier, un certain nombre de travaux doivent être réalisés pour s'assurer de la bonne efficacité du chantier, tels que la déviation des impétrants, de certaines lignes de tram et la démolition/désamiantage de certains bâtiments.

Ces travaux sont dans la plupart des cas de faible ampleur et ne nécessitent pas de permis d'urbanisme. La seule exception concerne les travaux préparatoires nécessaires sur la place Liedts, qui font l'objet d'une demande de permis en cours d'instruction. Ces travaux consistent en le déplacement des rails de tram, l'abattage et la transplantation d'une vingtaine d'arbres, et la fermeture temporaire de certaines voiries pour les déviations d'impétrants. Les recommandations relatives à ces travaux préparatoires sont listées dans le livre station Liedts.

Le calendrier global de réalisation du projet est présenté dans le Livre I et est repris à la figure ci-dessous. Le calendrier de réalisation des stations est présenté de manière détaillée dans les Livres Stations.

Les chantiers des stations se dérouleront donc de manière simultanée. Les impacts de ces chantiers se cumuleront donc. Les autres chantiers éventuellement prévus dans la zone s'ajouteront également. Afin de gérer au mieux la superposition dans le temps de tous ces chantiers avec les différents acteurs concernés, un organe spécifique va être créé. Celui-ci aura pour mission **l'hypercoordination** de tous les chantiers.

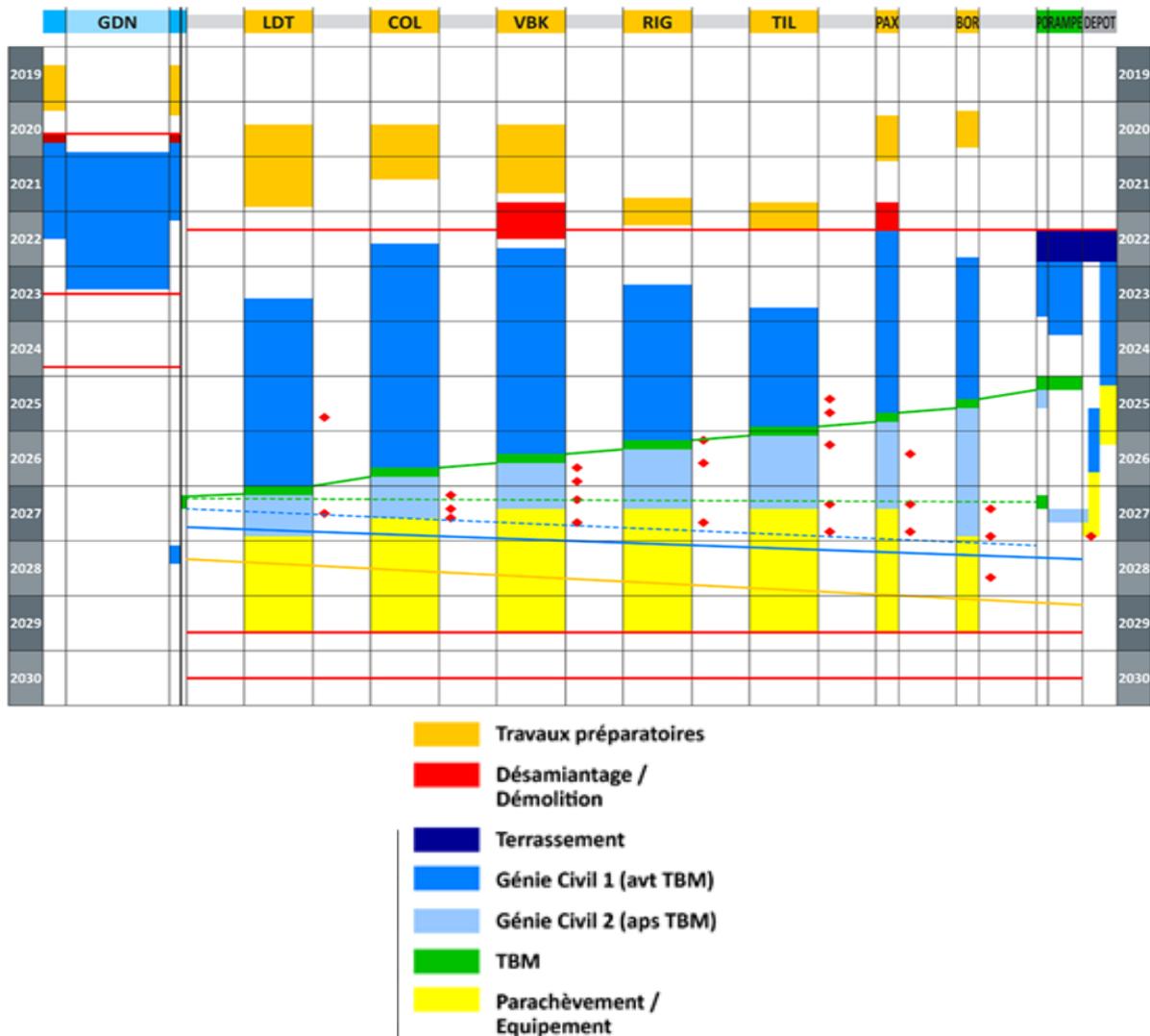


Figure 97: Calendrier global de réalisation du projet (BMN, 2019)

Le tableau ci-dessous résume la période de chantier pour chaque station et pour le dépôt :

	Installation de chantier (hors travaux préalables)	Mise à disposition des espaces publics
Liedts	2023	2028
Colignon	2022	2028
Verboekhoven	2022	2028
Riga	2023	2028
Tilleul	2023	2028
Paix	2022	2028
Bordet	2022	2028
Dépôt	2022	2028

Tableau 55 : Synthèse du planning de chantier du projet (Beliris, 2020)

## 2. Incidences prévisibles du chantier sur la mobilité

### 2.1. Charroi de chantier

Les incidences spécifiques des différents chantiers de réalisation des futures stations sont reprises dans les livres spécifiques à celles-ci. Une analyse spécifique relative aux déblais est également réalisée dans le livre II Tunnel (voir *Partie 1, point 6.1.4 Incidences du transport des déblais*).

De manière générale, pour le transport des déblais issus de la construction du tunnel, du dépôt et des 7 stations, le transport par voie fluviale et le transport par voie ferrée sont tous les deux recommandés, tandis que le transport par voie routière vers l'extérieur de Bruxelles est à éviter.

Le choix de la voie fluviale ou ferroviaire dépendra du lieu de destination finale des terres excavées, et de son accessibilité soit en bateau soit en train. Les deux solutions restent envisageables à ce stade.

Pour toutes les stations sauf pour Bordet, le transport par camion vers une zone de chargement - déchargement le long des voies ferrées ou du port est cependant inévitable. En termes d'itinéraires pour rejoindre ce point de chargement, plusieurs options restent possibles à l'heure actuelle. Le choix de l'itinéraire dépendra de :

- La rénovation de la rampe du Lion (au-dessus des voies de chemin de fer),
- L'éloignement de la station par rapport au point de chargement.

Il existe également une solution hybride « train + voie d'eau », qui consiste à réaliser une voie de chargement le long de la ligne 26 et rejoindre en train le port de Bruxelles. Ceci est possible techniquement moyennant des adaptations d'infrastructures le long du site du dépôt et de sa voie d'essais, et via la réaffectation d'une ancienne voie reliant le « grill » de Schaerbeek Formation et l'avant-port en traversant l'avenue de Vilvoorde. Cette solution est particulièrement intéressante pour éviter le charroi de camions à travers la ville pour atteindre le port de Bruxelles, et ce pour les déblais issus du tunnel, du dépôt et des stations proches de Bordet (Bordet, Paix et éventuellement Tilleul). Les camions apporteraient donc les terres de ces stations au lieu de chargement de train, limitant leur parcours en ville. Cette solution est à privilégier dans le cas où la destination finale des terres est accessible par voie d'eau. Dans le cas où cette solution n'est pas retenue, il faudra rejoindre le port de Bruxelles par camion depuis ces stations. C'est là que la rénovation de la rampe du Lion (aujourd'hui inaccessible aux poids lourds) prend toute son importance, afin d'éviter le plus possible le transit de ce charroi par des quartiers résidentiels (voir figure suivante). Cette option doit être considérée comme prioritaire. La rénovation de la rampe du Lion est annoncée au mieux en 2023.

Le transport par train n'est pas compétitif pour les terres des 4 autres stations. En effet, au vu de leur insertion urbaine et de l'éloignement des zones potentielles de chargement par voie ferrée (Josaphat ou Schaerbeek formation), il faudrait de toute façon opérer le transfert par camion. Et donc un trajet direct vers le port de Bruxelles est plus approprié pour ces stations.

La figure suivante illustre les itinéraires camion entre les stations et le port de Bruxelles.



**Figure 98 : Scénario de liaison entre le port et le chantier du tunnel et des stations – voir atlas cartographique en annexe (ARIES, 2021)**

Un itinéraire alternatif pourrait être proposé pour les zones 1-2 via la Chaussée de Haecht jusqu'à Woluwelaan, zoning Buda et pour finir avenue de Vilvoorde. Ce détour fait également +/- 7km.

## 2.2. Recommandations

### Transport des déblais et matériaux

Les recommandations suivantes s'appliquent concernant les choix à poser pour les itinéraires et modes de transport des déblais issus du chantier et de l'apport de matériaux :

- Exiger, au moment du choix de l'adjudicataire des travaux, que les différentes entreprises produisent une note détaillée des options retenues pour le transport des déblais et des matériaux de construction pour la totalité du chantier du métro.
- Dans le but de limiter le charroi routier il faudra faire la démonstration que l'option chemin de fer a bien été étudiée à un niveau de détail suffisant visant à exploiter la ligne 26.

- De même, l'option via un transport fluvial doit faire la démonstration qu'une liaison au chemin de fer a bien été évaluée pour le transport de déblais et des matériaux de construction vers l'avant-port de Bruxelles. Au minimum pour les travaux opérant depuis le site du dépôt (tunnelier + dépôt) mais aussi pour la station Bordet.
- Vu l'utilisation au minimum mais inévitable d'un itinéraire routier vers et depuis le canal, il est recommandé de prendre tous les contacts et les dispositions permettant la rénovation rapide de la rampe du Lion.
- Prendre contact avec les administrations et le port de Bruxelles pour connaître le statut de la procédure judiciaire visant au maintien de la voie ferrée vers les quais de l'avant-port de Bruxelles.

### **Stationnement pour le chantier**

En ce qui concerne le **stationnement** en phase de chantier, la demande de PU de manière générale ne prévoit pas de stationnement pour véhicules des ouvriers dans les emprises des zones de chantiers des différentes stations. Au vu de la pression globale du stationnement automobile à proximité des futurs chantiers, il nous semble opportun, afin de limiter l'impact qu'engendrerait les véhicules des ouvriers sur ce même stationnement, de prévoir des places spécifiques dans l'emprise des zones de chantier des stations.

Il y a lieu également de prévoir une zone d'attente pour les camions de chantier au sein du périmètre de chantier de chaque station.

### **Coordination des chantiers**

Afin de limiter les incidences liées au cumul du chantier du métro et d'autres chantiers dans les mêmes quartiers, il faut dès aujourd'hui veiller à la bonne coordination entre le chantier du métro, les autres chantiers planifiés à la même échéance et les autres projets de rénovation de voirie qui auront été autorisés d'ici-là. Cette coordination doit se faire en étroite collaboration avec les communes et autres administrations, via l'organe spécifique « Hypercoordination » mis en place.

Concernant le chantier et les recommandations finales à ce sujet, consulter également le point suivant dans l'analyse des interactions :

*Voir Partie 3, point 1.10 Chantier*

### 2.3. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Charroi de chantier : transport des déblais et matériaux	<p>Exiger, au moment du choix de l'adjudicataire des travaux, que les différentes entreprises produisent une note détaillée des options retenues pour le transport des déblais et des matériaux de construction pour la totalité du chantier du métro.</p> <p>Dans le but de limiter le charroi routier il faudra faire la démonstration que l'option chemin de fer a bien été étudiée à un niveau de détail suffisant visant à exploiter la ligne 26.</p> <p>De même, l'option via un transport fluvial doit faire la démonstration qu'une liaison au chemin de fer a bien été évaluée pour le transport de déblais et des matériaux de construction vers l'avant-port de Bruxelles. Au minimum pour les travaux opérants depuis le site du dépôt (tunnelier + dépôt) mais aussi pour la station Bordet.</p> <p>Vu l'utilisation au minimum mais inévitable d'un itinéraire routier vers et depuis le canal, il est recommandé de prendre tous les contacts et les dispositions permettant la rénovation rapide de la rampe du Lion.</p> <p>Prendre contact avec les administrations et le port de Bruxelles pour connaître le statut de la procédure judiciaire visant au maintien de la voie ferrée vers les quais de l'avant-port de Bruxelles.</p>
Stationnement durant le chantier	<p>En ce qui concerne le stationnement en phase de chantier, la demande de PU de manière générale ne prévoit pas de stationnement pour véhicules des ouvriers dans les emprises des zones de chantiers des différentes stations.</p> <p>Au vu de la pression globale du stationnement automobile à proximité du futur chantier, il nous semble opportun, afin de limiter l'impact qu'engendrerait les véhicules des ouvriers sur ce même stationnement, de prévoir des places spécifiques dans l'emprise des zones de chantier des stations.</p> <p>Prévoir également une zone d'attente pour les camions de chantier au sein du périmètre de chantier de chaque station.</p>
Coordination des chantiers	Veiller à la bonne coordination entre le chantier du métro, les autres chantiers planifiés à la même échéance et les autres projets de rénovation de voirie qui auront été autorisés d'ici-là.

**Tableau 56 : Synthèse des recommandations générales concernant la mobilité durant la phase de chantier (ARIES, 2020)**

## 3. Incidences prévisibles du chantier sur l'urbanisme

### 3.1. Recommandations

Le périmètre du chantier devra être délimité par une clôture opaque, idéalement avec des variations de tonalités et couleurs. En fonction de l'état d'avancement du chantier, ce périmètre occupera une partie ou l'entièreté du site du projet. Les commerces et habitations devront rester accessibles.

Les passages piétons et trottoirs en bordure de la clôture devront être protégés (construction d'un « tunnel » de protection si nécessaire) et le chantier sera clairement signalé à la population circulant à proximité de la zone délimitée. La surface de clôture ou d'échafaudage pourra être utilisée comme support d'information ou encore d'expression artistique (éventuellement en rapport avec la réalisation à venir).

Au même titre que la délimitation du chantier, les panneaux de chantier sont obligatoires. Ils informent les riverains sur le projet. Les renseignements d'identification du chantier doivent s'y trouver (les coordonnées du maître de l'ouvrage, des auteurs de projet, des entreprises chargées du projet, etc.). Ces panneaux devront être placés dès le début de l'installation du chantier.

Enfin, de manière générale, il faut veiller pour l'ensemble du chantier à n'endommager aucun bien ni infrastructure présents sur le périmètre du chantier.

### 3.2. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Traitement des clôtures et des passages piétons	<p>Le périmètre du chantier devra être délimité par une clôture opaque, idéalement avec des variations de tonalités et couleurs. En fonction de l'état d'avancement du chantier, ce périmètre occupera une partie ou l'entièreté du site du projet. Les habitations devront rester accessibles.</p> <p>Les passages piétons et trottoirs en bordure de la clôture devront être protégés (construction d'un « tunnel » de protection si nécessaire) et le chantier sera clairement signalé à la population circulant à proximité de la zone délimitée. La surface de clôture ou d'échafaudage pourra être utilisée comme support d'information ou encore d'expression artistique (éventuellement en rapport avec la réalisation à venir).</p>
Localisation et traitement des panneaux de chantier	<p>Au même titre que la délimitation du chantier, les panneaux de chantier sont obligatoires. Ils informent les riverains sur le projet. Les renseignements d'identification du chantier doivent s'y trouver (les coordonnées du maître de l'ouvrage, des auteurs de projet, des entreprises chargées du projet, etc.). Ces panneaux devront être placés dès le début de l'installation du chantier.</p>
Protection des constructions et infrastructures existantes aux abords du chantier	<p>Veiller à n'endommager aucun bien ni infrastructure présents sur le périmètre du chantier.</p>

**Tableau 57 : Synthèse des recommandations générales concernant l'urbanisme durant la phase de chantier (ARIES, 2020)**

## 4. Incidences prévisibles du chantier sur les sols, sous-sol et eaux souterraines

NB : les impacts concernant les eaux souterraines et les déblais ont été traités plus haut (voir Partie 1, Chapitre 4)

### 4.1. Risque de dégâts aux conduites

Les sociétés en charge des travaux devront respecter des limitations en termes de déformations en surface. Les seuils considérés dans le cas de collecteurs d'eaux pluviales ou résiduelles, de galeries techniques, ou réseaux sensibles sont les suivants :

	Seuils
Petits réseaux de diamètre < à 0.9m	Mise en pente < 1.5 ‰
Réseaux sensible de diamètre < à 0.9m (eau potable, gaz, ...)	Mise en pente < 0.5 ‰
Galeries enterrés	Tassement < 25 mm, Mise en pente < 1.5 ‰ Déformation horizontale < 0.5 ‰
Collecteurs profonds	Tassement < 10 mm, Mise en pente < 1 ‰ Déformation horizontale < 0.3 ‰

**Tableau 58 : Seuils limite à respecter pour les réseaux (BMN, 2020)**

Les sociétés en charge des travaux devront garantir l'absence de risque sur les réseaux existants. L'emplacement des équipements lourds de chantier devront également être adapté afin de garantir l'absence de risque de dégradation des réseaux.

Il est recommandé de réaliser une étude spécifique sur le risque de dégâts sur les réseaux existants. Dans le cas où le risque ne peut être exclu, un déplacement ou renforcement des réseaux impactés devra être réalisé.

### 4.2. Consommation d'eau de distribution par le chantier

La consommation d'eau sur le chantier n'est pas aisée à évaluer à ce stade, les prestataires n'ayant pas encore été désignés.

L'eau est principalement utilisée :

- pour l'exécution des parois moulées (très grande consommation) ;
- pour l'exécution des micro-tunnels (pour les stations Liedts, Colignon, Verboekhoven et Paix) ;
- pour la base vie (vestiaires, etc);
- pour la maintenance du chantier.

L'alimentation en eau pour les besoins du chantier sera réalisée exclusivement depuis les réseaux existants. Il n'est pas envisagé à ce stade d'utiliser les eaux de drainage pour les besoins du chantier.

De plus, la création des parois moulées a lieu avant le démarrage du rabattement de la nappe.

### 4.3. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Risque de dégâts aux conduites	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ réaliser une étude spécifique sur le risque de dégâts sur les réseaux existants</li><li>▪ déplacer ou renforcer les réseaux existants pour lesquels un risque aura été détecté</li></ul>

**Tableau 59 : Synthèse des recommandations concernant le sol et les eaux durant la phase chantier (Tractebel, 2020)**

## 5. Incidences prévisibles du chantier sur la faune et la flore

En plus d'avoir un impact direct sur la mortalité des arbres à abattre (analysé dans la partie relative au projet), le chantier peut de manière générale impacter les arbres existants qui sont à maintenir si les mesures adéquates de protection ne sont pas prises. Par conséquent, les précautions suivantes doivent être mises en œuvre durant le chantier des stations :

- Veiller à protéger le système racinaire des arbres, en particulier ceux qui surplombent les circuits d'impétrants ;
- Éviter toute coupe ou élagage drastique : si des branches sont jugées gênantes ou dangereuses, une taille préventive sera effectuée par des spécialistes en évitant toute taille radicale ;
- Préserver les arbres des poussières, des fumées et forte températures provoquées par les feus ainsi que des gaz émanant de produits toxiques volatiles ;
- Éviter toute pollution du sol par des matériaux ou produits nocifs ;
- Interdire toute circulation au pied des arbres ;
- Ne pas modifier la structure ou nature du sol ;
- Éviter les coups sur le tronc et l'arrachage des branches ;
- Proscrire tout dépôt de matériaux, même provisoire, sur le périmètre des racines ;
- Interdire la coupe de racine et privilégier le cas échéant le forage dirigé plutôt que les fouilles et les tranchées ;
- Ne pas modifier les conditions hydriques du sol ou dans les cas extrêmes, compenser par des arrosages fréquents ;
- Une protection en enclos sera constituée autour des arbres à préserver. Cette enceinte centrée autour de l'arbre aura une surface de 2 à 4 m<sup>2</sup>, et sera constituée de madriers et de palissades (bois, grillage métallique, barrières de type " Heras ") avec une hauteur de minimum 2 m.

Par ailleurs, l'abattage des arbres suivra les règles en vigueur en ce qui concerne la période de d'abattage. Suivant l' «Ordonnance relative à la conservation de la nature » datant du 1er mars 2012 et plus précisément l'article 68 (protection des espèces animales), il est interdit de procéder à des travaux d'élagage d'arbres avec des outils motorisés et d'abattage d'arbres entre le 1er avril et le 15 août (sauf pour des raisons impératives de sécurité).

## 6. Incidences prévisibles du chantier sur l'environnement sonore et vibratoire

### 6.1. Méthodologie

Du fait de leur proximité avec les emprises de chantier, les riverains et piétons des futures stations (Liedts, Colignon, Verboeckhoven, Riga, Tilleul, Paix, Bordet) seront les plus exposés aux bruits des chantiers.

Il y a plusieurs phases à considérer :

- Creusement du tunnel – phase de risques vibratoires et peu bruyante (bruit solidien)
- Travaux de démolition – phase fortement bruyante
- Installation du chantier – phase bruyante
- Travaux d'excavation – phase bruyante
- Construction – phase bruyante et peu bruyante ( finition)
- Construction de l'espace – phase assez bruyante

La méthodologie d'évaluation des incidences inclue le bruit et vibrations causés par l'activité du chantier selon les phases pour les riverains les plus proches :

- Les engins
- Les outils
- Les techniques de mise en œuvre
- bruit et vibrations causées par les camions et les activités de chargement et déchargement

### 6.2. Analyse des incidences de chantier

#### 6.2.1. Engins et machines chantier

##### 6.2.1.1. Bruit

Les engins et machines de chantier sont soumis aux directives « machines » 2005/88/CE et 2006/42/CE. Les machines respectueuses de ces directives européennes présentent impérativement le pictogramme suivant :



**Figure 99: Pictogramme marquage CE, conforme aux directives européennes 2005/88/CE et 2006/42/CE**

De manière générale, on peut considérer que les engins de chantiers et équipements techniques annexes (compresseurs, groupes électrogènes, etc.) ont une puissance acoustique comprise entre 95 et 115 dB(A).

Le tableau ci-dessous montre les niveaux de bruit équivalent potentiel à une certaine distance de l'équipement de chantier (tenant compte de sa puissance acoustique).

Puissance acoustique Lw en dB(A)	100 dB(A)	105 dB(A)	110 dB(A)	115 dB(A)
distance en m				
50 m	57,8	62,8	67,8	72,8
100 m	51,6	56,6	61,6	66,6
150 m	47,9	52,9	57,9	62,9
200 m	45,2	50,2	55,2	60,2
250 m	43,1	48,1	53,1	58,1
300 m	41,3	46,3	51,3	56,3
350 m	39,7	44,7	49,7	54,7
400 m	38,4	43,4	48,4	53,4
450 m	37,2	42,2	47,2	52,2
500 m	36,0	41,0	46,0	51,0

**Tableau 60 : Niveaux de pression acoustique en dB(A) en fonction de la distance équivalent à des niveaux de puissance acoustique indicatifs**

A l'analyse de ce tableau et compte tenu de l'environnement sonore existant (60-65 dB(A) pour les rues les plus passantes), on peut affirmer que chaque engin ou équipement de chantier peut perturber de manière significative l'environnement sonore actuel au moins sur les 50 à 100 premiers mètres par rapport aux sources considérées.

La distance entre les riverains et les zones de chantier est présentée dans les livres Stations.

Les chantiers ne sont pas soumis à l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif aux installations classées mais du fait de leur proximité avec les logements, commerces et bureaux, si les équipements les plus bruyants ( $L_w > 105$  dB(A)) ne sont pas protégés par des dispositifs anti-bruit, ils auront un impact sonore important sur les riverains.

L'article 4 du RRU Titre III Chantiers stipule qu'à l'exception des chantiers sur des voies de chemin de fer, de métro et de tram, le travail sur le chantier, en ce compris les livraisons et la mise en marche du chantier, est interdit les samedis, dimanches et jours fériés.

Il ne peut avoir lieu les autres jours de la semaine qu'entre :

- 7 heures et 19 heures ;
- 7 heures et 16 heures, lorsque le battage des pieux, des palplanches, le concassage des débris ou l'utilisation de marteaux-piqueurs ont lieu.

### 6.2.1.2. Vibrations

En outre, durant certaines phases de travaux (démolition, utilisation du brise béton ou marteau piqueur, compactage des terres, ...), les engins de chantier génèrent des vibrations, parfois gênantes pour le confort des riverains, mais qui ne mettent généralement pas en péril la stabilité des constructions riveraines. Les bâtiments à risques (fondations profondes ou bâtiments classés) qui ont été définis par les demandeurs et dont la liste est reprise dans le livre Introduction doivent faire l'objet d'une attention particulière.

- Les compacteurs** : aucune mesure particulière n'est requise en cas d'utilisation de vibrateurs de moins de 20 à 30 kN. Les appareils vibrants dont le poids du rouleau est supérieur à 50 kN ne peuvent pas être utilisés à moins de 10 m de la maison, surtout lorsque le sol est gelé. Les résonances éventuelles des habitations peuvent causer des dommages au plâtre, aux cheminées et autres. La nuisance des vibrations causée par les compacteurs est plus importante que celle du trafic routier.
- Travaux d'excavation et de démolition** : il y a une grande différence dans l'excitation des vibrations avec un sol dégelé ou gelé. Les vibrations sont principalement générées par les impacts des pelles de terrassement et des morceaux de roches détachées. Le mouvement des engins d'excavation provoque également des vibrations mais généralement beaucoup moins que celles causées par le trafic routier. On ne s'attend donc pas à des dommages aux structures ou à de grandes nuisances vibratoires.
- Battages de pieux et/ou vibro-fonçages de pieux et de palplanches : cette technique n'est pas utilisée.

Dans le cas présent, la proximité de certaines emprises de chantier et les habitations permet d'affirmer que les vibrations induites pourront avoir un impact significatif sur les riverains (voir distances susmentionnées). Des précautions devront être prises pour limiter le risque de gêne vibratoire et une attention particulière sera également apportée au risque d'apparition de fissures car vu la très grande proximité du chantier avec les logements (<5m), celui-ci est jugé non négligeable.

## 6.2.2. Charroi et trafic chantier

### 6.2.2.1. Bruit

Les nuisances sonores d'un charroi "chantier" dépendent de plusieurs paramètres :

- La vitesse des camions ;
- La fréquence des camions (nbre/jour) ;
- Le chargement du camion ;
- L'état du camion ;

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
6. Incidences prévisibles du chantier sur l'environnement sonore et vibratoire

- L'état de la voirie le type de revêtement ;
- La pente des voiries (puissance nécessaire pour monter ou freinage pour descendre).

Le tableau ci-dessous nous montre les niveaux de bruit équivalent à côté d'une voirie (10 camions/h).

Distance	5m	10m	15m	20m	25m	50m	75m	100m	150m	200m
<b>Pente 0 %</b>										
Vitesse de 30 km/h	65,5	62,1	60,1	58,5	57,1	53,0	51,2	49,9	48,0	46,5
40 km/h	64,4	61,0	59,0	57,4	56,0	51,9	50,0	48,8	46,9	45,3
50 km/h	63,6	60,3	58,3	56,7	55,3	51,2	49,3	48,1	46,1	44,6

**Tableau 61 : Niveaux de pression acoustique moyen en dB(A) obtenus à côté d'une voirie (10 camions/heure) en fonction de la distance à la voirie**

Ce tableau montre que l'iso-contour de 60 dB(A) se trouve à environ 15 m de la voirie et celui de 65 dB(A) à 5m. Il est important de signaler que les niveaux de crêtes (pointes) lors du passage d'un camion sont nettement plus élevés (80 dB(A) à moins de 20 m).

L'impact du charroi de chantier est analysé dans les livres Stations en fonction de la configuration des accès et du trafic actuel.

#### 6.2.2.2. Vibrations

Les véhicules présents sur le site et la circulation en provenance et à destination du site peuvent causer des nuisances. Deux mécanismes sont en jeu : la poussée du sol autour du véhicule en raison de son propre poids et les changements rapides de la pression du sol au niveau de chaque roue lors du passage.

L'amplitude des vibrations dépend de la charge à l'essieu, de la vitesse du véhicule et de l'état du revêtement routier.

Le passage est perceptible jusqu'à une distance de 20 à 30 m. Si l'intensité des camions est trop élevée ou si la distance qui les sépare des maisons est trop faible, les vibrations peuvent causer des nuisances.

À vitesse normale et sur une chaussée plane, il est très peu probable que les maisons soient endommagées.

En cas de mauvais revêtement de la route ou de franchissement d'obstacles et de ralentisseurs, on peut s'attendre à des vibrations gênantes pour les véhicules à partir de 15 tonnes. La nuit, dans les zones bâties, la valeur autorisée sera certainement dépassée pour les maisons proches de la rue.

### 6.3. Recommandations pour les activités du chantier

#### 6.3.1. Engins et machines chantier

##### 6.3.1.1. Bruit

Le **choix** des équipements et des techniques de construction les moins bruyants est primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier.

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
6. Incidences prévisibles du chantier sur l'environnement sonore et vibratoire

Concernant les équipements et engins de chantier, il est toujours préférable d'agir à la source, les recommandations suivantes sont émises :

- Placer un mur anti-bruit dont la hauteur est adaptée à l'environnement sur la limite de la parcelle pendant toute la durée du chantier pour diminuer la perturbation de manière significative l'environnement sonore.
- Utiliser des machines et équipements portant le marquage CE attestant du respect de certains niveaux sonores maximaux admissibles ou plus silencieux. Sont particulièrement visés par les normes de bruit : le matériel et les engins de chantier, groupe électrogène de puissance ou de soudage, grue à tour, marteau-piqueur, moto-compresseur, pelles hydrauliques, etc.
- Au besoin, enfermer ou isoler les équipements les plus bruyants et les plus proches des habitations (pompes, moteurs, groupes électrogènes...). Cette recommandation est déjà à l'étude par Beliris.
- Localiser les sources sonores dans les tranchées ou en souterrain pour réduire la propagation du bruit.
- Employer des machines et outils de chantier les moins bruyants possible et bien entretenus.
- Limiter au maximum la durée d'apparition du bruit en mettant hors tension les machines dès qu'on en a plus l'utilité, en particulier la nuit et le week-end
- Interdire le stationnement prolongé (moteur en marche) des engins de chantier.
- Aménager un plan de circulation des engins de manière à limiter la mise en route de la sirène de recul.
- Bruit auprès des travailleurs : l'exposition quotidienne personnelle du travailleur doit être inférieure à 80 dB(A). Si cela n'est pas le cas, des mesures de protection spécifiques doivent être prises, variant selon que le niveau sonore dépasse ou non 85 dB(A) (Arrêté Royal du 16 janvier 2005). De manière générale, il faut imposer le port de protection auditive lors de l'utilisation par les travailleurs de machines bruyantes et/ou de travaux bruyants (exemple : utilisation marteau-piqueur...).

Enfin la **planification** des tâches et l'information des riverains sont des outils essentiels pour limiter la gêne sonore ressentie par les riverains.

Au niveau de la planification et de l'aménagement du chantier :

- Conformément au RRU, fixer un horaire de chantier fixe et impératif : 7-19h et 7h-16h pour les travaux les plus bruyants et pour les évacuations des terres excavées (pour éviter le charroi et les chargements de poids lourds la nuit).
- Lors des phases les moins bruyantes du chantier, les horaires peuvent être étendus à la période de nuit mais il est recommandé de réserver pour cette période les travaux les plus calmes ou ayant lieu en souterrain. Pour les travaux en dehors des horaires classiques (7-19h), des dérogations devront être demandées par Beliris.
- Réaliser les travaux bruyants suivant un planning aussi serré que possible.
- Localiser les sources de bruit et la zone de livraison le plus éloigné possible des riverains ou prévoir des dispositifs antibruits pour réduire le bruit qu'elles émettent.

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
6. Incidences prévisibles du chantier sur l'environnement sonore et vibratoire

- Maintenir une bonne communication entre les riverains et l'entrepreneur par l'intermédiaire d'un responsable. Ce responsable se chargerait d'informer le voisinage du déroulement des travaux et des périodes durant lesquelles des activités bruyantes seront effectuées. Ce responsable pourra également traiter les plaintes des riverains relatives au bruit et vibrations.
- Mettre en place de supports d'information pendant le chantier (panneaux, plaquette, site Internet, etc.). Les riverains pourront ainsi suivre l'avancée des travaux, et mieux appréhender les nuisances sonores éventuelles.
- Durant certaines phases les plus critiques d'un chantier, effectuer un monitoring pendant le chantier pour prévenir d'éventuels litiges.

### **6.3.1.2. Vibrations**

La problématique des vibrations se rapproche fort de celle du bruit : il est souvent plus intéressant de traiter les problèmes à la source que d'en réduire les conséquences.

Afin de réduire l'impact des vibrations sur le voisinage, les recommandations sont les suivantes :

- Etudier l'emplacement des sources. Les vibrations diminuent généralement avec la distance. Attention, le sous-sol peut induire des vibrations plus importantes à certains endroits éloignés en raison de la composition du sol.
- Choisir les techniques de construction le moins génératrices de vibrations.
- Prévoir des dispositifs antivibratiles pour l'ensemble des machines fixes (silentbloc ou plots ressorts selon les fréquences vibratoires à traiter).
- Enfin le bon entretien du matériel, des voiries d'accès ainsi qu'une utilisation en douceur des équipements, notamment les engins de chantier et poids lourds, contribuent également réduire les nuisances vibratoires.
- Durant certaines phases les plus critiques d'un chantier, effectuer un monitoring pendant le chantier pour prévenir d'éventuels litiges.

Ci-dessous sont reprises quelques mesures spécifiques pour les principales machines ou activités :

- Les compacteurs.
  - Utiliser de faibles amplitudes de vibration à proximité des habitations.
  - Éviter de démarrer et d'arrêter les compacteurs plus d'une fois.
  - En cas de doute, des mesures de contrôle doivent être effectuées dans les logements.
- Travaux d'excavation et de démolition. Si les travaux de démolition doivent être effectués trop près de la structure du bâtiment ou des installations critiques, les mesures suivantes doivent être prises :
  - Recouvrir le terrain de sable.
  - Utilisation de grignoteuses au lieu de machines à balancier ou de marteaux piqueurs.

## 6.3.2. Charroi et trafic chantier

### 6.3.2.1. Bruit

Afin de réduire l'impact du bruit du charroi et du trafic de chantier sur le voisinage, les recommandations sont les suivantes :

- Etablir un plan de circulation des poids lourds de manière à ce qu'ils ne puissent avoir accès aux emprises de chantier que par les routes les plus importantes et d'éviter les axes de moindre importance.
- Aménager une zone de chargement/déchargement des poids lourds protégée et à l'abri des riverains et où les manœuvres des camions sont limitées pour éviter les marches arrière (sirènes de recul).
- Limiter le nombre de camions de livraison / déblais par jour.
- Lors du chargement/déchargement des camions, limiter au maximum les bruits d'impacts de matériaux déplacés.
- Respect strict des limitations de vitesses et interdiction de klaxonner sur le site.
- Interdire l'arrêt ou le stationnement moteur en marche des camions, et tout particulièrement en cas de stationnement sauvage en dehors de la zone de livraisons
- Évitez autant que possible le trafic de marchandises dans les zones urbaines denses avec des rues étroites.

### 6.3.2.2. Vibrations

Afin de réduire l'impact des vibrations du charroi et du trafic de chantier sur le voisinage, les recommandations sont les suivantes :

- Évitez autant que possible le trafic de marchandises dans les zones urbaines denses (surtout la nuit).
- Limitation des charges à l'essieu. (Si nécessaire, des mesures de contrôle doivent être effectuées dans un certain nombre d'habitations afin de déterminer la charge par essieu et la vitesse autorisées).
- Évitez autant que possible le trafic de marchandises dans les zones urbaines denses (surtout la nuit).
- Limitation des charges à l'essieu. (Si nécessaire, des mesures de contrôle doivent être effectuées dans un certain nombre d'habitations afin de déterminer la charge par essieu et la vitesse autorisées).
- Limiter la vitesse des véhicules, notamment sur les mauvais revêtements routiers.
- Réparation immédiate des dommages à la surface des routes.

## 6.4. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences Sonores	Recommandations
<p>Nuisances liées aux activités du chantier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbations dues aux engins</li> <li>- Nuisances dues au charroi chantier (passage bruyant des camions)</li> <li>- Nuisances dues au trafic du chantier</li> <li>- Nuisances dues aux stockages et évacuations</li> </ul>	<p>- Engins :</p> <p>Bruit : utiliser un mur anti-bruit, utiliser des machines et équipements marqués CE attestant du respect des niveaux sonores, enfermer ou isoler les équipements les plus bruyants, localiser les sources sonores dans les tranchées, employer des machines peu bruyantes, limiter la durée d'apparition du bruit, aménager un plan de circulation pour limiter l'utilisation de la sirène de recul, imposer le port de protection auditives aux travailleurs exposés, fixer un horaire de chantier, maintenir une bonne communication avec les riverains.</p> <p>Vibration : étudier l'emplacement des sources, privilégier les techniques de constructions peu génératrices de vibrations, prévoir des dispositifs antivibratiles, assurer un bon entretien du matériel, respecter les préconisations pour les compacteurs ou les travaux d'excavation et de démolition.</p> <p>- Charroi et trafic chantier :</p> <p>Bruit : établir un plan de circulation des poids lourds, aménager des zones de chargements/déchargements protégées, limiter le nombre de camions par jour, limiter les bruits durant les chargements/déchargements, respecter les limitations de vitesses, interdire l'arrêt ou le stationnement moteur en marche des camions, éviter le trafic de marchandises. Réaliser un monitoring pendant le chantier pour prévenir d'éventuels litiges</p> <p>Vibration : éviter le trafic de marchandises, limiter les charges à l'essieu, limiter la vitesse des véhicules, réparer rapidement les dommages à la surface des routes</p>

**Tableau 62 : Synthèse des recommandations concernant l'environnement sonore durant la phase chantier (ARIES, 2020)**

## 7. Incidences prévisibles du chantier en être humain

### 7.1. Mesures prises par le demandeur

Pour marquer les limites du périmètre du chantier des stations (et du dépôt), le demandeur a prévu d'implanter des palissades qui seront recouvertes de bâches explicatives sur le chantier du métro 3. Ces mêmes palissades sont déjà utilisées pour les chantiers en cours pour le métro 3 (faisant l'objet de permis distincts), comme à la gare du Nord. Il s'agit de palissades de bois plein de 3 m de hauteur. Outre la fonction principale de délimitation de la zone de chantier et la fonction d'information, ces palissades permettent de retenir une partie des poussières émises et de diminuer les niveaux de bruit.



Figure 100 : Illustration des palissades prévues pour les chantiers du métro Nord (Beliris, 2020)

### 7.2. Recommandations

#### 7.2.1. Communication relative au chantier

Pour chaque station, il est recommandé de nommer un « médiateur de chantier » qui assurera le relais en termes de communication entre d'une part Beliris, la STIB et la Région bruxelloise, et d'autre part les riverains et commerçants des différentes zones de chantier, et ce via les communes. Ce rôle de point de contact est primordial pour le bon déroulement du chantier et pour la prise en compte des besoins des riverains et commerçants durant le chantier.

## **7.2.2. Sécurité objective**

### **7.2.2.1. Sécurité sur le chantier**

Sur le chantier, le Règlement Général pour la Protection du Travail doit être appliqué et respecté. Par ailleurs, les travaux devront être réalisés conformément à l'A.R du 25 janvier 2001 concernant les chantiers temporaires ou mobiles.

Un coordinateur sécurité devra être désigné par le maître d'ouvrage. Celui-ci aura pour rôle de réaliser une étude des risques encourus par les ouvriers sur le chantier mais également des risques pour le voisinage. Il devra dès lors établir un plan de sécurité et veiller à sa bonne mise en œuvre lors du chantier.

Par ailleurs, d'autres mesures devront être mises en œuvre durant toute la durée du chantier afin d'assurer la sécurité sur le site :

- Conformément au RRU, Titre III, article 7, les palissades provisoires seront stabilisées et munies de portails pouvant être verrouillés aux différents accès piétons et charroi afin d'empêcher l'intrusion de personnes étrangères au chantier ;
- La mise en place d'une signalisation adéquate sur ces palissades et sur les différentes zones du chantier permettra d'interdire l'accès aux personnes non compétentes ;
- L'accès du poste haute tension pour l'alimentation du chantier sera sécurisé ;
- Les aires de stockage seront clairement définies ;
- Le chantier sera organisé de manière à réduire les risques liés à la manutention et au transport de matériaux ;
- Les produits dangereux seront stockés avec toutes les précautions d'usage ;
- Le cas échéant, les échafaudages seront munis de plinthes et de garde-corps afin de réduire les risques de chute ;
- Les précautions particulières seront mises en œuvre lors du montage des grues et des autres engins de levage.

### **7.2.2.2. Sécurité autour du chantier**

En ce qui concerne la sécurité des usagers de la voirie, une signalétique adéquate devra être appliquée lorsque les parcours piétons et cyclistes des voiries attenantes au chantier sont entravés.

### **7.2.2.3. Impact sur les autres infrastructures souterraines**

Le risque de dégradation accidentelle d'un impétrant peut présenter un risque pour la sécurité du chantier et de ses abords. Avant le début des travaux, il est dès lors nécessaire de réaliser un relevé précis des impétrants existants autour de la zone chantier.

Les impétrants identifiés devront être localisés par une signalétique visible et adéquate afin d'éviter tout dégât.

### 7.2.3. Sécurité subjective

Des mesures devront être mises en œuvre durant la durée du chantier afin de limiter l'impact du projet sur la sécurité subjective :

- Un éclairage uniforme devra être prévu à une distance régulière sur tout le long des palissades délimitant la zone chantier ;
- Le chantier devra être surveillé en dehors des heures de travail pendant les derniers mois de manière à en empêcher l'accès et les équipements de valeur devront être mis à l'abri de voleurs éventuels en dehors des heures de fonctionnement du chantier ;
- Les entreprises devront nettoyer de façon suffisante les trottoirs et les voiries bordant le site de manière à les laisser en état de service. Un nettoyage fréquent de la voirie au niveau de l'accès ou des roues des camions avant sortie du site peut être requis dans certains cas durant la phase d'excavation.

### 7.3. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Communication relative au chantier	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nommer un « médiateur de chantier » pour chaque station, qui assurera le relais en termes de communication entre d'une part Beliris, la STIB et la Région bruxelloise, et d'autre part les riverains et commerçants des différentes zones de chantier, et ce via les communes. Ce rôle de point de contact est primordial pour le bon déroulement du chantier et pour la prise en compte des besoins des riverains et commerçants durant le chantier.</li> </ul>
Sécurité objective et sécurité subjective	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Appliquer et respecter le Règlement Général pour la Protection du Travail et l'A.R du 25 janvier 2001 concernant les chantiers temporaires ou mobiles ;</li> <li>▪ Établir un plan de sécurité et veiller à sa bonne mise en œuvre lors du chantier ;</li> <li>▪ Stabiliser les palissades provisoires et les munir de portails pouvant être verrouillés aux différents accès piétons et charroi afin d'empêcher l'intrusion de personnes étrangères au chantier ;</li> <li>▪ Définir les aires de stockage en organisant le chantier afin de réduire les risques liés à la manutention et au transport de matériaux ;</li> <li>▪ Sécuriser l'accès au poste haute tension et à la zone de stockage des produits dangereux ;</li> <li>▪ Mettre en place une signalisation adéquate sur les palissades et sur les différentes zones du chantier afin d'interdire l'accès aux personnes non compétentes ;</li> <li>▪ Le cas échéant, munir les échafaudages de plinthes et de garde-corps afin de réduire les risques de chute ;</li> <li>▪ Mettre en œuvre les précautions particulières lors du montage des grues et des autres engins de levage ;</li> <li>▪ Mettre en place un parcours fléché et sécurisé lorsque les parcours piétonniers et cyclistes des voiries attenantes au chantier sont entravés ;</li> <li>▪ Identifier les impétrants localisés autour de l'emprise de la station par une signalétique visible et adéquate ;</li> <li>▪ Placer un éclairage uniforme sur les palissades extérieures à une distance régulière ;</li> <li>▪ Surveiller le chantier en dehors des heures de travail pendant les derniers mois de manière à en empêcher l'accès et à sécuriser les objets et équipements de valeur ;</li> <li>▪ Nettoyer de façon suffisante les trottoirs et les voiries bordant le site de manière à les laisser en état de service.</li> </ul>

**Tableau 63 : Synthèse des recommandations concernant l'être humain durant la phase chantier (ARIES, 2020)**

## 8. Incidences prévisibles du chantier en déchets

### 8.1. Recommandations

#### 8.1.1. Gestion des déchets sur le chantier

Un outil pratique pour le secteur de la construction a été créé par Bruxelles Environnement afin de permettre une gestion des déchets de chantier saine et respectueuse de l'environnement : « *Le guide de gestion des déchets de construction et de démolition* ». Afin de réduire la production de déchets, les recommandations suivantes sont formulées :

- Optimiser les métrés ;
- Préférer les matériaux en vrac plutôt qu'emballés ou ceux avec un emballage recyclable (carton) plutôt que d'autres (films plastiques).

L'entrepreneur veillera, par l'intermédiaire d'un responsable déchet du chantier, à assurer l'enlèvement et le tri des déchets au fur et à mesure de l'avancement des travaux. De plus, les différents intervenants sur le chantier devront être sensibilisés au tri des déchets via des affichages par exemple.

Les déchets dangereux et les déchets poussiéreux ou solubles devront faire l'objet d'une protection spécifique vis-à-vis des conditions climatiques :

- Une protection au vent en vue d'éviter leur dissémination ;
- Une protection vis-à-vis de la pluie en vue d'éviter une dissémination dans le sol ou un débordement du contenant.

Les déchets papiers-cartons devront également être stockés à l'abri de la pluie car, mouillés, ils ne sont plus recyclables. Enfin, l'étude souligne l'importance de veiller à ce que chaque type de déchet soit évacué selon la filière adéquate en prenant les mesures appropriées au niveau de leur manutention/stabilisation et/ou destruction. Les déchets valorisables seront valorisés dans des centres agréés. Le réemploi des déblais de terre sera orienté en fonction des législations régionales bruxelloise et flamande.

#### 8.1.2. Gestion de la propreté aux abords du site

La propreté des voiries aux abords du site est susceptible d'être dégradée. Le chantier devra donc prévoir les mesures suivantes :

- Un nettoyage régulier des trottoirs et des voiries bordant le site de manière à les laisser en état de service ;
- Un nettoyage des roues des véhicules quittant le chantier dans certains cas ;
- Recouvrement des camions de transport au moyen d'une bâche ;
- Des mesures strictes permettant d'éviter la dissémination des déchets par des facteurs naturels (pluie, vent).

Afin d'organiser au mieux la gestion de la propreté publique aux abords du chantier, il est recommandé d'élaborer une convention sur les responsabilités et les missions des différents intervenants pour l'ensemble de la durée de chantier.

Un accord entre la commune et Bruxelles Propreté devra également être établi afin que le ramassage des poubelles des riverains et commerçants impactés par la zone de chantier puisse continuer durant toute la durée du chantier, y compris au niveau des voiries qui seront coupées pendant le chantier. Une communication vis-à-vis des riverains devra également être prévue pour clarifier les modalités temporairement mises en place pour le ramassage des déchets durant le chantier.

En outre, la présence d'un chantier peut générer un apport de déchets via des dépôts sauvages. Des mesures adéquates en ce qui concerne la propreté des lieux, l'absence de recoins au niveau des palissades et l'évacuation régulière au fur et à mesure de l'apparition de tels déchets doivent permettre d'en limiter les quantités et les fréquences d'apparition.

## 8.2. Tableau de synthèse des recommandations

Incidences	Recommandations
Gestion des déchets sur le chantier	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimiser les métrés afin de réduire la production de déchets ;</li> <li>▪ Assurer l'enlèvement et le tri des déchets au fur et à mesure de l'avancement des travaux par l'entrepreneur ;</li> <li>▪ Sensibilisation des différents intervenants au tri des déchets ;</li> <li>▪ Veiller à ce que chaque type de déchet soit évacué selon la filière adéquate et prenant les mesures appropriées au niveau de leur manutention/stabilisation et/ou destruction ;</li> <li>▪ Valorisation des déchets valorisables dans des centres agréés ;</li> <li>▪ Protéger les déchets dangereux et les déchets poussiéreux : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Du vent en vue d'éviter leur dissémination ;</li> <li>○ De la pluie en vue d'éviter une dissémination dans le sol ou un débordement du contenant.</li> </ul> </li> <li>▪ Stocker les déchets papiers-cartons à l'abri de la pluie afin d'éviter qu'ils ne soient plus recyclables ;</li> <li>▪ Orienter le réemploi des déblais de terre en fonction des législations régionales.</li> </ul>
Dégradation potentielle de la propreté des abords du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nettoyer régulièrement les trottoirs et les voiries bordant le site de manière à les laisser en état de service ;</li> <li>▪ Nettoyer régulièrement les roues des véhicules quittant le chantier ;</li> <li>▪ Recouvrement des camions de transport au moyen d'une bâche ;</li> <li>▪ Limiter les quantités et les fréquences d'apparition de déchets via des dépôts sauvages en les évacuant régulièrement ;</li> <li>▪ Prévoir des mesures strictes afin d'éviter la dissémination des déchets par des facteurs naturels ;</li> <li>▪ Elaborer une convention sur les responsabilités et les missions des différents intervenants pour l'ensemble de la durée de chantier.</li> </ul>
Impact sur le ramassage des poubelles des riverains et des commerçants	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etablir un accord entre la commune et Bruxelles Propreté afin que le ramassage des poubelles des riverains et commerçants impactés par la zone de chantier puisse continuer durant toute la durée du chantier.</li> <li>▪ Informer les riverains des modalités temporairement mises en place pour le ramassage des déchets durant le chantier.</li> </ul>

**Tableau 64 : Synthèse des recommandations concernant les déchets durant la phase chantier (ARIES, 2020)**

## 9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Le tableau suivant synthétise les recommandations générales émises dans les différents domaines de l'environnement pour limiter les incidences du chantier de toutes les stations. Ces recommandations s'ajoutent aux recommandations applicables à chaque station et qui sont présentées dans les livres III Stations.

Le degré de priorité pour la mise en œuvre de la recommandation est indiqué par des symboles « + » allant de 1 à 3 :

- +++ : Priorité haute ;
- ++ : Priorité moyenne ;
- + : Priorité faible.

La colonne « Intervenant » indique à qui s'adresse la recommandation. Dans la plupart des cas, il s'agit du demandeur (Beliris et la STIB). Toutes les recommandations portent un numéro permettant de les identifier de manière unique afin d'en faciliter le suivi, précédé d'une lettre indiquant la station concernée (ou 'G' pour les recommandations du livre Généralités stations), elle-même précédée de la lettre C pour indiquer qu'il s'agit de recommandations relatives au chantier. Le numéro n'indique pas la hiérarchie des recommandations (se référer pour cela au degré de priorité identifié).

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
<b>Mobilité</b>				
Charroi de chantier	C.G.1	+++	Exiger, au moment du choix de l'adjudicataire des travaux, que les différentes entreprises produisent une note détaillée des options retenues pour le transport des déblais et des matériaux de construction pour la totalité du chantier du métro. Dans le but de limiter le charroi routier il faudra faire la démonstration que l'option chemin de fer a bien été étudiée à un niveau de détail suffisant visant à exploiter la ligne 26. De même, l'option via un transport fluvial doit faire la démonstration qu'une liaison au chemin de fer a bien été évaluée pour le transport de déblais et des matériaux de construction vers l'avant-port de Bruxelles. Au minimum pour les travaux opérants depuis le site du dépôt (tunnelier + dépôt) mais aussi pour la station Bordet.	Demandeur
	C.G.2	+++	Vu l'utilisation au minimum mais inévitable d'un itinéraire routier vers et depuis le canal, il est recommandé de prendre tous les contacts et les dispositions permettant la rénovation rapide de la rampe du Lion.	Demandeur
	C.G.3	++	Prendre contact avec les administrations et le port de Bruxelles pour connaître le statut de la procédure judiciaire visant au maintien de la voie ferrée vers les quais de l'avant-port de Bruxelles.	Demandeur
Stationnement durant le chantier	C.G.4	++	En ce qui concerne le stationnement en phase de chantier, la demande de PU de manière générale ne prévoit pas de stationnement pour véhicules des ouvriers dans les emprises des zones de chantiers des différentes stations. Au vu de la pression globale du stationnement automobile à proximité du futur chantier, il nous semble opportun, afin de limiter l'impact qu'engendrerait les véhicules des ouvriers sur ce même stationnement, de prévoir des places spécifiques dans l'emprise des zones de chantier des stations. Prévoir également une zone d'attente pour les camions de chantier au sein du périmètre de chantier de chaque station.	Demandeur
Coordination des chantiers	C.G.5	+++	Veiller à la bonne coordination entre le chantier du métro, les autres chantiers planifiés à la même échéance et les autres projets de rénovation de voirie qui auront été autorisés d'ici-là.	Demandeur
<b>Urbanisme</b>				
Traitement des clôtures et des passages piétons	C.G.6	++	Le périmètre du chantier devra être délimité par une clôture opaque, idéalement avec des variations de tonalités et couleurs. En fonction de l'état d'avancement du chantier, ce périmètre occupera une partie ou l'entièreté du site du projet. Les habitations devront rester accessibles.	Demandeur

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
 9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
			Les passages piétons et trottoirs en bordure de la clôture devront être protégés (construction d'un « tunnel » de protection si nécessaire) et le chantier sera clairement signalé à la population circulant à proximité de la zone délimitée. La surface de clôture ou d'échafaudage pourra être utilisée comme support d'information ou encore d'expression artistique (éventuellement en rapport avec la réalisation à venir).	
Localisation et traitement des panneaux de chantier	C.G.7	++	Au même titre que la délimitation du chantier, les panneaux de chantier sont obligatoires. Ils informent les riverains sur le projet. Les renseignements d'identification du chantier doivent s'y trouver (les coordonnées du maître de l'ouvrage, des auteurs de projet, des entreprises chargées du projet, etc.). Ces panneaux devront être placés dès le début de l'installation du chantier.	Demandeur
Protection des constructions et infrastructures existantes aux abords du chantier	C.G.8	++	Veiller à n'endommager aucun bien ni infrastructure présents sur le périmètre du chantier.	Demandeur
<b>Domaine socio-économique</b>				
Nécessité de développer une stratégie d'information et de communication auprès des différentes catégories d'usagers du quartier	C.G.9	++	Mise en place par le demandeur : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ D'une communication chantier via un affichage et/ou l'organisation de réunions régulières d'information et/ou un agent spécifique dédié à la communication et/ou via le site web de la commune</li> <li>▪ Politique d'accompagnement du chantier via l'organisation de réunions et/ou la création d'une cellule d'accompagnement</li> </ul>	Demandeur
Risque de réduction des conditions d'accès aux activités économiques et logements présents	C.G.10	++	Prévoir un aménagement de qualité aux abords du chantier : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir une largeur suffisante sur les trottoirs longeant les façades permettant d'accéder aux activités économiques et aux logements ;</li> <li>▪ Maintenir un état, un éclairage suffisant et la propreté au sein et aux abords de l'emprise du chantier.</li> </ul>	Demandeur

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
 9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
au droit de l'emprise du chantier				
<b>Sols et eaux</b>				
Risque de pollution du sol et de l'eau souterraine lors du chantier	C.G.11	++	Réaliser l'entretien des engins de chantier, prévoir une aire étanche pour le stockage des produits polluants, prévoir des kits d'intervention rapide, prévoir une cuve à double parois et un bac de rétention, un stockage des produits liquides sur bac de rétention, l'utilisation d'une huile de décoffrage biodégradable, la mise en place d'un bac de rétention sous le cuffa, un filtrage des eaux et de rejet lors du nettoyage des camions béton/cuffa.	Demandeur
Ruissellement et coulées boueuses	C.G.12	++	Eviter de stocker les terres excavées en tas à fortes pentes.	Demandeur
Réduction de la capacité d'infiltration du sol	C.G.13	++	Éviter la compaction du sol au droit des zones d'infiltration ; Eviter l'apport de fines particules risquant de favoriser le colmatage.	Demandeur
Eaux souterraines	C.G.14	++	Réaliser une étude spécifique afin de confirmer/affiner l'impact de ce rabattement ainsi que les débits attendus. Si possible, il est recommandé de réaliser une simulation en régime transitoire, au droit de la station.	Demandeur
Gestion des eaux usées	C.G.15	+	Réaliser un plan localisant avec précision les points de rejet de ces eaux usées, ainsi qu'une estimation des débits attendus lors de la phase d'étude exécution.	Demandeur
Dégâts aux conduites	C.G.16	++	Réaliser une étude spécifique sur le risque de dégâts sur les réseaux existants. Dans le cas où le risque ne peut être exclu, un déplacement ou renforcement des réseaux impactés devra être réalisé.	Demandeur
<b>Faune et flore</b>				
Abattage et défrichage des zones arbustives	C.G.17	++	L'abattage des arbres suivra les règles en vigueur en ce qui concerne la période de d'abattage. Suivant l' « Ordonnance relative à la conservation de la nature » datant du 1er mars 2012 et plus précisément l'article 68 (protection des espèces animales), il est interdit de procéder à des travaux d'élagage d'arbres avec des outils motorisés et d'abattage d'arbres entre le 1er avril et le 15 août (sauf pour des raisons impératives de sécurité).	Demandeur
Risque de blessures ou impacts sur les arbres à maintenir	C.G.18	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Veiller à protéger le système racinaire des arbres, en particulier ceux qui surplombent les circuits d'impétrants ;</li> <li>▪ Éviter toute coupe ou élagage drastique : si des branches sont jugées gênantes ou dangereuses, une taille préventive sera effectuée par des spécialistes en évitant toute taille radicale ;</li> </ul>	Demandeur

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
 9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Préserver les arbres des poussières, des fumées et forte températures provoquées par les feus ainsi que des gaz émanant de produits toxiques volatiles ;</li> <li>▪ Éviter toute pollution du sol par des matériaux ou produits nocifs ;</li> <li>▪ Interdire toute circulation au pied des arbres ;</li> <li>▪ Ne pas modifier la structure ou nature du sol ;</li> <li>▪ Éviter les coups sur le tronc et l'arrachage des branches ;</li> <li>▪ Proscrire tout dépôt de matériaux, même provisoire, sur le périmètre des racines ;</li> <li>▪ Interdire la coupe de racine et privilégier le cas échéant le forage dirigé plutôt que les fouilles et les tranchées ;</li> <li>▪ Ne pas modifier les conditions hydriques du sol ou dans les cas extrêmes, compenser par des arrosages fréquents ;</li> <li>▪ Une protection en enclos sera constituée autour des arbres à préserver. Cette enceinte centrée autour de l'arbre aura une surface de 2 à 4 m<sup>2</sup>, et sera constituée de madriers et de palissades (bois, grillage métallique, barrières de type " Heras ") avec une hauteur de minimum 2 m.</li> </ul>	
<b>Qualité de l'air</b>				
Emission de poussière	C.G.19	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lors du chantier lui-même, limiter l'émission de poussières et leur dispersion par le vent en humidifiant les dépôts de stockage des déblais et en couvrant les bennes et conteneurs au moyen de bâches.</li> <li>▪ Limiter l'émission de poussières provoquée par le charroi et leur dispersion par le vent en procédant notamment :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Au recouvrement des camions de transport au moyen d'une bâche ;</li> <li>○ A l'aspersion d'eau et au nettoyage régulier des voies d'accès et des voiries proches du chantier ;</li> <li>○ Au nettoyage des camions (et notamment de leurs roues) avant leur trajet.</li> </ul> </li> </ul>	Demandeur
<b>Environnement sonore et vibratoire</b>				
Nuisances liées aux activités des engins de chantier	C.G.20	+++	Bruit : utiliser un mur anti-bruit, utiliser des machines et équipements marqués CE attestant du respect des niveaux sonores, enfermer ou isoler les équipements les plus bruyants, localiser les sources sonores dans les tranchées, employer des machines peu bruyantes, limiter la durée d'apparition du bruit, aménager un plan de circulation pour limiter l'utilisation de la sirène de recul, imposer le port de protection auditives aux travailleurs exposés, fixer un horaire de chantier, maintenir une bonne communication avec les riverains.	Demandeur

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
 9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
			Vibration : étudier l'emplacement des sources, privilégier les techniques de constructions peu génératrices de vibrations, prévoir des dispositifs antivibratiles, assurer un bon entretien du matériel, respecter les préconisations pour les compacteurs ou les travaux d'excavation et de démolition.	
Nuisances liées au charroi et trafic de chantier	C.G.21	+++	Bruit : établir un plan de circulation des poids lourds, aménager des zones de chargements/déchargements protégées, limiter le nombre de camions par jour, limiter les bruits durant les chargements/déchargements, respecter les limitations de vitesses, interdire l'arrêt ou le stationnement moteur en marche des camions, éviter le trafic de marchandises. Réaliser un monitoring pendant le chantier pour prévenir d'éventuels litiges Vibration : éviter le trafic de marchandises, limiter les charges à l'essieu, limiter la vitesse des véhicules, réparer rapidement les dommages à la surface des routes	Demandeur
<b>Être humain</b>				
Communication relative au chantier	C.G.22	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nommer un « médiateur de chantier » pour chaque station, qui assurera le relais en termes de communication entre d'une part Beliris, la STIB et la Région bruxelloise, et d'autre part les riverains et commerçants des différentes zones de chantier, et ce via les communes. Ce rôle de point de contact est primordial pour le bon déroulement du chantier et pour la prise en compte des besoins des riverains et commerçants durant le chantier.</li> </ul>	Demandeur, administrations
Sécurité objective et sécurité subjective	C.G.23	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Appliquer et respecter le Règlement Général pour la Protection du Travail et l'A.R du 25 janvier 2001 concernant les chantiers temporaires ou mobiles ;</li> <li>▪ Établir un plan de sécurité et veiller à sa bonne mise en œuvre lors du chantier ;</li> <li>▪ Stabiliser les palissades provisoires et les munir de portails pouvant être verrouillés aux différents accès piétons et charroi afin d'empêcher l'intrusion de personnes étrangères au chantier ;</li> <li>▪ Définir les aires de stockage en organisant le chantier afin de réduire les risques liés à la manutention et au transport de matériaux ;</li> <li>▪ Sécuriser l'accès au poste haute tension et à la zone de stockage des produits dangereux ;</li> <li>▪ Mettre en place une signalisation adéquate sur les palissades et sur les différentes zones du chantier afin d'interdire l'accès aux personnes non compétentes ;</li> <li>▪ Le cas échéant, munir les échafaudages de plinthes et de garde-corps afin de réduire les risques de chute ;</li> <li>▪ Mettre en œuvre les précautions particulières lors du montage des grues et des autres engins de levage ;</li> </ul>	Demandeur

Partie 2 : Analyse et recommandations générales sur le chantier  
 9. Synthèse des recommandations générales relatives au chantier

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mettre en place un parcours fléché et sécurisé lorsque les parcours piétonniers et cyclistes des voiries attenantes au chantier sont entravés ;</li> <li>▪ Identifier les impétrants localisés autour de l'emprise de la station par une signalétique visible et adéquate ;</li> <li>▪ Placer un éclairage uniforme sur les palissades extérieures à une distance régulière ;</li> <li>▪ Surveiller le chantier en dehors des heures de travail pendant les derniers mois de manière à en empêcher l'accès et à sécuriser les objets et équipements de valeur ;</li> <li>▪ Nettoyer de façon suffisante les trottoirs et les voiries bordant le site de manière à les laisser en état de service.</li> </ul>	
<b>Déchets</b>				
Gestion des déchets sur le chantier	C.G.24	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimiser les métrés afin de réduire la production de déchets ;</li> <li>▪ Assurer l'enlèvement et le tri des déchets au fur et à mesure de l'avancement des travaux par l'entrepreneur ;</li> <li>▪ Sensibilisation des différents intervenants au tri des déchets ;</li> <li>▪ Veiller à ce que chaque type de déchet soit évacué selon la filière adéquate et prenant les mesures appropriées au niveau de leur manutention/stabilisation et/ou destruction ;</li> <li>▪ Valorisation des déchets valorisables dans des centres agréés ;</li> <li>▪ Protéger les déchets dangereux et les déchets poussiéreux du vent en vue d'éviter leur dissémination et de la pluie en vue d'éviter une dissémination dans le sol ou un débordement du contenant ;</li> <li>▪ Stocker les déchets papiers-cartons à l'abri de la pluie afin d'éviter qu'ils ne soient plus recyclables ;</li> <li>▪ Orienter le réemploi des déblais de terre en fonction des législations régionales.</li> </ul>	Demandeur
Dégradation potentielle de la propreté des abords du site	C.G.25	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nettoyer régulièrement les trottoirs et les voiries bordant le site de manière à les laisser en état de service ;</li> <li>▪ Nettoyer régulièrement les roues des véhicules quittant le chantier ;</li> <li>▪ Recouvrement des camions de transport au moyen d'une bâche ;</li> <li>▪ Limiter les quantités et les fréquences d'apparition de déchets via des dépôts sauvages en les évacuant régulièrement ;</li> <li>▪ Prévoir des mesures strictes afin d'éviter la dissémination des déchets par des facteurs naturels ;</li> <li>▪ Elaborer une convention sur les responsabilités et les missions des différents intervenants pour l'ensemble de la durée de chantier.</li> </ul>	Demandeur

Incidences	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
Impact sur le ramassage des poubelles des riverains et des commerçants	C.G.26	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etablir un accord entre la commune et Bruxelles Propreté afin que le ramassage des poubelles des riverains et commerçants impactés par la zone de chantier puisse continuer durant toute la durée du chantier et ce même si les sacs sont déposés dans la zone de chantier.</li> <li>▪ Informer les riverains des modalités temporairement mises en place pour le ramassage des déchets durant le chantier.</li> <li>▪ Mettre en place un totem (à charge de l'ABP) aux points de collecte déterminés par l'agence.</li> <li>▪ Prévoir des points de collecte les plus pérennes possible pour éviter la confusion et les erreurs.</li> <li>▪ Eviter au maximum des points de collecte sur les endroits patrimoniaux ou de passage (place Colignon, Square Riga)</li> <li>▪ Eviter le stockage de matériau et de toilettes de chantier sur ces mêmes endroits.</li> </ul>	Demandeur, Agence Bruxelles Propreté

**Tableau 65 : Synthèse des recommandations concernant les chantiers de toutes les stations (ARIES, 2021)**



## **Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale**



## 1. Interactions concernant toutes les stations et recommandations finales

### 1.1. Qualité et végétalisation de l'espace public (urbanisme, paysage, mobilité, eaux de surface, être humain)

#### Rappel du constat posé en termes de qualité des abords des stations

Le chargé d'étude a constaté l'absence de projet cohérent proposé pour les espaces publics situés aux abords des futures stations de métro.

Dans le cadre de la demande de permis introduite, l'exercice de conception et d'aménagement des espaces publics entourant les futures stations de métro n'a pas été réalisé jusqu'au bout et le demandeur n'est pas rentré dans le détail des espaces publics, raison pour laquelle il existe d'ailleurs de nombreuses incohérences dans le dossier au niveau des plans d'aménagement. Ceci est lié au fait qu'il avait été décidé de réaliser un concours architectural pour la conception des espaces publics de chaque station. Or ce concours n'a pas encore eu lieu. Les aménagements proposés au stade actuel répondent donc plutôt à des contraintes techniques liées à la construction de la station, et patrimoniales dans certains cas (Riga et Colignon) et n'englobent pas une réelle volonté d'améliorer l'espace public alors que ce besoin est particulièrement criant dans plusieurs cas.

#### Rappel des recommandations par thématique

Domaine	Recommandation
Urbanisme	Prévoir des traitements des aménagements en surface cohérents avec les aménagements en surface existants hors des périmètres d'intervention, afin de favoriser l'intégration des projets dans leurs contextes urbains.
	Prévoir des éléments de mobilier urbain (des bancs, des lampadaires, etc.) conformes et cohérents avec les vadémécums de mobilier urbain existants dans les respectives communes au moment de la mise en œuvre du projet.
	Déminéraliser davantage l'espace public. Il est possible de prévoir davantage de revêtements semi-perméables ainsi que des fosses de plantations, etc.
Eaux de surface	Afin d'améliorer la gestion des eaux : <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Mettre en place la variante 'eaux d'infiltration' permettant le rejet des eaux de drainage des stations et du tunnel vers les eaux de surface.</li><li>▪ Mettre en place des toitures vertes sur les toitures plates des stations ;</li><li>▪ Mettre en place des dispositifs de tamponnement/infiltration privilégiant les dispositifs à ciel ouvert et végétalisés comme des noues, fossés, jardins et arbres de pluies, bassins secs, etc. ;</li><li>▪ Prévoir un dispositif d'infiltration sans rejet pour les eaux pluviales des surfaces imperméables (de l'ordre de 8 l/m<sup>2</sup>)</li><li>▪ Prévoir un volume de tamponnement/infiltration dimensionné sur base de 40 l/m<sup>2</sup> de surfaces imperméabilisées.</li><li>▪ Favoriser la mise en place de revêtements (semi-)perméables au sein du périmètre, particulièrement au niveau des trottoirs et des cheminements</li></ul>

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
1. Interactions concernant toutes les stations et recommandations finales

Faune et flore	Végétaliser davantage les abords des stations dans le cadre des réaménagements prévus pour les espaces publics.
	<p>Les fosses de plantation respectent les règles cumulatives suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1° être exemptes de toute fondation de bordure et de tout débris de chantier ;</li> <li>○ 2° présenter un volume de terre arable accessible pour le système racinaire de l'arbre, déterminé en fonction de la hauteur du sujet à maturité : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 10 m<sup>3</sup> pour les essences de 3<sup>e</sup> grandeur (10 m ≤ h &lt; 15 m) ;</li> <li>▪ 15 m<sup>3</sup> pour les essences de 2<sup>e</sup> grandeur (15 m ≤ h &lt; 20 m) ;</li> <li>▪ 20 m<sup>3</sup> pour les essences de 1<sup>ère</sup> grandeur (h ≥ 20 m) ;</li> </ul> </li> <li>○ Utiliser des terres fertiles adaptées au développement des arbres</li> </ul> <p>Pour subvenir aux besoins hydriques des arbres, créer des cuvettes d'arrosage ou autres systèmes d'irrigation (ex : drains). Les eaux pluviales peuvent en partie être redirigées dans ces cuvettes d'arrosage à condition d'avoir un substrat drainant. Ces plantations, au même titre que les autres espaces verts pourront aussi être arrosées avec les eaux qui seront récupérées au sein des stations (eaux 'infiltration/drainage).</p>
	<p>Choisir judicieusement les espèces à planter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Choisir des espèces indigènes et non les résineux ;</li> <li>○ Privilégier les espèces mellifères ;</li> </ul> <p>Respecter l'Ordonnance relative à la conservation de la nature du 1 mars 2012, en ce qui concerne l'introduction d'espèces invasives</p>

**Tableau 66 : Recommandations entrant en interaction au sujet de qualité des espaces publics autour des stations (ARIES, 2021)**

### **Recommandation finale**

La première recommandation générale est **d'améliorer** la demande de permis en termes de composition et de finitions prévues pour les espaces publics. Même si un concours n'a pas lieu, il faut déterminer un réel projet architectural et paysager pour chaque station.

Pour ce faire, la réflexion doit être portée de manière différente pour chaque station afin de prendre en compte les contraintes et opportunités de chaque lieu. Les impératifs locaux ont été résumés dans les livres stations, dans la partie Interactions et conclusions. La visibilité de la station dans l'espace public doit être dans tous les cas un élément important dans la conception de cet espace.

De manière générale, il y a lieu de renforcer partout où c'est possible la **végétalisation** des espaces publics, avec comme objectifs d'améliorer la gestion des eaux, d'augmenter la biodiversité en ville, de lutter contre les îlots de chaleur, etc. Il y a lieu de déminéraliser le plus de zones possibles dans l'espace public et d'aménager des zones perméables ou semi-perméables (pavés drainants, pavés à joints élargis, etc.). Partout où c'est possible, compte tenu des contraintes locales (notamment en termes de circulation piétonne), il est recommandé d'intégrer à l'espace public des ouvrages permettant l'infiltration et la **gestion à la parcelle des eaux** ruisselant sur les abords imperméabilisés (noues, arbres de pluie, jardins de pluie, petits bassins secs, etc.). La présence de végétation doit être envisagée dès que possible, sous forme d'arbres, arbustes et massifs arbustifs, parterres, etc. Afin d'augmenter la biodiversité, il est recommandé de diversifier les types d'espaces et les espèces végétales choisies. Les plantes indigènes et les plantes mellifères doivent être privilégiées en priorité.

## **1.2. Accessibilité PMR aux quais de métro et qualité des cheminements dans les stations et services disponibles (mobilité, être humain, urbanisme)**

### **Rappel des recommandations**

Les recommandations suivantes visent à assurer une bonne accessibilité au métro et aux services disponibles pour les personnes à mobilité réduite (PMR) mais aussi pour les autres voyageurs, que ce soit au niveau des quais ou de la station dans son ensemble :

- Dans toutes les stations, prévoir une desserte de chaque quai par deux ascenseurs accessibles aux PMR. Ces ascenseurs devront dans la mesure du possible relier directement les quais à la surface afin d'éviter les ruptures de charge et les trajets inutiles aux PMR. La position de ces ascenseurs devra permettre une visibilité aisée de ceux-ci par les PMR ;
- Communiquer via le site web de la STIB et les applications sur la disponibilité des ascenseurs en temps réel pour cette nouvelle station comme c'est le cas pour les autres stations existantes
- Assurer un dégagement plus généreux au débouché des ascenseurs en station et en surface de manière à garantir une bonne visibilité et un minimum de sécurité /contrôle social ;
- Adapter toutes les traversées piétonnes et les aménagements de l'espace public aux réglementations en vigueur et guides de bonnes pratiques – Vademecum 4 directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous ;
- Adapter l'ensemble de la station (quais, matériel roulant, ...) aux normes PMR. Vérifier aussi problème de franchissement de la lacune + Clarifier et détailler les matériaux qui seront utilisés pour les revêtements de surfaces (contraste, antidérapant...)
- Prévoir des toilettes publiques mixtes et accessibles aux PMR au sein des 7 stations.

Toutes ces recommandations convergent dans le même objectif et se renforcent donc.

### 1.3. Parkings vélo (mobilité, urbanisme)

#### Analyse à l'échelle de toutes les stations

Le tableau suivant résume l'analyse des besoins en stationnement vélo pour toutes les stations, afin d'avoir une vue globale à l'échelle de l'ensemble du projet.

Station	Nombre de places total prévu dans le projet	Nombre de places recommandées par le chargé d'étude
Bordet	Local sécurisé de 400 places 120 places extérieures	Nombre suffisant prévu dans le projet
Paix	Pas de local sécurisé dans la station 28 places sous l'auvent 18 places extérieures	100 places à prévoir au minimum dont : 60 places dans un local sécurisé à créer 40 places extérieures
Tilleul	Pas de local sécurisé dans la station 19 places sous l'auvent 31 places extérieures	150 places à prévoir au minimum dont : 90 places dans un local sécurisé à créer 60 places extérieures
Riga	Local sécurisé de 60 places 60 places extérieures	150 places à prévoir au minimum dont : 90 places dans un local sécurisé 60 places extérieures
Verboekhoven	Plusieurs locaux sécurisés pour un total de 158 places 38 places extérieures	300 places à prévoir au minimum dont : 250 places dans un local sécurisé 50 places extérieures
Colignon	Pas de local sécurisé dans la station 10 places extérieures (au lieu de 61 aujourd'hui)	120 places à prévoir au minimum dont : 70 places dans un local sécurisé à créer 50 places extérieures
Liedts	Pas de local sécurisé dans la station 48 places extérieures (au lieu de 26 aujourd'hui)	100 places à prévoir au minimum dont : 60 places dans un local sécurisé à créer 40 places extérieures

**Tableau 67 : Résumé des besoins en stationnement vélo (ARIES, 2021)**

#### Recommandation finale

Comme illustré dans ce tableau, hormis pour Bordet, il faut augmenter le nombre de places vélo prévu pour chaque station. Il y a lieu de créer des locaux vélo sécurisés dans toutes les stations qui n'en ont pas (Paix, Tilleul, Colignon, Liedts), d'augmenter l'offre en stationnement sécurisé dans les stations disposant déjà de locaux vélo (Riga, Verboekhoven), et d'augmenter l'offre en arceaux dans l'espace public autour des stations. En effet, l'intermodalité entre le vélo et le métro doit être optimisée. Par ailleurs, l'aménagement des locaux vélo doit répondre aux recommandations du Vademecum vélo.

Les chiffres indiqués ici correspondent aux besoins en stationnement liés uniquement aux voyageurs utilisant le métro, et ne prend pas en compte les besoins liés à d'autres fonctions (logements, équipements) autour de la station. Dans plusieurs cas (Colignon, Liedts, Verboekhoven), les besoins en stationnement vélo liés à ces autres fonctions sont potentiellement importants, par exemple du stationnement vélo sécurisé pour les riverains ou

encore du stationnement vélo en voirie pour les visiteurs se rendant à la maison communale de Schaerbeek. Dès lors, il est recommandé d'étudier la possibilité d'intégrer à l'intérieur des stations et dans les abords du parking supplémentaire (en plus des chiffres indiqués ci-dessus) pour répondre aux besoins des autres fonctions présentes autour de la station.

## 1.4. Stationnement voitures et autres véhicules motorisés

### Analyse à l'échelle de toutes les stations

Dans toutes les stations, les réaménagements de surface conduisent à la suppression d'emplacements de stationnement afin d'améliorer la qualité des espaces publics destinés aux modes actifs en lien avec les nouvelles stations de métro. Le tableau suivant résume l'impact en matière de stationnement voitures pour toutes les stations, afin d'avoir une vue globale à l'échelle de l'ensemble du projet.

Station	Nombre de places existantes dans le périmètre d'intervention	Nombre de places projetées dans le périmètre d'intervention	Différence (= nombre de places supprimées dans l'espace public)	Nombre de places supprimées sur terrain privé
Bordet	37 places	0 places	-37 places	126 places (liées au bureau - ex ING)
Paix	26 places	0 place	-26 places	Poche du commerce à démolir
Tilleul	137 places	45 places	-92 places	0
Riga	162 places	62 places	-100 places	0
Verboekhoven	34 places	22 places	-12 places	Environ 30 box de garage
Colignon	173 places	47 places	-126 places	0
Liedts	69 places	46 places	-23 places	0

**Tableau 68 : Résumé des impacts en termes de stationnement voitures (ARIES, 2021)**

Pour rappel, la suppression de ces places est partiellement compensée par le fait que l'arrivée d'un transport structurant tel que le métro permettra à terme une réduction des déplacements en voiture depuis et à destination des zones situées autour des stations.

### Recommandation finale

Afin de maîtriser l'impact de la perte de stationnement à l'échelle de l'ensemble du projet, les recommandations suivantes sont formulées à l'attention du demandeur :

- Conformément à l'arrêté du 18 juillet 2013, notifier à l'agence de stationnement, avant le démarrage des travaux, le nombre de places de stationnement en voirie supprimés dans le cadre du projet (détaillé par voirie/station) de manière à ce que l'agence de stationnement puisse communiquer les compensations hors voiries à prévoir. Cette compensation éventuelle pourra tenir compte du nouveau service de mobilité offert par l'infrastructure de métro.

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
1. Interactions concernant toutes les stations et recommandations finales

- Par ailleurs, le chargé d'étude recommande de prévoir aux abords de chaque station suffisamment de places réservées aux PMR et aux taxis, et ce, le plus proche possible des entrées de la station de métro.
- Il faut également prévoir la possibilité de garer temporairement un véhicule d'intervention urgente (STIB) à proximité des accès à la station.
- Enfin, il faut également veiller à optimiser l'intermodalité entre les bus et le métro et prévoir la possibilité de créer des arrêts de bus à proximité des stations, que ce soit de manière temporaire pour l'accueil des M-bus en situation d'interruption du métro, soit à plus long terme dans une optique de redéveloppement du réseau de transport de surface.

## 1.5. Toitures vertes (urbanisme, paysage, faune et flore, microclimat, eau, énergie)

### Rappel des recommandations par thématique

Domaine	Recommandation
Urbanisme	Verduriser la toiture plate des édicules des stations
Eaux de surface	Afin d'améliorer la gestion des eaux, mettre en place des toitures vertes sur les toitures plates des stations ;
Faune et flore	Réaliser une toiture verte semi-intensive (minimum 25 à 30 cm de substrat) sur les toits plats des bâtiments des stations ;
Energie	Mettre en œuvre une toiture verte semi-intensive en vue, notamment, de limiter le risque de surchauffe estivale dans le hall d'échange et la contribution du bâtiment à l'effet d'îlot de chaleur urbain.
	Pour les stations Verboekhoven, Tilleul, Paix et Bordet, analyser la faisabilité technique et économique de l'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture des édicules.
Microclimat	Prévoir une toiture verdurisée pour les pavillons d'accès aux stations, afin d'augmenter le nombre de surfaces verdurisées au sein du site et favoriser les phénomènes d'évaporation ou évapotranspiration qui contribuent au rafraîchissement de l'air.

**Tableau 69 : Recommandations entrant en interaction au sujet des toitures vertes des stations (ARIES, 2021)**

### Analyse de l'interaction

La végétalisation des toitures plates des édicules des stations est recommandée dans le cas des stations Bordet, Paix, Tilleul (au niveau de l'auvent entourant la serre) et Verboekhoven (dans le cas du maintien de la configuration actuelle de la station).

Cette verdurisation des toitures des stations est recommandée de manière convergente dans plusieurs thématiques : urbanisme, faune et flore, énergie, eaux de surface et microclimat. Souvent très visibles compte tenu du faible gabarit des édicules prévus, ces toitures constituent une « cinquième façade ». L'emprise des éléments techniques en toitures (grilles de ventilation, etc.) mérite d'être réduite au strict nécessaire et intégrée avec soin. Les toitures vertes permettent une végétalisation renforcée du périmètre et la diminution du phénomène d'îlot de chaleur.

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
1. Interactions concernant toutes les stations et recommandations finales

Le chapitre relatif à la faune et flore va même plus loin en recommandant des toitures semi-intensives, avec un substrat d'une épaisseur minimale de 25 à 30 cm, afin d'améliorer leur rôle écologique. Il s'agit donc de toitures plus évoluées que les toitures plates extensives au substrat plus fin et qui ne permettent que le développement d'une végétation de type mousses et sedums. Les toitures semi-intensives permettent le développement d'une végétation plus intéressante du point de vue de la biodiversité. Elles doivent par ailleurs être entretenues régulièrement afin que les plantes ne dépassent pas la taille souhaitée.

Dans le domaine de l'énergie, le chargé d'étude recommande d'analyser la faisabilité technique et économique de l'installation de panneaux solaires photovoltaïques pour les édicules des stations Verboekhoven, Tilleul, Paix et Bordet. La recommandation de pose de panneaux solaires n'est pas incompatible avec la verdurisation des toitures pour autant que des mesures soient prises pour assurer la bonne cohabitation des deux éléments. Dans cette optique, on peut par exemple citer les pistes suivantes : surélévation et écartement des panneaux, choix de plantes adaptées (plantes supportant l'ombre sous les panneaux, plantes pour zones ensoleillées entre les panneaux), bonne évacuation des eaux pluviales, prévision d'une zone de graviers récoltant l'eau ruisselant des panneaux en pente, etc.

Par ailleurs, les toitures vertes ne sont pas incompatibles avec la récupération des eaux de pluie. Le seul risque réside dans une coloration éventuelle de l'eau récupérée. Etant donné que l'eau de pluie servira à alimenter les toilettes des stations et arroser les plantations dans les abords, cela ne pose aucun problème d'utiliser une eau potentiellement colorée. Des filtres doivent être placés au niveau des citernes de récupération pour éviter les résidus de matière organique issus des toitures vertes.

### **Recommandation finale**

Les recommandations relatives aux toitures formulées dans les domaines cités ci-dessus restent toutes d'application étant donné qu'elles ne sont pas divergentes : toitures vertes semi-intensives, pose de panneaux solaires et récupération des eaux de pluie. Il est recommandé de chercher les solutions à mettre en œuvre pour que l'installation des panneaux solaires reste compatible avec le développement d'une toiture verte semi-intensive.

## **1.6. Eclairage des stations (urbanisme, microclimat, mobilité, énergie et sécurité)**

### **Rappel des principaux points de l'analyse**

Dans les stations dotées d'un édicule, celui-ci est généralement en grande partie vitrée. De manière générale, l'éclairage de la station en soirée peut générer une certaine pollution lumineuse au niveau de ces édicules et représenter une nuisance pour les riverains situés en vis-à-vis direct avec la station. Cette problématique a été particulièrement mise en évidence dans le cas des stations Tilleul (pour les riverains de la rue van Hamme au sud) et Verboekhoven (en intérieur d'îlot).

Par ailleurs, cette notion de nuisance visuelle liée à l'éclairage entre en interactions avec d'autres domaines : d'une part en termes de mobilité car l'éclairage d'une station doit également avoir comme objectif de rendre l'entrée à celle-ci parfaitement visible dans l'espace public, et d'autre part en termes de sécurité car l'éclairage d'une station et de ses abords doit

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
1. Interactions concernant toutes les stations et recommandations finales

également viser à assurer une ambiance suffisamment sécurisante en soirée pour les voyageurs.

Enfin, si le fait que certaines stations soient vitrées permet d'augmenter l'éclairage naturel à l'intérieur de celles-ci, cela représente également un risque en termes de surchauffe. Des recommandations ont été formulées à ce sujet.

### **Recommandation finale**

De manière générale, il est recommandé de prévoir un éclairage renforcé à proximité directe de l'entrée ou des entrées des stations, pour assurer une bonne visibilité et sécurité au niveau des entrées, mais de limiter le plus possible l'éclairage dû à la station aux autres endroits, en particulier en intérieur d'îlot.

Cette thématique est traitée au cas par cas dans les Livres Stations, où les recommandations finales applicables à chacune sont détaillées.

## **1.7. Fermeture de l'espace entre les portes palières et le plafond des quais (air, être humain)**

### **Rappel des recommandations par thématique**

Dans le domaine de l'être humain, il est recommandé de combler l'espace entre les portes palières et le plafond de la zone de quais. Cependant, cette recommandation pose question en termes de faisabilité pratique, la STIB ayant déjà émis des doutes à ce sujet. Par ailleurs, dans le domaine de la qualité de l'air, des portes palières complètes jusqu'au plafond peuvent augmenter les concentrations de polluants à l'intérieur des rames.

### **Recommandation finale**

La recommandation de combler l'espace entre les portes palières et le plafond des quais est abandonnée.

## **1.8. Circularité et origine des matériaux**

Dans le livre IV Bilan carbone, des recommandations sont formulées afin de choisir et d'utiliser le plus possible des matériaux locaux, recyclés et recyclables dans le cadre du projet métro nord. Ceci s'applique notamment lors du choix des matériaux de parachèvement des stations, de revêtement de sol des abords sur l'ensemble du périmètre d'intervention, etc. (aspects non pris en compte dans le bilan carbone réalisé).

Ces recommandations sont rappelées ici afin d'être prises en compte également dans le projet de réaménagement des abords des stations.

Il s'agira d'une part de prendre en considération la **nature** des matériaux elle-même, mais également leur **degré de transformation**, leur **origine géographique** et leur **mode d'acheminement**.

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
1. Interactions concernant toutes les stations et recommandations finales

D'autre part, il y a lieu de prendre en compte du potentiel de réemploi, de réutilisation et de recyclabilité dans le choix des matériaux. La production de nouveaux matériaux engendre en effet des émissions de gaz à effet de serre, parfois très importantes. Afin de limiter ces émissions, il est nécessaire d'analyser la potentielle exploitation des matériaux au moment à partir duquel ils ne sont plus utilisés pour leur destination initiale dans le projet. Il s'agit d'optimiser le futur **potentiel de réemploi** (utilisation d'un matériau pour le même usage), **de réutilisation** (nouvelle utilisation d'un matériau devenu déchet pour le même usage ou un usage détourné) **ou de recyclabilité** (utilisation de la matière première d'un déchet pour un autre usage, nécessitant un traitement plus important que dans le cas de la réutilisation) **des matériaux mis en œuvre**. Privilégier le réemploi au recyclage permet d'éviter les émissions liées au traitement des déchets. A cette fin, outre les critères présentés dans la recommandation précédente, il sera nécessaire d'opter pour des **matériaux de qualité**, présentant une **grande durée de vie** et une **grande résistance aux sollicitations** auxquelles ils sont amenés à être confrontés (usure, dégradations par vandalisme, salissures, ...).

Cette attention sera notamment apportée au niveau des matériaux à moindre durée de vie et faisant l'objet de remplacements plus fréquents, tels que les matériaux de parachèvement (murs, châssis, vitrages, protections solaires, ...) et des équipements (luminaires, ...).

Il s'agira par ailleurs de privilégier les **matériaux et des assemblages favorisant la déconstruction sélective**, permettant de ce fait la récupération des éléments mis en place sans dégradation. L'usage de matériaux composites, dont il est moins aisé de séparer les constituants en vue d'une réutilisation potentielle, sera limité autant que possible.

En ce qui concerne des matériaux de revêtement, tels que la pierre bleue, **l'utilisation d'éléments de plus grande taille** favorisera également leur emploi. Une plus grande liberté sera en effet laissée aux futurs utilisateurs de ces matériaux, en comparaison à des matériaux davantage débités en plus petits morceaux ou tronçons, dont les possibilités d'usages seront plus restreintes.

## 1.9. Gestion des eaux

La variante de gestion des eaux analysée dans le livre II Tunnel (voir Partie 4) consiste à envoyer les eaux de drainage (infiltration de la nappe dans le tunnel et les stations) et les eaux pluviales vers le réseau d'eaux de surface au lieu de vers les égouts. Deux connexions seraient créées depuis les points bas du tunnel : l'une à Tilleul vers le Kerkebeek et l'autre à la gare du Nord vers la Senne.

Il est recommandé de mettre en œuvre cette variante pour la gestion des eaux de drainage uniquement. Nous renvoyons le lecteur au livre Tunnel pour les détails techniques de mise en œuvre de cette recommandation.

Pour les eaux pluviales, une gestion locale est recommandée visant à maximiser l'infiltration autour de chaque station (voir ci-dessus point 1.1).

## 1.10. Chantier

### **Rappel de l'analyse**

L'analyse des impacts du chantier réalisée dans les livres Stations montre que le chantier du métro sera source de nuisances principalement en termes de bruit et vibrations, de poussières et de circulation. Les préoccupations majeures concernent plus particulièrement la place Colignon, l'intérieur d'îlot pour la station Verboekhoven, le front bâti autour de la place Liedts et l'académie de musique d'Evere à Paix.

### **Recommandation finale**

Des recommandations générales ont été formulées dans ce livre (voir Partie 2, point 9.) et dans les livres Station afin de limiter les nuisances du chantier.

Par ailleurs, afin de limiter les incidences liées au cumul du chantier du métro et d'autres chantiers dans les mêmes quartiers, il faut dès aujourd'hui veiller à la bonne coordination entre le chantier du métro, les autres chantiers planifiés à la même échéance et les autres projets de rénovation de voirie qui auront été autorisés d'ici-là. Plusieurs projets sont en effet attendus dans les prochaines années, notamment à Schaerbeek (dont la modification du boulevard Lambert). Cette coordination doit se faire en étroite collaboration avec les communes et autres administrations, via l'organe spécifique « Hypercoordination » mis en place.

Concernant l'organisation de l'ensemble des chantiers liés au métro nord, l'étude recommande également qu'une « autorisation cadre » soit délivrée par la Région, afin de détailler l'ensemble des conditions applicables quelle que soit la localisation du chantier, ainsi que les procédures globales de coordination. Ce permis devrait encadrer les conditions relatives notamment aux sujets suivants :

- charroi,
- stationnement,
- horaires,
- sécurité, surveillance et clôture,
- bruit et vibrations,
- coordination entre les différentes stations (itinéraires, etc.).

Ce permis cadre pourrait ensuite être décliné dans des permis communaux qui détaillent des préoccupations spécifiques locales.

L'organisation précise et l'articulation de ces permis entre eux doit faire l'objet d'un travail administratif préparatoire du côté de Beliris, pour déterminer notamment quel permis doit être demandé à quel moment, par qui et pour quel objet spécifique.

## 1.11. Contenu de la demande de permis

### **Recommandation finale**

A plusieurs reprises, des incohérences ont été observées au niveau du contenu de la demande de permis, notamment entre les plans d'architecture des stations et les plans d'aménagement des abords (nombre de places vélo, de places voitures, ...), ou au niveau des chiffres indiqués dans l'annexe I du formulaire PU. Ces incohérences ont été pointées dans les différents livres concernés. Il est recommandé de vérifier et de solutionner toutes ces incohérences avant le dépôt du dossier amendé.

Par ailleurs, il est recommandé également de :

- Représenter dans un plan d'expropriation les parcelles ou parties des parcelles à exproprier par le projet.
- Intégrer dans les plans la signalétique prévue dans les stations (localisation et traitement).
- Répertorier dans les plans d'abattage joints à la demande de permis amendée l'ensemble des arbres existants dans le périmètre d'intervention de chaque station et indiquer clairement ceux qui doivent être abattus dans le cadre du projet.
- Réaliser des plans amendés qui prennent en compte le déplacement/suppression des impétrants.

Certaines précisions doivent également être apportées en ce qui concerne la demande de permis d'environnement : il s'agit notamment de préciser les seuils, capacités et localisation des installations classées, ainsi que la localisation des prises et rejet d'air. Dans le cas de modification ou d'affinage des puissances des installations classées, il y a lieu d'intégrer également ces modifications dans le cadre de la demande de PE amendée. Il faut également localiser plus précisément les prises et rejets d'air sur les plans et clarifier la note technique relative à l'éclairage des stations (éclairage de sécurité et de secours).

Par ailleurs, le projet étant amené à évoluer afin de prendre en compte les recommandations formulées dans l'étude d'incidences, il y a lieu de veiller également, au stade du dossier amendé, à la bonne intégration et la cohérence de toutes les modifications liées aux amendements.

## 2. Synthèse des recommandations

Les tableaux suivants présentent l'ensemble des recommandations formulées dans la présente étude.

Sont d'abord présentées les recommandations citées dans les interactions, regroupées par thème d'interaction. Les autres recommandations, propres à un domaine de l'environnement, sont ensuite présentées. Le degré de priorité pour la mise en œuvre de la recommandation est indiqué par des symboles « + » allant de 1 à 3 :

- +++ : Priorité haute ;
- ++ : Priorité moyenne ;
- + : Priorité faible.

La colonne « Intervenant » indique à qui s'adresse la recommandation. Dans la plupart des cas, il s'agit du demandeur (Beliris et la STIB). Toutes les recommandations portent un numéro permettant de les identifier de manière unique afin d'en faciliter le suivi, précédé d'une lettre indiquant la station concernée (ou 'G' pour les recommandations du livre Généralités stations). Ce numéro n'indique pas la hiérarchie des recommandations (se référer pour cela au degré de priorité identifié).

Ce tableau de synthèse reprend le contenu des mesures et recommandations issues de l'analyse réalisée dans le cadre de l'étude d'incidences en vue d'en permettre le suivi dans la suite de la procédure. Il n'est cependant pas possible de reprendre dans un tableau de synthèse l'ensemble des nuances associées à chacune des recommandations. Par ailleurs, des figures et schémas se trouvent dans le chapitre et ne peuvent être repris sous forme de tableau. Nous invitons dès lors le lecteur qui désire prendre connaissance de l'ensemble des recommandations dans leur détail, à consulter les chapitres concernés de l'étude d'incidences.

Les recommandations présentes dans le présent livre sont celles qui s'appliquent à **toutes** les stations. Les livres Stations reprennent eux de manière différenciée les recommandations relatives à chaque station spécifiquement. Pour chaque station il y a donc lieu de suivre les recommandations générales du présent livre III Généralités Stations **et** les recommandations spécifiques reprises dans le livre spécifique relatif à cette station.

## 2.1. Recommandations mentionnées dans les interactions

Les recommandations convergentes reprises ci-dessus dans l'analyse des interactions sont synthétisées dans le tableau suivant. Etant donné qu'elles convergent dans plusieurs domaines de l'environnement, on leur donne une priorité relativement élevée étant donné qu'elles peuvent chacune répondre à plusieurs enjeux spécifiques à la fois.

Incidence(s)	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
<b>Recommandations issues de l'analyse des interactions</b>				
<b>Qualité et végétalisation de l'espace public (urbanisme, paysage, faune et flore, microclimat, eau, mobilité, être humain)</b>				
Absence de projet cohérent pour les espaces publics	G.0.1	+++	Recommandation globale pour cette interaction : Améliorer la demande de permis en termes de composition et de finitions pour les espaces publics autour des stations, via un réel projet architectural et paysager adapté à chaque station. <i>NB : Les recommandations qui suivent sont à prendre en compte au sein de ces projets d'amélioration de chaque station.</i>	Demandeur, communes
Gestion des eaux des abords des stations	G.0.2	+++	Afin d'améliorer la gestion des eaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mettre en place la variante 'eaux d'infiltration' permettant le rejet des eaux de drainage des stations et du tunnel vers les eaux de surface, gérer les eaux pluviales des 7 stations au plus proche de la source en appliquant les recommandations dans les livres concernés.</li> <li>▪ Mettre en place des toitures vertes sur toutes les toitures plates des édifices des stations ;</li> <li>▪ Mettre en place des dispositifs de tamponnement/infiltration privilégiant les dispositifs à ciel ouvert et végétalisés comme des noues, fossés, jardins et arbres de pluies, bassins secs, etc. ;</li> <li>▪ Prévoir un dispositif d'infiltration sans rejet pour les eaux pluviales des surfaces imperméables (de l'ordre de 8 l/m<sup>2</sup>)</li> <li>▪ Prévoir un volume de tamponnement/infiltration dimensionné sur base de 40 l/m<sup>2</sup> de surfaces imperméabilisées.</li> <li>▪ Favoriser la mise en place de revêtements (semi-)perméables au sein du périmètre, particulièrement au niveau des trottoirs et des cheminements, tout en garantissant l'accessibilité aux PMR (planéité et adhérence)</li> <li>▪ Réaliser des tests d'infiltration afin de dimensionner avec précision les dispositifs de tamponnement/infiltration</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Végétalisation des abords	G.0.3	+++	Végétaliser davantage les abords des stations dans le cadre des réaménagements prévus pour les espaces publics. La présence de végétation doit être envisagée dès que possible, sous forme diversifiée (arbres, arbustes et massifs arbustifs, parterres, etc.). Déminéraliser le plus possible les abords.	Demandeur
Aménagements de surface	G.0.4	++	Prévoir des traitements des aménagements en surface conformes au RRU, au cahier de l'accessibilité piétonne (vademeccum piéton régional) ainsi qu'à la charte régionale sur les revêtements piétons, en visant une cohérence avec les aménagements en surface existants hors des périmètres d'intervention, afin de favoriser l'intégration des projets dans leurs contextes urbains.  Le cas échéant, revoir les limites du périmètre de la demande de permis afin d'assurer cette cohérence.	Demandeur
Mobilier urbain et éléments techniques	G.0.5	++	Prévoir des éléments de mobilier urbain (des bancs, des lampadaires, etc.) conformes et cohérents avec les vadémécums de mobilier urbain existants dans les communes respectives au moment de la mise en œuvre du projet. Se référer également au Cahier de l'accessibilité piétonne (vademeccum régional) pour le choix des modèles de bancs afin que ceux-ci soient utilisables par les personnes ayant des difficultés à s'asseoir/se relever.  Lors de l'implantation d'éléments techniques (gaines de ventilation, sorties de secours), veiller à la bonne intégration urbanistique de ces éléments et choisir leur implantation de manière à gêner le moins possible les circulations. Il doit être envisagé en priorité d'intégrer les grilles de désenfumage et de ventilation dans le bâti existant afin de dégager l'espace public.	Demandeur
Conception des fosses d'arbres	G.0.6	++	Prévoir des fosses de plantation respectant les règles cumulatives suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1° être exemptes de toute fondation de bordure et de tout débris de chantier ;</li> <li>○ 2° présenter un volume de terre arable accessible pour le système racinaire de l'arbre, déterminé en fonction de la hauteur du sujet à maturité :                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 10 m<sup>3</sup> pour les essences de 3<sup>e</sup> grandeur (10 m ≤ h &lt; 15 m) ;</li> <li>▪ 15 m<sup>2</sup> pour les essences de 2<sup>e</sup> grandeur (15 m ≤ h &lt; 20 m) ;</li> <li>▪ 20 m<sup>3</sup> pour les essences de 1<sup>ère</sup> grandeur (h ≥ 20 m) ;</li> </ul> </li> <li>○ Utiliser des terres fertiles adaptées au développement des arbres</li> </ul> <p>Pour subvenir aux besoins hydriques des arbres, créer des cuvettes d'arrosage ou autres systèmes d'irrigation (ex : drains). Les eaux pluviales peuvent en partie être redirigées dans ces cuvettes d'arrosage à condition d'avoir un substrat drainant. Ces plantations, au même titre que les autres espaces verts pourront aussi être arrosées avec les eaux qui seront récupérées au sein des stations (eaux 'infiltration/drainage).</p>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Conception des espaces verts et choix des plantations	G.0.7	++	Diversifier les types d'espaces verts et les espèces végétales choisies afin de favoriser la biodiversité. Choisir judicieusement les espèces à planter : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Choisir des espèces indigènes et non les résineux ;</li> <li>○ Privilégier les espèces mellifères ;</li> <li>○ Respecter l'Ordonnance relative à la conservation de la nature du 1 mars 2012, en ce qui concerne l'introduction d'espèces invasives</li> </ul>	Demandeur
<b>Accessibilité PMR aux quais de métro et à la station (mobilité, être humain, urbanisme)</b>				
Accessibilité PMR aux quais depuis l'extérieur	G.0.8	+++	Prévoir une desserte de chaque quai du futur métro par deux ascenseurs accessibles aux PMR afin d'assurer l'accessibilité des quais même en cas de panne d'un ascenseur. Ces ascenseurs devront dans la mesure du possible relier directement les quais à la surface afin d'éviter les ruptures de charge et les trajets inutiles au PMR. La position de ces ascenseurs devra permettre une visibilité aisée de ceux-ci par les PMR.	Demandeur
	G.0.9	+	Communiquer via le site web de la STIB et les applications sur la disponibilité des ascenseurs en temps réel dans les différentes stations.	Demandeur
Accessibilité PMR dans la station	G.0.10	+++	Le matériel roulant, les quais et la station dans son ensemble devront être adaptés aux normes PMR éditées par la STIB dans sa politique d'accessibilité pour tous – <i>Personnes à besoins spécifiques – Mode d'emploi des services, février 2016</i> ainsi que répondre au Vademecum 4 – <i>Cahier de l'accessibilité piétonne – Directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous, juin 2014</i> (pictogrammes, accès, dénivelée maximale...);	Demandeur
	G.0.11	++	Prévoir des lignes de guidage podotactile pour guider les personnes déficientes visuelles depuis les entrées de la station jusqu'aux quais. Les directions sont indiquées en braille sur des bornes jaunes ;	Demandeur
Accessibilité PMR depuis et vers les rames de métro	G.0.12	++	Optimiser la lacune (c'est-à-dire l'espace entre le quai de la station et la rame de métro) à hauteur des portes PMR (portes 9 et 10) en répondant au minimum au critère Go/NOGO STIB, à savoir une porte métro est conforme quand la lacune verticale est comprise en -30 et +30 mm et la lacune horizontale entre 0 et 70 mm. Des solutions efficaces doivent être trouvées pour permettre un accès en autonomie et en toute sécurité pour tous au matériel roulant à venir mais aussi existant.	Demandeur
	G.0.13	+	Mettre en évidence les portes palières spécifiques aux PMR (portes 9 et 10) en plaçant un logo PMR sur celles-ci ;	Demandeur
	G.0.14	++	Placer une ligne de guidage podotactile au sol au bord des quais pour indiquer aux personnes malvoyantes la zone de danger à ne pas franchir ;	Demandeur
Absence de toilettes publiques dans certaines stations	G.0.15	+++	Prévoir des toilettes publiques mixtes et accessibles aux PMR <u>au sein des 7 stations</u>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Accessibilité PMR en surface	G.0.16	++	Adapter toutes les traversées piétonnes et les aménagements de l'espace public des abords des stations aux réglementations en vigueur et guides de bonnes pratiques – Vademecum 4 directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous ;	Demandeur
	G.0.17	+	Clarifier et détailler les matériaux qui seront utilisés pour les revêtements de surface (contraste, antidérapant...).	Demandeur
	G.0.18	++	Assurer un dégagement plus généreux au débouché des ascenseurs en station et en surface de manière à garantir une bonne visibilité et un minimum de sécurité /contrôle social	Demandeur
<b>Stationnement vélo (mobilité, urbanisme)</b>				
Accroissement de la demande en déplacements vélos et de la demande en stationnement vélos moyenne et longue durée	G.0.19	+++	Hormis pour Bordet, il faut augmenter le nombre de places vélo prévu pour chaque station. Il y a lieu de créer des locaux vélo sécurisés dans toutes les stations qui n'en ont pas (Paix, Tilleul, Colignon, Liedts), d'augmenter l'offre en stationnement sécurisé dans les stations disposant déjà de locaux vélo (Riga, Verboekhoven), et d'augmenter l'offre en arceaux dans l'espace public autour des stations (conformément aux recommandations dans les livres des stations concernées)	Demandeur, Parking. brussels
	G.0.20	+++	Prévoir au minimum un local vélo sécurisé dans chaque station pour du stationnement longue et moyenne durée. La répartition entre l'offre de stationnement sécurisée et celle en libre accès est maintenue comme pour les autres pôles intermodaux avec respectivement 60 % et 40%.	Demandeur
	G.0.21	++	Répondre aux exigences du Vademecum stationnement vélos qui recommande qu'au minimum 5% des places de stationnement soit réservé à des vélos spéciaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Espaces de stationnement spéciaux dotés d'une possibilité de verrouillage pour triporteurs, vélos électriques, vélos extra-longs et remorques ;</li> <li>▪ Coffres pour vélos de valeur ;</li> <li>▪ Crochets recouverts et possibilité de verrouillage pour suspendre les vélos de course légers ;</li> <li>▪ Coffres sur mesure pour vélos pliables</li> </ul> Prévoir une électrification suffisante de ces locaux vélos afin de permettre le rechargement des vélos électriques.	Demandeur
	G.0.22	+++	Etudier la possibilité d'intégrer à l'intérieur des stations et dans les abords du parking vélo supplémentaire pour répondre aux besoins des autres fonctions présentes autour de la station (logements, équipements)	Demandeur, communes
<b>Stationnement voitures et autres véhicules motorisés (mobilité, urbanisme)</b>				
Perte d'emplacements de stationnement voiture en lien avec les réaménagements des	G.0.23	+++	Conformément à l'arrêté du 18 juillet 2013, notifier à l'agence de stationnement, avant le démarrage des travaux, le nombre de places de stationnement en voirie supprimés dans le cadre du projet (détaillé par voirie/station) de manière à ce que l'agence de stationnement puisse communiquer les compensations hors voiries à prévoir. Cette compensation éventuelle pourra tenir compte du nouveau service de mobilité offert par l'infrastructure de métro.	Demandeur, Parking. brussels

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

espaces publics autour des stations				
Besoin d'emplacements PMR et taxis	G.0.24	+++	Prévoir aux abords de chaque station suffisamment de places réservées aux PMR et aux taxis, et ce, le plus proche possible des entrées de la station de métro.	Demandeur
Besoin d'emplacements pour interventions STIB	G.0.25	++	Prévoir la possibilité de garer temporairement un véhicule d'intervention urgente (STIB) à proximité des accès à la station.	Demandeur
Arrêts de bus en surface	G.0.26	++	Pour optimiser l'intermodalité entre les bus et le métro, prévoir la possibilité de créer des arrêts de bus à proximité des stations, que ce soit de manière temporaire pour l'accueil des M-bus en situation d'interruption du métro, soit à plus long terme dans une optique de redéveloppement du réseau de transport de surface	Demandeur
<b>Toitures vertes (urbanisme, eau, faune et flore, énergie, microclimat)</b>				
Verdurisation des toitures	G.0.27	+++	Prévoir une toiture verdurisée pour les édicules des stations, afin d'augmenter le nombre de surfaces verdurisées au sein du site et favoriser les phénomènes d'évaporation ou évapotranspiration qui contribuent au rafraîchissement de l'air. Cette recommandation est valable pour toutes les toitures plates et les toitures ayant une inclinaison de moins de 30°.	Demandeur
Type de toiture verte	G.0.28	+++	Réaliser cette toiture verte avec minimum 25 à 30 cm de substrat afin de créer une toiture verte semi-intensive favorable à la biodiversité. Entretien régulièrement cette toiture.	Demandeur
Panneaux photovoltaïques	G.0.29	+++	<p>Pour les stations Verboekhoven, Tilleul, Paix et Bordet, analyser la faisabilité technique et économique de l'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture des édicules. Dans ce cadre, chercher les solutions à mettre en œuvre pour que l'installation des panneaux solaires reste compatible avec le développement d'une toiture verte semi-intensive.</p> <p>En cas de développement de toitures végétalisées combinées avec le placement de panneaux solaires, il est nécessaire de mettre en œuvre notamment les mesures suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ L'angle d'inclinaison du panneau sera de minimum 20° ;</li> <li>○ Le bas du panneau sera surélevé de 20 cm au-dessus du substrat ;</li> <li>○ Les panneaux seront espacés d'au moins 80 cm ;</li> <li>○ Devant les panneaux solaires, l'épaisseur du substrat se limitera à maximum 8 cm sur une bande de 50 cm de largeur. Celle-ci comprendra une bande de gravier de 15 cm de largeur au pied du panneau. Les plantes choisies ne dépasseront pas 20 cm ;</li> <li>○ A l'arrière du panneau, l'épaisseur du substrat variera de 10 à 12 cm. La hauteur des plantes pourra atteindre 50 cm. En fonction de leur position et de l'orientation, elles seront choisies parmi les plantes de soleil ou de mi-ombre.</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Récupération de l'eau de pluie	G.0.30	++	Récupérer l'eau de pluie tombant sur les toitures vertes, placer les filtres adéquats et les réutiliser (par exemple pour les WC des stations et l'arrosage des abords)	Demandeur
<b>Eclairage des stations (urbanisme, microclimat, mobilité, énergie, sécurité)</b>				
Besoin de visibilité des accès des stations	G.0.31	++	Prévoir un éclairage renforcé à proximité directe des entrées des stations, pour assurer une bonne visibilité et sécurité	Demandeur
Risques de pollution lumineuse	G.0.32	++	Limiter le plus possible l'éclairage des stations en dehors des accès à celles-ci, en particulier en intérieur d'îlot	Demandeur
<b>Circularité et origine des matériaux</b>				
Potentiel de réemploi, de réutilisation et de recyclabilité dans le choix des matériaux	G.0.33	++	Prévoir des matériaux locaux (soit belges, soit européens) pour le traitement des aménagements en surface. Choisir des matériaux ayant le plus faible impact environnemental possible : prendre en considération la nature des matériaux, leur degré de transformation, leur origine géographique et leur mode d'acheminement. Prendre en compte du potentiel de réemploi, de réutilisation et de recyclabilité dans le choix des matériaux	Demandeur
<b>Chantier</b>				
Impacts cumulés du chantier métro et des autres chantiers	G.0.34	+++	Veiller à la bonne coordination entre le chantier du métro et ses différents aspects, et les autres chantiers planifiés à la même échéance. Cette coordination doit se faire en étroite collaboration avec les communes et autres administrations, via l'organe spécifique « Hypercoordination » mis en place	Organe d'hyper-coordination
	G.0.35	+++	Prendre également en compte dans l'hypercoordination les autres projets de rénovation ou modification de voirie qui auront été autorisés d'ici-là (projets communaux et régionaux)	Organe d'hyper-coordination
Conditions d'exploitation du chantier : besoin d'un « permis cadre »	G.0.36	+++	Concernant l'organisation de l'ensemble des chantiers liés au métro nord, l'étude recommande également qu'une « autorisation cadre » soit délivrée par la Région, afin de détailler l'ensemble des conditions applicables quelle que soit la localisation du chantier, ainsi que les procédures globales de coordination. Ce permis devrait encadrer les conditions relatives notamment aux sujets suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ charroi,</li> <li>▪ stationnement,</li> <li>▪ horaires,</li> <li>▪ sécurité, surveillance et clôture,</li> <li>▪ bruit et vibrations,</li> <li>▪ coordination entre les différentes stations (itinéraires, etc.).</li> </ul>	Beliris, Région bruxelloise

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

			Ce permis cadre pourrait ensuite être décliné dans des permis communaux qui détaillent des préoccupations spécifiques locales.	
	G.0.37	+++	L'organisation précise et l'articulation de ces permis entre eux doit faire l'objet d'un travail administratif préparatoire du côté de Beliris, pour déterminer notamment quel permis doit être demandé à quel moment, par qui et pour quel objet spécifique.	Beliris
<b>Contenu du dossier amendé</b>				
Incohérences identifiées dans la demande de permis	G.0.38	++	Mettre à jour tous les documents de la demande de permis (PU et PE) en fonction des évolutions apportées au projet suite à l'étude d'incidences. Veiller à la bonne cohérence et à la bonne intégration de toutes les modifications liées aux amendements.	Demandeur
	G.0.39	++	Vérifier et solutionner toutes les incohérences présentes dans la demande de permis introduite, par exemple en termes de plans d'aménagement de surface (nombre d'emplacements indiqués, ...), de chiffres indiqués dans le formulaire PU, de cohérence des légendes, etc.	Demandeur
Absence de plan d'expropriation	G.0.40	+	Pour les stations nécessitant des expropriations, représenter dans un plan d'expropriation les parcelles ou parties des parcelles à exproprier par le projet.	Demandeur
Absence d'informations concernant la signalétique dans les stations	G.0.41	+	Intégrer dans les plans du dossier amendé la signalétique prévue dans le projet (vers et dans la station). Indiquer la localisation et le traitement des éléments de signalisation.	Demandeur
Plans d'abattage incomplets ou incohérents	G.0.42	+	Clarifier les plans d'abattage joints à la demande de permis : répertorier dans les plans du dossier amendé l'ensemble des arbres existants dans le périmètre d'intervention de chaque station et indiquer clairement ceux qui doivent être abattus dans le cadre du projet	Demandeur
Déviations des impétrants	G.0.43	+	Réaliser des plans amendés qui prennent en compte le déplacement/suppression des impétrants	Demandeur
Difficulté d'identifier les prises et rejets d'air (désenfumage et ventilation) sur les plans	G.0.44	+	Localiser de manière univoque les prises et rejets d'air sur les différents jeux de plans, de coupes et d'élévations, dans le cadre du dossier de PE amendé, en les différenciant à l'aide d'une légende claire et en précisant quel type d'air est rejeté (en provenance des quais, des locaux techniques, ...).	Demandeur
Contenu de la demande de PE	G.0.45	+	Vérifier et préciser le contenu de la demande de permis d'environnement : seuils, capacités et localisation des installations classées, etc.	Demandeur
Incohérences à signaler entre les plans de la demande de PU et les plans de définition des unités PEB.	G.0.46	++	Mettre à jour la détermination des unités PEB et vérifier le respect des exigences en vigueur.	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
 2. Synthèse des recommandations

Confusion au niveau des différents types d'alimentation de l'éclairage des stations dans la demande de PE	G.0.47	+	Clarifier la présentation des différents types d'alimentation électrique qui assurent l'éclairage des stations, en définissant notamment de manière univoque les notions d'éclairage de sécurité et d'éclairage de secours.	Demandeur
---	--------	---	---	-----------

**Tableau 70 : Synthèse des recommandations applicables à toutes les stations et issues de l'analyse des interactions (ARIES, 2021)**

## 2.2. Recommandations générales par domaine

Outre les recommandations convergentes présentées ci-dessus, les recommandations suivantes spécifiques aux thématiques distinctes de l'environnement sont reprises dans le tableau suivant. Ces recommandations s'appliquent également à toutes les stations.

Incidence(s)	#	Degré de priorité	Recommandations	Intervenant
<b>Recommandations par domaine</b>				
<b>1. Mobilité</b>				
Accroissement de la demande en déplacements les piétons, PMR et cyclistes sur les nouveaux espaces projetés en surface	G.1.1	+	Tenir compte lors de l'aménagement des stations Villo ! de l'encombrement (bornes, panneaux publicitaires, ...).	Demandeur
<b>2. Urbanisme</b>				
Tonalité de lumière des luminaires non définie.	G.2.1	+	Prévoir une tonalité de lumière blanche chaude ( $\pm 3.000$ K) pour les luminaires du projet, afin d'assurer la conformité aux recommandations concernant cet aspect définies par le Plan Lumière 2017 de la Région de Bruxelles-Capitale.	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
 2. Synthèse des recommandations

3. Domaine social et économique				
Occupation des surfaces commerciales non définie dans la demande de permis	G.3.1	++	<p>Concernant les surfaces commerciales prévues dans les stations :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ viser un maximum de flexibilité en termes d'offre commerciale, préciser dans le projet amendé ce qui est envisageable ou non (possibilité d'y intégrer des cheminées/hottes, équipements techniques, etc.) et préciser la demande de PU sur ces questions.</li> <li>▪ viser une programmation commerciale complémentaire aux commerces présents en surface et non en concurrence.</li> </ul> <p>De manière plus générale, il est recommandé d'assurer suffisamment de flexibilité au niveau de la conception des espaces dans la station, notamment les surfaces dédiées au commerce, pour leur permettre d'évoluer vers d'autres types d'usage (bureau, équipement, autre...) dans le futur si le besoin s'en fait ressentir.</p>	Demandeur
4. Sols et eaux				
Gestion des eaux usées	G.4.1	+	Localiser le point de rejet eaux usées de la station et identifier la conduite dans laquelle il se rejette.	Demandeur
Impact du projet sur la nappe	G.4.2	++	<p>En ce qui concerne le suivi piézométrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faire une synthèse des piézomètres existants dans la périphérie du projet et identification des niveaux de nappe équipés pour chacun de ceux-ci ;</li> <li>▪ Vérifier si certains piézos existants sont situés dans la zone d'emprise du chantier et seront affectés par celui-ci et si nécessaire les substituer par de nouveaux piézos ;</li> <li>▪ Le cas échéant, et après examen du réseau existant, compléter celui-ci, si nécessaire, par des piézomètres complémentaires de manière à documenter les zones non actuellement couvertes (par exemple les zones interstations) et les différents niveaux aquifères concernés par le projet ; on peut ainsi recommander qu'au niveau de chaque station, à son aval et à son amont, soient opérationnels au moins un doublon, voire un triplet de piézomètres contigus équipés au niveau des différents aquifères situés sur la hauteur rabattue ;</li> <li>▪ Poursuivre le monitoring continu des niveaux piézométriques pour l'ensemble des piézomètres présents dans la périphérie directe du projet et les piézomètres complémentaires ; ce suivi doit couvrir la période actuelle pré-chantier (background) ; la période de chantier (période transitoire) et la période d'exploitation (période d'équilibre post-chantier). Le suivi est à opérer avec des loggers automatisés. Ce suivi permettra de quantifier l'impact du projet et de valider les présentes conclusions.</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

<p>Risque d'effet barrage des stations</p>	<p>G.4.3</p>	<p>++</p>	<p>La mise en œuvre de dispositifs de passage de nappe n'est pas exclue à ce stade. En vertu du principe de précaution et en l'absence d'étude complémentaire qui permettrait de mieux évaluer le risque de remontée de nappe, des dispositifs de passage de nappe, combinés à un monitoring piézométrique devront être prévus lors de l'étude d'exécution. La maintenance de ces dispositifs devra également pouvoir être assurée pour prévenir tout risque de colmatage des drains.</p> <p>Différentes options de passage de nappe peuvent être étudiées, pour autant que leur nécessité soit confirmée lors des études complémentaires le cas échéant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ soit un passage de nappe à travers la station en créant un chemin préférentiel via des canalisations passant dans la station (techniques assez invasives cependant),</li> <li>▪ soit un passage de nappe avec des drains périphériques extérieur, passage sous les tunnels et zones de répartition côté aval, dans cette option un chemin préférentiel se ferait à l'extérieur de la station par augmentation de la perméabilité dans la zone encaissant directement la station.</li> </ul> <p>Ces aspects doivent être examinés lors des études d'exécution. Ce type de dispositif a pour but de diminuer l'effet barrage de la station et de rééquilibrer les niveaux de nappe amont plus bas que ceux engendrés par les murs de confinement.</p>	<p>Demandeur</p>
<p>Tassements</p>	<p>G.4.4</p>	<p>+++</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Affiner l'approche d'évaluation de l'impact du rabattement sur les tassements qui a été faite, en effet l'approche Terzaghi (Artesia) est considérée comme très sécuritaire et a mené à des conclusions relatives aux CPT les plus défavorables. L'approche est à réaliser sur base d'un calcul numérique et d'une caractérisation géotechnique (CPT) dans la zone de rabattement maximum du côté aval des stations concernées ;</li> <li>• S'il se confirmait que le rabattement est de nature à induire, localement (sur une zone limitée) un tassement pouvant excéder la valeur admissible, il serait nécessaire d'envisager la mise en œuvre d'une recharge locale de l'aquifère pour limiter localement l'effet du rabattement ;</li> <li>• Le cas échéant, une identification de l'horizon cible est à opérer et ainsi qu'un dimensionnement du dispositif de réinjection (extension en surface, profondeur, débit). Dans cette optique il est recommandé d'utiliser le modèle Artesia pour évaluer l'effet de remontée et affiner les débits à recharger.</li> </ul>	<p>Demandeur</p>

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Tassements	R.4.7	++	Réaliser une étude explicite des tassements dus aux travaux d'excavation avec une méthode de calcul approfondie. Cette méthode de calcul (par exemple calcul aux éléments finis) doit pouvoir prendre en compte le phasage détaillé des travaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place des parois de soutènement,</li> <li>• Phases d'excavation,</li> <li>• Mise en place de l'étaçonnement provisoire (butons, etc.) et définitif (radiers et dalles d'étages),</li> <li>• Effets du rabattement,</li> <li>• Effets de la congélation des sols,</li> <li>• Interaction avec le creusement du tunnel du métro (si nécessaire, une modélisation en 3D des zones de pénétration du tunnel dans la station devrait être mise en œuvre),</li> </ul>	Demandeur
<b>5. Faune et flore</b>				
Arrosage des espaces verts	G.5.1	++	Utiliser les eaux de récupération de la station pour l'arrosage des espaces verts.	Demandeur
Entretien des espaces verts	G.5.2	+	Mettre en place une alternative au désherbage chimique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Laisser les plantes spontanées dans l'espace urbain ;</li> <li>○ Opter pour des solutions alternatives comme les paillis végétaux, les paillis de lin, les feutres ou tapis de lin ;</li> <li>○ Opter pour des solutions curatives comme le brossage régulier, le désherbage manuel, le désherbage thermique ;</li> </ul>	Demandeur
<b>6. Qualité de l'air</b>				
Emissions de particules fines et d'autres polluants lors de l'exploitation de la ligne	G.6.1	+	Confirmer la présence de sondes COV, particules fines et de température dans les demandes et étude ultérieures, afin de réguler la ventilation des stations en fonction de ces paramètres pour atteindre un bon niveau de qualité de l'air.	Demandeur
Transport de polluants dans les stations par les rames	G.6.2	+	Assurer un bon entretien des rames en mettant en place les mesures envisagées (aspiration des poussières au niveau des rames et des voies, ...).	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
 2. Synthèse des recommandations

7. Energie				
Privilégier des équipements économes en énergie	G.7.1	+	Viser l'installation d'appareils les plus économes possibles au moment de la mise en œuvre du projet, en tenant compte de l'évolution des technologies.	Demandeur
Dégagement de chaleur au sein de la station, dû au fonctionnement de certaines installations techniques.	G.7.2	+	Au stade du dossier amendé des demandes de permis, analyser l'opportunité de récupérer de l'énergie au sein des stations et sa valorisation.	Demandeur
Consommations d'électricité liées à l'éclairage artificiel des stations.	G.7.3	++	Privilégier l'utilisation de sources d'éclairage LED, qui présentent des consommations d'énergie moindres par rapport à celles des tubes luminescents (« TL »).	Demandeur
	G.7.4	++	Pour toutes les stations disposant d'un édicule en surface (Liedts, Verboekhoven, Tilleul, Paix et Bordet), utiliser un système d'éclairage crépusculaire, régulé en fonction de la luminosité ambiante, pour le hall d'échange.	Demandeur
Limiter les consommations d'énergie liées à l'éclairage extérieur	G.7.5	+	Prévoir un éclairage extérieur performant (type LED), présentant l'efficacité lumineuse la plus élevée possible, tout en mettant en œuvre des luminaires adéquats, de manière à assurer une bonne uniformité sur le périmètre du projet et à éviter la pollution lumineuse.	Demandeur
8. Environnement sonore et vibratoire				
Nuisances liées à l'exploitation système de ventilation escalators et ascenseurs	G.8.1	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monitoring à réaliser au niveau des entrées et sorties pour 6 des 7 stations (toutes sauf Bordet) pour adapter la vitesse de circulation des métros.</li> <li>▪ En fonction des résultats du monitoring, adapter la vitesse des métros sur la portion de tunnel dans l'environnement immédiat des stations</li> <li>▪ Mettre en place des bonnes pratiques de fonctionnement et d'entretien des nouvelles structures et du matériel tels que les ascenseurs et escalators</li> <li>▪ Calculer les supports antivibratoires des équipements en fonction du type de machine à isoler afin d'obtenir une efficacité d'isolation antivibratoire supérieure à 95%</li> </ul>	Demandeur
Confort acoustique dans la station réverbérations et choix du revêtement acoustique	G.8.2	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effectuer une étude de sonorisation et une étude de mise en œuvre du revêtement acoustique</li> <li>▪ Utiliser un système adaptatif pour le système de sonorisation dans les stations, qui peut suivre suffisamment rapidement pour que le niveau sonore soit supérieur de 15 dB au bruit de fond</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale  
 2. Synthèse des recommandations

9. Être humain				
Sécurité incendie				(Pour la partie sécurité incendie, se référer aussi aux Livres Stations)
Sécurité incendie : procédure	G.9.1	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faire une nouvelle demande d'avis SIAMU pour le projet amendé</li> <li>▪ Veiller à ce que l'avis SIAMU soit transmis aux autorités délivrantes avant la délivrance des permis dans un timing à convenir en concertation avec les autorités délivrantes, le SIAMU et le demandeur</li> <li>▪ Baliser certains sujets en amont de la demande d'avis SIAMU, tels que le contenu technique et le niveau de détail des informations à fournir au SIAMU, les paramètres des simulations ASET/RSET et une liste claire des classes des matériaux</li> <li>▪ Ouvrir un dialogue avec le SPF Intérieur en vue d'anticiper les demandes de dérogations induites par le projet. Veiller à ce que ces dérogations soient formellement sollicitées à temps pour qu'elles puissent être accordées et transmises aux autorités délivrantes avant la délivrance des permis</li> <li>▪ Prévoir des visites du SIAMU sur chantier à différents moments définis au préalable de manière à permettre la formulation d'observations et remarques qui pourraient alors être prises en considération par le demandeur</li> <li>▪ Une demande de dérogation doit être transmise afin qu'aucun point d'un compartiment ne se trouve à une distance supérieure à 30 m du chemin d'évacuation reliant les escaliers ou les sorties.</li> <li>▪ Une demande de dérogation doit être transmise afin que les largeurs d'évacuation doivent être calculées en fonction de l'occupation totale conformément à l'Arrêté royal du 7 juillet 1994.</li> <li>▪ Compartimentage : Une dérogation doit être demandée à la Commission de dérogation incendie / explosion du Ministère de l'intérieur, avec avis du SIAMU.</li> <li>▪ Dès l'achèvement des travaux, solliciter une visite de contrôle du SIAMU afin d'obtenir la délivrance d'une attestation de conformité des installations (selon l'article 55 du titre XIII du Règlement général de la bâtisse de la Région bruxelloise)</li> </ul>	Demandeur
Sécurité incendie : procédure	G.9.2	++	Nous recommandons au SIAMU de veiller à être suffisamment disponibles pour ce dialogue en amont de la demande d'avis sur le projet amendé et de se positionner dès ce moment-là sur les paramètres à définir tel que décrits ci-dessus	SIAMU
	G.9.3	++	Dans le but d'éviter que l'avis du BPS n'induisse des modifications significatives au projet après le dépôt du projet amendé, nous recommandons que BPS se rende disponible durant la phase d'amendement pour anticiper cet avis de manière à permettre d'inclure directement dans le projet les éléments principaux	BPS
Risques d'explosion	G.9.4	++	En ce qui concerne le risque d'explosions, envisager un avis de Bruxelles Prévention et Sécurité (BPS) dans le cadre de l'instruction du dossier (à l'initiative du demandeur et/ou des autorités délivrantes)  Une analyse des risques d'explosion doit être réalisée et présentées aux autorités compétentes. Les recommandations qui en découleront devront être suivies lors de la mise en œuvre et l'exploitation du projet.	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Sécurité du projet : simulation des évacuations en cas d'incendie	G.9.5	+++	<p>En ce qui concerne la charge réelle au feu des rames, convenir avec le SIAMU d'une valeur qui soit suffisamment sécurisante sans générer de surcouts démesurés. Si nécessaire, procéder à un test de combustion en conditions réelles (en partenariat avec la STIB)</p> <p>Procéder, dans le cadre de l'élaboration du projet amendé, à la réalisation des simulations ASET/RSET définies par la norme ISO 16738 en prenant en compte les paramètres approuvés au préalable par le SIAMU et en fournir les résultats au SIAMU dans le cadre du dossier de demande d'avis ainsi qu'aux autorités délivrantes</p>	Demandeur
Sécurité incendie : temps d'alerte	G.9.6	+++	<p>Le temps de détection doit tendre vers 30 sec. Le temps d'alerte ne pourra être réduit à 0 sec. En effet, pour que l'alarme soit actionnée, la levée de doute est nécessaire.</p> <p>En cas de sinistre dans la station, une levée de doute peut être prévue. Le temps d'alerte peut être réduit en asservissant les images vidéo disponibles à une simple détection, permettant un temps de détection et d'alerte inférieur à 1 min 30 sec</p>	Opérateur
Sécurité du projet : Prise en compte des PMR	G.9.7	+++	<p>Zone refuge : Le pourcentage de PMR recommandé par Bruxelles Mobilité est de 3% en considérant une surface d'1m<sup>2</sup> par PMR. Ce pourcentage pourra être revu si des textes officiels précisent cette donnée au moment de l'amendement du projet (voir plus bas). Les surfaces supplémentaires de zones refuge à prévoir dans chaque station pour pouvoir accueillir 3 % de PMR sont précisées dans les livres Stations.</p> <p>Il est suggéré de permettre l'aménagement des couloirs techniques (sans traverser le compartiment sinistré) ou des paliers adaptés et déverrouillés en cas de besoin pour pouvoir également accueillir les PMR en cas d'évacuation. Les zones refuges ne peuvent pas bloquer les flux des personnes valides. Le traitement de ces zones refuges doit être identique à tout point de vue à celui des zones PMR (réaction aux feux...).</p> <p>S'informer de la poursuite des travaux actuellement en cours qui visent à définir les normes à prendre en considération en termes de taux de personnes à mobilité réduite (PMR) à prendre en considération dans la stratégie d'évacuation. Dans la mesure du possible, adapter le projet en vue de respecter cette nouvelle norme. S'il reste des zones plus spécifiquement contraintes qui rendent l'atteinte de cette exigence particulièrement complexe, expliquer ces contraintes, définir le taux de PMR auquel le projet répond réellement et proposer des mesures d'accompagnement qui permettent d'atténuer le risque accru que cette zone particulière induirait.</p>	Demandeur
Sécurité incendies : Matériaux	G.9.8	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Veiller à ce que le détail de l'ensemble des éléments de finition, non-soumis à permis d'urbanisme ou d'environnement soient sélectionnés au regard des risques que ces éléments peuvent représenter en termes de toxicité des fumées.</li> <li>▪ Pour les stations, il y a lieu de respecter l'annexe 5 (réaction au feu des matériaux) à l'AR du 19 décembre 1997 modifiant l'AR du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire.</li> <li>▪ La norme ISO 16738 fait un lien entre la toxicité et la visibilité. Pour ce projet, il sera supposé que la limite de toxicité est dépassée quand la visibilité est inférieure à 10 m</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En l'absence de spécification des classes de matériaux utilisés et des matières stockées, le livre VI du code du bien-être relatif aux agents chimiques, cancérigènes et mutagènes doit être respecté</li> </ul>	
Sécurité incendies : installations et exploitation	G.9.9	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adapter la puissance des extracteurs en cas de sinistre au niveau des quais afin d'extraire complètement permettrait de mieux extraire les fumées (faire un calcul, et vérifier via étude ASET / RSET).</li> <li>▪ En cas de sinistre dans la station, utiliser la puissance des extracteurs en début de tunnel pour évacuer les fumées du quai.</li> <li>▪ En ce qui concerne les alimentations de secours : les canalisations électriques de secours doivent être placées de manière à répartir les risques de mise hors service général. Une attestation de conformité des installations devra être fournie par les demandeurs avant les réceptions provisoires des installations.</li> <li>▪ Pour les câbles électriques, il convient de mettre en œuvre les câbles ne produisant pas de fumées denses et acides</li> <li>▪ Les détecteurs automatiques doivent être du type multicritère et conformes.</li> <li>▪ Les images de vidéosurveillance doivent être mises à disposition des pompiers.</li> <li>▪ Une procédure doit être établie par laquelle les personnes du centre de contrôle des opérations (OCC) de la STIB/MIVB transmettent au dispatcher les images à sélectionner en cas d'incident.</li> <li>▪ Les cages d'escalier de secours doivent être dotées d'un système de surpression qui empêche la fumée de s'écouler dans ces escaliers.</li> <li>▪ L'atrium doit être équipé d'un système d'extinction automatique et d'un système d'extraction de la fumée et de la chaleur. Cela n'étant pas inclus dans le concept, une dérogation doit être demandée au comité de dérogation.</li> <li>▪ Le compartiment « atrium » doit pouvoir être sprinklé entièrement. Si ce n'est pas le cas, une dérogation doit être introduite.</li> <li>▪ Certains locaux doivent être équipés d'un système d'extinction automatique au gaz (voir livres par station pour détail).</li> <li>▪ Les demandeurs doivent spécifier le choix du type de gaz et obtenir l'approbation auprès d'un organisme de contrôle.</li> <li>▪ Les installations ou appareils visés par les normes de base 6.5.2 de l'annexe 2/1 suivants doivent aussi être sécurisés.</li> <li>▪ Les canalisations électriques alimentant des installations ou appareils dont le maintien en service est indispensable en cas de sinistre doivent être placées de manière à répartir les risques de mise hors service général.</li> <li>▪ Pour les stations où des commerces sont prévus : l'installation proposée pour la zone de commerce devra respecter la NBN EN 12845.</li> <li>▪ La méthode de diffusion de l'alarme incendie aux occupants doit être conforme aux exigences de la stratégie d'intervention en cas d'alarme incendie.</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

Sécurité subjective	G.9.10	+	Prévoir des bornes d'appel d'urgence placées à une hauteur accessible à tous (PMR, enfants, etc.) dans la station, y compris sur les quais et à l'intérieur des ascenseurs. Ces bornes pourront être utilisées par tous les usagers du métro en cas de danger, de violence ou de malaise. Celles-ci devront être clairement visibles, notamment par des marques au sol, et être reliées au service de sécurité de la STIB ;	Demandeur
Pas de membre du personnel présent en permanence dans la station	G.9.11	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir un système de vidéosurveillance (avec analyse d'images) couvrant l'intégralité de la station et des abords immédiats. Une attention particulière doit être portée à la couverture vidéo des accès aux espaces techniques, aux chemins d'évacuation (notamment au niveau des quais) et aux espaces isolés. ;</li> <li>▪ Prévoir le couplage des différents systèmes de sécurité (contrôle d'accès, vidéosurveillance, détection d'intrusion, détection incendie, public address, etc.) et la supervision de l'ensemble depuis un dispatching externe ;</li> <li>▪ Concevoir l'enveloppe externe du/des édicule(s) de manière à obtenir un niveau de résistance à l'effraction de niveau CR3 ou supérieur ;</li> <li>▪ Prévoir la sécurisation des trappes de sortie des issues de secours provenant des quais ;</li> <li>▪ Prévoir la sécurisation du système de ventilation (notamment la sécurisation des amenées d'air).</li> </ul>	Demandeur
Risque de générer un sentiment d'insécurité chez les femmes au sein de la station de métro	G.9.12	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir une couverture intégrale de station pour les systèmes de communication GSM et radio ;</li> <li>▪ Prévoir les équipements techniques en attente nécessaires pour l'ajout ponctuel de contrôles renforcés.</li> </ul>	Demandeur
Risque de générer un sentiment d'insécurité chez les usagers de la station	G.9.13	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prévoir à l'intérieur de la station un éclairage suffisant, clair, non aveuglant, uniforme et accueillant là où l'apport de lumière naturelle n'est pas possible ;</li> <li>▪ Prévoir un éclairage extérieur suffisant aux entrées de la station afin de les rendre visibles lorsque la luminosité est faible (le matin, le soir et pendant les temps hivernaux) ;</li> <li>▪ Prévoir un renforcement d'éclairage dans les zones « à risque », tels que les escaliers, les escalateurs, les ascenseurs, la ligne de contrôle de validation des titres de transport, etc., mais aussi les commerces et les zones de travail (soumis à la législation spécifique en la matière) ;</li> <li>▪ Favoriser l'intégration des activités urbaines (commerces, HoReCa, etc.), ainsi que des œuvres d'art ;</li> <li>▪ Placer une signalétique lisible et adéquate afin que les usagers du métro, dont les PMR, puissent se diriger aisément vers les quais via les escalators, escaliers ou ascenseurs ;</li> <li>▪ Entretenir régulièrement les espaces accessibles au public ;</li> <li>▪ Ouvrir un maximum le champ de vision des utilisateurs. Par exemple, certaines couleurs ou matériaux peuvent donner l'impression de réduire l'espace. Les couleurs claires, au contraire, donnent l'impression d'un espace plus grand ;</li> </ul>	Demandeur

Partie 3 : Interactions entre les domaines, synthèse des recommandations et conclusion générale

2. Synthèse des recommandations

			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utiliser des matériaux solides et résistants aux vandalismes, et faciles à la maintenance et l'entretien pour les murs intérieurs de la station et pour les parois vitrées (via un film anti-graffitis).</li> </ul>	
Sentiment de sécurité aux abords de la station	G.9.14	++	<p>Afin d'assurer un sentiment de sécurité via la bonne gestion des espaces publics :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Veiller à une bonne activation et un contrôle social dans les espaces publics autour des stations ;</li> <li>▪ Clarifier la gestion des différents espaces publics : définir les gestionnaires responsables ainsi que les modalités de gestion.</li> </ul>	Demandeur, communes
<b>10. Microclimat</b>				
Présence de revêtements en asphalte dans le projet	G.10.1	++	Réduire la présence de matériaux de couleurs sombres sur les espaces publics, notamment les surfaces en asphalte. Si possible, continuer le traitement minéralisé des places sur toute la longueur de la voirie reprise dans le périmètre. Ce matériau de tonalité claire présente une capacité de réflexion de l'énergie solaire (albédo) plus élevée que l'asphalte, ce qui atténue les phénomènes d'îlots de chaleur.	Demandeur
<b>11. Déchets</b>				
Production de déchets de type « vide-poche » aux abords de la station	G.11.1	++	<p>Prévoir des poubelles autour des stations :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visibles et accessibles ;</li> <li>○ Dont au moins une poubelle à proximité de l'entrée du pavillon ;</li> <li>○ Avec un intervalle de maximum 30 m entre les poubelles</li> <li>○ Permettant un tri efficace</li> </ul>	Demandeur
	G.11.2	+	Prévoir des cendriers à proximité des accès à la station de métro ;	Demandeur
	G.11.3	++	Prévoir une vidange des poubelles adéquate en fonction de l'affluence du site ;	Demandeur
Propreté des abords	G.11.4	++	Nettoyer régulièrement l'espace public par des équipes spécialisées.	Demandeur
	G.11.5	++	Profiter du réaménagement de la surface pour intégrer un système de conteneurs enterrés pour la collecte des déchets ménagers et éventuellement des autres déchets (issus des commerces et équipements alentours). Cette recommandation doit être analysée en collaboration avec les communes et l'agence Bruxelles Propreté afin d'évaluer sa faisabilité et le cas échéant déterminer le nombre de conteneurs nécessaires. Si l'analyse est positive, la position des conteneurs enterrés doit être réfléchiée dans le cadre de l'aménagement global des abords de chaque station afin de les localiser de manière judicieuse. Les modalités de gestion doivent également être définies préalablement à la mise en exploitation du système (à puce, au kilo, ...).	Demandeur, communes, agence Bruxelles Propreté

**Tableau 71 : Synthèse des recommandations applicables à toutes les stations, par domaine (ARIES, 2021)**





**aries**<sup>®</sup>  
CONSULTANTS

Rue des Combattants 96 | B-1301 Bierges  
Rue Royale 55 - 3<sup>ème</sup> étage | B-1000 Bruxelles  
T +32 (0) 10 430 110 | T +32 (0) 2 655 86 50  
info@ariesconsultants.be | www.ariesconsultants.be