Bus Express Pellegrin – Thouars - Malartic

DOSSIER D'ENQUETE PUBLIQUE PREALABLE A LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE EMPORTANT MISE EN COMPATIBILITE DU PLU

Pièce H : Etude d'impact

Chapitre 9 : Annexes

Octobre 2023

INGÉROP SYSTRA URBANICA HARISTOY. LANDSCAPE TRANSITEC

SOMMAIRE

Annexe 1 : Inventaires écologiques, 2021 - IDE ENVIRONNEMENT

Annexe 2 : Etude acoustique, 2024 – SIXENSE

Annexe 3 : Etude vibratoire ; 2024 – SIXENSE

Annexe 4 : Etude air et santé, 2024 – NUMTECH

Annexe 5 : Etude air et santé, Evaluation des risques sanitaires, 2025 - NUMTECH

ANNEXE 1 : INVENTAIRES ECOLOGIQUES, 2021 - IDE ENVIRONNEMENT

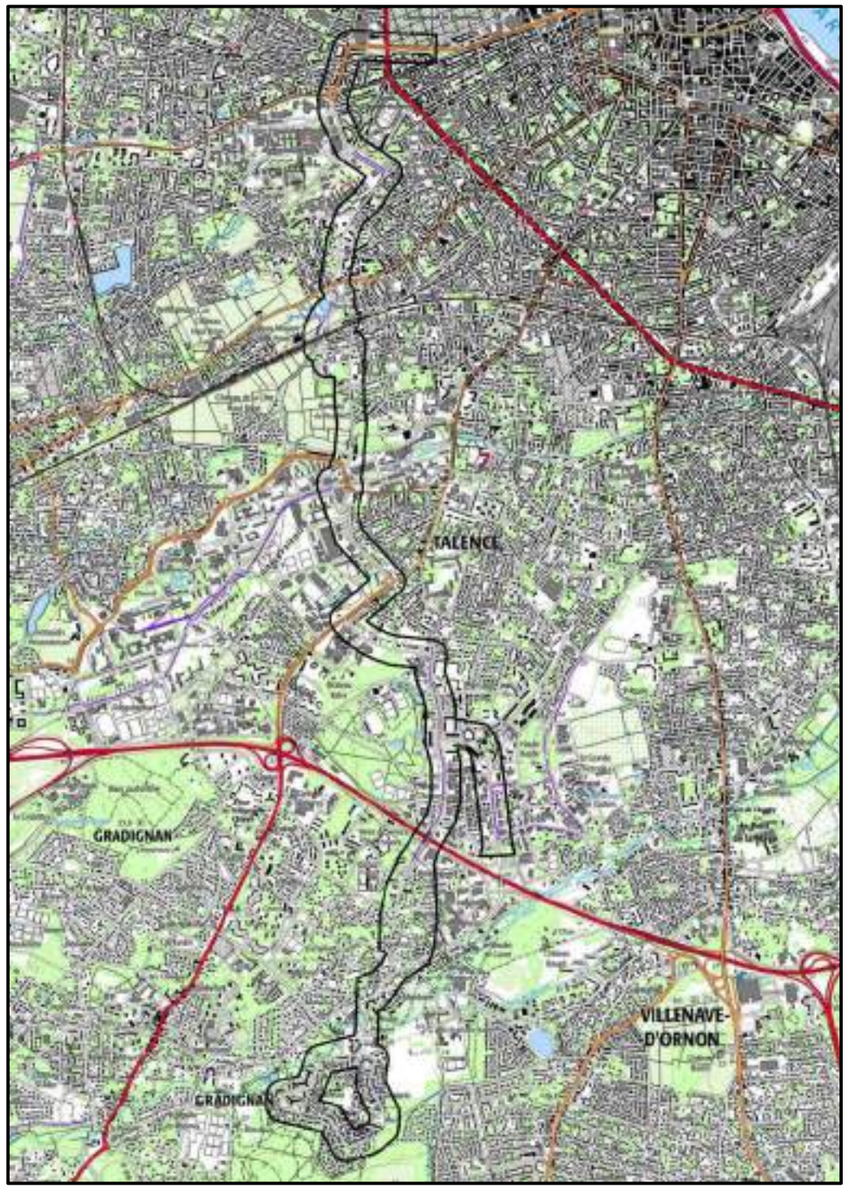
Bordeaux Métropole

Bordeaux - Pellegrin, Thouars et Malartic - 33

Projet de création d'un bus à haut niveau de service

État initial du milieu naturel et étude de délimitation de zones humides - Rapport final

Octobre 2021



IDE Environnement
4, rue Jules Védrines—31 200 TOULOUSE
Tél : 05 62 16 72 72
Email : contact-ide@ide-environnement.com

SOMMAIRE

1 Contexte ____ *5*

2 Méthodologies ____ *5*

2.1 Aires d'étude ____ 5

2.2 Recueil bibliographique ____ 7

2.3 Période d'étude et pression d'inventaire ____ 7

2.4 Identification de la flore et des habitats ____ 8

2.5 Identification des invertébrés ____ 8

2.6 Identification des amphibiens ____ 8

2.7 Identification des reptiles ____ 8

2.8 Identification des oiseaux ____ 8

2.9 Identification des mammifères (hors chiroptères) ____ 9

2.10 Identification des chiroptères ____ 9

2.11 Etude de délimitation de zones humides ____ 14

2.12 Hiérarchisation des enjeux ____ 17

3 Etude bibliographique du milieu naturel ____ *19*

3.1 Espaces naturels remarquables et protégés ____ 19

3.2 Données de l'atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole ____ 21

3.3 Données de l'Observatoire Aquitaine de la Faune Sauvage (OAFS) ____ 21

3.4 Données de l'Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine (OBV) ____ 21

4 Habitats naturels et flore de l'aire d'étude immédiate ____ *24*

4.1 Description des habitats naturels ____ 24

4.2 Flore de l'aire d'étude immédiate ____ 34

5 Faune de l'aire d'étude immédiate ____ *49*

5.1 Les invertébrés ____ 49

5.2 Les amphibiens ____ 56

5.3 Les reptiles ____ 67

5.4 Les oiseaux ____ 78

5.5 Les mammifères (hors chiroptères) ____ 94

5.6 Les chiroptères ____ 105

6 Diagnostic zones humides ____ *124*

6.1 Données bibliographiques ____ 124

6.2 Etude de délimitation des zones humides ____ 126

6.3 Synthèse et conclusion du diagnostic zones humides ____ 133

6.4 Première approche des fonctionnalités des zones humides ____ 138

6.5 Conclusion ____ 138

7 Continuités et fonctionnalités écologiques ____ *139*

7.1 PLUI de Bordeaux Métropole ____ 139

7.2 Continuités écologiques locales ____ 139

8 Synthèse et hiérarchisation des enjeux associes au milieu naturel ____ *145*

8.1 Hiérarchisation des enjeux pressentis par habitat ____ 145

8.2 Synthèse de l'analyse du milieu naturel ____ 152

9 Annexes ____ *154*

9.1 Listes des espèces issues des espaces remarquables et réglementaires ____ 154

9.2 Liste des espèces faunistique et floristique recensées dans l'atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole ____ 154

9.3 Listes des espèces issues des données de l'Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage (OAFS) ____ 162

9.4 Listes des espèces issues des données de l'Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine (OBN N-A) ____ 165

Liste des figures

Figure 1 : Aires d'études 6

Figure 2 Calendrier de réalisation des campagnes de relevés de terrain au regard des stades phénologiques des différents taxons 7

Figure 3 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (1/4) 10

Figure 4 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (2/4) 11

Figure 5 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (3/4) 12

Figure 6 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (4/4) 13

Figure 7 : Logigramme de détermination des zones humides 14

Figure 8 : Morphologies des sols correspondant à des zones humides - GEPPA, 1981 16

Figure 9 : Localisation du patrimoine naturel au sein de l'aire d'étude éloignée 20

Figure 10 : Localisation des espèces patrimoniales recensées par l'OAFS au sein de l'aire d'étude rapprochée 22

Figure 11 : Géolocalisation des espèces protégées et / ou patrimoniales floristiques recensées dans la base de données du CBNPMP 23

Figure 12 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 1/4 29

Figure 13 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 2/4 30

Figure 14 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 3/4 31

Figure 15 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 4/4 32

Figure 16 : Zoom cartographique des habitats naturels sur le périmètre de la Médoquine 33

Figure 17 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 1/4 37

Figure 18 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 2/4 38

Figure 19 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 3/4 39

Figure 20 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 4/4 40

Figure 21 : Zoom cartographique des habitats naturels sur le périmètre de la Médoquine 41

Figure 22 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 1/4 44

Figure 23 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 2/4 45

Figure 24 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 3/4 46

Figure 25 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 4/4 47

Figure 26 : Zoom cartographique des espèces floristiques envahissantes sur le périmètre de la Médoquine 48

Figure 27 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (1/4) 51

Figure 28 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (2/4) 52

Figure 29 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (3/4) 53

Figure 30 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (4/4) 54

Figure 31 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés sur le périmètre de la Médoquine 55

Figure 32 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (1/4) 57

Figure 33 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (2/4) 58

Figure 34 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (3/4) 59

Figure 35 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (4/4) 60

Figure 36 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur le périmètre de la Médoquine 61

Figure 37 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (1/4) 62

Figure 38 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (2/4) 63

Figure 39 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (3/4) 64

Figure 40 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (4/4) 65

Figure 41 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens sur le périmètre de la Médoquine 66

Figure 42 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (1/4) 68

Figure 43 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (2/4) 69

Figure 44 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (3/4) 70

Figure 45 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (4/4) 71

Figure 46 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles sur le périmètre de la Médoquine 72

Figure 47 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (1/4) 73

Figure 48 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (2/4) 74

Figure 49 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (3/4) 75

Figure 50 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (4/4) 76

Figure 51 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles sur le périmètre de la Médoquine 77

Figure 52 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (1/4) 84

Figure 53 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (2/4) 85

Figure 54 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (3/4) 86

Figure 55 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (4/4) 87

Figure 56 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur le périmètre de la Médoquine 88

Figure 57 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (1/4) 89

Figure 58 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (2/4) 90

Figure 59 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (3/4) 91

Figure 60 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (4/4) 92
Figure 61 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux sur le périmètre de la Médoquine 93
Figure 62 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (1/4) 95
Figure 63 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (2/4) 96
Figure 64 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (3/4) 97
Figure 65 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (4/4) 98
Figure 66 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres sur le périmètre de la Médoquine 99
Figure 67 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (1/4) 100
Figure 68 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (2/4) 101
Figure 69 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (3/4) 102
Figure 70 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (4/4) 103
Figure 71 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres sur le périmètre de la Médoquine 104
Figure 72 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (1/5) 107
Figure 73 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (2/5) 108
Figure 74 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (3/5) 109
Figure 75 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (4/5) 110
Figure 76 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (5/5) 111
Figure 77 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (1/5) 114
Figure 78 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (2/5) 115
Figure 79 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (3/5) 116
Figure 80 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (4/5) 117
Figure 81 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (5/5) 118
Figure 82 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (1/5) 119
Figure 83 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (2/5) 120
Figure 84 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (3/5) 121
Figure 85 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (4/5) 122
Figure 86 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (5/5) 123
Figure 87 : Zones humides recensées au sein de l'aire d'étude éloignée 125
Figure 88 : Points de sondages pédologiques sur l'aire d'étude immédiate 1/2 129
Figure 89 : Points de sondages pédologiques sur l'aire d'étude immédiate 2/2 130
Figure 90 : Zones humides réglementaires et milieux aquatiques recensés sur l'aire d'étude immédiate 1/2 135
Figure 91 : Zones humides réglementaires et milieux aquatiques recensés sur l'aire d'étude immédiate 2/2 136
Figure 92 : Zoom cartographique des zones humides sur le périmètre de la Médoquine 137
Figure 93 : Positionnement du site d'étude vis-à-vis de la TVB du PLUI de Bordeaux Métropole (2016) 139
Figure 94 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (1/4) 140
Figure 95 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (2/4) 141
Figure 96 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (3/4) 142
Figure 97 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (4/4) 143
Figure 98 : Zoom cartographique de la trame verte et bleue et du fonctionnement écologique à l'échelle locale, sur le périmètre de la Médoquine 144
Figure 99 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 1/4 147
Figure 100 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 2/4 148
Figure 101 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 3/4 149
Figure 102 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 4/4 150
Figure 103 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels sur le périmètre de la Médoquine 151
Figure 104 : Liste des espèces faunistique et floristique recensées par l'atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole 162

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pression d'inventaire ____ *7*

Tableau 2 : Codification LPO utilisée pour évaluer le potentiel de reproduction des espèces d'oiseaux ____ *9*

Tableau 3 : Exemples de milieux à végétation « spontanée » et de milieux à végétation « non spontanée » ____ *15*

Tableau 4 : Zones naturelles d'intérêt écologique particulier au sein de l'aire d'étude éloignée ____ *19*

Tableau 5 : Liste des habitats naturels et artificiels identifiés au sein de l'aire d'étude immédiate ____ *28*

Tableau 6 : Liste des espèces végétales inventoriées sur l'aire d'étude immédiate ____ *35*

Tableau 7 : Liste des espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales potentielles ____ *36*

Tableau 8 : Hiérarchisation des enjeux associés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales recensées ou potentielles sur l'aire d'étude immédiate ____ *36*

Tableau 9 : Liste des espèces floristiques exotiques envahissantes ____ *43*

Tableau 10 : Liste des espèces d'invertébrés recensés sur l'aire d'étude immédiate ____ *49*

Tableau 11 : Coordonnées GPS des arbres favorables aux invertébrés ____ *50*

Tableau 12 : Liste des espèces d'amphibiens contactés sur l'aire d'étude immédiate ____ *56*

Tableau 13 : Liste des espèces d'amphibiens protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie ____ *56*

Tableau 14 : Liste des reptiles recensés au droit de l'aire d'étude immédiate ____ *67*

Tableau 15 : Liste de reptiles protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie ____ *67*

Tableau 16 : Liste des espèces d'oiseaux recensés au droit de l'aire d'étude immédiate ____ *81*

Tableau 17 : Liste des espèces d'oiseaux protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie ____ *82*

Tableau 18 : Synthèse des espèces patrimoniales de reptiles recensées ou potentielles ____ *83*

Tableau 19 : Liste des mammifères recensés au droit de l'aire d'étude immédiate ____ *94*

Tableau 20 : Liste des espèces de mammifères protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie ____ *94*

Tableau 21 : Liste des Chiroptères recensés au droit de l'aire d'étude immédiate ____ *105*

Tableau 22 : Coordonnées GPS des arbres favorables aux chiroptères ____ *106*

Tableau 23 : Liste des espèces de Chiroptères protégés et/ou patrimoniaux potentiels issus de la bibliographie ____ *112*

Tableau 24 : Synthèse des enjeux associés aux espèces patrimoniales potentielles et avérées ____ *113*

Tableau 25 : Correspondances entre les habitats naturels, les habitats caractéristiques de zones humides et la spontanéité de la végétation ____ *127*

Tableau 26: Première approche botanique pour les habitats avec une végétation spontanée ____ *127*

Tableau 27 : Résultats des sondages pédologiques sur le site du projet ____ *132*

Tableau 28 : Synthèse du diagnostic zones humides ____ *134*

Tableau 29 : Synthèse des enjeux écologiques par habitat naturel dans l'aire d'étude immédiate ____ *146*

Tableau 30 : Synthèse des enjeux par thématiques sur le milieu naturel ____ *153*

Tableau 31 : Liste des espèces protégées et/ou patrimoniales recensées sur la ZNIEFF I : Mare du bois de Thouars ____ *154*

Tableau 32 : Liste des espèces protégées et/ ou patrimoniales recensées par l'OAFS sur l'aire d'étude rapprochée ____ *165*

Tableau 33 : Liste des espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales recensées dans la base de données de l'OBV N-A ____ *166*

1 CONTEXTE

Bordeaux Métropole a missionné IDE Environnement afin de réaliser une étude du milieu naturel et une étude de délimitation des zones humides dans le cadre d'un projet de liaison « transport en commun à haut niveau de service » qui reliera Pellegrin, Thouars et Malartic à Bordeaux (33). Le projet est envisagé sur une aire d'étude d'environ 254 ha.

Le présent document constitue un rapport final de l'état initial du milieu naturel et de délimitation des zones humides. Il synthétise les données bibliographiques et les observations de terrain réalisées lors des 7 campagnes de terrain, menées entre février et septembre 2021. Les thématiques étudiées sont les habitats naturels, la flore, la faune, les continuités écologiques et les zones humides.

2 METHODOLOGIES

2.1 Aires d'étude

L'aire d'étude du milieu naturel est la zone géographique susceptible d'être affectée par le projet. Dans le cas de l'étude de l'état initial de l'environnement, la zone d'étude a été définie par les éléments suivants :

- **L'aire d'étude immédiate** définie sur une surface de 254 ha ;
- **L'aire d'étude rapprochée** définie par un périmètre de 300 m autour du projet, qui prend en compte les fonctionnalités écologiques ainsi que les potentielles espèces protégées issues de l'étude bibliographique ;
- **L'aire d'étude éloignée** définie par un périmètre de 5 km, qui prend en compte l'ensemble des unités écologiques potentiellement perturbées par le projet : cours d'eau situés en aval, communautés d'espèces qui vivent dans les environs et qui sont susceptibles de subir des incidences (positives ou négatives) dans le cadre de leurs déplacements réguliers ou migratoires.

L'analyse bibliographique est réalisée à l'échelle de l'aire d'étude éloignée et les analyses de terrain se font au sein de l'aire d'étude immédiate. L'étude des continuités écologiques locales est réalisée à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée. La carte présentée en page suivante met en avant les différentes aires d'études.

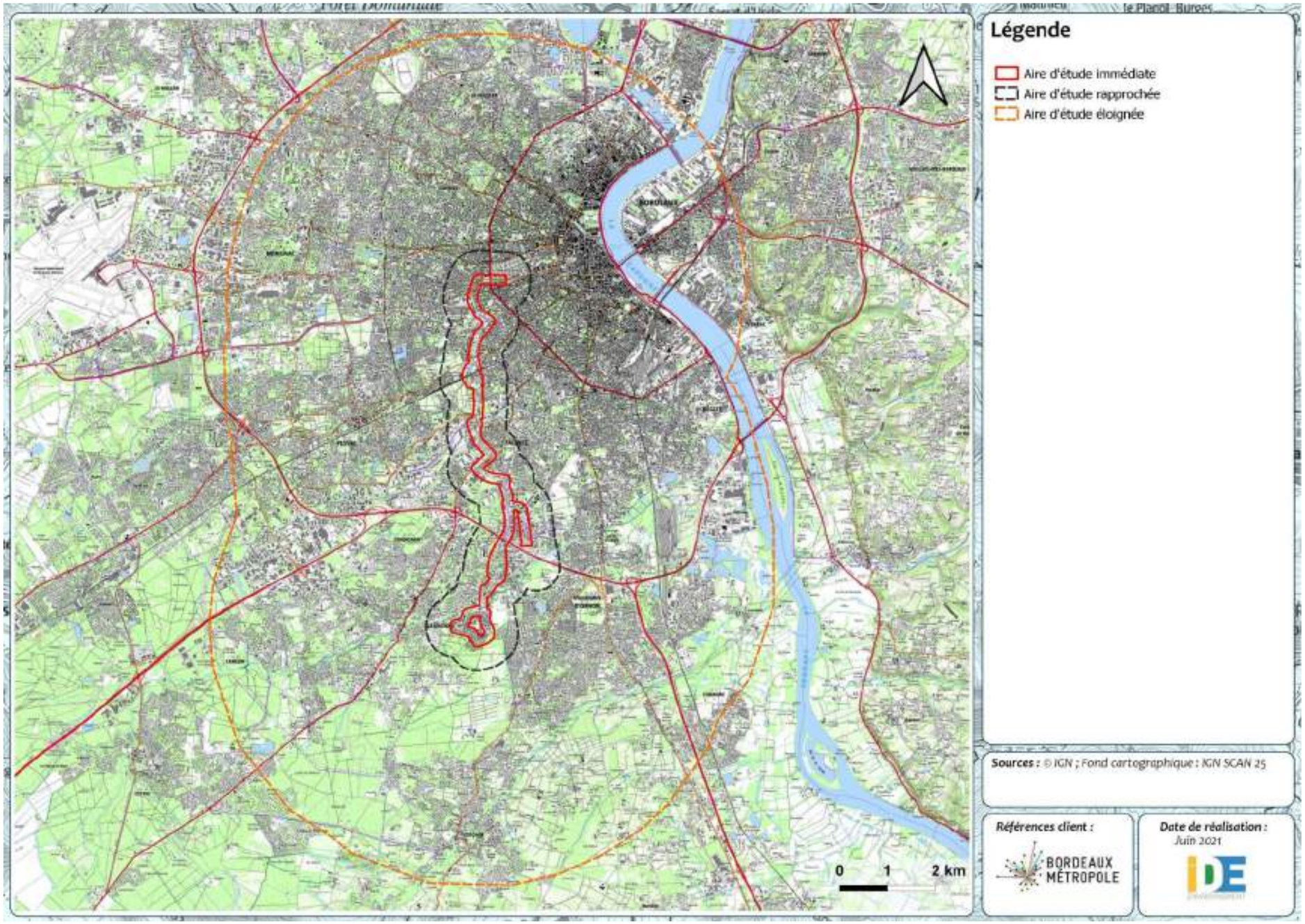


Figure 1 : Aires d'études

2.2 Recueil bibliographique

La première étape a consisté en un recueil bibliographique de l'état des connaissances au sein de la zone d'étude (consultation des différents documents réglementaires et de gestion des milieux naturels). Il s'agit donc de repérer, de rassembler et d'analyser l'ensemble des informations disponibles sur le patrimoine naturel du territoire en question :

- Les fiches descriptives des sites d'intérêt écologiques reconnus (Sites Natura 2000, ZNIEFF, ZICO…) ;
- Les études d'impacts d'aménagements (ICPE, Routes…) ;
- Les zonages associés aux zones humides (Zones Humides d'Importance Majeure, Zones Humides d'Importance Internationale, SDAGE, SAGE, contrats milieux…) ;
- Les bases de données locales ou régionales comme l'OAFS et l'OBV.

2.3 Période d'étude et pression d'inventaire

De nombreuses espèces végétales ne sont visibles et identifiables qu'à certaines périodes de l'année. Ainsi, la floraison des espèces végétales, caractère indispensable à la détermination de beaucoup d'espèces florales, est optimale d'avril à juillet. Certaines espèces végétales ont au contraire une floraison tardive. De même que certaines espèces animales sont visibles plus facilement en période automnale et hivernale (migrateurs et hivernants). Dans ces cas-là, la période optimale se situe donc de septembre à novembre et de janvier à février.

Les saisons d'observation de la faune sont extrêmement variables. Elles dépendent à la fois de la zone géographique et du groupe étudié comme le montre le schéma suivant.

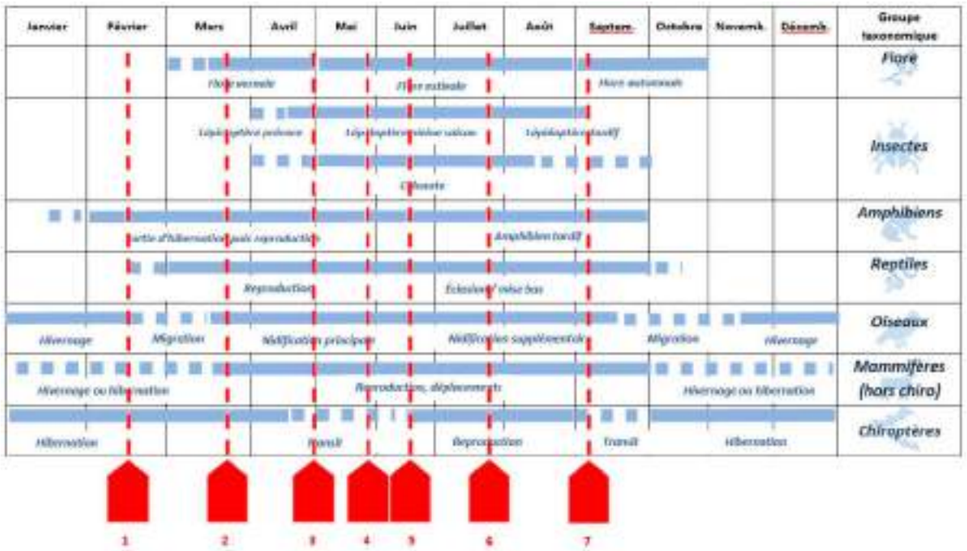


Figure 2 Calendrier de réalisation des campagnes de relevés de terrain au regard des stades phénologiques des différents taxons

Les personnes qui sont intervenues dans ces inventaires de terrain sont :

- Thomas Serin : écologue spécialisé en habitat naturel, botanique, zone humide, entomologie (odonate et lépidoptère) et herpétologie ;
- Vincent Duprat : écologue spécialisé en entomologie (lépidoptère, odonate, orthoptère), ornithologie, herpétologie ;
- Lily Moreno : stagiaire fauniste.

La pression d'inventaire actuelle dans le cadre de cette étude intermédiaire est la suivante :

Numéro de campagne	Date de la campagne	Observateurs	Conditions météorologiques	Inventaires
1	16 et 17 février 2021 Une journée (8h)	Thomas Serin Vincent Duprat	13°C, soleil, peu de vent	Habitats, flore, oiseaux (hivernants)
2	23 et 24 mars 2021 Une journée (8h), et une nuit (2h)	Thomas Serin Vincent Duprat	16°C, soleil, pas de vent 8°C la nuit, pas de vent	Zones humides approches habitat et pédologie, amphibiens, oiseaux, flore
3	28, 29 avril 2021 Après-midi (4h) Matinée (2h)	Vincent Duprat Lily Moreno	12 à 17°C, soleil, pluie le matin, pas de vent	Oiseaux, reptiles, invertébrés
4	26 et 27 mai 2021 Après-midi (4h) Matinée (4h)	Thomas Serin Vincent Duprat Lily Moreno	9 à 22°C, ensoleillé, vent faible, pas de pluie	Oiseaux, invertébrés reptiles, flore
5	15 juin 2021 Une journée (8h), et une nuit (3h)	Thomas Serin Vincent Duprat	26°c à 32°c et ensoleillé la journée, 27°c à 25°c la nuit, ciel dégagé	Chiroptères Oiseaux, invertébrés reptiles, flore
6	28 et 29 juillet 2021 Après-midi (4h) Matinée (2h)	Thomas Serin Vincent Duprat	21°c à 25°c et ensoleillé le 28, 17°c à 21°c et ensoleillé le 39	Oiseaux, invertébrés reptiles, flore
7	06 septembre 2021 Après-midi (2h) Matinée (2h)	Thomas Serin Vincent Duprat	17°c à 32°c et ensoleillé	Oiseaux, invertébrés reptiles, flore

Tableau 1 : Pression d'inventaire

Seuls les groupes spécifiquement recherchés sont présentés dans le tableau ci-dessus. Cependant, chaque passage d'inventaire fait l'objet d'une recherche systématique de l'ensemble des taxons.

2.4 Identification de la flore et des habitats

L'identification des habitats est réalisée par nos soins au cours de nos études de terrain à partir des espèces végétales caractéristiques rencontrées, et sur la base de la nomenclature EUNIS.

La classification des habitats EUNIS est un système hiérarchisé de classification des habitats naturels, semi-naturels et anthropiques des secteurs terrestres et marins européens.

L'acquisition des données se fait à pied sur l'ensemble de l'emprise concernée, en parcourant le site par type d'habitat. L'identification de la flore se fait par type de formation végétale, de façon à obtenir une liste d'espèces aussi exhaustive que possible.

La plupart des espèces sont identifiées in situ, d'autres sont identifiées au bureau ou à l'aide de photos prises sur le terrain.

2.5 Identification des invertébrés

Les invertébrés font l'objet de prospection systématique des habitats d'intérêt au sein du site de l'aire d'étude immédiate (zone ouverte, recherche de vieux arbres pouvant accueillir des coléoptères xylophages, zones en eau, ruisseau...).

Pour les odonates (libellules), le relevé des imagos se fait soit par capture au filet à papillons, soit par l'identification aux jumelles. Par ailleurs, des exuvies sont prélevées sur les points d'eau et identifiées au bureau de façon à évaluer la reproduction des espèces et se rapprocher de l'exhaustivité.

Pour les rhopalocères, la capture est également faite à l'aide du filet à papillons si besoin, mais l'identification de certaines espèces se font directement de visu. D'autres au contraire nécessitent la capture pour l'identification de critères spécifiques à la loupe de poche.

Tous les individus capturés au filet sont bien évidemment relâchés sur place.

2.6 Identification des amphibiens

Les amphibiens sont recensés via la recherche et l'inspection diurne de tous les points en eau de l'aire d'étude : stagnations d'eau, mare ou ruisseau, en recherchant les adultes, les pontes et les larves. Des prospections nocturnes sont réalisées sur les secteurs ayant été identifiés de jours comme étant favorables à la reproduction des amphibiens. Les espèces sont déterminées à la vue ou au chant.

2.7 Identification des reptiles

Les reptiles sont recensés de jour en marchant très lentement selon un transect aléatoire, dans les zones ensoleillées ou parfois humides (pour certaines espèces) propices à la présence des reptiles : prospection visuelle des pierres, souches d'arbres, lisières…

2.8 Identification des oiseaux

L'inventaire des oiseaux est effectué à l'aide de contacts visuels et auditifs. Toutes les journées de terrain donnent lieu à un inventaire complet de l'avifaune observée et entendue pendant toute la durée de présence sur site.

Lors de la période de nidification, les prospections diurnes sont réalisées tôt le matin, correspondant à la période de forte activité pour les oiseaux détectables au chant (entre 6h et 9h) puis en fin de matinée/milieu de journée pour les rapaces (11h – 13h). Les rapaces nocturnes sont également recensés pendant les inventaires nocturnes.

Par ailleurs, les zones de nidification ou de repos potentielles sont systématiquement recherchées : prospection à la jumelle des haies et arbres, ruines et recherche de nids au sol.

Les espèces recensées sont classées dans différents cortèges en fonction de leur utilisation de l'aire d'étude immédiate.

Pour évaluer le potentiel de reproduction des espèces, la codification LPO est utilisée. Le code le plus haut après les diverses campagnes est retenu pour évaluer l'enjeu de chaque espèce.

NIDIFICATION POSSIBLE	
2	Présence dans un habitat favorable à la nidification durant la période de reproduction
3	Mâle chanteur présent dans un habitat favorable à la nidification en période de reproduction
NIDIFICATION PROBABLE	
4	Couple présent dans un habitat favorable à la nidification durant sa période de reproduction
5	Comportement territorial (chant, querelles avec des voisins, etc.) observé sur un même territoire deux fois indépendamment l'une de l'autre
6	Comportement nuptial : parades, copulation ou échange de nourriture entre adultes
7	Visite d'un site de nidification probable (distinct d'un site de repos)
8	Cri d'alarme ou tout autre comportement agité indiquant la présence d'un nid ou de jeunes aux alentours
9	Preuve physiologique : plaque incubatrice très vascularisée ou œuf présent dans l'oviducte (observation uniquement sur un oiseau en main)
10	Transport de matériel ou construction d'un nid ; forage d'une cavité (pics)
NIDIFICATION CERTAINE	
11	Oiseau simulant une blessure ou détournant l'attention (tels les canards, gallinacés, limicoles, etc.)
12	Nid vide ayant été utilisé ou coquilles d'œufs de la présente saison
13	Jeunes en duvet ou jeunes venant de quitter le nid et incapables de soutenir le vol sur de longues distances

14	Adulte gagnant, occupant ou quittant le site d'un nid ; comportement révélateur d'un nid occupé dont le contenu ne peut être vérifié (trop haut ou dans une cavité)
15	Adulte transportant un sac fécal
16	Adulte transportant de la nourriture pour les jeunes durant la période de reproduction
17	Coquilles d'œufs éclos
18	Nid vu avec un adulte couvant
19	Nid contenant des œufs ou des jeunes (vus ou entendus)

Tableau 2 : Codification LPO utilisée pour évaluer le potentiel de reproduction des espèces d'oiseaux

2.9 Identification des mammifères (hors chiroptères)

Les micromammifères sont recensés via la méthode du transect aléatoire compte tenu de la difficulté à observer les micromammifères (rongeurs et insectivores). Aucune capture d'individu n'est réalisée.

Pour les autres mammifères, les investigations multi-paramètres sont basées sur des contacts visuels et l'identification d'indices de présence (traces, excréments, terriers, pelote de réjection, épreintes, empreintes, restes alimentaires, poils, abris et passages, etc.).

2.10 Identification des chiroptères

- ***Prospections diurnes (gîtes bâtis et arboricoles)***

Les gîtes bâtis et arboricoles potentiels ont fait l'objet de prospections diurnes.

Le contexte très urbain de la zone d'étude n'a pas permis ici la prospection des bâtis au vu de leur nombre et de leur caractère privé.

Concernant les gîtes arboricoles, les cavités, bourrelets, décollement d'écorce et autres gîtes potentiels ont été recherchés et les arbres identifiés comme potentiellement favorables ont été pointés au GPS.

- ***Inventaires nocturnes***

Les chiroptères ont fait l'objet d'une soirée d'inventaire en méthode d'enregistrements acoustiques de type active. La méthode passive effectuée à l'aide d'enregistreurs automatiques de type SM4 habituellement utilisée n'a pas pu être mise en place sur l'aire d'étude immédiate. En effet, la zone étant très fréquentée, aucun SM4 n'a pu être posé par crainte de vol du matériel.

- Concernant la méthode active, 12 transects associés à 11 points d'écoute de 10 minutes ont été réalisés à l'aide d'un détecteur d'ultrasons de type Pettersson. Ces enregistrements ont été effectués au début de la nuit, pendant le pic d'activité principal des chiroptères.
- Les enregistrements acoustiques (sonagrammes) ont ensuite été pré-analysés grâce au logiciel SonoChiro. Cette pré-analyse propose une identification des espèces pour chaque séquence de signaux ainsi qu'un indice de confiance associé. Des vérifications ont ensuite été effectuées via le logiciel BatSound selon la méthode de référence d'analyse des ultrasons de Barataud. Ces vérifications concernaient l'ensemble des identifications ayant des indices de confiance compris entre 0 et 6 sur 10. Des échantillons pris au hasard pour des indices plus élevés compris entre 7 et 10 ont également permis de confirmer ou non les identifications des espèces fréquentant le site.

- ***Activité Chiroptérologique***

L'activité Chiroptérologique est évaluée à l'aide des enregistrements continus des émissions ultrasonores sur une nuit entière (SM4). Cependant, aucun SM4 n'ayant pu être placé sur l'aire d'étude, l'activité n'a pas pu être mesurée ici.

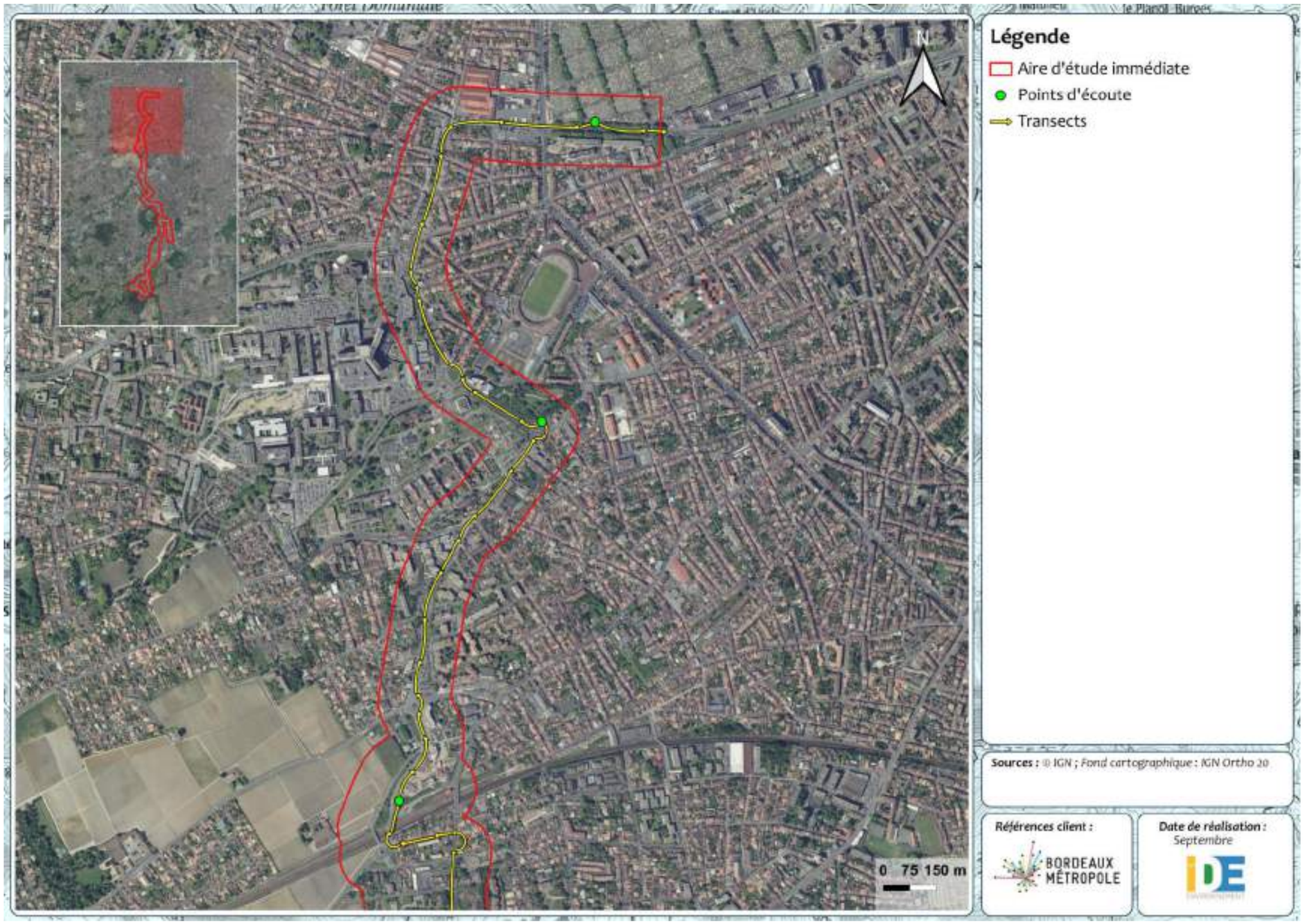


Figure 3 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (1/4)

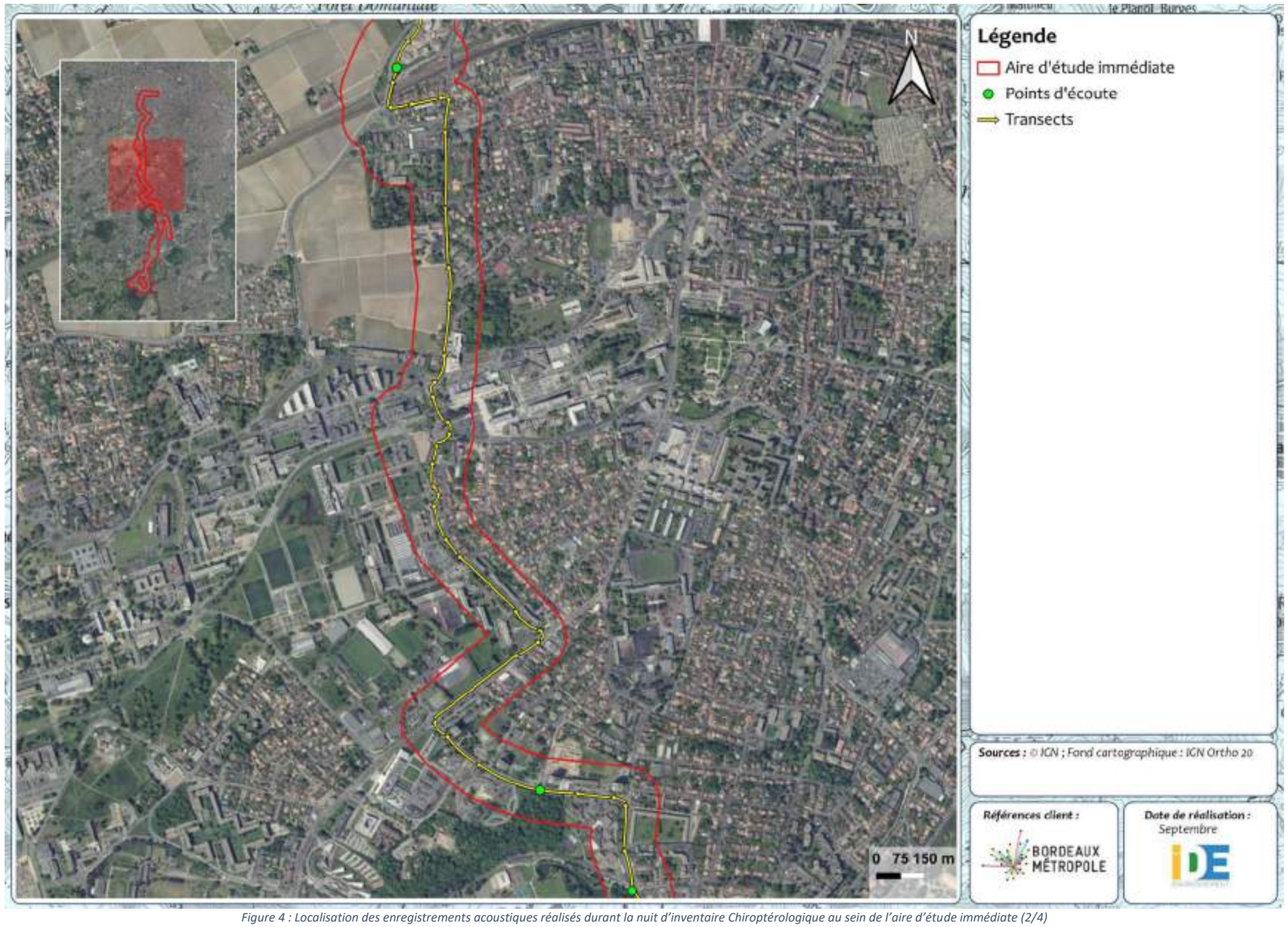


Figure 4 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (2/4)

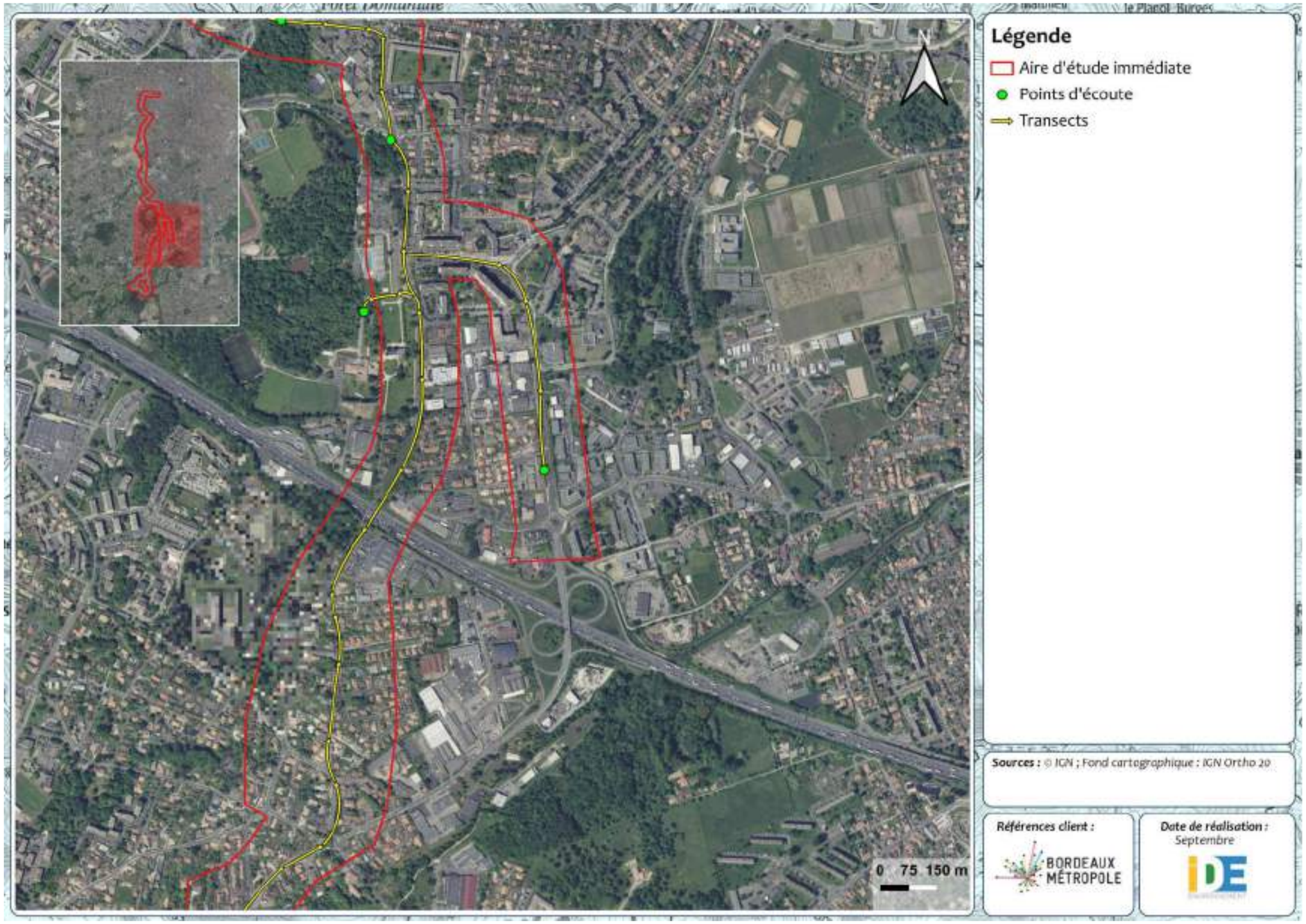


Figure 5 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (3/4)



Figure 6 : Localisation des enregistrements acoustiques réalisés durant la nuit d'inventaire Chiroptérologique au sein de l'aire d'étude immédiate (4/4)

2.11 Etude de délimitation de zones humides

Références réglementaires

- L.211-1, L.214-7 et L.173-1, R211-108, R.214-1, rubrique 3310, et R. 216-12 du code de l'environnement ;
- L.121-23 et R.121-4 du code de l'urbanisme ;
- Arrêté 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er oct. 2009 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L.214-7-1 et R.211-108 du code de l'environnement ;
- Circulaire du 18/01/10 relative à la délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement ;
- Décision du Conseil d'État du 22 février 2017, n°386325 ;
- Note technique du 26 juin 2017 relative à la caractérisation des zones humides ;
- LOI n° 2019-773 du 24 juillet 2019 portant création de l'Office français de la biodiversité (JO 26/07/2019), modifiant l'article L. 211-1 du code de l'environnement (art. 23).

Étude des données disponibles

Le diagnostic doit démarrer par une analyse des données existantes disponibles afin de mieux appréhender la zone du projet :

- Sites à forte probabilité de présence de Zones Humides (carte des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine réalisée par deux équipes de l'INRA d'Orléans (US InfoSol) et d'AGROCAMPUS OUEST à Rennes (UMR SAS) ;
- Études zones humides antérieures sur le territoire du projet ou réalisées dans le cadre de schémas directeurs ;
- Cartes topographiques (les zones humides se trouvent préférentiellement dans les zones dépressionnaires du terrain) et cartes géologiques (sondage géologique à réaliser sur chaque formation géologique) disponibles sur Géoportail ;
- Cartographie des habitats naturels de la zone du projet (si disponible) ;
- Cartographie du réseau hydrographique ;
- Étude hydrogéologique ou géotechnique (si disponible).

Principe méthodologique général

Au regard des dispositions législatives et réglementaires applicables, la caractérisation des zones humides repose sur trois critères : les habitats, la pédologie et la végétation. On attend ici par végétation, une végétation botanique, ou « spontanée », soit une végétation attachée naturellement aux conditions du sol et qui exprime les conditions écologiques du milieu.
La méthodologie appliquée pour la caractérisation et la délimitation des zones humides est donc la suivante :

- Définition d'entités à végétation homogène (correspondant à la cartographie des habitats EUNIS) ;
- Détermination des habitats caractéristiques des zones humides selon l'arrêté du 24 juin 2008 modifié ;
- Détermination du caractère spontané ou non de la végétation sur les entités du projet ;
- Réalisation de sondages pédologiques et de placettes de végétation tels que prescrits par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié.

Les zones humides réglementaires sont donc déterminées en suivant le logigramme suivant :

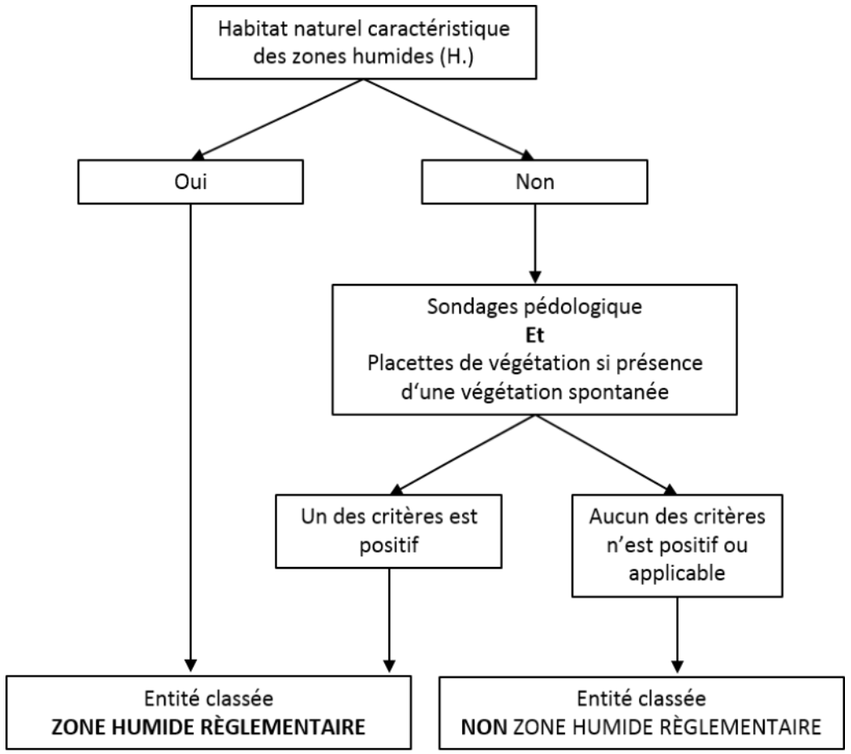


Figure 7 : Logigramme de détermination des zones humides

Les délimitations de l'entité « Zone humide règlementaire » sont fonction de l'homogénéité de celle-ci et de la localisation des placettes de végétation et des sondages pédologiques tels que prescrits par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié.

En présence d'un habitat caractéristique des zones humides, soit « H. » selon l'arrêté du 24 juin 2008 modifié, l'entité est directement classée en Zone Humide réglementaire.
En présence d'une végétation dite spontanée, il suffit que le critère végétation ou le critère pédologique soit positif pour classer l'entité en Zone Humide réglementaire.
En présence d'une végétation non spontanée ou en absence de végétation, le critère pédologique doit être positif pour classer l'entité en Zone Humide réglementaire.

Critère habitat naturel

Une première approche « Habitat naturel » permet de lister les habitats qui sont classés d'office en Zone Humide réglementaire par l'annexe II table B de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié. Un habitat coté « H. » signifie que cet habitat ainsi que, le cas échéant, tous les habitats des niveaux hiérarchiques inférieurs sont caractéristiques de zones humides selon le critère « végétation ».
Dans certains cas, l'habitat d'un niveau hiérarchique donné ne peut pas être considéré comme systématiquement ou entièrement caractéristique de zones humides, soit parce que les habitats de niveaux inférieurs ne sont pas tous humides, soit parce qu'il n'existe pas de déclinaison typologique plus précise permettant de distinguer celles typiques de zones humides. Pour ces habitats, il n'est pas possible de conclure sur la nature humide de la zone à partir de la seule lecture des données ou cartes relatives aux habitats.

Cette approche est utilisable lorsque des données ou cartes d'habitats sont disponibles. Si ce n'est pas le cas, des investigations sur le terrain sont nécessaires afin de les déterminer. Par ailleurs, les habitats naturels caractéristiques des zones humides listés dans l'arrêté du 24 juin 2008 suivent l'ancienne codification CORINE Biotopes. Les habitats relevés sous la codification en vigueur EUNIS sont donc converti à l'aide de la correspondance entre les classifications d'habitats Corine Biotopes et EUNIS, mis en place par le Museum National d'Histoire Naturelle.

Critère de végétation

- *Appréciation du caractère spontané de la végétation*

On attend ici par végétation, une végétation botanique, ou « spontanée », soit une végétation attachée naturellement aux conditions du sol et qui exprime les conditions écologiques du milieu. La détermination du caractère spontané ou non de la végétation est expertisée en fonction de chaque terrain, de son historique, des pratiques qui y sont associés et des conditions locales. La note technique du 26 juin 2017 donne quelques exemples de végétation spontanée et de végétation non spontanée :

Milieux à végétation spontanée	Milieux à végétation non spontanée
Jachères hors rotation	Jachères entrant dans une rotation
Landes	Parcelles labourées, plantées, cultivées, coupées ou encore amendées
Friches	Champs de céréales ou d'oléagineux
Boisements naturels	Certaines prairies temporaires ou permanentes exploitées, amendées ou semées
Boisements régénérés peu exploités ou pas exploités depuis suffisamment longtemps	Zone d'exploitation, de coupes et de défrichements réalisés dans un délai qui n'a pas permis à la végétation naturelle de la recoloniser
Prairies naturelles	Plantations forestières dépourvues de strate herbacée

Tableau 3 : Exemples de milieux à végétation « spontanée » et de milieux à végétation « non spontanée »

Source : Note technique du 26 juin 2017

L'appréciation du caractère spontanée de la végétation peut également être réalisée par :

- Analyse de la couverture végétale par des photographies aériennes disponibles et couvrant plusieurs années pour permettre d'attester du caractère spontané de l'entité.
- Entretien avec les propriétaires et/ou les exploitants des entités étudiées pour évaluer :
  - Le type et la nature des rotations de cultures ;
  - Les Fertilisations (amendements, engrais, chaulage…) ;
  - L'utilisation de produits phytosanitaires ;
  - L'irrigation, le drainage ;
  - La pression de pâturage ;
  - La fréquence de l'entretien…

En cas de difficulté d'interprétation, la végétation sera considérée comme non spontanée et seule l'approche pédologique sera utilisée.

- *L'étude de la végétation spontanée*

Le critère relatif à la végétation « spontanée » peut être appréhendé à partir soit directement des espèces végétales (par placettes de végétation), soit des habitats.

L'examen de la végétation est effectué sur des placettes situées de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide, suivant des transects perpendiculaires à cette frontière.

Les relevés botaniques sont réalisés sur une placette circulaire, globalement homogène du point de vue des conditions mésologiques et de végétation, en prenant pour rayon 1,5 m pour la strate herbacée, 3 m pour la strate arbustive et 10 m pour la strate arborescente.

Sur chacune des placettes, il est effectué une estimation visuelle du pourcentage de recouvrement des espèces pour chaque strate de végétation de façon à obtenir une liste des espèces dominantes. Les espèces possédantes un recouvrement inférieur à 5 % ne sont pas nécessairement prises en compte du fait de leur faible apport d'information. Cette liste permet d'évaluer si la moitié au moins des espèces figurent dans la liste des espèces indicatrices de zones humides. Le cas échéant, la placette de végétation est indicatrice de zones humides. Les analyses et investigations de terrain sont réalisées selon le protocole décrit à l'annexe 2.1.1. de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié et la liste d'espèces fournie à l'annexe 2.1.2. de cet arrêté.

D'après l'arrêté du 28 juin 2008 modifié, l'examen des espèces végétales doit être fait à une période où les espèces sont à un stade de développement permettant leur détermination. La période incluant la floraison des principales espèces est à privilégier.

<u>Remarque spécifique concernant les fossés</u> : les fossés sont en règle générale aménagés par l'homme pour drainer ou canaliser un milieu aquatique ou humide. Sauf exception spécifique (aménagement en pente douce notamment), les fossés sont à considérer comme des milieux aquatiques et non comme des zones humides malgré le développement d'une végétation hygrophile.

<u>Remarque spécifique concernant les haies</u> : sauf exception, les haies sont à considérer comme une végétation non spontanée plantée par l'homme. Le diagnostic Zones Humides est réalisé selon le critère pédologique avec la réalisation d'un sondage minimum de part et de l'entité « haie ».

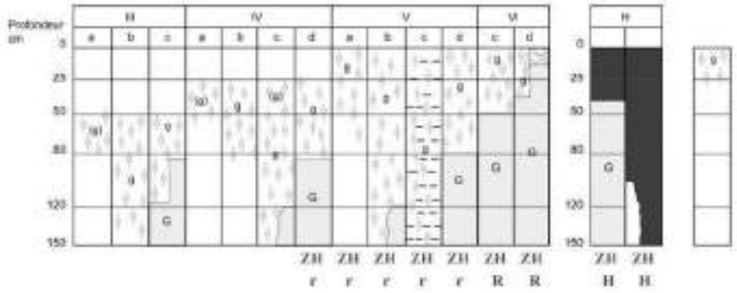
<u>Critère pédologie</u>

- *Principe général*

L'arrêté du 24 juin 2008 modifié précise, dans une liste, les sols caractéristiques des zones humides et correspondants à un ou plusieurs types pédologiques. Ces sols sont les suivants :

- Les histosols : marqués par un engorgement permanent provoquant l'accumulation de matières organiques peu ou pas décomposées (tourbières) : sols de classe H ;
- Les réductisols : présentant un engorgement permanent à faible profondeur montrant des traits réductiques débutant à moins de 50 cm de la surface du sol : sols de classe VI (c et d) ;
- Les autres sols caractérisés par des traits rédoxiques :
  - Débutant à moins de 25 cm de profondeur du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur : sols de classes V (a, b, c, d) ;
  - Ou débutant à moins de 50 cm de profondeur du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur et par des traits réductiques apparaissant à moins de 120 cm de profondeur : sols de classes IVd.

La figure suivante présente les différentes morphologies des sols correspondant à des zones humides selon le GEPPA :



Morphologie des sols correspondant à des "zones humides" (ZH)

(g) caractère rédoxique peu marqué (pseudogley peu marqué)
g caractère rédoxique marqué (pseudogley marqué)
G horizon réductique (gley)
H Histosols R Réductisols
r Réductisols (rattachements simples et rattachements doubles)

Après Classes d'hydromorphie du Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981)

Figure 8 : Morphologies des sols correspondant à des zones humides - GEPPA, 1981

En pratique, des sondages à la tarière sont effectués sur le terrain du projet pour rechercher les traits rédoxiques et réductiques. La profondeur à partir de laquelle ils sont observés est notée et permet de déterminer le type de sol selon le GEPPA.

Le nombre, la répartition et la localisation précise de ces points dépendent de la taille et de l'hétérogénéité du site, avec un point (=1 sondage) par secteur homogène. Si une zone humide est suspectée, l'examen des sols porte prioritairement sur des points à situer de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide.

D'après l'arrêté du 1er octobre 2009 et la note technique du 26 juin 2017, l'observation des traits d'hydromorphie peut être réalisée toute l'année mais la fin de l'hiver et le début du printemps sont les périodes idéales pour constater sur le terrain la réalité des excès d'eau.

<u>Remarque spécifique concernant le drainage des sols</u> : les réseaux de drainage de parcelles sont à repérer car le drainage est de nature à modifier le degré d'hydromorphie des sols.

➢ *Prise en compte des sols particuliers*

Dans certains contextes particuliers (fluviosols développés dans des matériaux très pauvres en fer, le plus souvent calcaires ou sableux et en présence d'une nappe circulante ou oscillante très oxygénée ; podzols humiques et humoduriques), l'excès d'eau prolongée ne se traduit pas par les traits d'hydromorphie habituels facilement reconnaissables. Une expertise des conditions hydrogéomorphologiques (en particulier profondeur maximale du toit de la nappe et durée d'engorgement en eau) doit être réalisée pour apprécier la saturation prolongée par l'eau dans les 50 premiers centimètres de sol.

Si une expertise hydrogéologique poussée sur une longue période n'est pas envisagée par le maître d'ouvrage, l'estimation du niveau et de la durée d'engorgement en eau des sols peut être évaluée en première approche par :

- Consultation de l'étude hydrogéologique ou géotechnique éventuellement mise à disposition par le maître d'ouvrage (estimation de la NPHE notamment) ;
- Estimation de la hauteur de la nappe superficielle de chaque entité homogène par des sondages à la tarière manuelle en période de plus haute eau (en règle générale : fin d'hiver ou début du printemps). Les conditions météorologiques des 15 jours précédant l'intervention de terrain seront analysées pour écarter les niveaux d'engorgement liés à des événements pluvieux exceptionnels.

On parlera d'un niveau d'engorgement potentiel suffisant pour caractériser le sol comme à forte probabilité d'hydromorphie.

<u>Remarque spécifique concernant les sols calcaires</u> : Si l'étude des données existantes suspecte la présence de sol calcaire, un test à l'acide chlorhydrique dilué sur la terre fine permet de confirmer la nature du sol.

2.12 Hiérarchisation des enjeux

La définition du niveau d'enjeu des populations d'espèces présentes sur l'aire d'implantation pressentie apparaît comme un préambule à l'évaluation des contraintes écologiques qui s'appliquent au projet. Pour les espèces protégées, cette analyse a une implication directe sur l'évaluation du besoin compensatoire.

Un premier enjeu est déterminé pour chaque espèce : **l'enjeu général de conservation** correspondant à la valeur patrimoniale de l'espèce. Il s'appuie sur le statut de protection nationale mais surtout sur le statut de conservation des espèces. Le statut de conservation est défini à partir des listes rouges UICN, à un niveau régional (autant que faire se peut), cette échelle d'analyse apparaissant la plus cohérente pour qualifier la responsabilité locale de conservation d'une espèce donnée. Lorsque des listes nationales et régionales existent et présentent des statuts de conservation différents, c'est le statut le plus défavorable qui prime.

Il est proposé cinq classes de niveau d'enjeu général de conservation, déclinés selon le tableau suivant :

Très Faible : espèce non protégée et non menacée (LC)
Faible : espèce protégée non menacée (LC)
Modéré : espèce protégée ou non protégée, à statut quasi-menacé (NT)
Fort : espèce protégée ou non protégée, à statut menacée (VU et EN)
Très fort : espèce protégée ou non protégée fortement menacée (CR)

Pour rappel, les statuts UICN sont notés de la façon suivante :

CR	EN	VU	NT	LC	DD	NA	NE
En danger critique	En danger	Vulnérable	Quasi-menacée	Préoccupation mineur	Données insuffisantes	Non applicable	Non évaluée

Pour les espèces patrimoniales, soit présentant un enjeu général de conservation modéré, fort ou très fort, l'enjeu de l'espèce est affiné en fonction des caractéristiques locales de fonctionnalité. Concernant les espèces à enjeu général de conservation très faible à faible, il est considéré que l'enjeu local est identique à l'enjeu général de conservation.

Pour ce faire, un second enjeu est ensuite défini pour chaque espèce présente ou potentielle sur l'aire d'étude : **l'enjeu de fonctionnalité**. Il repose sur 2 critères :

- ***L'utilisation de la zone d'implantation potentielle***

Il s'agit, à ce niveau, d'évaluer si l'espèce fréquente la zone d'implantation pressentie de manière régulière et d'identifier quelle partie du cycle biologique est réalisée sur les milieux présents (reproduction, repos/hivernage, alimentation, transit…). Pour la flore, c'est l'optimum écologique des habitats où l'espèce est présente qui est évalué.

Utilisation	Intérêt	Note
Faune : Populations de l'espèce utilisant régulièrement les sites pour la reproduction au sein de milieux correspondant à leur optimum écologique **Flore** : Populations de l'espèce présentes au sein de milieux correspondant à leur optimum écologique	**Fort**	**3**
Faune : L'espèce se reproduit sur le site mais les habitats de reproduction du site ne constituent pas leur optimum écologique. Pour les espèces migratrices : utilisation du site pour halte migratoire au sein d'un couloir évident de migration. **Flore** : Populations de l'espèce présentes au sein de milieux favorables, mais dégradés	**Modéré**	**2**
Faune : Populations de l'espèce utilisant régulièrement les sites pour l'alimentation et/ou l'hivernage et/ou repos, mais se reproduisant en dehors. **Flore** : Populations de l'espèce présentes sur des milieux très éloignés de leur optimum écologique	**Faible**	**1**
Faune : Utilisation anecdotique de la zone d'implantation potentielle ou couloir non évident et marginal pour les espèces migratrices	**Très faible**	**0**

- ***La disponibilité en habitats favorables***

La disponibilité en habitats favorables apparaît souvent comme le facteur limitant au maintien d'une espèce. Le présent critère vise à évaluer si les habitats d'espèces apparaissent bien représentés au sein de l'entité écologique locale ou si les aires d'études des sites concernés par le projet constituent des entités uniques, présentant donc une responsabilité importante pour le maintien des espèces. Une espèce présentant une faible amplitude écologique et une forte dépendance à un type d'habitat particulier apparaîtra ainsi plus sensible à la perte de surfaces d'habitats, même restreintes, qu'une espèce à large amplitude écologique susceptible d'occuper une large gamme de milieux.

Disponibilité des habitats favorables en dehors des sites d'étude	Intérêt	Note
Habitats favorables à l'espèce faiblement représentés en dehors des sites étudiés Responsabilité élevée des sites concernés par le projet pour la conservation de l'espèce à l'échelle locale	**Fort**	**3**
Habitats favorables à l'espèce moyennement représentés Responsabilité modérée	**Modéré**	**2**
Habitats favorables à l'espèce largement représentés Responsabilité faible	**Faible**	**1**

L'enjeu de fonctionnalité s'obtient en sommant les notes des 2 critères précédents :

Note (Somme des notes des 2 critères précédents)	Enjeu de fonctionnalité
6 ou 5	**Fort**
4	**Modéré**
3 ou 2	**Faible**
1	**Très faible**

Enfin, **l'enjeu local** des espèces patrimoniales peut être évalué en croisant l'enjeu général de conservation à l'enjeu de fonctionnalité. 3 niveaux d'enjeu sont proposés :

Valeur de l'enjeu local de conservation	Faible	Modéré	Fort	Très fort

		Enjeu fonctionnalité			
		Très faible	Faible	Modéré	Fort
Enjeu général de conservation	Modéré				
	Fort				
	Très fort				

3 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DU MILIEU NATUREL

Synthèse : L'aire d'étude immédiate ne se situe sur aucun zonage du patrimoine naturel. Cependant, elle se trouve à proximité immédiate de la ZNIEFF I « Mare du bois de Thouars » et du site inscrit « Vallée de l'Eau-Bourde ».

3.1 Espaces naturels remarquables et protégés

D'après les données de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, les zones naturelles d'intérêt écologique particulier, comprises dans un rayon de 5 km autour des terrains du projet sont :

- Listées dans le tableau suivant ;
- Illustrées sur la carte dans les pages suivantes ;
- Présentées en annexe pour les zones qui possèdent un lien écologique et/ou hydraulique potentiel avec l'aire d'étude immédiate.

Type de périmètre	Typologie	Code et dénomination	Localisation vis-à-vis du site	Lien écologique et hydraulique potentiel avec l'aire d'étude immédiate
Périmètre de protection et de gestion du patrimoine naturel	ZSC - Natura 2000	FR7200688 - Bocage humide de Cadaujac et Saint-Médard-d'Eyrans	Environ 4 km à l'Est	**Nul** Aucun lien écologique avéré ni hydraulique
		FR7200700 - La Garonne	Environ 2,5 km à l'Est	**Nul** Aucun lien écologique avéré ni hydraulique
	ZNIEFF I	720014190 – Mare du bois de Thouars	Proximité immédiate	**Faible** Habitats et espèces dont les spécificités écologiques les rendent peu rattachables au site étudié
		720020117 – Bocage de la basse vallée de l'eau blanche	Environ 4 km à l'est	**Nul** Aucun lien écologique avéré ni hydraulique
	ZNIEFF II	720001974 - Bocage humide de la basse vallée de la Garonne	Environ 4 km à l'est	**Nul** Aucun lien écologique avéré ni hydraulique
	Site inscrit	SIN0000149 – Vallée de l'Eau-Bourde	Proximité immédiate	**Faible** Habitats et espèces dont les spécificités écologiques les rendent peu rattachables au site étudié

Tableau 4 : Zones naturelles d'intérêt écologique particulier au sein de l'aire d'étude éloignée

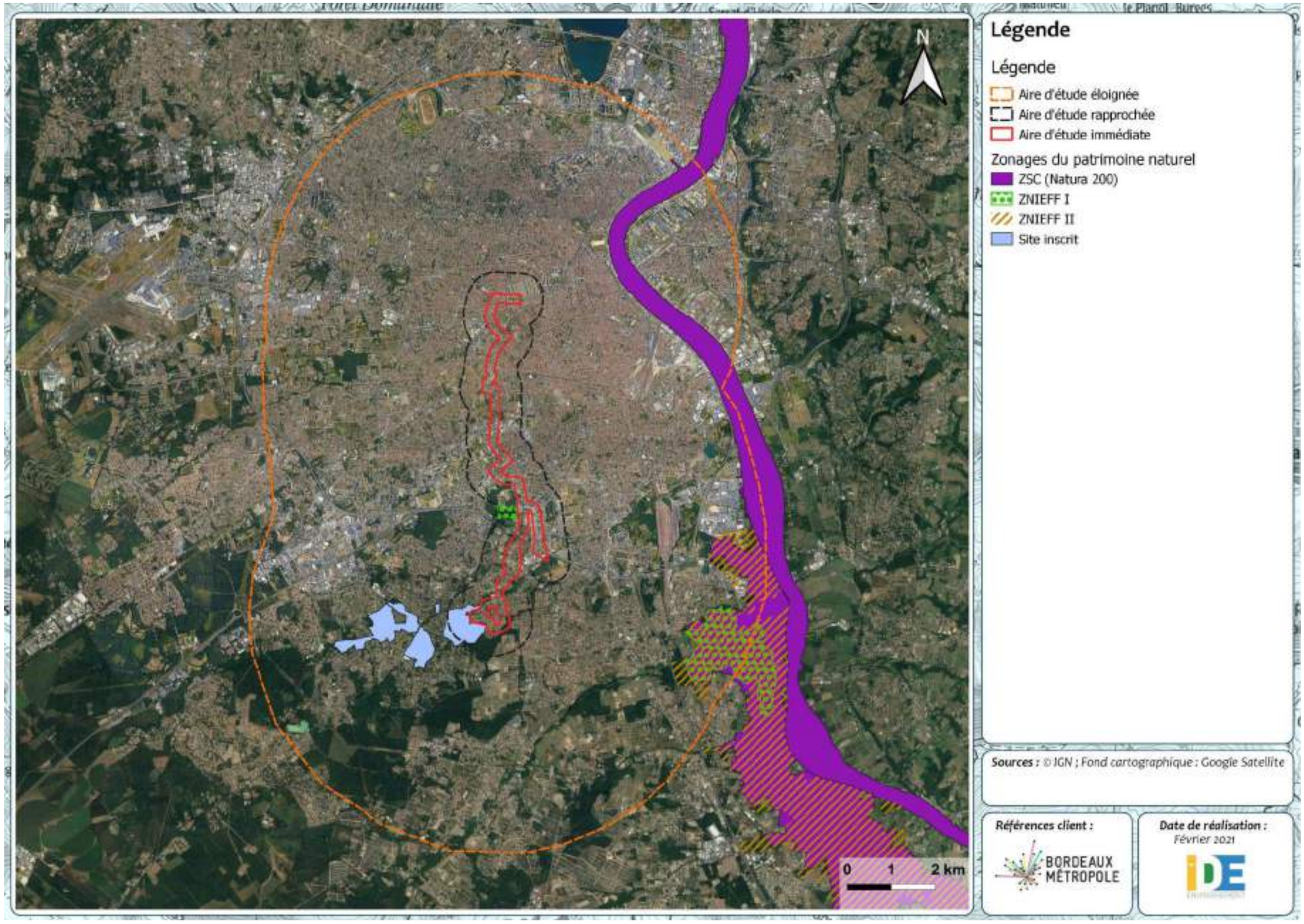


Figure 9 : Localisation du patrimoine naturel au sein de l'aire d'étude éloignée

- ***ZNIEFF I « Mare du bois de Thouars »***

« Cette ZNIEFF ne correspond pas strictement à une zone naturelle puisqu'elle correspond à une partie d'un parc urbain, ancien parc boisé du château de Thouars.
Toutefois, la gestion et l'évolution spontanée des milieux ont permis le développement d'habitats "secondairement" naturels aussi variés que la lande humide à molinie, la lande sèche à ajoncs et genêts, des zones humides de type mégaphorbiaie, un bois à chênes tauzin, une chênaie-charmaie, etc.
L'ancienneté du parc a permis le développement de très vieux arbres qui accueillent un peuplement assez riche de coléoptères saproxyliques. Des études seraient toutefois nécessaires pour mettre à jour les connaissances sur ce peuplement et, notamment, confirmer la présence du pique-prune, espèce devenue très rare.
La zone est formée de 2 talwegs qui s'écoulent du sud-ouest vers le nord et aliment une petite mare, où s'observe encore une station d'hottonie des marais, correspondant à la ZNIEFF d'origine. » (Extraction de l'INPN ; 11/02/2021)

3.2 Données de l'atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole

D'après l'Atlas de la Biodiversité de Bordeaux Métropole, des espèces à statut réglementaire ont été recensées entre 2008 et 2014 sur les communes de Bordeaux, Talence, Gradignan et Villenave d'Ornon. Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant. Une attention particulière est apportée à la détection de ces espèces potentielles lors des campagnes d'investigation.

Synthèse : Au total, 176 espèces sont recensées sur ces quatre communes.

3.3 Données de l'Observatoire Aquitaine de la Faune Sauvage (OAFS)

Une demande d'extraction de données naturalistes a été réalisée auprès de l'OAFS au sein de l'aire d'étude rapprochée (300 m), le 03/02/2021. L'extraction des données a été réalisée le 08/02/2021.
Les espèces protégées et/ou patrimoniales recensées sont listées en annexes et les espèces patrimoniales sont localisées sur la carte ci-dessous.

Synthèse : Au total, 75 espèces protégées et/ou patrimoniales ont été recensées par l'OAFS au sein de l'aire d'étude rapprochée.

3.4 Données de l'Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine (OBV)

Une demande d'extraction de données naturalistes a été réalisée auprès de l'OBV au sein de l'aire d'étude rapprochée (300 m), le 03/02/2021. L'extraction des données a été réalisée le 13/04/2021. Les espèces protégées et/ou patrimoniales recensées sont listées en annexes et localisées sur la carte ci-dessous.

Synthèse : Au total, 13 espèces protégées et / ou patrimoniales sont recensées par l'Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine.

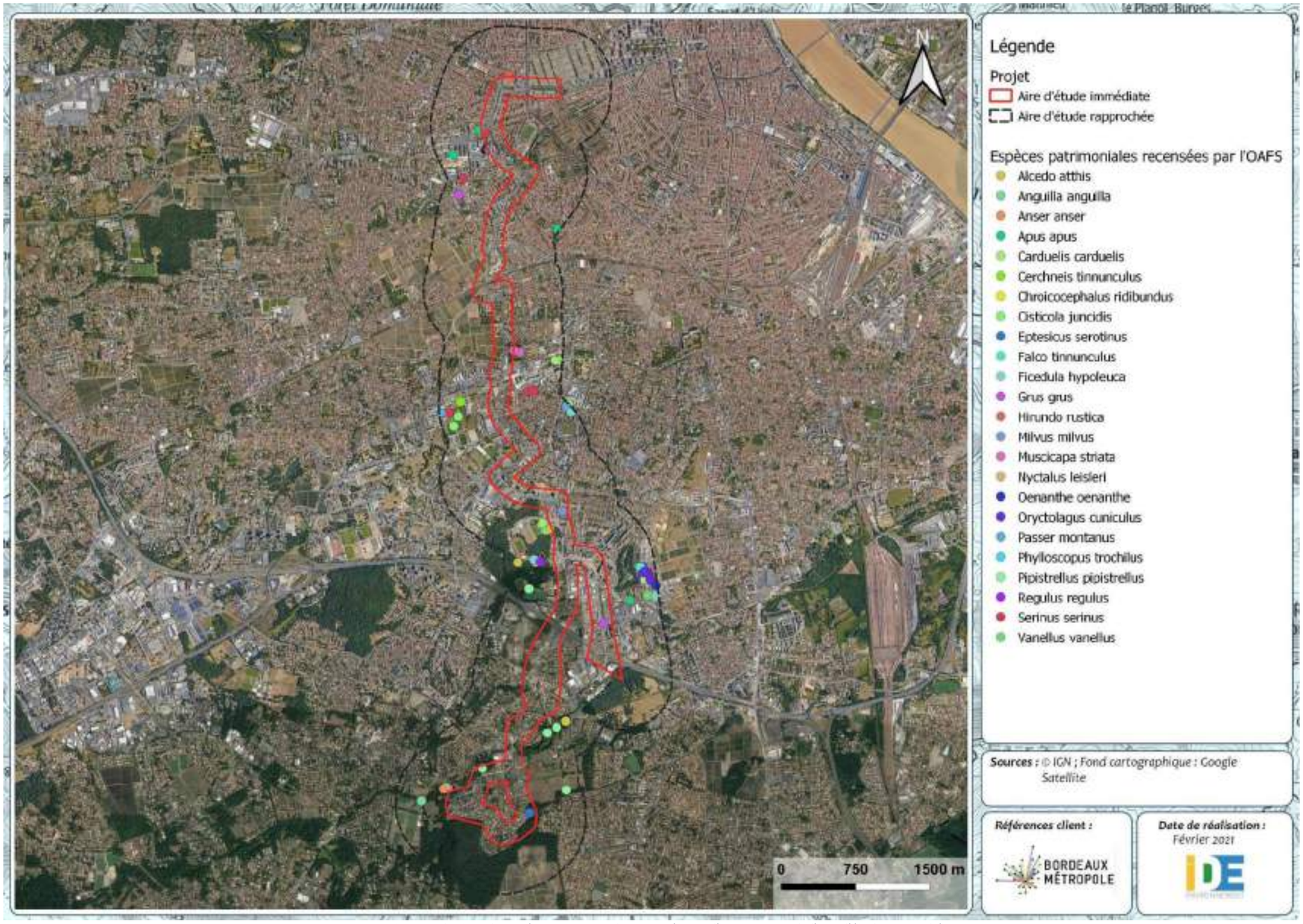


Figure 10 : Localisation des espèces patrimoniales recensées par l'OAFS au sein de l'aire d'étude rapprochée

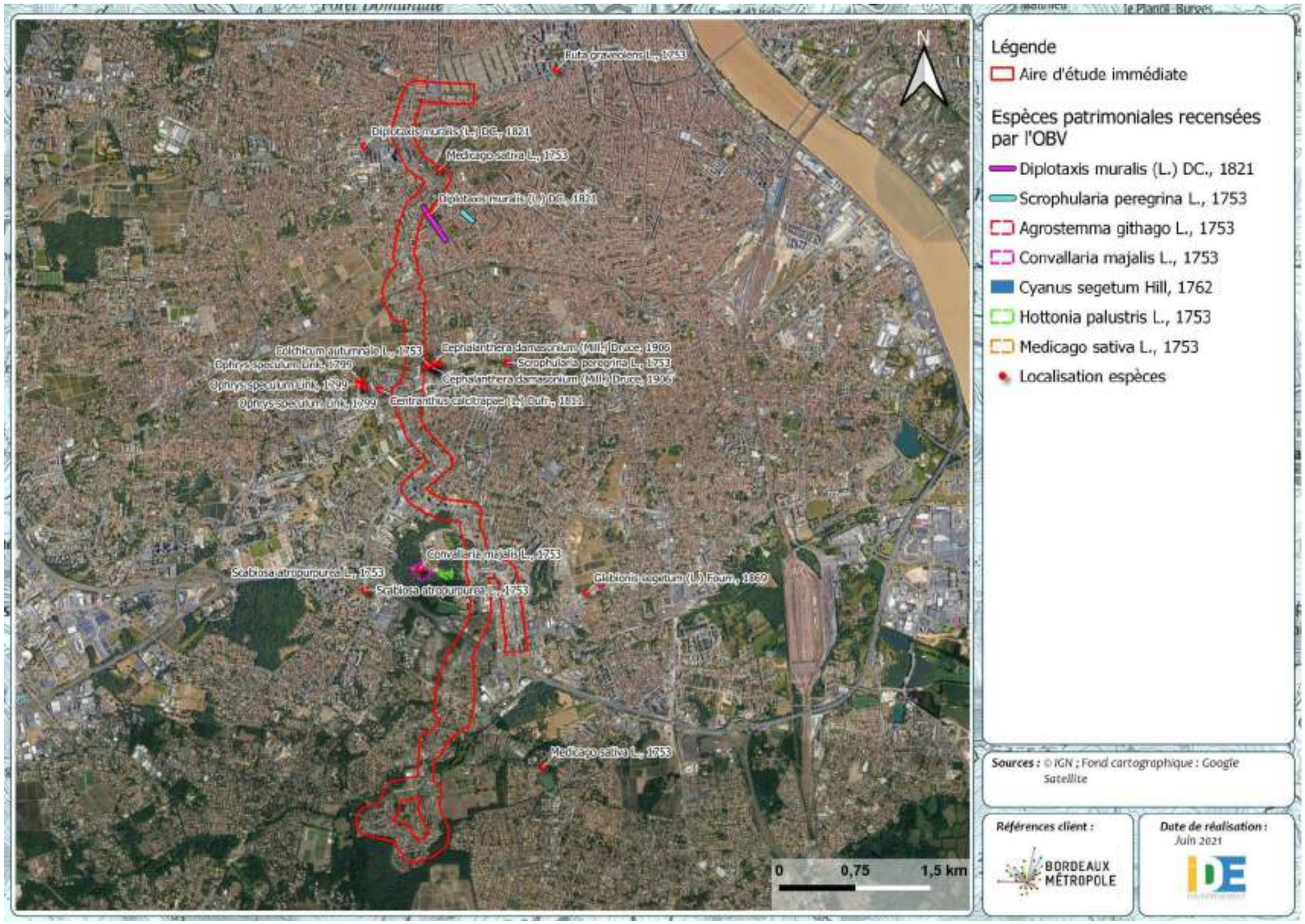


Figure 11 : Géolocalisation des espèces protégées et / ou patrimoniales floristiques recensées dans la base de données du CBNPMP

4 HABITATS NATURELS ET FLORE DE L'AIRE D'ETUDE IMMEDIATE

4.1 Description des habitats naturels

Les habitats naturels rencontrés sont particulièrement dominés par les milieux anthropiques : Bâtiments des villes, pelouses de parcs, réseaux de transports, jardins ornementaux. Cependant, l'aire d'étude immédiate est également occupée par des milieux plus naturels, comme des boisements, des prairies et des fourrés. Quelques milieux aquatiques sont aussi présents.

Le tableau ci-dessous reprend en détail l'ensemble des habitats naturels identifiés au droit du projet, avec leur dénomination selon la nomenclature « EUNIS » et leur statut de protection selon la directive européenne « Habitat » 97/62/CE. La figure en page suivante présente la cartographie des habitats naturels au sein de l'aire d'étude immédiate.

Intitulé	Correspondance EUNIS	Inscrit à la directive « Habitat »	Surface / Distance	Descriptif	Intérêt floristique	Etat de conservation	Photos
Milieux anthropiques							
Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	J1 x J4 x I2.2	Non	216,9 ha	Les habitats anthropiques de l'aire d'étude immédiate correspondent globalement à des milieux ouverts, très entretenus, associés à des infrastructures et des aménagements. Ainsi, la végétation se compose principalement d'espèces végétales communes et herbacées, comme le Dactyle aggloméré, l'Achillée millefeuille ou encore la Pâquerette. Les strates arbustive et arborescente sont également présentes, avec des Platanes, des Chênes… Beaucoup d'espèces ornementales sont plantées dans ces habitats.	Très faible	Non concerné, habitat anthropique	 *Pelouse de parc, habitations*
Fontaines et cascades non salées fortement artificielles	J5.5	Non	0,006 ha		Nul	Non concerné, habitat anthropique	
Grands jardins ornementaux	I2.1	Non	8,16 ha		Très faible	Non concerné, habitat anthropique	
Pelouses des parcs	E2.64	Non	7,06 ha		Très faible	Non concerné, habitat anthropique	
Petits jardins ornementaux et domestiques	I2.2	Non	10,79 ha		Très faible	Non concerné, habitat anthropique	
Sites de construction	J1.6	Non	0,46 ha		Nul	Non concerné, habitat anthropique	
Végétations herbacées anthropiques	E5.1	Non	0,11 ha		Très faible	Non concerné, habitat anthropique	
Vignobles	FB.4	Non	4,36 ha		Très faible	Non concerné, habitat anthropique	

Intitulé	Correspondance EUNIS	Inscrit à la directive « Habitat »	Surface / Distance	Descriptif	Intérêt floristique	Etat de conservation	Photos
							Vignes
Milieux ouverts							
Friches	I1.5	Non	0,37 ha	Les milieux ouverts sont représentés par de la friche et des prairies. La friche est essentiellement composée d'herbacées communes comme le Dactyle, la Carotte sauvage, le Plantain… Une prairie humide a été recensée sur l'aire d'étude immédiate. Celle-ci se compose de plusieurs espèces hygrophiles, comme la Menthe suave et le souchet odorant.	Très faible	Moyen, espèces peu diversifiées	 *Friches*  *Prairie humide*
Prairies de fauche atlantiques	E2.21	Non	0,3 ha		Très faible	Moyen, espèces peu diversifiées	
Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	E3.4	Non	0,21 ha		Très faible	Moyen, habitat relativement entretenu	

Intitulé	Correspondance EUNIS	Inscrit à la directive « Habitat »	Surface / Distance	Descriptif	Intérêt floristique	Etat de conservation	Photos
Milieu semi-ouverts							
Fourrés tempérés	F3.1	Non	0,99 ha	Un seul milieu semi-ouvert a été inventorié, il s'agit du fourré tempéré. Cet habitat est caractérisé par une strate arbustive dominante et plus ou moins dense selon les zones. Les espèces le composant sont globalement le Prunelier et plusieurs espèces exotiques envahissantes, comme le Robinier faux acacia ou encore le Pyracantha.	Très faible	Moyen, habitat en parti clairsemé et colonisé par des espèces exotiques envahissantes	 *Fourrés*
Milieux fermés							
Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus*	G1.A1	Non	2,03 ha	Les boisements de l'aire d'étude immédiate sont partagés entre des boisements de feuillus et des boisements de résineux. Ces derniers possèdent un sous-bois assez entretenu dans l'ensemble et une strate arborescente dominée par le Pin maritime. Un des boisements correspond au reste d'une forêt riveraine à *Fraxinus* et *Alnus*. Cet habitat qui longe le cours est caractéristique des zones humides, mais aussi d'intérêt communautaire. Toutefois, il est particulièrement dégradé par les activités anthropiques. Les espèces	Très faible	Moyen, habitat relativement entretenu	 *Pinède*
Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus*	G1.21	91E0*, mais très dégradé	0,85 ha		Très faible	Faible, habitat dégradé et très réduit en surface par les installations anthropiques	
Formations spontanées de *Robinia*	G1.C3	Non	0,22 ha		Très faible	Faible, Habitat composé d'une espèce exotique envahissante	
Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères	G5.5	Non	0,29 ha		Très faible	Moyen, habitat relativement entretenu	
Pinèdes à *Pinus pinaster*	G3.71	Non	2,82 ha		Très faible	Moyen,	

Intitulé	Correspondance EUNIS	Inscrit à la directive « Habitat »	Surface / Distance	Descriptif	Intérêt floristique	Etat de conservation	Photos
				caractéristiques sont le Frêne à feuilles étroites et l'Aulne glutineux, au niveau de la strate arborescente.		habitat relativement entretenu	 *Boisements de Chêne, de Frêne et de Charme*  Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus*
Milieux aquatiques							
Canaux d'eau non salée complètement artificiels	J5.41	Non	170 m	Trois milieux aquatiques ont été identifiés : des fossés (canaux d'eau), des mares temporaires et un cours d'eau (eaux courantes).	Très faible	Non concerné, habitat anthropique	
Eaux courantes	C2	Non	814 m		Très faible	Moyen, habitat relativement anthropisé	

Intitulé	Correspondance EUNIS	Inscrit à la directive « Habitat »	Surface / Distance	Descriptif	Intérêt floristique	Etat de conservation	Photos
Mares temporaires	C1.6	Non	0,05 ha	Ces habitats sont très peux végétalisés.	Très faible	Moyen, habitat relativement dégradé	 *Fossé*  *Eaux courantes*

Tableau 5 : Liste des habitats naturels et artificiels identifiés au sein de l'aire d'étude immédiate

Synthèse : Un des habitats est d'intérêt communautaire. Il s'agit de la forêt riveraine à *Fraxinus* et *Alnus.* Toutefois, cet habitat est dégradé et très réduit en surface par les installations anthropiques.

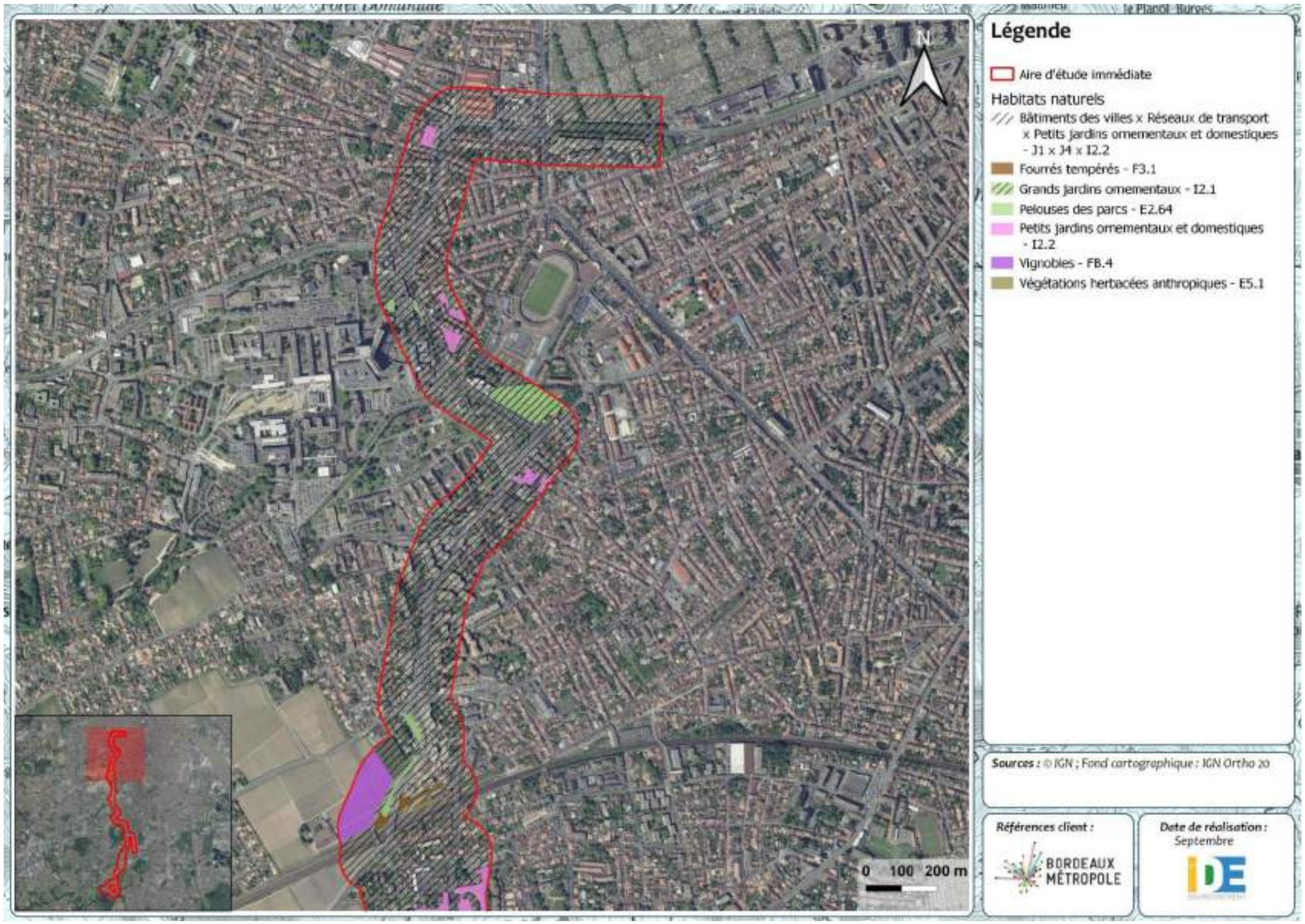


Figure 12 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 1/4

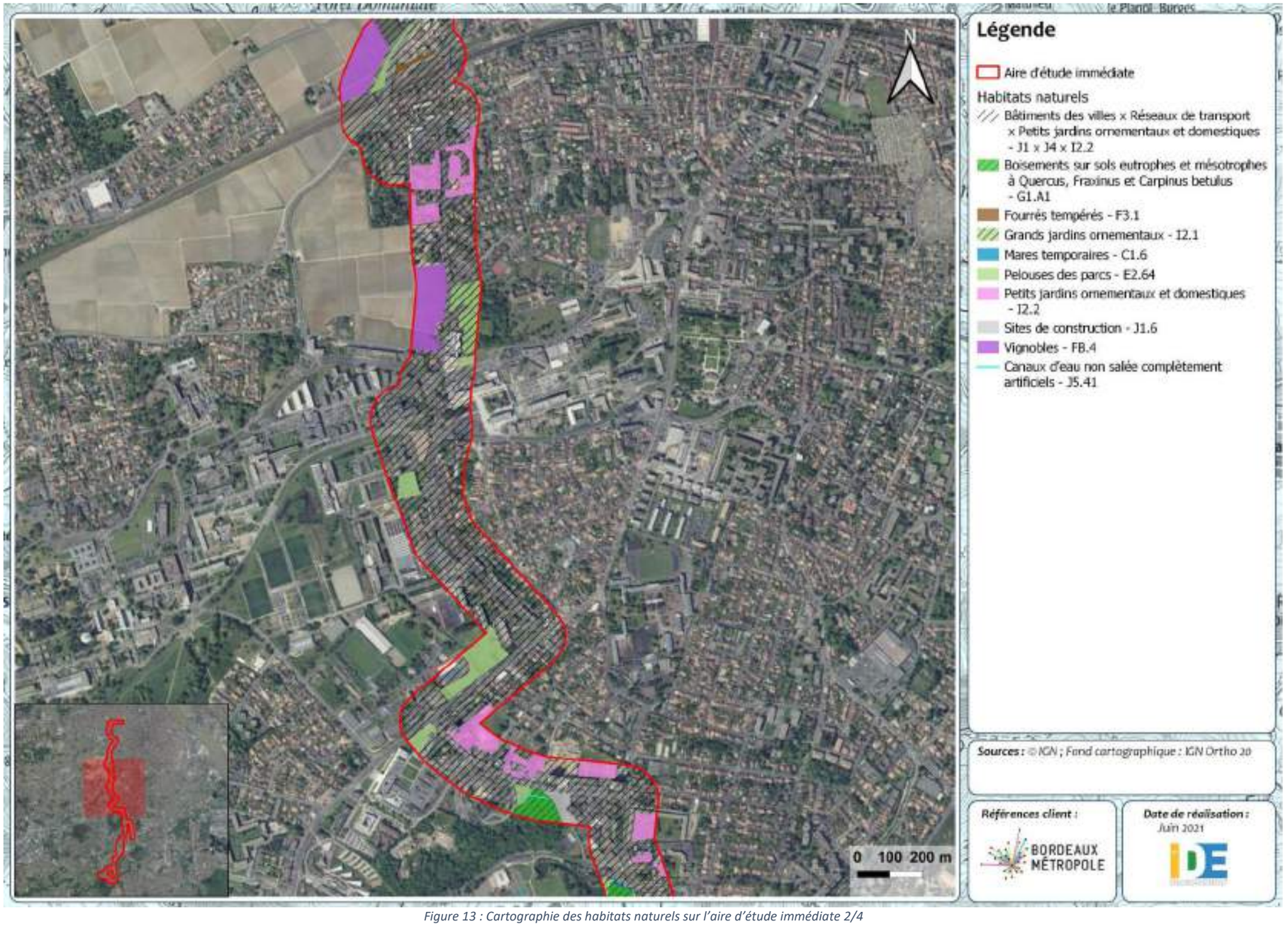


Figure 13 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 2/4

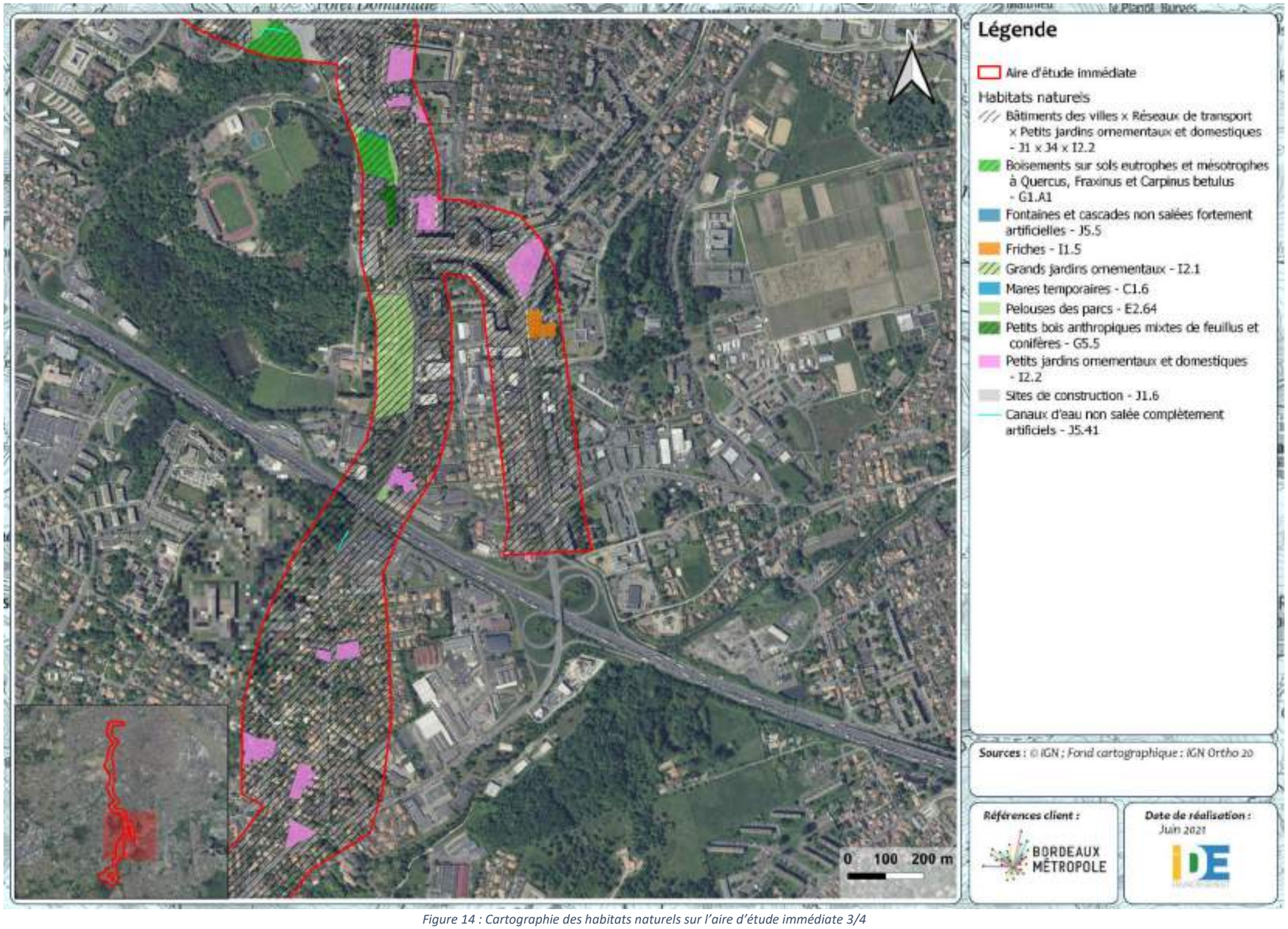


Figure 14 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 3/4

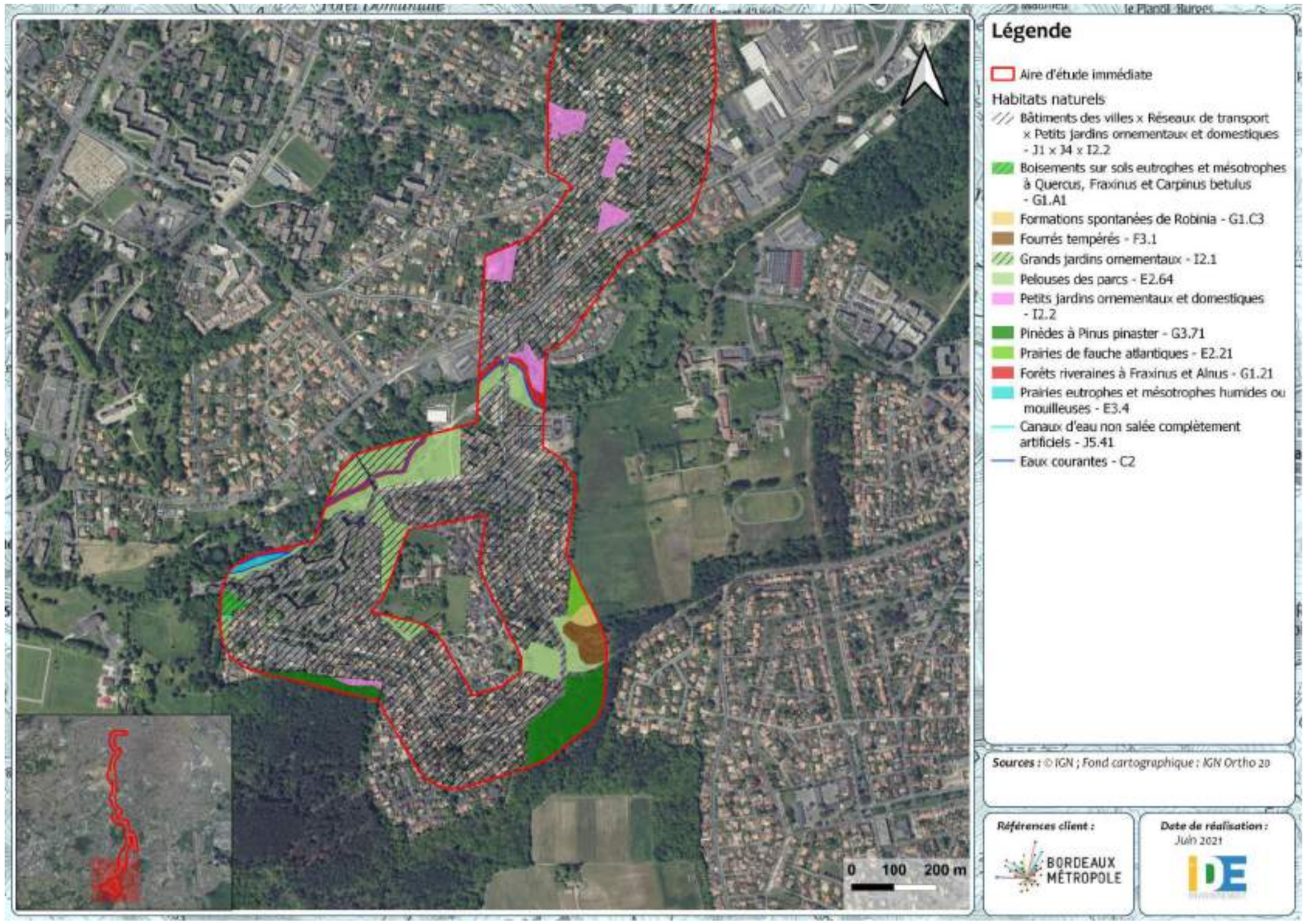


Figure 15 : Cartographie des habitats naturels sur l'aire d'étude immédiate 4/4

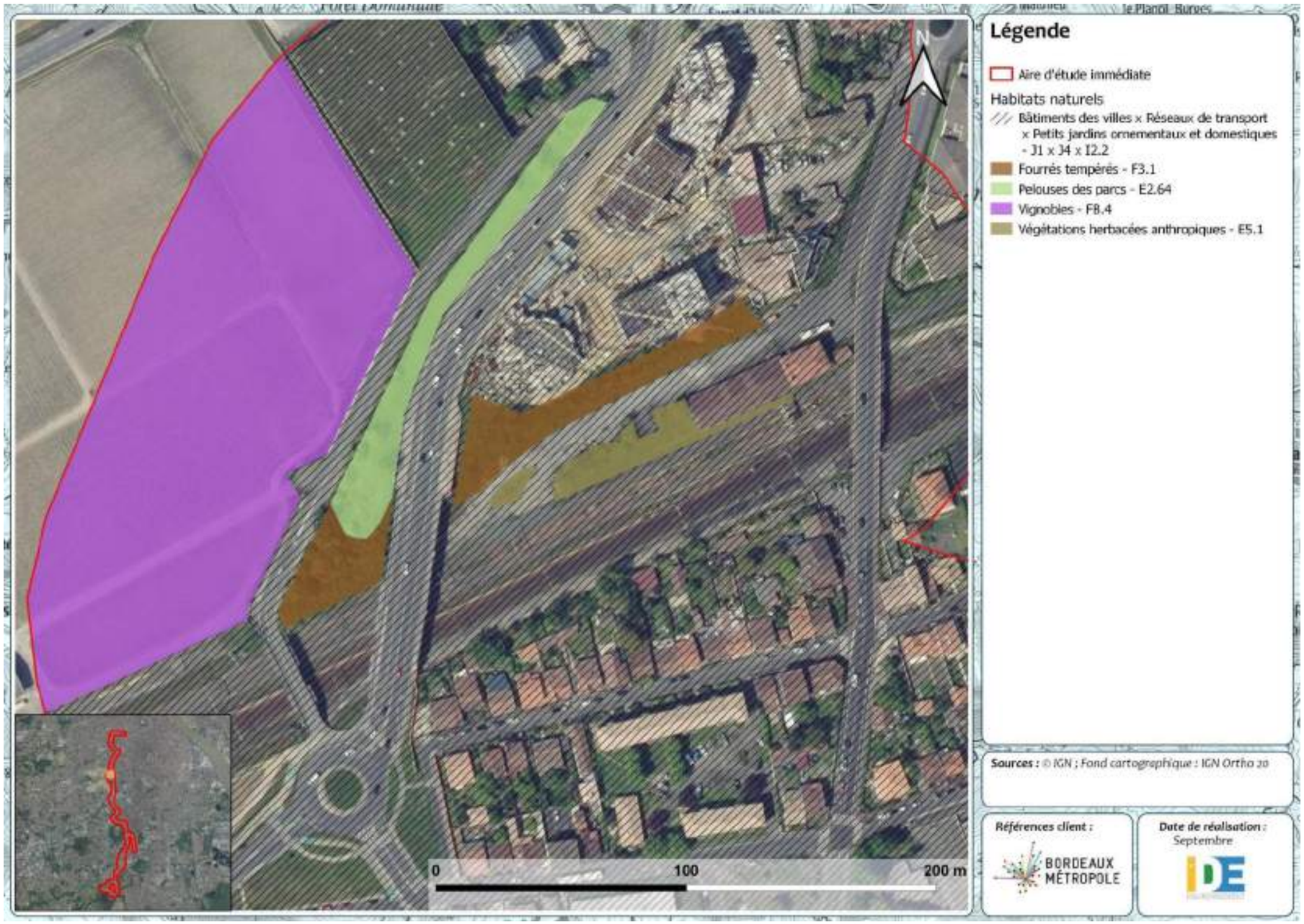


Figure 16 : Zoom cartographique des habitats naturels sur le périmètre de la Médoquine

4.2 Flore de l'aire d'étude immédiate

➢ ***Espèces recensées***

Au cours des investigations de terrain, aucune espèce végétale protégée et/ou patrimoniale n'a été identifiée. Au total, 94 espèces ont été identifiées.

L'ensemble des espèces inventoriées lors des différentes campagnes de terrain sont listées dans le tableau suivant.

Espèces		Statut de protection			Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom scientifique	**Nom commun**	**PN**	**PR**	**PD**	**LRN**	**LRR**	
Acer campestre	Érable champêtre				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Acer negundo	Érable negundo				NA		**Nul**
Acer saccharinum	Érable argenté				NA		**Très faible**
Achillea millefolium	Achillée millefeuille				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Aesculus hippocastanum	Marronnier d'Inde				NA		**Très faible**
Ailanthus altissima	Faux vernis du Japon				NA		**Nul**
Ajuga reptans	Bugle rampante				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Alnus glutinosa	Aulne glutineux				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Arbutus unedo	Arbousier commun				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Arctium lappa	Grande bardane				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Arenaria montana	Sabline des montagnes				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Arum italicum	Gouet d'Italie				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Arundinaria ragamowskii	Bambou				NA		**Nul**
Bellis perennis	Pâquerette				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Betula pendula	Bouleau verruqueux				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Calluna vulgaris	Callune				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Carex divulsa	Laîche écartée				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Carex hirta	Laîche hérissée				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Carex pendula	Laîche à épis pendants			23 (Article 3)	LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Carpinus betulus	Charme				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Castanea sativa	Chataignier				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Cedrus							**Très faible**
Celtis australis	Micocoulier de provence				LC		**Très faible**
Cerastium glomeratum	Céraiste aggloméré				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Cercis siliquastrum	Arbre de Judée				NA		**Très faible**
Chelidonium majus	Grande chélidoine				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Convolvulus arvensis	Liseron des champs				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Corylus avellana	Noisetier				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Cyperus eragrostis	Souchet vigoureux				NA		**Nul**
Cyperus longus	Souchet long				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Dactylis glomerata	Dactyle aggloméré				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Erigeron canadensis	Conyze du Canada				NA		**Nul**
Erodium cicutarium	Érodium à feuilles de cigue				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Fraxinus excelsior	Frêne élevé				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Galium aparine	Gaillet gratteron				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Geranium molle	Géranium à feuilles molles				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Geum urbanum	Benoîte commune				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Glechoma hederacea	Lierre terrestre				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Hedera helix	Lierre grimpant				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Ilex aquifolium	Houx				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Impatiens glandulifera	Balsamine de l'Himalaya				NA		**Nul**
Juglans regia	Noyer commun				NA		**Très faible**
Lagerstroemia indica	Lilas des Indes				NA		**Très faible**
Laurus nobilis	Laurier-sauce				LC		**Nul**
Lavandula angustifolia	Lavande officinale				LC		**Très faible**
Liquidambar styraciflua	Liquidambar				NA		**Très faible**
Liriodendron tulipifera	Tulipier de Virginie				NA		**Très faible**

Espèces		Statut de protection			Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom scientifique	**Nom commun**	**PN**	**PR**	**PD**	**LRN**	**LRR**	
Lonicera periclymenum	Chèvrefeuille des bois				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Lotus corniculatus	Lotier corniculé				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Malva sylvestris	Mauve sauvage				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Medicago arabica	Luzerne tachetée				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Mentha suaveolens	Menthe à feuilles rondes				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Nigella damascena	Nigelle de Damas				LC		**Très faible**
Oenanthe pimpinelloides	Oenanthe faux boucage				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Oxalis articulata	Oxalis articulé				NA		**Nul**
Papaver rhoeas	Coquelicot				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Paspalum dilatatum	Paspale dilaté				NA		**Nul**
Pinus pinaster	Pin maritime				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Pinus pinea	Pin parasol				LC		**Très faible**
Plantago lanceolata	Plantain lancéolé				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Plantago media	Plantain moyen				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Platanus x hispanica	Platane d'Espagne						**Nul**
Poa annua	Pâturin annuel				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Populus alba	Peuplier blanc				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Populus nigra	Peuplier commun noir				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Potentilla reptans	Potentille rampante				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Prunus avium	Merisier vrai				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Prunus laurocerasus	Laurier-cerise				NA		**Nul**
Pteridium aquilinum	Fougère aigle				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Pyracantha							**Nul**
Quercus ilex	Chêne vert				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Quercus pyrenaica	Chêne tauzin		Limousin (Article 1)		LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Quercus robur	Chêne pédonculé				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Quercus rubra	Chêne rouge d'Amérique				NA		**Nul**
Quercus suber	Chêne liège				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Ranunculus acris	Bouton d'or				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Robinia pseudoacacia	Robinier faux-acacia				NA		**Nul**
Rosa canina	Rosier des chiens				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Rubus							**Très faible**
Rumex acetosa	Oseille des prés				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Rumex acetosella	Petite oseille				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Sambucus nigra	Sureau noir				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Senecio inaequidens	Séneçon sud-africain				NA		**Nul**
Silene latifolia	Compagnon blanc				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Simethis mattiazzii	Simethis à feuilles aplaties		Limousin (Article 1)	12 (Article 3), 46 (Article 6), 81 (Article 8)	LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Spiranthes spiralis	Spiranthe d'automne		Limousin (Article 1)		LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Sporobolus indicus	Sporobole fertile				NA		**Nul**
Stellaria media	Mouron des oiseaux				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Tilia platyphyllos	Tilleul à grandes feuilles				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Trifolium pratense	Trèfle des prés				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Urtica dioica	Ortie dioïque				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Veronica chamaedrys	Véronique petit chêne				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**
Veronica persica	Véronique de Perse				NA		**Nul**
Viola reichenbachiana	Violette des bois				LC	LC (Aquitaine)	**Très faible**

Tableau 6 : Liste des espèces végétales inventoriées sur l'aire d'étude immédiate

➢ ***Espèces protégées et espèces patrimoniales potentielles***

Concernant les espèces protégées et/ou patrimoniales identifiées dans la bibliographie, le tableau suivant présente leur enjeu de patrimonialité.

A noter que plusieurs espèces jugées potentielles ont déjà étaient observées dans les bases de données du CBN, sur et à proximité de l'aire d'étude immédiate. La Luzerne cultivée fait partie de ces espèces. Celle-ci est évaluée en danger critique d'extinction en Aquitaine. Cependant, cette cotation provient de la seule sous-espèce indigène en France (*Medicago sativa subsp. falcata (L.) Arcang., 1882*) et la base de donnée du CBN n'indique pas de quelle sous-espèce il s'agit.

Espèces		Statut de protection			Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom scientifique	**Nom commun**	**PN**	**PR**	**PD**	**LRN**	**LRR**	
Cephalanthera damasonium	Céphalanthère à grandes fleurs, Helléborine blanche			24 (Article 2)	LC	NT (Aquitaine)	**Modéré**
Colchicum autumnale	Colchique d'automne, Safran des prés		Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	**Modéré**
Diplotaxis muralis	Diplotaxe des murs, Roquette des murailles				LC	NT (Aquitaine)	**Modéré**
Medicago sativa	Luzerne cultivée				LC	CR* (Aquitaine)	**Très fort**

Tableau 7 : Liste des espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales potentielles

➢ ***Hiérarchisation des espèces protégées et des espèces patrimoniales recensées ou potentielles***

En dehors des espèces recensées dans la base de données de l'OBV, au niveau de l'aire d'étude immédiate, aucune espèce issue de la bibliographie ne possède de réelle potentialité de se développer sur l'aire d'étude immédiate. Quant aux espèces recensées dans la base de données de l'OBV sur l'aire d'étude immédiate, elles sont considérées comme présente. Le tableau suivant hiérarchise les enjeux des espèces végétales protégées et/ou patrimoniales recensées ou potentielles sur l'aire d'étude immédiate.

Espèces		Présence	Enjeu de patrimonialité	Utilisation du site		Enjeu de disponibilité en habitat favorable	Enjeu fonctionnalité	Enjeu local
Nom scientifique	**Nom commun**			***Habitats concernés***	***Intérêt***			
Cephalanthera damasonium	Céphalanthère à grandes fleurs, Helléborine blanche	Avérées selon l'OBV mais terrains propices non investigués (pas d'accès)	**Modéré**	Grand jardin ornemental du centre de recherche Inria Bordeaux Sud-Ouest	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Colchicum autumnale	Colchique d'automne, Safran des prés		**Modéré**	Grand jardin ornemental du centre de recherche Inria Bordeaux Sud-Ouest	Faible	Modéré	Faible	**Faible**
Diplotaxis muralis	Diplotaxe des murs, Roquette des murailles		**Modéré**	Bord de route, rue Jules Badal à Gradignan	Faible	Faible	Faible	**Faible**
Medicago sativa	Luzerne cultivée		**Très fort**	Jardin de la Béchade à Bordeaux	Faible	Faible	Faible	**Modéré**

Tableau 8 : Hiérarchisation des enjeux associés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales recensées ou potentielles sur l'aire d'étude immédiate

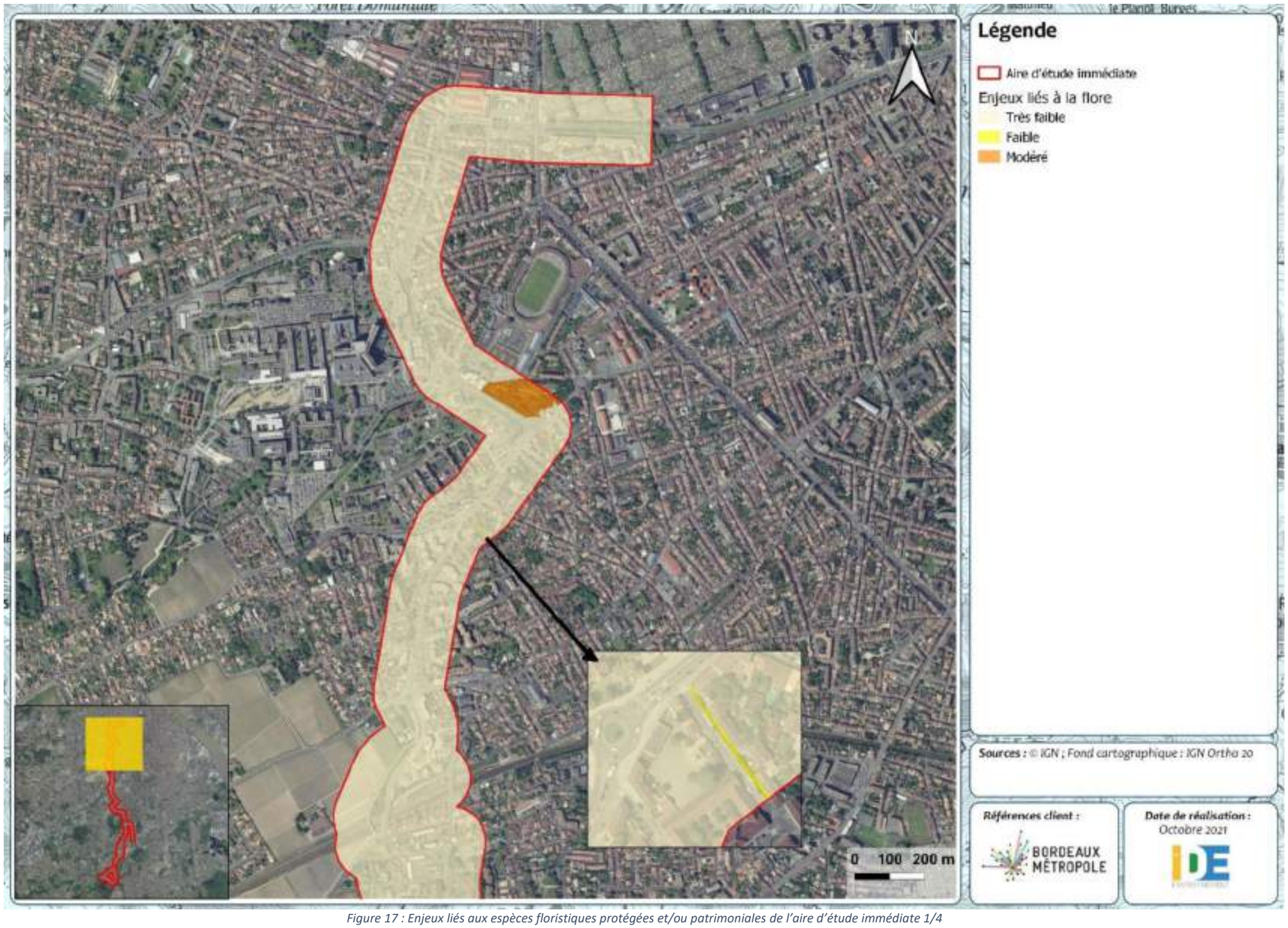


Figure 17 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 1/4



Figure 18 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 2/4

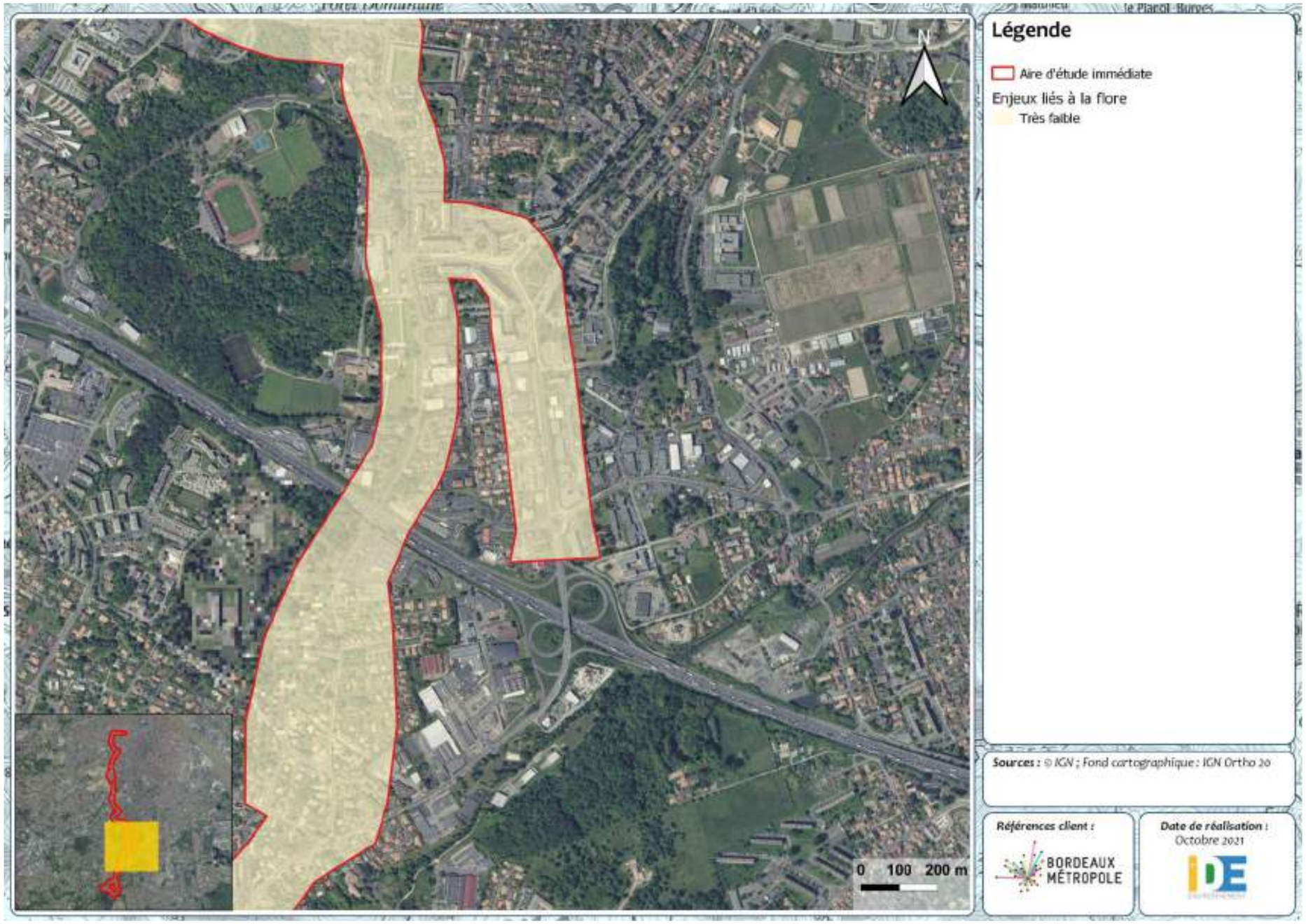


Figure 19 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 3/4

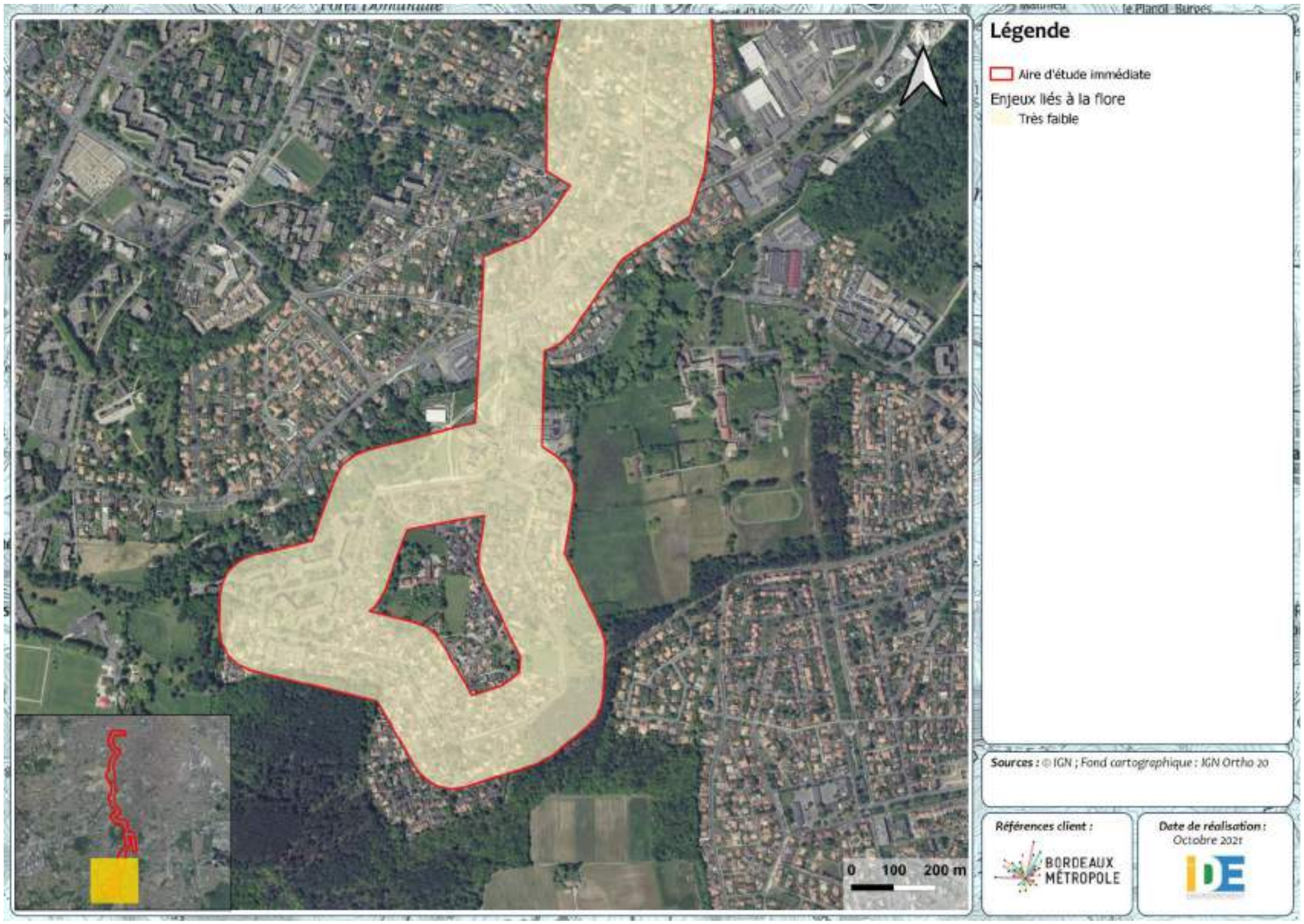


Figure 20 : Enjeux liés aux espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales de l'aire d'étude immédiate 4/4

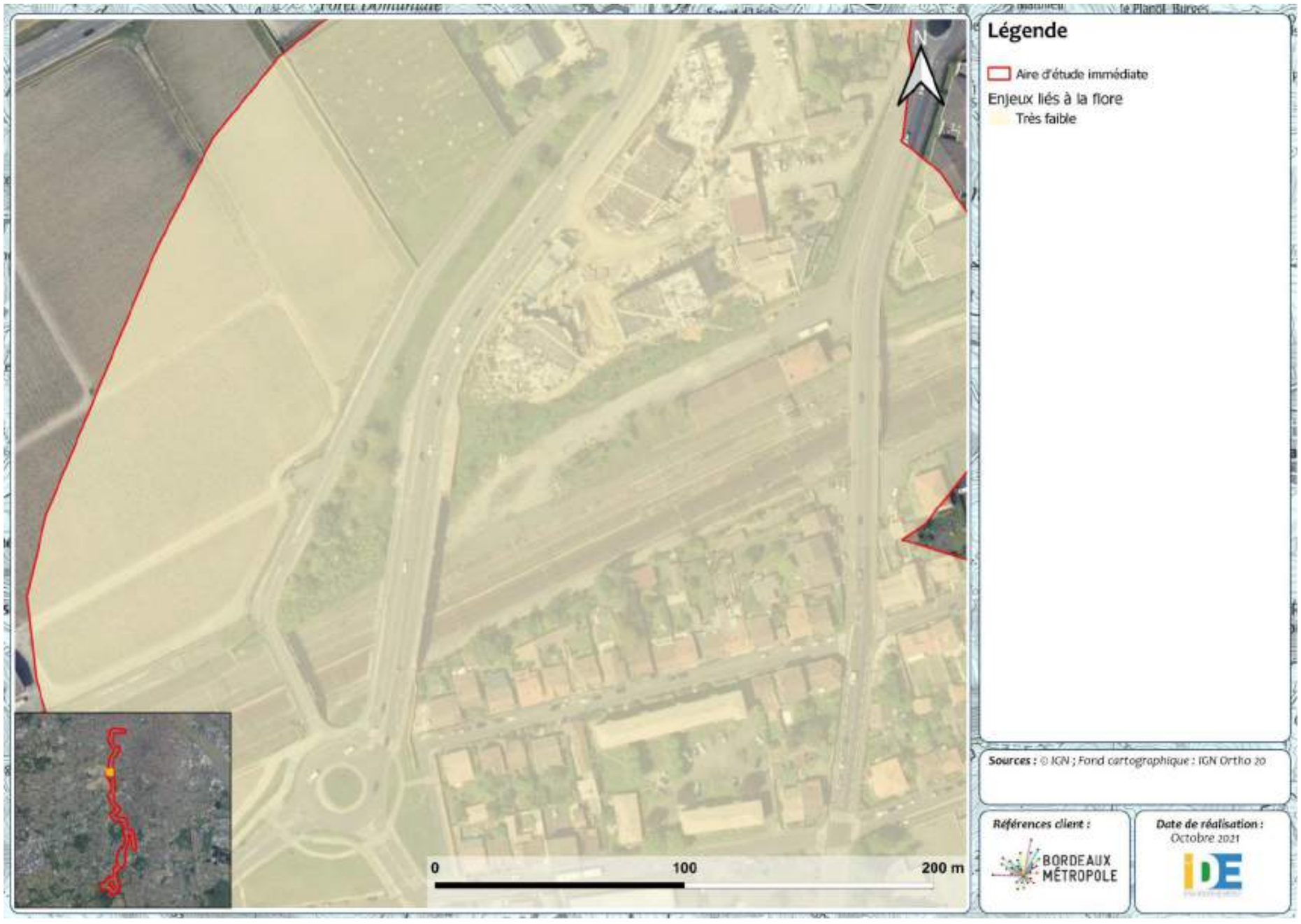


Figure 21 : Zoom cartographique des habitats naturels sur le périmètre de la Médoquine

➢ ***Espèces exotiques envahissantes***

L'ancienne région Aquitaine possède une liste hiérarchisée des plantes exotiques envahissantes (EEE) qui date de 2016. Celle-ci sépare les EEE selon trois catégories :

- Les PEE **avérées** : ce sont les taxons présentant un comportement envahissant avéré au sein des milieux naturels et semi-naturels et ayant un impact moyen à fort sur la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes.
- Les PEE **potentielles** : cela concerne les taxons colonisant principalement les habitats perturbés et artificialisés (cultures, friches, …). Ces taxons peuvent parfois être trouvés au sein de milieux naturels mais sans former pour le moment de population envahissante.
- Les PEE **émergentes** : ces taxons correspondent à des espèces introduites récemment et développant un caractère envahissant dans les territoires proches.

Au total, 16 espèces exotiques envahissantes ont été recensées sur la zone d'étude. Le tableau suivant présente ces espèces. Les cartes suivantes présentes les points de localisations ponctuelles d'espèce exotiques envahissantes ainsi que les habitats colonisés par celles-ci.

Espèces		Habitats colonisés	Statut	Abondance sur site
Nom Scientifique	**Nom commun**			
Acer negundo	Érable negundo	Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus* / Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	Avérée (Aquitaine)	Modéré
Ailanthus altissima	Faux vernis du Japon	Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques / Grands jardins ornementaux / Fourrés tempérés	Avérée (Aquitaine)	Modéré
Arundinaria ragamowskii	Bambou	Petits jardins ornementaux et domestiques / Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus* / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	Avérée (Aquitaine)	Elevée
Cyperus eragrostis	Souchet robuste	Fourrés tempérés	Potentielle – Elevée (Aquitaine)	Faible
Erigeron canadensis	Conyze du Canada	Bord de route / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques / Fourrés tempérés	Potentielle - Modéré (Aquitaine)	Modéré
Impatiens glandulifera	Impatiens glandulifera	Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	Avérée (Aquitaine)	Modéré
Laurus nobilis	Laurier-sauce	Pelouses des parcs / Fourrés tempérés / Petits jardins ornementaux et domestiques / Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus* / Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus* / Pinèdes à *Pinus pinaster* / Grands jardins ornementaux / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques / Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus*	Potentielle - Modéré (Aquitaine)	Elevée
Oxalis articulata	Oxalis articulé	Grands jardins ornementaux	Potentielle - Modéré (Aquitaine)	Faible
Platanus x hispanica	Platane d'Espagne	Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	Potentielle - Modéré (Aquitaine)	Modéré
Prunus laurocerasus	Laurier-cerise	Petits jardins ornementaux et domestiques / Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus* / Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus* / Pinèdes à *Pinus pinaster* / Fourrés tempérés / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques / Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus*	Avérée (Aquitaine)	Elevée

Espèces		Habitats colonisés	Statut	Abondance sur site
Nom Scientifique	**Nom commun**			
Pyracantha	Pyracantha	Fourrés tempérés / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	Potentielle	Modéré
Quercus rubra	Chêne rouge d'Amérique	Grands jardins ornementaux	Potentielle – Elevée (Aquitaine)	Modéré
Robinia pseudoacacia	Robinier faux-acacia	Fourrés tempérés / Pelouses des parcs / Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus* / Formations spontanées de *Robinia*	Avérée (Aquitaine)	Elevée
Senecio inaequidens	Séneçon sud-africain	Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	Potentielle – Elevée (Aquitaine)	Faible
Sporobolus indicus	Sporobole tenace	Petits jardins ornementaux et domestiques / Friches / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques / Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et de conifères	Avérée (Aquitaine)	Modéré
Veronica persica	Véronique de Perse	Pelouses des parcs / Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	Potentielle - Modéré (Aquitaine)	Modéré

Tableau 9 : Liste des espèces floristiques exotiques envahissantes

Synthèse : Aucune espèce protégée et/ou patrimoniale n'a été recensée lors des passages sur le terrain. Les 4 espèces inventoriées sur l'aire d'étude immédiate dans la base de données de l'OBV sont considérées comme présentes. Les autres espèces de la bibliographie ne sont pas considérées comme potentielles. Au total, 16 espèces floristiques exotiques envahissantes ont été recensées sur l'aire d'étude immédiate.

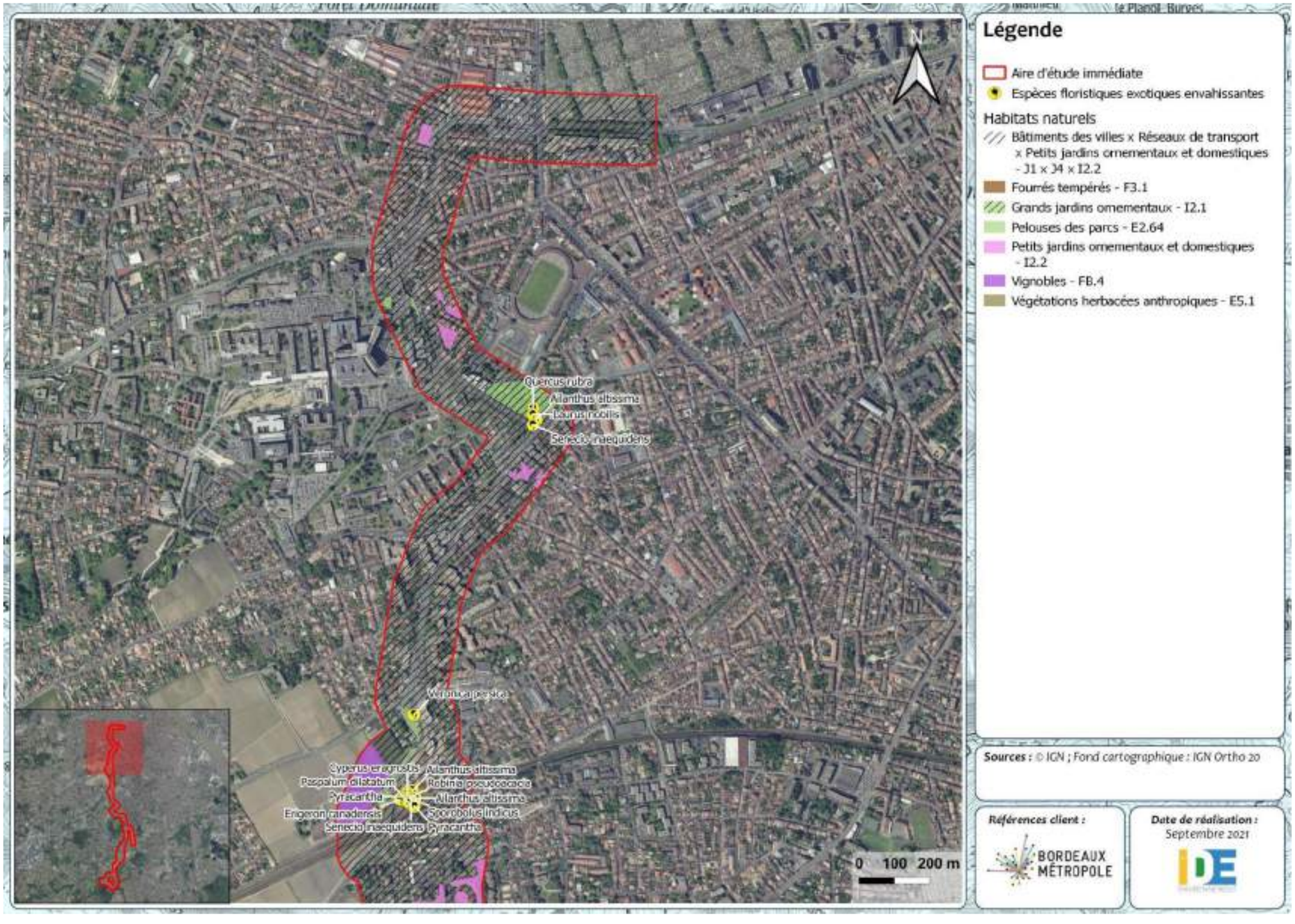


Figure 22 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 1/4

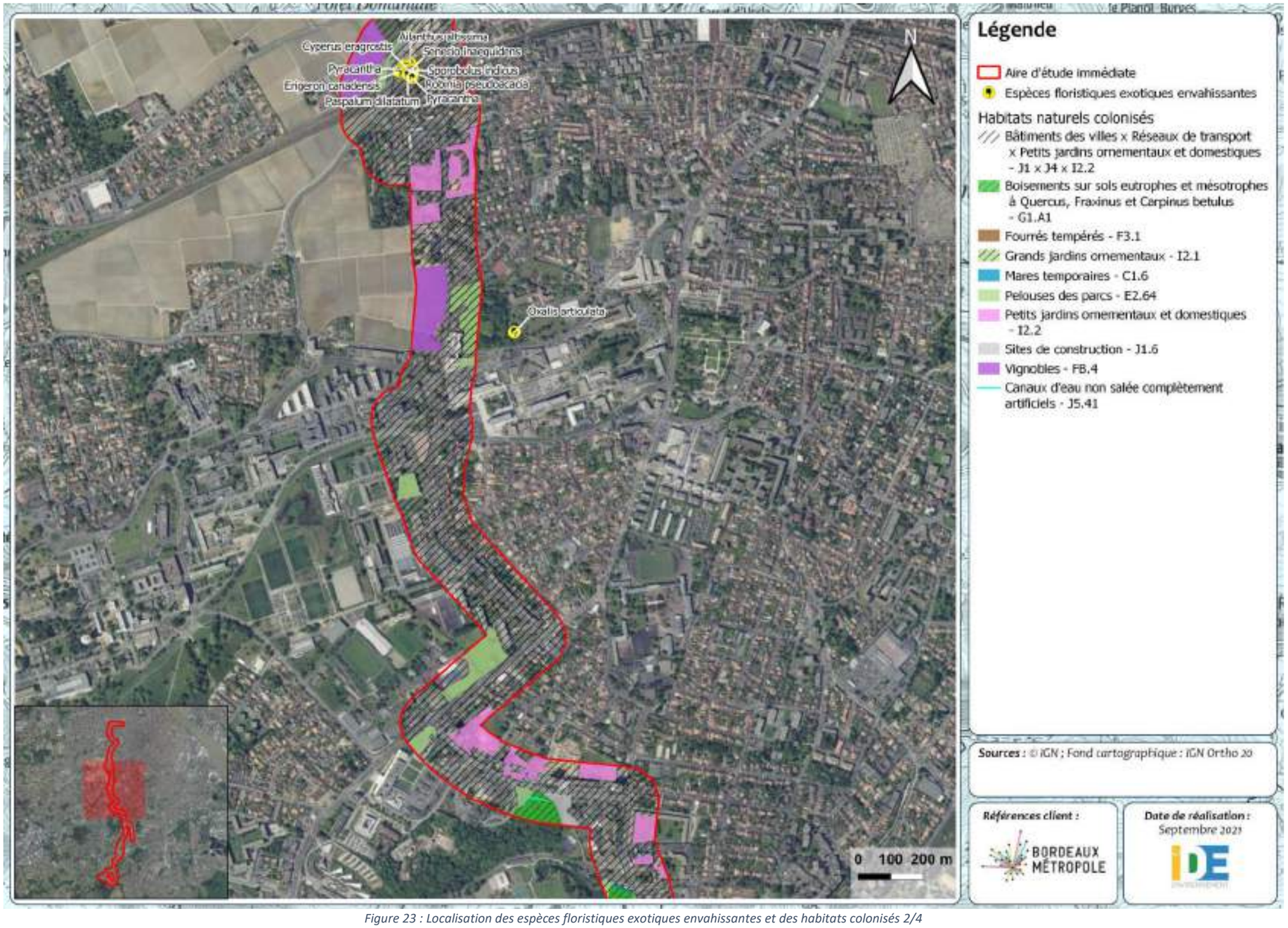


Figure 23 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 2/4

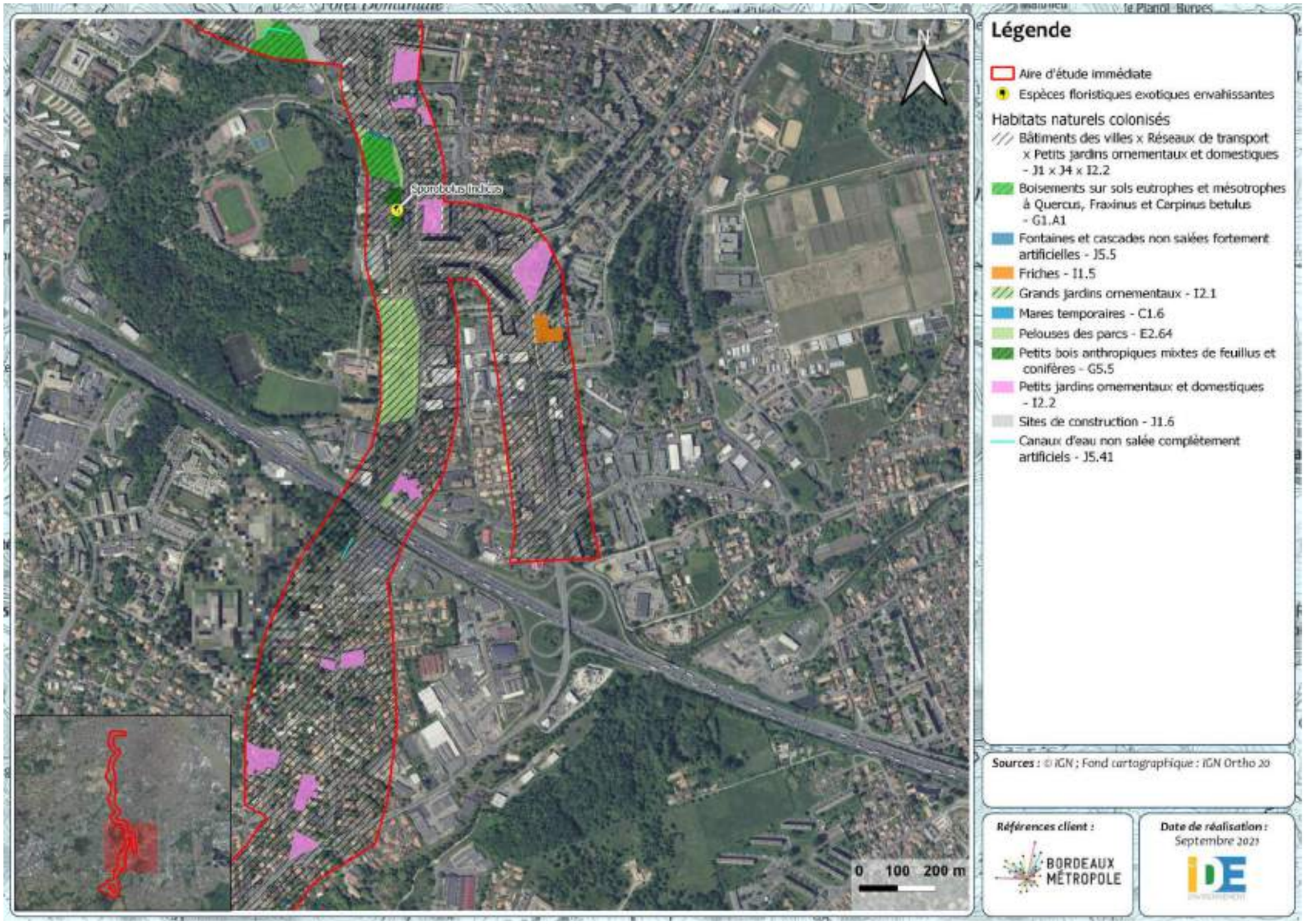


Figure 24 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 3/4

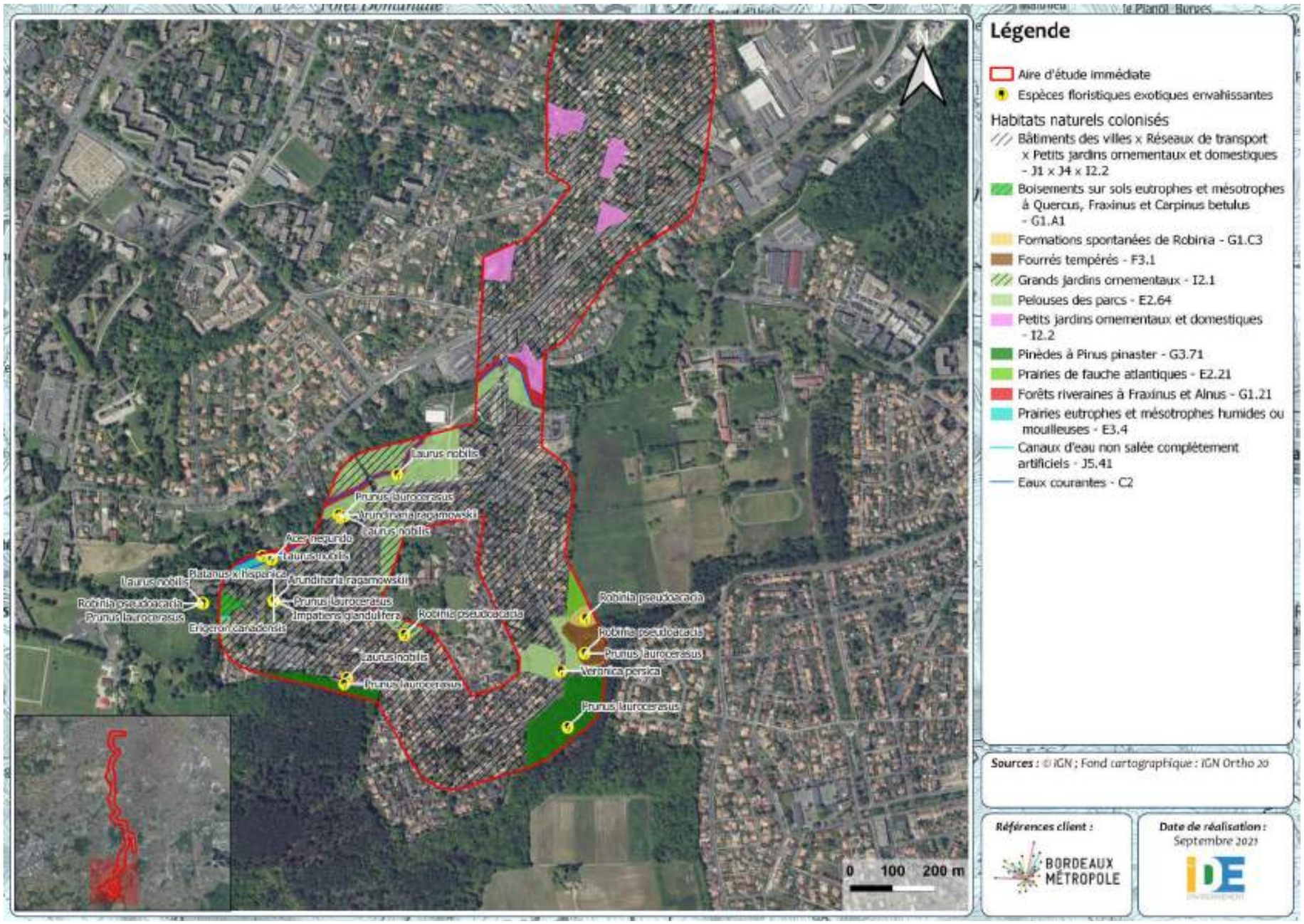


Figure 25 : Localisation des espèces floristiques exotiques envahissantes et des habitats colonisés 4/4

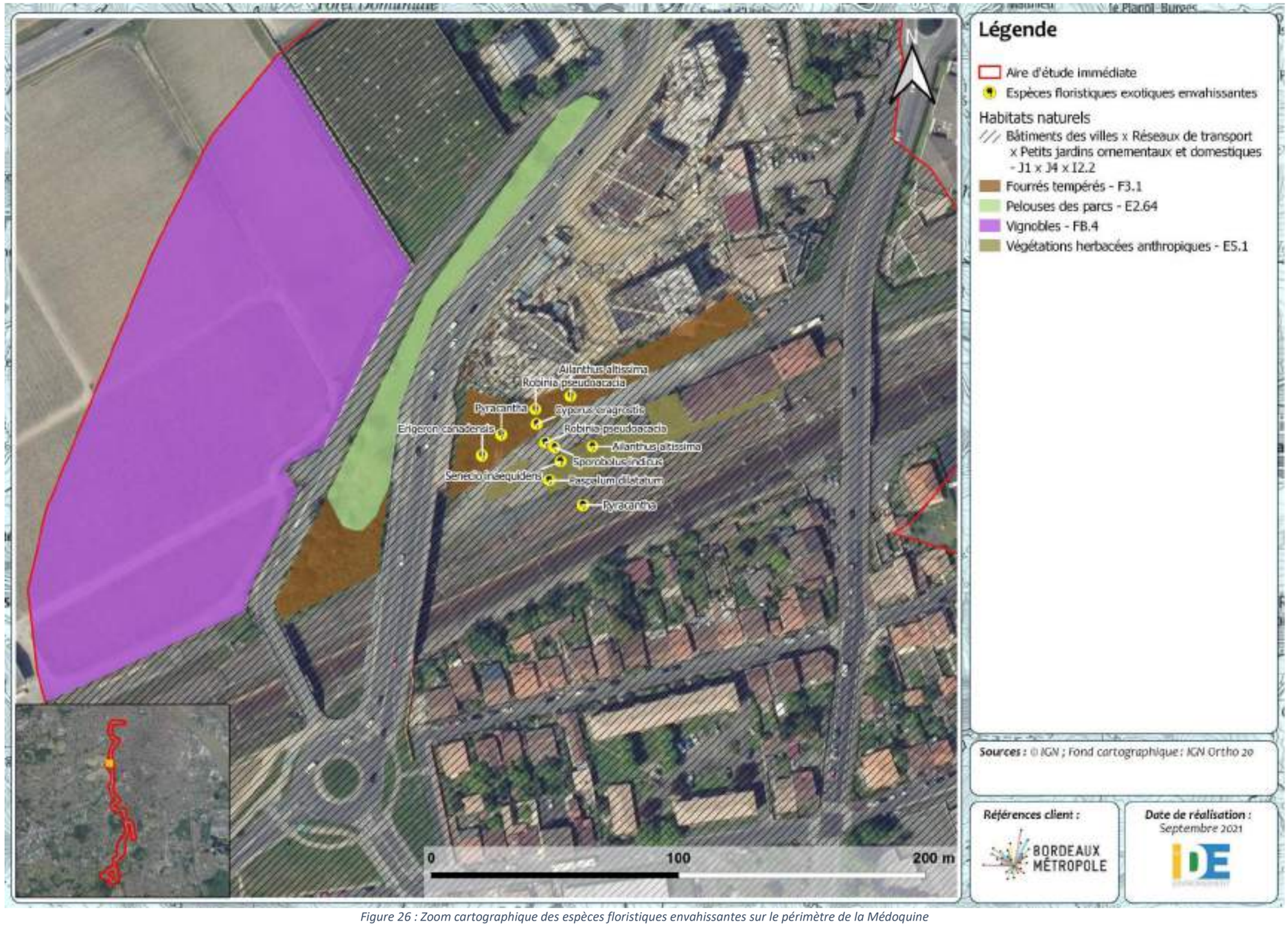


Figure 26 : Zoom cartographique des espèces floristiques envahissantes sur le périmètre de la Médoquine

5 FAUNE DE L'AIRE D'ETUDE IMMEDIATE

5.1 Les invertébrés

➢ ***Espèces recensées***

L'aire d'étude immédiate est composée principalement de milieux urbains et de milieux végétalisés très artificiels, homogènes, tels que des pelouses de parcs. Ainsi, seule une biodiversité commune et opportuniste est capable de s'y reproduire. Au total seulement 17 espèces d'invertébrés ont été observés : 12 lépidoptères, 3 orthoptères, 1 odonate et 1 membracide.

Les inventaires témoignent d'une faible diversité spécifique, due à un entretien régulier des habitats naturels disponibles pour ce groupe taxonomique.

Aucune des espèces recensées n'est protégée ou patrimoniale. L'aire d'étude immédiate ne présente qu'une biodiversité commune malgré des passages favorables à l'observation de la faune.

Le tableau suivant présente les espèces recensées et l'enjeu de patrimonialité qui leur est associé.

Groupe	Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Lepidoptera	Aurore	*Anthocharis cardamines*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Azuré de la Bugrane	*Polyommatus icarus*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Odonata	Caloptéryx vierge	*Calopteryx virgo*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Citron	*Gonepteryx rhamni*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Collier-de-corail	*Aricia agestis*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Orthoptera	Criquet des mouillères	*Euchorthippus declivus*					Très faible
Orthoptera	Criquet mélodieux	*Chorthippus biguttulus*					Très faible
Orthoptera	Criquet pansu	*Pezotettix giornae*					Très faible
Lepidoptera	Cuivré commun	*Lycaena phlaeas*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Cuivré fuligineux	*Lycaena tityrus*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Mégère	*Lasiommata megera*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Menbracidae	Membracide bison	*Stictocephala bisonia*					Très faible
Lepidoptera	Myrtil	*Maniola jurtina*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Piéride du Navet	*Pieris napi*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Tircis	*Pararge aegeria*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Vanesse des Chardons	*Vanessa cardui*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible
Lepidoptera	Zygène des prés	*Zygaena trifolii*			LC	LC (Aquitaine)	Très faible

Tableau 10 : Liste des espèces d'invertébrés recensés sur l'aire d'étude immédiate

➢ ***Espèces potentielles***

Aucune espèce protégée et/ou patrimoniale n'est susceptible de se reproduire sur les habitats naturels de l'aire d'étude immédiate. Cependant, des arbres favorables à la biodiversité et notamment aux coléoptères saproxyliques ont été identifiés. Il est probable que le Grand Capricorne (*Cerambyx cerdo*), utilise les Chênes identifiés pour se reproduire. Cette espèce est protégée en France et présente un statut de conservation favorable à l'échelle nationale (LC ; préoccupation mineure). Ainsi elle ne présente qu'un enjeu faible pour le projet. Le tableau suivant présente les coordonnées GPS des arbres favorables.

N° Arbre favorable	Cordonnées X (Lambert 93)	Cordonnées Y (Lambert 93)
1	415471.44429341675	6420693.619265807
2	415793.4499713956	6420596.744676245
3	415321.6980088483	6419617.424441635
4	415513.7416494226	6419234.019375908
5	415556.3801131382	6418822.302370273
6	416026.4265371373	6417354.515895337
7	415540.5524907659	6414127.873816094

N° Arbre favorable	Cordonnées X (Lambert 93)	Cordonnées Y (Lambert 93)
8	415921.25852689	6416503.180119539
9	415325.38405340194	6414517.725835002
10	414815.03531317174	6414218.688967759
11	415321.2654345417	6414528.143023994
12	415538.2923395397	6414097.400050868
13	416050.21617566654	6416267.8194944495
14	415938.65525376826	6416506.168401906
15	415915.91385903157	6416477.961600777
16	416062.66531450616	6416296.050428129
17	415586.4010315328	6414071.969305594
18	415919.2439996019	6416518.059744745
19	415941.69636887487	6416505.140445606
20	415135.3989605803	6414008.033480408
21	415590.043285421	6414153.637869955
22	415936.9359797583	6416491.01403237
23	415915.07402055315	6416487.339567905

Tableau 11 : Coordonnées GPS des arbres favorables aux invertébrés

- ***Synthèse sur les espèces patrimoniales***

Aucune espèce patrimoniale de ce groupe taxonomique n'est susceptible de se reproduire sur les habitats naturels de l'aire d'étude immédiate.

Synthèse : Au total, seulement 17 espèces d'invertébrés ont été recensées sur l'aire d'étude immédiate, correspondant à une biodiversité commune et ne présentant aucun enjeu de patrimonialité. Seul le Grand Capricorne, protégé nationalement, est à prendre en compte.

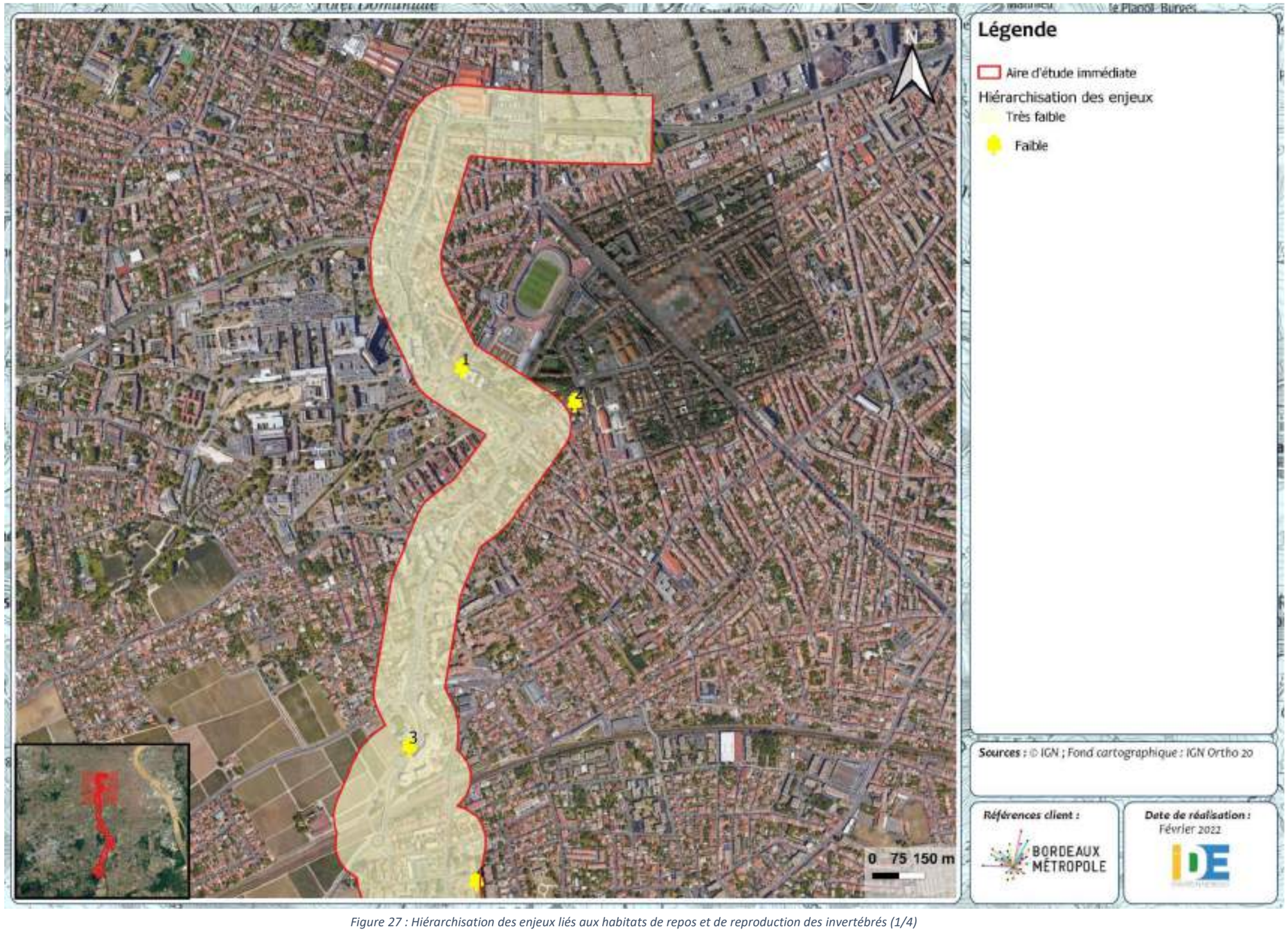


Figure 27 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (1/4)

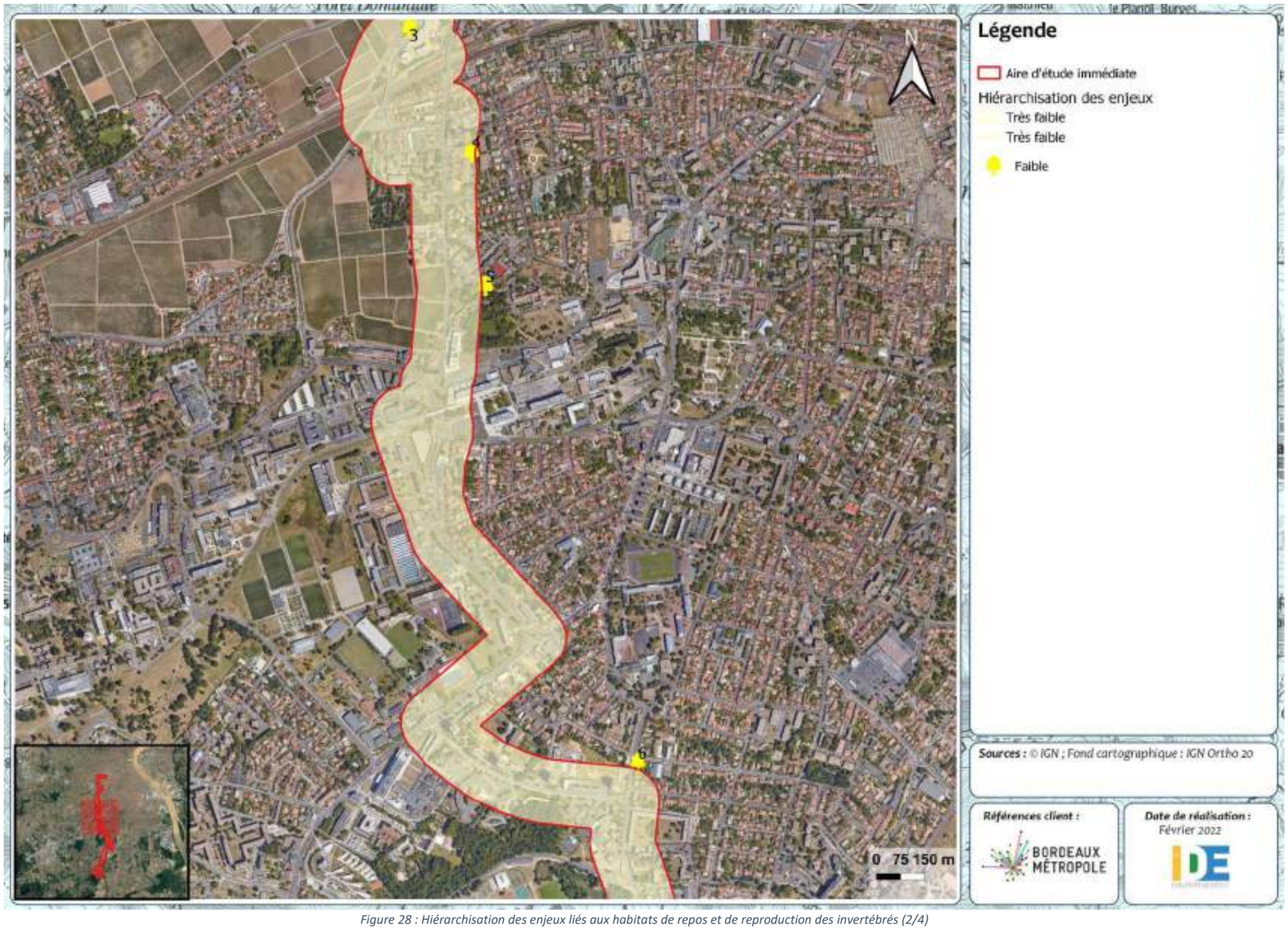


Figure 28 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (2/4)

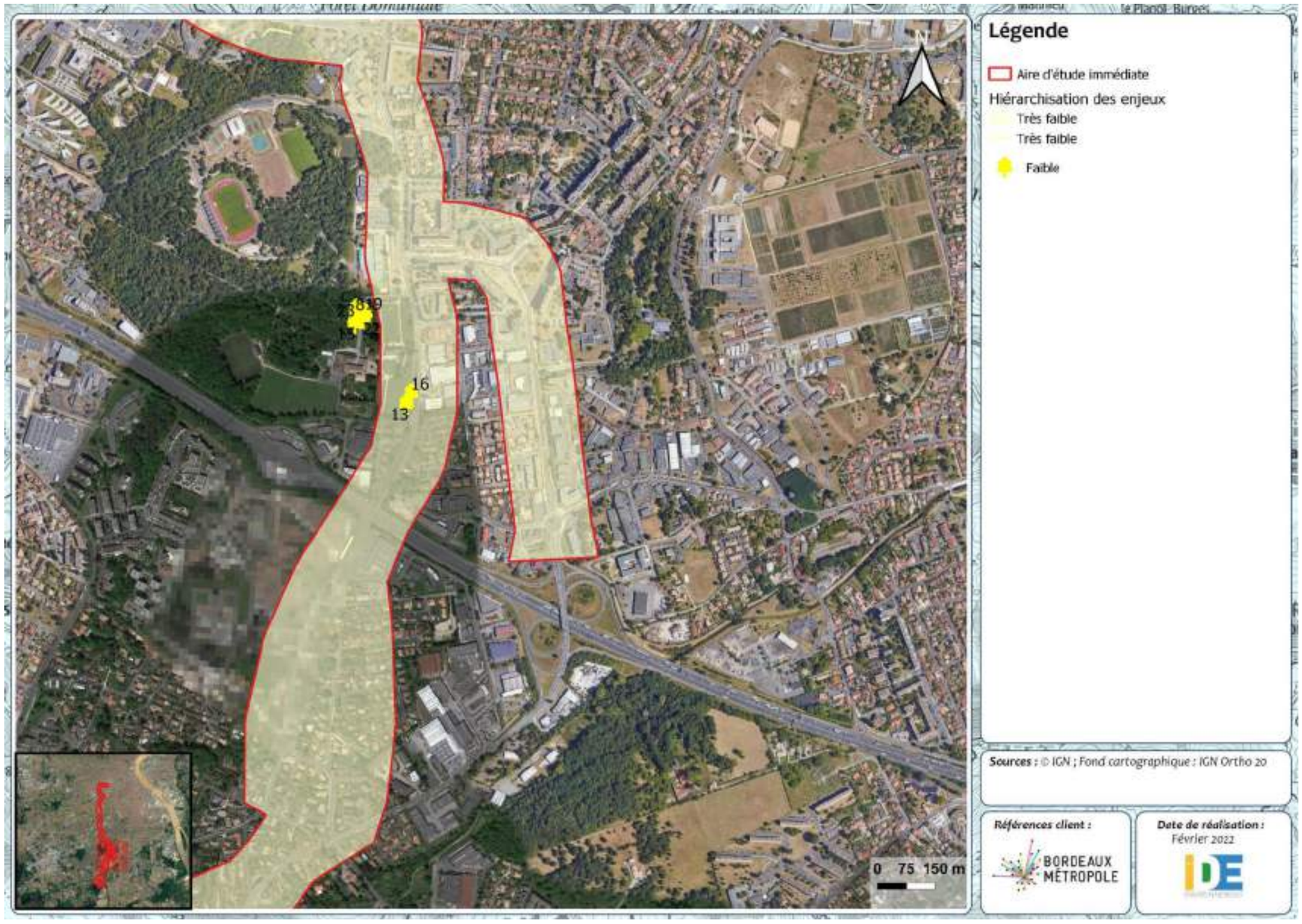


Figure 29 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (3/4)

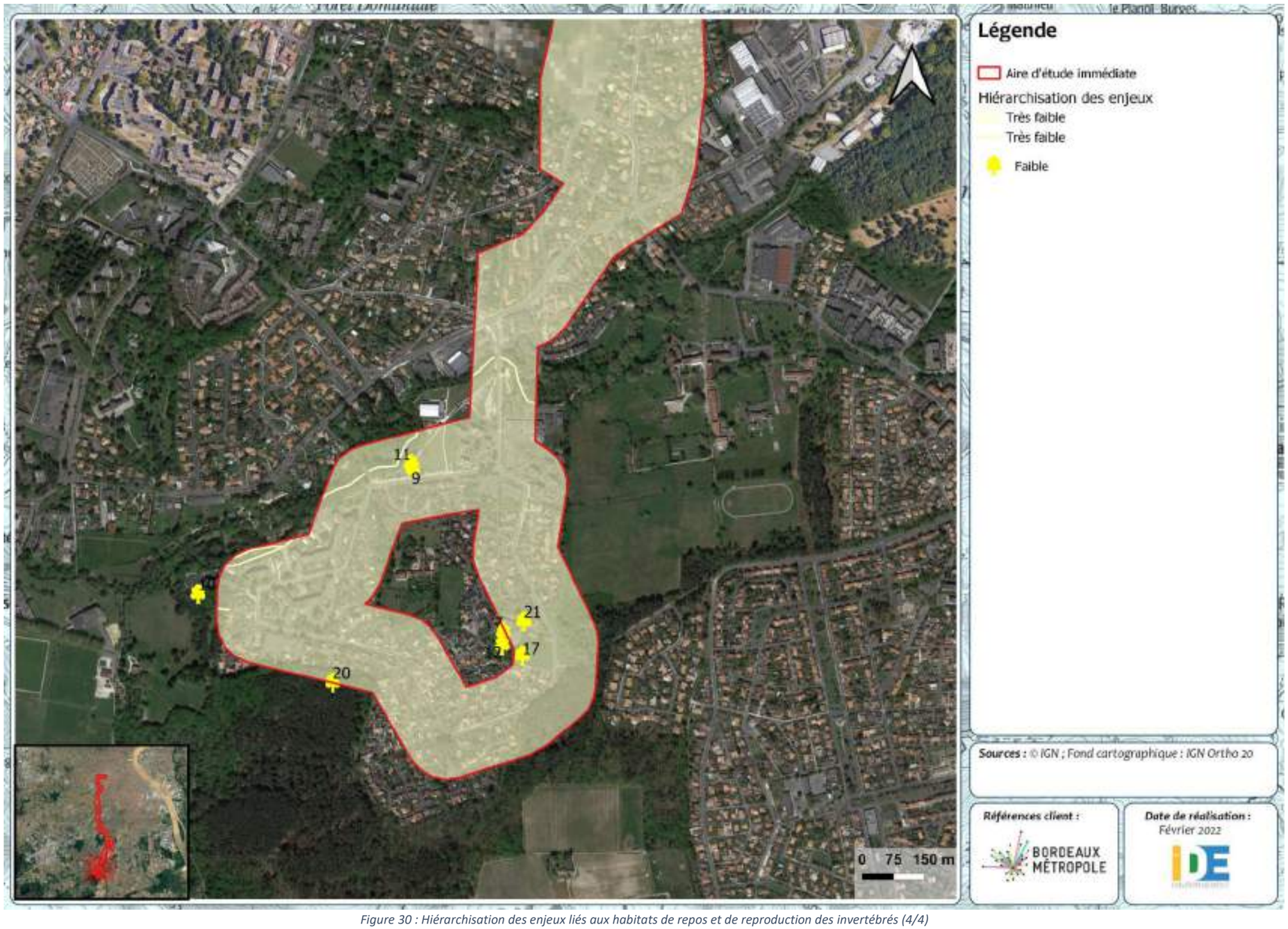


Figure 30 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés (4/4)

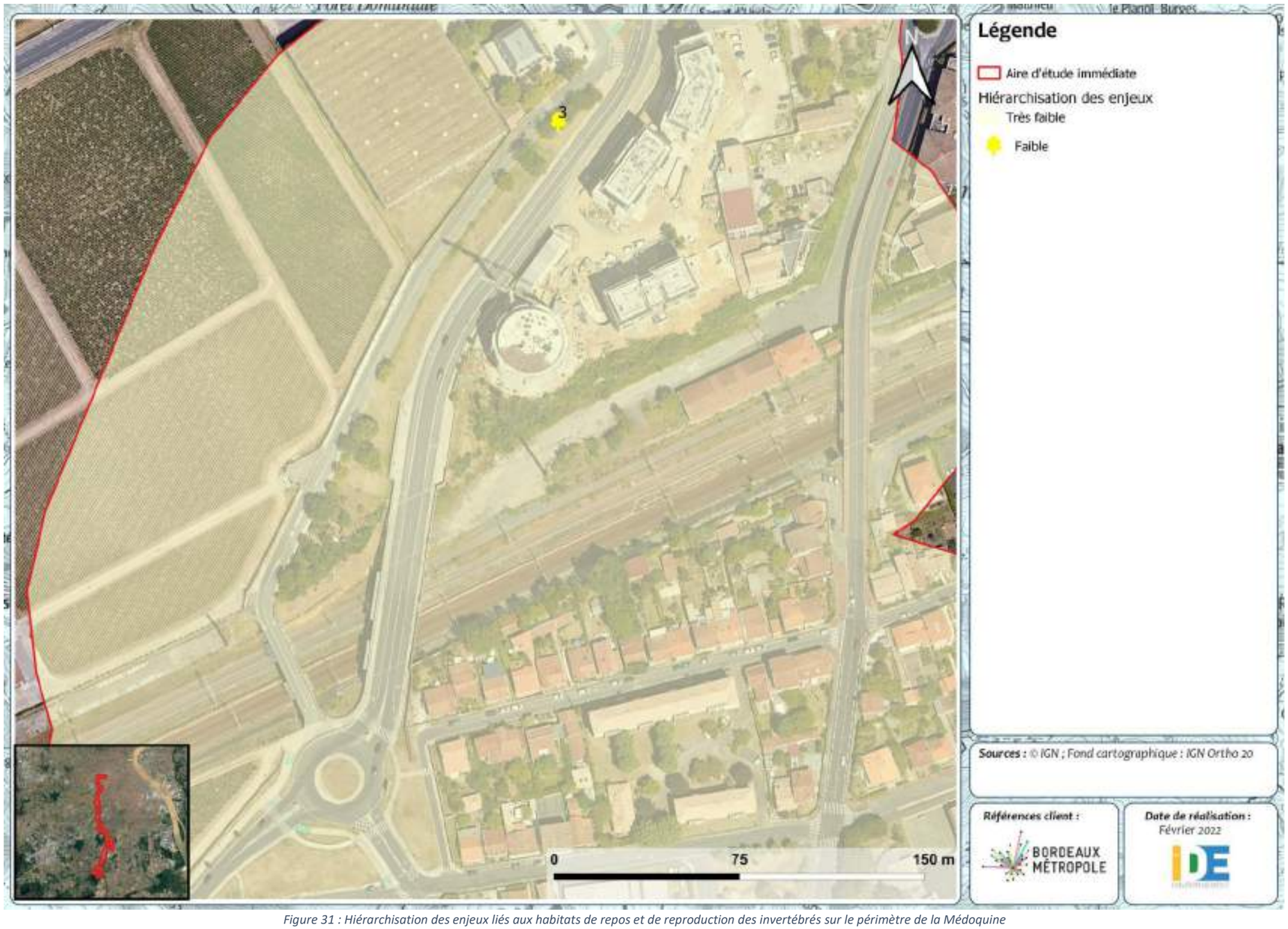


Figure 31 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des invertébrés sur le périmètre de la Médoquine

5.2 Les amphibiens

➢ ***Espèces recensées***

Durant la campagne de février, les prospections diurnes ont permis de mettre en évidence la présence d'habitats favorables à la reproduction des amphibiens : cours d'eau, fossés et mares temporaires.
Les prospections nocturnes réalisées le 23 mars 2021 pendant la période de reproduction des amphibiens ont permis de détecter des individus. Les conditions météorologiques, lors du passage sur le terrain, étaient favorables : soirée douce (9°c) et sans vent.

Seulement deux espèces ont été recensées : le **Triton palmé et la Salamandre tachetée.** Ces deux espèces sont protégées au titre de l'individu et non de leur habitat selon l'article 3 de l'arrêté du 8 janvier 2021 fixant la liste des espèces d'amphibiens et de reptiles protégées. De plus ces deux espèces présentent un statut de conservation favorable (LC) à l'échelle nationale et régionale.
Ces deux espèces sont ubiquistes et n'exigent pas des conditions écologiques bien particulières pour se reproduire. Ainsi des fossés en eau, formant des vasques d'eau stagnante sont favorables à la reproduction de ces amphibiens. De plus les milieux forestiers, arbustifs sont favorables aux périodes de repos de ces espèces.

Le tableau suivant présente ces espèces et les cartes suivantes présentent les potentiels habitats de reproduction et de repos des amphibiens, avec les enjeux associés.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Triton palmé (Le)	*Lissotriton helveticus*		Article 3	LC	LC (Aquitaine)	**Faible**
Salamandre tachetée (La)	*Salamandra salamandra*		Article 3	LC	LC (Aquitaine)	**Faible**

Tableau 12 : Liste des espèces d'amphibiens contactés sur l'aire d'étude immédiate

➢ ***Espèces potentielles***

Les espèces protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie sont listées et présentées dans le tableau ci-dessous. Deux espèces protégées potentielles sont susceptibles de fréquenter l'aire d'étude immédiate pour leur reproduction : Le Crapaud épineux et la Grenouille agile. Ces deux amphibiens sont protégés par la législation française, le Crapaud épineux au titre de l'article 3, seuls les individus sont protégés tandis que la Grenouille agile est protégée au titre de l'article 2, les individus et ses habitats de reproduction et de repos sont protégés.

Le Crapaud commun est une espèce également ubiquiste et peut se contenter de zones très fortement anthropisées pour se reproduire, tandis que la Grenouille agile est une espèce à affinité forestière. Ainsi, les milieux boisés de l'aire d'étude immédiate lui sont favorables, dans la mesure où des petites vasques d'eau stagnante s'y trouvent (petite mare, ornière etc).

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Crapaud épineux (Le)	*Bufo spinosus*		Article 3		LC (Aquitaine)	**Faible**
Grenouille agile (La)	*Rana dalmatina*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	**Faible**

Tableau 13 : Liste des espèces d'amphibiens protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie

Synthèse : Deux espèces d'amphibiens (protégées mais, à enjeu faible) ont été contactées sur l'aire d'étude immédiate. Deux espèces à enjeu faible issues de la bibliographie sont susceptibles de se reproduire sur l'aire d'étude immédiate.

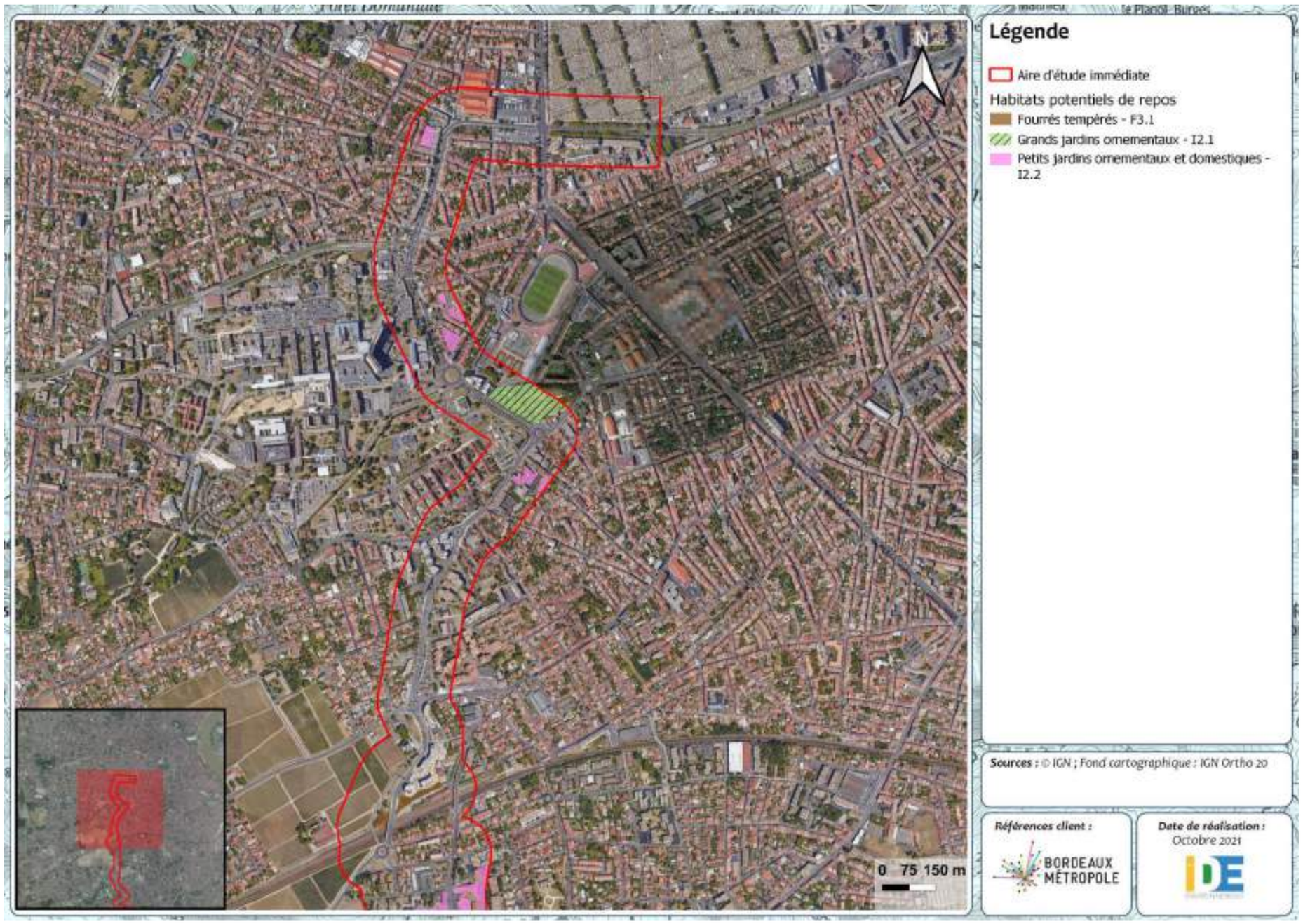


Figure 32 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (1/4)

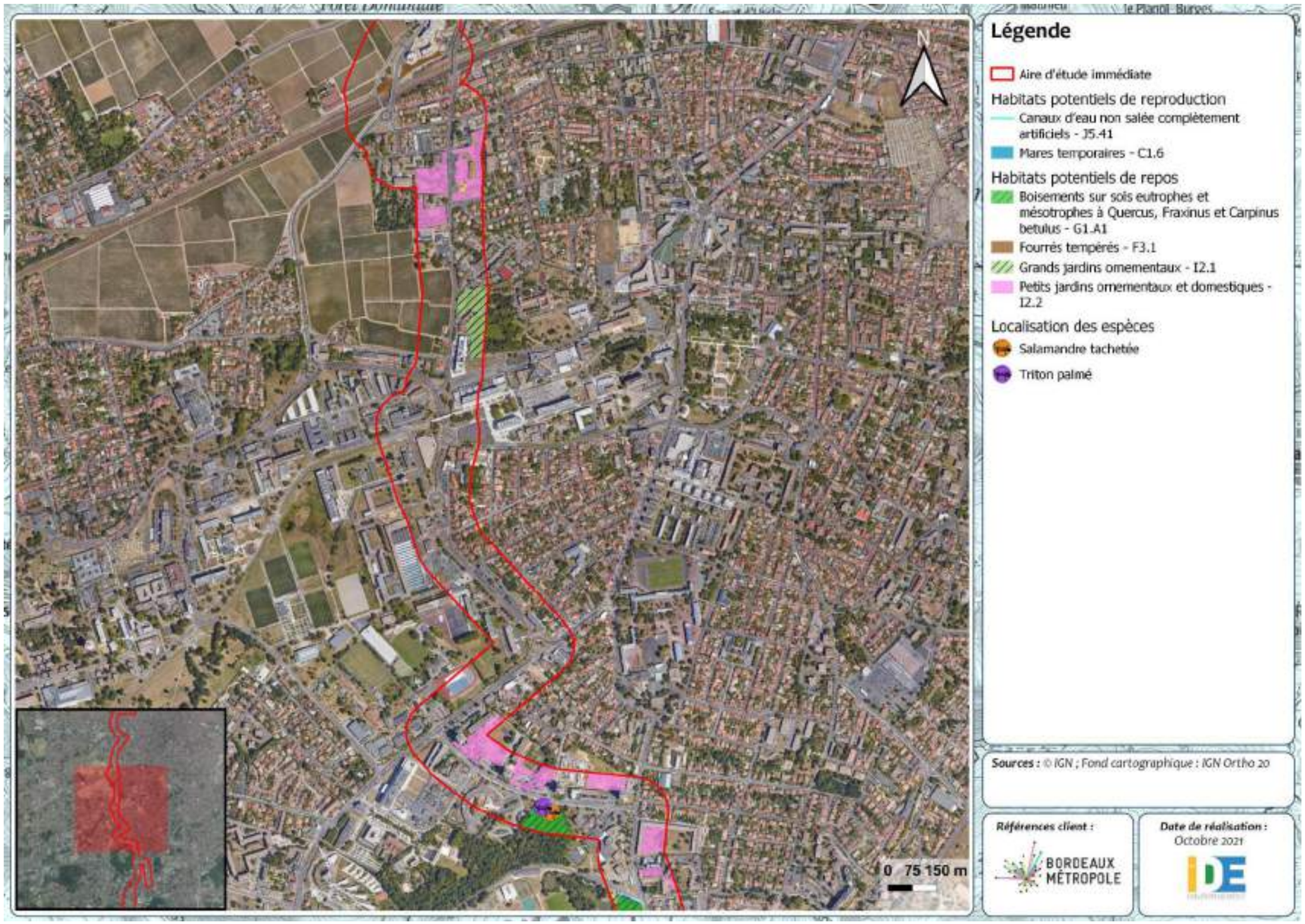


Figure 33 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (2/4)

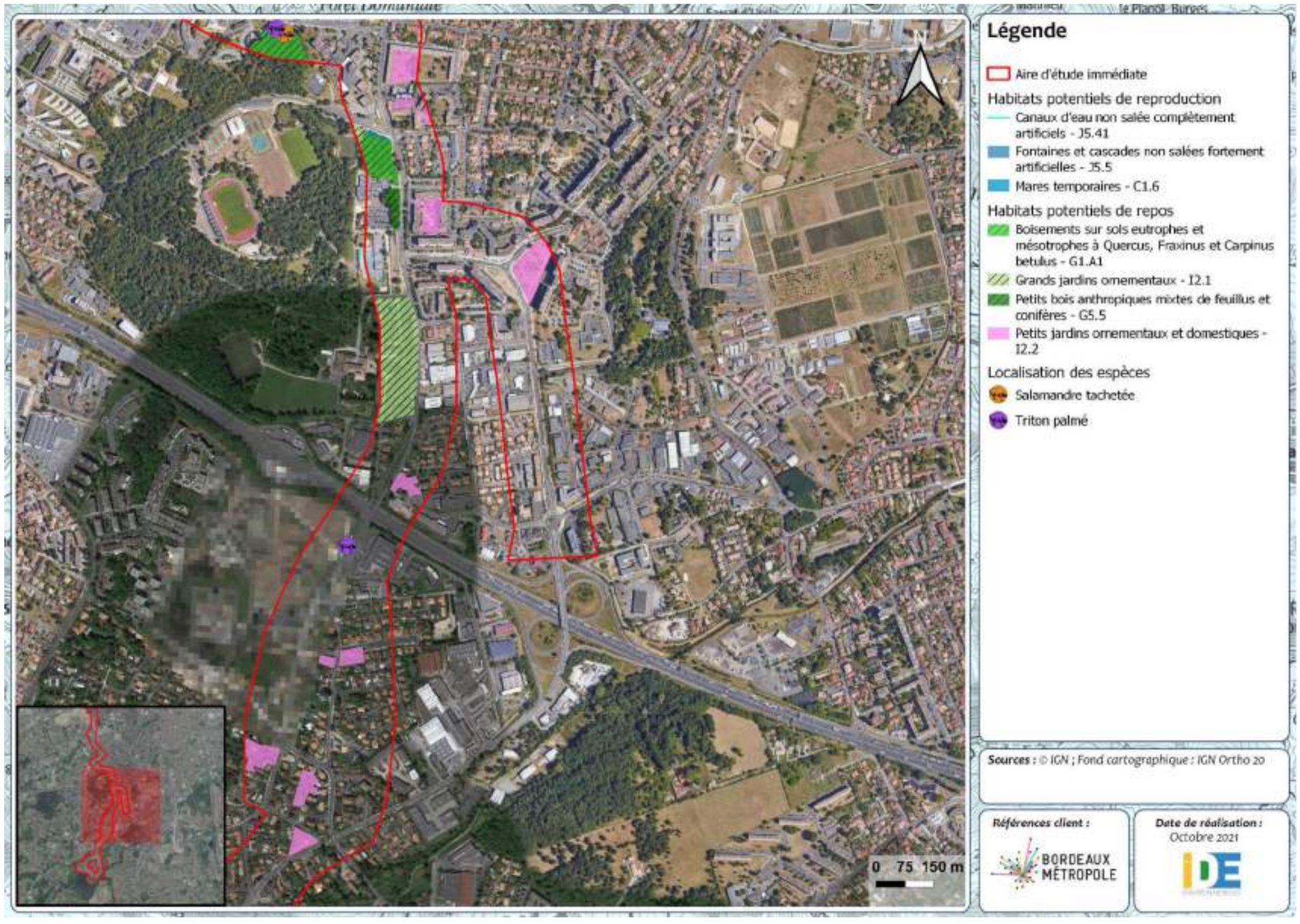


Figure 34 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (3/4)

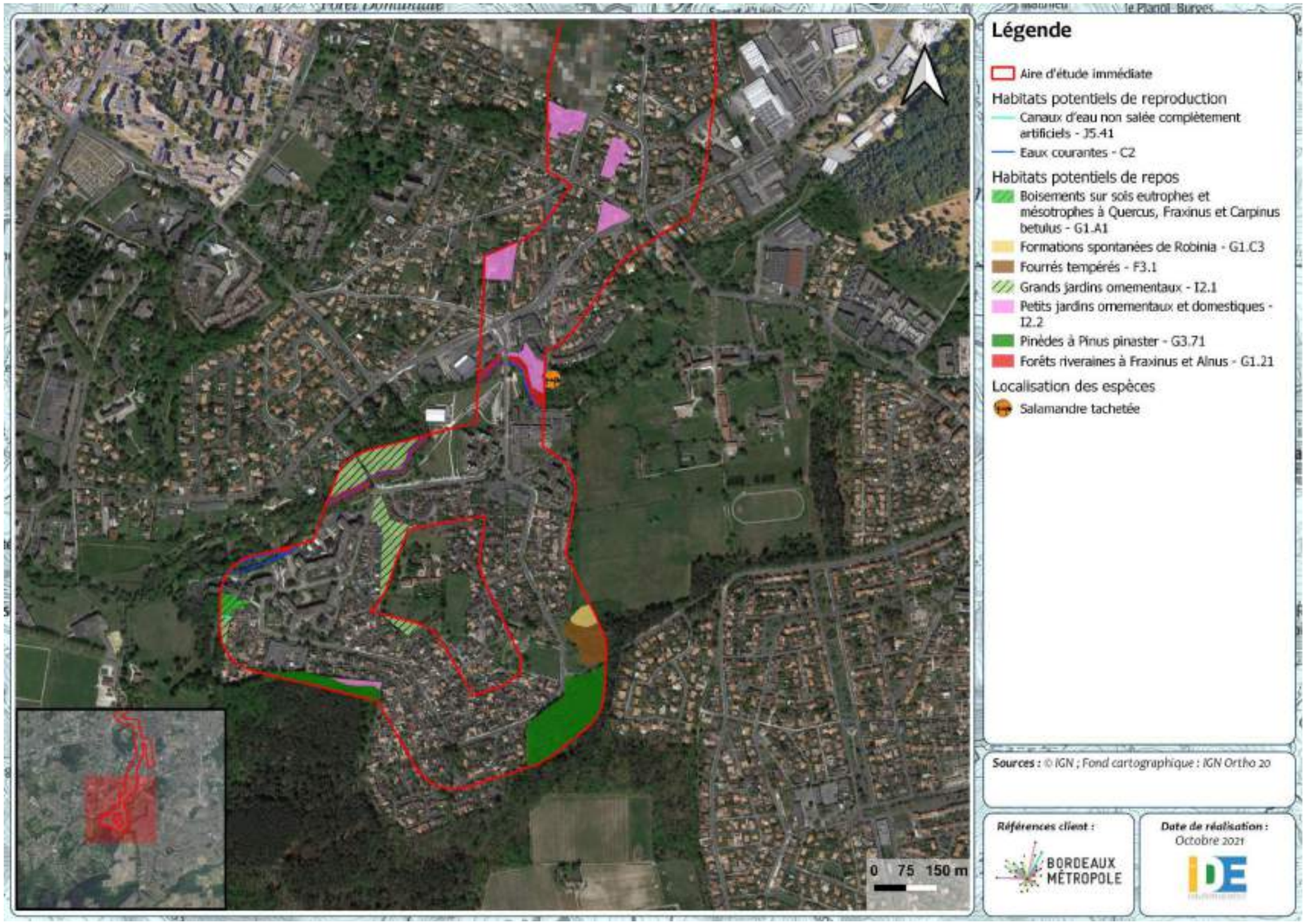


Figure 35 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur l'aire d'étude immédiate (4/4)

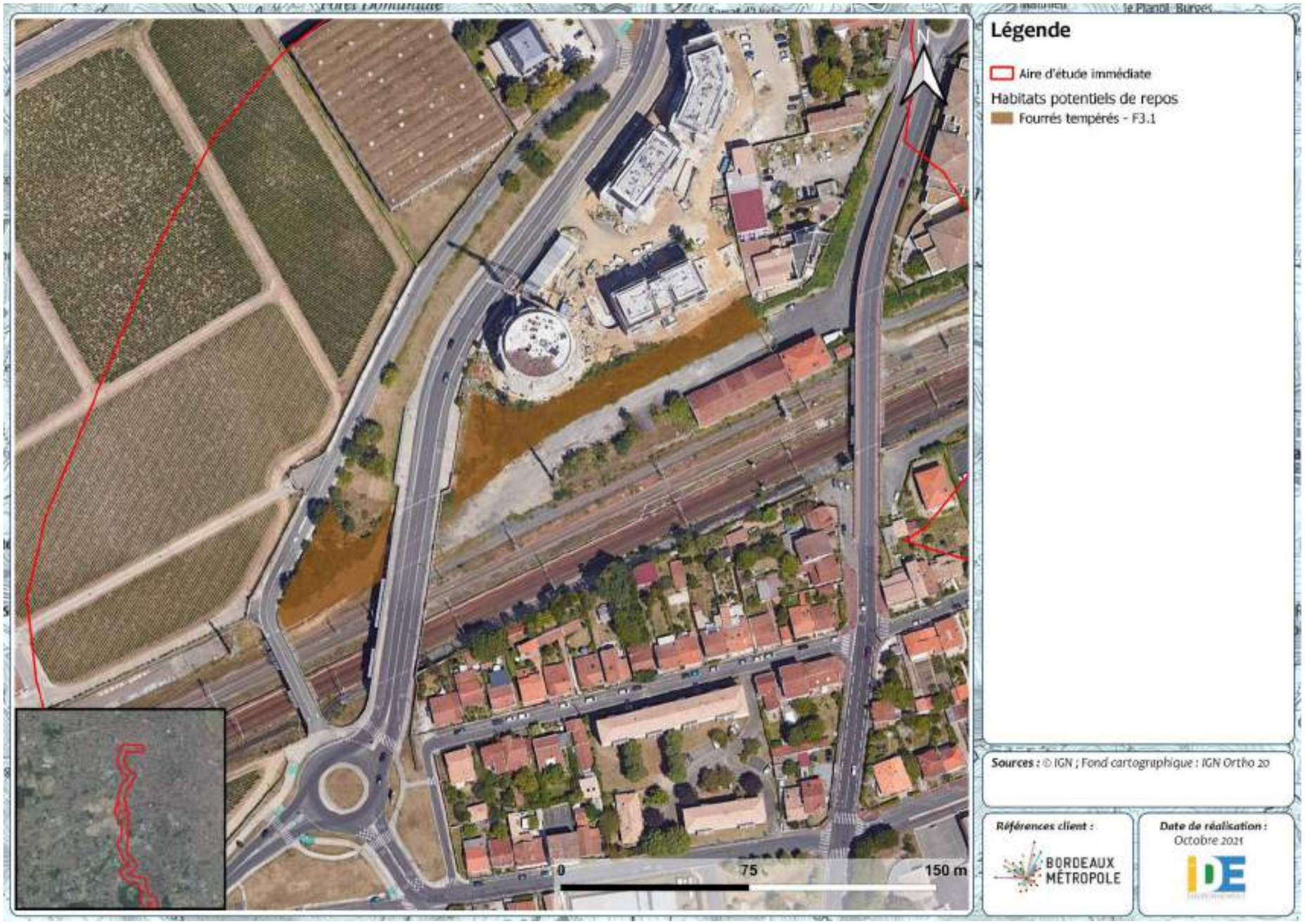


Figure 36 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des amphibiens sur le périmètre de la Médoquine

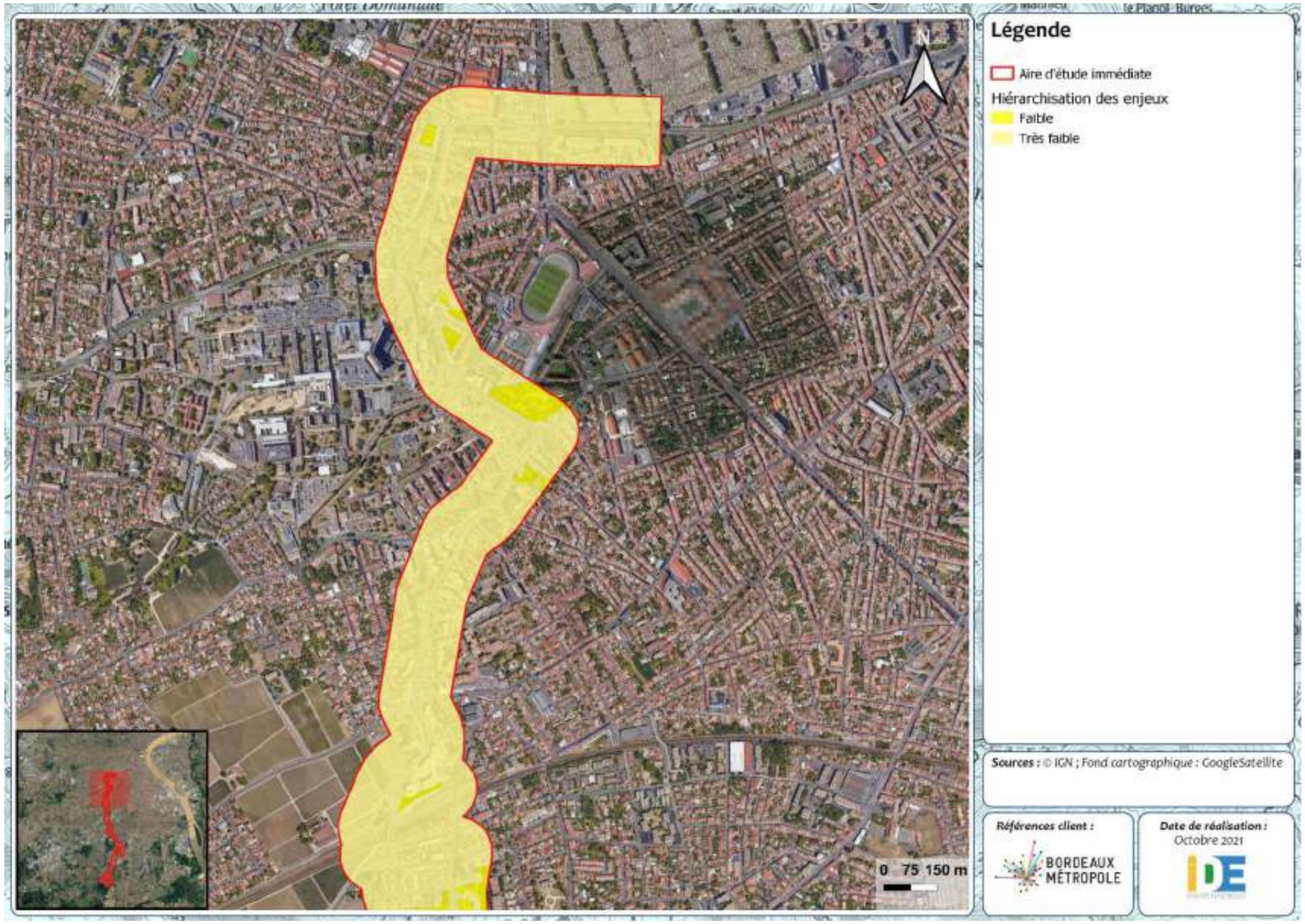


Figure 37 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (1/4)

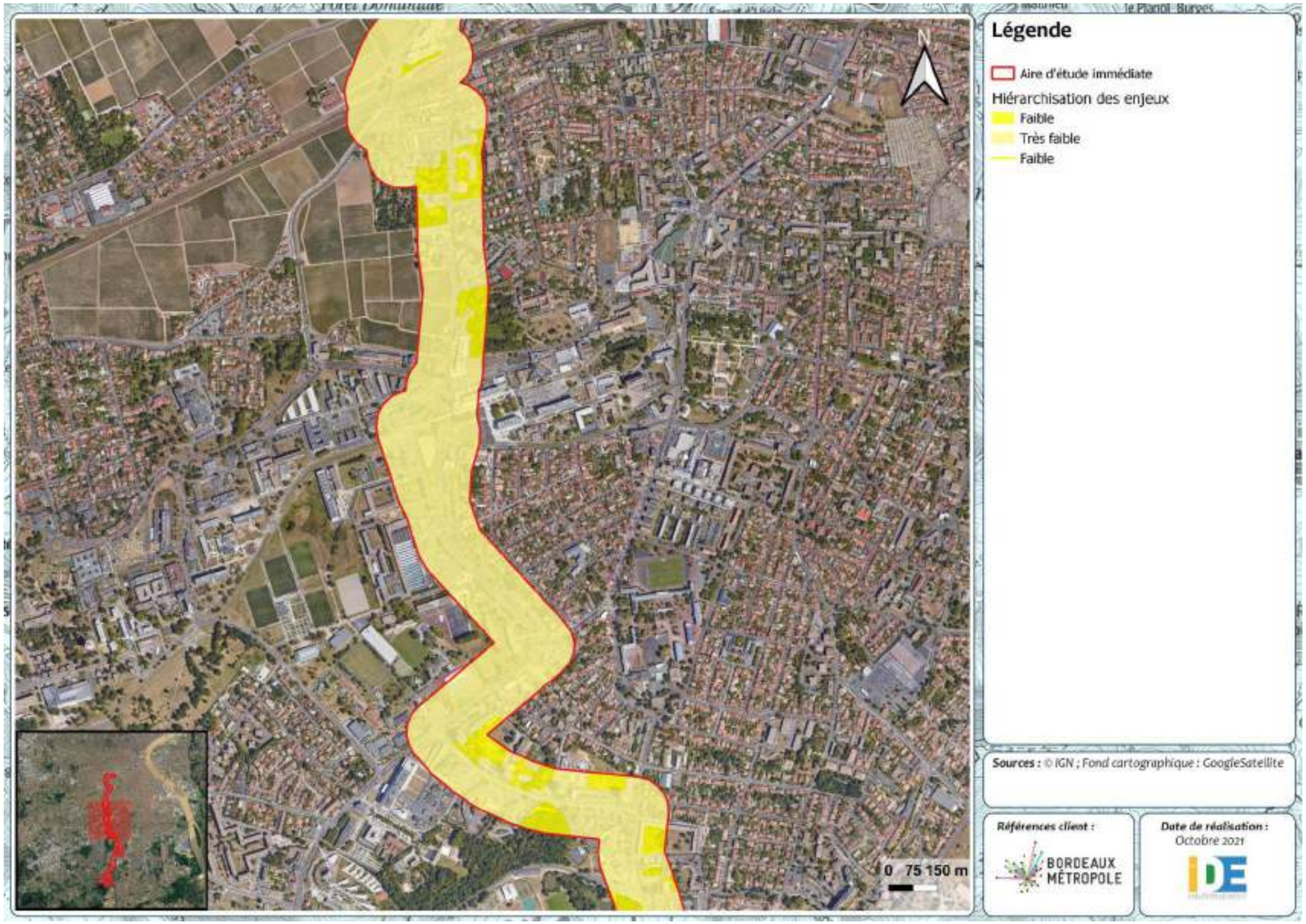


Figure 38 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (2/4)

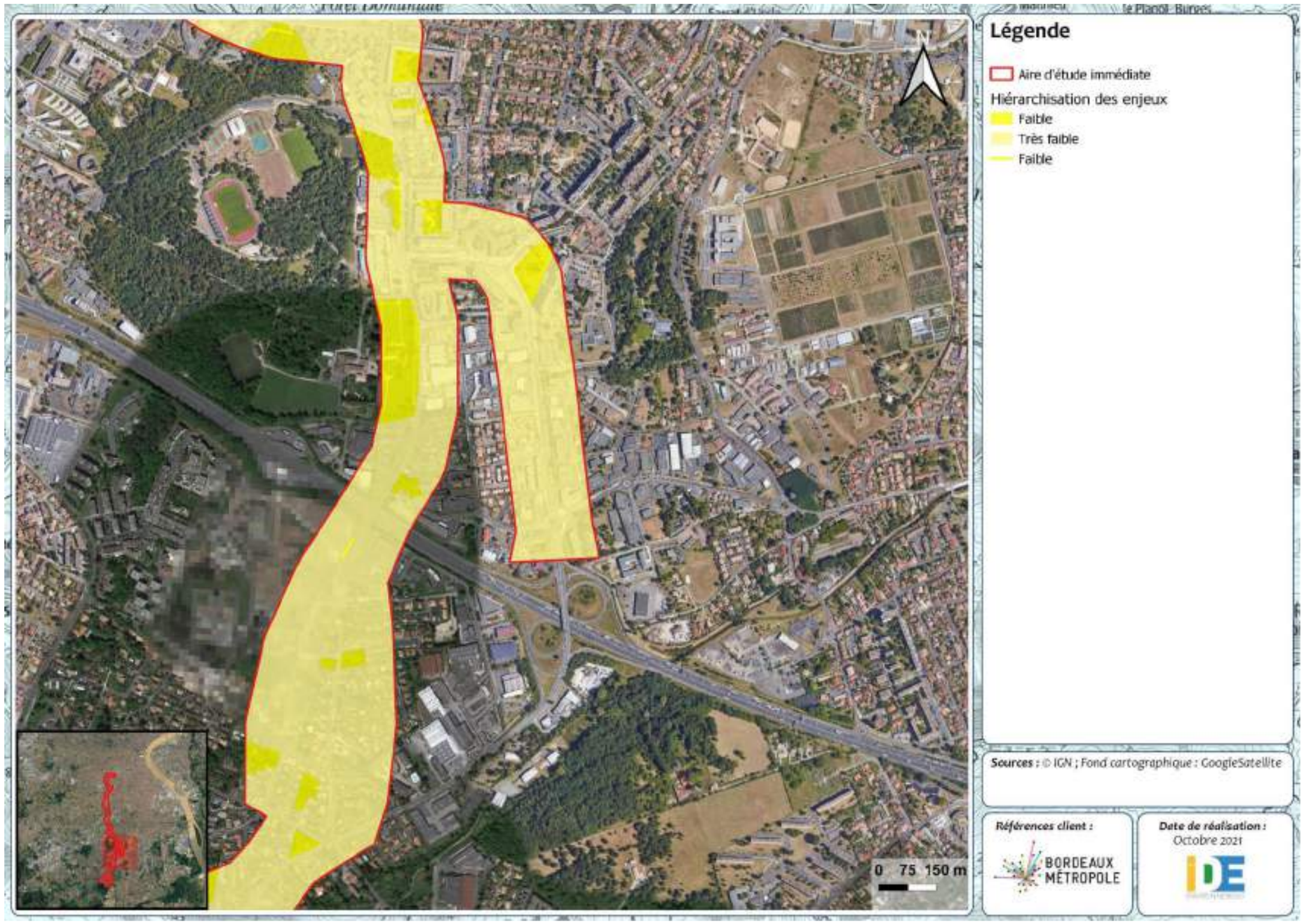


Figure 39 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (3/4)

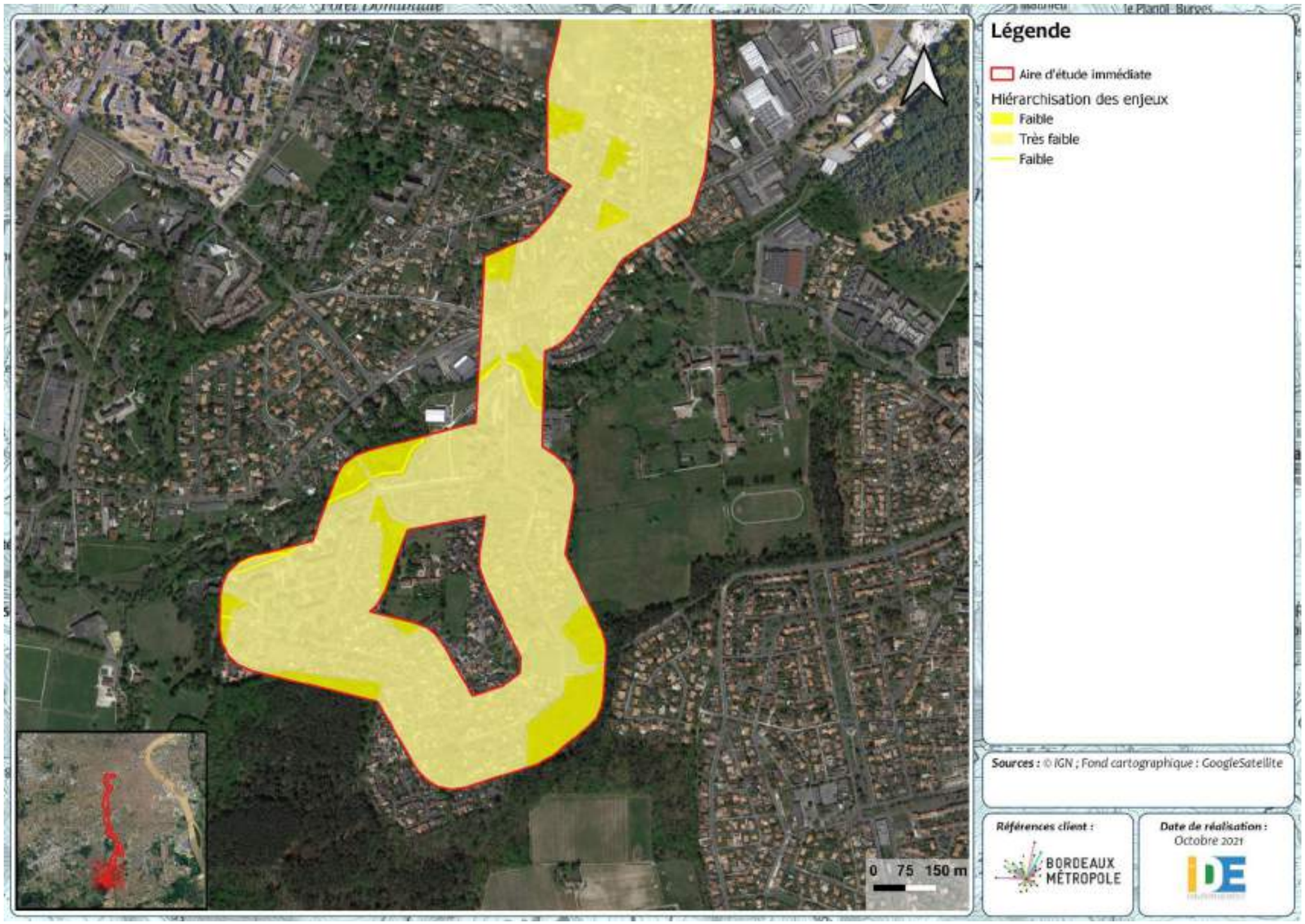


Figure 40 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens (4/4)

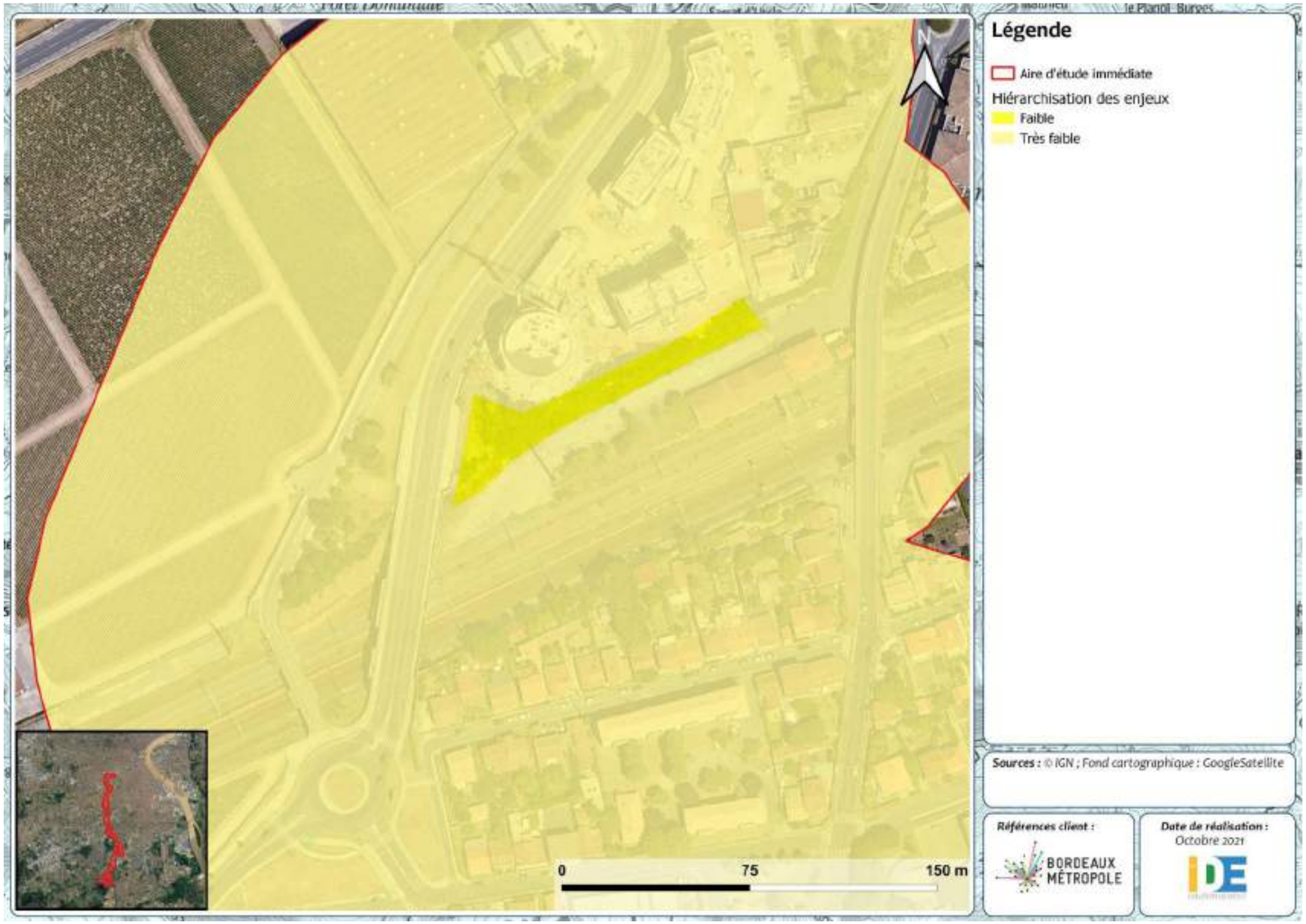


Figure 41 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des amphibiens sur le périmètre de la Médoquine

5.3 Les reptiles

➢ ***Espèces recensées***

Étant très anthropique, l'aire d'étude immédiate ne présente que peu d'habitats naturels propices à la reproduction et au repos des espèces de reptiles. Seules des espèces très communes et opportunistes sont capables de s'y accommoder.

Ainsi, seule une espèce a pu être observée lors des inventaires : le Lézard des murailles (*Podarcis muralis*). Cette espèce bénéficie d'une **protection nationale** et d'un statut de **conservation favorable (LC)**. De plus ce lézard présente une répartition géographique très large et est une espèce ubiquiste en termes d'exigences écologiques, en présence de micro-habitats thermophiles.

Le tableau suivant présente les espèces recensées et l'enjeu de patrimonialité qui leur est associé.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Lézard des murailles	*Podarcis muralis*	Annexe IV	Article 2		LC (Aquitaine)	Faible

Tableau 14 : Liste des reptiles recensés au droit de l'aire d'étude immédiate

➢ ***Espèces potentielles***

Deux espèces sont potentiellement présentes : la Couleuvre Verte et Jaune (*Hierophis viridiflavus*) et la Tarente de Maurétanie (*Tarentola mauritanica*). Celles-ci sont protégées nationalement et leur statut de conservation est favorable.
La Couleuvre verte et jaune peut se reproduire en lisière forestière ainsi que dans les fourrés tandis que la Tarente de Maurétanie est potentiellement présente sur les habitations et infrastructures du tissu urbain.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Couleuvre verte et jaune (La)	*Hierophis viridiflavus*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	Faible
Tarente de Maurétanie (La)	*Tarentola mauritanica*		Article 3	LC	NA (Aquitaine)	Faible

Tableau 15 : Liste de reptiles protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie

➢ ***Synthèse sur les espèces patrimoniales***

Aucune espèce patrimoniale de ce groupe taxonomique n'est susceptible de se reproduire sur les habitats naturels de l'aire d'étude immédiate.

Synthèse : Seule une espèce de reptile a été observée : le Lézard des murailles. De plus deux espèces recensées dans la bibliographie sont potentiellement présentes sur les habitats naturels de l'aire d'étude immédiate.

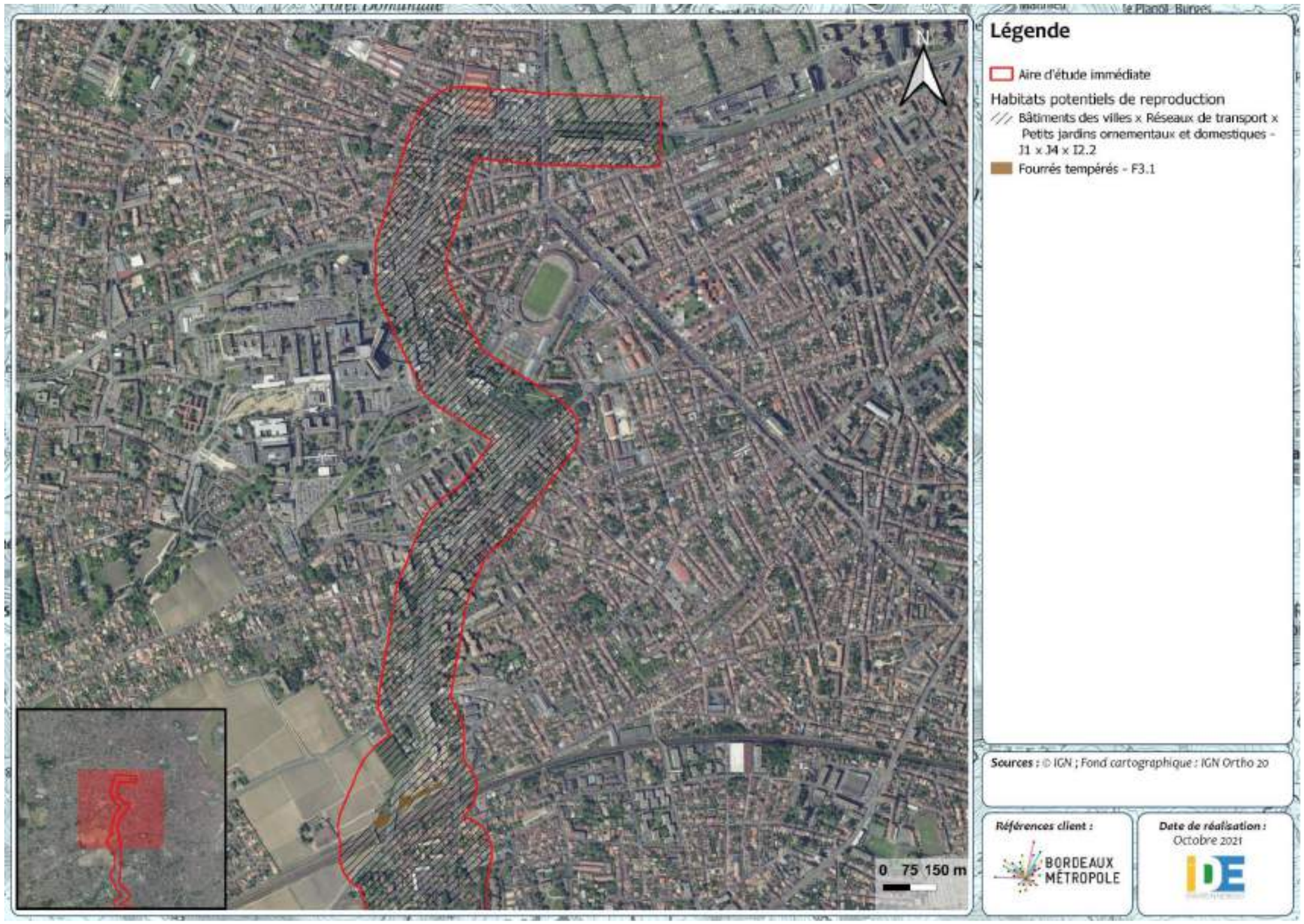


Figure 42 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (1/4)

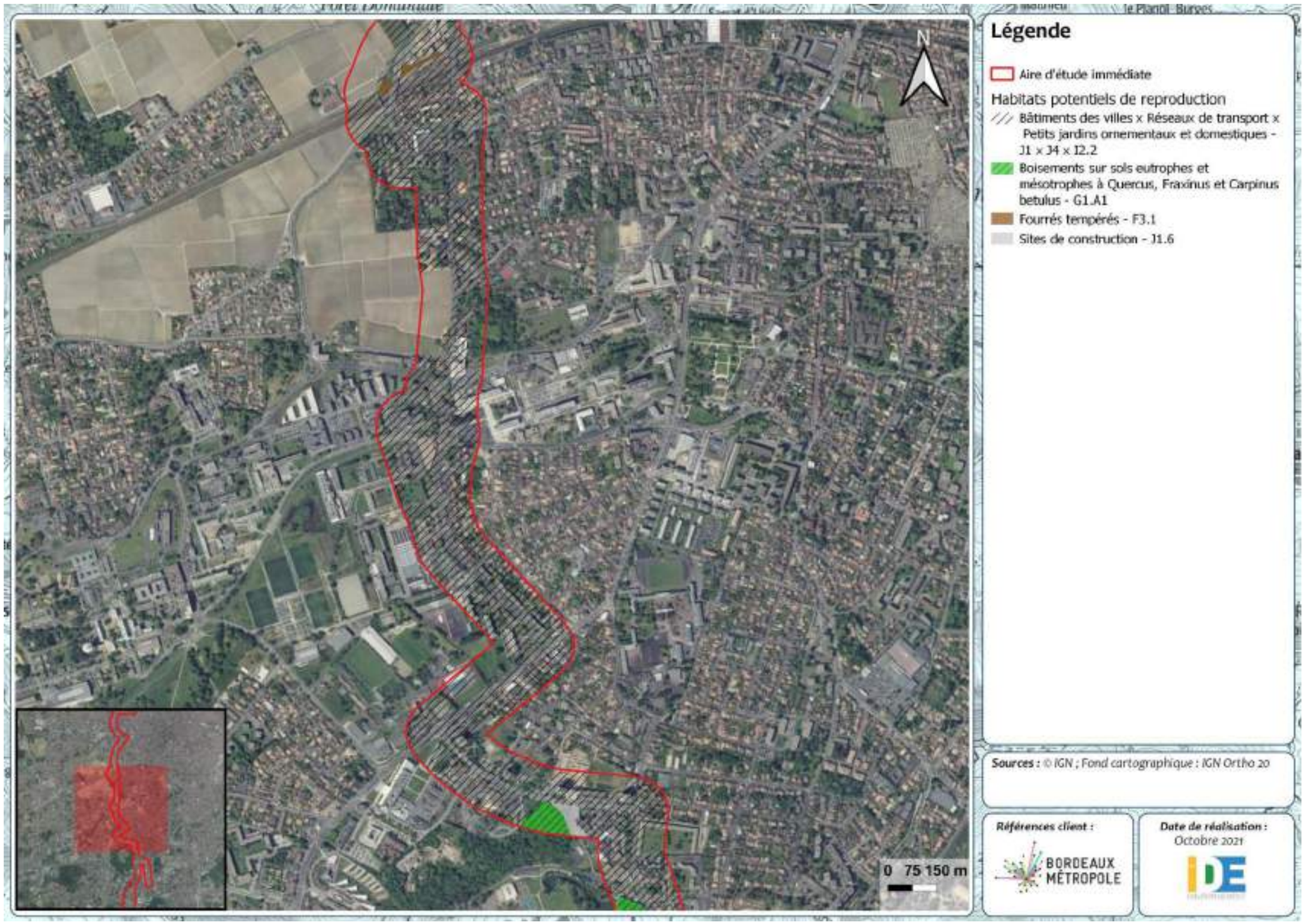


Figure 43 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (2/4)

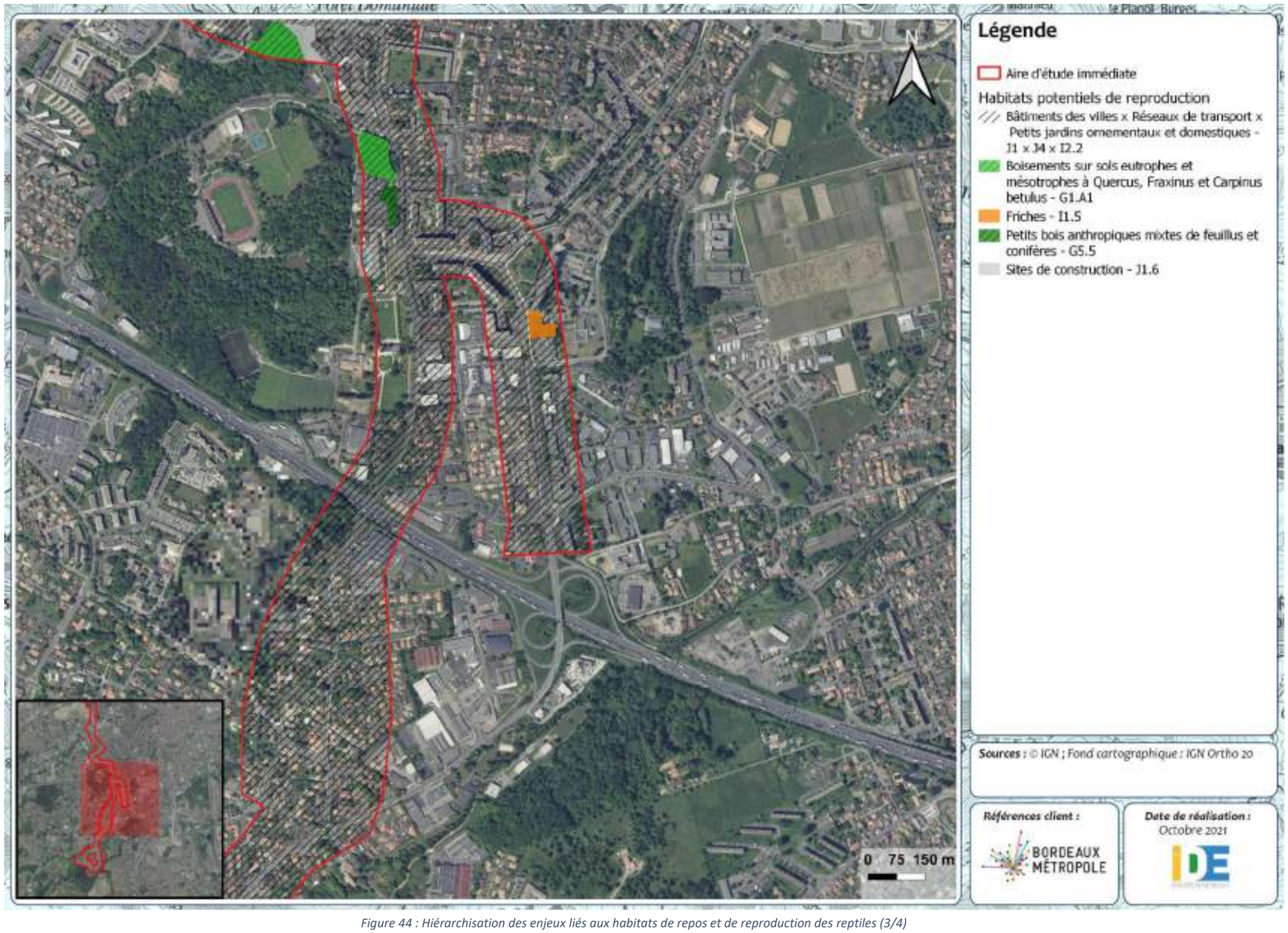


Figure 44 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (3/4)

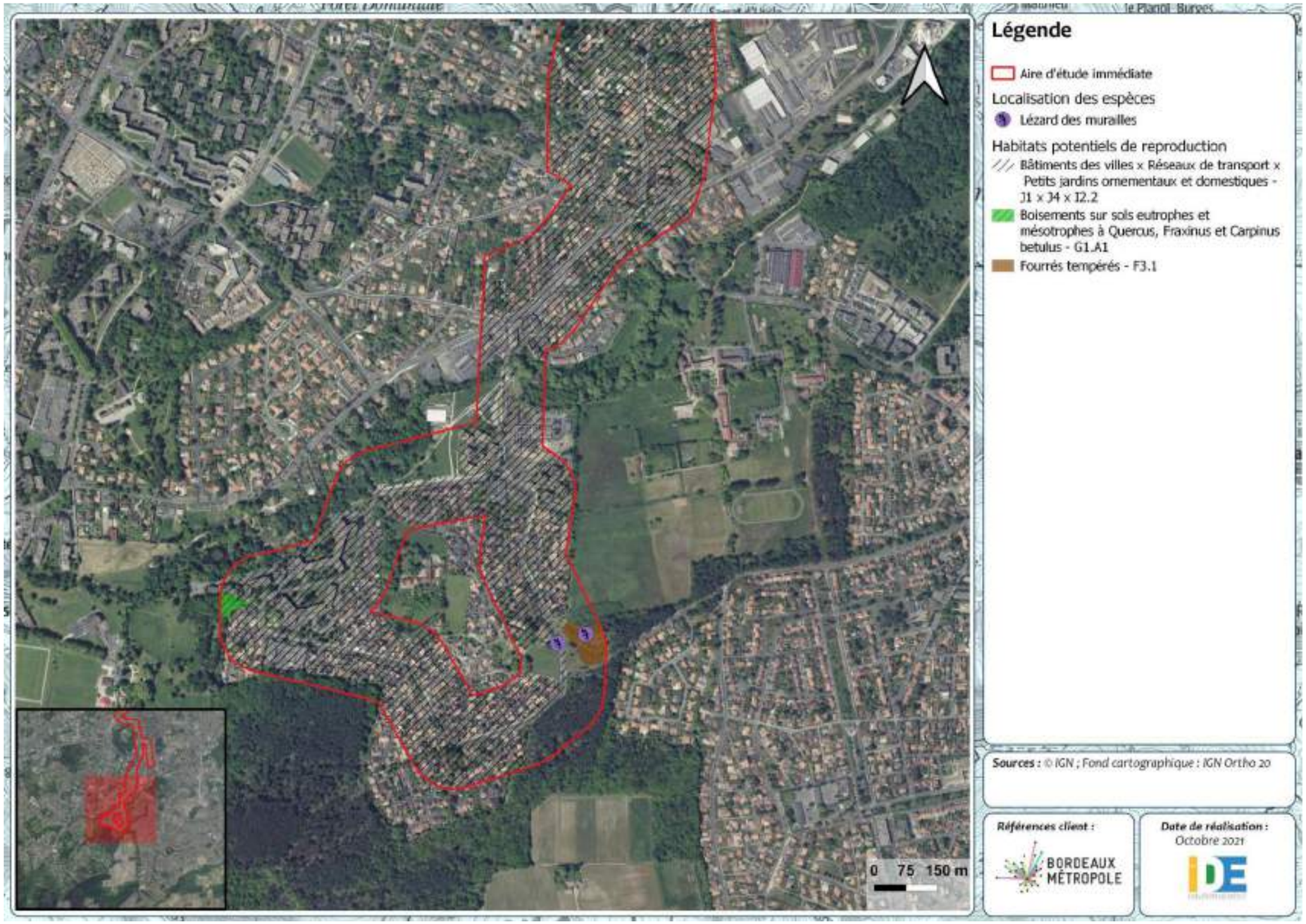


Figure 45 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (4/4)

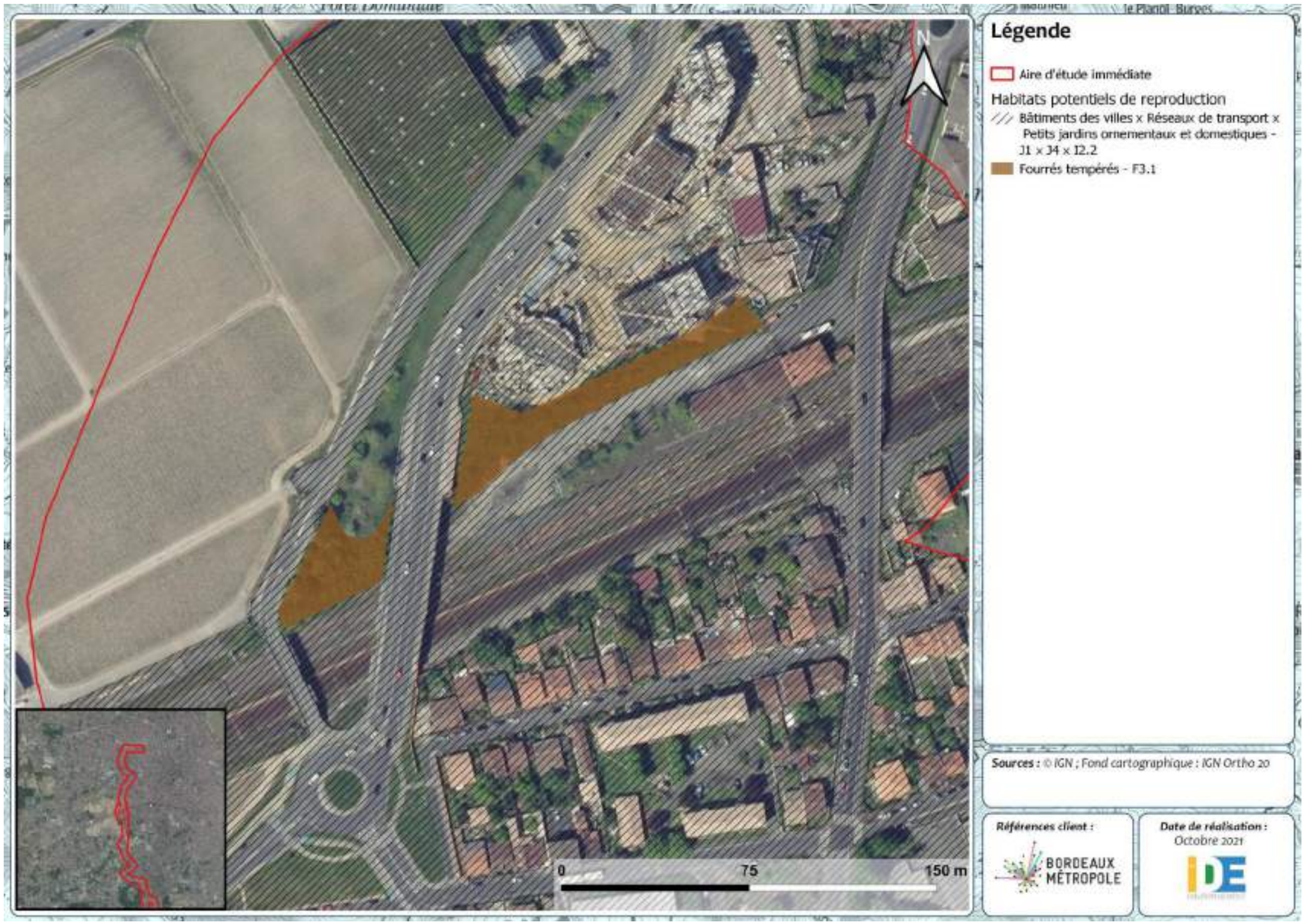


Figure 46 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles sur le périmètre de la Médoquine

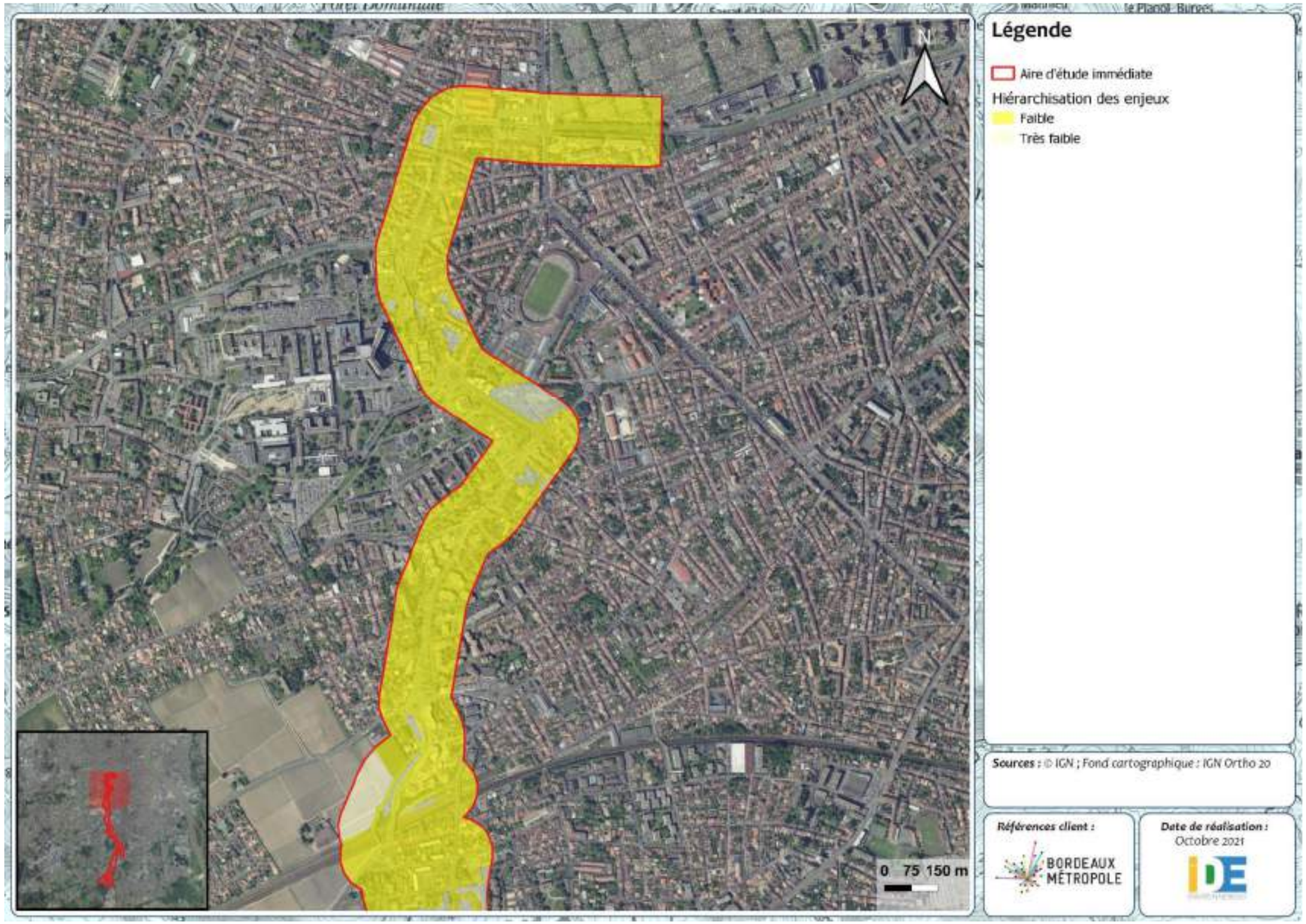


Figure 47 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (1/4)

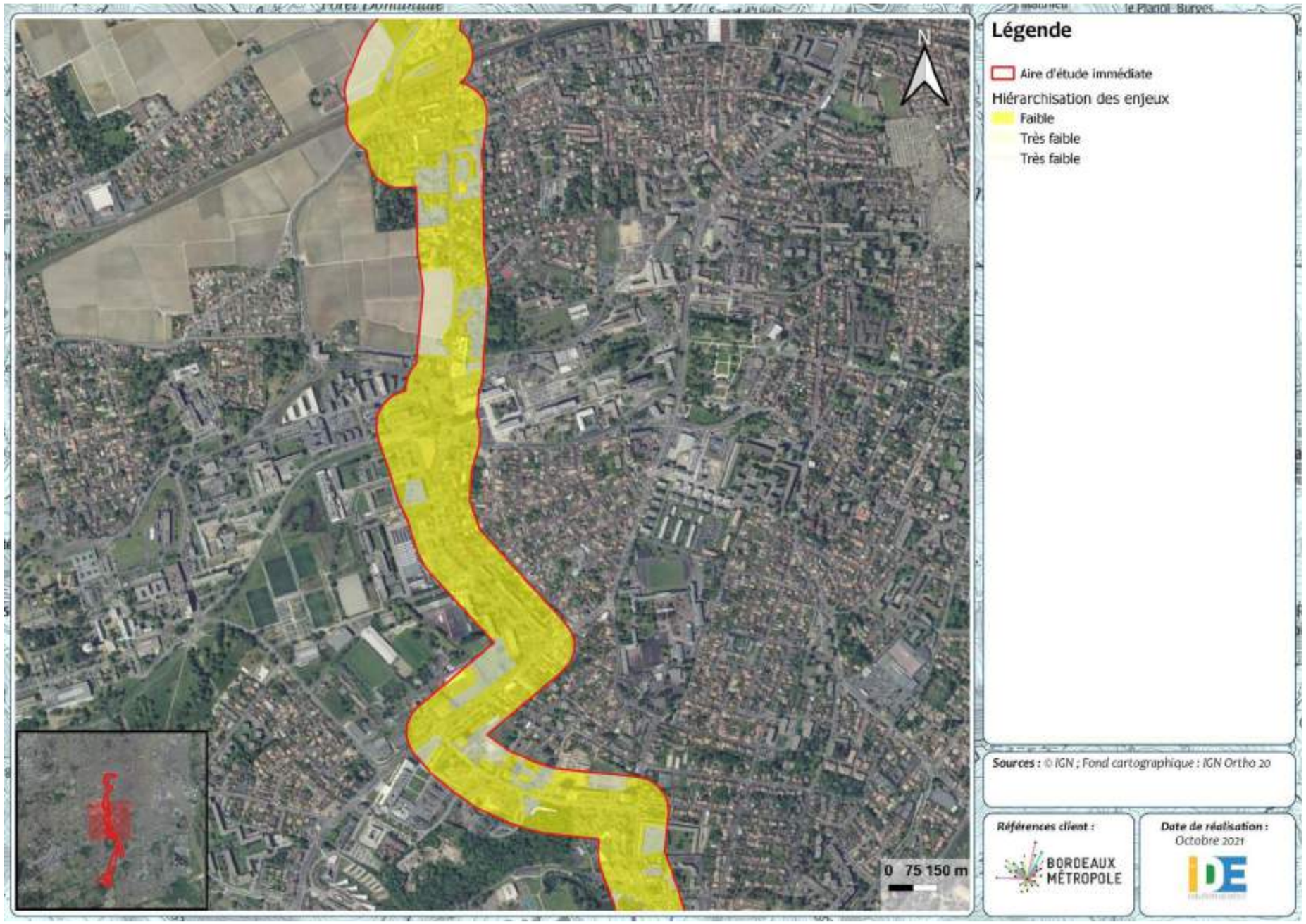


Figure 48 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (2/4)

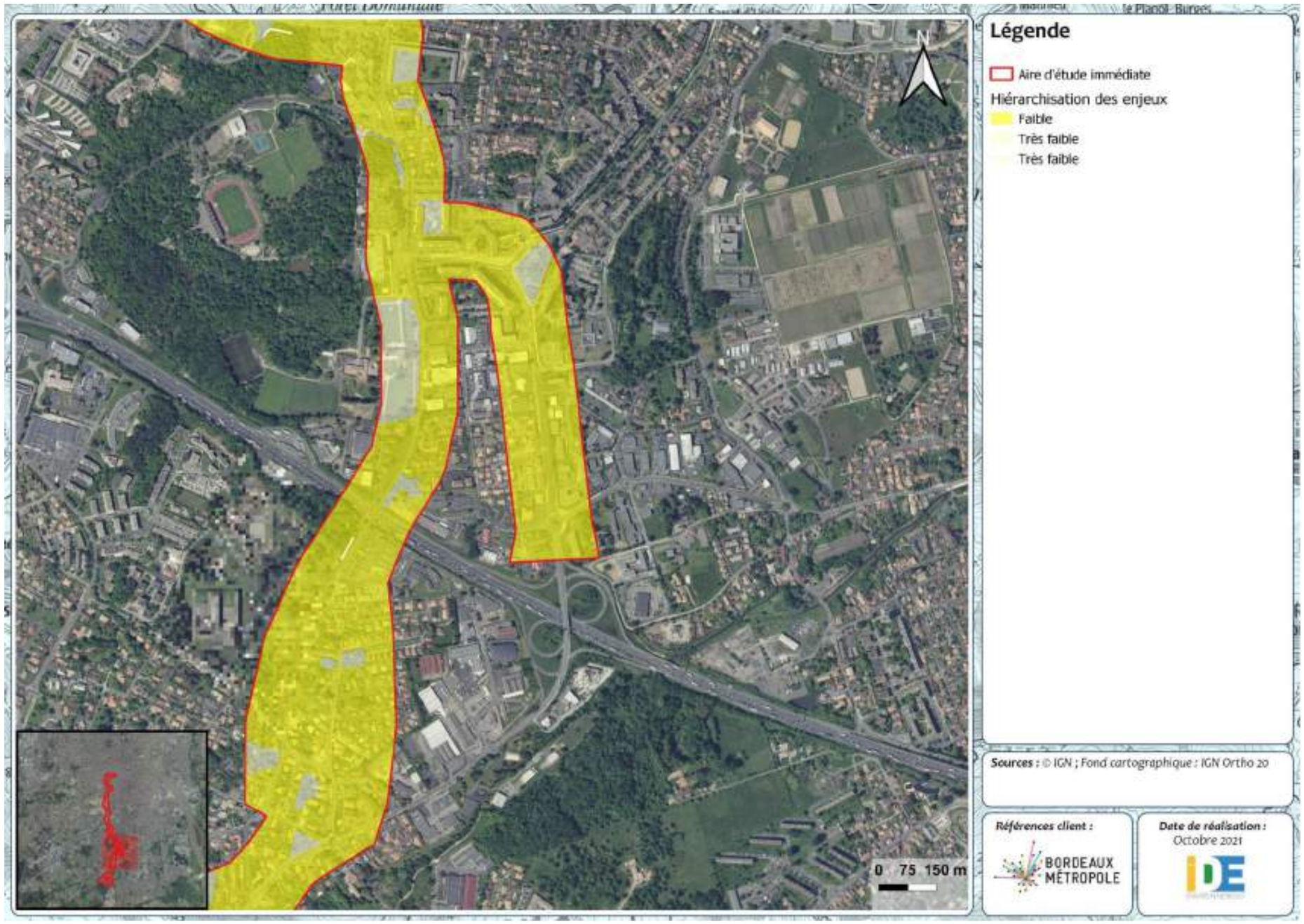


Figure 49 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (3/4)

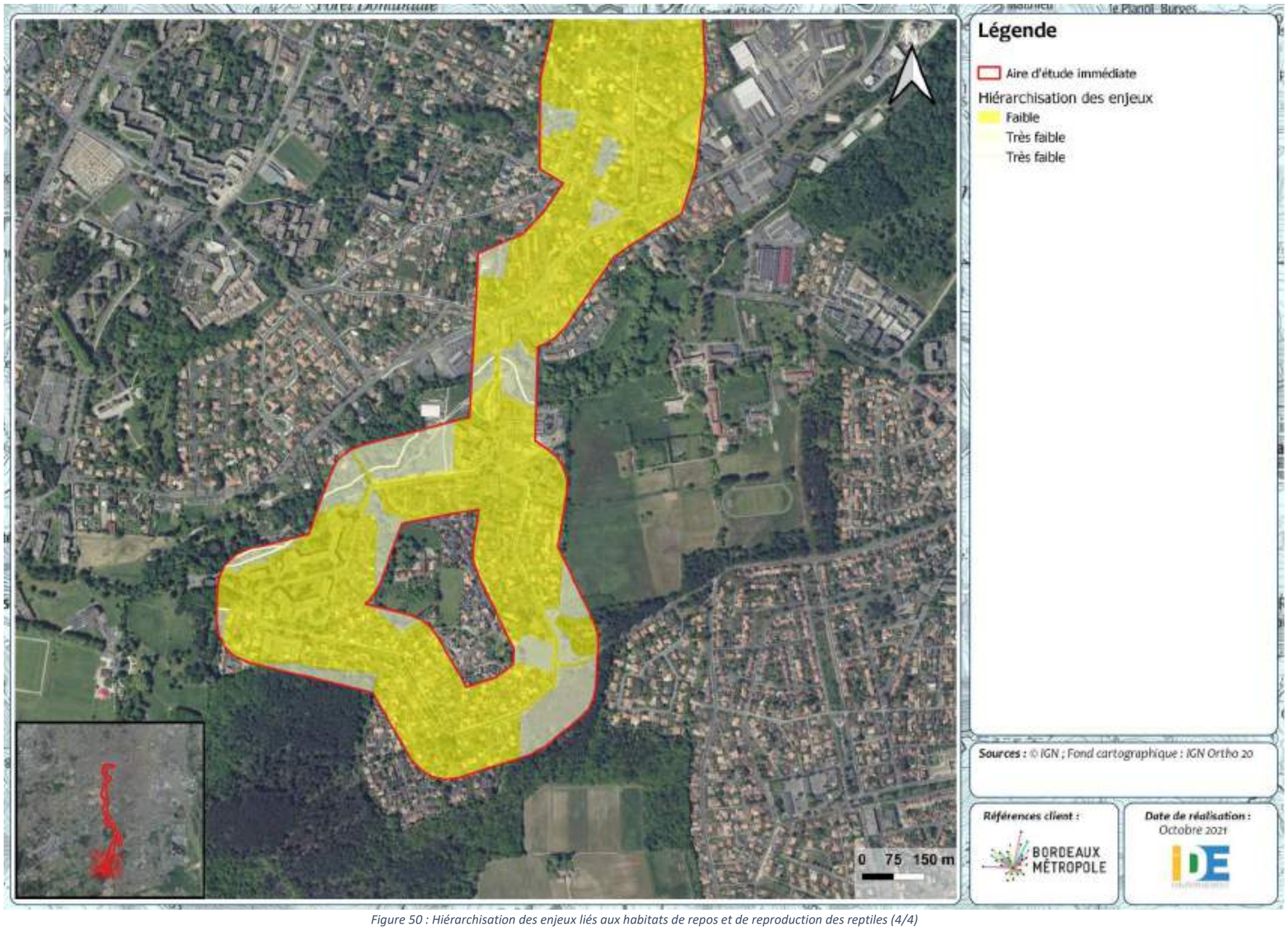


Figure 50 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles (4/4)

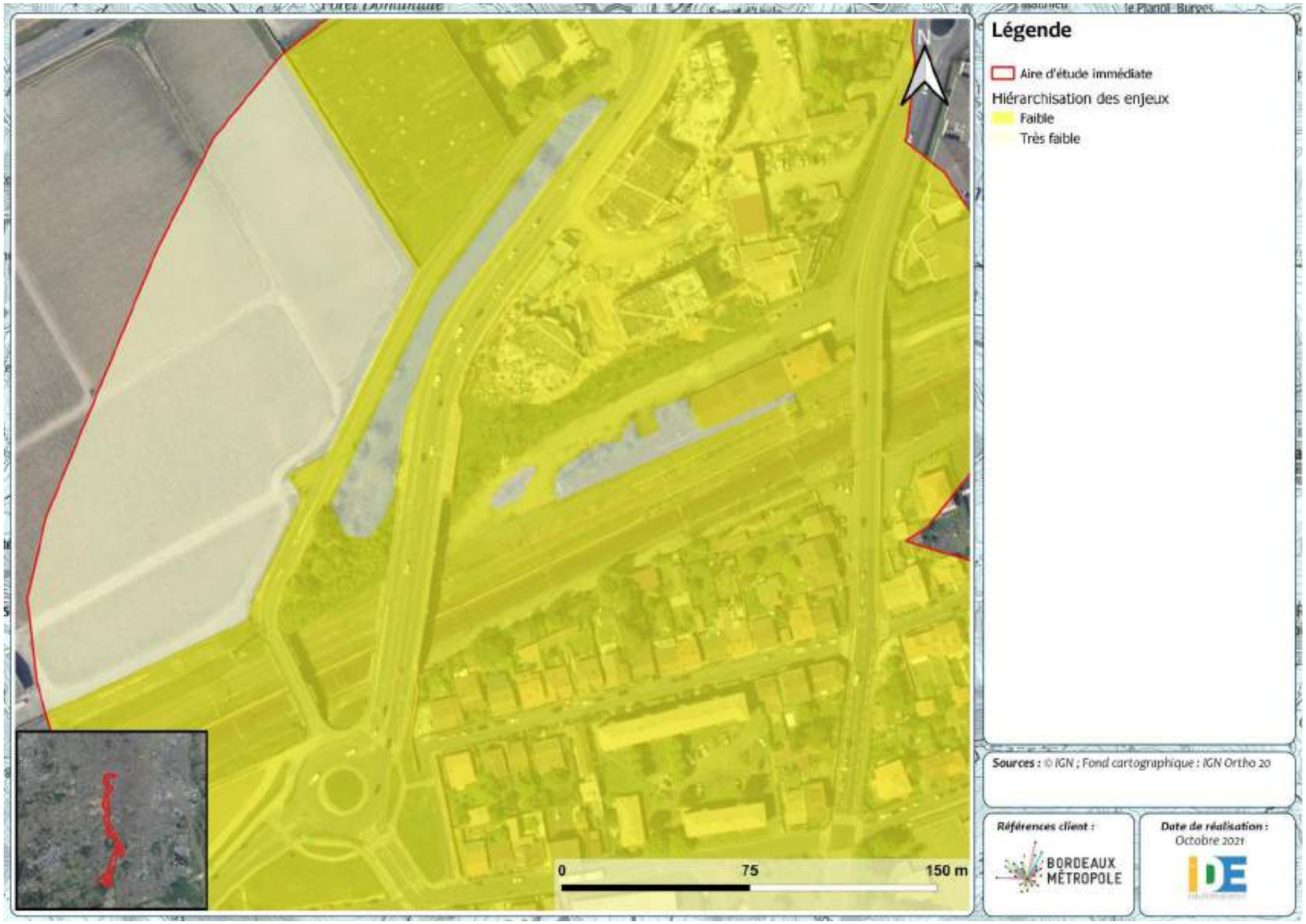


Figure 51 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des reptiles sur le périmètre de la Médoquine

5.4 Les oiseaux

➢ ***Espèces recensées***

Au total, 35 espèces d'oiseaux, dont 23 espèces protégées en France, ont été recensées sur l'aire d'étude immédiate. Parmi celles-ci, 5 espèces sont considérées comme patrimoniales :

- Le **Serin cini** (enjeu modéré) est un passereau affectionnant les milieux semi-ouverts à boisés. Il apprécie les espaces avec des alignements d'arbres. L'enjeu de cette espèce a été diminué à modéré, car elle est très commune dans la région.
- La **Bouscarle de Cetti** (enjeu modéré), passereau lié aux milieux semi-ouverts, arbustifs, généralement à proximité des cours d'eau. Plusieurs individus chanteurs ont été entendus dans la partie sud de l'aire d'étude immédiate à proximité de l'Eau Bourde.
- Le **Verdier d'Europe** (enjeu modéré), espèce appréciant les boisements ouverts et les lisières forestières qui pourrait nicher en limite d'aire d'étude au niveau de la lisière du boisement. L'enjeu de cette espèce a été diminué à modéré, car elle est très commune dans la région.
- Le **Martinet noir** (enjeu modéré) est aujourd'hui une espèce ayant délaissé son habitat originel : les milieux rupestres. Il s'est très bien adapté aux constructions humaines et peut nicher sous les toits des vieux édifices ou dans des anfractuosités de diverses structures ou constructions, bâtiment industriel etc. Des individus ont été observés survolant l'aire d'étude immédiate.
- Le C**hardonneret élégant** (enjeu modéré), espèce appréciant les boisements ouverts, les lisières forestières mais aussi les parcs et jardins urbains. L'enjeu de cette espèce a été diminué à modéré car elle est très commune dans la région.

➢ ***Cortèges***

Les espèces recensées peuvent être classées en différents cortèges :

- Milieux arborés

Plusieurs boisements sont disponibles sur l'aire d'étude immédiate et à proximité. Ces boisements sont très anthropiques et entretenus. La majorité de ceux-ci correspondent à des parcs urbains arborés. Ces habitats boisés sont favorables aux espèces forestières comme le Geai des chênes, les mésanges, le Merle noir. Ces boisements de parcs sont aussi favorables à des espèces comme le Chardonneret élégant, le Serin cini ou encore le Verdier d'Europe.

- Milieux ouverts et semi-ouverts

Ces milieux correspondent à des friches urbaines et des pelouses de parcs, très entretenus. Ils sont très peu favorables à la reproduction d'espèces, même celles inféodées à ce type de milieux.

- Milieux anthropiques

L'aire d'étude immédiate est majoritairement composée de milieux anthropiques : bâtiments urbains, sites industriels etc. Ces habitats sont peu favorables à la reproduction des oiseaux, mais certaines espèces anthropophiles s'y nourrissent : Corneille noire, Bergeronnette grise ou Rougequeue noir

Le tableau suivant présente les espèces recensées et les cartes suivantes présentent les habitats potentiels et les enjeux associés.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Code LPO Final	Probabilité de nidification	Enjeu de patrimonialité
Nom commun	*Nom scientifique*	Directive oiseaux	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale			
Accenteur mouchet	*Prunella modularis*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Bouscarle de Cetti	*Cettia cetti*		Article 3	NT (Nicheur)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Modéré**
Canard colvert	*Anas platyrhynchos*	Annexe II/1, Annexe III/1		LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*		Article 3	VU (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	NT (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Modéré**
Choucas des tours	*Corvus monedula*	Annexe II/2	Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	NT (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Chouette hulotte	*Strix aluco*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Corneille noire	*Corvus corone*	Annexe II/2		LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Coucou gris	*Cuculus canorus*		Article 3	LC (Nicheur), DD (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Épervier d'Europe	*Accipiter nisus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)			**Faible**
Étourneau sansonnet	*Sturnus vulgaris*	Annexe II/2		LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Fauvette à tête noire	*Sylvia atricapilla*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Geai des chênes	*Garrulus glandarius*	Annexe II/2		LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Grimpereau des jardins	*Certhia brachydactyla*		Article 3	LC (Nicheur)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Grive musicienne	*Turdus philomelos*	Annexe II/2		LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Martinet noir	*Apus apus*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)	NT (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Modéré**
Merle noir	*Turdus merula*	Annexe II/2		LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Mésange à longue queue	*Aegithalos caudatus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Mésange bleue	*Cyanistes caeruleus*		Article 3	NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Code LPO Final	Probabilité de nidification	Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive oiseaux**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**			
Mésange charbonnière	*Parus major*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Moineau domestique	*Passer domesticus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	NT (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Oie cendrée	*Anser anser*	Annexe II/1, Annexe III/2		VU (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)				**Très faible**
Pic vert	*Picus viridis*		Article 3	LC (Nicheur)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Pie bavarde	*Pica pica*	Annexe II/2		LC (Nicheur)	LC (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Pigeon biset	*Columba livia*	Annexe II/1		DD (Nicheur)				**Très faible**
Pigeon ramier	*Columba palumbus*	Annexe II/1, Annexe III/1		LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Très faible**
Pinson des arbres	*Fringilla coelebs*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Poule-d'eau	*Gallinula chloropus*	Annexe II/2		LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	NT (Limousin), NT (Poitou-Charentes)			**Très faible**
Roitelet à triple bandeau	*Regulus ignicapilla*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Rossignol philomèle	*Luscinia megarhynchos*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Rougegorge familier	*Erithacus rubecula*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Rougequeue noir	*Phoenicurus ochruros*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**
Serin cini	*Serinus serinus*		Article 3	VU (Nicheur), NA (De passage)	EN (Limousin), NT (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Modéré**
Sittelle torchepot	*Sitta europaea*		Article 3	LC (Nicheur)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Faible**

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Code LPO Final	Probabilité de nidification	Enjeu de patrimonialité
Nom commun	*Nom scientifique*	Directive oiseaux	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale			
Tourterelle turque	*Streptopelia decaocto*	Annexe II/2		LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Très faible**
Verdier d'Europe	*Chloris chloris*		Article 3	VU (Nicheur)	NT (Poitou-Charentes)	3	Possible	**Modéré**

Tableau 16 : Liste des espèces d'oiseaux recensés au droit de l'aire d'étude immédiate

- ***Espèces potentielles***

Les espèces patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie sont listées et présentées dans le tableau ci-dessous.

Plusieurs espèces patrimoniales des milieux anthropiques, des milieux ouverts et boisés sont susceptibles de se reproduire sur le site. Les prochains passages permettront de statuer sur la présence ou l'absence de ces espèces sur l'aire d'étude immédiate.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	*Nom scientifique*	Directive oiseaux	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Bergeronnette grise	*Motacilla alba*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Bruant zizi	*Emberiza cirlus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Buse variable	*Buteo buteo*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Faucon crécerelle	*Falco tinnunculus*		Article 3	NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	NT (Poitou-Charentes)	Modéré
Grosbec casse-noyaux	*Coccothraustes coccothraustes*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	NT (Poitou-Charentes)	Faible
Hirondelle de fenêtre	*Delichon urbicum*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)	NT (Poitou-Charentes)	Modéré
Huppe fasciée	*Upupa epops*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Hypolaïs polyglotte, Petit contrefaisant	*Hippolais polyglotta*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Loriot d'Europe	*Oriolus oriolus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Martin-pêcheur d'Europe	*Alcedo atthis*	Annexe I	Article 3	VU (Nicheur), NA (Hivernant)	NT (Poitou-Charentes)	Fort

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive oiseaux**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Mésange noire	*Periparus ater*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	CR (Poitou-Charentes)	Faible
Mésange nonnette	*Poecile palustris*		Article 3	LC (Nicheur)	VU (Poitou-Charentes)	Faible
Milan noir	*Milvus migrans*	Annexe I	Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Moineau friquet	*Passer montanus*		Article 3	EN (Nicheur)		Fort
Pic épeiche	*Dendrocopos major*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Pipit des arbres	*Anthus trivialis*		Article 3	LC (Nicheur), DD (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Pouillot de Bonelli	*Phylloscopus bonelli*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)	NT (Poitou-Charentes)	Faible
Pouillot véloce	*Phylloscopus collybita*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	LC (Poitou-Charentes)	Faible
Roitelet huppé	*Regulus regulus*		Article 3	NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)	VU (Poitou-Charentes)	Modéré
Troglodyte mignon	*Troglodytes troglodytes*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)	LC (Poitou-Charentes)	Faible

Tableau 17 : Liste des espèces d'oiseaux protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie

- ***Synthèse sur les espèces patrimoniales recensées et potentielles***

La liste des espèces patrimoniales recensées ou potentielles sur l'aire d'étude immédiate est présentée dans le tableau suivant. Leur potentialité de reproduction sur le site est étudiée. Les cartes suivantes présentent les habitats favorables et l'enjeu qui est associé à chacun d'entre eux.

Espèces		Présence	Enjeu de patrimonialité	Utilisation du site		Enjeu lié à la disponibilité de l'habitat	Enjeu fonctionnalité	Enjeu local
Nom commun	***Nom scientifique***			***Type d'utilisation et habitats concernés***	***Intérêt***			
Bouscarle de Cetti	*Cettia cetti*	**Avérée**	**Modéré**	Reproduction sur site : Forêts riveraines	Fort	Faible	Modéré	**Modéré**
Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*	**Avérée**	**Modéré**	Reproduction sur site : Grands et petits jardins ornementaux/domestiques, petits bois anthropiques	Fort	Faible	Modéré	**Modéré**
Faucon crécerelle	*Falco tinnunculus*	**Potentielle**	**Modéré**	Reproduction sur site : arbres ou anfractuosités sur anciens bâtiments type églises	Modéré	Faible	Faible	**Faible**

Espèces		Présence	Enjeu de patrimonialité	Utilisation du site		Enjeu lié à la disponibilité de l'habitat	Enjeu fonctionnalité	Enjeu local
Nom commun	***Nom scientifique***			***Type d'utilisation et habitats concernés***	***Intérêt***			
Hirondelle de fenêtre	*Delichon urbicum*	**Potentielle**	**Modéré**	Reproduction sur site : infrastructures urbaines	Modéré	Faible	Faible	**Faible**
Martin-pêcheur d'Europe	*Alcedo atthis*	**Potentielle**	**Fort**	Chasse et transit : Eaux courantes (Estey Sainte-Croix)	Faible	Modéré	Faible	**Faible**
Martinet noir	*Apus apus*	**Avérée**	**Modéré**	Reproduction sur site : infrastructures urbaines	Modéré	Faible	Faible	**Faible**
Moineau friquet	*Passer montanus*	**Potentielle**	**Fort**	Reproduction sur site : vieilles infrastructures urbaines	Modéré	Faible	Faible	**Faible**
Roitelet huppé	*Regulus regulus*	**Potentielle**	**Modéré**	Repos sur site : boisements mixtes	Faible	Modéré	Faible	**Faible**
Serin cini	*Serinus serinus*	**Avérée**	**Modéré**	Reproduction sur site : Grands et petits jardins ornementaux/domestiques, petits bois anthropiques	Fort	Faible	Modéré	**Modéré**
Verdier d'Europe	*Chloris chloris*	**Avérée**	**Modéré**	Reproduction sur site : Grands et petits jardins ornementaux/domestiques, petits bois anthropiques	Fort	Faible	Modéré	**Modéré**

Tableau 18 : Synthèse des espèces patrimoniales de reptiles recensées ou potentielles

Synthèse : L'aire d'étude immédiate semble plutôt favorable aux taxons inféodés et adaptés aux milieux anthropiques. Finalement, 4 espèces patrimoniales présentent un enjeu modéré pour le projet. Il s'agit d'espèces présentant un statut de conservation défavorable à l'échelle nationale, mais adaptées aux parcs et jardins urbains.

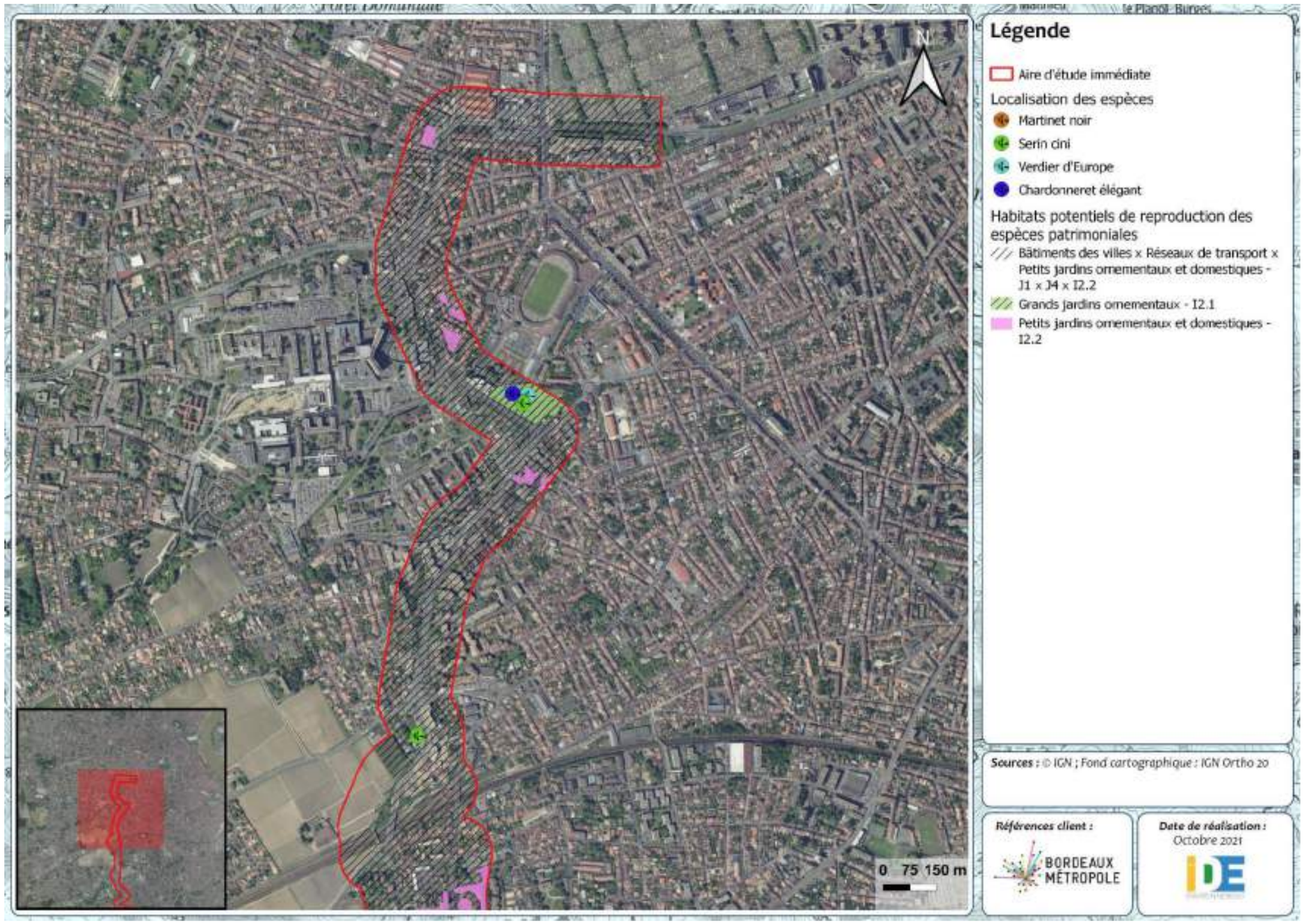


Figure 52 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (1/4)

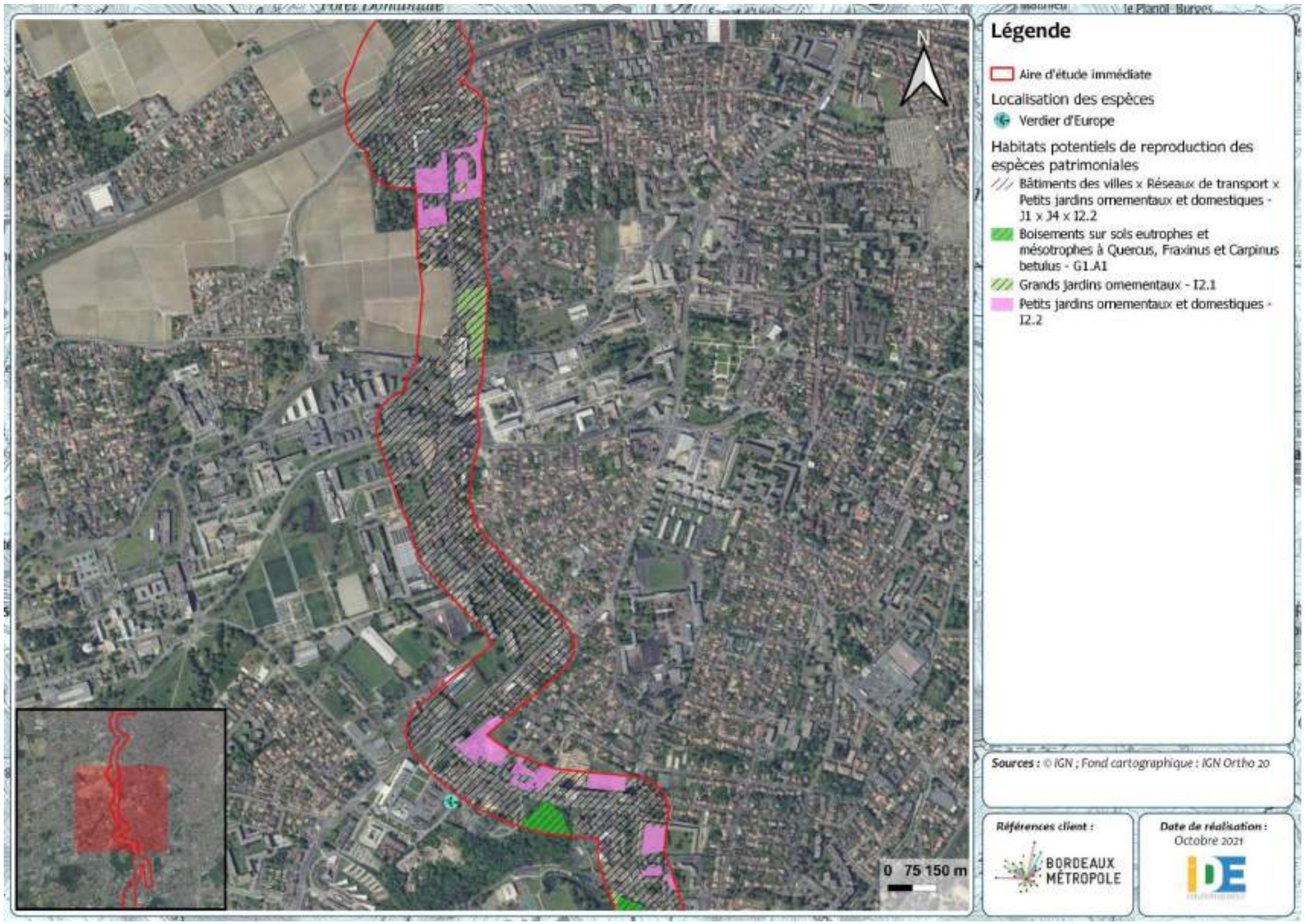


Figure 53 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (2/4)

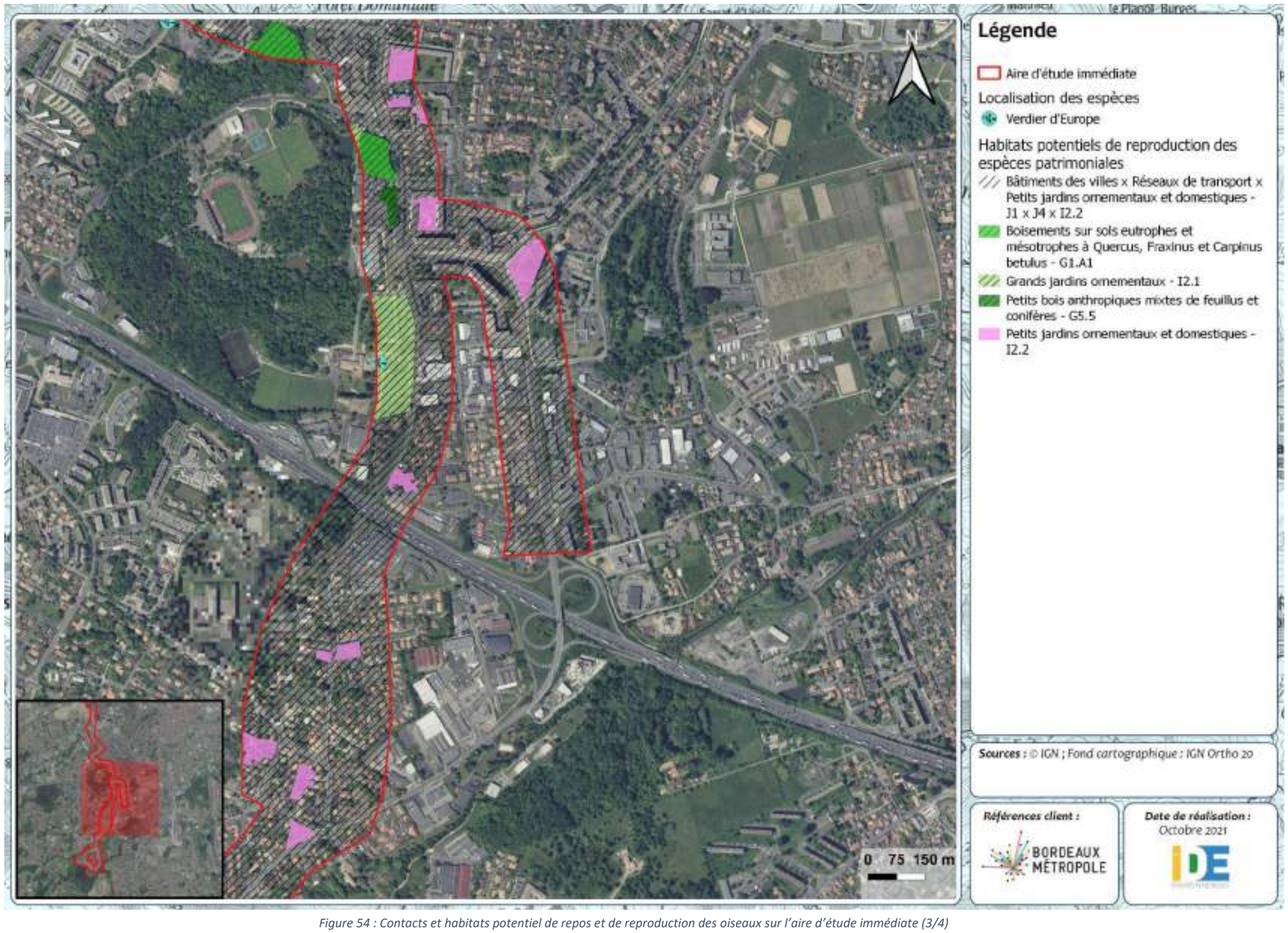


Figure 54 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (3/4)

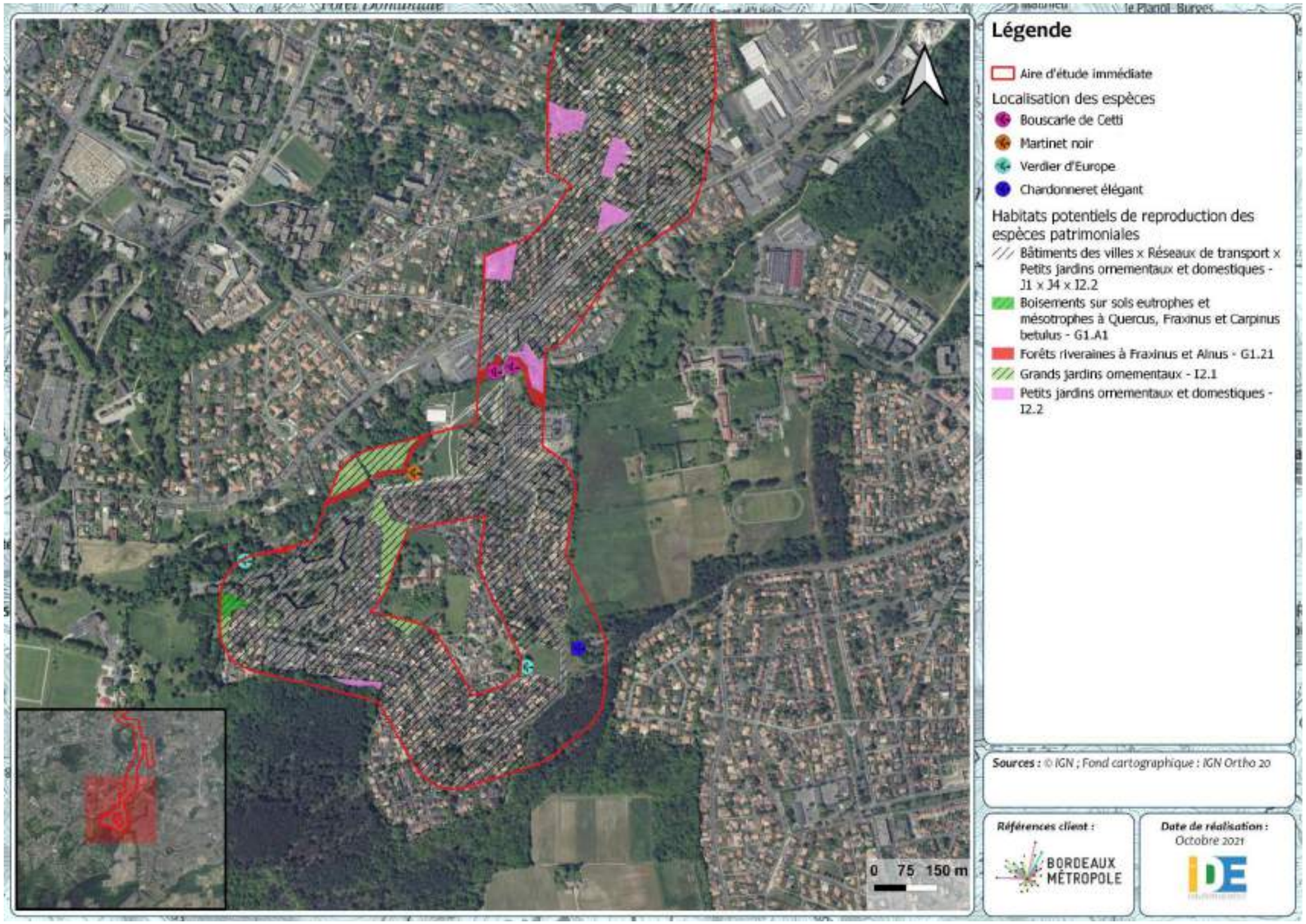


Figure 55 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur l'aire d'étude immédiate (4/4)

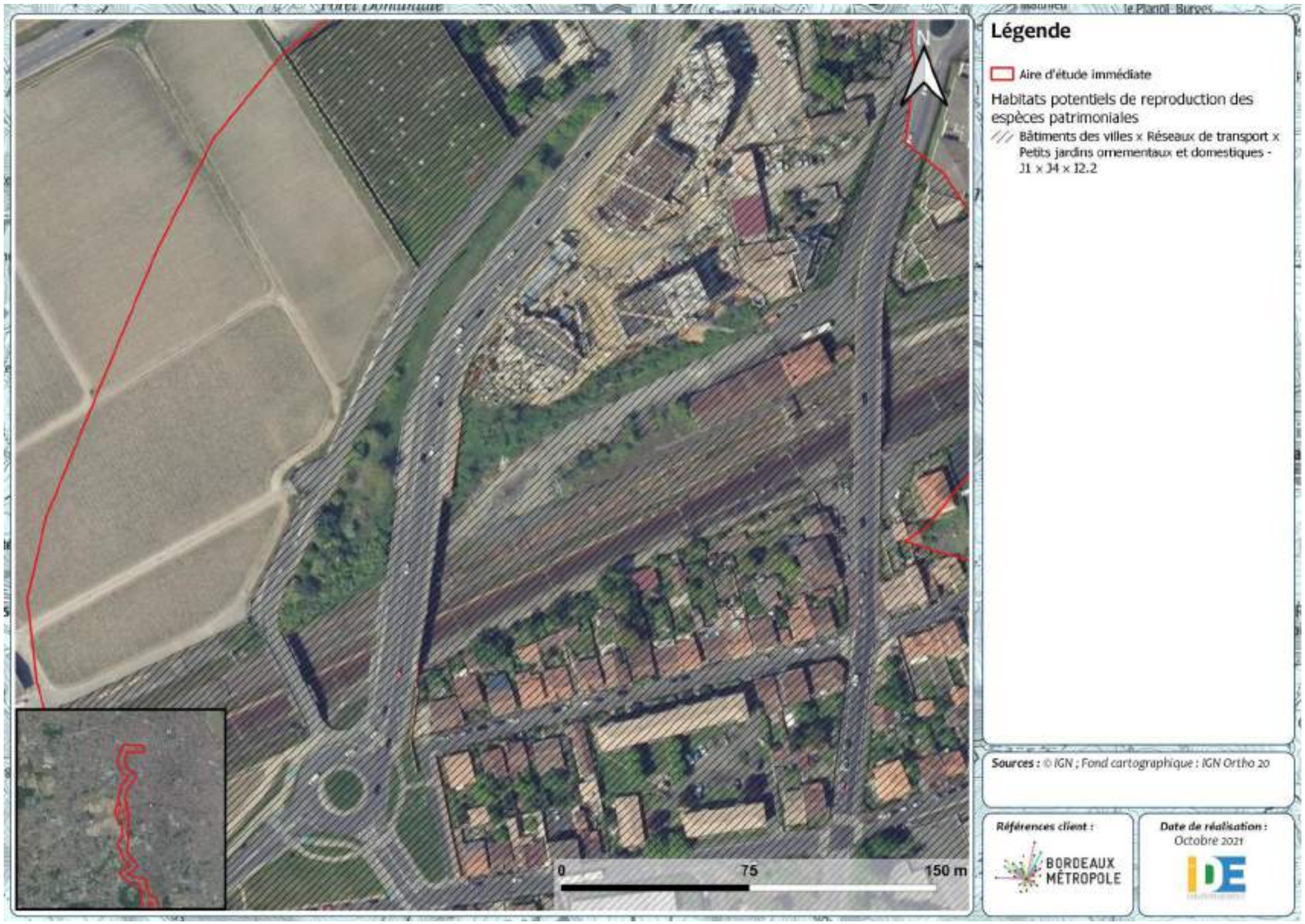


Figure 56 : Contacts et habitats potentiel de repos et de reproduction des oiseaux sur le périmètre de la Médoquine

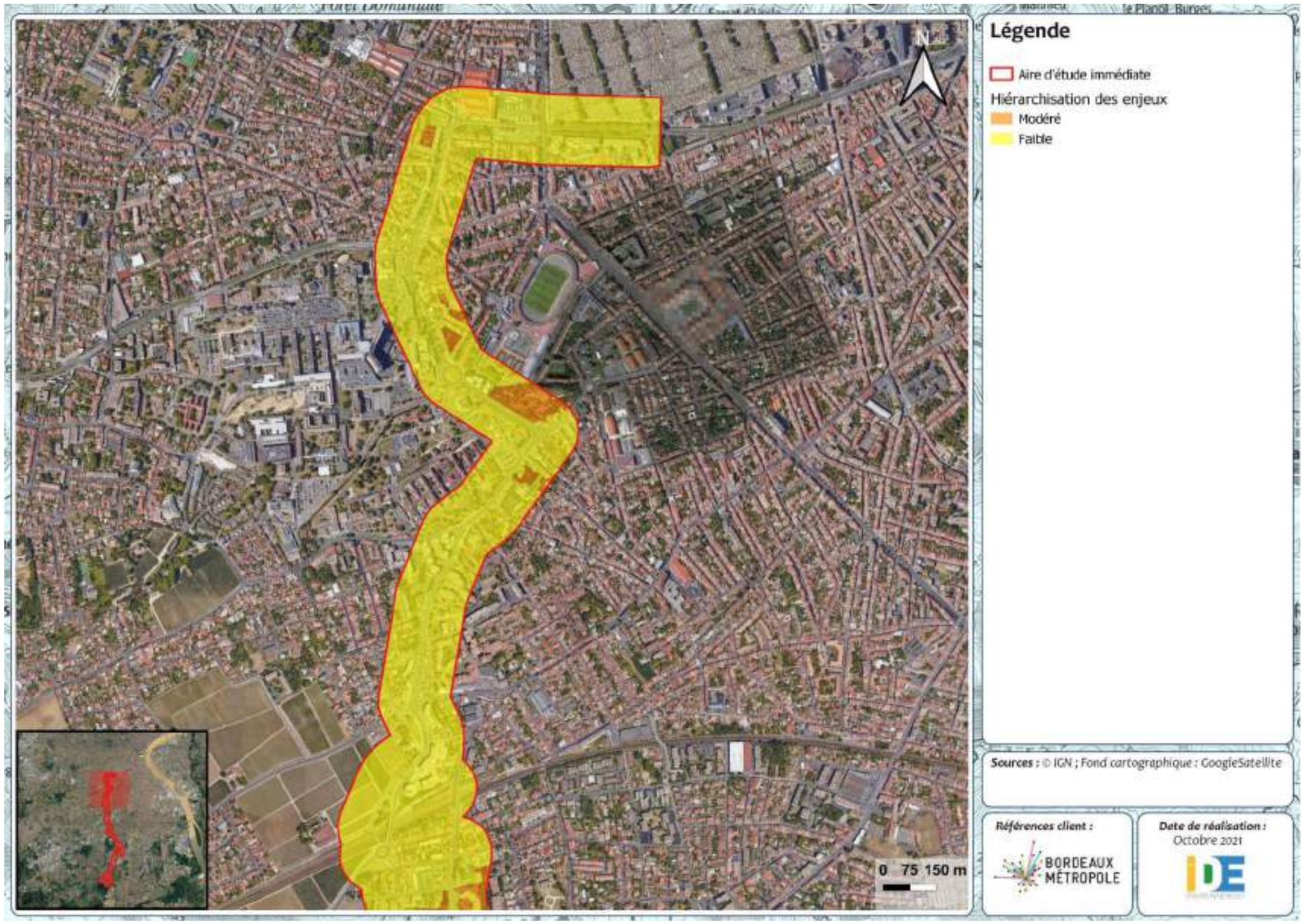


Figure 57 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (1/4)

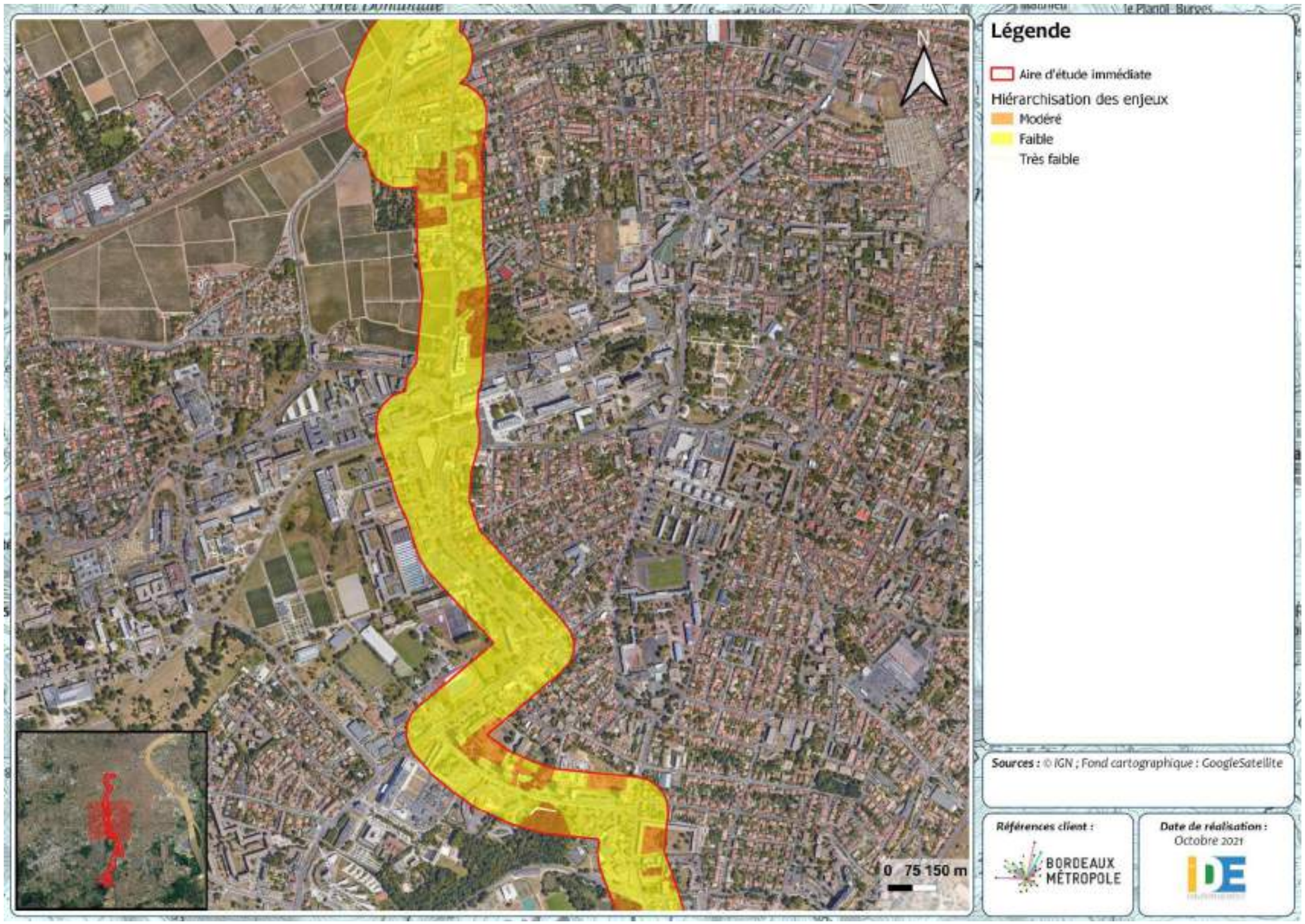


Figure 58 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (2/4)

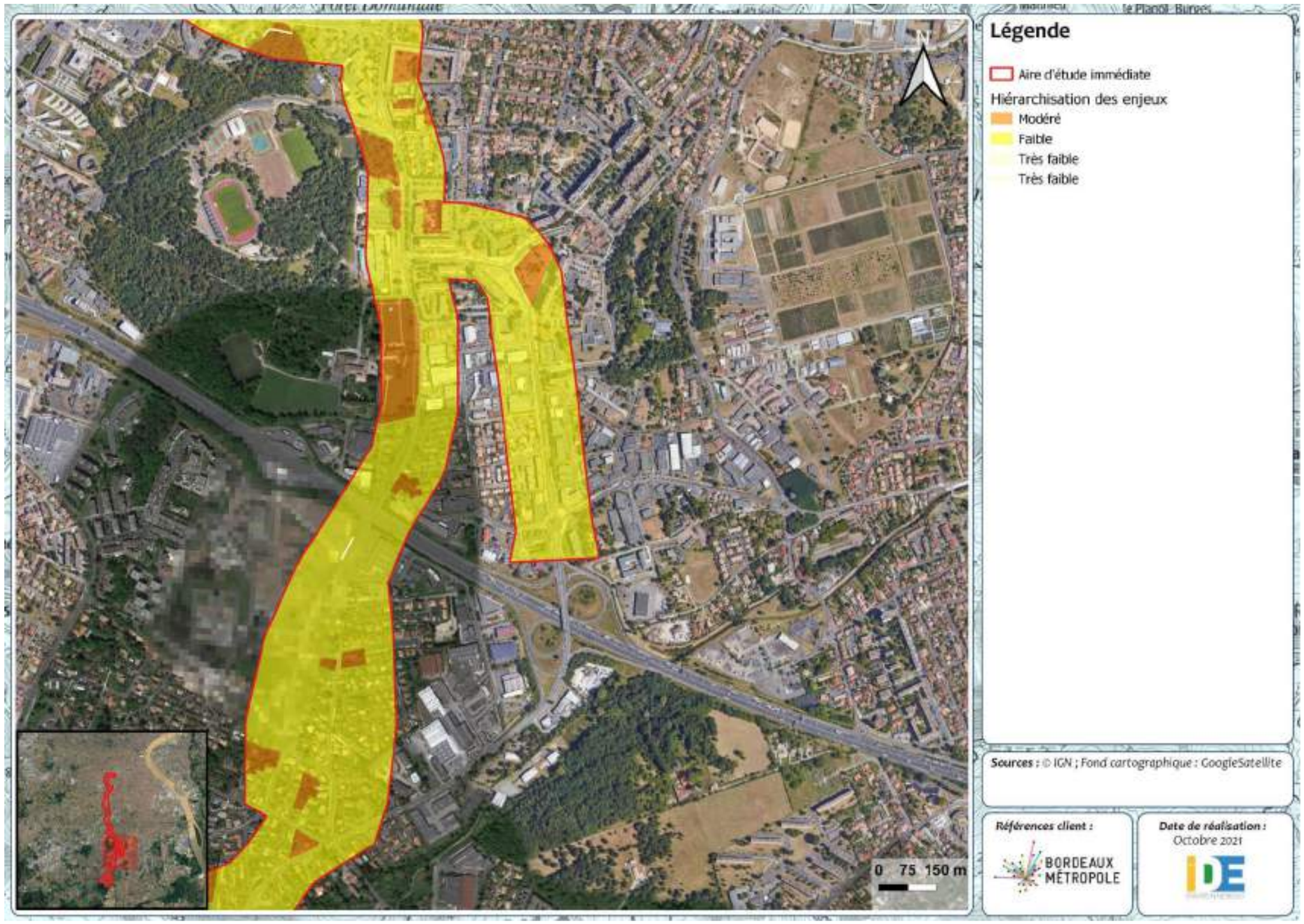


Figure 59 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (3/4)

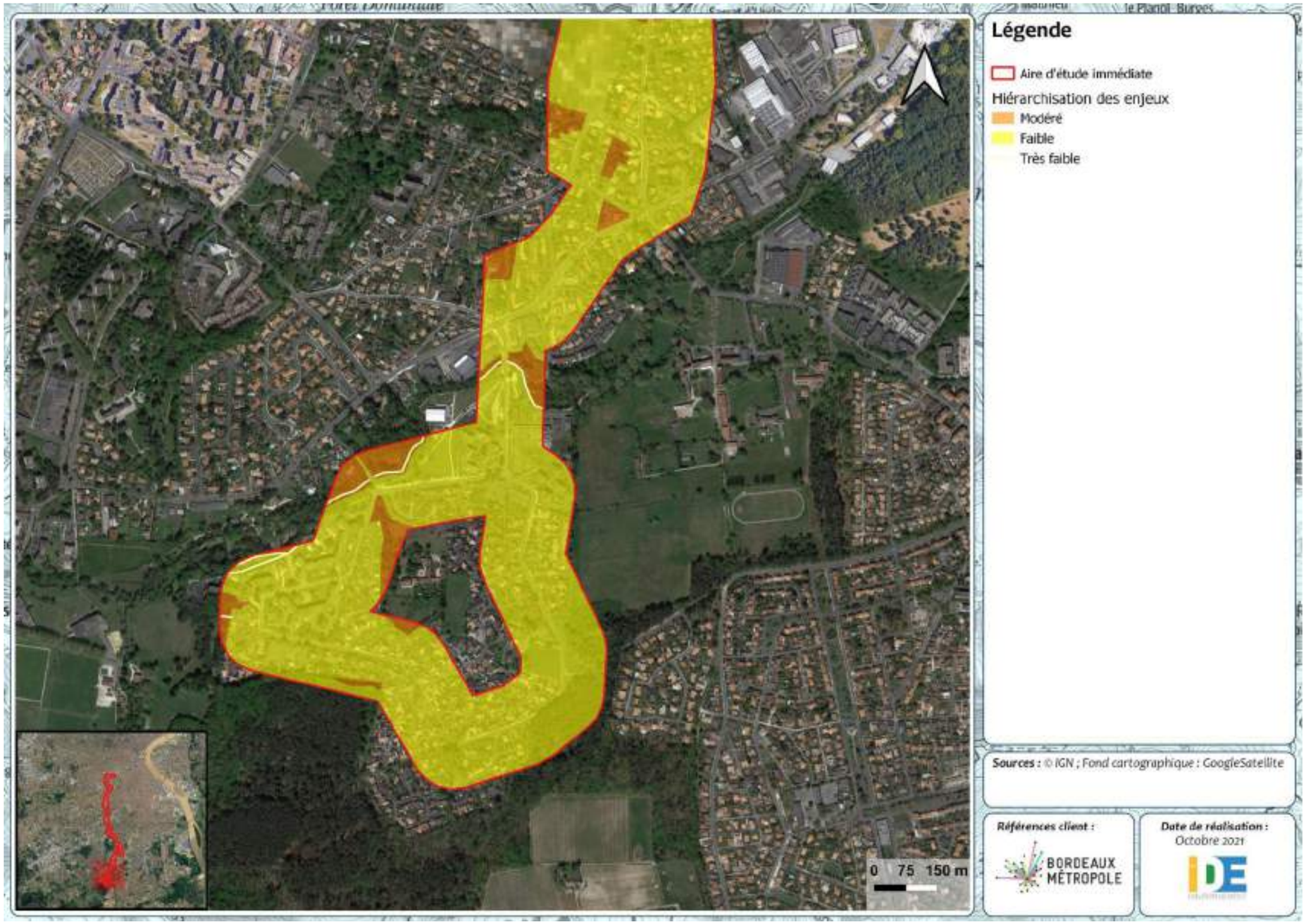


Figure 60 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux (4/4)

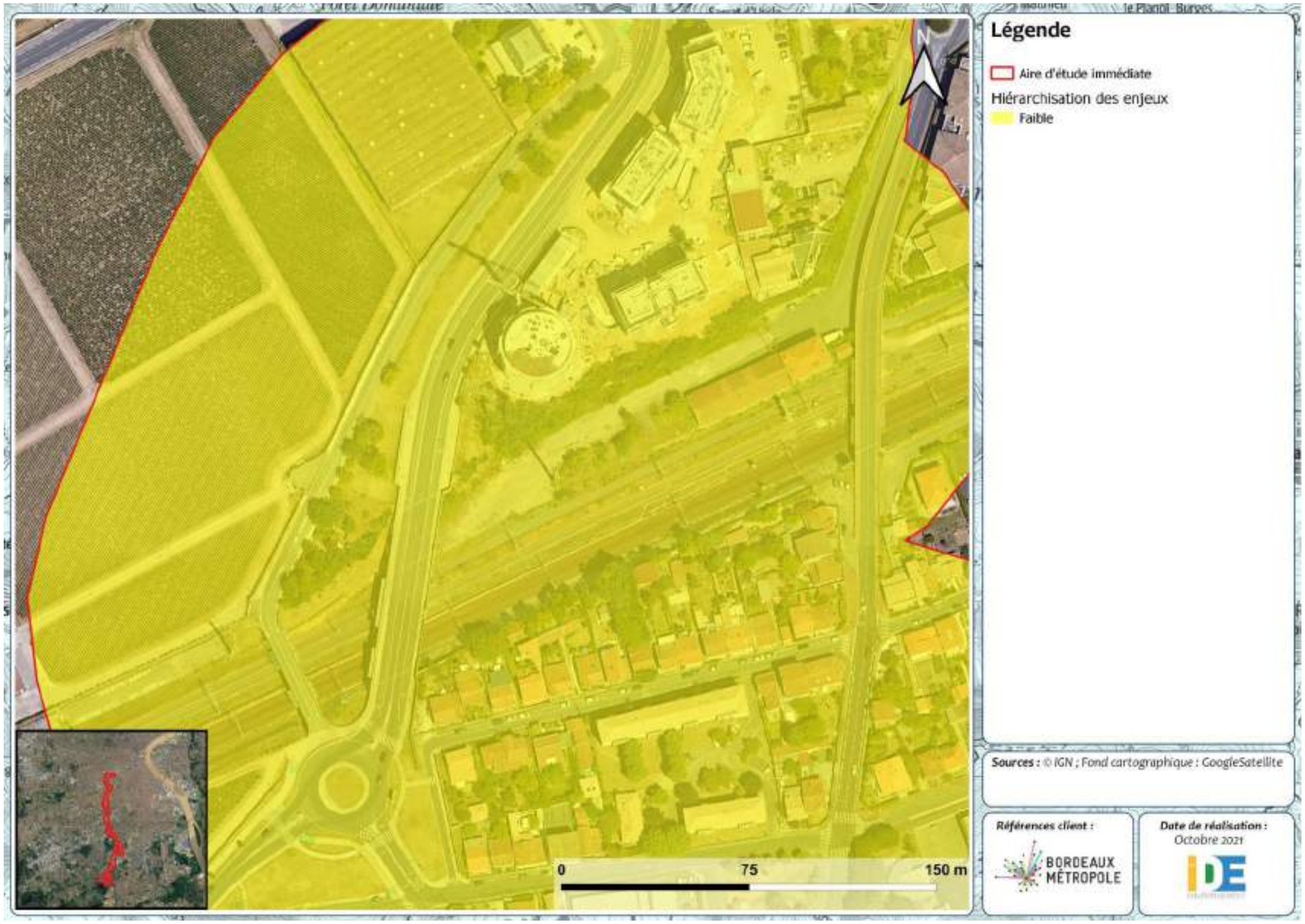


Figure 61 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des oiseaux sur le périmètre de la Médoquine

5.5 Les mammifères (hors chiroptères)

➢ ***Espèces recensées***

L'aire d'étude est plutôt défavorable aux mammifères terrestres et aquatiques car elle présente en grande majorité un tissu urbain très dense, se situant dans la métropole bordelaise. Seul le Hérisson d'Europe a été observé sur l'aire d'étude immédiate. Cette espèce est protégée nationalement et présente un statut de conservation favorable à l'échelle nationale (LC ; préoccupation mineure). Ce mammifère apprécie les milieux boisés et les milieux semi-ouverts tels que les haies et ou les fourrés. De plus, il n'est pas rare de l'observer dans les jardins domestiques.

Le tableau suivant présente les espèces recensées et l'enjeu de patrimonialité qui leur est associé.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Hérisson d'Europe	*Erinaceus europaeus*		Article 2	LC		Faible

Tableau 19 : Liste des mammifères recensés au droit de l'aire d'étude immédiate

➢ ***Espèces potentielles***

L'Ecureuil roux pourrait potentiellement utiliser le site et notamment les boisements de feuillus et mixtes. Cette espèce est protégée nationalement et présente un statut de conservation favorable à l'échelle nationale.

Les espèces protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie sont listées et présentées dans le tableau ci-dessous.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Écureuil roux	*Sciurus vulgaris*		Article 2	LC		Faible

Tableau 20 : Liste des espèces de mammifères protégées et/ou patrimoniales potentielles relevées dans la bibliographie

➢ ***Synthèse sur les espèces patrimoniales***

Aucune espèce patrimoniale de ce groupe taxonomique n'est susceptible de se reproduire sur les habitats naturels de l'aire d'étude immédiate.

Synthèse : Seule une espèce de mammifère a été observée : le Hérisson d'Europe. De plus une espèce recensée dans la bibliographie est potentiellement présente sur les habitats naturels de l'aire d'étude immédiate.

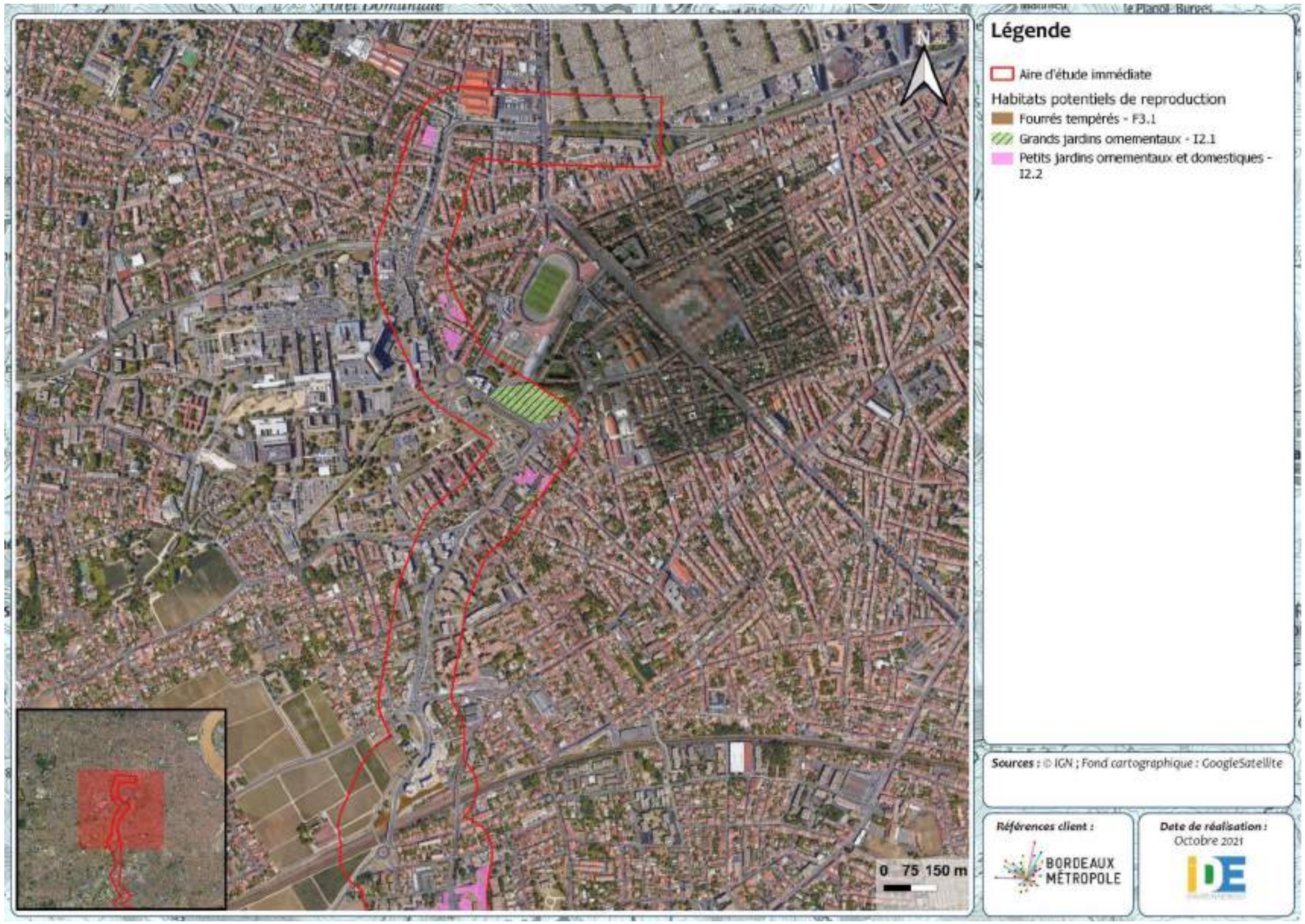


Figure 62 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (1/4)

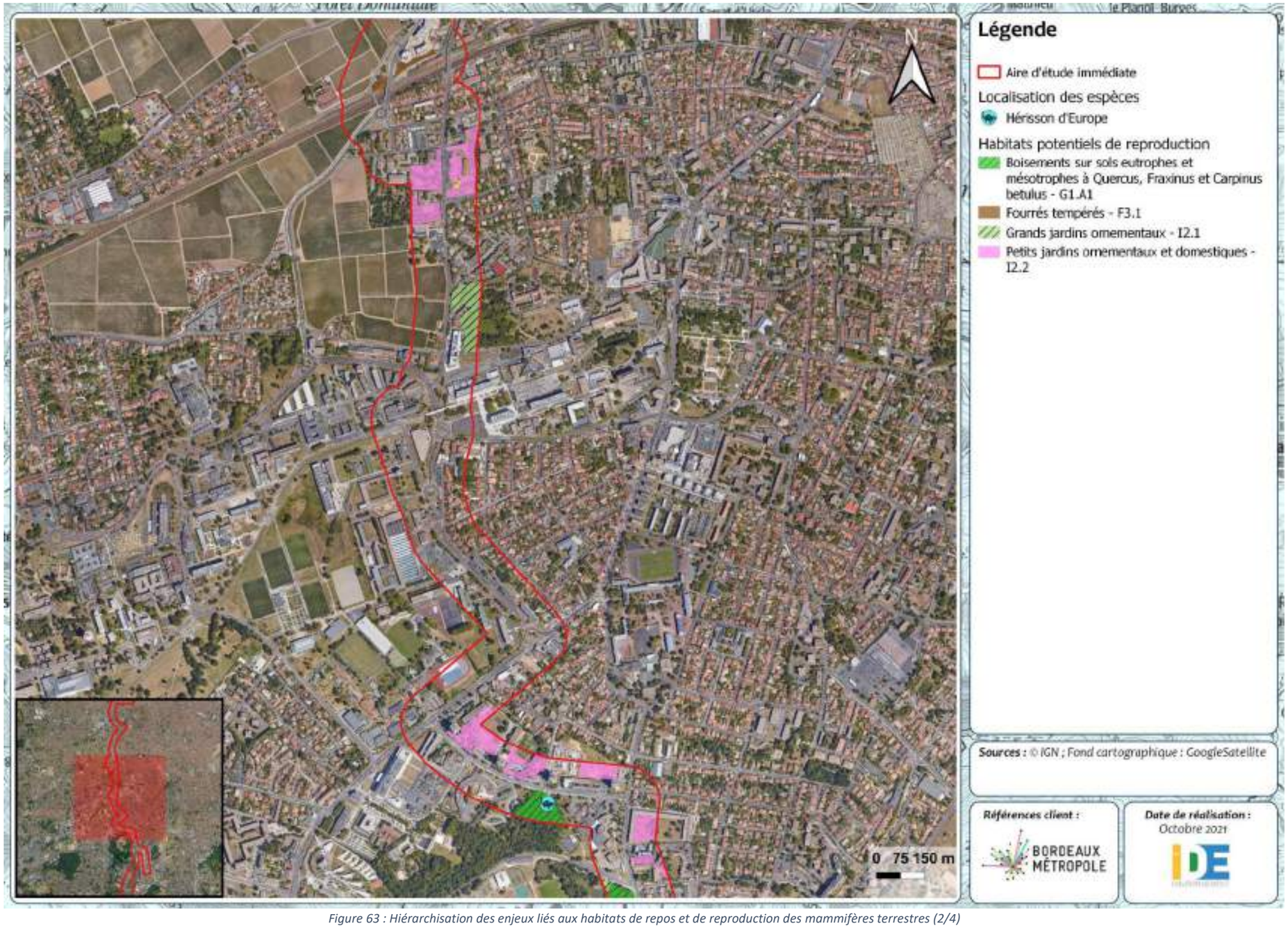


Figure 63 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (2/4)

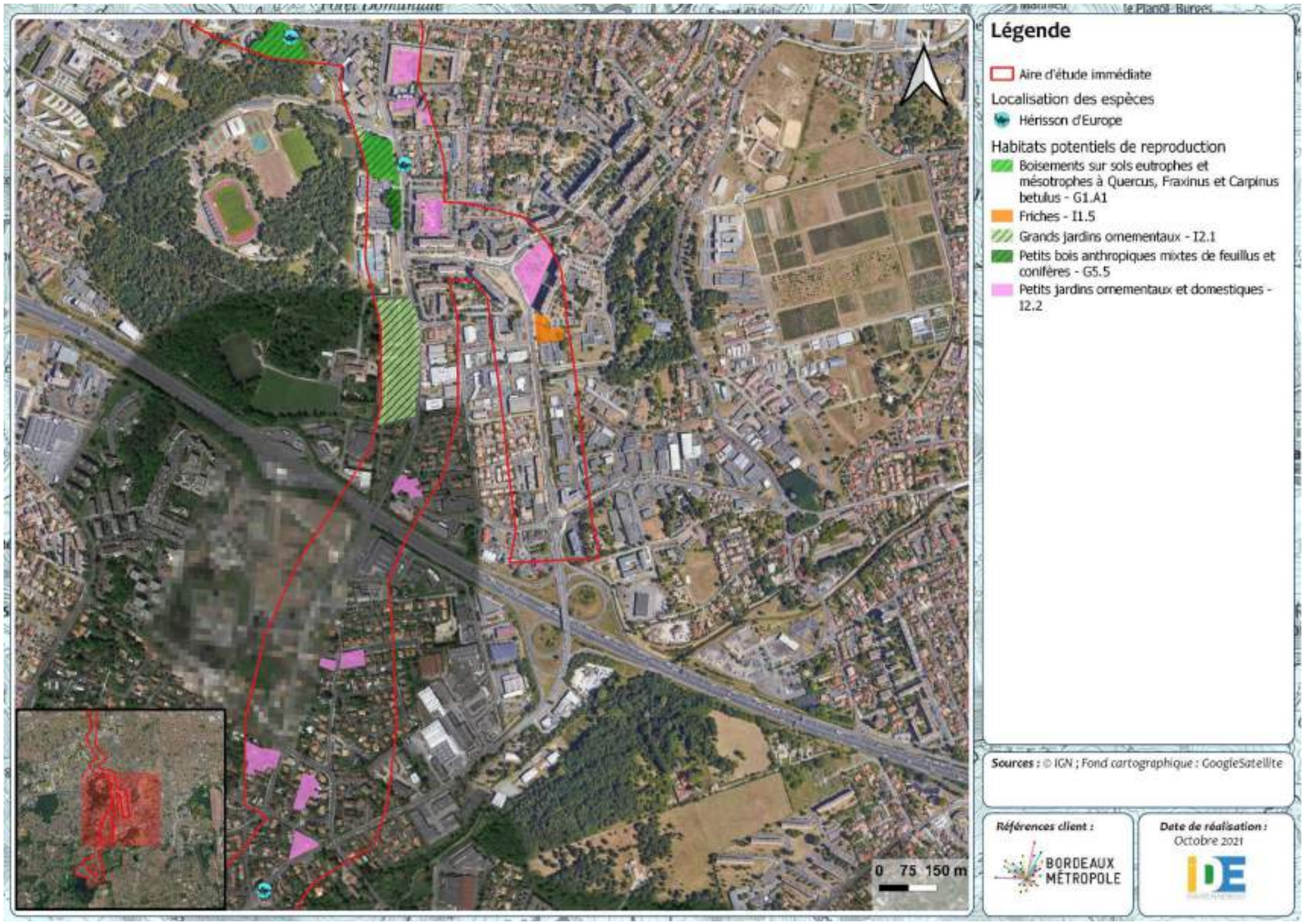


Figure 64 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (3/4)

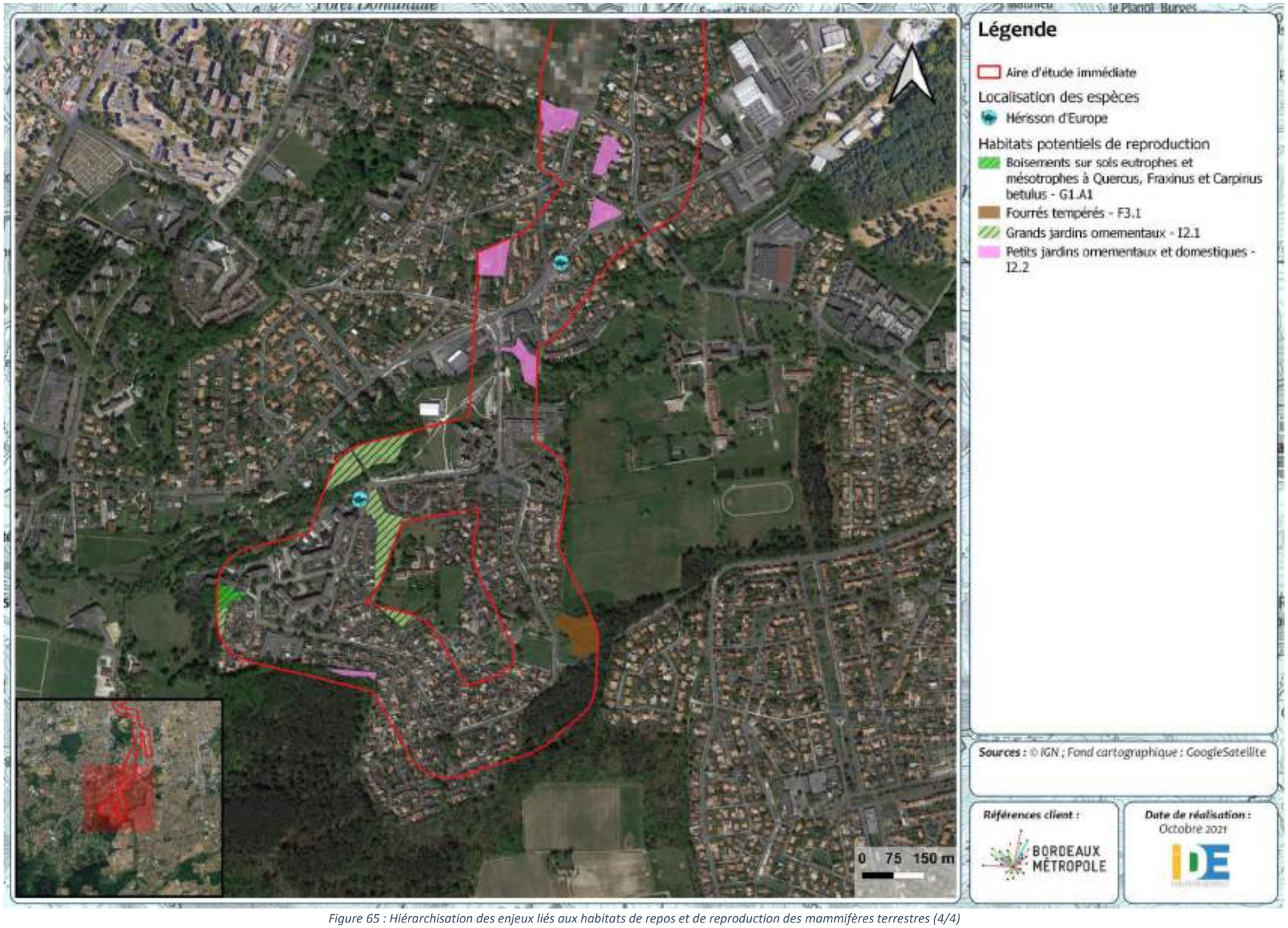


Figure 65 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (4/4)

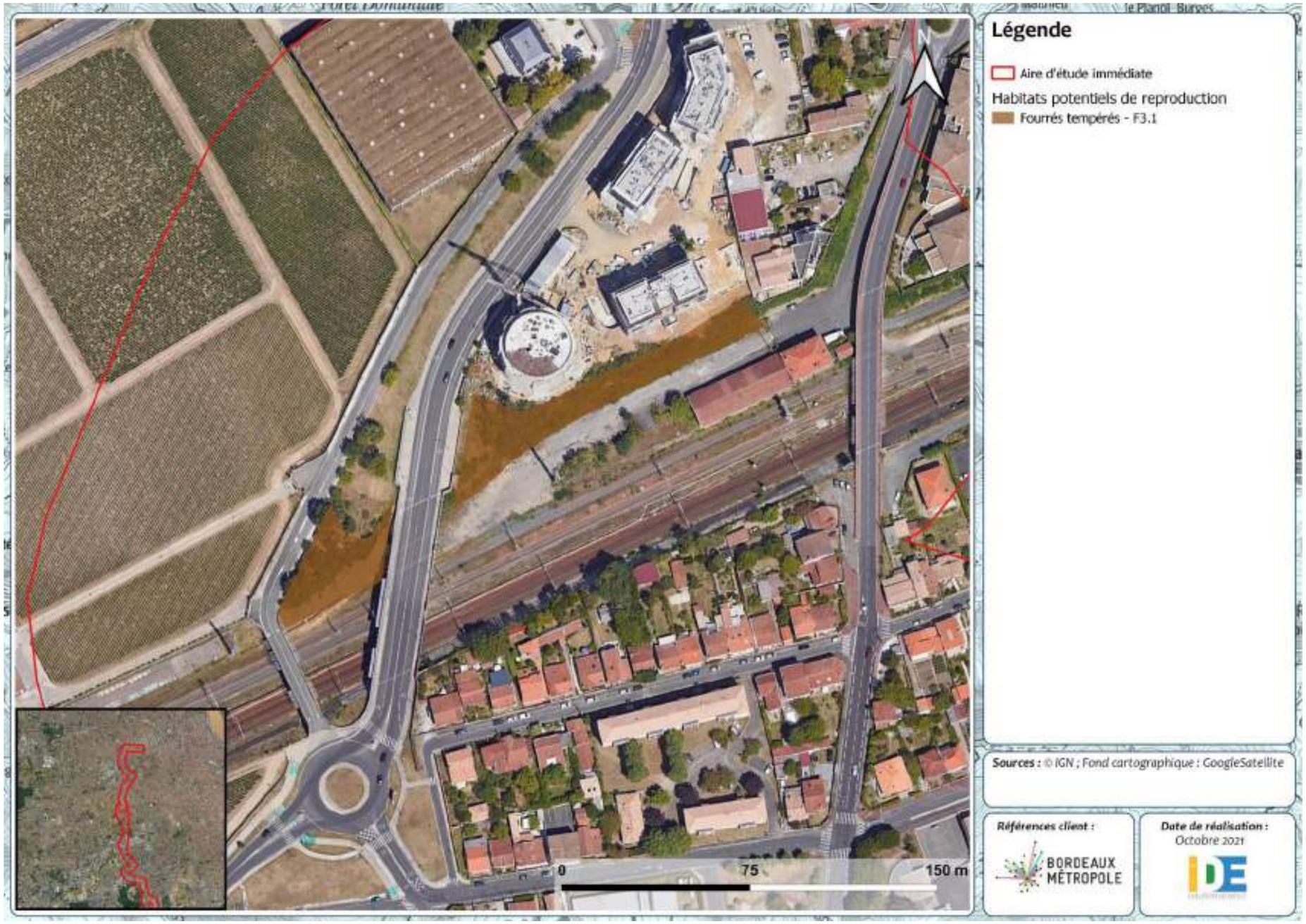


Figure 66 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres sur le périmètre de la Médoquine



Figure 67 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (1/4)

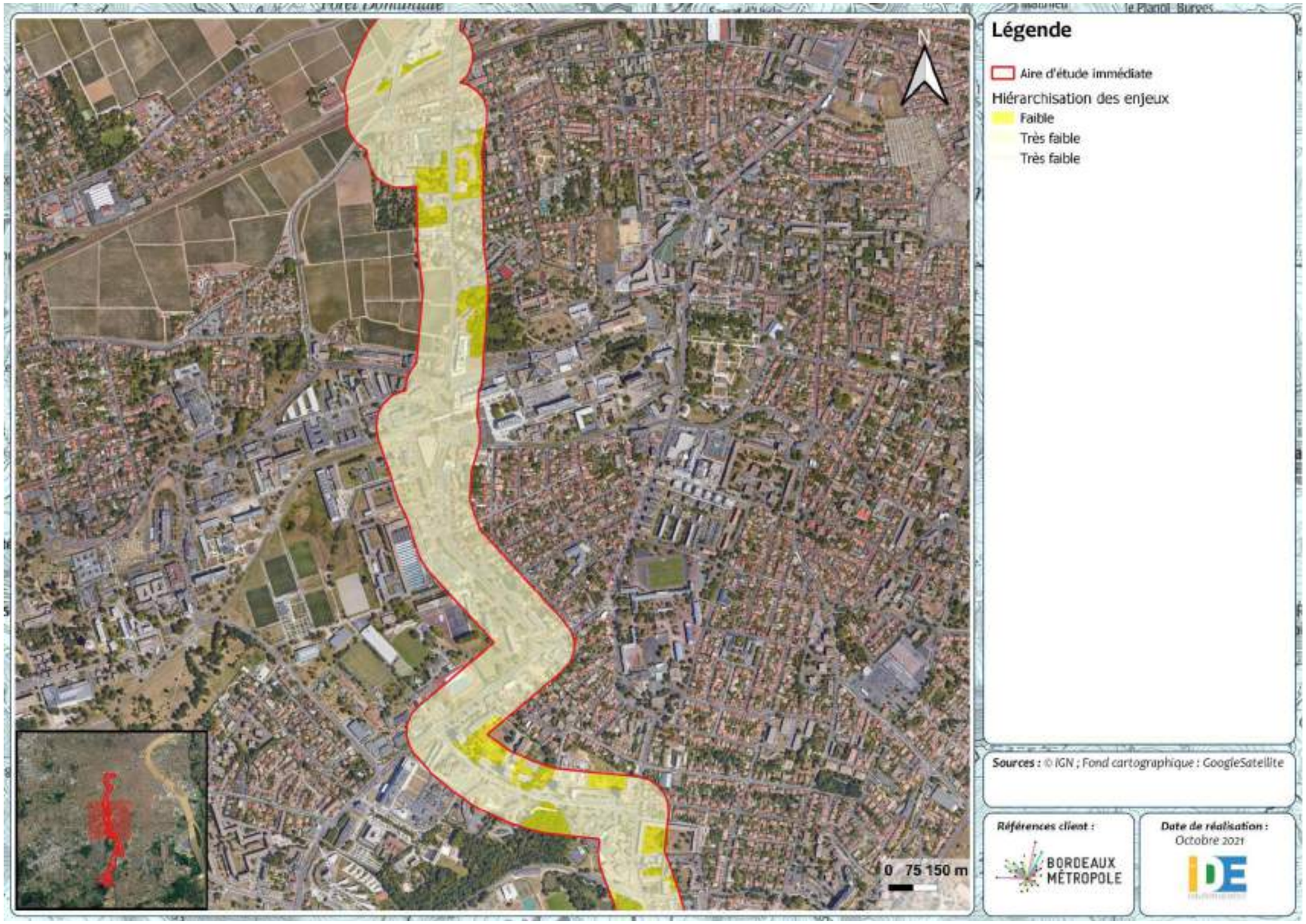


Figure 68 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (2/4)

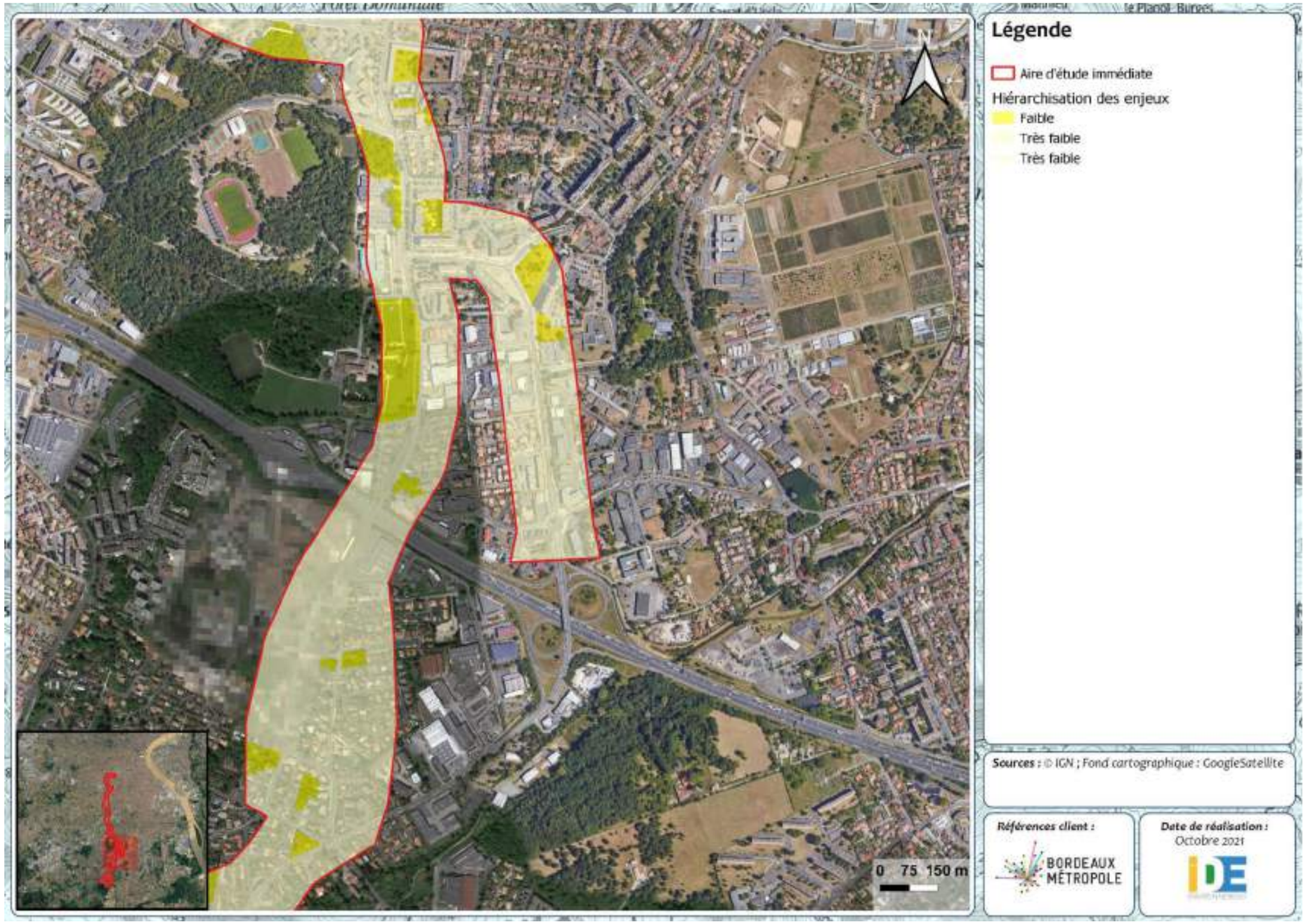


Figure 69 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (3/4)



Figure 70 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres (4/4)

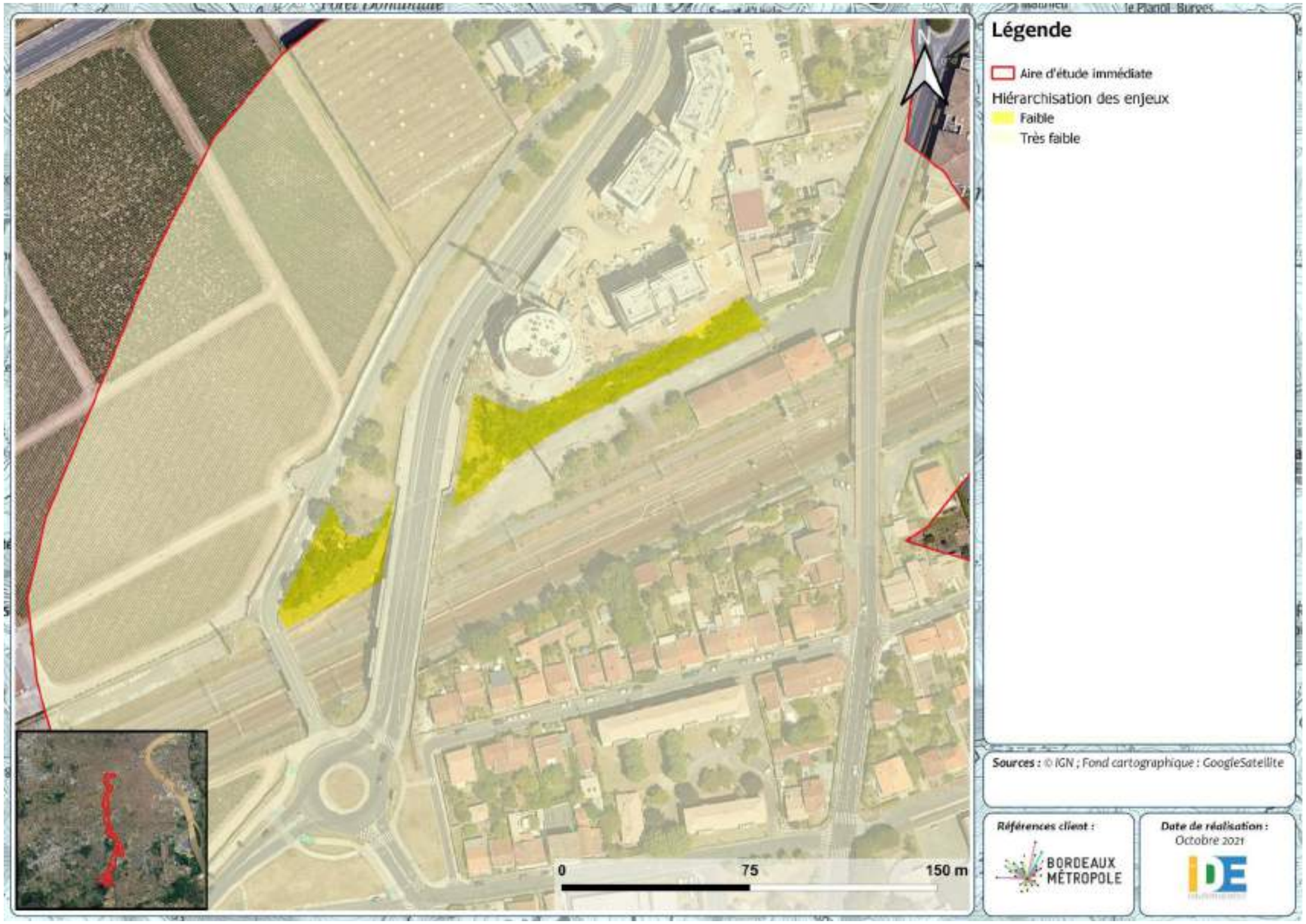


Figure 71 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats de repos et de reproduction des mammifères terrestres sur le périmètre de la Médoquine

5.6 Les chiroptères

➢ ***Espèces recensées***

Les inventaires acoustiques ont permis d'identifier 5 espèces de chiroptères au sein de l'aire d'étude immédiate.
D'après la liste rouge nationale des mammifères, trois espèces sont considérées comme quasi menacées et présente donc un enjeu de patrimonialité modéré. Au niveau régional, les 5 espèces présentent un statut de conservation favorable sur la liste rouge des chiroptères d'Aquitaine.

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	***Nom scientifique***	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Annexe IV	Article 2	NT	LC	**Modéré**
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	Annexe IV	Article 2	LC	LC	**Faible**
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Annexe IV	Article 2	NT	LC	**Modéré**
Pipistrelle de Khul	*Pipistrellus Khulii*	Annexe IV	Article 2	LC	LC	**Faible**
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Annexe IV	Article 2	NT	LC	**Modéré**

Tableau 21 : Liste des Chiroptères recensés au droit de l'aire d'étude immédiate

- Recherche de gîtes

Le contexte très urbanisé de la zone d'étude ne permettant pas la prospection de l'ensemble des bâtiments au vu de leur nombre et de leur caractère privé, l'ensemble de ses derniers a été considéré comme étant favorable aux espèces à tendance anthropophile. Concernant les habitats boisés, 23 arbres potentiellement favorables aux espèces à tendance arboricole ont été pointés au GPS. La plupart des jardins comportant des arbres n'ayant pas pu être prospectés, également à cause de leur caractère privé, ces derniers ont également été considérés comme potentiellement favorables. Le tableau suivant présente les coordonnées GPS des arbres favorables.

N° Arbre favorable	Cordonnées X (Lambert 93)	Cordonnées Y (Lambert 93)
1	415471.44429341675	6420693.619265807
2	415793.4499713956	6420596.744676245
3	415321.6980088483	6419617.424441635
4	415513.7416494226	6419234.019375908
5	415556.3801131382	6418822.302370273

N° Arbre favorable	Cordonnées X (Lambert 93)	Cordonnées Y (Lambert 93)
6	416026.4265371373	6417354.515895337
7	415540.5524907659	6414127.873816094
8	415921.25852689	6416503.180119539
9	415325.38405340194	6414517.725835002
10	414815.03531317174	6414218.688967759
11	415321.2654345417	6414528.143023994
12	415538.2923395397	6414097.400050868
13	416050.21617566654	6416267.8194944495
14	415938.65525376826	6416506.168401906
15	415915.91385903157	6416477.961600777
16	416062.66531450616	6416296.050428129
17	415586.4010315328	6414071.969305594
18	415919.2439996019	6416518.059744745
19	415941.69636887487	6416505.140445606
20	415135.3989605803	6414008.033480408
21	415590.043285421	6414153.637869955
22	415936.9359797583	6416491.01403237
23	415915.07402055315	6416487.339567905

Tableau 22 : Coordonnées GPS des arbres favorables aux chiroptères

- Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate

L'utilisation des habitats naturels de l'aire d'étude immédiate est évaluée grâce aux transects et aux points d'écoute de 10 min réalisés avec le Pettersson.
La Pipistrelle commune, la Sérotine commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler ont été contactées respectivement 173 fois, 58 fois, 19 fois et seulement 4 fois dans l'ensemble des habitats prospectés. **Les émissions sonores de ces espèces au sein de la zone d'étude sont associées à des comportements de chasse et de transit.** La dominance des espèces anthropiques reflète le contexte urbanisé des alentour.
L'Oreillard gris, quant à lui, n'a été contactée qu'une fois, son utilisation de l'aire d'étude immédiate relève donc plus du comportement de transit que d'un comportement de chasse.
La carte suivante présente la localisation des chiroptères sur l'aire d'étude immédiate. Chaque point de contact ne représente pas la position exacte de l'espèce, mais la présence de l'espèce sur le linéaire du transect.

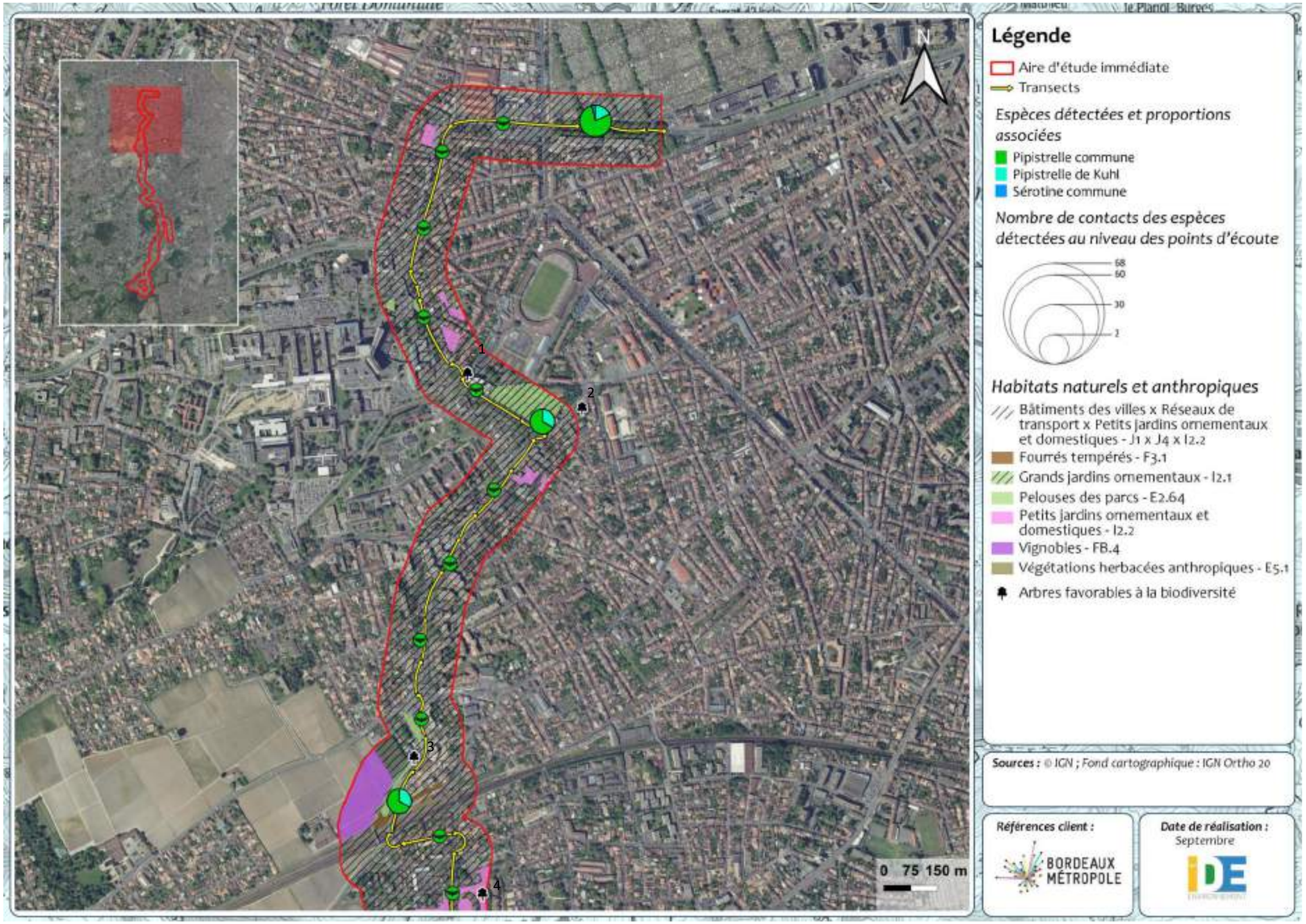


Figure 72 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (1/5)

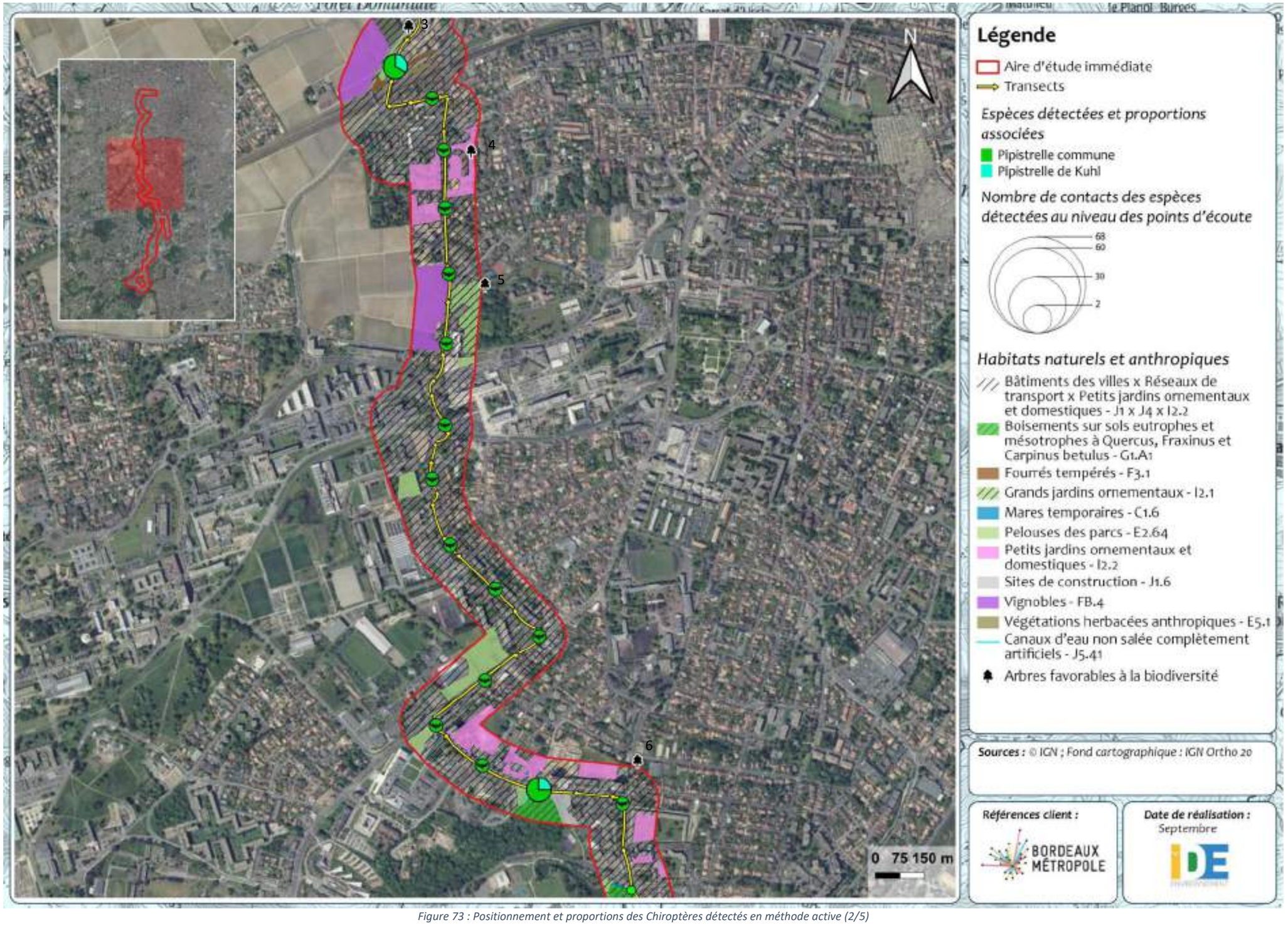


Figure 73 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (2/5)

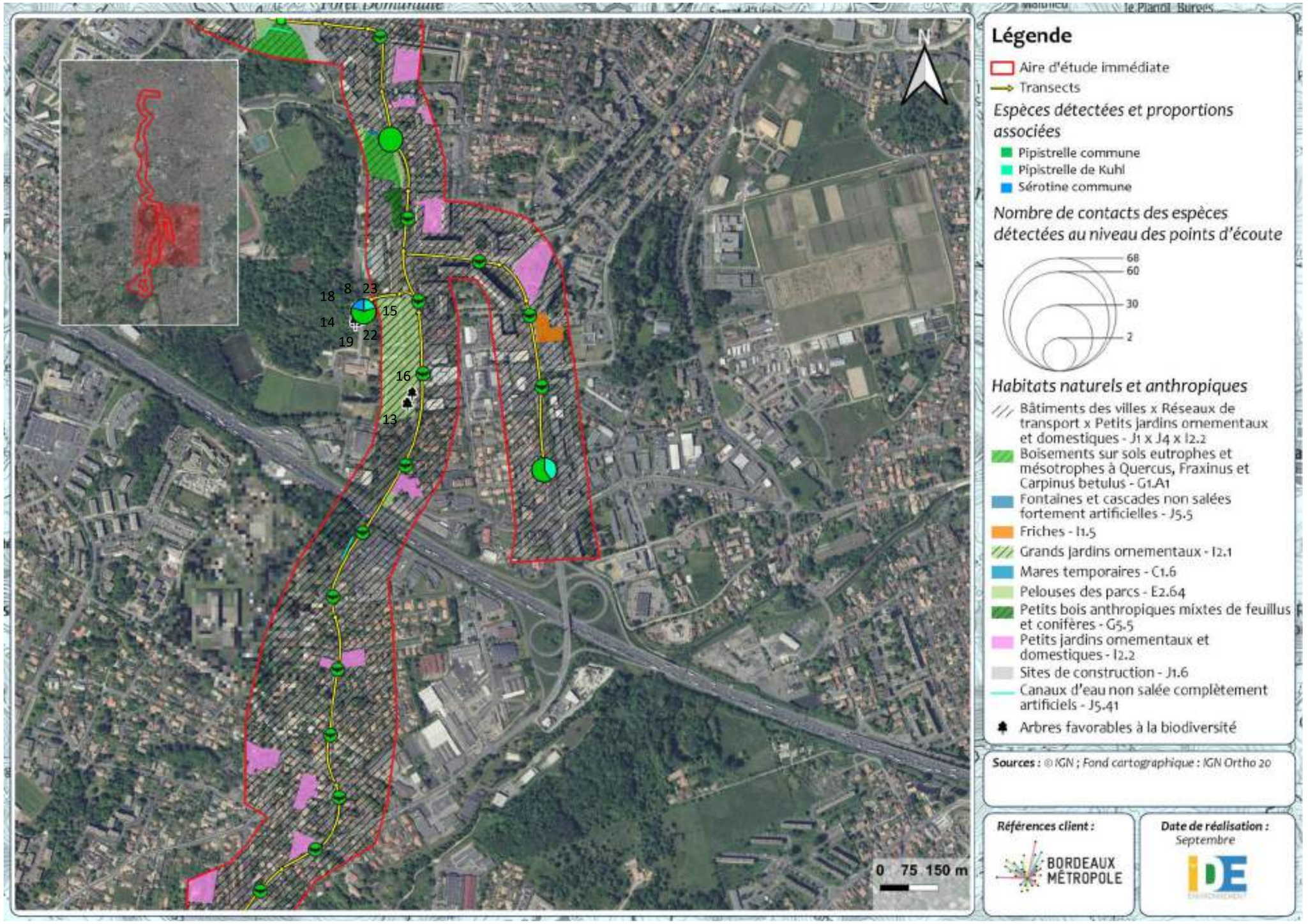


Figure 74 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (3/5)

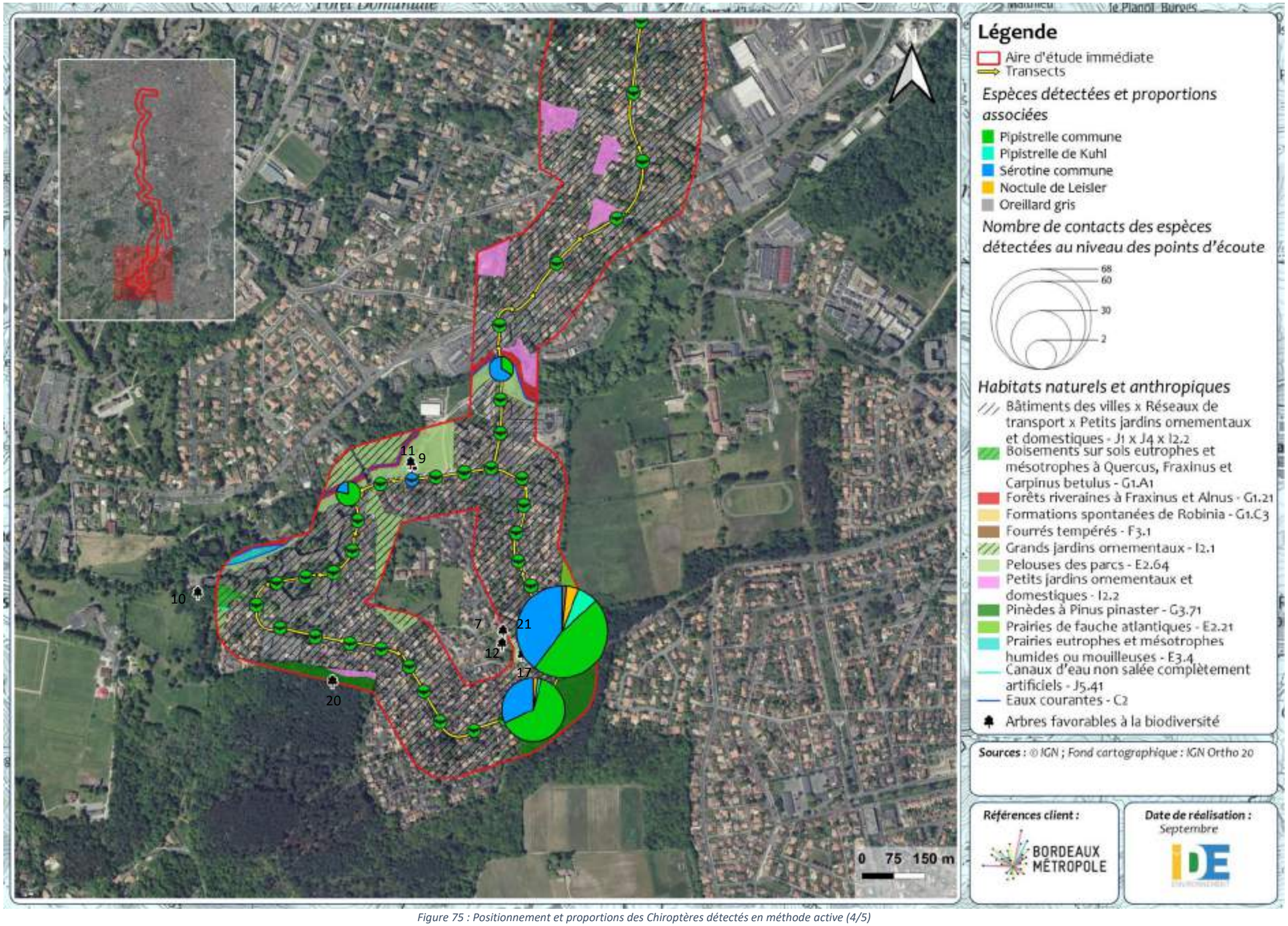


Figure 75 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (4/5)

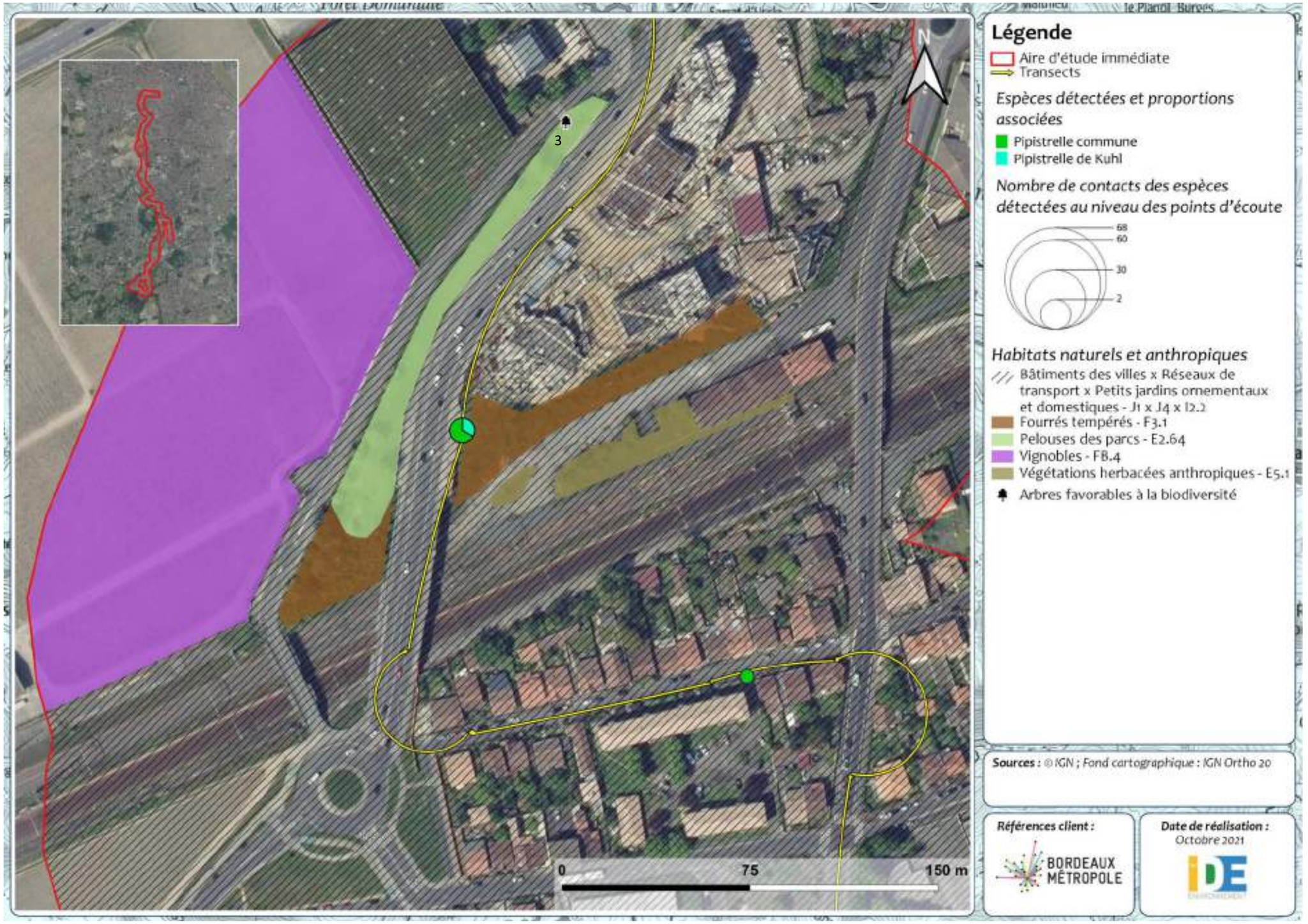


Figure 76 : Positionnement et proportions des Chiroptères détectés en méthode active (5/5)

➢ ***Espèces potentielles***

Les espèces protégées et/ou patrimoniales potentielles issues de la bibliographie et non recensées lors des inventaires sont présentées dans le tableau ci-dessous (liste des espèces de la bibliographie en annexes).

Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Enjeu de patrimonialité
Nom commun	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Liste rouge régionale**	
Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus*	Article 2	Annexes II et IV	LC	LC	**Faible**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	**Faible**
Noctule commune	*Nyctalus noctula*	Article 2	Annexe IV	VU	VU	**Fort**
Petit rhinolophe	*Rhinolophus hipposideros*	Article 2	Annexes II et IV	LC	LC	**Faible**
Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Article 2	Annexe IV	LC	DD	**Faible**

Tableau 23 : Liste des espèces de Chiroptères protégés et/ou patrimoniaux potentiels issus de la bibliographie

➢ ***Synthèse sur les espèces protégées et/ou patrimoniales***

La liste des espèces protégées et/ou patrimoniales recensées ou potentielles sur l'aire d'étude immédiate est présentée dans le tableau suivant. Leur potentialité de reproduction sur le site est étudiée. Plusieurs espèces patrimoniales à tendance arboricole et/ou anthropique sont susceptibles de se reproduire et/ou d'hiverner sur le site.

Espèces		**Enjeu de patrimonialité**	**Présence avérée ou potentielle**	**Utilisation du site**		**Capacité de dispersion**	**Responsabilité du site vis-à-vis de la conservation de l'habitat**	**Enjeu fonctionnalité**	**Enjeu local**
Nom commun	***Nom scientifique***			***Type d'utilisation et habitats concernés***	***Intérêt***				
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Modéré	Avérée	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des arbres favorables, des boisements, des arbres isolés et des bâtis ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Modéré	Forte (autour de 10 km)	Modéré	Modéré	**Modéré**
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	Faible	Avérée	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des bâtis ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Fort	Moyenne (3 à 6 km)	Faible	Modéré	**Faible**
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Modéré	Avérée	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des bâtis ; Repos potentiel au sein des arbres favorables, des boisements, des arbres isolés ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Fort	Faible (1 à 2 km)	Faible	Modéré	**Modéré**
Pipistrelle de Khul	*Pipistrellus Khulii*	Faible	Avérée	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des bâtis ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Fort	Moyenne (5 à 10 km)	Faible	Modéré	**Faible**
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Modéré	Avérée	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des bâtis ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Fort	Moyenne (3 à 5 km)	Faible	Modéré	**Modéré**
Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus*	Faible	Potentielle	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des arbres favorables (peu probable au vu du contexte très urbain) ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Faible	Moyenne (4 à 6 km)	Modéré	Faible	**Faible**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	Faible	Potentielle	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des arbres favorables, des boisements et des arbres isolés proches des cours d'eau ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Modéré	Faible (1 à 4 km)	Modéré	Modéré	**Faible**
Noctule commune	*Nyctalus noctula*	Fort	Potentielle	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des arbres favorables, des boisements, des arbres isolés et des bâtis ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Modéré	Forte (autour de 10 km)	Modéré	Modéré	**Modéré**
Petit rhinolophe	*Rhinolophus hipposideros*	Faible	Potentielle	Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats	Faible	Faible (2,5 km en moyenne)	Faible	Faible	**Faible**
Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Faible	Potentielle	Reproduction, repos et hivernage potentiels au sein des arbres favorables, des boisements, des arbres isolés et des bâtis proches des cours d'eau (peu probable au vu du contexte très urbain) ; Chasse et transit possibles sur l'ensemble des habitats.	Faible	Moyenne (5 à 10 km)	Modéré	Faible	**Faible**

Tableau 24 : Synthèse des enjeux associés aux espèces patrimoniales potentielles et avérées

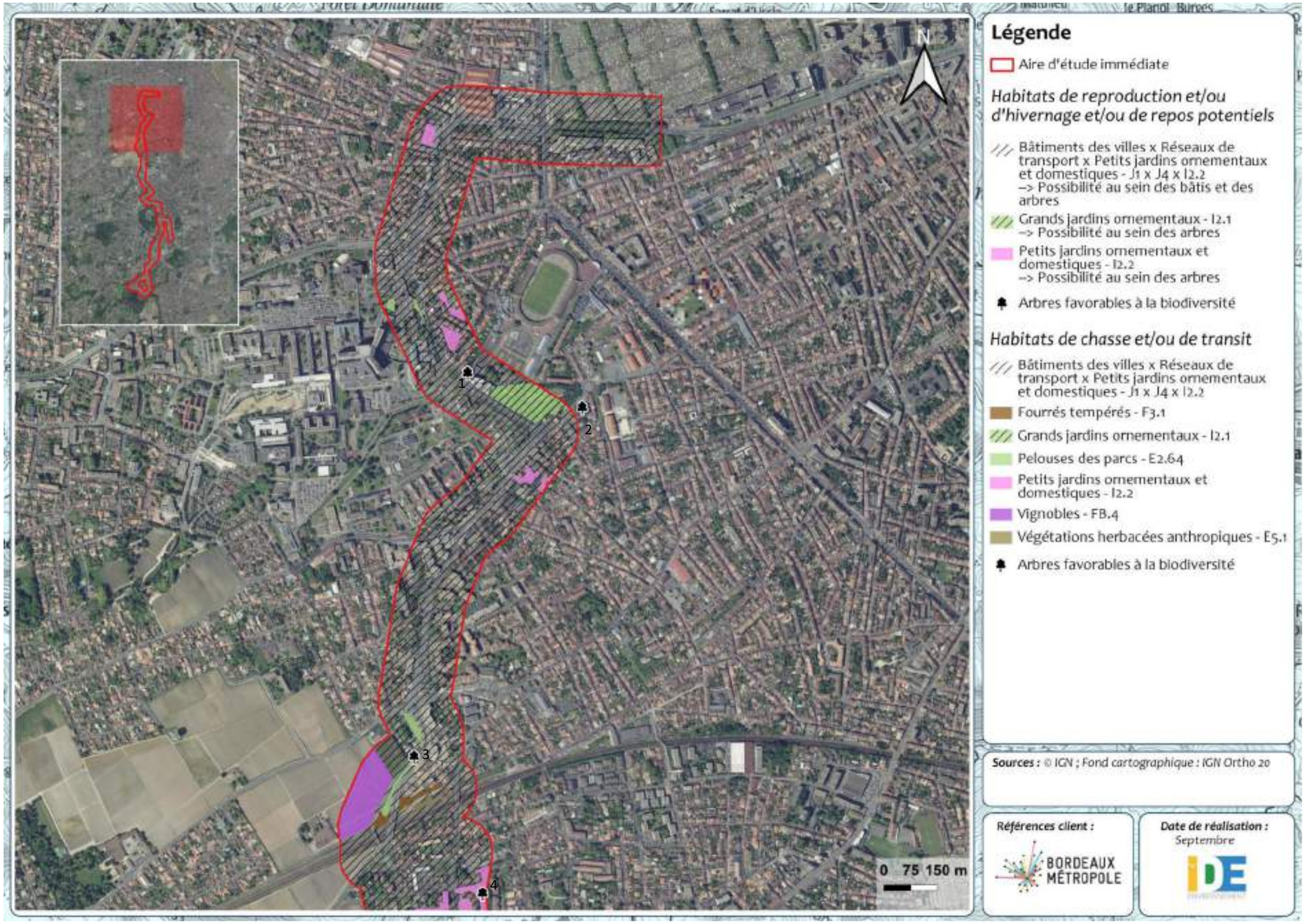


Figure 77 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (1/5)

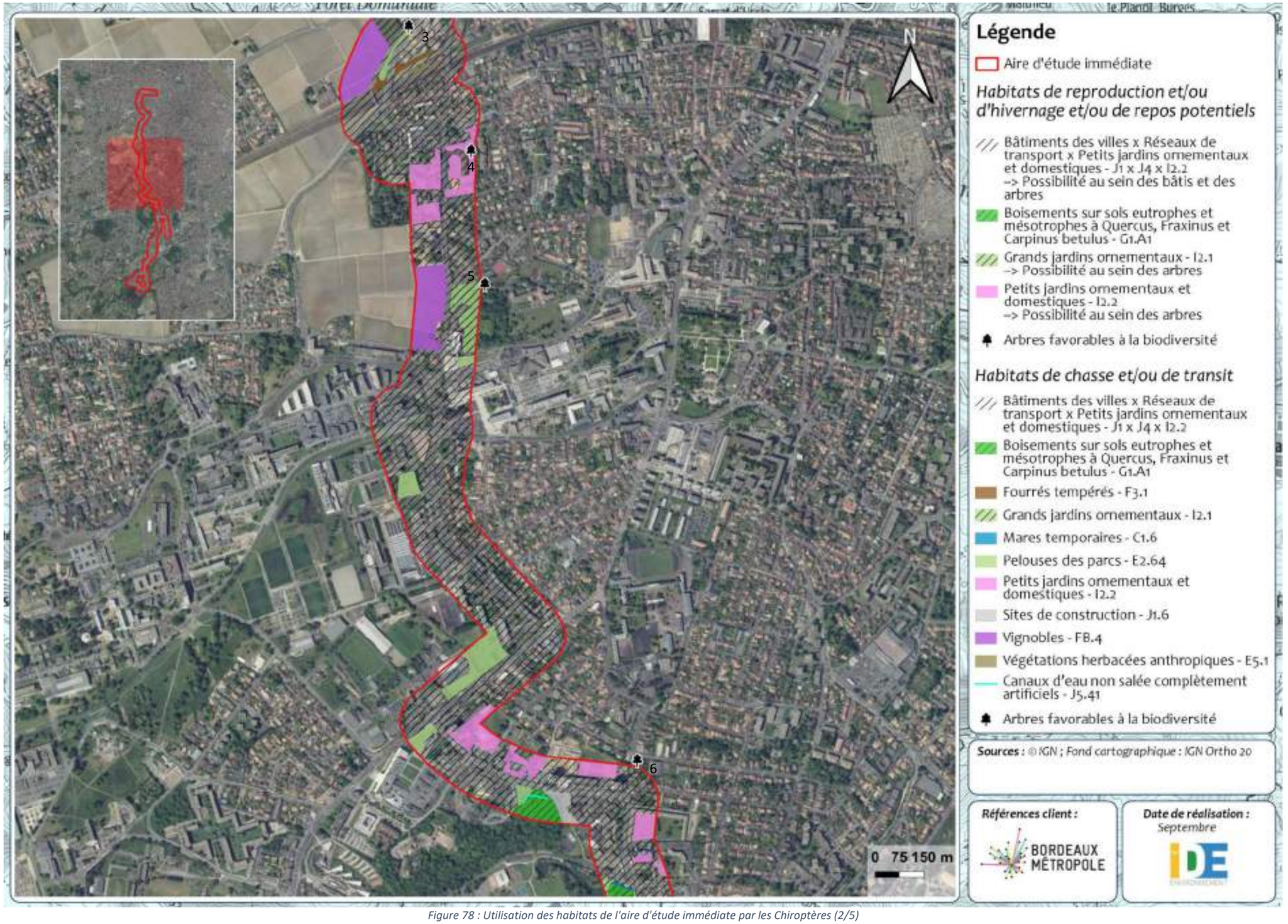


Figure 78 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (2/5)

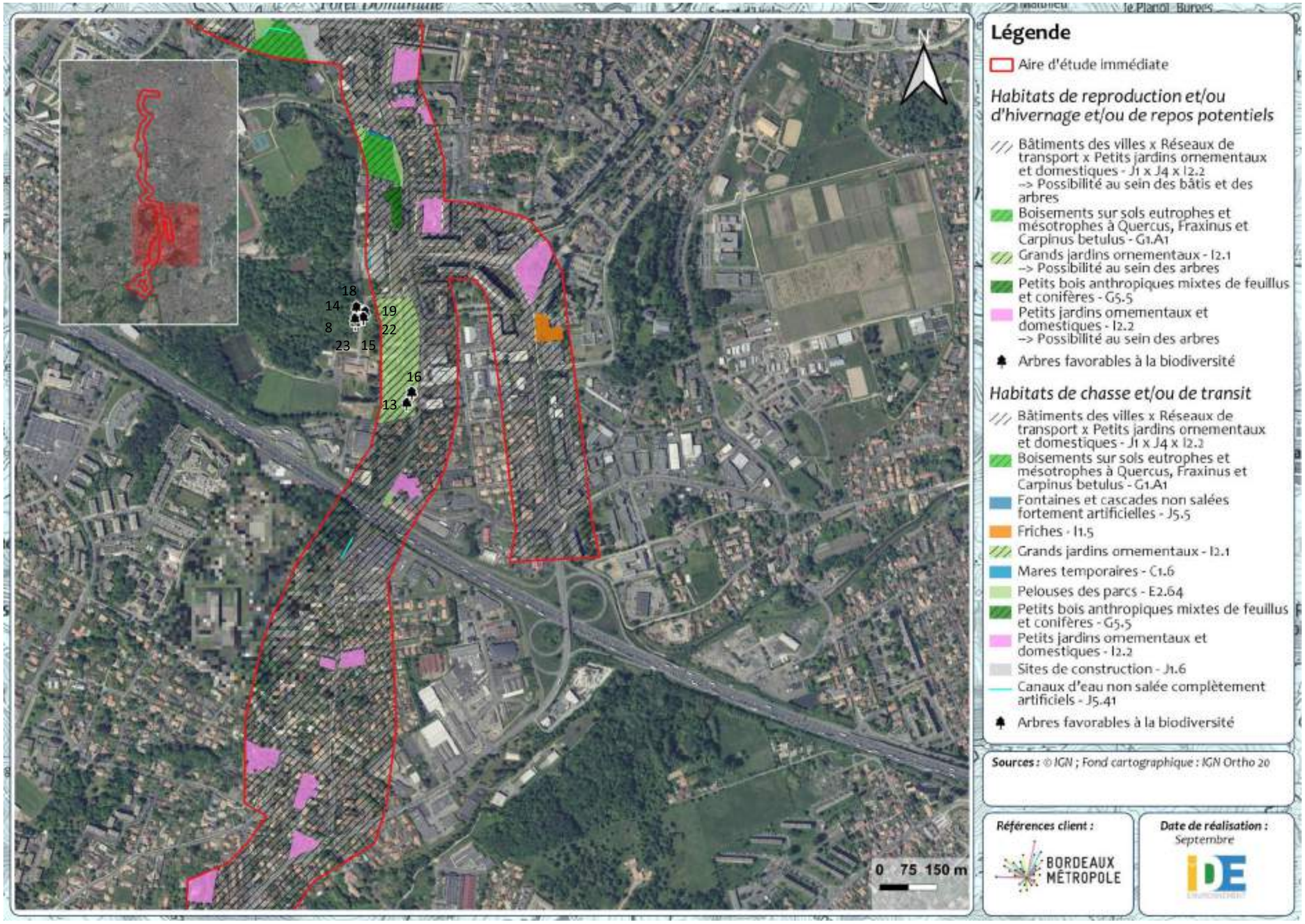


Figure 79 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (3/5)

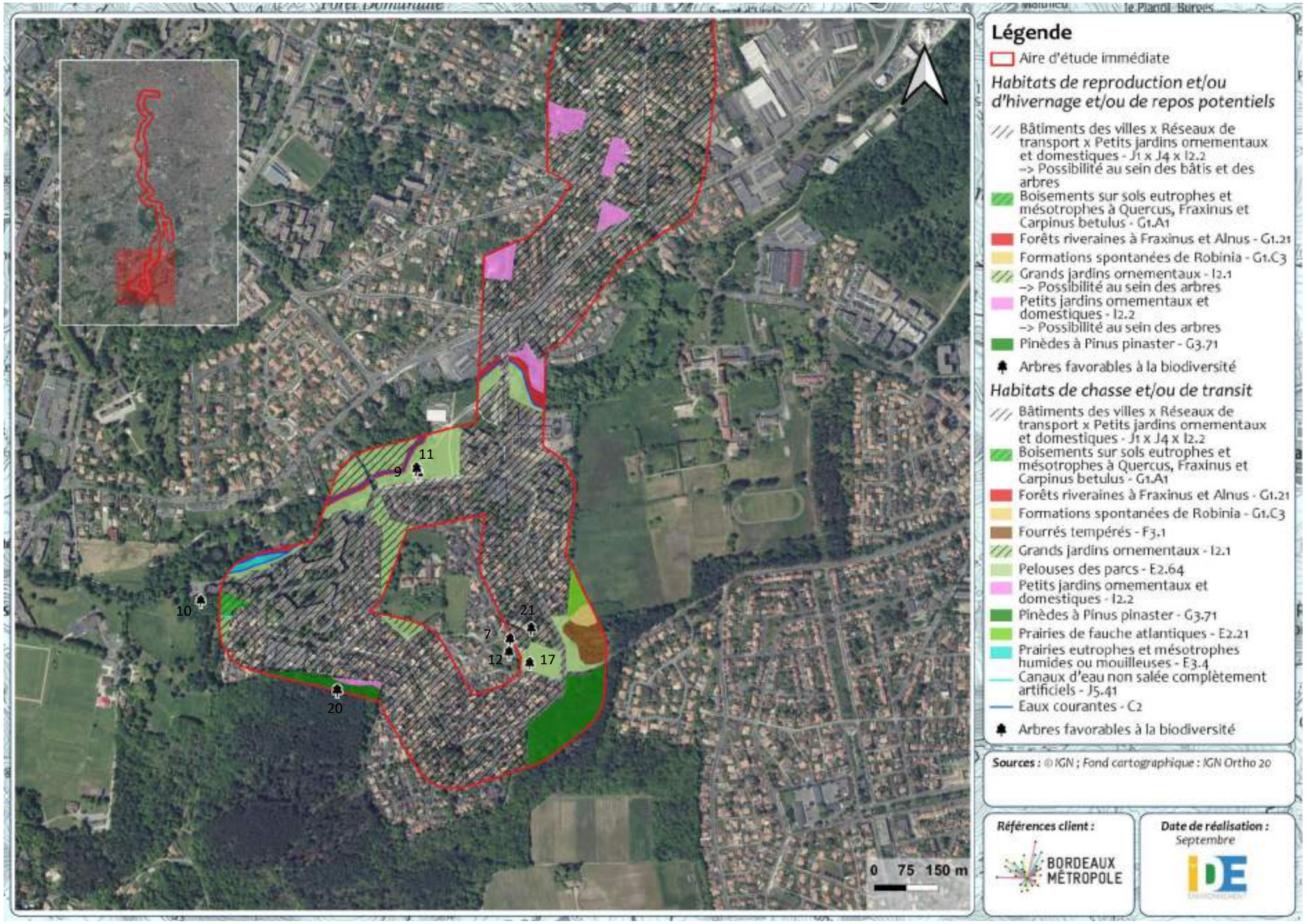


Figure 80 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (4/5)

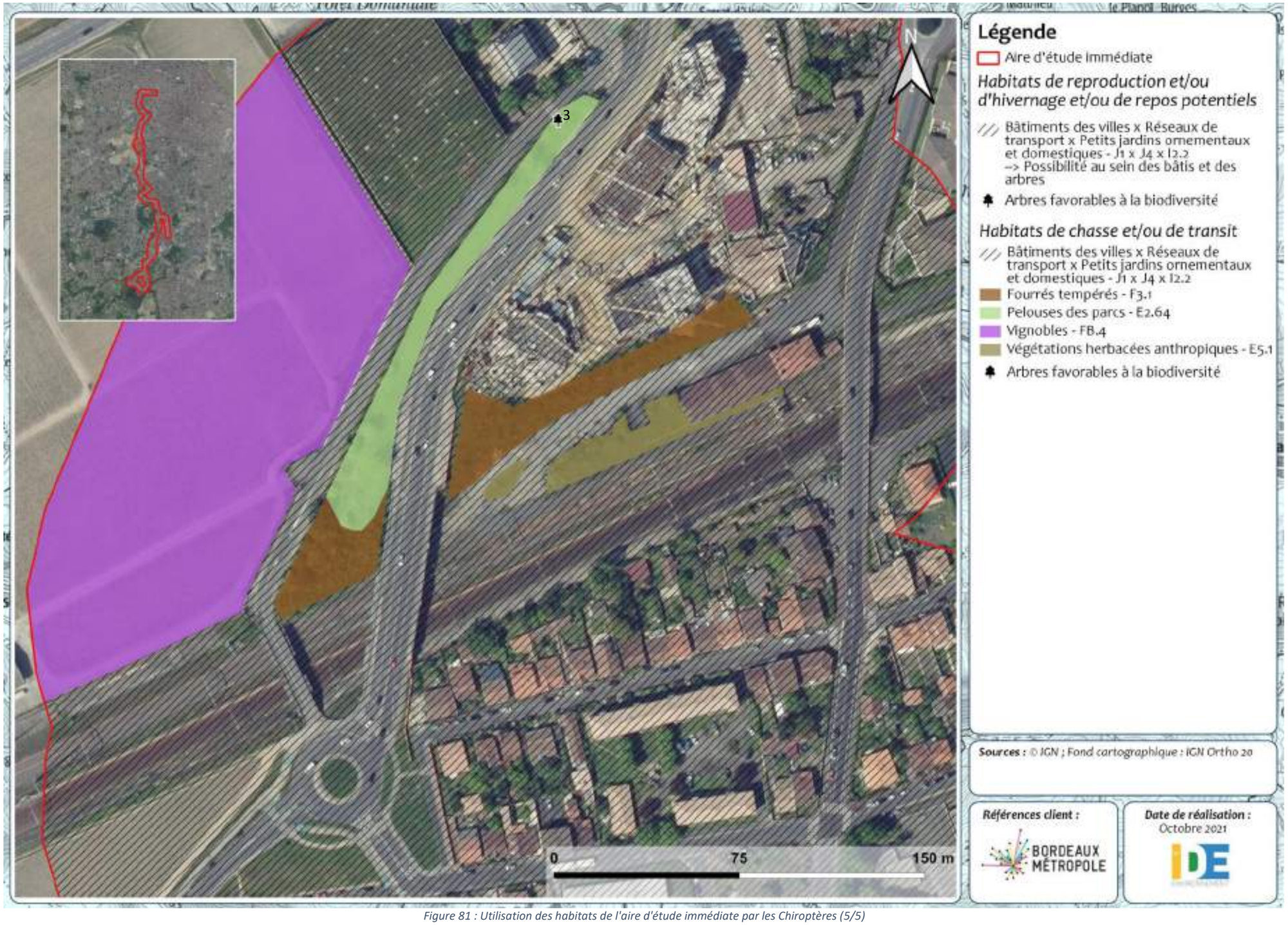


Figure 81 : Utilisation des habitats de l'aire d'étude immédiate par les Chiroptères (5/5)

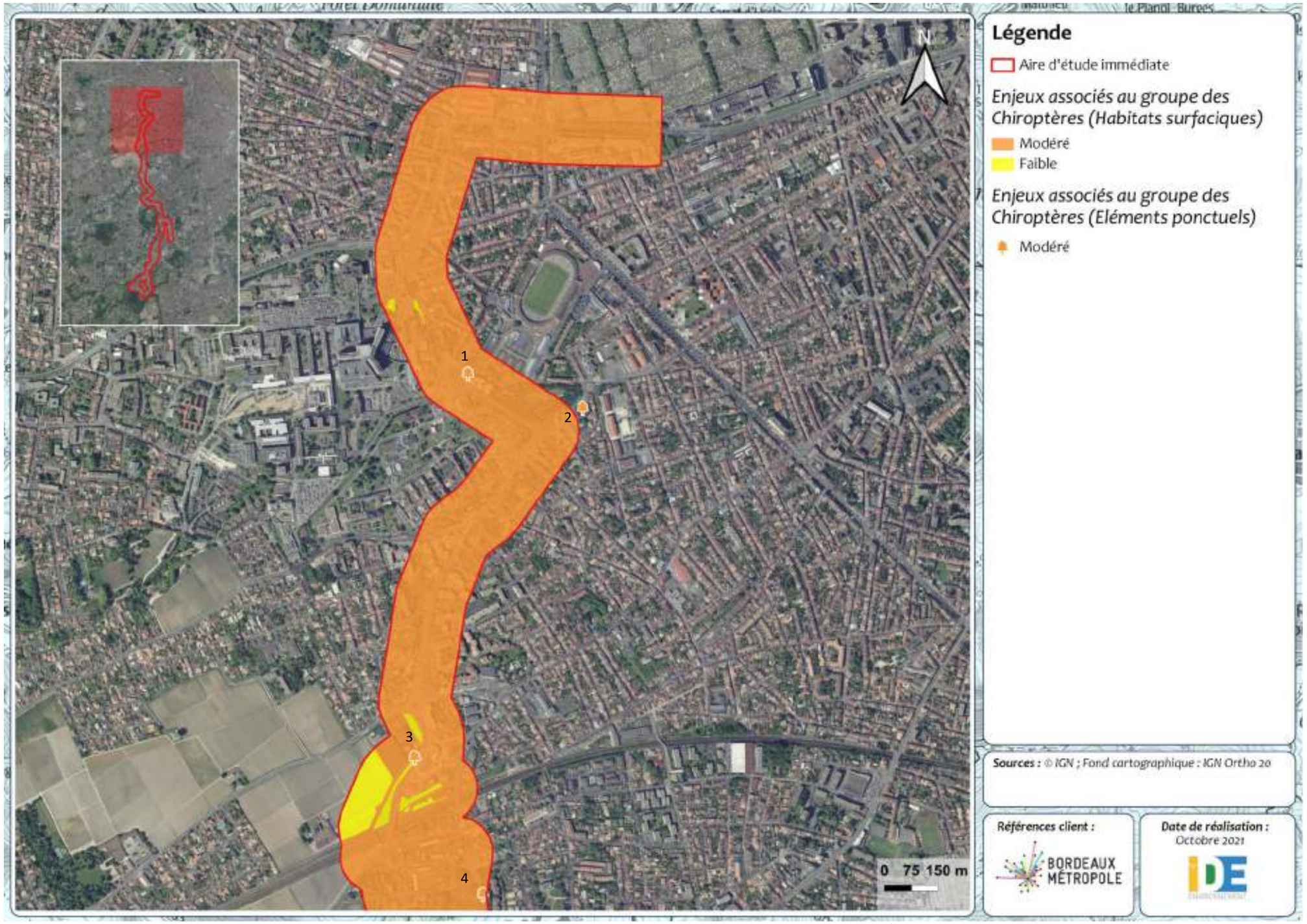


Figure 82 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (1/5)

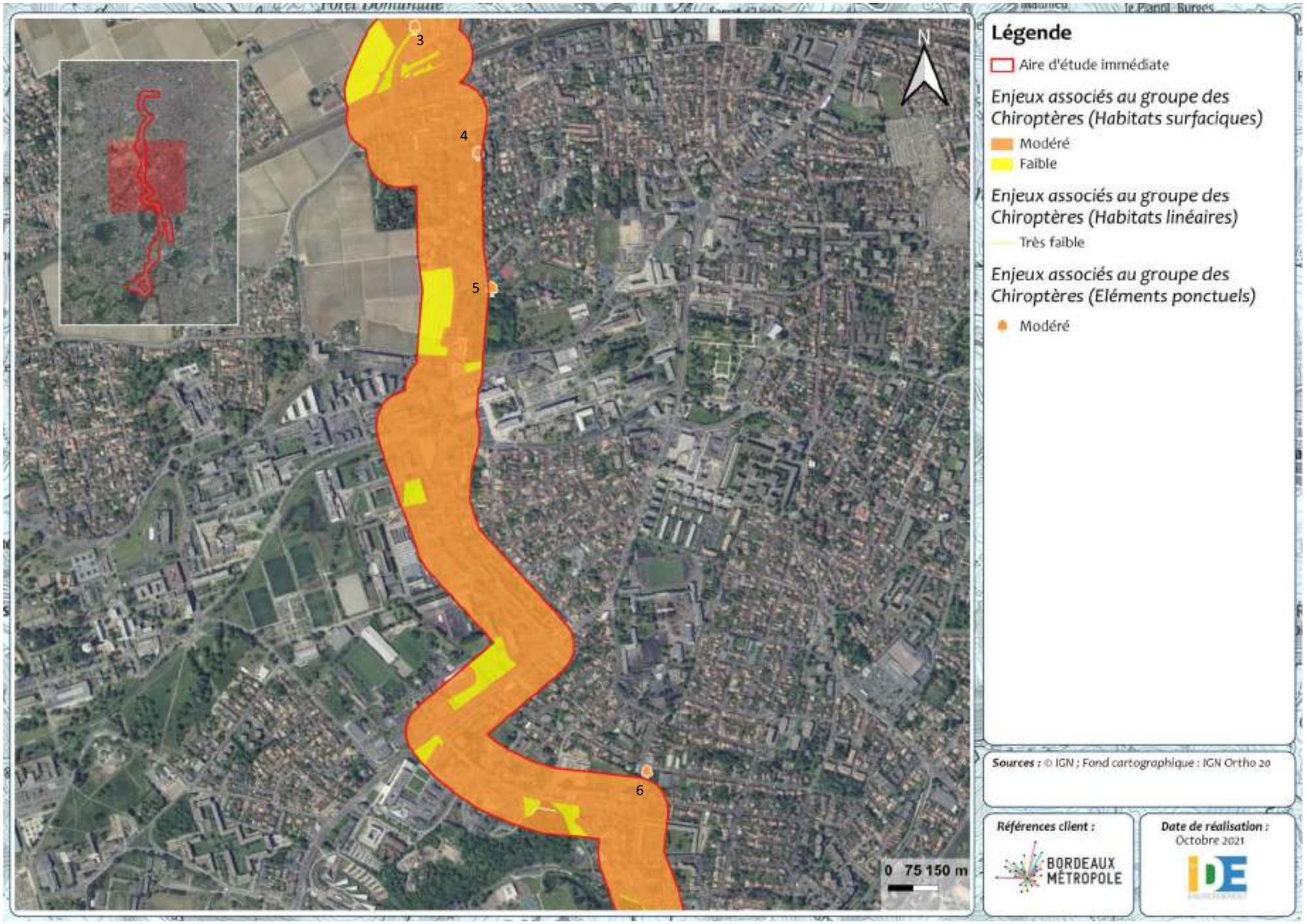


Figure 83 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (2/5)

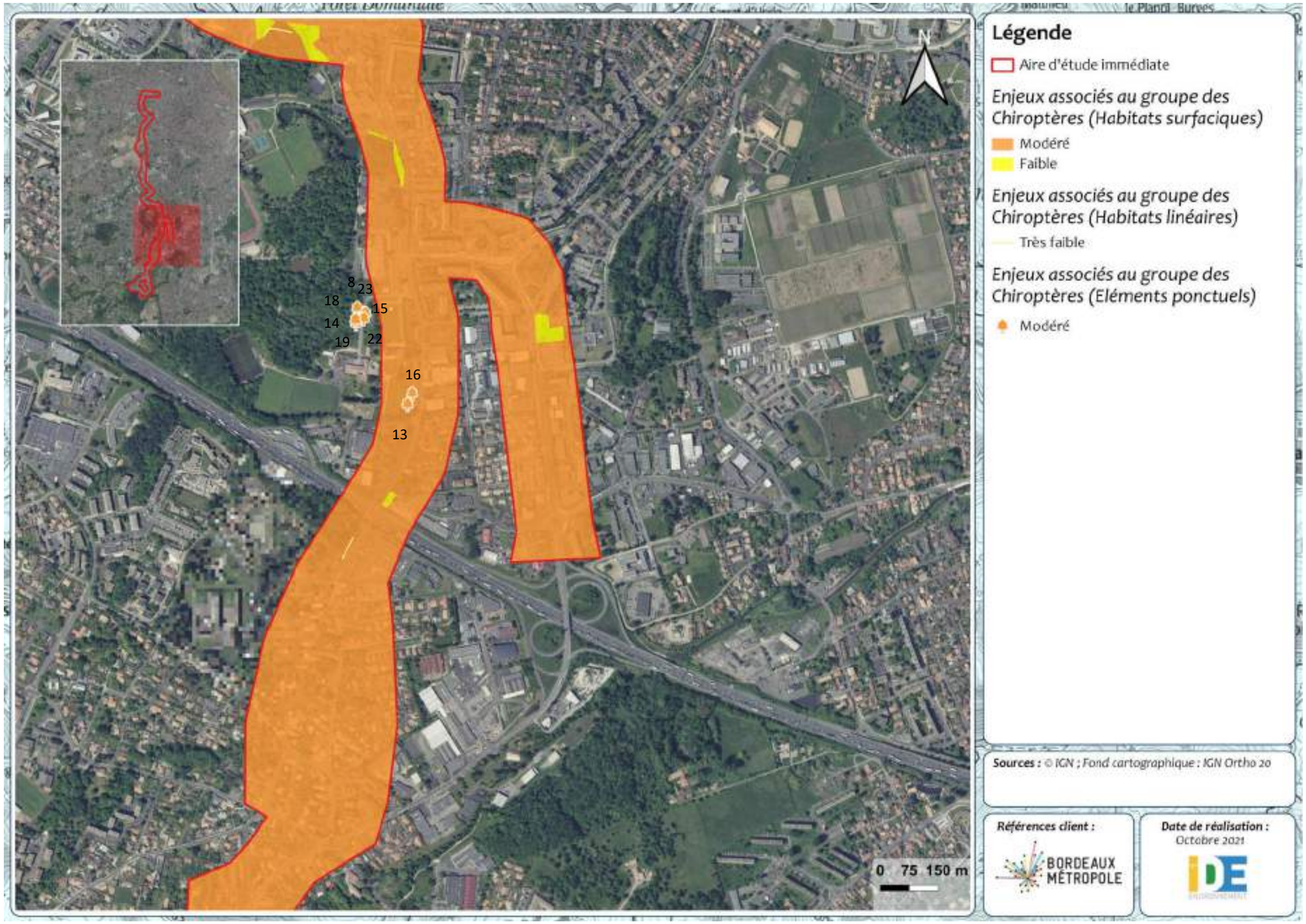


Figure 84 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (3/5)

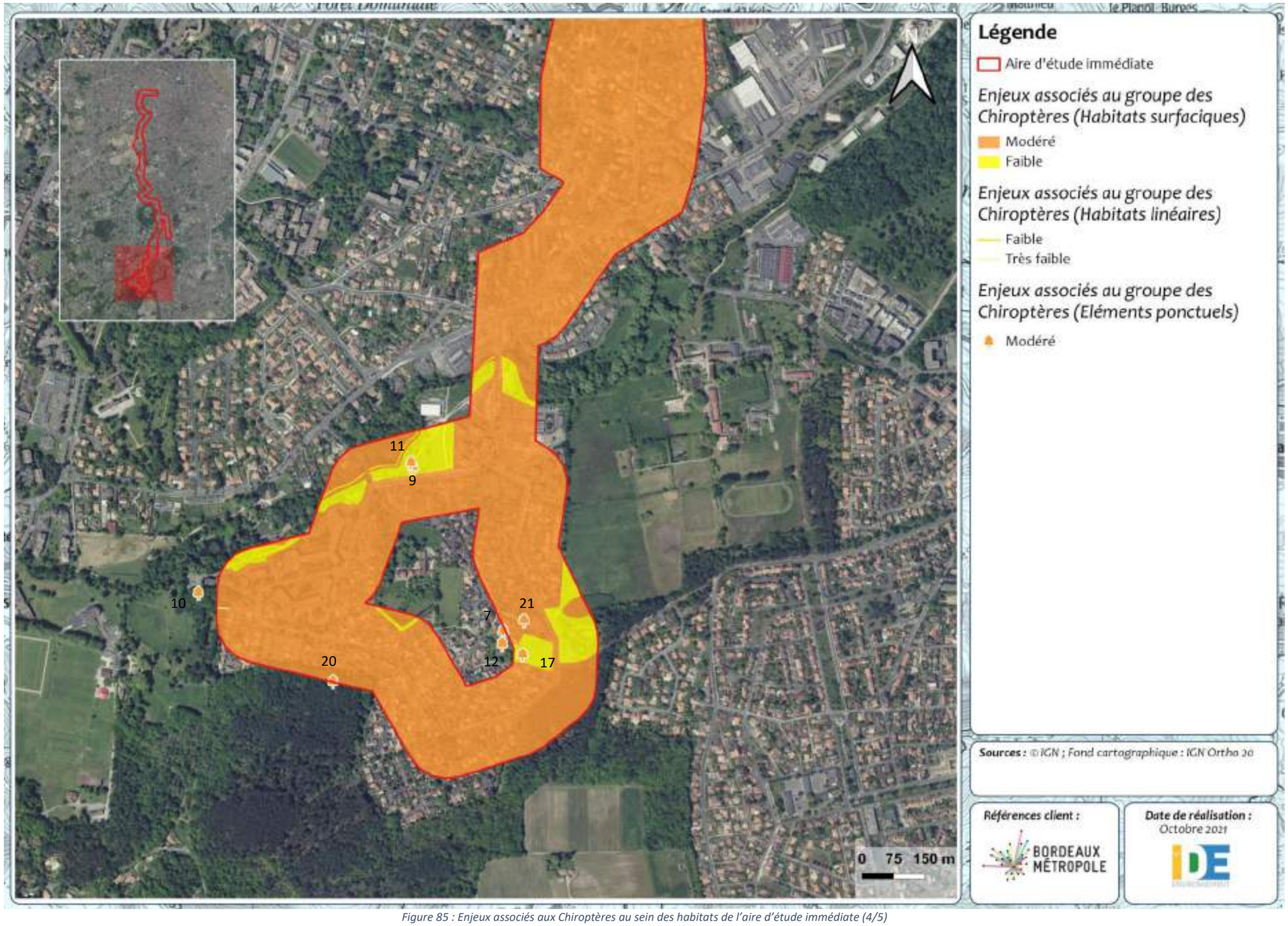


Figure 85 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (4/5)



Figure 86 : Enjeux associés aux Chiroptères au sein des habitats de l'aire d'étude immédiate (5/5)

6 DIAGNOSTIC ZONES HUMIDES

6.1 Données bibliographiques

Selon le Code de l'environnement, les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hydrophiles pendant au moins une partie de l'année ». (Art.L.211-1).

Règlementairement, les articles L.214-7-1 et R.211-108 du Code de l'Environnement définissent des critères de définition et de délimitation d'une zone humide afin de faciliter une appréciation partagée de ce qu'est une zone humide en vue de leur préservation par la réglementation. Il existe plusieurs types de zonages associés aux zones humides :

- **Les Zones Humides d'Importance Majeure** (ZHIM) : ces sites, suivis par l'Observatoire National des Zones Humide et définis en 1991 à l'occasion d'une évaluation nationale, ont été choisis pour leur caractère représentatif des différents types d'écosystèmes présents sur le territoire métropolitain. Ces sites n'ont aucune valeur règlementaire, il s'agit d'un inventaire, mais peuvent servir pour l'élaboration de certains sites Natura 2000.

- **Les Zones Humides d'Importance Internationale** instituées par la Convention de Ramsar du 2 février 1971 (dite convention Ramsar) : cette convention est un traité intergouvernemental qui fixe la liste des Zones Humides d'Importance Internationale. Leurs choix doivent être fondés sur leur importance internationale au point de vue écologique, botanique, zoologique ou hydrologique. Les critères d'intérêt culturel des zones humides participent également au classement des sites. Les zones concernées par ces sites Ramsar ne sont juridiquement protégées que si elles sont par ailleurs soumises à un régime particulier de protection de droit national. Les zones humides entendues au sens de la convention de Ramsar sont « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ». Il s'agit généralement de réserves naturelles. En France, la désignation de sites Ramsar se fait aussi en lien avec l'outil Natura 2000.

- Les Zones Humides définies dans les documents de gestion tels que les SDAGE, SAGE, contrats de rivières, etc. : ces zones humides peuvent faire l'objet de mesures et prescriptions ; elles doivent être prises en compte dans tout projet.

- Les zones humides recensées par Bordeaux Métropole.

- Les zones humides recensées par le SMIDDEST.

- Les Zones Humides recensées par IDE Environnement dans le cadre d'études portées par Bordeaux Métropole.

L'aire d'étude immédiate comprend deux zones humides identifiées dans le cadre des études de Bordeaux Métropole, qui font également partie des zones humides compilées par le forum des marais Atlantiques et deux zones humides potentielles recensées par le SMIDDEST au niveau du passage de l'Eau Bourde. Une autre zone humide issue des compilations du forum des marais Atlantiques est également présente en marge de l'aire d'étude immédiate, au niveau du bois de Thouars.
Ces zones humides inventoriées et potentielles possèdent un lien hydraulique avec l'aire d'étude immédiate.

L'aire d'étude éloignée comprend plusieurs zones humides, à savoir :

- **Des zones humides issues des études de Bordeaux Métropole ;**
- **Des zones humides identifiées par IDE Environnement dans le cadre des études de Bordeaux Métropole ;**
- **Une zone humide d'importance majeure, correspondant à la Basse Garonne ;**
- **Plusieurs zones humides de l'enveloppe territoriale des principales zones humides référencées par le SMIDDEST ;**
- **Une zone humide élémentaire identifiée sur le bassin Adour-Garonne ;**
- **Des zones humides compilées par le forum des marais Atlantiques ;**
- **Des milieux à composante humide, de l'Observatoire national des zones humides (ONZH).**

Certaines de ces zones humides possèdent un lien hydraulique potentiel avec l'aire d'étude immédiate. En effet, cette dernière est traversée par plusieurs cours d'eau qui rejoignent des zones humides identifiées dans la bibliographie.

Le recensement des ZHIEP, ZSGE, ZHE… n'est pas exhaustif. En effet, d'autres zones humides de plus petite taille peuvent être présentes dans le secteur. Règlementairement, les articles L.214-7-1 et R.211-108 du Code de l'Environnement définissent des critères de définition et de délimitation d'une zone humide afin de faciliter une appréciation partagée de ce qu'est une zone humide en vue de leur préservation par la réglementation.

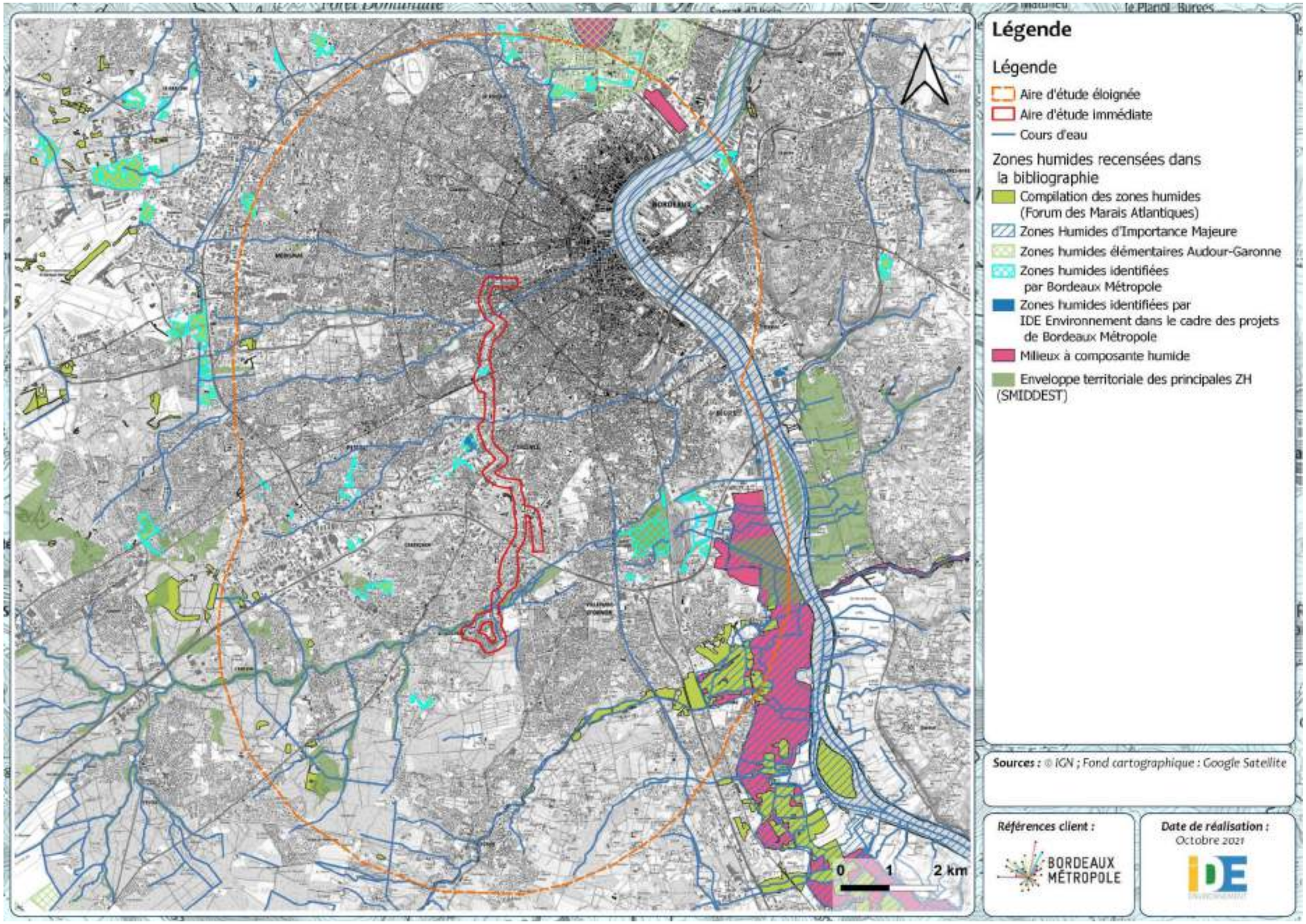


Figure 87 : Zones humides recensées au sein de l'aire d'étude éloignée

6.2 Etude de délimitation des zones humides

Un diagnostic « zones humides » a été réalisé au sein du site du projet par deux ingénieurs écologues en mars 2021 pour les approches habitats et pédologique. L'approche botanique complète a été menée lors des campagnes de printemps et d'été 2021.

- ***Approche « habitats naturels »***

Dans l'optique des investigations de terrain orientées sur les zones humides, il est intéressant de connaître au préalable les habitats naturels présents sur les terrains du projet. La carte des habitats naturels constitue l'élément de base du diagnostic zones humides. Le tableau ci-dessous reprend en détail l'ensemble des habitats identifiés au droit du projet, les habitats caractéristiques des zones humides selon l'arrêté du 24 juin 2008 modifié le cas échéant et l'étude du caractère spontané de la végétation :

Intitulé	Code EUNIS	Habitat caractéristique des zones humides (H.)	Type de végétation (justification)	Utilité du critère botanique	Utilité du critère pédologique
Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	J1 x J4 x I2.2	Non	Non concerné (absence de sol ou sol complètement remanié)	Non	Non
Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus*	G1.A1	Non	Spontané (Végétation non entretenue traduisant les conditions écologiques du milieu)	Oui	Oui
Canaux d'eau non salée complètement artificiels	J5.41	Non	Non concerné (milieu aquatique)	Non	Non
Eaux courantes	C2	Non	Non concerné (milieu aquatique)	Non	Non
Fontaines et cascades non salées fortement artificielles	J5.5	Non	Non concerné (absence de sol)	Non	Non
Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus*	G1.21	Oui	Végétation caractéristique des zones humides	Non	Non
Formations spontanées de *Robinia*	G1.C3	Non	Spontané (Végétation non entretenue traduisant les conditions écologiques du milieu)	Oui	Oui
Fourrés tempérés	F3.1	Non	Spontané (Végétation non entretenue traduisant les conditions écologiques du milieu)	Oui	Oui
Friches	I1.5	Non	Spontané (Végétation non entretenue traduisant les conditions écologiques du milieu)	Oui	Oui
Grands jardins ornementaux	I2.1	Non	Non concerné (sol entièrement remanié)	Non	Non
Mares temporaires	C1.6	Non	Non concerné (milieu aquatique)	Non	Non
Pelouses des parcs	E2.64	Non	Non spontané (végétation très entretenue)	Non	Oui
Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères	G5.5	Non	Non spontané (végétation très entretenue)	Non	Oui
Petits jardins ornementaux et domestiques	I2.2	Non	Non concerné (sol entièrement remanié)	Non	Non
Pinèdes à *Pinus pinaster*	G3.71	Non	Spontané (Végétation non entretenue traduisant les conditions écologiques du milieu)	Oui	Oui
Prairies de fauche atlantiques	E2.21	Non	Non spontané (végétation entretenue)	Non	Oui
Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	E3.4	Oui	Végétation caractéristique des zones humides	Non	Non

Intitulé	Code EUNIS	Habitat caractéristique des zones humides (H.)	Type de végétation (justification)	Utilité du critère botanique	Utilité du critère pédologique
Sites de construction	J1.6	Non	Non concerné (absence de sol)	Non	Non
Végétations herbacées anthropiques	E5.1	Non	Non concerné (absence de sol ou zone entièrement remaniée)	Non	Non
Vignobles	FB.4	Non	Non spontané (végétation entretenue)	Non	Oui

Tableau 25 : Correspondances entre les habitats naturels, les habitats caractéristiques de zones humides et la spontanéité de la végétation

À la suite de cette première analyse, on distingue que, deux des habitats sont caractéristiques des zones humides selon l'arrêté du 24 juin 2008 modifié. De plus, plusieurs des habitats naturels présentent une végétation que l'on peut considérer comme spontanée, ce qui implique que les approches botaniques et pédologiques peuvent être menées sur ces habitats. Concernant les habitats de fossés, de cours d'eau et de mares temporaires, ils sont à considérer comme des milieux aquatiques. Pour les habitats possédant une végétation non spontanée, seule l'approche pédologique peut être menée. Par ailleurs, plusieurs habitats sont considérés comme non concerné par le diagnostic zones humides, car ils ne présentent pas de sol ou de végétation propice à la présence de zones humides.

- ***Approche « botanique » pour les habitats avec une végétation spontanée***

Dans un premier temps, les observations botaniques sont focalisées sur la détection éventuelle de plantes hygrophiles citées dans l'arrêté du 24 juin 2008 modifié pour les habitats avec une végétation spontanée.

Intitulé	Code EUNIS	Espèces de zone humide	Action à mener
Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus*	G1.A1	Oui, 2 espèces : Jonc épars, Laîche à épis pendants	Sondage pédologique à réaliser, car espèces hygrophiles avec un taux de recouvrement inférieur à 5%
Formations spontanées de *Robinia*	G1.C3	Non	Sondage pédologique à réaliser, car aucune espèce hygrophile n'est recensée
Fourrés tempérés	F3.1	Oui, 1 espèce : Souchet robuste	Sondage pédologique à réaliser, car espèces hygrophiles avec un taux de recouvrement inférieur à 5%
Friches	I1.5	Non	Sondage pédologique à réaliser, car aucune espèce hygrophile n'est recensée
Pinèdes à *Pinus pinaster*	G3.71	Non	Sondage pédologique à réaliser, car aucune espèce hygrophile n'est recensée

Tableau 26: Première approche botanique pour les habitats avec une végétation spontanée

Cette première approche botanique permet de distinguer que deux habitats avec une végétation spontanée possèdent au moins une espèce hygrophile selon l'arrêté du 24 juin 2008. Cependant, ces espèces possèdent un taux de recouvrement non significatif (< 5%) dans l'habitat concerné. Il n'est donc pas nécessaire de réaliser de placette de végétation.

- ***Réalisation de sondages pédologiques***

Dans le cadre de cette étude, des sondages ont été réalisés à intervalles réguliers au sein de l'aire d'étude immédiate pour déceler la présence éventuelle de traces d'hydromorphie dans le sol. Un minimum d'un sondage par entité d'habitat naturel concerné par l'approche pédologique du diagnostic zones humides est réalisé en tenant compte de la topographie ainsi que de la présence éventuelle d'espèces hygrophiles. Cependant, le contexte très urbain de l'aire d'étude immédiate a limité la réalisation des sondages pédologique aux zones ouvertes et publiques. De plus, les sondages ont été réalisés dans les entités d'habitats situées en bordure de l'infrastructure routière, là où le projet d'aménagement est prévu. Seule les approches habitats et botanique ont été menées sur les entités d'habitats situées sur des zones privées inaccessibles.

A titre indicatif, la carte des sols de France de Gis Sol indique que l'aire d'étude immédiate se situe en partie sur des Brunisols, des Fluviosols et des Podzosols. Pour rappel, les fluviosols et les podzosols font partie des cas particuliers, pour lesquels l'excès d'eau prolongée ne se traduit pas par les traits d'hydromorphie habituels, facilement reconnaissables. Une expertise des conditions hydrogéomorphologiques (en particulier profondeur maximale du toit de la nappe et durée d'engorgement en eau) doit être réalisée pour apprécier la saturation prolongée par l'eau dans les 50 premiers centimètres de sol.

Par ailleurs, la cartographie du SMIDEST estime une probabilité faible (5 à 25 %) de rencontrer des sols à caractère rédoxique ou des réductisols sur l'aire d'étude immédiate. De plus, le SMIDEST indique que du calcaire est présent dans le sol en quantité peu significative (0 à 10 g/kg). En outre, certaines zones de l'aire d'étude immédiate ont fait l'objet de drainage.

Concernant la géologie, le BRGM indique que l'aire d'étude immédiate est située en partie sur :
- Formations fluviatils : Sables argileux, graviers et petits galeys du système de la Garonne ;
- Système de la Garonne : sables argileux, graviers et galets ;

- Formations fluviatiles. Argiles des Palus (argiles limoneuses et tourbeuses) ;
- Formations de versant. Sables argileux à graviers épars colluvionnés : épaisseur supérieure à 1m ;
- Oligocène moyen : calcaire à Astéries, calcaire à "Archiacines".

Ces caractéristiques géologiques nous donnent des informations sur la présence potentielle de sols hydromorphes sur certaines zones de l'aire d'étude immédiate.
Ce sont au total 22 sondages qui ont été réalisés. La figure et le tableau présentés dans les pages suivantes exposent l'emplacement et les résultats des sondages pédologiques.

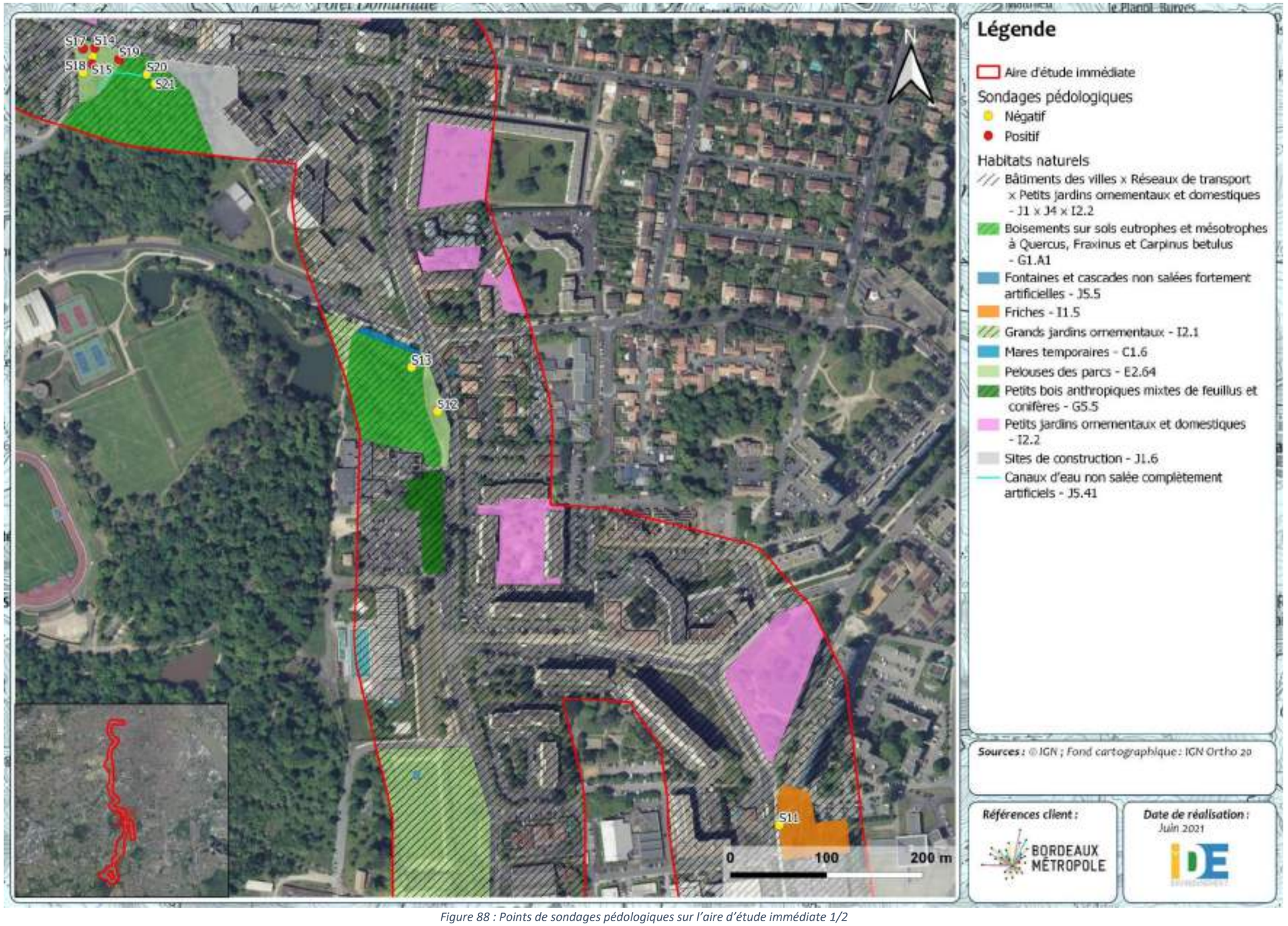


Figure 88 : Points de sondages pédologiques sur l'aire d'étude immédiate 1/2

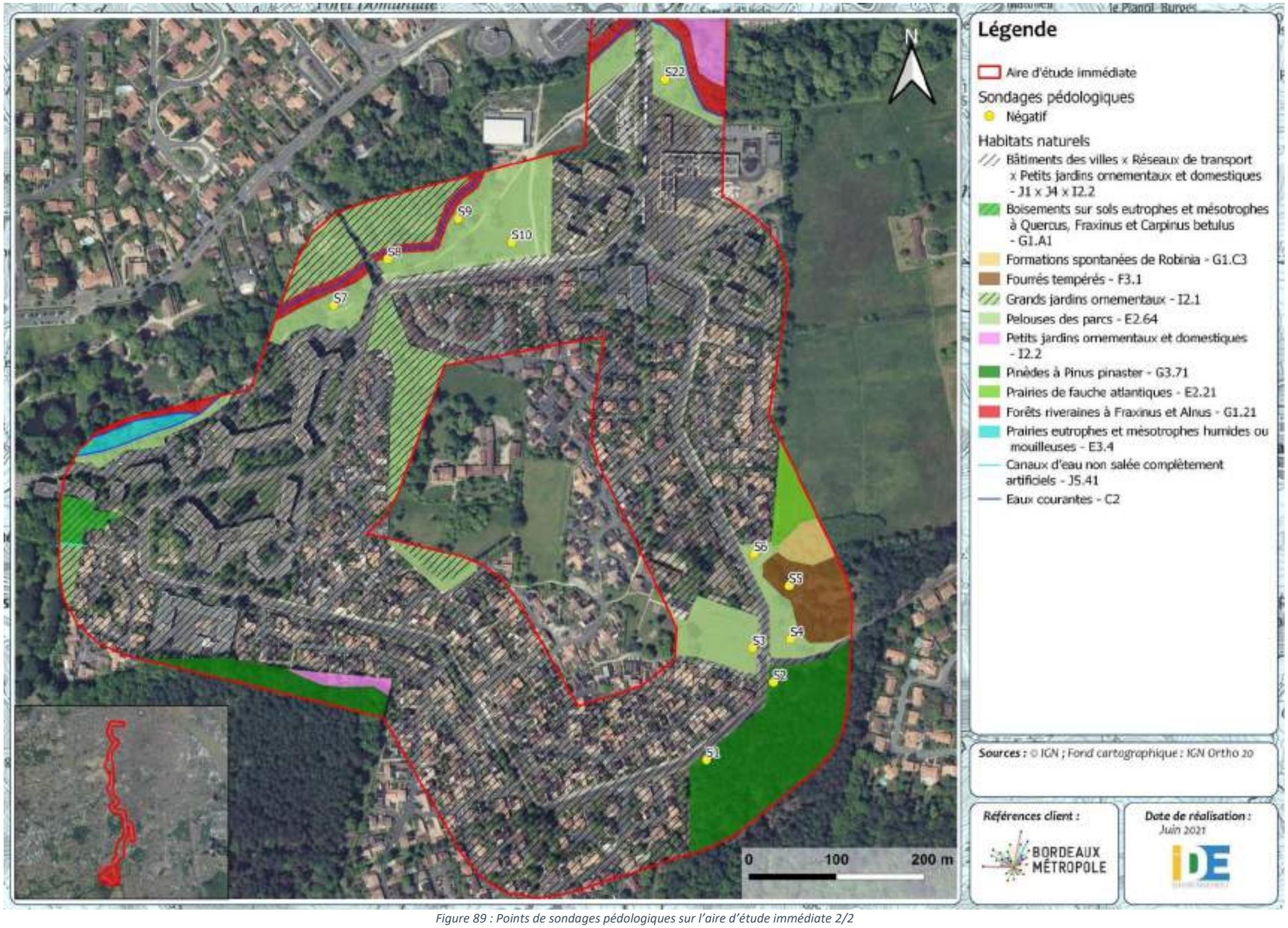


Figure 89 : Points de sondages pédologiques sur l'aire d'étude immédiate 2/2

Point de sondage	Coordonnées X (Lambert 93)	Coordonnées y (Lambert 93)	Observations	Profondeur prospectée et cause d'arrêt	Verdict du critère pédologique et (classe GEPPA)
S01	415599.7284755165	6413936.824234345	Aucune trace d'hydromorphie Sol sec	40 cm Refus : graviers	**Sondage négatif**
S02	415676.24078787246	6414025.402266141	Aucune trace d'hydromorphie Sol sec	60 cm Refus : compact	**Sondage négatif**
S03	415652.522148549	6414064.620319735	Aucune trace d'hydromorphie Sol sec	25 cm Refus : sol graviers	**Sondage négatif**
S04	415695.58888394467	6414074.555600508	Aucune trace d'hydromorphie Sol sec	60 cm Refus : sol graviers	**Sondage négatif**
S05	415694.33240345726	6414135.65512289	Aucune trace d'hydromorphie Sol sec	45 cm Refus : graviers	**Sondage négatif**
S06	415654.17960902274	6414172.286146876	Aucune trace d'hydromorphie Sol sec	40 cm Refus : graviers	**Sondage négatif**
S07	415173.4450400535	6414456.388363243	g<5% à partir de 10 cm Sol frais, mais non engorgé	80 cm Refus : compact	**Sondage négatif**
S08	415235.0979605806	6414509.169226149	g<5% à partir de 10 cm g>5% à partir de 40 cm Sol frais, mais non engorgé	90 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S09	415315.7030705561	6414555.526695824	g<5% à partir de 10 cm g>5% à partir de 30 cm Sol frais, mais non engorgé	50 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S10	415377.1192329115	6414528.486472839	g<5% à partir de 10 cm g>5% à partir de 40 cm Sol frais, mais non engorgé	55 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S11	416384.1192351263	6416464.666043117	g>5% à partir de 35 cm Sol frais, mais non engorgé	65 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S12	416028.85490891826	6416894.4414991	Aucune trace d'hydromorphie Sol frais, mais non engorgé	45 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S13	416001.95815180114	6416940.140640722	Aucune trace d'hydromorphie Sol frais, mais non engorgé	40 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S14	415672.8736378487	6417272.088132171	g>5% dès la surface, se prolongeant Sol humide	80 cm Refus : compact	**Sondage positif Classe Va,b,c,d**
S15	415669.9053494011	6417255.450094295	g>5% dès la surface, se prolongeant Sol humide	50 cm Refus : sol compact	**Sondage positif Classe Va,b,c,d**
S16	415670.7645907938	6417263.105153973	Aucune trace d'hydromorphie Sol frais, mais non engorgé	20 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S17	415660.6960133353	6417271.234396928	g>5% dès la surface, se prolongeant Sol frais	40 cm Refus : remblais	**Sondage positif Classe Va,b,c,d**
S18	415660.74317692686	6417246.215127016	Aucune trace d'hydromorphie Sol frais, mais non engorgé	20 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S19	415698.14314608095	6417260.293091233	g>5% dès la surface, se prolongeant Sol frais	50 cm Refus : sol compact	**Sondage positif Classe Va,b,c,d**
S20	415726.93037411175	6417244.532970129	Aucune trace d'hydromorphie Sol frais, mais non engorgé	20 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**
S21	415735.6701615234	6417234.794997059	g<5% à partir de la surface g>5% à partir de 30 cm	50 cm Refus : cailloux	**Sondage négatif**

Point de sondage	Coordonnées X (Lambert 93)	Coordonnées y (Lambert 93)	Observations	Profondeur prospectée et cause d'arrêt	Verdict du critère pédologique et (classe GEPPA)
			Sol frais à engorgé		
S22	415552.25154391833	6414714.747683391	Aucune trace d'hydromorphie Sol frais, mais non engorgé	25 cm Refus : remblais	**Sondage négatif**

Tableau 27 : Résultats des sondages pédologiques sur le site du projet

➢ ***Seconde « botanique » pour les habitats avec une végétation spontanée***

Parmi les entités d'habitats possédant une végétation spontanée, qui présentent des espèces hygrophiles et dont les sondages pédologiques se sont révélés négatifs, certains possèdent des espèces hygrophiles, mais avec un taux de recouvrement inférieur à 5 %. Aucune placette de végétation n'a donc été réalisée.

6.3 Synthèse et conclusion du diagnostic zones humides

En l'état des connaissances sur la thématique, deux habitats naturels s'avèrent être des zones humides réglementaires selon l'approche habitat de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié :

- Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus ;*
- Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses.

Par ailleurs, 4 sondages pédologiques se sont révélés positifs sur une entité de pelouse de parc. Une zone humide a donc pu être délimitée via l'approche pédologique. Le reste des sondages pédologiques sur les habitats concernés par le diagnostic zones humides se sont révélés négatifs. Quant à la flore hygrophile, l'approche finale a permis de mettre en évidence que les espèces hygrophiles présentent au sein des habitats avec une végétation spontanée possédaient un taux de recouvrement inférieur à 5%.
D'autre part, les canaux d'eau (fossés), l'eau courante (ruisseau) et les mares temporaires sont à considérer comme des milieux aquatiques.

Le tableau suivant présente la synthèse du diagnostic zones humides par habitat naturel. La carte dans les pages suivantes présente la délimitation des zones humides réglementaires identifiées ainsi que les emplacements des milieux aquatiques.

Concernant les zones humides issues de l'étude bibliographique et situées dans l'aire d'étude immédiate, les zones humides identifiées par le SMIDDEST ont été délimitées avec précision lors du diagnostic zones humides et selon la réglementation en vigueur. En effet, ces zones humides n'ont aucune portée réglementaire, elles représentent plus des zones humides potentielles à étudier. Concernant les zones humides identifiées dans le cadre des études menées par Bordeaux Métropole, la zone humide identifiée au niveau de la gare de Talence-Médocquine n'existe plus, elle a probablement été détruite par l'aménagement de résidences (le domaine de la mission et perspective Arnoa). Celle située dans les Vignes n'a pas pu faire l'objet d'inventaire, puisqu'elle est inaccessible. Cette dernière est donc considérée comme présente. C'est également le cas de la zone humide issue de la compilation des zones humides du forum des marais Atlantiques. Celle-ci est considérée comme présente.

Intitulé	Code EUNIS	Verdict botanique	Verdict pédologique	Conclusion
Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	J1 x J4 x I2.2	Non concerné (absence de sol ou sol complètement remanié)	Non concerné (absence de sol ou sol complètement remanié)	**Zone non humide**
Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus*, *Fraxinus* et *Carpinus betulus*	G1.A1	Négatif	Négatif sur les zones étudiées	**Négatif**
Canaux d'eau non salée complètement artificiels	J5.41	Non concerné (milieu aquatique)	Non concerné (milieu aquatique)	**Milieu aquatique**
Eaux courantes	C2	Non concerné (milieu aquatique)	Non concerné (milieu aquatique)	**Milieu aquatique**
Fontaines et cascades non salées fortement artificielles	J5.5	Non concerné (absence de sol)	Non concerné (absence de sol)	**Zone non humide**
Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus*	G1.21	Végétation caractéristique des zones humides	Non étudié	**Zone humide réglementaire : 8 595 m²**
Formations spontanées de *Robinia*	G1.C3	Négatif	Non étudié (zone éloignée du projet)	**Négatif**
Fourrés tempérés	F3.1	Négatif	Négatif sur les zones étudiées	**Négatif**
Friches	I1.5	Négatif	Négatif sur les zones étudiées	**Négatif**
Grands jardins ornementaux	I2.1	Non concerné (sol entièrement remanié)	Non concerné (sol entièrement remanié)	**1 zone humide référencée dans la bibliographie : 180 m²**
Mares temporaires	C1.6	Non concerné (milieu aquatique)	Non concerné (milieu aquatique)	**Milieu aquatique**
Pelouses des parcs	E2.64	Non étudié (végétation non spontanée)	Positif sur une zone	**1 Zone humide réglementaire : 868 m²**

Intitulé	Code EUNIS	Verdict botanique	Verdict pédologique	Conclusion
Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères	G5.5	Non étudié (végétation non spontanée)	Négatif (sol trop compact)	**Zone non humide**
Petits jardins ornementaux et domestiques	I2.2	Non concerné (sol entièrement remanié)	Non concerné (sol entièrement remanié)	**Zone non humide**
Pinèdes à Pinus pinaster	G3.71	Négatif	Négatif sur les zones étudiées	**Négatif**
Prairies de fauche atlantiques	E2.21	Non étudié (végétation non spontanée)	Non étudié (zone éloignée du projet)	**Non étudié**
Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	E3.4	Végétation caractéristique des zones humides	Non étudié	**Zone humide réglementaire : 2 134 m²**
Sites de construction	J1.6	Non concerné (absence de sol)	Non concerné (absence de sol)	**Zone non humide**
Vignobles	FB.4	Non étudié (végétation non spontanée)	Non étudié (habitat non accessible)	**1 zone humide référencée dans la bibliographie : 5 360 m²**

Tableau 28 : Synthèse du diagnostic zones humides

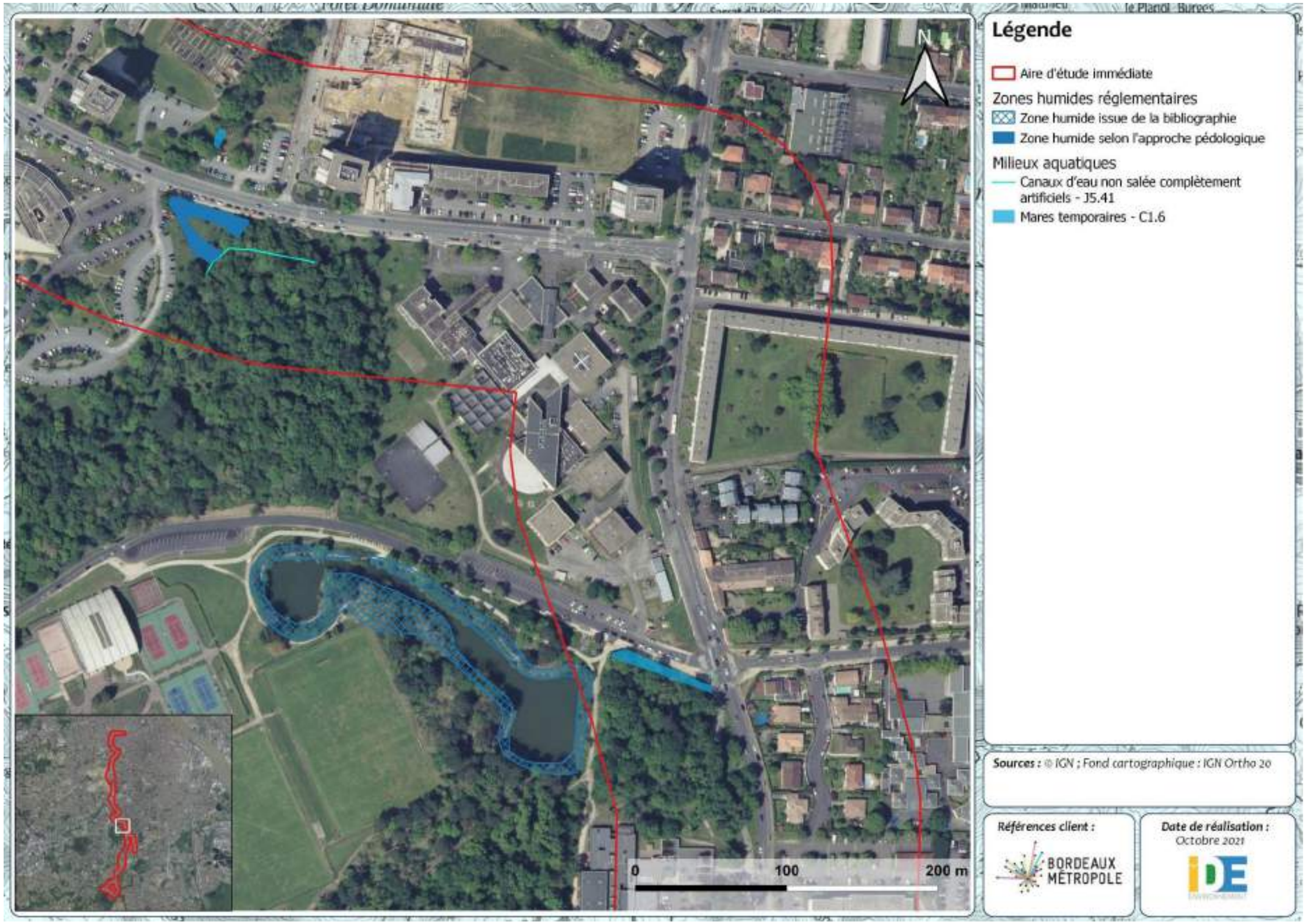


Figure 90 : Zones humides réglementaires et milieux aquatiques recensés sur l'aire d'étude immédiate 1/2

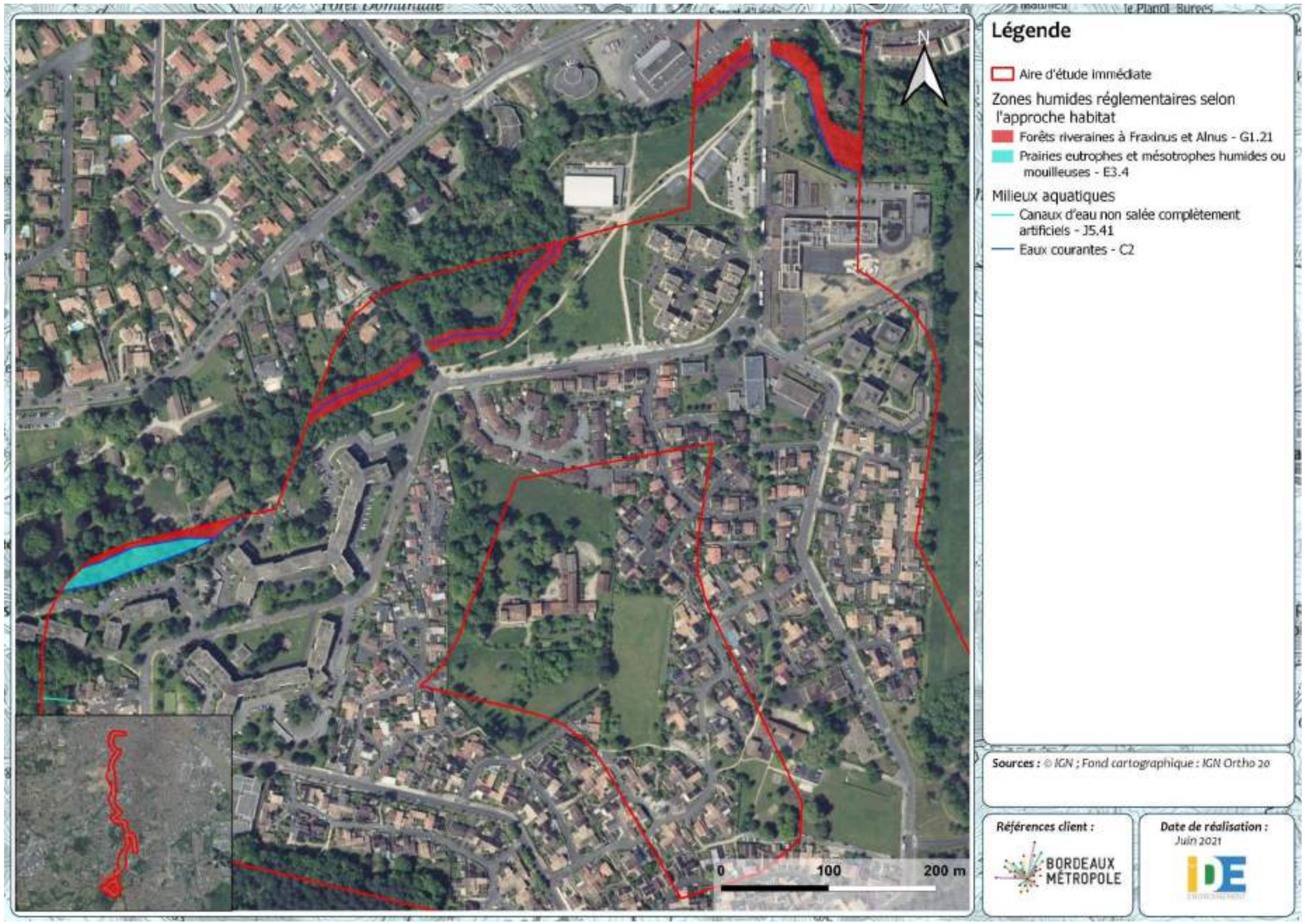


Figure 91 : Zones humides réglementaires et milieux aquatiques recensés sur l'aire d'étude immédiate 2/2

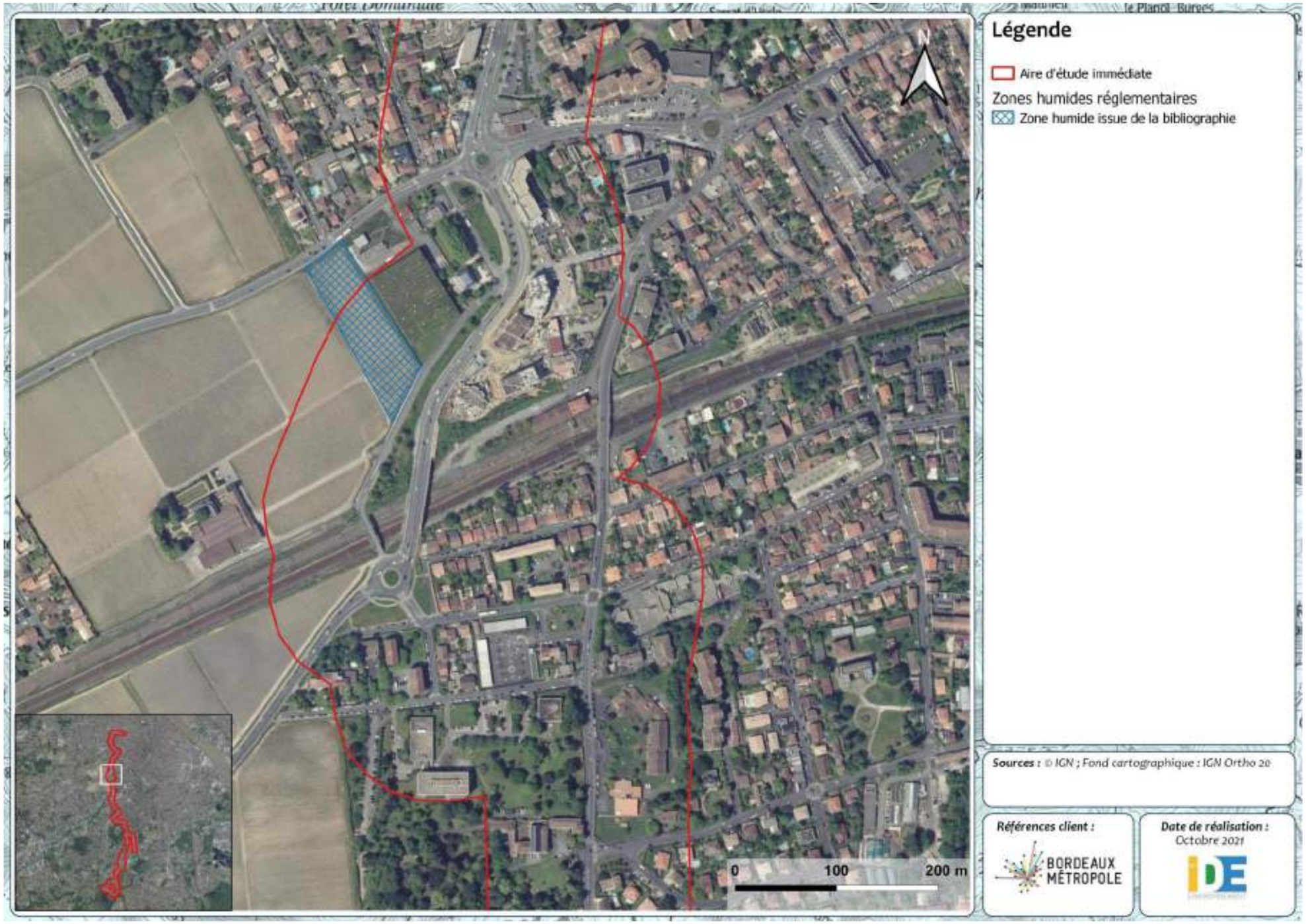


Figure 92 : Zoom cartographique des zones humides sur le périmètre de la Médoquine

6.4 Première approche des fonctionnalités des zones humides

Les zones humides réglementaires identifiées au sud de l'aire d'étude immédiate sont liées aux cours d'eau de l'Estey Sainte-Croix et du Bras de l'Eau Bourde. La zone humide déterminée grâce à l'approche pédologique, au centre de l'aire d'étude immédiate, est probablement liée à la présence d'une dépression et aux eaux de ruissellement provenant des alentours. Les zones humides issues de la bibliographie ne sont pas étudiées dans ce chapitre.

Les zones humides sont susceptibles d'assurer les fonctionnalités suivantes :

- Amélioration de la qualité de l'eau : les zones humides mises en évidence peuvent permettre de réguler la qualité de l'eau en épurant par exemple les polluants potentiellement présents du fait des activités anthropiques proches (urbanisation).

- Accueil de la biodiversité : l'accueil de la biodiversité potentielle (faune et flore) sur l'aire d'étude est en partie lié à la présence de zones humides et de la flore associée.

- Régulation de la quantité d'eau : étant probablement reliées aux eaux de ruissellement des alentours et aux cours d'eau, les zones humides peuvent jouer un rôle dans la régulation des eaux de pluie et des crues. Elles constituent des zones tampons, lors de forts épisodes pluvieux en stockant les eaux pluviales issues des parcelles voisines du secteur.

Concernant l'état de conservation des zones humides, elles sont assez dégradées par le remaniement du sol et du milieu par les activités humaines, ainsi qu'à la présence d'espèces exotiques envahissantes.
Cette première approche de la fonctionnalité des zones humides est une analyse très générale et ne constitue pas l'approche réglementaire nécessaire dans le cas d'une mesure compensatoire (méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides continentales au sens de l'Art. L.211-1 du Code de l'environnement).

6.5 Conclusion

Sur la base de la présente étude, 18 005 m², soit environ 1,8 ha au total de l'aire d'étude immédiate correspondent à des zones humides réglementaires. Pour rappel, 3 zones humides ont été inventoriées lors de l'étude de délimitation des zones humides sur des surfaces de : 868 m², 2 134 m² et 8 595 m². Deux zones humides issues de la bibliographie sont considérées comme présentes : 5 360 m² et 180 m².
Il est important de rappeler que la loi sur l'eau précise que l'assèchement ou la mise en eau d'une zone humide (rubrique 3.3.1.0) :

- Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha, doit faire l'objet d'un dossier de demande de déclaration loi sur l'eau ;
- Supérieure ou égale à 1 ha, doit faire l'objet d'un dossier de demande d'autorisation loi sur l'eau.

7 CONTINUITES ET FONCTIONNALITES ECOLOGIQUES

7.1 PLUI de Bordeaux Métropole

Le terrain d'étude est situé en dehors des zones de réservoir de biodiversité inscrites dans la Trame Verte et Bleue identifiée dans le cadre du PLUI de Bordeaux Métropole (approuvé en date du 16 décembre 2016). Cependant, l'aire d'étude traverse sur une continuité écologique fragilisée. De plus, des espaces relais sont identifiés à proximité du projet. Ceux-ci ne sont pas impactés par le tracé du projet.
La figure suivante illustre le positionnement des terrains étudiés dans la TVB du PLUI de Bordeaux métropole.



Figure 93 : Positionnement du site d'étude vis-à-vis de la TVB du PLUI de Bordeaux Métropole (2016)

7.2 Continuités écologiques locales

Comme indiqué lors de l'analyse des habitats naturels, la zone étudiée est caractérisée par un tissu urbain composant la métropole bordelaise. Cette zone urbanisée comprend plusieurs parcs et jardins des villes plus ou moins arborés. De plus, quelques zones boisées sont présentes dans le sud de l'aire d'étude immédiate. Les milieux ouverts sont en majorité constitués de zones viticoles. Ces milieux forment la trame verte.
La trame bleue est constituée essentiellement d'un cours d'eau, de petits ruisseaux ou encore de fossés anthropiques.

Aucun des espaces naturels compris sur l'aire d'étude immédiate ne seront isolés et ne seront directement impactés par le projet. En effet, ceux -ci se situent sur les abords du tracé prévu par le projet. De plus, des corridors écologiques de la trame verte et bleue se distinguent, fournissant ainsi une zone de repli pour les espèces impactées par le dérangement et présentes dans l'aire d'étude immédiate.

Ainsi, le site étudié en lui-même ne joue pas de rôle particulier ni majeur dans le fonctionnement écologique du secteur et ne présente qu'un enjeu faible pour le projet.

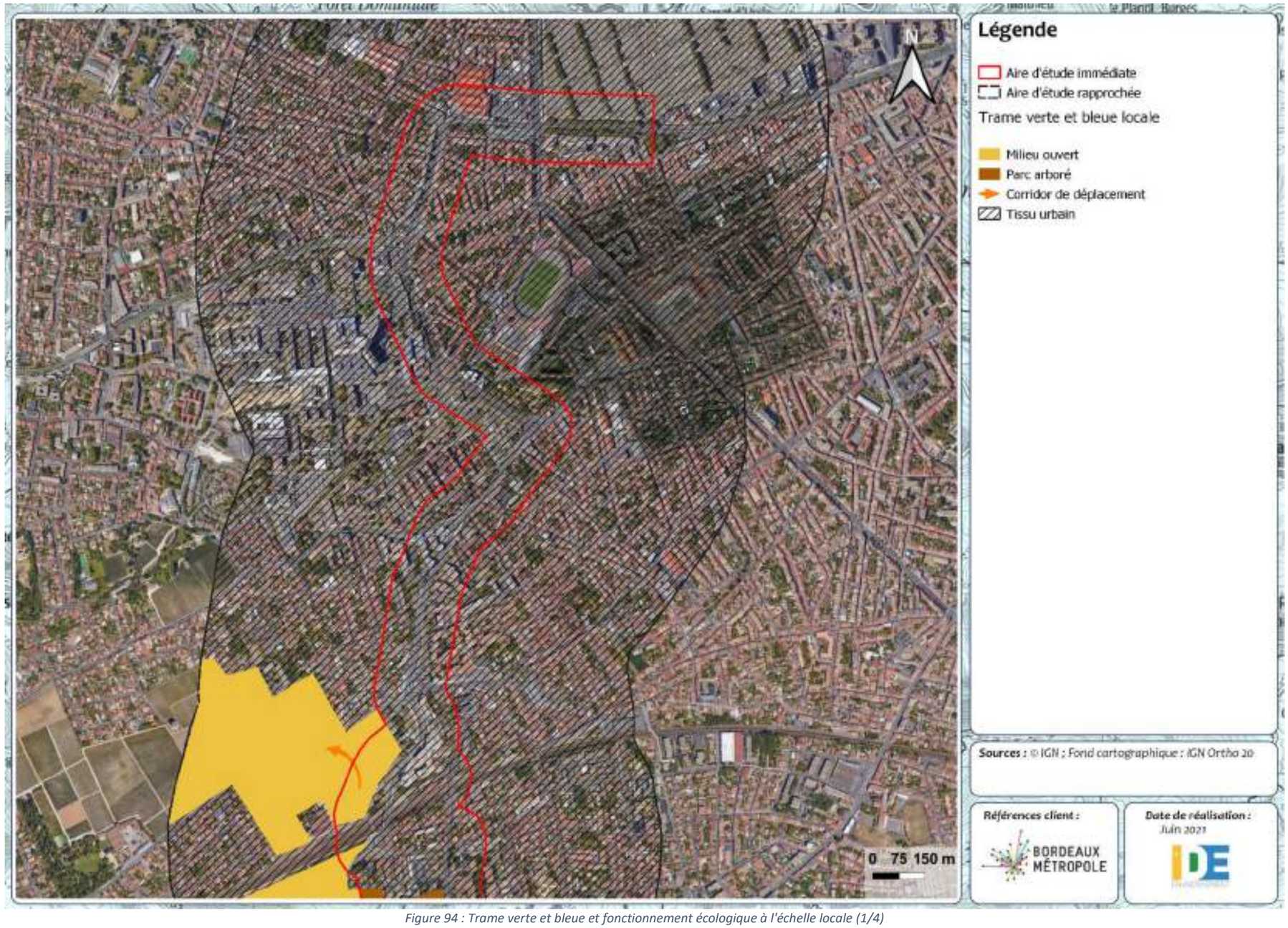


Figure 94 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (1/4)

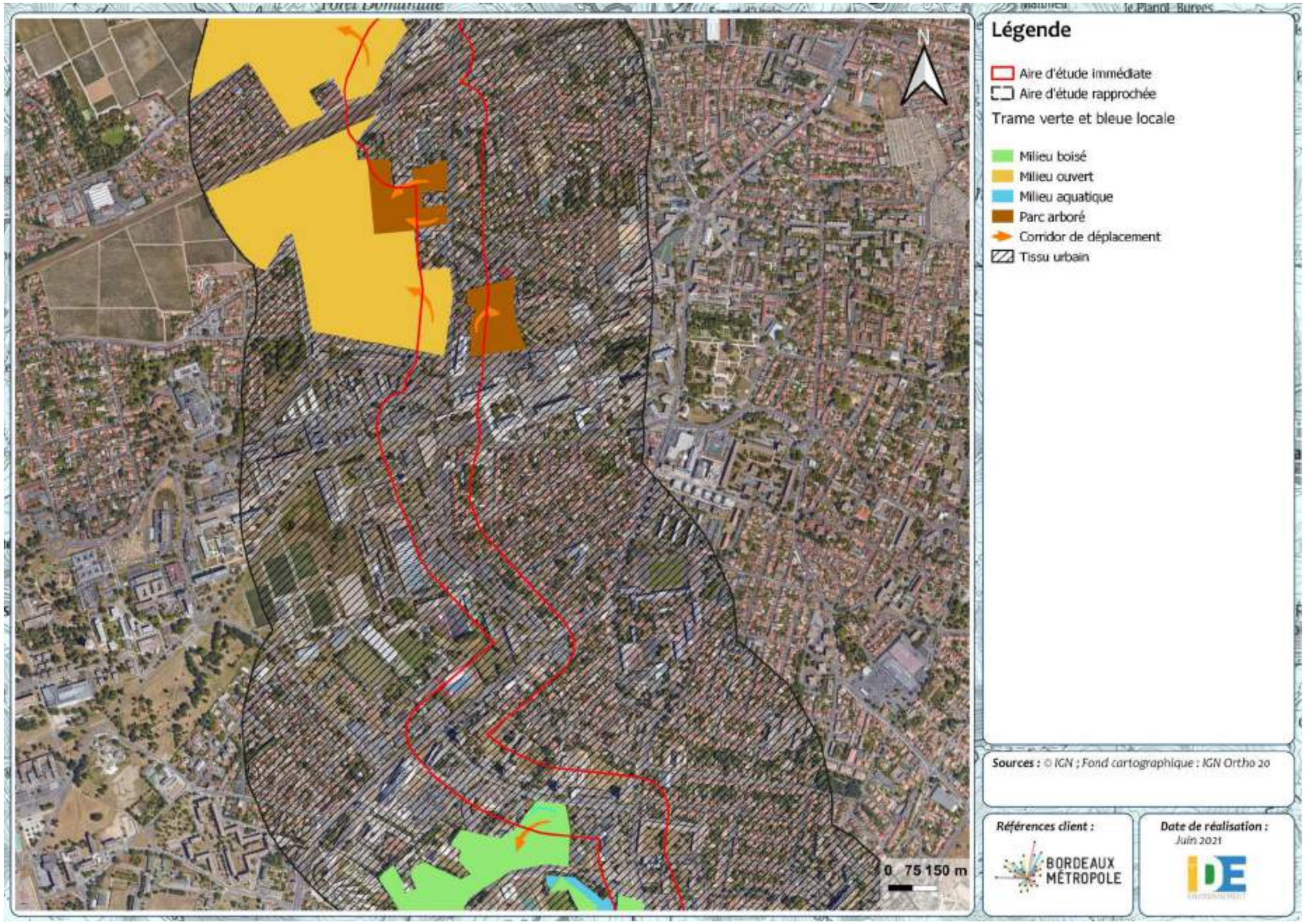


Figure 95 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (2/4)

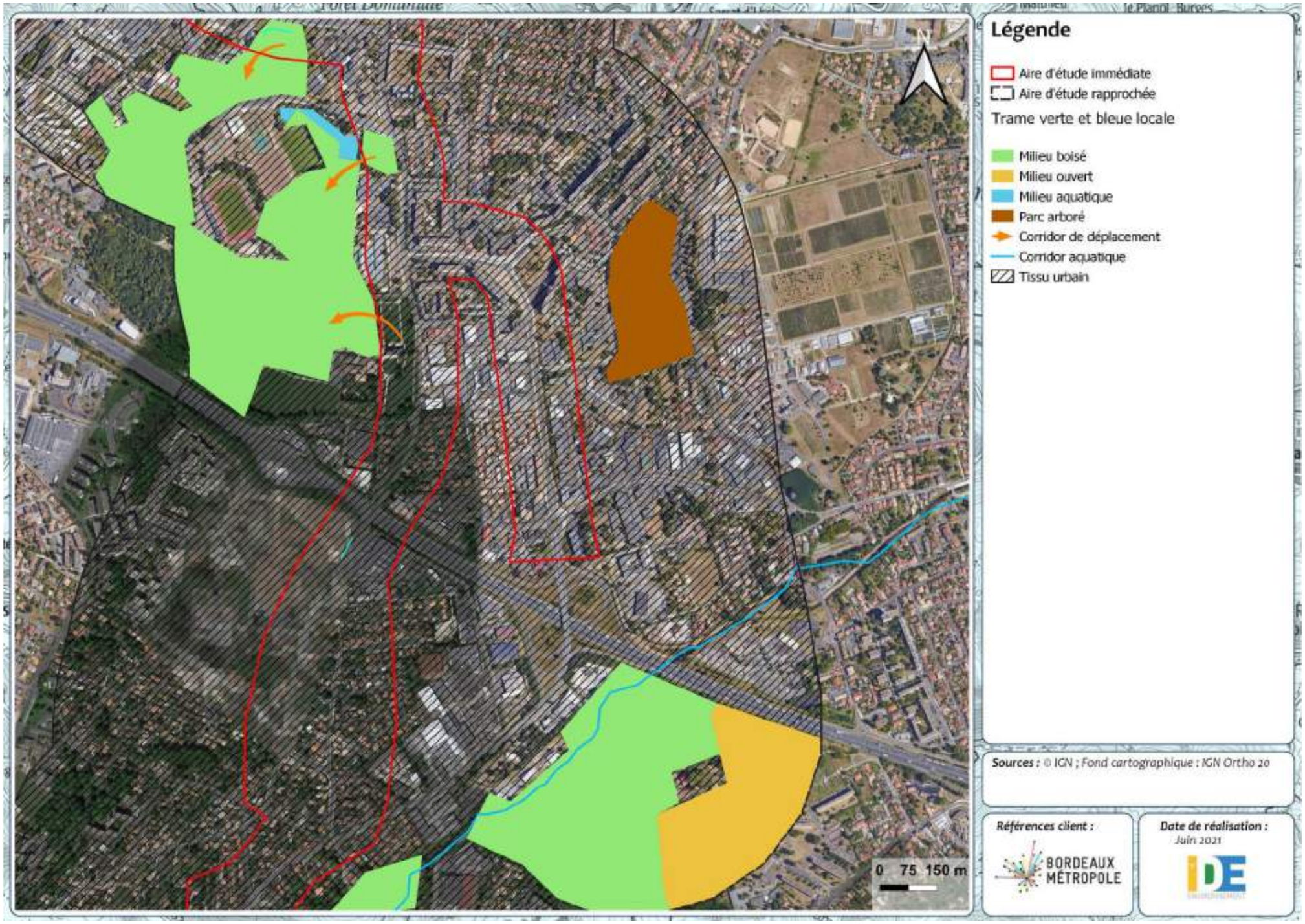


Figure 96 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (3/4)

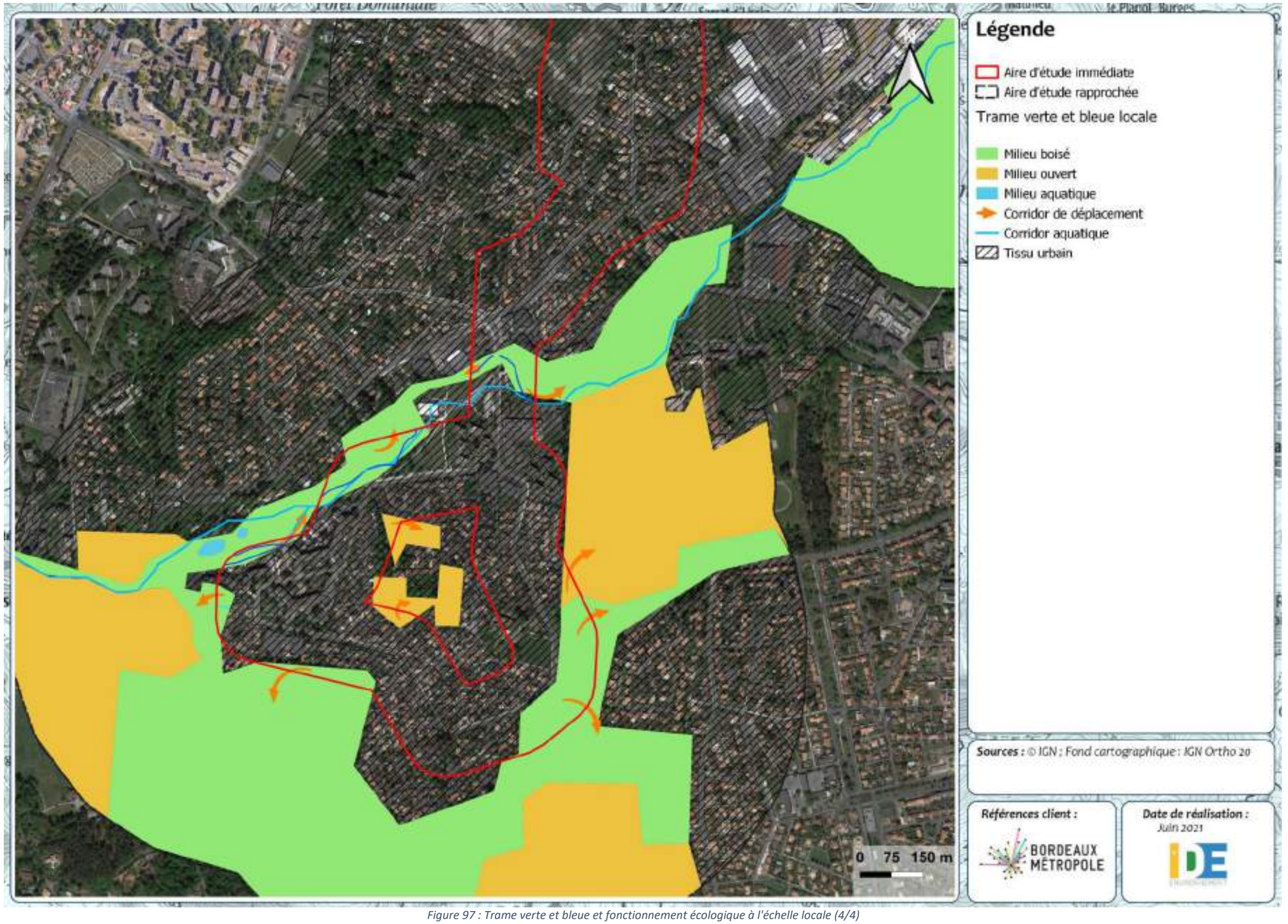


Figure 97 : Trame verte et bleue et fonctionnement écologique à l'échelle locale (4/4)

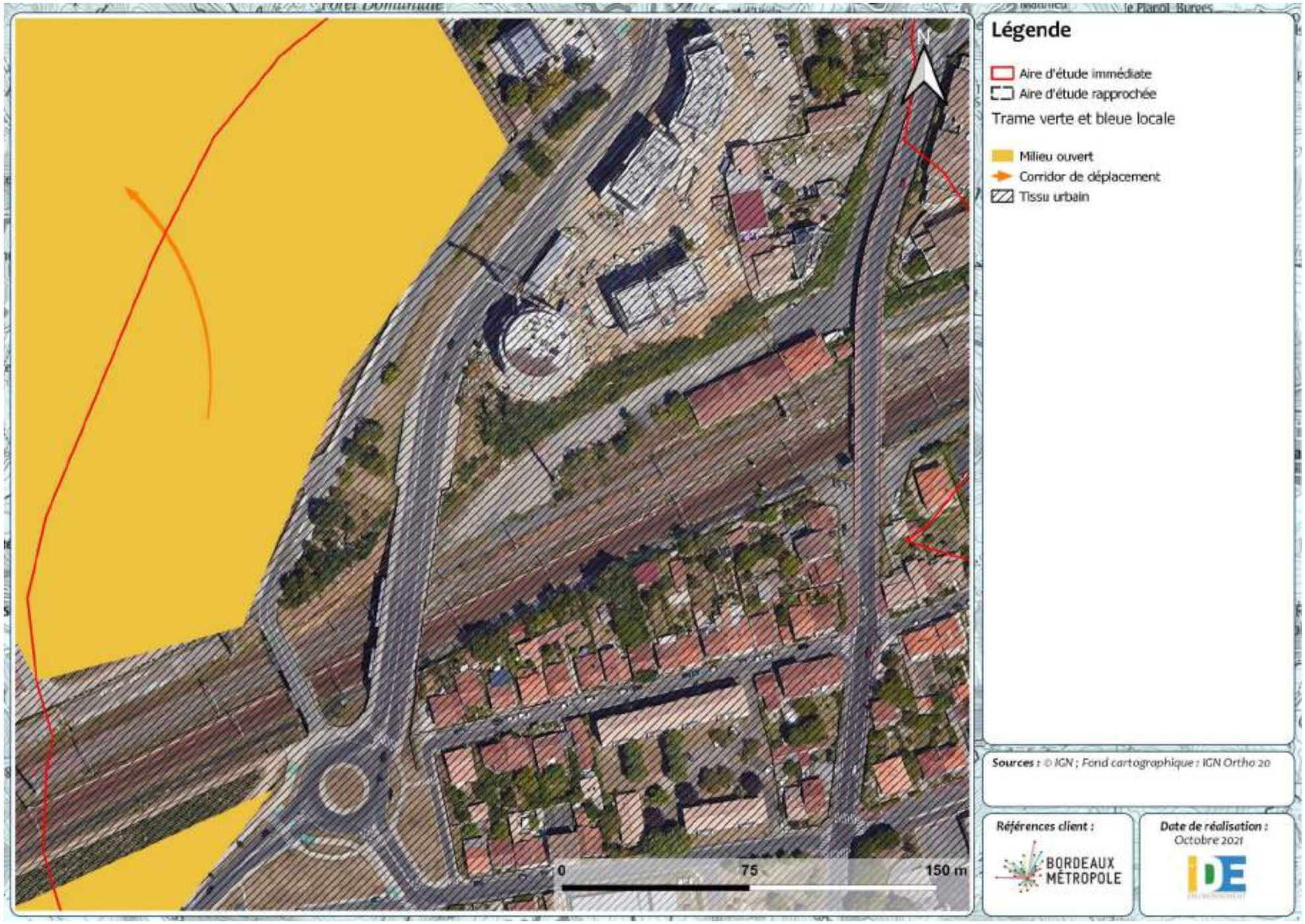


Figure 98 : Zoom cartographique de la trame verte et bleue et du fonctionnement écologique à l'échelle locale, sur le périmètre de la Médoquine

8 SYNTHESE ET HIERARCHISATION DES ENJEUX ASSOCIES AU MILIEU NATUREL

8.1 Hiérarchisation des enjeux pressentis par habitat

Le tableau et la cartographie de synthèse présentés aux pages suivantes visent à hiérarchiser et localiser les enjeux par habitats naturels en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques (zone humide ou non, inscrite à la directive « Habitats » ou non), mais aussi de leur capacité à héberger la reproduction des espèces protégées et/ou patrimoniales identifiées au cours des investigations de terrain ou dans la bibliographie.

Intitulé	Code EUNIS	Directive « Habitat » 97/62/CE	Zone humide	Reproduction ou repos potentiel ou avéré de taxons protégés	Reproduction ou repos potentiel ou avéré d'espèces patrimoniales	Enjeu floristique	Enjeu faunistique	Enjeu pour les continuités écologiques	Enjeu final
Bâtiments des villes x Réseaux de transport x Petits jardins ornementaux et domestiques	J1 x J4 x I2.2	Non	Non	Oiseaux, chiroptères, reptiles, Flore	Oiseaux, chiroptères, Flore	**Très faible à faible**	**Modéré**	**Très faible**	**Modéré**
Boisements sur sols eutrophes et mésotrophes à *Quercus, Fraxinus* et *Carpinus betulus*	G1.A1	Non	Non	Chiroptères, oiseaux, reptiles, mammifères, amphibiens	Chiroptères, oiseaux	**Très faible**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Canaux d'eau non salée complètement artificiels	J5.41	Non	Non	Amphibiens		**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Eaux courantes	C2	Non	Non	Amphibiens		**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Fontaines et cascades non salées fortement artificielles	J5.5	Non	Non	Amphibiens		**Nul**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Forêts riveraines à *Fraxinus* et *Alnus*	G1.21	91E0*, mais très dégradé	Oui, 8 595 m²	Chiroptères, oiseaux, amphibiens	Chiroptères, oiseaux	**Très faible**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Formations spontanées de *Robinia*	G1.C3	Non	Non	Chiroptères, oiseaux, mammifères	Chiroptères	**Très faible**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Fourrés tempérés	F3.1	Non	Non	Oiseaux, amphibiens, reptiles, mammifères		**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Friches	I1.5	Non	Non	Mammifères		**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Grands jardins ornementaux	I2.1	Non	1 zone humide référencée dans la bibliographie : 180 m²	Chiroptères, oiseaux, amphibiens, mammifères, flore	Chiroptères, oiseaux, flore	**Très faible à Modéré**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Mares temporaires	C1.6	Non	Non	Amphibiens		**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**

Intitulé	Code EUNIS	Directive « Habitat » 97/62/CE	Zone humide	Reproduction ou repos potentiel ou avéré de taxons protégés	Reproduction ou repos potentiel ou avéré d'espèces patrimoniales	Enjeu floristique	Enjeu faunistique	Enjeu pour les continuités écologiques	Enjeu final
Pelouses des parcs	E2.64	Non	Oui, 1 zone de 868 m²			**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères	G5.5	Non	Non	Chiroptères, oiseaux, reptiles, mammifères, amphibiens	Chiroptères, oiseaux	**Très faible**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Petits jardins ornementaux et domestiques	I2.2	Non	Non	Chiroptères, oiseaux, amphibiens, mammifères	Chiroptères, oiseaux	**Très faible**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Pinèdes à *Pinus pinaster*	G3.71	Non	Non	Chiroptères, oiseaux	Chiroptères, oiseaux	**Très faible**	**Modéré**	**Faible**	**Modéré**
Prairies de fauche atlantiques	E2.21	Non	Non			**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	E3.4	Non	Oui, 2 134 m²			**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Sites de construction	J1.6	Non	Non	Reptiles		**Nul**	**Faible**	**Nul**	**Faible**
Végétations herbacées anthropiques	E5.1	Non	Non	Reptiles		**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**
Vignobles	FB.4	Non	1 zone humide référencée dans la bibliographie : 5 360 m²			**Très faible**	**Faible**	**Faible**	**Faible**

Tableau 29 : Synthèse des enjeux écologiques par habitat naturel dans l'aire d'étude immédiate

Valeur de l'enjeu	Nul	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort

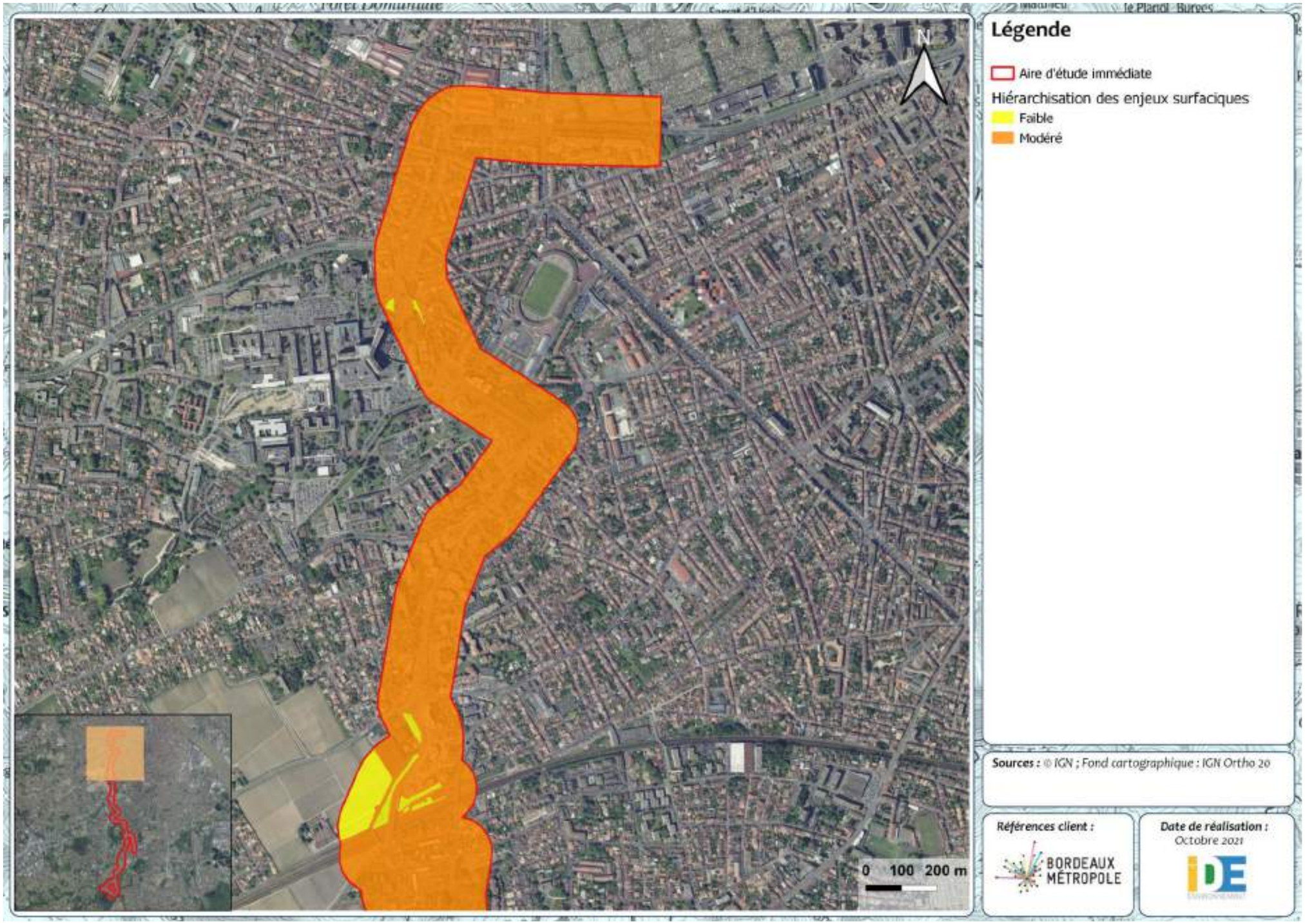


Figure 99 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 1/4

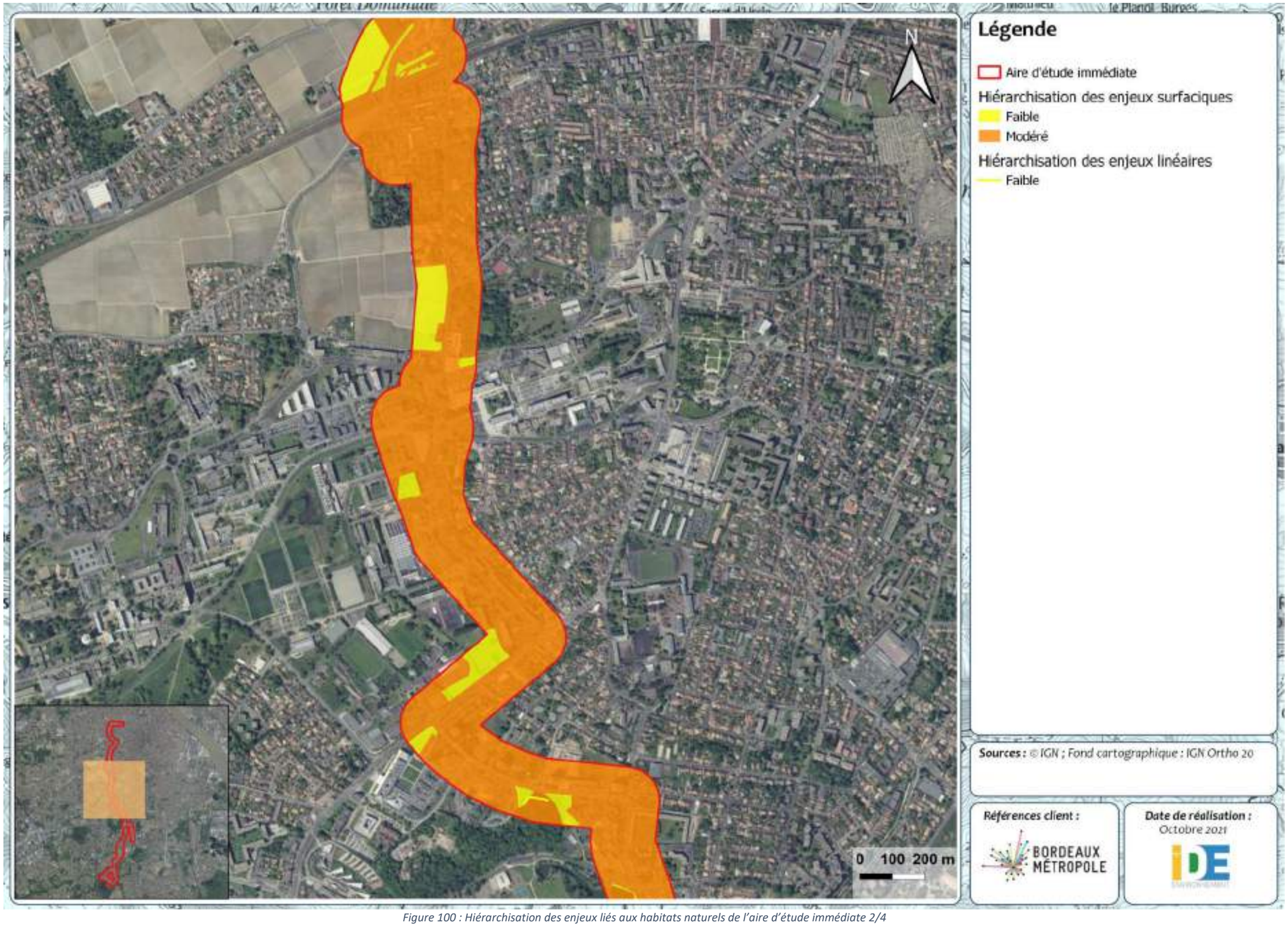


Figure 100 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 2/4

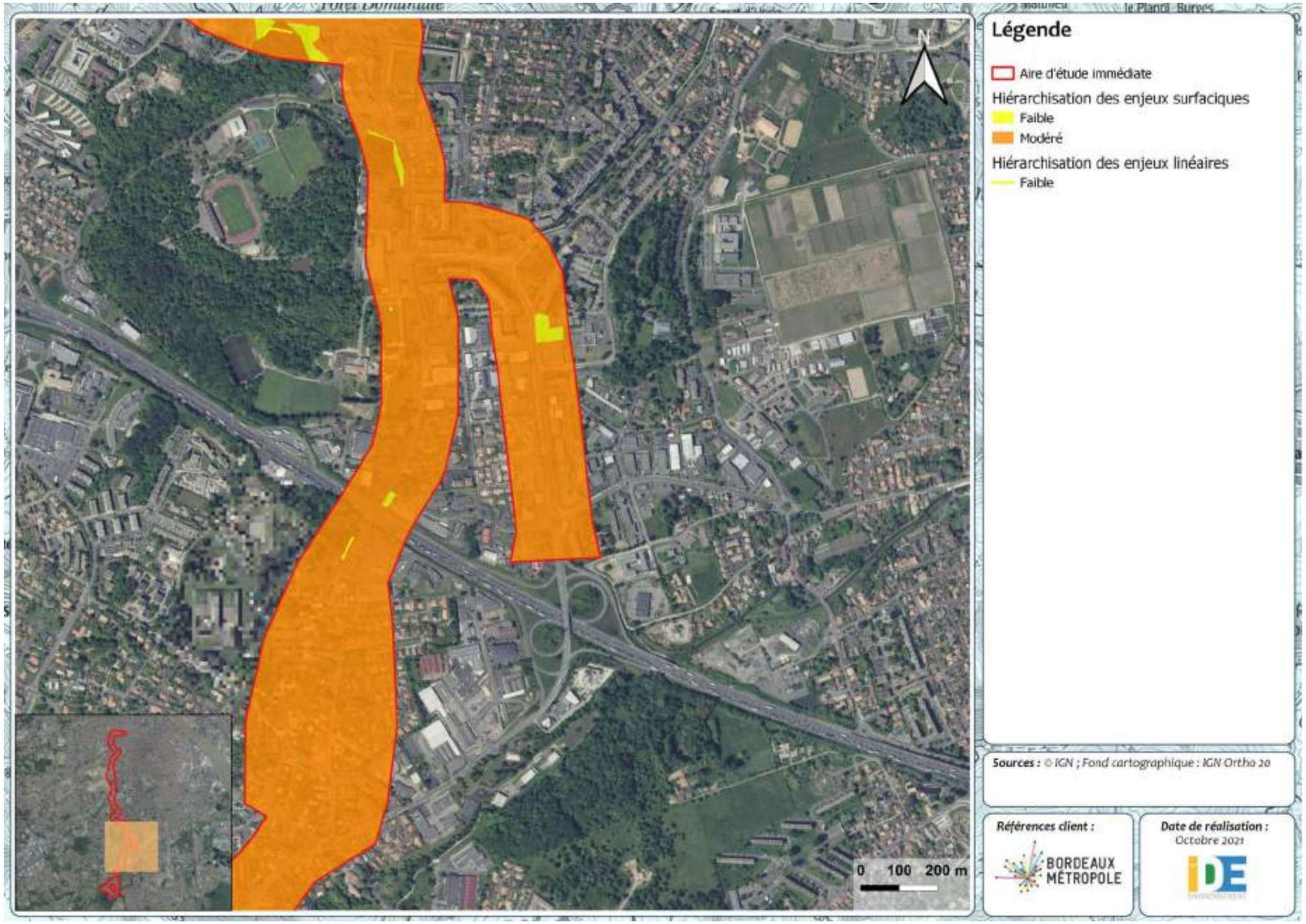


Figure 101 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 3/4

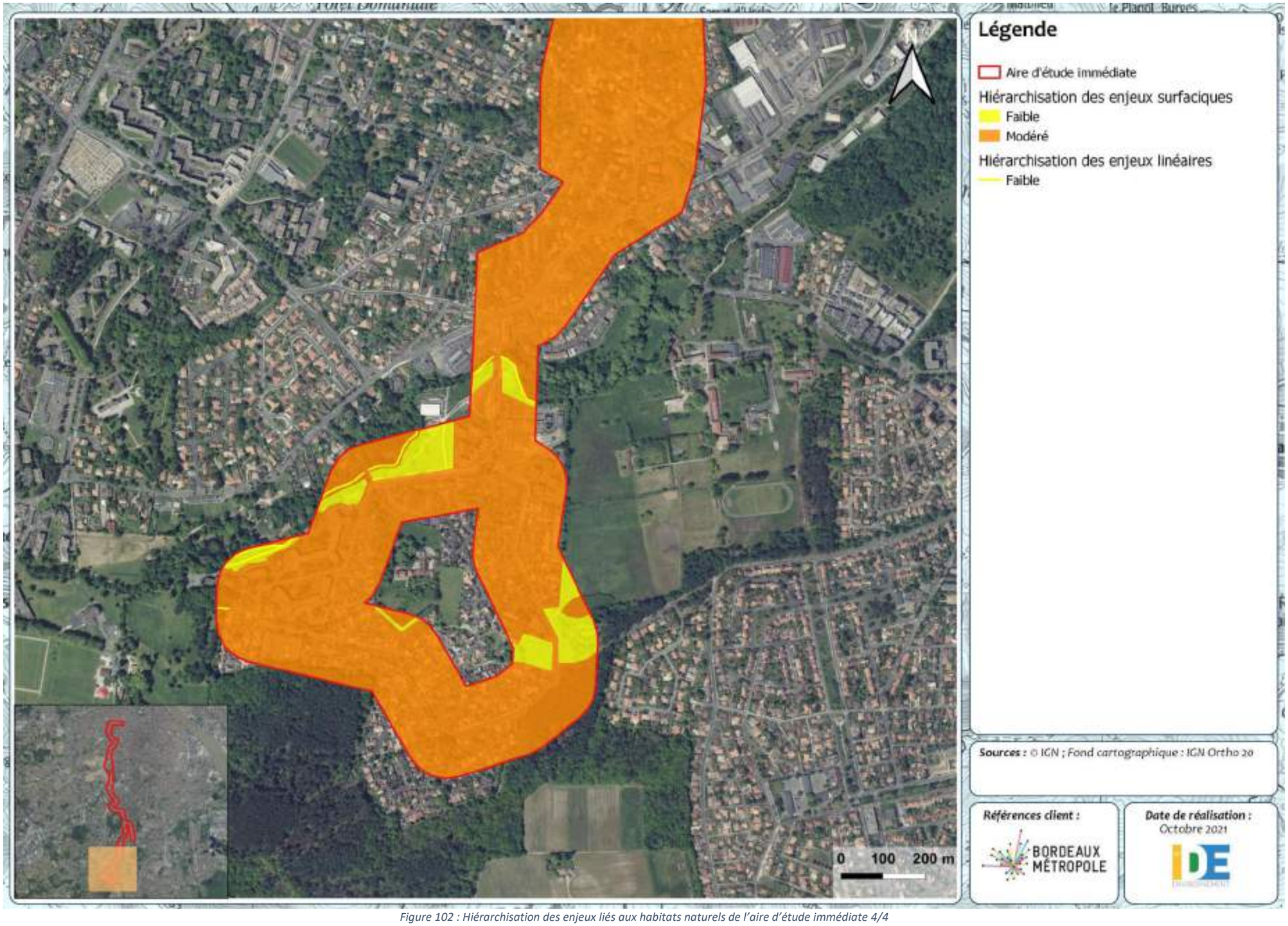


Figure 102 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels de l'aire d'étude immédiate 4/4

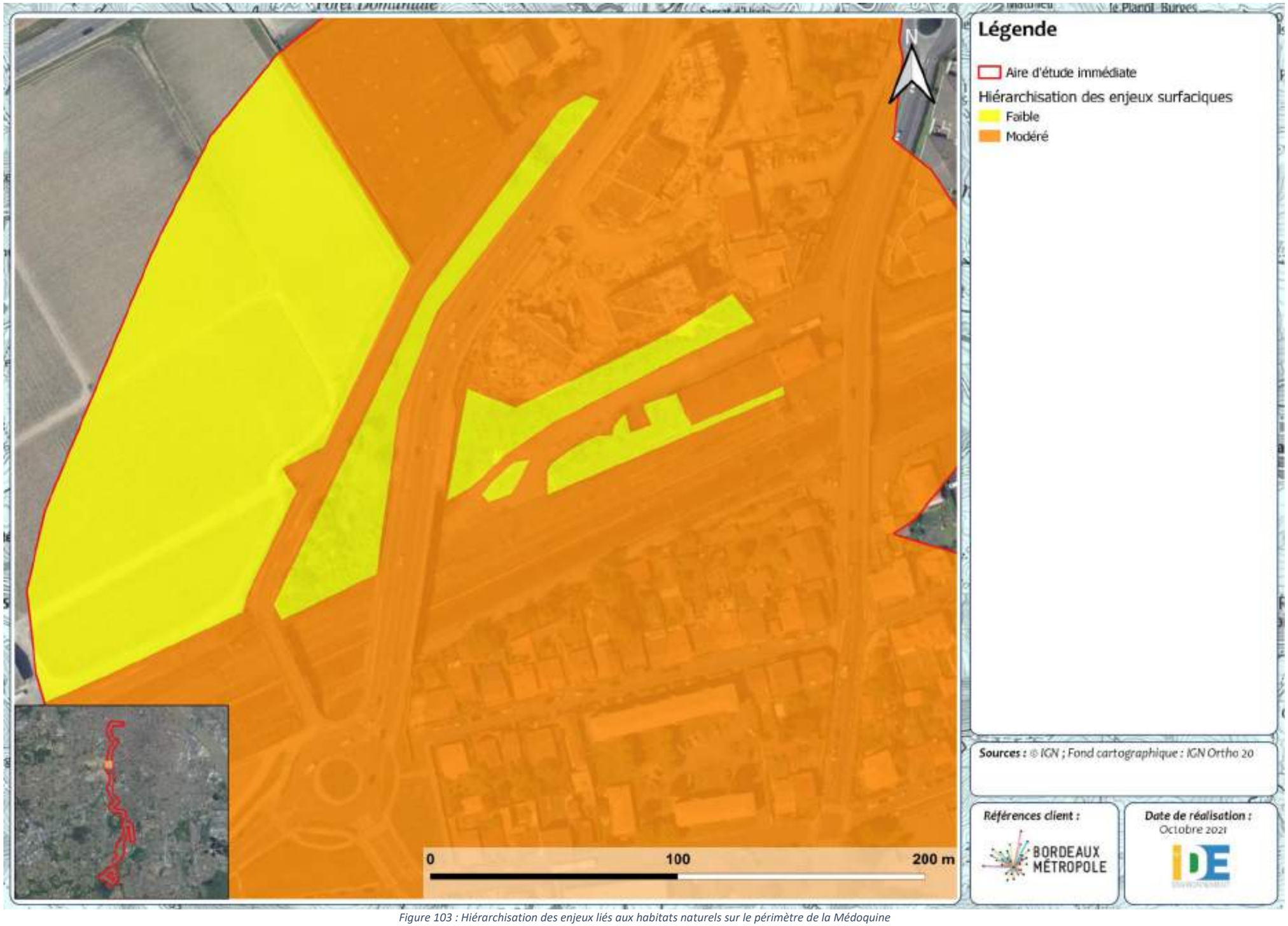


Figure 103 : Hiérarchisation des enjeux liés aux habitats naturels sur le périmètre de la Médoquine

8.2 Synthèse de l'analyse du milieu naturel

Thème environnemental	Diagnostic de l'état initial	Niveau de l'enjeu	Recommandations éventuelles
Patrimoine naturel	▪ L'aire d'étude immédiate ne recoupe aucun zonage réglementaire. ▪ Deux zonages à proximité immédiate de l'aire d'étude : ZNIEFF I et Site inscrit ▪ De nombreuses espèces protégées sont recensées sur l'aire d'étude rapprochée.	**FAIBLE**	/
Habitats et flore	▪ Un des habitats est d'intérêt communautaire : Forêt riveraine à *Fraxinus* et *Alnus*, qui est cependant très dégradé. ▪ Aucune espèce protégée et/ou patrimoniale n'a été inventoriée lors des passages. ▪ 4 espèces protégées et/ou patrimoniales issues de la bibliographie sont considérées comme présentes. ▪ 16 espèces exotiques envahissantes ont été recensées sur la zone d'étude.	**MODERE**	Eviter les stations d'espèces protégées et/ou patrimoniales. Mettre en place des mesures de lutte contre les espèces exotiques envahissantes.
Invertébrés	▪ Faible diversité spécifique observée : 17 espèces seulement. ▪ Des traces de galeries de Grand Capricorne ont été observées : espèce protégée	**FAIBLE**	Conserver les arbres favorables et éviter boisements de feuillus
Amphibiens	▪ Deux espèces d'amphibiens, protégées mais communes et non menacées dans la région, sont susceptibles de fréquenter les boisements et les parcs arborés comme habitat de repos en plus d'utiliser les fossés et les zones en eau comme milieu de reproduction. ▪ Deux espèces d'amphibiens recensées dans la bibliographie sont susceptibles de se reproduire dans l'aire d'étude immédiate. Ces espèces présentent toutefois un enjeu faible.	**FAIBLE**	Adapter le planning prévisionnel des travaux (octobre à janvier) afin d'éviter la destruction d'individus dans leur période de reproduction. Maintenir les habitats favorables à la reproduction et au repos (boisements, parcs arborés).
Reptiles	▪ 1 espèce protégée observée : Lézard des murailles ▪ 2 espèces potentielle : Couleuvre verte et jaune et Tarente de Maurétanie	**FAIBLE**	Adapter le planning prévisionnel des travaux (novembre à mars) afin d'éviter la destruction d'individus dans leur période de reproduction. Conserver les haies et éviter les impacts sur les lisières forestières
Oiseaux	▪ 35 espèces recensées : dont 23 protégées et 5 patrimoniales. ▪ Biodiversité commune et adaptée aux milieux très urbains. ▪ 20 espèces potentielles, dont 5 sont considérées comme patrimoniale	**MODERE**	Adapter le planning prévisionnel des travaux (octobre à mars) afin d'éviter la destruction d'individus dans leur période de reproduction. Conserver les boisements, les arbres favorables à la biodiversité, les fourrés.
Mammifères	▪ 1 espèce protégée recensée : Hérisson d'Europe ▪ 1 espèce protégée potentielle : Ecureuil roux	**FAIBLE**	Adapter le planning prévisionnel des travaux (octobre à mars) afin d'éviter la destruction d'individus dans leur période de reproduction. Conserver les milieux semi-ouverts (fourrés, friches) et les boisements
Chiroptères	▪ 5 espèces protégées recensées dont 3 patrimoniales ; ▪ 5 espèces protégées potentielles dont 1 patrimoniale à enjeu fort ;	**MODERE**	Adapter le planning prévisionnel des travaux (octobre à mai) afin d'éviter la destruction d'individus dans leur période de reproduction.

Thème environnemental	Diagnostic de l'état initial	Niveau de l'enjeu	Recommandations éventuelles
	▪ Reproduction de plusieurs espèces à tendance anthropophile et/ou arboricole potentielle sur le site.		Conserver les arbres favorables, les boisements et les bâtis. Si destruction de bâtis ou d'arbres favorables, prévoir le passage d'un expert afin d'évaluer la présence éventuelle de chiroptères en période de repos.
Zones humides	▪ Plusieurs zones humides ont été référencées dans l'étude bibliographique au niveau de l'aire d'étude immédiate et de l'aire d'étude éloignée. ▪ Trois zones humides ont été délimitée avec précision sur l'aire d'étude immédiate. ▪ 2 zones humides issues de la bibliographie sont considérés comme présente sur l'aire d'étude immédiate.	**MODERE**	Privilégier l'évitement des zones humides.
Continuités écologiques	▪ Aire d'étude immédiate traversant une continuité écologique fragilisée et présentant des espaces relais pour la biodiversité. Cependant, le tracé n'impacte pas ces zones identifiées comme importante pour la TVB. ▪ Aire d'étude immédiate composée en majeure partie par le tissu urbain de la métropole bordelaise. Quelques patchs de la trame verte (boisements anthropiques, parcs arborés) et de la trame bleue (cours d'eau, fossés..) sont présents, mais ne jouent pas de rôle majeur dans le fonctionnement écologique du secteur.	**FAIBLE**	/

Tableau 30 : Synthèse des enjeux par thématiques sur le milieu naturel

Valeur de l'enjeu	Nul	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort

9 ANNEXES

9.1 Listes des espèces issues des espaces remarquables et réglementaires

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Hexapoda	Pique-prune	*Osmoderma eremita*	Annexe II, Annexe IV	Article 2					Non
Plantae	Glaïeul des moissons	*Gladiolus italicus*			Article 1		LC	LC	Non
Plantae	Hottonie des marias	*Hottonia palustris*			Article 1		LC	NT	Non
Plantae	Néottie nid d'oiseau	*Neottia nidus-avis*				Article 3	LC	LC	Non
Plantae	Polypogon de Montpellier	*Polypogon monspeliensis*							Non

Tableau 31 : Liste des espèces protégées et/ou patrimoniales recensées sur la ZNIEFF I : Mare du bois de Thouars

9.2 Liste des espèces faunistique et floristique recensées dans l'atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Plantae	Amarante de Bouchon	*Amaranthus hybridus subsp. bouchonii*			Aquitaine (Article 1)		NA	LC (Aquitaine)	Non
Plantae	Ammi visnage	*Visnaga daucoides*					LC	CR (Aquitaine)	Non
Plantae	Angélique à fruits variés	*Angelica heterocarpa*	Annexe II, Annexe IV	Article 1			LC	NT (Aquitaine)	Non
Plantae	Butome en ombelle	*Butomus umbellatus*			Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	Non
Plantae	Colchique d'automne	*Colchicum autumnale*			Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	Oui
Plantae	Colchique de Naples	*Colchicum autumnale*					LC	RE (Aquitaine)	Non
Plantae	Glycérie aquatique	*Glyceria maxima*				33 (Article 3)	LC	LC (Aquitaine)	Non
Plantae	Hottonie des marais, Millefeuille aquatique	*Hottonia palustris*			Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	Non
Plantae	Lotier grêle	*Lotus angustissimus*			Aquitaine (Article 1)		LC	LC (Aquitaine)	Non

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Plantae	Oenanthe de Foucaud	*Oenanthe foucaudii*		Article 1				LC (Aquitaine)	Non
Plantae	Orchis à fleurs lâches	*Anacamptis laxiflora*				33 (Article 3)	LC	NT (Aquitaine)	Non
Plantae	Fritillaire pintade	*Fritillaria meleagris*			Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	Non
Amphibia	Alyte accoucheur	*Alytes obstetricans*	Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Non
Amphibia	Crapaud calamite (Le)	*Epidalea calamita*	Annexe IV	Article 2			LC	NT (Aquitaine)	Non
Amphibia	Crapaud épineux (Le)	*Bufo spinosus*					LC	LC (Aquitaine)	Oui
Amphibia	Grenouille agile (La)	*Rana dalmatina*	Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Oui
Amphibia	Pélodyte ponctué (Le)	*Pelodytes punctatus*		Article 3			LC	VU (Aquitaine)	Non
Amphibia	Rainette méridionale (La)	*Hyla meridionalis*	Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Non
Amphibia	Salamandre tachetée (La)	*Salamandra salamandra*		Article 3			LC	LC (Aquitaine)	Oui
Amphibia	Triton marbré (Le)	*Triturus marmoratus*	Annexe IV	Article 2			NT	LC (Aquitaine)	Non
Reptilia	Cistude d'Europe	*Emys orbicularis*	Annexe II, Annexe IV	Article 2			LC	NT (Aquitaine)	Non
Reptilia	Couleuvre helvétique (La)	*Natrix natrix*		Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Non
Reptilia	Couleuvre verte et jaune (La)	*Hierophis viridiflavus*	Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Oui
Reptilia	Lézard à deux raies (Le)	*Lacerta bilineata*	Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Non
Reptilia	Lézard des murailles (Le)	*Podarcis muralis*	Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Oui
Reptilia	Tarente de Maurétanie (La)	*Tarentola mauritanica*		Article 3			LC	NA (Aquitaine)	Oui
Mammalia	Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus*	Annexe II, Annexe IV	Article 2			LC		Oui
Mammalia	Campagnol amphibie	*Arvicola sapidus*		Article 2			NT		Non
Mammalia	Écureuil roux	*Sciurus vulgaris*		Article 2			LC		Oui
Mammalia	Genette commune	*Genetta genetta*	Annexe V	Article 2			LC		Non
Mammalia	Hérisson d'Europe	*Erinaceus europaeus*		Article 2			LC		Oui
Mammalia	Loutre d'Europe	*Lutra lutra*	Annexe II, Annexe IV	Article 2			LC		Non

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Mammalia	Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	Annexe IV	Article 2			LC		Oui
Mammalia	Noctule commune	*Nyctalus noctula*	Annexe IV	Article 2			VU		Oui
Mammalia	Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Annexe IV	Article 2			NT		Oui
Mammalia	Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Annexe IV	Article 2			NT		Oui
Mammalia	Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	Annexe IV	Article 2			LC		Oui
Mammalia	Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Annexe IV	Article 2			LC		Oui
Mammalia	Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Annexe IV	Article 2			NT		Oui
Hexapoda	Aeschne affine	*Aeshna affinis*					LC	LC (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Agrion joli	*Coenagrion pulchellum*					VU	VU (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Agrion mignon (L')	*Coenagrion scitulum*					LC	LC (Aquitaine)	Oui
Hexapoda	Cordulie à corps fin (La)	*Oxygastra curtisii*	Annexe II, Annexe IV	Article 2			LC	LC (Aquitaine)	Oui
Hexapoda	Cuivré des marais (Le)	*Lycaena dispar*	Annexe II, Annexe IV	Article 2			LC	NT (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Damier de la Succise (Le)	*Euphydryas aurinia*	Annexe II	Article 3			LC	LC (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Fadet des Laîches (Le)	*Coenonympha oedippus*	Annexe II, Annexe IV	Article 2			NT	VU (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Leste sauvage	*Lestes barbarus*					LC	LC (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Leste verdoyant	*Lestes virens*					LC	LC (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Libellule fauve (La)	*Libellula fulva*					LC	LC (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Mercure (Le)	*Arethusana arethusa*					LC	EN (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Petit Mars changeant (Le)	*Apatura ilia*					LC	LC (Aquitaine)	Non
Hexapoda	Sympétrum méridional (Le)	*Sympetrum meridionale*					LC	LC (Aquitaine)	Oui
Aves	Accenteur mouchet	*Prunella modularis*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Aigrette garzette	*Egretta garzetta*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Alouette lulu	*Lullula arborea*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Autour des palombes	*Accipiter gentilis*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Avocette élégante	*Recurvirostra avosetta*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Bergeronnette de Yarrell	*Motacilla alba yarrellii*		Article 3					Non
Aves	Bergeronnette des ruisseaux	*Motacilla cinerea*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Bergeronnette grise	*Motacilla alba*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Bergeronnette printanière	*Motacilla flava*		Article 3			LC (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Bernache cravant	*Branta bernicla*	Annexe II/2	Article 3			LC (Hivernant)		Non
Aves	Bernache nonnette	*Branta leucopsis*	Annexe I	Article 3			NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Bondrée apivore	*Pernis apivorus*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), LC (De passage)		Non
Aves	Bouscarle de Cetti	*Cettia cetti*		Article 3			NT (Nicheur)		Oui
Aves	Bouvreuil pivoine	*Pyrrhula pyrrhula*		Article 3			VU (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Bruant des roseaux	*Emberiza schoeniclus*		Article 3			EN (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Bruant jaune	*Emberiza citrinella*		Article 3			VU (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Bruant proyer	*Emberiza calandra*		Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Bruant zizi	*Emberiza cirlus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Busard Saint-Martin	*Circus cyaneus*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Buse variable	*Buteo buteo*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Butor étoilé	*Botaurus stellaris*	Annexe I	Article 3			VU (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*		Article 3			VU (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Chevalier guignette	*Actitis hypoleucos*		Article 3			NT (Nicheur), NA (Hivernant), DD (De passage)		Non
Aves	Choucas des tours	*Corvus monedula*	Annexe II/2	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Chouette chevêche	*Athene noctua*		Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Chouette effraie	*Tyto alba*		Article 3			LC (Nicheur)		Non

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Chouette hulotte	*Strix aluco*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Cigogne blanche	*Ciconia ciconia*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Cisticole des joncs	*Cisticola juncidis*		Article 3			VU (Nicheur)		Non
Aves	Cochevis huppé	*Galerida cristata*		Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Coucou gris	*Cuculus canorus*		Article 3			LC (Nicheur), DD (De passage)		Oui
Aves	Cygne tuberculé	*Cygnus olor*	Annexe II/2	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Épervier d'Europe	*Accipiter nisus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Faucon crécerelle	*Falco tinnunculus*		Article 3			NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Faucon hobereau	*Falco subbuteo*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Faucon pèlerin	*Falco peregrinus*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Fauvette à tête noire	*Sylvia atricapilla*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Fauvette des jardins	*Sylvia borin*		Article 3			NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Fauvette grisette	*Sylvia communis*		Article 3			LC (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Gobemouche gris	*Muscicapa striata*		Article 3			NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Goéland argenté	*Larus argentatus*	Annexe II/2	Article 3			NT (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Goéland brun	*Larus fuscus*	Annexe II/2	Article 3			LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Goéland cendré	*Larus canus*	Annexe II/2	Article 3			EN (Nicheur), LC (Hivernant)		Non
Aves	Goéland leucophée	*Larus michahellis*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Grand Cormoran	*Phalacrocorax carbo*		Article 3			LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Grand Labbe	*Stercorarius skua*		Article 4			NA (Hivernant), LC (De passage)		Non
Aves	Grande Aigrette	*Egretta alba*	Annexe I	Article 3			NT (Nicheur)		Non
Aves	Grèbe à cou noir	*Podiceps nigricollis*		Article 3			LC (Nicheur), LC (Hivernant)		Non
Aves	Grèbe castagneux	*Tachybaptus ruficollis*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Grèbe esclavon	*Podiceps auritus*	Annexe I	Article 3			VU (Hivernant)		Non
Aves	Grèbe huppé	*Podiceps cristatus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Grèbe jougris	*Podiceps grisegena*		Article 3			CR (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Grimpereau des jardins	*Certhia brachydactyla*		Article 3			LC (Nicheur)		Oui
Aves	Grosbec casse-noyaux	*Coccothraustes coccothraustes*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Grue cendrée	*Grus grus*	Annexe I	Article 3			CR (Nicheur), NT (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Harle bièvre	*Mergus merganser*	Annexe II/2	Article 3			NT (Nicheur), LC (Hivernant)		Non
Aves	Harle huppé	*Mergus serrator*	Annexe II/2	Article 3			CR (Nicheur), LC (Hivernant)		Non
Aves	Harle piette	*Mergellus albellus*	Annexe I	Article 3			VU (Hivernant)		Non
Aves	Héron cendré	*Ardea cinerea*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Héron garde-boeufs, Pique bœufs	*Bubulcus ibis*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Hirondelle de fenêtre	*Delichon urbicum*		Article 3			NT (Nicheur), DD (De passage)		Oui
Aves	Hirondelle rustique, Hirondelle de cheminée	*Hirundo rustica*		Article 3			NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Huppe fasciée	*Upupa epops*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Hypolaïs polyglotte, Petit contrefaisant	*Hippolais polyglotta*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Linotte mélodieuse	*Carduelis cannabina*		Article 3			VU (Nicheur)		Non
Aves	Locustelle tachetée	*Locustella naevia*		Article 3			NT (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Loriot d'Europe	*Oriolus oriolus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Martinet noir	*Apus apus*		Article 3			NT (Nicheur), DD (De passage)		Oui
Aves	Martinet pâle	*Apus pallidus*		Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Martin-pêcheur d'Europe	*Alcedo atthis*	Annexe I	Article 3			VU (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Merle à plastron	*Turdus torquatus*		Article 3			LC (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Mésange à longue queue	*Aegithalos caudatus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Mésange bleue	*Cyanistes caeruleus*		Article 3			NA (De passage)		Oui
Aves	Mésange charbonnière	*Parus major*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Mésange huppée	*Lophophanes cristatus*		Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Mésange noire	*Periparus ater*		Article 3			NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Mésange nonnette	*Poecile palustris*		Article 3			LC (Nicheur)		Oui
Aves	Milan noir	*Milvus migrans*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Milan royal	*Milvus milvus*	Annexe I	Article 3			VU (Nicheur), VU (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Moineau domestique	*Passer domesticus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Moineau friquet	*Passer montanus*		Article 3			EN (Nicheur)		Oui
Aves	Mouette mélanocéphale	*Larus melanocephalus*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Mouette pygmée	*Hydrocoloeus minutus*	Annexe I	Article 3			NA (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Mouette rieuse	*Chroicocephalus ridibundus*	Annexe II/2	Article 3			NT (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Mouette tridactyle	*Rissa tridactyla*		Article 3			VU (Nicheur), NA (Hivernant), DD (De passage)		Non
Aves	Oedicnème criard	*Burhinus oedicnemus*	Annexe I	Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Petit Gravelot	*Charadrius dubius*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Pétrel cul-blanc	*Oceanodroma leucorhoa*	Annexe I	Article 3					Non
Aves	Phragmite des joncs	*Acrocephalus schoenobaenus*		Article 3			LC (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Pic épeiche	*Dendrocopos major*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Pic épeichette	*Dendrocopos minor*		Article 3			VU (Nicheur)		Non
Aves	Pic vert, Pivert	*Picus viridis*		Article 3			LC (Nicheur)		Oui
Aves	Pie-grièche à tête rousse	*Lanius senator*		Article 3			VU (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Pie-grièche écorcheur	*Lanius collurio*	Annexe I	Article 3			NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Pinson des arbres	*Fringilla coelebs*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Pinson du nord	*Fringilla montifringilla*		Article 3			DD (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Pipit des arbres	*Anthus trivialis*		Article 3			LC (Nicheur), DD (De passage)		Oui
Aves	Pipit farlouse	*Anthus pratensis*		Article 3			VU (Nicheur), DD (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Pipit spioncelle	*Anthus spinoletta*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Plongeon arctique	*Gavia arctica*	Annexe I	Article 3			NA (Hivernant), DD (De passage)		Non
Aves	Plongeon catmarin	*Gavia stellata*	Annexe I	Article 3			NA (Hivernant), DD (De passage)		Non
Aves	Plongeon imbrin	*Gavia immer*	Annexe I	Article 3			VU (Hivernant)		Non
Aves	Pouillot de Bonelli	*Phylloscopus bonelli*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Pouillot siffleur	*Phylloscopus sibilatrix*		Article 3			NT (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Pouillot véloce	*Phylloscopus collybita*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Rémiz penduline	*Remiz pendulinus*		Article 3			CR (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Roitelet à triple bandeau	*Regulus ignicapilla*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Roitelet huppé	*Regulus regulus*		Article 3			NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Rossignol philomèle	*Luscinia megarhynchos*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Rougegorge familier	*Erithacus rubecula*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Rougequeue à front blanc	*Phoenicurus phoenicurus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Rougequeue noir	*Phoenicurus ochruros*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Rousserolle effarvatte	*Acrocephalus scirpaceus*		Article 3			LC (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Rousserolle turdoïde	*Acrocephalus arundinaceus*		Article 3			VU (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Serin cini	*Serinus serinus*		Article 3			VU (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Sittelle torchepot	*Sitta europaea*		Article 3			LC (Nicheur)		Oui
Aves	Tadorne de Belon	*Tadorna tadorna*		Article 3			LC (Nicheur), LC (Hivernant)		Non
Aves	Tarier pâtre	*Saxicola torquatus*		Article 3			NT (Nicheur)		Non

Groupe	Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Tarin des aulnes	*Carduelis spinus*		Article 3			LC (Nicheur)		Non
Aves	Torcol fourmilier	*Jynx torquilla*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Troglodyte mignon	*Troglodytes troglodytes*		Article 3			LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Verdier d'Europe	*Carduelis chloris*		Article 3			VU (Nicheur)		Oui

Figure 104 : Liste des espèces faunistique et floristique recensées par l'atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole

9.3 Listes des espèces issues des données de l'Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage (OAFS)

Groupe	Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Actinopterygii	Anguille d'Europe, Anguille européenne	*Anguilla anguilla*			CR		Non
Amphibia	Alyte accoucheur (L'), Crapaud accoucheur	*Alytes obstetricans*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	Non
Amphibia	Grenouille agile (La)	*Rana dalmatina*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	Oui
Amphibia	Rainette méridionale (La)	*Hyla meridionalis*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	Non
Amphibia	Salamandre tachetée (La)	*Salamandra salamandra*		Article 3	LC	LC (Aquitaine)	Oui
Amphibia	Triton palmé (Le)	*Lissotriton helveticus*		Article 3	LC	LC (Aquitaine)	Oui
Mammalia	Barbastelle d'Europe, Barbastelle	*Barbastella barbastellus*	Annexe II, Annexe IV	Article 2	LC		Oui
Mammalia	Écureuil roux	*Sciurus vulgaris*		Article 2	LC		Oui
Mammalia	Hérisson d'Europe	*Erinaceus europaeus*		Article 2	LC		Oui
Mammalia	Lapin de garenne	*Oryctolagus cuniculus*			NT		Non
Mammalia	Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Annexe IV	Article 2	NT		Oui
Mammalia	Petit rhinolophe	*Rhinolophus hipposideros*	Annexe II, Annexe IV	Article 2	LC		Oui
Mammalia	Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Annexe IV	Article 2	NT		Oui
Mammalia	Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Annexe IV	Article 2	NT		Oui

Groupe	Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Reptilia	Couleuvre verte et jaune (La)	*Hierophis viridiflavus*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	Oui
Reptilia	Lézard des murailles (Le)	*Podarcis muralis*	Annexe IV	Article 2	LC	LC (Aquitaine)	Oui
Reptilia	Tarente de Maurétanie (La)	*Tarentola mauritanica*		Article 3	LC	NA (Aquitaine)	Oui
Aves	Accenteur mouchet	*Prunella modularis*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Alouette lulu	*Lullula arborea*	Annexe I	Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Bergeronnette des ruisseaux	*Motacilla cinerea*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Bergeronnette grise	*Motacilla alba*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Non
Aves	Bruant zizi	*Emberiza cirlus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*		Article 3	VU (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Chouette chevêche, Chevêche d'Athéna	*Athene noctua*		Article 3	LC (Nicheur)		Non
Aves	Chouette hulotte	*Strix aluco*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Cisticole des joncs	*Cisticola juncidis*		Article 3	VU (Nicheur)		Non
Aves	Coucou gris	*Cuculus canorus*		Article 3	LC (Nicheur), DD (De passage)		Oui
Aves	Épervier d'Europe	*Accipiter nisus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Faucon crécerelle	*Falco tinnunculus*		Article 3	NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Fauvette à tête noire	*Sylvia atricapilla*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Gobemouche gris	*Muscicapa striata*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Gobemouche noir	*Ficedula hypoleuca*		Article 3	VU (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Grand corbeau	*Corvus corax*		Article 3	LC (Nicheur)		Non
Aves	Grand Cormoran	*Phalacrocorax carbo*		Article 3	LC (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Grimpereau des jardins	*Certhia brachydactyla*		Article 3	LC (Nicheur)		Oui
Aves	Grosbec casse-noyaux	*Coccothraustes coccothraustes*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Grue cendrée	*Grus grus*	Annexe I	Article 3	CR (Nicheur), NT (Hivernant), NA (De passage)		Non

Groupe	Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Héron cendré	*Ardea cinerea*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Hirondelle rustique, Hirondelle de cheminée	*Hirundo rustica*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Huppe fasciée	*Upupa epops*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Hypolaïs polyglotte, Petit contrefaisant	*Hippolais polyglotta*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Loriot d'Europe, Loriot jaune	*Oriolus oriolus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Martinet noir	*Apus apus*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)		Oui
Aves	Martin-pêcheur d'Europe	*Alcedo atthis*	Annexe I	Article 3	VU (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Mésange à longue queue, Orite à longue queue	*Aegithalos caudatus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Mésange bleue	*Cyanistes caeruleus*		Article 3	NA (De passage)		Oui
Aves	Mésange charbonnière	*Parus major*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Mésange noire	*Periparus ater*		Article 3	NA (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Milan noir	*Milvus migrans*	Annexe I	Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Milan royal	*Milvus milvus*	Annexe I	Article 3	VU (Nicheur), VU (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Moineau domestique	*Passer domesticus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Moineau friquet	*Passer montanus*		Article 3	EN (Nicheur)		Oui
Aves	Mouette rieuse	*Chroicocephalus ridibundus*	Annexe II/2	Article 3	NT (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Oie cendrée	*Anser anser*	Annexe II/1, Annexe III/2		VU (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Pic épeiche	*Dendrocopos major*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Pic vert, Pivert	*Picus viridis*		Article 3	LC (Nicheur)		Oui
Aves	Pinson des arbres	*Fringilla coelebs*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Pouillot fitis	*Phylloscopus trochilus*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Pouillot véloce	*Phylloscopus collybita*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Roitelet à triple bandeau	*Regulus ignicapilla*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui

Groupe	Espèces		Statut de protection		Statut de conservation		Espèce potentielle
	Nom commun	*Nom scientifique*	Directive habitat	Protection nationale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Aves	Roitelet huppé	*Regulus regulus*		Article 3	NT (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Rossignol philomèle	*Luscinia megarhynchos*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Rougegorge familier	*Erithacus rubecula*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Rougequeue à front blanc	*Phoenicurus phoenicurus*		Article 3	LC (Nicheur), NA (De passage)		Non
Aves	Rougequeue noir	*Phoenicurus ochruros*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant), NA (De passage)		Oui
Aves	Serin cini	*Serinus serinus*		Article 3	VU (Nicheur), NA (De passage)		Oui
Aves	Sittelle torchepot	*Sitta europaea*		Article 3	LC (Nicheur)		Oui
Aves	Tarin des aulnes	*Spinus spinus*		Article 3	LC (Nicheur)		Non
Aves	Traquet motteux	*Oenanthe oenanthe*		Article 3	NT (Nicheur), DD (De passage)		Non
Aves	Troglodyte mignon	*Troglodytes troglodytes*		Article 3	LC (Nicheur), NA (Hivernant)		Oui
Aves	Vanneau huppé	*Vanellus vanellus*	Annexe II/2		NT (Nicheur), LC (Hivernant), NA (De passage)		Non
Aves	Verdier d'Europe	*Chloris chloris*		Article 3	VU (Nicheur)		Oui

Tableau 32 : Liste des espèces protégées et/ ou patrimoniales recensées par l'OAFS sur l'aire d'étude rapprochée

9.4 Listes des espèces issues des données de l'Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine (OBN N-A)

Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
Nom scientifique	Nom commun	Directive habitat	Protection nationale	Protection régionale	Protection départementale	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	
Agrostemma githago	Lychnis Nielle, Nielle des blés					LC	EN (Aquitaine)	Non
Centranthus calcitrapae	Centranthe chausse-trappe, Centranthe Chausse-trape					LC	VU (Aquitaine)	Non
Cephalanthera damasonium	Céphalanthère à grandes fleurs, Helléborine blanche				24 (Article 2)	LC	NT (Aquitaine)	Oui
Colchicum autumnale	Colchique d'automne, Safran des prés			Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	Oui
Convallaria majalis	Muguet, Clochette des bois				33 (Article 3), 47 (Article 5)	LC	LC (Aquitaine)	Non

Espèces		Statut de protection				Statut de conservation		Espèce potentielle
Nom scientifique	**Nom commun**	**Directive habitat**	**Protection nationale**	**Protection régionale**	**Protection départementale**	**Liste rouge nationale**	**Liste rouge régionale**	
Diplotaxis muralis	Diplotaxe des murs, Roquette des murailles					LC	NT (Aquitaine)	Oui
Glebionis segetum	Chrysanthème des moissons, Chrysanthème des blés					LC	EN (Aquitaine)	Non
Hottonia palustris	Hottonie des marais, Millefeuille aquatique			Aquitaine (Article 1)		LC	NT (Aquitaine)	Non
Medicago sativa	Luzerne cultivée					LC	CR* (Aquitaine)	Oui
Ophrys speculum	Ophrys miroir		Article 1			EN		Non
Ruta graveolens	Rue odorante, Rue fétide				33 (Article 3), 47 (Article 5)	LC	NT (Aquitaine)	Non
Scabiosa atropurpurea	Scabieuse pourpre foncé, Scabieuse des jardins			Aquitaine (Article 1)		LC	LC (Aquitaine)	Non
Scrophularia peregrina	Scrophulaire voyageuse					LC	CR* (Aquitaine)	Non

Tableau 33 : Liste des espèces floristiques protégées et/ou patrimoniales recensées dans la base de données de l'OBV N-A

IDE Environnement

Bureau d'études et de conseils en Environnement

4, rue Jules Védrines – BP 9404

31031 TOULOUSE Cedex 04

Tél : 05 62 16 72 72 - Fax : 05 62 16 72 69

ANNEXE 2 : ETUDE ACOUSTIQUE, 2024 – SIXENSE

Hear me.

ETUDE D'IMPACT DU PROJET DE BHNS A GRADIGNAN (33) – VOLET BRUIT – ETAT FUTUR ACOUSTIQUE

RA-22202-03-A – 14/05/2024



sixense Engineering

ETUDE D'IMPACT DU PROJET DE BHNS A GRADIGNAN (33) – VOLET BRUIT – ETAT FUTUR ACOUSTIQUE

RA-22202-03-A – 14/05/2024

Dans le cadre de l'étude d'impact du projet de BHNS à Gradignan, Sixense Engineering a établi un état initial acoustique de la zone du projet. Suite à celui-ci, le présent rapport expose l'étude de la situation future, et des mesures réductrices et compensatrices.

Sommaire

1 Contexte et objet de l'étude 3
2 Contexte réglementaire et notions essentielles 4
3 Rappel de l'état initial 8
4 Modelisation de la situation future 9
5 Mesures de protections proposées 17
6 Conclusion 19

Annexes

A1 Localisation des points de calcul 20
A2 Résultats détaillés des niveaux sonores 34
A3 Cartes de bruit en situation de référence en période jour 46
A4 Cartes de bruit en situation de référence en période nuit 54
A5 Cartes de bruit en situation projet en période jour 62
A6 Cartes de bruit en situation projet en période nuit 70

Rédaction

Marie-Laure LOPEZ

Approbation

Céline BOUTIN

Sixense Engineering

22-24 rue Lavoisier – Bâtiment A – 1er étage – 92000 NANTERRE – France
Tél. 01 55 17 20 83
www.sixense-group.com - environment@sixense-group.com

SAS au capital de 273 174 Euros – SIRET SIEGE : 392 367 041 00200 – RCS de Nanterre - APE 7112 B

1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

1.1. PRESENTATION DU PROJET

Le projet consiste en la création d'une ligne de BHNS « zéro émission directe », en fourche avec :

- Un tronc commun à 5 minutes de fréquence entre le quartier de Pellegrin (Barrière St-Augustin) et l'arrêt Piscine de Thouars, avec un pourcentage de site propre important.
- Une première branche à 10 minutes de fréquence allant vers Malartic via l'avenue de Thouars.
- Une seconde branche, elle aussi à 10 minutes de fréquence, qui irait jusqu'à l'arrêt Neruda, via la rue Arthur Rimbaud et l'avenue de Proudhon.

Ce projet doit faire l'objet d'une étude d'impact environnementale, afin d'évaluer les impacts directs de cette ligne sur son environnement proche.

Dans un premier temps, l'observation de la situation actuelle a nécessité la réalisation d'une campagne de mesures acoustiques in situ en mars 2023 puis d'une modélisation acoustique de la situation initiale (cf rapport « RA-22202-1-A_BHNS Gradignan_Lot Bruit_Etat initial »).

> Cette nouvelle étape ici présentée est celle de la modélisation acoustique de la situation future avec la prise en compte du projet de BHNS.

1.2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'IMPACT

Le déroulement de l'étude d'impact acoustique est le suivant :

- Analyse du contexte réglementaire et des engagements liés au projet.
- Reprise des ambiances sonores préexistantes déterminées à l'état initial.
- Modélisation acoustique 3D de la situation de référence à terme sans projet.
- Modélisation de la situation projet.
- Comparaison de la situation projet par rapport à la situation référence pour déterminer s'il y a une augmentation de 2 dB(A) ou plus.
- Définition de mesures compensatoires si nécessaire afin de limiter les nuisances sonores.

2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NOTIONS ESSENTIELLES

2.1. NOTIONS CLES SUR LE BRUIT

L'unité d'évaluation du niveau sonore est le décibel (dB) et l'instrument permettant de mesurer un niveau de bruit est le sonomètre. Le son se définit par plusieurs éléments : les fréquences (grave, medium, aigu), la pression acoustique (décibel/ volume sonore).

L'oreille humaine ne perçoit pas toutes les fréquences de la même manière. Pour prendre en compte ce qui est réellement perçu par l'oreille, on utilise la pondération fréquentielle A. On parle alors de décibel A ou dB(A).

A titre informatif, le schéma ci-après présente une correspondance entre l'échelle des niveaux sonores, un type d'ambiance en fonction d'une situation « agréable » ou « désagréable ».

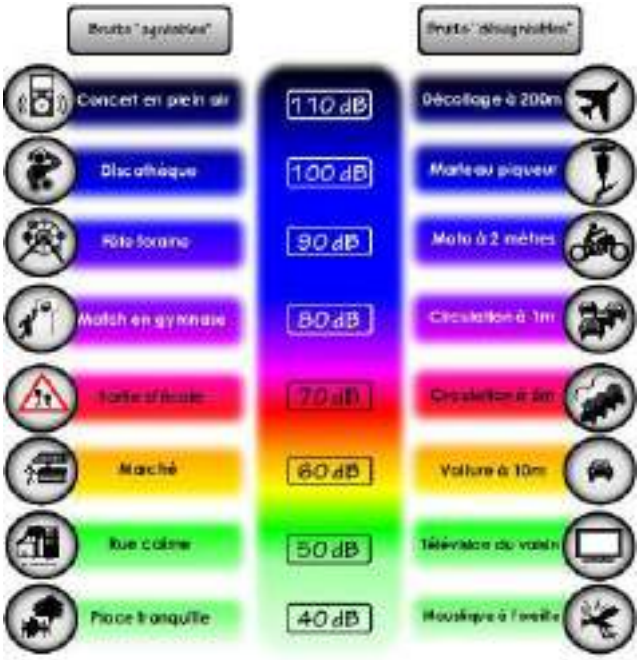
Ces éléments ne sont évidemment présentés qu'à titre indicatif, la perception du bruit ayant un fort aspect subjectif et dépendant du contexte local ou temporel.

Attention ! Les niveaux de bruit ne s'ajoutent pas de manière arithmétique mais logarithmique :

- Lorsque l'on ajoute deux bruits de même intensité, le niveau sonore ne double pas mais augmente de +3 dB.
- Lorsque l'on ajoute un niveau de bruit faible à un niveau de bruit élevé (écart >10 dB), Le niveau sonore total est égal au niveau de bruit élevé.

Quelques repères :

- Une variation du niveau de bruit de 1 dB(A) n'est quasiment pas perceptible.
- Une variation du niveau de bruit de 3 dB(A) est tout juste perceptible.
- Une variation du niveau de bruit de 10 dB(A) correspond approximativement à une sensation de « deux fois plus fort ».



Les indicateurs utilisés :

Niveau L_{Aeq} : (niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A) :

- **Niveau LAeq (T)** : niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, intégrant l'ensemble des bruits perçus au cours de la période T. Ce niveau sonore prend en compte l'ensemble des bruits perçus, y compris les bruits très ponctuels, comme les passages de véhicules ou événements particuliers. C'est l'indicateur utilisé le plus généralement dans les textes réglementaires et normes françaises en acoustique environnementale.

- **LAeq court** : il s'agit d'un échantillon sonore mesuré sur une période très courte (généralement 1 seconde). Mis bout à bout, ces échantillons constituent l'évolution temporelle de la mesure. Les acquisitions sur des périodes courtes ont l'avantage de permettre une analyse statistique et la différenciation par codage des sources particulières (sources perturbatrices par exemple).

Les indices statistiques (ou indices fractiles) correspondent au niveau de bruit dépassé pendant au moins X % du temps de la période considérée. Les indices fréquemment utilisés sont les niveaux L_{95}, L_{90}, L_{50}, L_{10}, et L_{5}.

- **Niveau L_{50}** : cet indice statistique correspond au niveau de bruit dépassé pendant au moins 50 % du temps de la période considérée. Il permet de s'affranchir d'une partie des bruits ponctuels, tels que les événements sonores occasionnels. Il représente un niveau sonore stable en période calme.

- **Niveau L_{90} :** cet indice statistique correspond au niveau de bruit dépassé pendant au moins 90 % du temps de la période considérée. Il permet donc de s'affranchir de tous les bruits ponctuels, même fréquents, tels que les passages de véhicules en milieu urbain. Il représente en quelque sorte le bruit de fond. C'est l'indicateur qui est utilisé pour caractériser des sources de bruit stables dans un environnement sonore très perturbé par des circulations denses.

Les indicateurs de gêne ainsi que les périodes à prendre en compte sont :

- **Le LAeq (6h-22h), pour la période diurne :** niveau de pression acoustique pondéré A pendant la période de 6 heures à 22 heures.

- **Le LAeq (22h-6h), pour la période nocturne :** niveau de pression acoustique pondéré A pendant la période de 22 heures à 6 heures.

L'indicateur **Lden** est un indicateur supplémentaire, introduit dans le cadre de la réglementation européenne. C'est une moyenne énergétique pondérée - au sens de la gêne - des niveaux sonores sur les 3 périodes jour, soir et nuit.

Les niveaux sonores générés dans l'environnement par le trafic routier, ferroviaire ou source industrielle sont en général trop faibles pour entrainer des pertes auditives. Le risque est alors différent, mais une exposition prolongée à ce type de bruit peut provoquer fatigue, stress, anxiété, troubles de l'attention et de la communication, troubles du sommeil, troubles cardiovasculaires, hypertension, etc.

En savoir plus : http://www.sante.gouv.fr

2.2. REGLEMENTATION APPLICABLE

2.2.1. Les principaux textes relatifs aux infrastructures de transports terrestres

La réglementation en matière de lutte contre les nuisances sonores dues au bruit routier s'est étoffée depuis la loi sur le bruit de 1992. Preuve de la préoccupation des législateurs sur cette gêne source de véritable détérioration du cadre de vie au voisinage des grandes infrastructures routières ou en milieu urbain, l'évolution de la réglementation ne la rend néanmoins pas forcément lisible et facile à appréhender. Les principales étapes de cette évolution sont les suivantes :

- **31 décembre 1992** : Loi cadre relative à la lutte contre le bruit (92-1444), codifiée dans le code de l'environnement aux articles L 571-1 à 26.

- **9 janvier 1995** : Décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transport terrestre (95-22) abrogé et remplacé par les articles R 571-44 à R 571-52 du code de l'environnement.

> La conception, l'étude et la réalisation d'une infrastructure nouvelle et la modification ou la transformation significative d'une infrastructure existante sont accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives.

- **9 janvier 1995** : Décret relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le Code de l'Urbanisme et le Code de la Construction et de l'Habitation (95-21) abrogé et remplacé par les articles R 571-32 à R 571-43 du code de l'environnement.

- **5 mai 1996** : Arrêté relatif au bruit des infrastructures routières mentionnant notamment les valeurs maximales admissibles pour la contribution sonore d'une infrastructure nouvelle ou une modification significative.

- **8 novembre 1999** : Arrêté équivalent au précédent mais relatif au bruit des infrastructures ferroviaires.

- **12 décembre 1997** : Circulaire du ministère de l'Équipement, relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national.

- **25 juin 2002** : Directive européenne relative à la gestion et à l'évaluation du bruit dans l'environnement (2002/49/CE). Cette directive a vocation à définir une approche commune visant à éviter, prévenir ou réduire les effets nuisibles de l'exposition au bruit dans l'environnement. Elle s'applique aux émissions sonores dues aux transports et aux installations classées. Elle est basée sur la cartographie, l'information de la population et la mise en œuvre de plans de prévention.

- **25 mai 2004** : Circulaire précisant les nouvelles instructions à suivre dans le cadre des Observatoires du bruit, du recensement des Points Noirs Bruit et des opérations de résorptions pour les réseaux routier et ferroviaire.

- **23 juillet 2013 :** Arrêté modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit. Outre la mise en cohérence avec l'arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires, ce texte simplifie et affine à la fois la méthode forfaitaire d'évaluation de l'isolement acoustique minimal et ce sans modifier le niveau de protection acoustique des riverains, ni augmenter les coûts de construction des bâtiments neufs. La détermination de l'isolement à atteindre dans les situations d'exposition à plusieurs infrastructures est également clarifiée.

- **3 septembre 2013 :** Arrêté illustrant par des schémas et des exemples les articles 6 et 7 de l'arrêté du 30 mai 1996 modifié.

2.2.2. Principales implications

La potentialité de gêne due au bruit d'une infrastructure de transports terrestres est caractérisée par des indicateurs qui prennent en compte les nuisances sonores des périodes représentatives de la gêne des riverains de jour et de nuit.

Les indicateurs de gêne ainsi que les périodes à prendre en compte sont :

- Pour la période diurne, le niveau de pression acoustique équivalent pondéré A pendant la période de 6 heures à 22 heures (noté $L_{Aeq\ (6h\text{-}22h)}$),
- Pour la période nocturne, le niveau de pression acoustique équivalent pondéré A pendant la période de 22 heures à 6 heures (noté $L_{Aeq\ (22h\text{-}6h)}$).

Définition : Le L_{Aeq} (Niveau sonore équivalent pondéré A) correspond à la dose de bruit reçue (énergie acoustique cumulée) pendant une période donnée à un emplacement donné. Il s'exprime en décibels (dB) pondérés A (dB(A)). La pondération A est un filtre de pondération prenant en compte le fait que l'oreille humaine n'est pas sensible de la même façon aux différentes fréquences (graves – mediums – aigus).

La réglementation introduite par la loi du 31 décembre 1992, complétée par les articles R571-44 à R571-52 du code de l'environnement et par l'arrêté du 5 mai 1995, prévoit une période « Diurne » et une période « Nocturne » afin de tenir compte de la gêne ressentie par les riverains des infrastructures durant la phase de sommeil.

La principale implication de ces textes est l'introduction des critères de zone d'ambiance sonore modérée, modérée de nuit et non modérée (article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995), définis ci-après. Les niveaux sonores sont exprimés en dB(A) :

Type de zone	Bruit ambiant (toutes sources confondues)	
	LAeq (6h-22h)	LAeq (22h-6h)
Modérée	< 65	< 60
Modéré de nuit	≥ 65	< 60
Non modéré	≥ 65	≥ 60

2.2.3. Objectifs acoustiques

Dans le cas d'une **modification d'une infrastructure existante, celle-ci** est considérée comme **significative** si les deux conditions suivantes sont réunies :

- Des travaux sont réalisés sur l'infrastructure routière concernée. De ces travaux, sont exclus les travaux d'entretien courant (renforcement de chaussée, entretien ou réparation, changement de l'enrobé de chaussée) ainsi que les aménagements ponctuels (pose d'un ralentisseur) ou d'aménagements de carrefours non dénivelés.
- Elle engendre, à terme, une augmentation de plus de 2 dB(A) de la contribution sonore de la seule infrastructure routière (situation projet), par rapport à ce que serait cette contribution à terme en l'absence de la modification ou transformation (situation dite « de référence », ou sans projet).

De plus, l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières précise les niveaux sonores limites pour la contribution du projet exprimés en $L_{Aeq(6h-22h)}$ pour la période diurne et $L_{Aeq(22h-6h)}$ pour la période nocturne. Ces objectifs de niveaux sonores sont dépendants de la nature du bâti et de l'ambiance sonore préexistante due à l'ensemble des sources de bruit présentes. **Seuls les bâtiments sensibles pour lesquels la modification est significative doivent être protégés.**

Le tableau ci-dessous présente les objectifs applicables aux bâtiments selon leur usage.

Usage et nature des locaux	$L_{Aeq\ 6h-22h}$		$L_{Aeq\ 22h-6h}$	
	Contribution sonore initiale de l'infrastructure	Contribution sonore maximale admissible après travaux	Contribution sonore initiale de l'infrastructure	Contribution sonore maximale admissible après travaux
Logements situés en zone modérée	≤ 60 dB(A)	60 dB(A)	≤ 55 dB(A)	55 dB(A)
	> 60 dB(A)	Contribution initiale	> 55 dB(A)	Contribution initiale
Logements situés en zone modérée de nuit	Quelle que soit	65 dB(A)	≤ 55 dB(A)	55 dB(A)
			> 55 dB(A)	Contribution initiale
Logements situés en zone non modérée	Quelle que soit	65 dB(A)	Quelle que soit	60 dB(A)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (1)	≤ 60 dB(A)	60 dB(A)	≤ 55 dB(A)	55 dB(A)
	> 60 dB(A)	Contribution initiale	> 55 dB(A)	Contribution initiale
Etablissements d'enseignements	≤ 60 dB(A)	60 dB(A)	-	-
	> 60 dB(A)	Contribution initiale	-	-
Locaux à usage de bureaux en zone modérée	Quelle que soit	65 dB(A)	-	-

(1) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour des malades, ce niveau est abaissé à 60 dB(A) sur la période (6h-22h)

3 RAPPEL DE L'ETAT INITIAL

Un état initial a été effectué et a fait l'objet du rapport *RA22202-01-A_BHNS Gradignan_Lot Bruit_Etat initial.pdf*, les principaux éléments sont rappelés ci-après.

23 points de mesure ont été réalisés le long du tracé du BHNS en mars 2023, 13 des points ont des niveaux sonores représentatifs d'une ambiance sonore préexistante modérée, 5 d'une ambiance sonore préexistante modérée de nuit et 5 d'une ambiance sonore préexistante non modérée.

Ces points de mesure ont servi à recaler le modèle numérique. Le trafic routier actuel a ensuite été injecté dans le modèle afin de calculer les niveaux sonores pour l'ensemble des bâtiments sensibles situé le long du projet :

- 292 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée,
- 99 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée de nuit
- 122 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante non modérée.

Ces ambiances sonores préexistantes permettent de déterminer les seuils de contribution du projet à terme.

4 MODELISATION DE LA SITUATION FUTURE

4.1. METHODOLOGIE DE LA MODELISATION

La modification d'une infrastructure existante est considérée comme significative si la contribution sonore qui en résulterait à terme, pour au moins une des périodes, est supérieure de plus de 2 dB(A) à la contribution sonore à terme de l'infrastructure avant cette modification ou transformation.

Pour déterminer si la modification est significative, la situation de référence à terme et la situation projet à terme sont modélisées. **On compare ensuite les niveaux des deux situations pour chaque récepteur**.

4.2. PRESENTATION DU MODELE NUMERIQUE

Le site d'étude a été modélisé à l'aide du logiciel CadnaA version 2022 conformément à la Nouvelle Méthode de Prévision du Bruit (NMPB 08) normalisée sous la référence NF S 31-133 de février 2011 intégrant notamment la prise en compte de l'influence des données météorologiques de long terme dans le calcul de la propagation (conformité aux 2 guides SETRA de 2009).

Les données topographiques sont référencées selon le système de coordonnées Lambert 93.

Planche 1 - Vue 3D du modèle acoustique pour la situation de référence

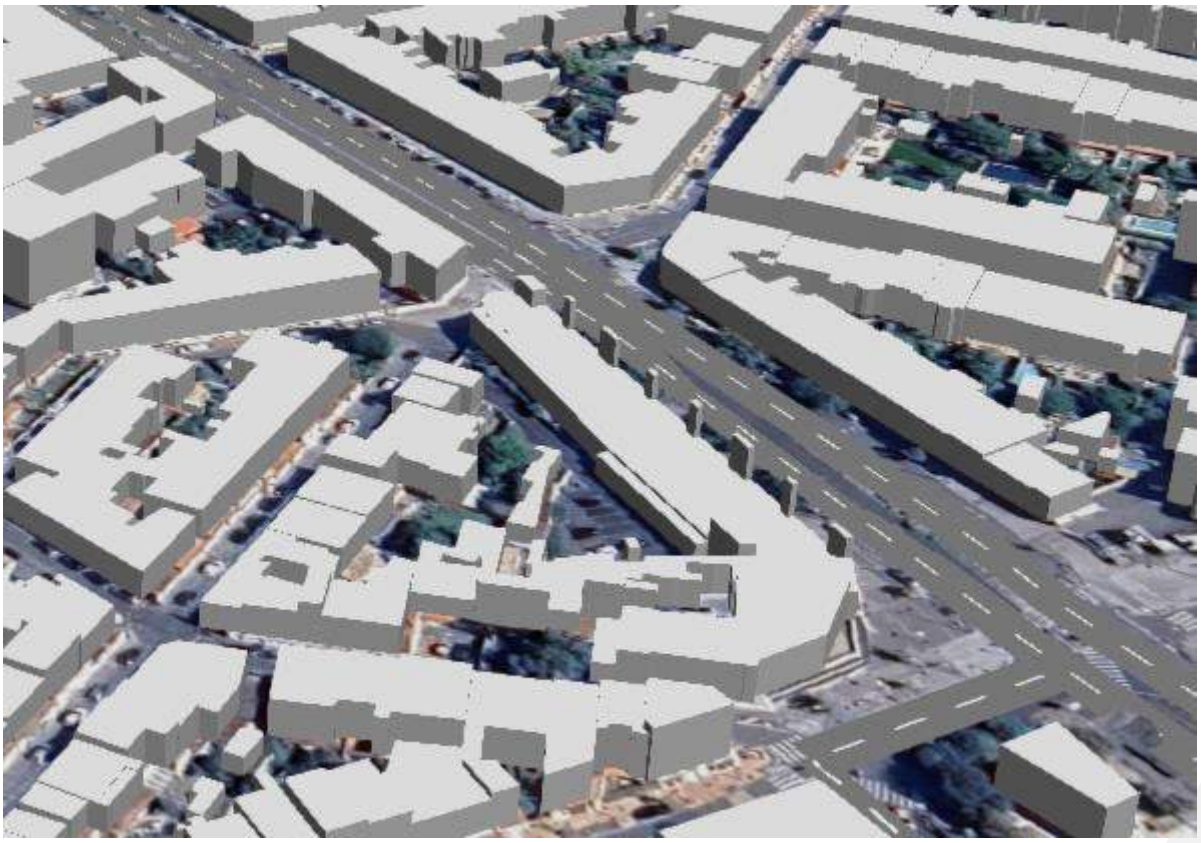
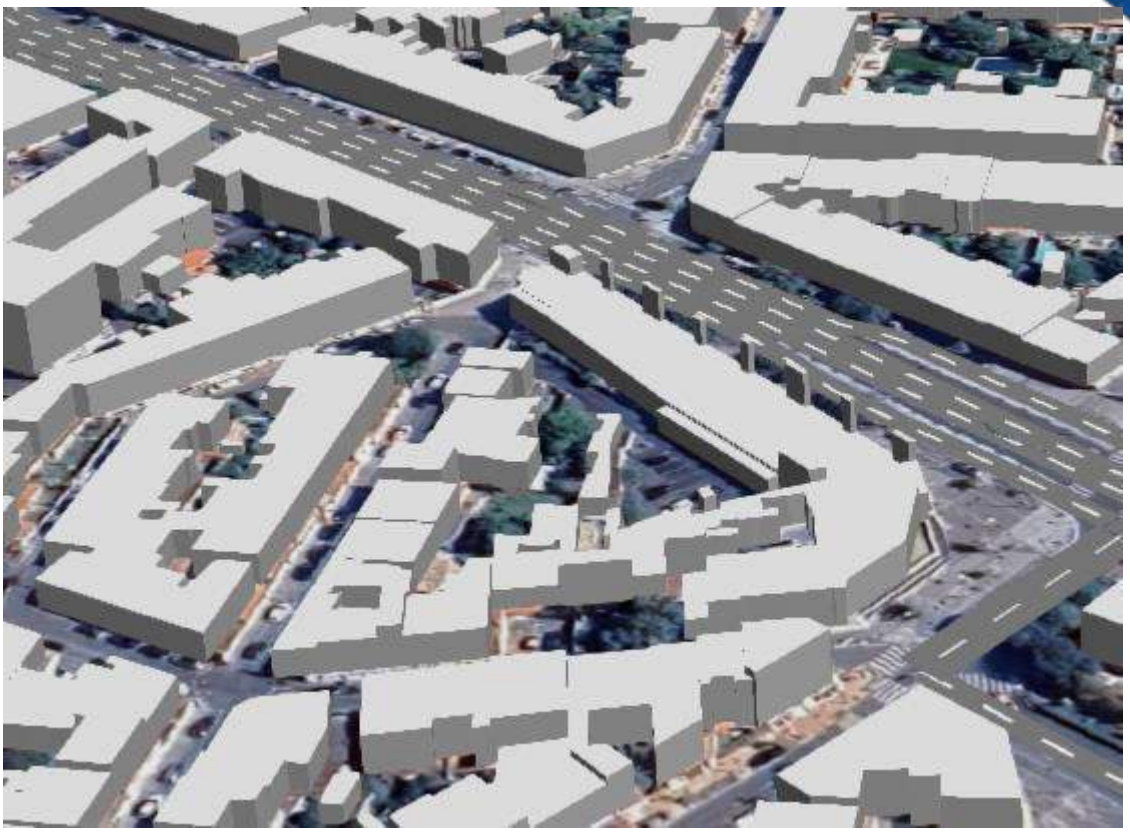


Planche 2 - Vue 3D du modèle acoustique pour la situation projet



4.2.1. Topographie

Le modèle a été construit à l'aide des données d'entrées disponibles, à savoir : intégration dans le modèle de tous les éléments ayant un impact sur la propagation du bruit depuis les sources jusqu'aux bâtiments sensibles étudiés : géométrie de la plate-forme routière, relief du terrain sous la forme de polylignes 3D, emprise au sol, élévations bâtiments et écrans.

La source de ces données est la BDTOPO de l'IGN.

4.2.2. Paramètres de calcul

Les principaux paramètres de calcul sont les suivants :

- Nombre de réflexions : 3
- Absorption du sol : 0,3 sauf zones particulières (G=0 pour les zones d'eau)
- Hauteur de calcul pour les cartes de bruit : 4 m.

Les hypothèses météorologiques prises en compte correspondent à la station de Bordeaux (qui correspond à la station météorologique la plus proche disponible dans le logiciel de calcul acoustique). Ces hypothèses sont définies sur les périodes réglementaires conformément aux données qui figurent dans la NMPB08. Ces données sont présentées dans le tableau suivant :

Pays: France

Valeurs d'occurrences météo. favorables — Bordeaux (2)

	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
Jour:	41	38	38	38	38	37	36	36	39	43	47	48	47	47	48	49	48	45
Soir:	41	38	38	38	38	37	36	36	39	43	47	48	47	47	48	49	48	45
Nuit:	49	45	44	44	43	42	42	43	48	55	59	61	60	60	62	63	61	55

4.3. HYPOTHESES DE TRAFIC

Les données de trafic sont fournies par SYSTRA sous forme d'une matrice.

4.4. VALIDATION DU MODELE

Un recalage du modèle numérique a été effectué sur la base des mesures sur site et des conditions de trafic rencontrées lors des mesures de mars 2023, ce qui permet de valider la bonne représentativité de la modélisation. Le projet est ensuite intégré à ce modèle pour calculer son impact acoustique. Le détail de ce recalage est donné dans le document *RA22202-01-A_BHNS Gradignan_Lot Bruit_Etat initial.pdf*

4.5. DEFINITION DES ZONES DE CONTROLE

Les plans en annexe 1 permettent de visualiser les bâtiments sur lesquels les calculs ont été effectués. Les bâtiments représentés en bleu correspondent aux habitations, les bâtiments en vert sont les bâtiments d'enseignement, en orange les bâtiments de bureaux, en violet les bâtiments de santé, en rose les bâtiments d'action social et en gris les bâtiments non sensibles au sens de la réglementation.

4.6. CALCUL DE L'IMPACT SONORE DU PROJET

4.6.1. Modification d'infrastructure existante

Le contexte réglementaire de modification significative implique une analyse de l'évolution des niveaux sonores entre la situation de référence et la situation projet puis une vérification du dépassement de seuil. Ces seuils sont définis en fonction des ambiances sonores préexistantes calculées lors de l'état initial. Les résultats sont rappelés ici :

- 292 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée,
- 99 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée de nuit
- 122 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante non modérée.

L'ensemble des résultats détaillés est disponible en annexe 2.

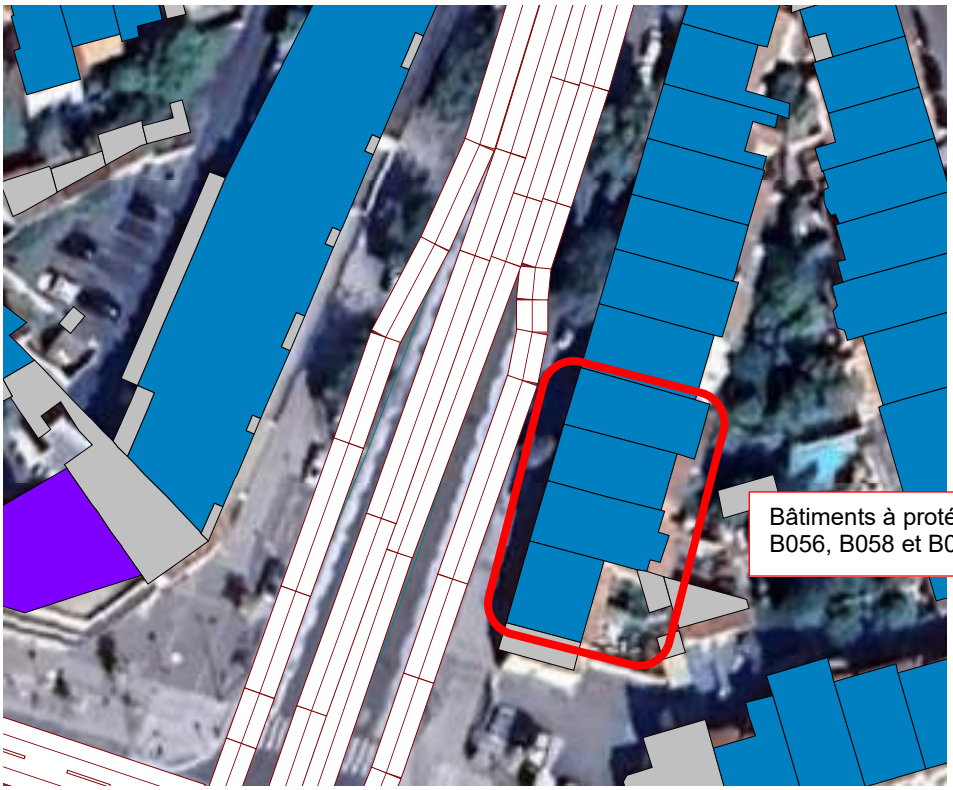
L'écart entre la situation de référence et la situation projet est toujours inférieur à 2 dB(A) sauf au niveau du boulevard Georges Pompidou entre la rue Edouard Larroque et la rue Frantz Despagnet où la voie Est se rapproche des habitations.

> 4 bâtiments (B055, B056, B058 et B059) sont à protéger dans le cadre de la réglementation « modification d'infrastructures existantes ». La planche suivante présente les bâtiments à protéger.

Le tableau suivant présente le détail des résultats pour les 4 bâtiments :

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B055	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	72,0	64,0	2,0	2,0	OUI
B056	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	72,0	63,5	2,0	1,5	OUI
B058	69,5	62,5	Non modérée	65	60	70,0	61,5	71,5	63,5	1,5	2,0	OUI
B059	69,0	62,5	Non modérée	65	60	69,5	61,5	71,5	63,0	2,0	1,5	OUI

Planche 3 - Localisation des bâtiments à protéger



4.6.2. Cartes de bruit

Les cartes de bruit de la situation de référence et de la situation projetée sont présentées en annexes 3 à 6 et un exemple est présenté ci-dessous pour les périodes jour et nuit.

Elles présentent les niveaux sonores de jour et de nuit à 4 mètres au-dessus du niveau du sol pour la situation de référence puis pour la situation projet.

Planche 4 - Carte de bruit de jour (06h-22h) de la situation de référence - Extrait



Planche 5 - Carte de bruit de nuit (22h-06h) de la situation de référence - Extrait



Planche 6 - Carte de bruit de jour (06h-22h) de la situation projet - Extrait



Planche 7 - Carte de bruit de nuit (22h-06h) de la situation projet - Extrait



5 MESURES DE PROTECTIONS PROPOSEES

Des mesures de protections doivent être définies pour les bâtiments éligibles à une protection acoustique, la réglementation propose plusieurs solutions, décrites ci-dessous.

L'article R571-48 du code de l'environnement indique :

« Le respect des niveaux sonores maximaux autorisés est obtenu par un traitement direct de l'infrastructure ou de ses abords immédiats. Toutefois, si cette action à la source ne permet pas d'atteindre les objectifs de la réglementation dans des conditions satisfaisantes d'insertion dans l'environnement ou à des coûts de travaux raisonnables, tout ou partie des obligations est assuré par un traitement sur le bâti qui tient compte de l'usage effectif des pièces exposées au bruit. »

La circulaire de 1997 précise :

« il convient de protéger les bâtiments riverains, en priorité par des protections du type écran acoustique (murs verticaux, murs inclinés, buttes de terre, etc.).Si le respect des niveaux sonores réglementaires par ces seules dispositions se révèle incompatible avec les impératifs techniques (problèmes de stabilité des sols par exemple), économiques (coût d'un ouvrage de protection disproportionné en regard du nombre de locaux à protéger), ou d'insertion dans l'environnement (forte intrusion visuelle, suppression d'ensoleillement sur une façade proche, hauteur d'écran rédhibitoire du point de vue du traitement architectural, etc.), les solutions adoptées seront du type mixte, associant une protection à la source et un renforcement de l'isolement des façades. Les protections à la source seront alors dimensionnées pour assurer le respect des objectifs réglementaires pour les espaces au sol proches des bâtiments, le complément nécessaire aux étages supérieurs étant apporté par le renforcement de l'isolement des façades. Enfin, dans certains cas, les solutions d'isolations de façades seules constitueront la solution la meilleure. »

Les 4 habitations à protéger sont en bord de voirie dans un environnement urbain, ce qui ne permet pas d'insérer un écran acoustique. Une solution d'isolations de façades est proposée.

Les ratios de coût pour l'isolation de façade proposés sont les suivants :

- 15 000 €HT pour une habitation individuelle
- 1 500 €HT pour une ouverture avec un isolement requis inférieur à 38 dB
- 2 000 €HT pour une ouverture avec un isolement requis supérieur à 38 dB

À ce stade de l'étude, le montant forfaitaire de 15 000 €HT par habituation individuelle est retenu.

La photographie de la planche suivante présente les habitations à traiter :

Planche 8 - Habitations à traiter



L'étude a identifié 4 bâtiments pour lesquels une protection individuelle pourrait s'avérer nécessaire. Une campagne de mesures est ainsi à lancer par la maîtrise d'ouvrage pour établir un diagnostic de ces habitations. En cas de performances acoustiques insuffisantes, après définition des travaux de renforcement à engager (huisseries principalement voire, plus rarement, isolation de façades) pour atteindre les seuils requis, il sera nécessaire de passer les conventions figeant le montant des travaux, leur échéancier et les modalités de leur contrôle (réception).

Le calcul de l'isolement acoustique $D_{nT,A,tr}$ est défini ainsi :

$$D_{nT,A,tr} = LAeq - Obj + 25$$

Où LAeq est la contribution sonore de l'infrastructure ; Obj est l'objectif défini (en fonction de l'ambiance sonore initiale).

L'isolement minimal ne peut être inférieur à 30 dB(A).

Le tableau suivant présente les isolements acoustiques requis :

Réf.	Ambiance préexistante	Objectif		Projet 2027		Isolement		Isolement retenu
		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	6h-22h	22h-6h	
B055	Non modérée	65	60	72,0	64,0	32	30	32
B056	Non modérée	65	60	72,0	63,5	32	30	32
B058	Non modérée	65	60	71,5	63,5	32	30	32
B059	Non modérée	65	60	71,5	63,0	32	30	32

Le coût estimatif pour traiter ces 4 bâtiments est de 60 000 €HT.

6 CONCLUSION

Dans le cadre de l'étude d'impact du projet de BHNS à Gradignan, Sixense Engineering est mandaté pour la partie acoustique.

Un état initial a été réalisé à partir d'une campagne de mesure de mars 2023 et d'une modélisation de la situation actuelle. Ainsi, les niveaux sonores pour l'ensemble des bâtiments sensibles situé le long du projet ont été calculés :

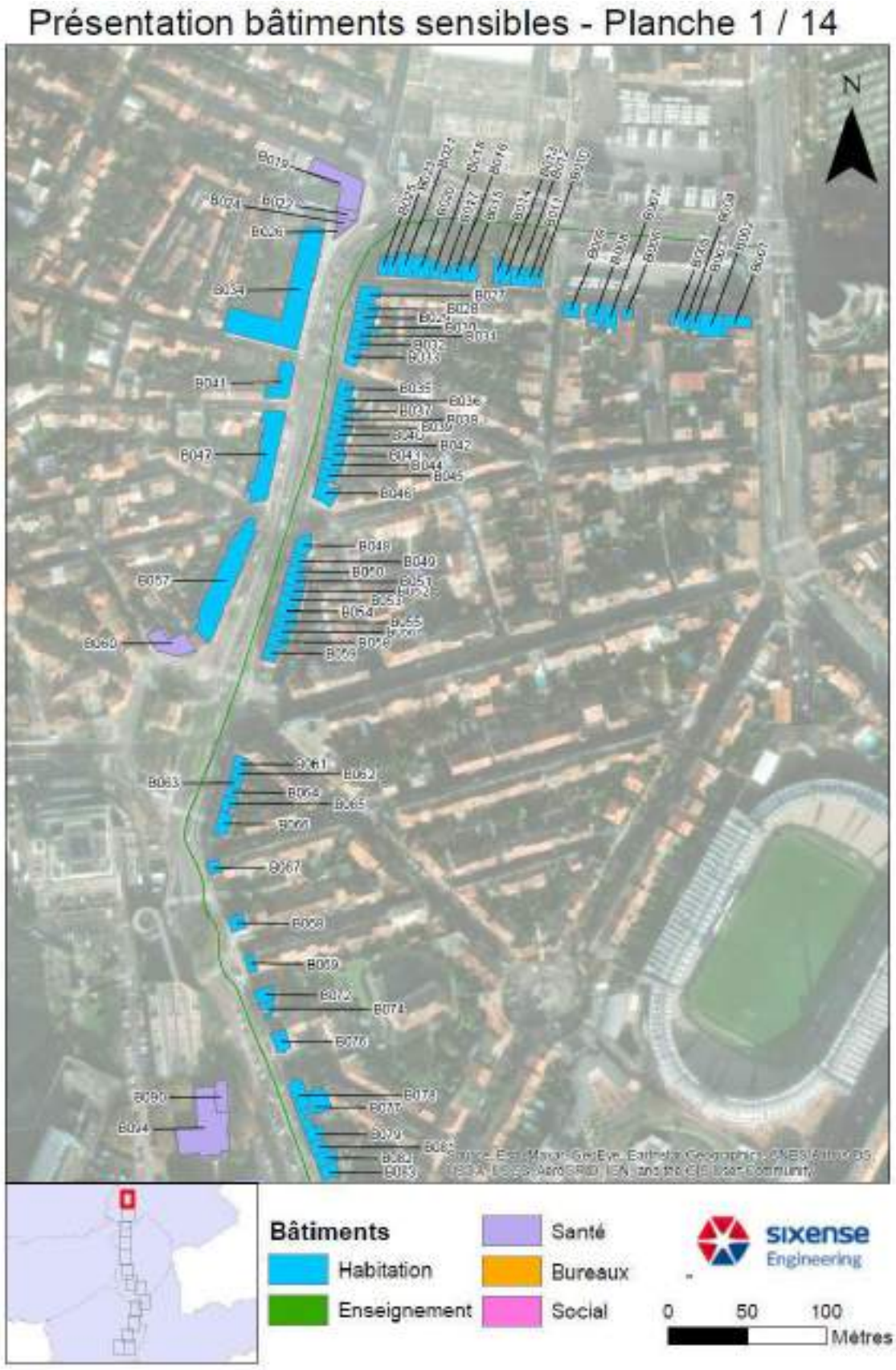
- 292 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée,
- 99 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée de nuit
- 122 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante non modérée.

Ces ambiances sonores préexistantes permettent de déterminer les seuils de contribution du projet à terme. Le projet a ensuite été intégré dans le modèle. L'impact acoustique a été évalué pour les modifications d'infrastructures existantes.

L'écart entre la situation de référence et la situation projet est toujours inférieur à 2 dB(A) sauf au niveau du boulevard Georges Pompidou entre la rue Edouard Larroque et la rue Frantz Despagnet où la voie Est se rapproche des habitations. 4 bâtiments sont à protéger dans le cadre de la réglementation modification d'infrastructures existantes.

> Afin de respecter les seuils réglementaires une protection de type isolation de façade est proposée pour les 4 bâtiments. Ainsi le coût estimatif pour ces protections est de 60 000 €HT.

A1 Localisation des points de calcul



Présentation bâtiments sensibles - Planche 2 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 3 / 14



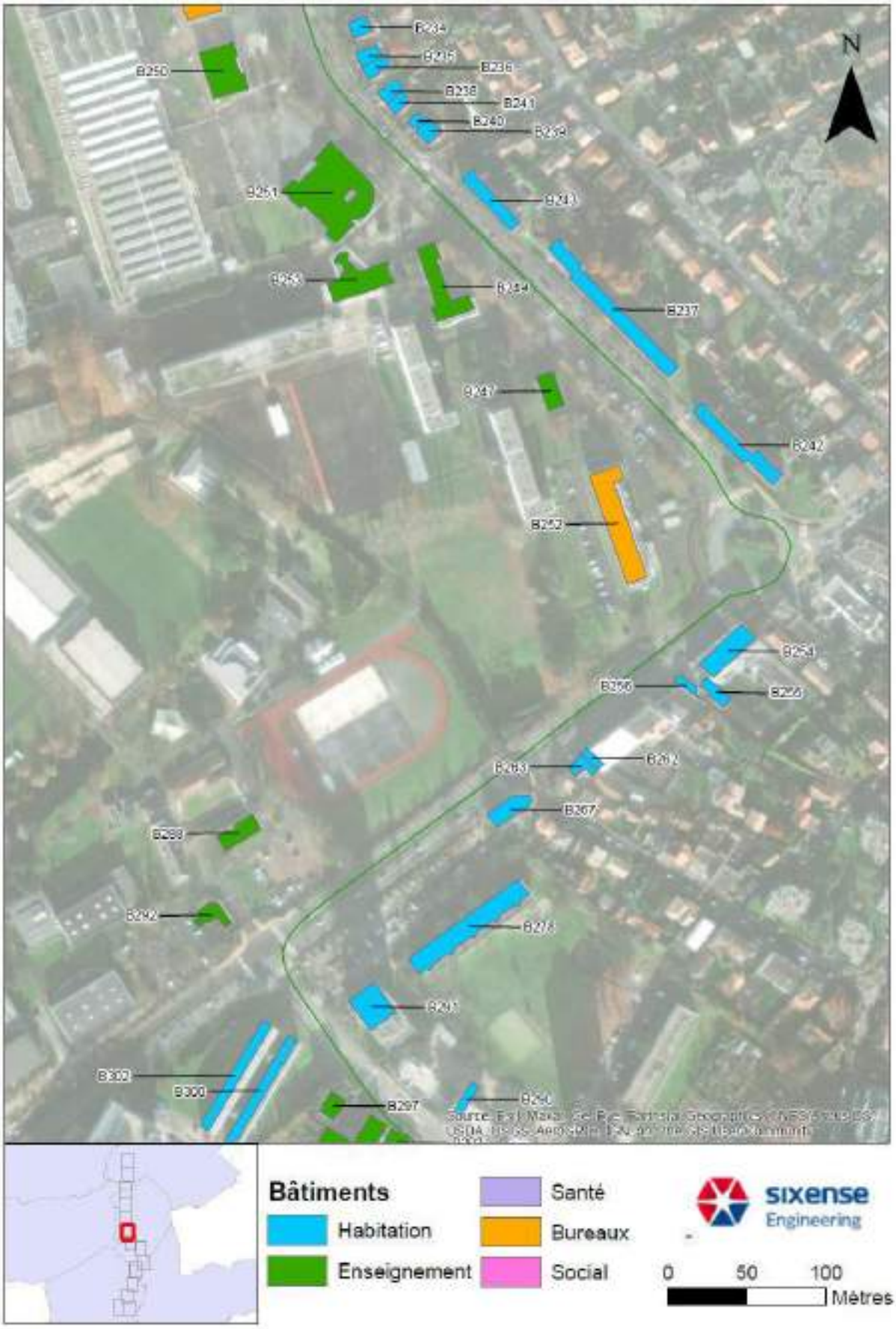
Présentation bâtiments sensibles - Planche 4 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 5 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 6 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 7 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 8 / 14



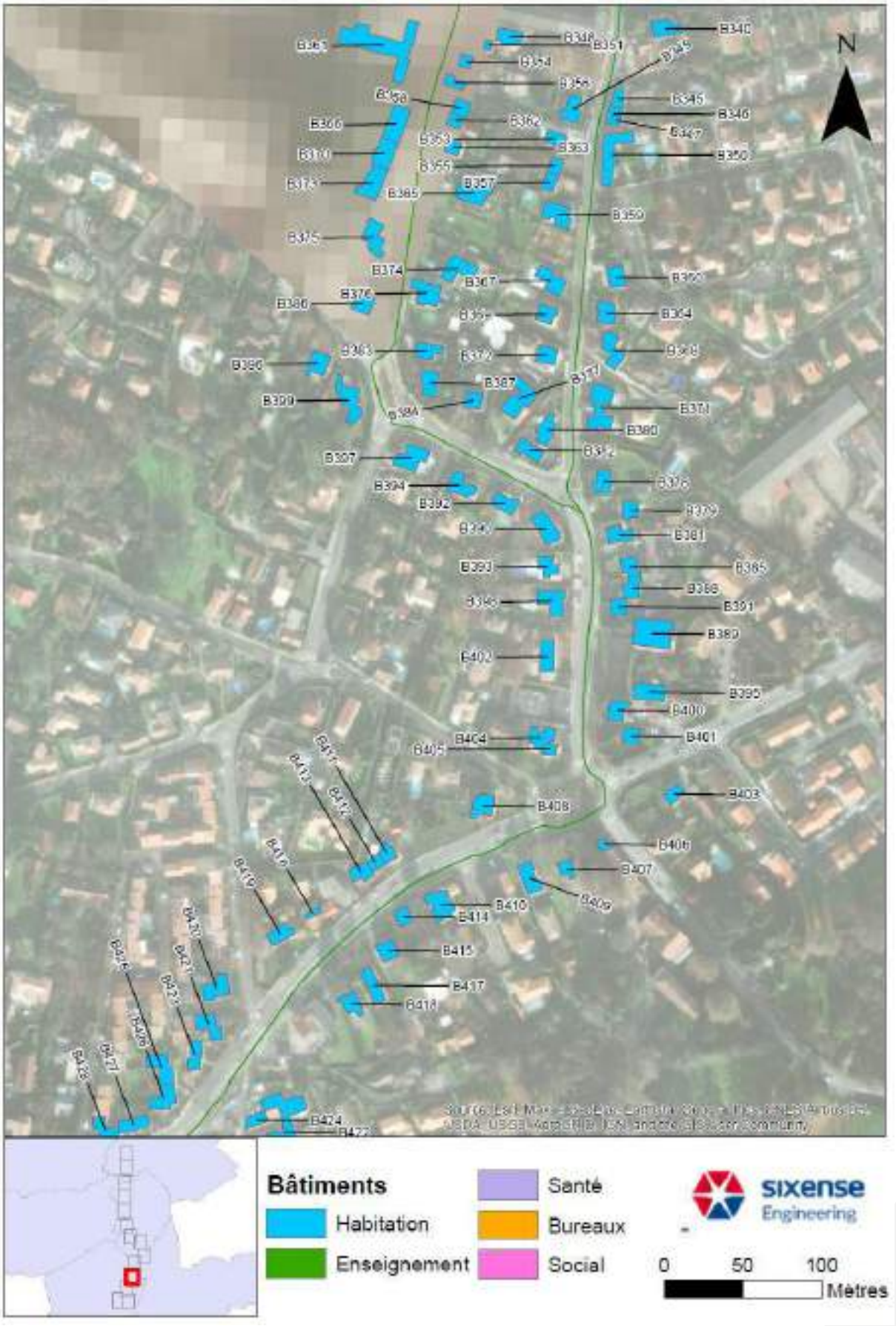
Présentation bâtiments sensibles - Planche 9 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 10 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 11 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 12 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 13 / 14



Présentation bâtiments sensibles - Planche 14 / 14



A2 Résultats détaillés des niveaux sonores

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B001	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	61,5	53,0	61,5	53,5	0,0	0,5	NON
B002	63,5	56,0	Modérée	63,5	56	62,0	53,5	62,0	54,0	0,0	0,5	NON
B003	63,0	56,0	Modérée	63	56	62,0	53,5	62,0	54,0	0,0	0,5	NON
B004	63,0	56,0	Modérée	63	56	62,0	54,0	62,5	54,0	0,5	0,0	NON
B005	63,0	56,0	Modérée	63	56	62,0	53,5	62,0	54,0	0,0	0,5	NON
B006	62,0	55,5	Modérée	62	55,5	62,0	54,0	62,5	54,0	0,5	0,0	NON
B007	62,5	56,0	Modérée	62,5	56	62,5	54,5	63,0	55,0	0,5	0,5	NON
B008	62,5	56,0	Modérée	62,5	56	62,5	54,5	63,0	55,0	0,5	0,5	NON
B009	62,5	56,0	Modérée	62,5	56	62,5	54,5	63,0	55,0	0,5	0,5	NON
B010	64,0	57,5	Modérée	64	57,5	64,5	56,0	65,0	57,0	0,5	1,0	NON
B011	63,5	57,0	Modérée	63,5	57	64,0	55,5	64,5	56,0	0,5	0,5	NON
B012	65,0	58,5	Modérée	65	58,5	65,0	57,0	65,5	57,5	0,5	0,5	NON
B013	65,0	58,5	Modérée	65	58,5	65,5	57,0	66,0	57,5	0,5	0,5	NON
B014	65,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,0	58,0	67,0	58,5	1,0	0,5	NON
B015	66,0	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	66,5	58,0	66,5	58,5	0,0	0,5	NON
B016	65,0	58,5	Modérée	65	58,5	65,5	57,0	65,5	57,5	0,0	0,5	NON
B017	64,5	58,0	Modérée	64,5	58	65,0	56,5	65,0	57,0	0,0	0,5	NON
B018	65,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,0	57,5	66,0	58,0	0,0	0,5	NON
B019	68,0	61,5	Non modérée	65	60	68,0	59,5	68,5	60,5	0,5	1,0	NON
B020	67,0	60,0	Modérée de nuit	65	60	67,0	59,0	67,5	59,5	0,5	0,5	NON
B021	67,5	61,0	Non modérée	65	60	68,0	59,5	68,5	60,5	0,5	1,0	NON
B022	69,5	63,0	Non modérée	65	60	69,5	61,0	69,5	61,5	0,0	0,5	NON
B023	68,0	61,5	Non modérée	65	60	68,5	60,0	69,0	61,0	0,5	1,0	NON
B024	71,5	65,0	Non modérée	65	60	71,5	63,0	71,5	63,5	0,0	0,5	NON
B025	69,5	62,5	Non modérée	65	60	70,0	61,5	70,5	62,5	0,5	1,0	NON
B026	70,5	64,5	Non modérée	65	60	71,0	62,5	71,0	63,0	0,0	0,5	NON
B027	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	63,0	0,5	1,0	NON
B028	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	63,0	0,5	1,0	NON
B029	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	71,0	62,5	1,0	0,5	NON
B030	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B031	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B032	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B033	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	70,5	62,5	0,5	0,5	NON
B034	70,0	63,5	Non modérée	65	60	70,5	62,0	70,5	62,5	0,0	0,5	NON
B035	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B036	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B037	70,0	63,5	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B038	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B039	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B040	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B041	70,0	64,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B042	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,0	62,5	0,5	0,5	NON
B043	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	70,5	62,5	0,0	0,5	NON
B044	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	70,5	62,5	0,5	0,5	NON
B045	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	70,5	62,5	0,5	0,5	NON
B046	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	61,5	71,0	62,5	1,0	1,0	NON
B047	71,0	64,5	Non modérée	65	60	71,0	63,0	71,5	63,5	0,5	0,5	NON
B048	70,0	63,5	Non modérée	65	60	70,5	62,5	71,5	63,5	1,0	1,0	NON
B049	70,5	63,5	Non modérée	65	60	71,0	62,5	72,0	63,5	1,0	1,0	NON
B050	70,0	63,5	Non modérée	65	60	71,0	62,5	72,0	63,5	1,0	1,0	NON
B051	70,0	63,5	Non modérée	65	60	70,5	62,5	71,5	63,5	1,0	1,0	NON
B052	70,0	63,5	Non modérée	65	60	70,5	62,0	72,0	63,5	1,5	1,5	NON
B053	70,0	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	71,5	63,5	1,0	1,5	NON
B054	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,5	62,0	72,0	63,5	1,5	1,5	NON
B055	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	72,0	64,0	2,0	2,0	OUI
B056	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	72,0	63,5	2,0	1,5	OUI
B057	70,5	64,0	Non modérée	65	60	71,0	62,5	71,5	63,0	0,5	0,5	NON
B058	69,5	62,5	Non modérée	65	60	70,0	61,5	71,5	63,5	1,5	2,0	OUI
B059	69,0	62,5	Non modérée	65	60	69,5	61,5	71,5	63,0	2,0	1,5	OUI
B060	66,5	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	67,5	59,0	66,5	58,5	-1,0	-0,5	NON
B061	67,5	60,5	Non modérée	65	60	68,5	60,0	69,0	61,0	0,5	1,0	NON
B062	67,5	60,5	Non modérée	65	60	68,5	60,0	69,0	61,0	0,5	1,0	NON
B063	67,5	60,5	Non modérée	65	60	68,5	60,5	69,0	61,0	0,5	0,5	NON
B064	67,5	60,5	Non modérée	65	60	68,5	60,5	69,0	61,0	0,5	0,5	NON
B065	67,5	60,5	Non modérée	65	60	69,0	60,5	69,0	61,0	0,0	0,5	NON
B066	68,0	60,5	Non modérée	65	60	69,5	61,5	69,0	61,0	-0,5	-0,5	NON
B067	70,5	63,0	Non modérée	65	60	72,5	64,0	72,5	64,0	0,0	0,0	NON
B068	67,5	60,0	Modérée de nuit	65	60	73,0	65,0	71,5	63,5	-1,5	-1,5	NON
B069	68,5	61,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	70,5	62,5	0,5	0,5	NON
B070	69,5	60,5	Non modérée	65	60	64,5	56,5	64,5	56,0	0,0	-0,5	NON
B071	65,5	57,0	Modérée de nuit	65	57	65,0	57,0	66,0	58,0	1,0	1,0	NON
B072	71,5	64,0	Non modérée	65	60	72,0	64,0	72,0	63,5	0,0	-0,5	NON
B073	66,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	62,0	54,0	62,5	54,5	0,5	0,5	NON
B074	72,0	64,5	Non modérée	65	60	72,0	64,0	71,5	63,5	-0,5	-0,5	NON
B075	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	62,5	54,5	62,5	54,5	0,0	0,0	NON
B076	71,5	64,0	Non modérée	65	60	72,5	64,5	72,0	63,5	-0,5	-1,0	NON
B077	72,0	64,5	Non modérée	65	60	74,0	66,0	73,0	64,5	-1,0	-1,5	NON
B078	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B079	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B080	65,0	57,5	Modérée	65	57,5	68,5	60,5	68,0	60,0	-0,5	-0,5	NON
B081	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B082	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B083	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B084	65,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	67,5	59,5	67,5	59,5	0,0	0,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B085	72,0	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B086	68,5	61,5	Non modérée	65	60	70,0	62,0	70,5	62,5	0,5	0,5	NON
B087	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B088	67,0	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	69,0	60,5	69,0	60,5	0,0	0,0	NON
B089	65,0	57,5	Modérée	65	57,5	70,0	62,0	67,5	59,5	-2,5	-2,5	NON
B090	66,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	68,5	60,0	69,5	61,0	1,0	1,0	NON
B091	72,5	64,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	73,0	64,5	-1,5	-1,5	NON
B092	69,0	61,5	Non modérée	65	60	70,0	62,0	71,0	63,0	1,0	1,0	NON
B093	67,5	60,0	Modérée de nuit	65	60	69,0	60,5	69,0	61,0	0,0	0,5	NON
B094	66,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	68,0	60,0	68,5	60,5	0,5	0,5	NON
B095	64,0	56,5	Modérée	64	56,5	65,0	56,5	64,5	56,5	-0,5	0,0	NON
B096	61,5	54,0	Modérée	61,5	55	62,0	53,5	62,0	54,0	0,0	0,5	NON
B097	71,5	63,5	Non modérée	65	60	72,5	64,5	72,0	64,0	-0,5	-0,5	NON
B098	61,5	54,0	Modérée	61,5	55	59,0	51,0	59,0	51,5	0,0	0,5	NON
B099	67,0	59,0	Modérée de nuit	65	59	69,0	60,5	69,5	61,5	0,5	1,0	NON
B100	67,5	60,0	Modérée de nuit	65	60	70,0	61,5	70,5	62,5	0,5	1,0	NON
B101	56,0	48,5	Modérée	60	55	56,0	48,0	56,5	48,5	0,5	0,5	NON
B102	72,0	64,5	Non modérée	65	60	73,5	65,0	72,0	64,0	-1,5	-1,0	NON
B103	66,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	68,0	60,0	68,5	60,5	0,5	0,5	NON
B104	60,5	53,0	Modérée	60,5	55	59,5	51,5	60,5	52,5	1,0	1,0	NON
B105	72,0	64,5	Non modérée	65	60	73,5	65,0	72,5	64,0	-1,0	-1,0	NON
B106	62,5	54,5	Modérée	62,5	55	60,0	52,0	60,5	52,5	0,5	0,5	NON
B107	62,0	54,5	Modérée	62	55	61,0	52,5	61,0	52,5	0,0	0,0	NON
B108	64,0	56,5	Modérée	64	56,5	66,5	58,0	66,0	58,0	-0,5	0,0	NON
B109	63,5	56,0	Modérée	63,5	56	66,0	58,0	65,5	57,5	-0,5	-0,5	NON
B110	74,0	66,5	Non modérée	65	60	75,0	67,0	74,0	66,0	-1,0	-1,0	NON
B111	70,5	63,0	Non modérée	65	60	72,0	63,5	71,5	63,5	-0,5	0,0	NON
B112	71,0	63,5	Non modérée	65	60	72,0	63,5	71,5	63,5	-0,5	0,0	NON
B113	71,0	63,5	Non modérée	65	60	72,0	64,0	72,0	63,5	0,0	-0,5	NON
B114	71,0	63,5	Non modérée	65	60	72,0	63,5	71,5	63,5	-0,5	0,0	NON
B115	70,0	62,5	Non modérée	65	60	71,0	63,0	71,0	63,0	0,0	0,0	NON
B116	58,5	51,0	Modérée	60	55	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B117	71,0	63,5	Non modérée	65	60	72,0	64,0	72,0	63,5	0,0	-0,5	NON
B118	70,0	62,5	Non modérée	65	60	71,0	63,0	71,5	63,5	0,5	0,5	NON
B119	72,5	65,0	Non modérée	65	60	74,0	65,5	73,5	65,0	-0,5	-0,5	NON
B120	69,0	61,0	Non modérée	65	60	70,0	61,5	70,0	62,0	0,0	0,5	NON
B121	72,0	64,5	Non modérée	65	60	73,0	65,0	74,0	66,0	1,0	1,0	NON
B122	74,0	66,5	Non modérée	65	60	75,5	67,0	74,0	66,0	-1,5	-1,0	NON
B123	61,5	53,5	Modérée	61,5	55	62,0	54,0	62,5	54,5	0,5	0,5	NON
B124	73,5	66,0	Non modérée	65	60	75,0	67,0	73,0	64,5	-2,0	-2,5	NON
B125	73,0	65,5	Non modérée	65	60	74,5	66,5	73,0	65,0	-1,5	-1,5	NON
B126	73,0	65,5	Non modérée	65	60	74,5	66,0	72,5	64,5	-2,0	-1,5	NON
B127	72,0	64,5	Non modérée	65	60	73,5	65,0	72,0	64,0	-1,5	-1,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B128	68,5	61,0	Non modérée	65	60	70,0	61,5	71,0	62,5	1,0	1,0	NON
B129	65,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	66,5	58,0	66,5	58,0	0,0	0,0	NON
B130	69,0	61,5	Non modérée	65	60	69,5	61,5	70,0	61,5	0,5	0,0	NON
B131	68,0	60,5	Non modérée	65	60	68,5	60,5	69,5	61,0	1,0	0,5	NON
B132	64,5	57,0	Modérée	64,5	57	65,0	56,5	64,5	56,5	-0,5	0,0	NON
B133	70,0	62,5	Non modérée	65	60	70,0	61,5	70,5	62,5	0,5	1,0	NON
B134	70,0	62,5	Non modérée	65	60	70,0	62,0	71,0	62,5	1,0	0,5	NON
B135	70,0	62,5	Non modérée	65	60	70,0	61,5	70,5	62,5	0,5	1,0	NON
B136	71,0	63,5	Non modérée	65	60	71,0	62,5	71,5	63,0	0,5	0,5	NON
B137	69,0	61,0	Non modérée	65	60	68,5	60,5	69,5	61,0	1,0	0,5	NON
B138	71,0	63,5	Non modérée	65	60	71,0	62,5	70,5	62,0	-0,5	-0,5	NON
B139	69,0	61,0	Non modérée	65	60	68,5	60,0	69,0	61,0	0,5	1,0	NON
B140	69,5	62,0	Non modérée	65	60	69,5	61,0	69,5	61,0	0,0	0,0	NON
B141	65,0	57,5	Modérée	65	57,5	65,0	56,5	65,0	57,0	0,0	0,5	NON
B142	64,0	56,5	Modérée	64	56,5	64,0	55,5	64,0	55,5	0,0	0,0	NON
B143	67,5	60,0	Modérée de nuit	65	60	67,5	59,0	68,5	60,0	1,0	1,0	NON
B144	65,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	65,5	57,0	65,0	57,0	-0,5	0,0	NON
B145	65,0	57,5	Modérée	65	57,5	64,5	56,5	65,0	56,5	0,5	0,0	NON
B146	65,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	65,5	57,0	65,5	57,5	0,0	0,5	NON
B147	66,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,5	58,0	66,5	58,0	0,0	0,0	NON
B148	66,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,0	58,0	65,5	57,5	-0,5	-0,5	NON
B149	63,5	55,5	Modérée	63,5	55,5	62,5	54,0	62,0	54,0	-0,5	0,0	NON
B150	65,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	65,0	57,0	65,0	57,0	0,0	0,0	NON
B151	68,0	60,5	Non modérée	65	60	67,5	59,5	67,5	59,5	0,0	0,0	NON
B152	68,5	61,0	Non modérée	65	60	68,5	60,0	69,0	60,5	0,5	0,5	NON
B153	65,0	57,0	Modérée	65	57	64,5	56,0	64,5	56,0	0,0	0,0	NON
B154	71,0	63,0	Non modérée	65	60	71,0	62,5	72,5	64,0	1,5	1,5	NON
B155	70,0	62,0	Non modérée	65	60	69,5	61,0	70,5	62,5	1,0	1,5	NON
B156	69,0	61,5	Non modérée	65	60	68,0	60,0	69,0	61,0	1,0	1,0	NON
B157	68,0	60,5	Non modérée	65	60	67,5	59,5	69,0	61,0	1,5	1,5	NON
B158	72,0	64,5	Non modérée	65	60	72,5	64,0	74,0	65,5	1,5	1,5	NON
B159	71,0	63,0	Non modérée	65	60	69,5	61,5	70,5	62,0	1,0	0,5	NON
B160	67,0	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	67,5	59,0	67,0	59,0	-0,5	0,0	NON
B161	70,5	62,5	Non modérée	65	60	69,0	61,0	70,0	62,0	1,0	1,0	NON
B162	68,5	61,0	Non modérée	65	60	58,5	50,5	59,5	50,5	1,0	0,0	NON
B163	57,0	49,5	Modérée	60	55	50,0	42,0	51,5	43,0	1,5	1,0	NON
B164	60,5	52,0	Modérée	60,5	55	60,5	52,5	61,5	52,5	1,0	0,0	NON
B165	68,5	60,5	Non modérée	65	60	65,0	57,0	65,5	56,5	0,5	-0,5	NON
B166	61,0	52,5	Modérée	61	55	60,5	52,5	61,5	52,5	1,0	0,0	NON
B167	61,5	53,5	Modérée	61,5	55	60,5	52,0	61,5	52,5	1,0	0,5	NON
B168	65,0	57,0	Modérée	65	57	66,0	58,0	66,0	57,5	0,0	-0,5	NON
B169	60,5	53,0	Modérée	60,5	55	65,0	57,0	65,5	57,5	0,5	0,5	NON
B170	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,5	57,0	66,5	57,0	1,0	0,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B171	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,5	57,5	66,5	57,0	1,0	-0,5	NON
B172	60,5	51,5	Modérée	60,5	55	60,0	51,5	61,0	52,0	1,0	0,5	NON
B173	66,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	65,5	57,0	66,5	57,0	1,0	0,0	NON
B174	58,0	51,0	Modérée	60	55	64,0	56,0	64,5	56,5	0,5	0,5	NON
B175	67,0	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,0	57,5	67,0	59,0	1,0	1,5	NON
B176	58,5	50,5	Modérée	60	55	58,5	50,5	59,5	50,5	1,0	0,0	NON
B177	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	64,0	55,5	65,5	56,0	1,5	0,5	NON
B178	59,0	51,0	Modérée	60	55	59,0	51,0	59,5	51,0	0,5	0,0	NON
B179	59,0	52,0	Modérée	60	55	65,5	57,5	66,5	58,5	1,0	1,0	NON
B180	68,5	60,5	Non modérée	65	60	67,5	59,0	69,0	60,5	1,5	1,5	NON
B181	60,5	53,0	Modérée	60,5	55	67,0	59,5	67,5	60,0	0,5	0,5	NON
B182	65,0	57,0	Modérée	65	57	63,5	55,5	64,5	56,5	1,0	1,0	NON
B183	59,0	52,0	Modérée	60	55	66,0	58,0	66,5	58,5	0,5	0,5	NON
B184	59,0	52,0	Modérée	60	55	65,5	57,5	66,0	58,0	0,5	0,5	NON
B185	60,0	53,0	Modérée	60	55	67,0	59,0	66,5	58,5	-0,5	-0,5	NON
B186	60,0	52,5	Modérée	60	55	65,0	57,0	65,5	57,5	0,5	0,5	NON
B187	59,5	52,5	Modérée	60	55	66,0	58,0	65,5	57,5	-0,5	-0,5	NON
B188	61,0	52,5	Modérée	61	55	61,0	52,5	62,0	52,5	1,0	0,0	NON
B189	59,5	52,0	Modérée	60	55	64,5	56,5	64,0	56,5	-0,5	0,0	NON
B190	61,0	52,5	Modérée	61	55	60,5	52,5	60,0	52,0	-0,5	-0,5	NON
B191	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	62,0	53,5	64,0	56,0	2,0	2,5	NON
B192	67,0	58,0	Modérée de nuit	65	58	61,5	53,0	63,0	53,5	1,5	0,5	NON
B193	65,5	57,0	Modérée de nuit	65	57	62,5	54,5	64,5	56,5	2,0	2,0	NON
B194	65,5	57,0	Modérée de nuit	65	57	62,5	54,5	64,5	56,5	2,0	2,0	NON
B195	66,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	62,5	54,5	64,5	57,0	2,0	2,5	NON
B196	59,5	50,5	Modérée	60	55	56,5	48,5	57,5	50,0	1,0	1,5	NON
B197	65,5	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	62,0	54,5	64,0	56,5	2,0	2,0	NON
B198	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	60,5	52,5	62,0	54,5	1,5	2,0	NON
B199	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	60,5	52,5	62,5	54,5	2,0	2,0	NON
B200	64,0	55,0	Modérée	64	55	61,0	53,0	62,5	54,5	1,5	1,5	NON
B201	61,0	52,0	Modérée	61	55	58,0	50,0	59,0	51,5	1,0	1,5	NON
B202	62,5	53,5	Modérée	62,5	55	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B203	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	60,5	52,5	62,5	54,5	2,0	2,0	NON
B204	64,0	55,5	Modérée	64	55,5	62,0	54,0	61,5	53,5	-0,5	-0,5	NON
B205	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	63,0	55,0	65,0	57,0	2,0	2,0	NON
B206	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	63,0	55,0	65,0	57,5	2,0	2,5	NON
B207	63,5	54,5	Modérée	63,5	55	62,0	53,5	57,5	49,5	-4,5	-4,0	NON
B208	66,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	65,0	56,5	65,5	57,5	0,5	1,0	NON
B209	67,0	58,0	Modérée de nuit	65	58	65,5	57,0	55,5	48,0	-10,0	-9,0	NON
B210	68,0	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,5	58,5	51,5	44,0	-15,0	-14,5	NON
B211	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,0	57,0	46,5	39,0	-18,5	-18,0	NON
B212	67,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	66,0	57,5	46,5	39,5	-19,5	-18,0	NON
B213	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,0	57,0	63,0	56,0	-2,0	-1,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B214	66,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	64,5	56,5	59,0	52,0	-5,5	-4,5	NON
B215	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,0	56,5	54,5	47,5	-10,5	-9,0	NON
B216	66,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	64,5	56,5	52,5	45,5	-12,0	-11,0	NON
B217	67,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	64,0	55,5	46,0	38,5	-18,0	-17,0	NON
B218	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,0	56,5	52,0	45,0	-13,0	-11,5	NON
B219	67,0	58,0	Modérée de nuit	65	58	58,5	50,0	44,0	36,5	-14,5	-13,5	NON
B220	66,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	63,0	55,0	54,0	46,5	-9,0	-8,5	NON
B221	67,5	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	62,0	54,0	48,0	40,5	-14,0	-13,5	NON
B222	62,5	53,0	Modérée	62,5	55	61,0	53,0	59,5	52,0	-1,5	-1,0	NON
B223	62,0	53,5	Modérée	62	55	59,0	50,5	51,5	44,5	-7,5	-6,0	NON
B224	61,5	52,5	Modérée	61,5	55	61,0	53,0	58,5	50,0	-2,5	-3,0	NON
B225	61,5	52,5	Modérée	61,5	55	60,5	52,5	59,0	50,5	-1,5	-2,0	NON
B226	61,0	52,5	Modérée	61	55	60,5	52,5	59,0	51,0	-1,5	-1,5	NON
B227	62,5	54,0	Modérée	62,5	55	61,0	53,0	60,0	52,0	-1,0	-1,0	NON
B228	57,0	48,0	Modérée	60	55	55,5	47,5	59,0	52,0	3,5	4,5	NON
B229	62,5	53,5	Modérée	62,5	55	61,5	53,0	60,0	52,0	-1,5	-1,0	NON
B230	62,5	54,0	Modérée	62,5	55	61,5	53,5	60,0	52,0	-1,5	-1,5	NON
B231	63,0	54,5	Modérée	63	55	61,5	53,0	60,5	52,5	-1,0	-0,5	NON
B232	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	62,0	53,5	61,0	53,0	-1,0	-0,5	NON
B233	57,0	48,5	Modérée	60	55	56,0	48,0	56,5	48,5	0,5	0,5	NON
B234	65,0	56,5	Modérée	65	56,5	63,0	55,0	63,0	54,5	0,0	-0,5	NON
B235	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	64,5	56,0	64,0	56,0	-0,5	0,0	NON
B236	66,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	64,5	56,5	64,5	56,0	0,0	-0,5	NON
B237	66,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	65,0	57,0	65,0	57,0	0,0	0,0	NON
B238	67,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	65,5	57,0	65,0	56,5	-0,5	-0,5	NON
B239	67,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	65,5	57,0	65,0	56,5	-0,5	-0,5	NON
B240	67,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	65,0	57,0	64,5	56,5	-0,5	-0,5	NON
B241	67,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	65,5	57,0	65,0	57,0	-0,5	0,0	NON
B242	68,0	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	67,5	59,5	67,5	59,5	0,0	0,0	NON
B243	68,0	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	66,0	58,0	65,5	57,5	-0,5	-0,5	NON
B244	65,0	56,5	Modérée	65	56,5	63,0	55,0	63,0	55,0	0,0	0,0	NON
B245	65,5	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	63,5	55,5	63,5	55,5	0,0	0,0	NON
B246	63,0	54,0	Modérée	63	55	61,0	52,5	60,5	52,0	-0,5	-0,5	NON
B247	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	64,5	56,0	64,0	55,5	-0,5	-0,5	NON
B248	57,0	48,0	Modérée	60	55	56,0	48,0	55,0	47,0	-1,0	-1,0	NON
B249	67,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	65,0	57,0	64,0	56,0	-1,0	-1,0	NON
B250	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	61,5	53,5	61,0	53,0	-0,5	-0,5	NON
B251	67,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	65,0	57,0	65,0	56,5	0,0	-0,5	NON
B252	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	66,0	57,5	65,0	57,0	-1,0	-0,5	NON
B253	60,0	51,5	Modérée	60	55	58,0	50,0	57,5	49,5	-0,5	-0,5	NON
B254	67,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	70,5	62,5	71,0	63,0	0,5	0,5	NON
B255	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	66,0	58,0	66,0	58,0	0,0	0,0	NON
B256	67,0	58,5	Modérée de nuit	65	58,5	70,5	62,0	70,0	61,5	-0,5	-0,5	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B257	64,5	55,5	Modérée	64,5	55,5	57,5	49,0	58,5	50,5	1,0	1,5	NON
B258	62,0	53,0	Modérée	62	55	58,5	50,5	59,5	51,0	1,0	0,5	NON
B259	63,0	54,0	Modérée	63	55	64,5	56,5	65,0	57,0	0,5	0,5	NON
B260	64,0	55,0	Modérée	64	55	64,5	56,0	65,0	56,5	0,5	0,5	NON
B261	64,5	55,5	Modérée	64,5	55,5	64,5	56,0	65,5	57,0	1,0	1,0	NON
B262	67,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	70,5	62,5	70,0	62,0	-0,5	-0,5	NON
B263	66,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	69,5	61,5	69,0	61,0	-0,5	-0,5	NON
B264	62,5	53,5	Modérée	62,5	55	62,5	54,0	63,5	55,5	1,0	1,5	NON
B265	62,5	53,5	Modérée	62,5	55	63,0	54,5	63,5	55,0	0,5	0,5	NON
B266	63,0	54,0	Modérée	63	55	63,5	55,0	64,5	56,5	1,0	1,5	NON
B267	70,0	61,0	Non modérée	65	60	73,0	65,0	70,0	62,0	-3,0	-3,0	NON
B268	62,0	53,5	Modérée	62	55	62,5	54,0	63,5	55,5	1,0	1,5	NON
B269	58,5	49,5	Modérée	60	55	60,5	52,0	61,5	53,0	1,0	1,0	NON
B270	68,5	59,5	Modérée de nuit	65	59,5	69,0	60,5	68,0	60,0	-1,0	-0,5	NON
B271	67,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	69,0	61,0	69,5	61,5	0,5	0,5	NON
B272	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	64,5	56,0	64,5	56,0	0,0	0,0	NON
B273	53,5	44,5	Modérée	60	55	54,5	46,5	55,5	47,5	1,0	1,0	NON
B274	67,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	69,0	61,0	69,5	61,5	0,5	0,5	NON
B275	57,0	48,0	Modérée	60	55	58,5	50,5	59,0	51,0	0,5	0,5	NON
B276	61,0	52,5	Modérée	61	55	61,5	53,0	62,5	54,5	1,0	1,5	NON
B277	61,0	52,0	Modérée	61	55	61,5	53,0	62,5	54,5	1,0	1,5	NON
B278	62,0	53,5	Modérée	62	55	63,5	55,5	62,5	54,5	-1,0	-1,0	NON
B279	60,5	52,5	Modérée	60,5	55	61,5	53,5	61,5	53,5	0,0	0,0	NON
B280	59,0	50,0	Modérée	60	55	60,5	52,5	61,0	53,0	0,5	0,5	NON
B281	62,0	53,5	Modérée	62	55	63,5	55,5	63,0	55,0	-0,5	-0,5	NON
B282	64,5	55,5	Modérée	64,5	55,5	64,0	55,5	64,0	56,0	0,0	0,5	NON
B283	62,5	54,5	Modérée	62,5	55	64,0	56,0	64,0	56,0	0,0	0,0	NON
B284	63,0	56,0	Modérée	63	56	62,5	54,5	63,0	55,0	0,5	0,5	NON
B285	65,0	56,0	Modérée	65	56	63,0	55,0	63,5	55,5	0,5	0,5	NON
B286	64,5	55,5	Modérée	64,5	55,5	65,0	56,5	65,5	57,5	0,5	1,0	NON
B287	63,0	54,5	Modérée	63	55	64,5	56,5	64,0	56,0	-0,5	-0,5	NON
B288	59,5	51,5	Modérée	60	55	60,5	52,5	60,5	52,5	0,0	0,0	NON
B289	60,5	52,5	Modérée	60,5	55	61,5	53,5	62,0	54,0	0,5	0,5	NON
B290	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	65,0	56,5	65,5	57,5	0,5	1,0	NON
B291	65,0	56,0	Modérée	65	56	64,5	56,0	65,0	57,0	0,5	1,0	NON
B292	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	63,0	54,5	64,5	56,0	1,5	1,5	NON
B293	65,0	56,5	Modérée	65	56,5	61,5	53,0	63,0	54,5	1,5	1,5	NON
B294	64,5	55,0	Modérée	64,5	55	62,0	53,5	62,5	54,0	0,5	0,5	NON
B295	61,0	53,5	Modérée	61	55	61,5	53,5	62,0	54,0	0,5	0,5	NON
B296	58,0	50,5	Modérée	60	55	58,5	50,5	59,0	51,0	0,5	0,5	NON
B297	63,0	54,5	Modérée	63	55	61,5	53,0	62,5	54,5	1,0	1,5	NON
B298	64,0	56,0	Modérée	64	56	61,0	53,0	63,0	54,5	2,0	1,5	NON
B299	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	61,5	53,0	63,0	55,0	1,5	2,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B300	65,5	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	65,5	57,0	66,0	58,0	0,5	1,0	NON
B301	65,5	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	62,5	54,0	63,5	55,0	1,0	1,0	NON
B302	67,0	58,0	Modérée de nuit	65	58	64,5	56,0	65,5	57,0	1,0	1,0	NON
B303	64,5	57,5	Modérée	64,5	57,5	63,5	55,5	64,0	56,0	0,5	0,5	NON
B304	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	62,5	54,0	63,5	55,5	1,0	1,5	NON
B305	61,5	55,5	Modérée	61,5	55,5	61,5	53,0	61,5	53,5	0,0	0,5	NON
B306	63,5	56,5	Modérée	63,5	56,5	64,5	56,0	64,5	56,5	0,0	0,5	NON
B307	66,5	58,0	Modérée de nuit	65	58	66,5	58,5	66,0	58,0	-0,5	-0,5	NON
B308	63,0	55,0	Modérée	63	55	64,5	56,5	64,5	56,5	0,0	0,0	NON
B309	66,0	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	66,5	58,5	66,0	58,0	-0,5	-0,5	NON
B310	67,5	59,0	Modérée de nuit	65	59	68,0	60,0	67,0	59,0	-1,0	-1,0	NON
B311	68,5	60,0	Modérée de nuit	65	60	70,0	62,0	69,0	60,5	-1,0	-1,5	NON
B312	62,0	57,0	Modérée	62	57	61,0	53,0	61,0	53,0	0,0	0,0	NON
B313	63,0	59,0	Modérée	63	59	60,5	52,5	62,0	53,5	1,5	1,0	NON
B314	65,0	59,0	Modérée	65	59	64,0	56,0	64,5	56,5	0,5	0,5	NON
B315	65,0	59,0	Modérée	65	59	64,0	55,5	64,0	56,0	0,0	0,5	NON
B316	64,5	59,0	Modérée	64,5	59	63,5	55,0	63,0	55,0	-0,5	0,0	NON
B317	65,0	59,5	Modérée	65	59,5	63,5	55,5	62,5	54,5	-1,0	-1,0	NON
B318	65,0	59,5	Modérée	65	59,5	63,5	55,5	61,5	53,5	-2,0	-2,0	NON
B319	65,5	61,0	Non modérée	65	60	61,5	53,5	60,0	52,0	-1,5	-1,5	NON
B320	65,5	60,5	Non modérée	65	60	63,0	54,5	62,5	54,5	-0,5	0,0	NON
B321	63,0	58,5	Modérée	63	58,5	57,0	49,0	56,0	48,0	-1,0	-1,0	NON
B322	66,5	61,5	Non modérée	65	60	63,5	55,5	63,0	54,5	-0,5	-1,0	NON
B323	66,0	61,5	Non modérée	65	60	60,5	52,5	59,0	51,0	-1,5	-1,5	NON
B324	65,0	60,5	Non modérée	65	60	62,0	54,0	61,5	53,0	-0,5	-1,0	NON
B325	66,5	62,5	Non modérée	65	60	60,0	52,0	58,0	50,0	-2,0	-2,0	NON
B326	70,5	66,0	Non modérée	65	60	61,5	53,5	60,5	52,5	-1,0	-1,0	NON
B327	69,0	64,5	Non modérée	65	60	61,0	53,0	58,5	51,0	-2,5	-2,0	NON
B328	71,0	67,0	Non modérée	65	60	61,0	53,0	58,5	50,5	-2,5	-2,5	NON
B329	69,5	65,0	Non modérée	65	60	61,5	53,0	61,5	53,5	0,0	0,5	NON
B330	66,0	62,0	Non modérée	65	60	60,5	52,5	61,0	53,0	0,5	0,5	NON
B331	65,5	61,0	Non modérée	65	60	62,0	54,0	62,0	54,0	0,0	0,0	NON
B332	70,0	65,5	Non modérée	65	60	58,5	50,0	57,5	49,5	-1,0	-0,5	NON
B333	68,5	64,5	Non modérée	65	60	54,0	46,0	53,5	45,5	-0,5	-0,5	NON
B334	66,5	60,5	Non modérée	65	60	67,5	59,5	68,0	60,0	0,5	0,5	NON
B335	64,5	57,5	Modérée	64,5	57,5	66,0	58,0	67,0	58,5	1,0	0,5	NON
B336	65,5	60,5	Non modérée	65	60	61,5	53,5	61,5	53,5	0,0	0,0	NON
B337	65,0	60,0	Modérée	65	60	62,0	54,0	61,5	53,5	-0,5	-0,5	NON
B338	63,0	57,0	Modérée	63	57	64,0	56,0	64,0	56,0	0,0	0,0	NON
B339	64,5	58,5	Modérée	64,5	58,5	64,5	56,5	64,0	56,0	-0,5	-0,5	NON
B340	61,0	57,0	Modérée	61	57	60,5	52,5	61,0	53,0	0,5	0,5	NON
B341	64,5	60,0	Modérée	64,5	60	61,5	53,0	62,0	54,0	0,5	1,0	NON
B342	61,0	56,5	Modérée	61	56,5	56,5	48,5	57,5	49,5	1,0	1,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B343	63,0	57,0	Modérée	63	57	63,0	54,5	62,5	54,0	-0,5	-0,5	NON
B344	60,0	55,5	Modérée	60	55,5	58,0	49,5	59,0	51,0	1,0	1,5	NON
B345	65,0	58,0	Modérée	65	58	67,5	59,0	68,5	60,5	1,0	1,5	NON
B346	65,0	57,5	Modérée	65	57,5	67,5	59,5	68,5	60,5	1,0	1,0	NON
B347	60,5	56,0	Modérée	60,5	56	62,5	54,5	63,0	55,0	0,5	0,5	NON
B348	57,0	52,0	Modérée	60	55	55,5	47,5	56,5	48,5	1,0	1,0	NON
B349	64,0	57,0	Modérée	64	57	65,5	57,0	65,0	56,5	-0,5	-0,5	NON
B350	64,5	56,0	Modérée	64,5	56	67,0	59,0	68,0	60,0	1,0	1,0	NON
B351	59,5	54,5	Modérée	60	55	57,5	49,5	58,5	50,5	1,0	1,0	NON
B352	61,0	56,5	Modérée	61	56,5	59,0	50,5	59,0	51,0	0,0	0,5	NON
B353	62,0	56,5	Modérée	62	56,5	62,5	54,5	62,5	54,5	0,0	0,0	NON
B354	62,5	56,5	Modérée	62,5	56,5	62,5	54,0	63,0	55,0	0,5	1,0	NON
B355	61,5	56,0	Modérée	61,5	56	63,0	55,0	63,0	55,0	0,0	0,0	NON
B356	64,0	56,5	Modérée	64	56,5	66,0	57,5	66,5	58,5	0,5	1,0	NON
B357	61,0	54,0	Modérée	61	55	62,5	54,0	62,5	54,0	0,0	0,0	NON
B358	60,5	56,0	Modérée	60,5	56	61,0	52,5	61,5	53,5	0,5	1,0	NON
B359	63,0	56,0	Modérée	63	56	65,0	56,5	64,5	56,5	-0,5	0,0	NON
B360	60,5	55,0	Modérée	60,5	55	62,0	54,0	63,0	55,0	1,0	1,0	NON
B361	61,0	56,5	Modérée	61	56,5	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B362	60,0	53,5	Modérée	60	55	61,0	53,0	61,5	53,5	0,5	0,5	NON
B363	58,5	53,5	Modérée	60	55	60,0	52,0	61,0	53,0	1,0	1,0	NON
B364	61,5	54,0	Modérée	61,5	55	63,5	55,5	64,5	56,5	1,0	1,0	NON
B365	59,0	55,0	Modérée	60	55	57,0	48,5	58,0	50,0	1,0	1,5	NON
B366	61,0	56,0	Modérée	61	56	61,5	53,5	62,0	54,0	0,5	0,5	NON
B367	63,0	54,5	Modérée	63	55	65,5	57,0	65,0	56,5	-0,5	-0,5	NON
B368	60,5	53,5	Modérée	60,5	55	62,0	54,0	62,5	54,5	0,5	0,5	NON
B369	61,5	54,0	Modérée	61,5	55	64,0	56,0	64,0	55,5	0,0	-0,5	NON
B370	60,5	54,0	Modérée	60,5	55	60,5	52,5	61,0	53,0	0,5	0,5	NON
B371	62,5	54,5	Modérée	62,5	55	65,0	56,5	65,0	57,0	0,0	0,5	NON
B372	63,0	54,5	Modérée	63	55	65,0	57,0	64,5	56,5	-0,5	-0,5	NON
B373	59,5	54,0	Modérée	60	55	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B374	59,0	54,5	Modérée	60	55	57,0	49,0	58,0	50,0	1,0	1,0	NON
B375	61,0	55,0	Modérée	61	55	61,0	52,5	61,5	53,5	0,5	1,0	NON
B376	62,0	55,0	Modérée	62	55	64,5	56,0	64,5	56,5	0,0	0,5	NON
B377	59,5	53,0	Modérée	60	55	60,0	52,0	60,0	52,0	0,0	0,0	NON
B378	63,5	54,5	Modérée	63,5	55	63,5	55,5	64,0	56,0	0,5	0,5	NON
B379	62,5	54,5	Modérée	62,5	55	61,0	52,5	61,0	52,5	0,0	0,0	NON
B380	63,0	55,0	Modérée	63	55	65,5	57,5	65,0	57,0	-0,5	-0,5	NON
B381	65,5	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	64,0	55,5	64,5	56,5	0,5	1,0	NON
B382	62,0	53,5	Modérée	62	55	63,0	55,0	63,0	54,5	0,0	-0,5	NON
B383	59,0	54,0	Modérée	60	55	63,5	55,0	63,5	55,5	0,0	0,5	NON
B384	57,5	52,5	Modérée	60	55	60,0	51,5	59,5	51,0	-0,5	-0,5	NON
B385	64,5	55,5	Modérée	64,5	55,5	62,5	54,5	62,5	54,5	0,0	0,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B386	59,5	54,0	Modérée	60	55	61,5	53,5	62,5	54,5	1,0	1,0	NON
B387	58,5	52,5	Modérée	60	55	64,5	56,0	65,0	56,5	0,5	0,5	NON
B388	64,0	55,5	Modérée	64	55,5	62,0	54,0	62,0	54,0	0,0	0,0	NON
B389	63,0	54,0	Modérée	63	55	61,0	52,5	61,0	53,0	0,0	0,5	NON
B390	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	65,0	56,5	64,5	56,5	-0,5	0,0	NON
B391	66,0	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	64,0	55,5	64,0	56,0	0,0	0,5	NON
B392	61,5	54,5	Modérée	61,5	55	62,5	54,5	63,5	55,5	1,0	1,0	NON
B393	65,5	56,0	Modérée de nuit	65	56	63,5	55,0	63,0	55,0	-0,5	0,0	NON
B394	60,0	53,5	Modérée	60	55	62,0	53,5	63,0	55,0	1,0	1,5	NON
B395	61,5	53,0	Modérée	61,5	55	59,5	51,5	59,5	51,5	0,0	0,0	NON
B396	59,0	53,5	Modérée	60	55	60,5	52,0	61,0	53,0	0,5	1,0	NON
B397	60,5	53,0	Modérée	60,5	55	63,5	55,5	65,0	57,0	1,5	1,5	NON
B398	66,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	64,5	56,0	64,0	56,0	-0,5	0,0	NON
B399	60,0	53,5	Modérée	60	55	65,5	57,5	66,0	57,5	0,5	0,0	NON
B400	65,0	55,5	Modérée	65	55,5	64,0	55,5	63,5	55,5	-0,5	0,0	NON
B401	65,0	56,0	Modérée	65	56	64,0	56,0	63,5	55,5	-0,5	-0,5	NON
B402	65,5	56,0	Modérée de nuit	65	56	63,5	55,0	63,0	55,0	-0,5	0,0	NON
B403	63,5	55,5	Modérée	63,5	55,5	62,0	53,5	60,5	52,5	-1,5	-1,0	NON
B404	66,0	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	65,0	57,0	65,5	57,5	0,5	0,5	NON
B405	66,5	57,0	Modérée de nuit	65	57	66,0	58,0	66,0	58,0	0,0	0,0	NON
B406	68,0	59,0	Modérée de nuit	65	59	66,0	58,0	65,0	57,0	-1,0	-1,0	NON
B407	63,5	55,0	Modérée	63,5	55	65,0	57,0	64,5	56,0	-0,5	-1,0	NON
B408	66,0	56,0	Modérée de nuit	65	56	66,0	57,5	65,5	57,5	-0,5	0,0	NON
B409	64,5	55,5	Modérée	64,5	55,5	65,0	56,5	65,0	56,5	0,0	0,0	NON
B410	66,0	56,5	Modérée de nuit	65	56,5	66,0	58,0	66,0	58,0	0,0	0,0	NON
B411	65,5	56,0	Modérée de nuit	65	56	66,0	57,5	66,0	57,5	0,0	0,0	NON
B412	65,5	56,0	Modérée de nuit	65	56	65,5	57,5	66,0	58,0	0,5	0,5	NON
B413	66,0	56,0	Modérée de nuit	65	56	66,0	57,5	66,0	58,0	0,0	0,5	NON
B414	67,5	57,5	Modérée de nuit	65	57,5	67,5	59,0	67,5	59,5	0,0	0,5	NON
B415	64,5	55,0	Modérée	64,5	55	64,5	56,5	65,0	56,5	0,5	0,0	NON
B416	61,5	52,5	Modérée	61,5	55	61,5	53,0	61,5	53,0	0,0	0,0	NON
B417	63,5	54,0	Modérée	63,5	55	63,5	55,5	63,5	55,5	0,0	0,0	NON
B418	63,0	53,5	Modérée	63	55	63,0	55,0	63,0	55,0	0,0	0,0	NON
B419	63,0	53,5	Modérée	63	55	63,0	55,0	63,5	55,0	0,5	0,0	NON
B420	62,0	52,0	Modérée	62	55	62,0	53,5	62,0	53,5	0,0	0,0	NON
B421	64,5	54,5	Modérée	64,5	55	64,5	56,5	64,5	56,5	0,0	0,0	NON
B422	62,5	53,0	Modérée	62,5	55	62,5	54,5	63,0	54,5	0,5	0,0	NON
B423	64,5	55,0	Modérée	64,5	55	65,0	56,5	65,0	56,5	0,0	0,0	NON
B424	63,0	53,0	Modérée	63	55	63,0	54,5	63,0	55,0	0,0	0,5	NON
B425	62,0	52,5	Modérée	62	55	62,5	54,0	62,5	54,0	0,0	0,0	NON
B426	65,5	56,0	Modérée de nuit	65	56	66,0	57,5	66,0	57,5	0,0	0,0	NON
B427	67,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	67,0	58,5	66,5	58,5	-0,5	0,0	NON
B428	67,0	57,0	Modérée de nuit	65	57	67,0	58,5	66,0	58,0	-1,0	-0,5	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B429	66,0	56,0	Modérée de nuit	65	56	65,0	57,0	64,5	56,5	-0,5	-0,5	NON
B430	64,5	55,0	Modérée	64,5	55	63,5	55,5	63,5	55,0	0,0	-0,5	NON
B431	65,5	56,0	Modérée de nuit	65	56	65,5	57,5	66,5	58,5	1,0	1,0	NON
B432	58,5	48,5	Modérée	60	55	60,0	52,0	60,0	52,0	0,0	0,0	NON
B433	59,0	48,5	Modérée	60	55	60,0	52,0	60,0	52,0	0,0	0,0	NON
B434	61,0	50,5	Modérée	61	55	62,0	54,0	62,5	54,5	0,5	0,5	NON
B435	58,0	48,0	Modérée	60	55	58,5	50,0	58,5	50,5	0,0	0,5	NON
B436	58,5	48,5	Modérée	60	55	59,0	51,0	59,5	51,5	0,5	0,5	NON
B437	57,5	47,0	Modérée	60	55	58,5	50,5	58,5	50,5	0,0	0,0	NON
B438	58,5	48,5	Modérée	60	55	58,5	50,5	58,5	50,5	0,0	0,0	NON
B439	60,5	50,5	Modérée	60,5	55	60,5	52,0	60,5	52,5	0,0	0,5	NON
B440	61,5	51,5	Modérée	61,5	55	63,5	55,0	63,5	55,5	0,0	0,5	NON
B441	59,0	49,0	Modérée	60	55	59,0	51,0	59,0	51,0	0,0	0,0	NON
B442	60,0	50,5	Modérée	60	55	62,5	54,5	63,0	55,0	0,5	0,5	NON
B443	61,0	51,0	Modérée	61	55	61,0	53,0	61,0	53,0	0,0	0,0	NON
B444	60,0	50,5	Modérée	60	55	62,0	54,0	63,0	55,0	1,0	1,0	NON
B445	61,0	51,5	Modérée	61	55	61,0	53,0	61,0	53,0	0,0	0,0	NON
B446	59,5	50,0	Modérée	60	55	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B447	59,5	49,5	Modérée	60	55	59,5	51,5	59,5	51,5	0,0	0,0	NON
B448	60,5	51,0	Modérée	60,5	55	62,0	54,5	63,5	56,0	1,5	1,5	NON
B449	60,0	50,0	Modérée	60	55	60,0	51,5	60,0	52,0	0,0	0,5	NON
B450	60,5	51,0	Modérée	60,5	55	60,5	52,5	60,5	52,5	0,0	0,0	NON
B451	60,0	51,0	Modérée	60	55	61,5	53,5	62,5	55,0	1,0	1,5	NON
B452	61,5	51,5	Modérée	61,5	55	61,5	53,5	61,5	53,5	0,0	0,0	NON
B453	61,0	51,0	Modérée	61	55	61,0	53,0	61,0	53,0	0,0	0,0	NON
B454	59,0	49,0	Modérée	60	55	59,0	51,0	59,0	51,0	0,0	0,0	NON
B455	59,5	50,0	Modérée	60	55	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B456	59,0	49,0	Modérée	60	55	59,0	51,0	59,5	51,5	0,5	0,5	NON
B457	59,5	50,0	Modérée	60	55	59,5	51,5	60,0	52,0	0,5	0,5	NON
B458	57,5	48,5	Modérée	60	55	59,0	51,5	60,0	52,5	1,0	1,0	NON
B459	58,5	48,5	Modérée	60	55	58,5	50,5	58,5	50,5	0,0	0,0	NON
B460	56,5	47,5	Modérée	60	55	57,5	50,0	58,5	51,5	1,0	1,5	NON
B461	58,5	49,5	Modérée	60	55	59,5	52,0	60,5	53,0	1,0	1,0	NON
B462	58,0	49,0	Modérée	60	55	61,5	53,0	61,5	53,5	0,0	0,5	NON
B463	58,0	50,0	Modérée	60	55	68,0	59,5	68,0	59,5	0,0	0,0	NON
B464	57,0	49,0	Modérée	60	55	66,5	58,0	66,0	57,5	-0,5	-0,5	NON
B465	55,5	47,0	Modérée	60	55	63,5	55,0	63,0	54,5	-0,5	-0,5	NON
B466	59,5	51,5	Modérée	60	55	69,0	60,5	69,0	60,5	0,0	0,0	NON
B467	57,0	48,5	Modérée	60	55	66,0	57,5	66,0	57,5	0,0	0,0	NON
B468	56,5	48,5	Modérée	60	55	66,5	58,0	66,0	57,5	-0,5	-0,5	NON
B469	58,5	50,5	Modérée	60	55	68,5	60,0	68,0	60,0	-0,5	0,0	NON
B470	52,5	44,5	Modérée	60	55	62,5	54,0	62,0	53,5	-0,5	-0,5	NON
B471	58,5	50,0	Modérée	60	55	68,0	59,5	67,5	59,5	-0,5	0,0	NON

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B472	53,5	45,5	Modérée	60	55	63,5	55,0	63,5	55,0	0,0	0,0	NON
B473	56,5	48,5	Modérée	60	55	66,5	58,0	66,0	58,0	-0,5	0,0	NON
B474	55,0	46,5	Modérée	60	55	64,5	56,0	64,5	56,0	0,0	0,0	NON
B475	57,0	49,0	Modérée	60	55	67,0	58,5	67,0	58,5	0,0	0,0	NON
B476	52,0	44,0	Modérée	60	55	62,0	53,5	62,0	53,5	0,0	0,0	NON
B477	52,5	44,5	Modérée	60	55	62,5	54,0	62,5	54,0	0,0	0,0	NON
B478	58,5	50,5	Modérée	60	55	68,5	60,0	68,0	59,5	-0,5	-0,5	NON
B479	59,0	50,5	Modérée	60	55	68,5	60,0	68,5	60,0	0,0	0,0	NON
B480	58,5	50,5	Modérée	60	55	68,5	60,0	67,5	59,0	-1,0	-1,0	NON
B481	58,5	50,5	Modérée	60	55	68,5	60,0	68,5	60,0	0,0	0,0	NON
B482	57,0	49,0	Modérée	60	55	66,5	58,0	66,0	57,5	-0,5	-0,5	NON
B483	56,0	48,0	Modérée	60	55	65,5	57,0	65,5	57,0	0,0	0,0	NON
B484	59,0	51,0	Modérée	60	55	69,0	60,5	68,5	60,0	-0,5	-0,5	NON
B485	60,0	51,5	Modérée	60	55	69,5	61,0	68,5	60,5	-1,0	-0,5	NON
B486	60,0	51,5	Modérée	60	55	69,5	61,0	69,0	60,5	-0,5	-0,5	NON
B487	58,0	49,5	Modérée	60	55	67,5	59,0	67,5	59,0	0,0	0,0	NON
B488	54,5	46,5	Modérée	60	55	64,5	56,0	64,5	56,0	0,0	0,0	NON
B489	55,0	47,0	Modérée	60	55	65,0	56,5	65,0	56,5	0,0	0,0	NON
B490	56,5	48,5	Modérée	60	55	66,5	58,0	66,5	58,0	0,0	0,0	NON
B491	60,0	51,5	Modérée	60	55	69,5	61,0	69,0	60,5	-0,5	-0,5	NON
B492	57,5	49,5	Modérée	60	55	67,5	59,0	68,0	59,5	0,5	0,5	NON
B493	60,0	52,0	Modérée	60	55	70,0	61,5	69,0	61,0	-1,0	-0,5	NON
B494	55,5	47,5	Modérée	60	55	65,5	57,0	65,5	57,0	0,0	0,0	NON
B495	60,5	52,5	Modérée	60,5	55	70,5	62,0	69,5	61,0	-1,0	-1,0	NON
B496	59,0	51,0	Modérée	60	55	69,0	60,5	68,5	60,0	-0,5	-0,5	NON
B497	58,5	50,5	Modérée	60	55	68,5	60,0	68,5	60,0	0,0	0,0	NON
B498	51,5	43,5	Modérée	60	55	61,0	53,0	60,5	52,5	-0,5	-0,5	NON
B499	56,5	48,5	Modérée	60	55	66,5	58,0	66,5	58,0	0,0	0,0	NON
B500	50,5	42,0	Modérée	60	55	60,0	51,5	60,0	51,5	0,0	0,0	NON
B501	58,5	50,0	Modérée	60	55	68,0	59,5	67,5	59,0	-0,5	-0,5	NON
B502	51,5	43,5	Modérée	60	55	61,5	53,0	61,5	53,0	0,0	0,0	NON
B503	56,0	48,0	Modérée	60	55	66,0	57,5	66,0	57,5	0,0	0,0	NON
B504	57,5	49,5	Modérée	60	55	67,5	59,0	67,5	59,0	0,0	0,0	NON
B505	53,5	45,5	Modérée	60	55	63,5	55,0	63,5	55,0	0,0	0,0	NON
B506	53,0	45,0	Modérée	60	55	63,0	54,5	63,0	54,5	0,0	0,0	NON
B507	53,0	44,5	Modérée	60	55	62,5	54,0	62,5	54,0	0,0	0,0	NON
B508	56,0	48,0	Modérée	60	55	65,5	57,5	66,0	57,5	0,5	0,0	NON
B509	58,0	50,0	Modérée	60	55	68,0	59,5	68,0	59,5	0,0	0,0	NON
B510	56,0	48,0	Modérée	60	55	66,0	57,5	66,0	57,5	0,0	0,0	NON
B511	58,0	50,0	Modérée	60	55	68,0	59,5	67,5	59,0	-0,5	-0,5	NON
B512	57,5	49,5	Modérée	60	55	67,5	59,0	68,0	59,5	0,5	0,5	NON
B513	56,5	48,0	Modérée	60	55	66,0	57,5	66,0	57,5	0,0	0,0	NON

A3 Cartes de bruit en situation de référence en période jour

Pour rappel, les cartes de bruit sont calculées à 4m de hauteur.

Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 1 / 7



Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 2 / 7



Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 3 / 7



Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 4 / 7



Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 5 / 7



Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 6 / 7



Carte de bruit de jour de la situation de référence - Planche 7 / 7



A4 Cartes de bruit en situation de référence en période nuit

Pour rappel, les cartes de bruit sont calculées à 4m de hauteur.

Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 1 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 2 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 3 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 4 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 5 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 6 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation de référence - Planche 7 / 7



A5 Cartes de bruit en situation projet en période jour

Pour rappel, les cartes de bruit sont calculées à 4m de hauteur.

Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 1 / 7



Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 2 / 7



Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 3 / 7



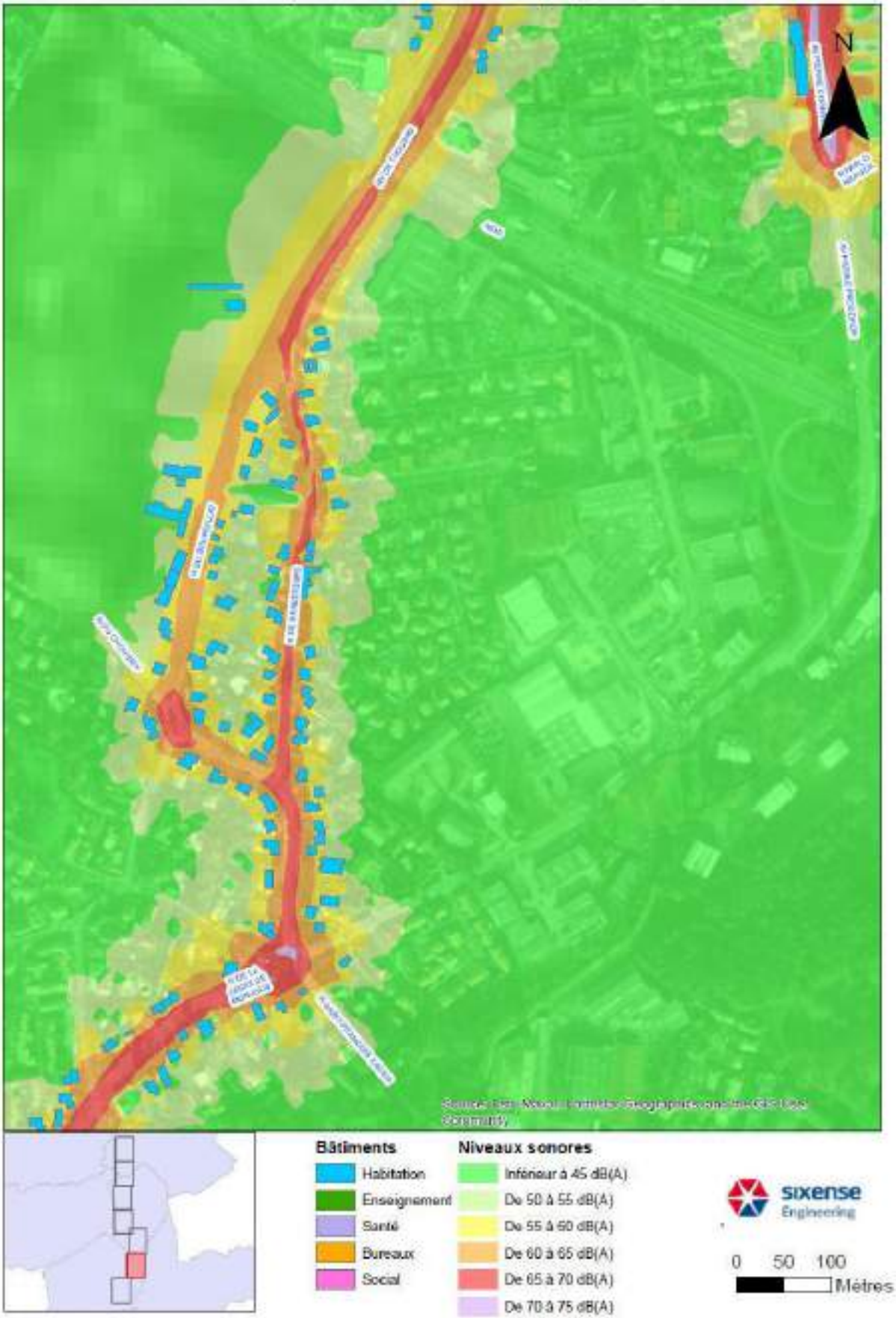
Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 4 / 7



Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 5 / 7



Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 6 / 7



Carte de bruit de jour de la situation projet - Planche 7 / 7



A6 Cartes de bruit en situation projet en période nuit

Pour rappel, les cartes de bruit sont calculées à 4m de hauteur.

Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 1 / 7



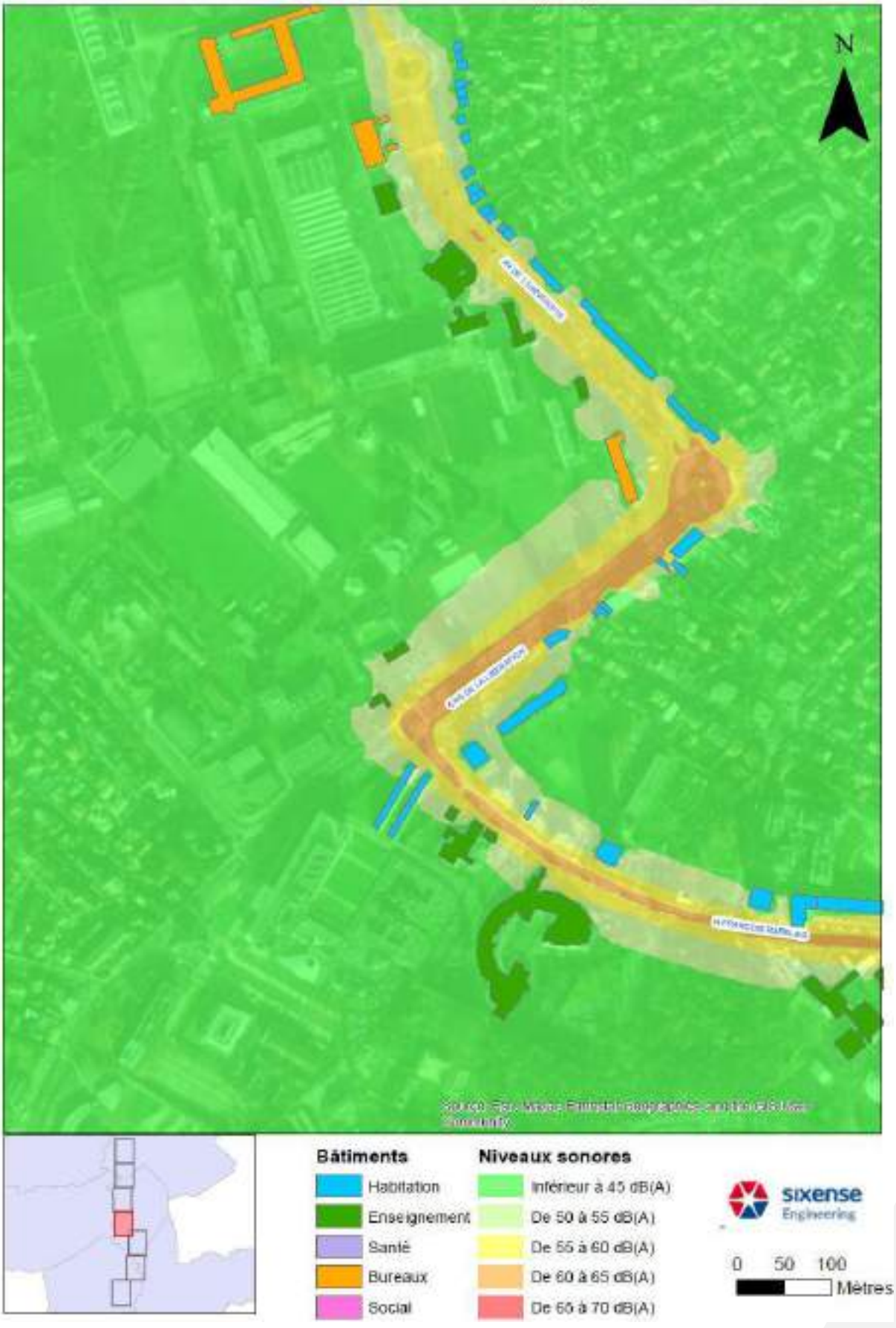
Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 2 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 3 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 4 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 5 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 6 / 7



Carte de bruit de nuit de la situation projet - Planche 7 / 7



ANNEXE 3 : ETUDE VIBRATOIRE, 2024 – SIXENSE

Secteur A



BORDEAUX METROPOLE

Etude vibratoire

PROJET DE BHNS GRADIGNAN (33)

RA-22202-01-A - 01/04/2024

Sommaire

Synthèse **2**

1. Introduction **3**

1.1 Objet de l'étude 3
1.2 Notions et terminologies pour les vibrations 4
1.3 Contexte réglementaire 5

2. Mesures de vibration **7**

2.1 Conditions de mesurage 7
2.2 Incertitude 8
2.3 Méthodologie des mesures 9
2.4 Résultats de mesure 12

3. Analyse de l'impact vibratoire **24**

3.1 Analyse du risque de dommage structurel 24
3.2 Estimation de la force injectée par le passage des bus 25
3.3 Analyse du risque de gène par perception tactile 25
3.4 Analyse du risque de gène par bruit solidien 27

4. Conclusion **31**

Annexe 1. Circulaire du 23 juillet 1986 ..... *32*
Annexe 2. Matériel de mesure *50*
Annexe 3. État initial – passages de bus *51*
Annexe 4. Analyse risque bruit solidien période diurne *53*
Annexe 5. Analyse risque bruit solidien période nocturne *60*

Révisions

Ind	*Date*	*Rédaction*	*Approbation*
A	29/03/2024	Giovanni FAROTTO	Céline BOUTIN

Synthèse

L'étude vibratoire de la future ligne BHNS de Gradignan a été réalisée à l'aide :

- D'une série de mesures vibratoires visant à caractériser la situation actuelle.
- De mesures de mobilité de transfert vibratoire visant à caractériser la transmission des vibrations dans le sol dans les secteurs concernés par le projet.
- D'une analyse de l'impact vibratoire du projet vis-à-vis des immeubles longeant le tracé.

Les résultats de l'étude montrent que l'impact vibratoire du projet est :

- Nul en termes de risque de dommage structurel.
- Nul en termes de risque de gêne par perception tactile des vibrations à l'intérieur des immeubles.
- Avéré pour un certain nombre d'immeubles d'habitation en termes de risque de gène par bruit solidien lors des passages de bus, notamment en période nocturne (22h-7h) et en particulier sur le secteur entre la rue de la Béchade (Bordeaux) et la rue Denis Papin (Talence).

Pour rappel, les seuils de bruit solidien et les bâtiments impactés sont données à titre indicatif, aucune réglementation n'impose de seuil à respecter pour les vibrations des bus en France. De plus, l'impact réel sur chaque bâtiment dépend de la classe de construction, de la nature des fondations et de la nature du sol.

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

Le projet à l'étude consiste en la création d'une ligne de BHNS « zéro émission directe », en fourche avec :

- Un tronc commun à 5 minutes de fréquence entre le quartier de Pellegrin (Barrière St-Augustin) et l'arrêt Piscine de Thouars, avec un pourcentage de site propre important.
- Une première branche à 10 minutes de fréquence allant vers Malartic via l'avenue de Thouars.
- Une seconde branche, elle aussi à 10 minutes de fréquence, qui irait jusqu'à l'arrêt Neruda, via la rue Arthur Rimbaud et l'avenue de Proudhon.

Ce projet doit faire l'objet d'une étude d'impact environnementale, afin d'évaluer les impacts directs de cette ligne sur son environnement proche.

Dans ce contexte, les aménagements projetés d'une part et l'augmentation du nombre de circulations à terme d'autre part sont susceptibles d'engendrer un impact vibratoire qui sera qualifié selon deux approches distinctes :

- Une première approche relative aux dommages potentiels occasionnées aux éléments de structures de bâtiments (notion de dommages aux structures en référence à la Circulaire de 1986.
- Une seconde approche relative à la perception tactile des vibrations d'origines ferroviaires pour les riverains du projet de BHNS (en relation avec l'approche de la norme ISO 2631-2 de 1989) et au risque de gène associé au bruit solidien.

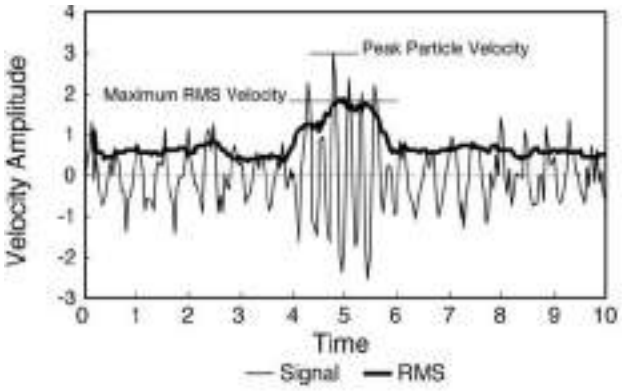
L'étude vibratoire, qui fait l'objet du présent rapport est articulé comme ci-dessous :

- Mesures d'état initial vibratoire au droit du réseau actuellement en exploitation, en des points représentatifs du réseau et des bâtiments sensibles potentiellement exposés.
- Mesures de fonctions de transferts des vibrations (mobilités de transfert vibratoire) dans le sol, au droit des points de mesures vibratoires d'état initial, dans une direction perpendiculaire à la voie.
- Évaluation, par mesures sur un point du réseau existant, de l'effort maximal injecté dans le sol au passage d'un bus assimilable au futur matériel roulant du BHNS.
- Définition zones à risques à l'intérieur desquelles les risques vibratoires suivants peuvent être rencontrés dans le cadre de l'exploitation de la ligne de BHNS :
  - Risque de dommages aux structures des bâtiments riverains,
  - Risque de perception tactile des vibrations à l'intérieur des bâtiments par les usagers de ces derniers aux passages des circulations BHNS,
  - Risque de bruit solidien dans les locaux au passage des circulations BHNS.

1.2 Notions et terminologies pour les vibrations

Les **phénomènes vibratoires** correspondent à des phénomènes ondulatoires, caractérisés par une onde, son amplitude et sa fréquence.

- **L'amplitude d'un signal vibratoire** caractérise l'importance de la vibration, c'est-à-dire sa valeur maximale ou moyenne sur une période donnée. Cette amplitude peut être exprimée en termes de déplacement, de vitesse, ou d'accélération, généralement en mm, mm/s et mm/s². Elle est exprimée en valeur crête (Peak), valeur crête à crête (Peak to Peak) ou encore valeur RMS (Root Mean Square), comme illustré sur le schéma suivant.



- **La fréquence du signal** correspond, elle, au nombre de cycles du phénomène vibratoire ou acoustique par unité de temps (seconde s) et s'exprime classiquement en Hertz (Hz). Les phénomènes en jeu dans les problématiques de métro sont, comme dans la plupart des cas, composés d'une multitude de fréquences émises en simultané. Une analyse dite spectrale est alors être nécessaire. Elle consiste à effectuer des calculs par « paquets de fréquences » regroupés dans différentes bandes de fréquences (1/3 octave par exemple) représentatives du phénomène étudié.

> Dans le cadre de cette étude, les vibrations seront caractérisées en valeur crête (PPV) de la vitesse particulaire, avec des valeurs exprimées en **mm/s** (millimètre par seconde).
>
> D'autres analyses seront réalisées en 1/3 d'octave, notamment pour le calcul des fonctions de transfert vibratoire.

1.3 Contexte réglementaire

Il n'y a ni réglementation vibratoire ni indicateur réglementaire définis à ce jour. En revanche, il est d'usage de se baser sur les références suivantes (circulaires et normes) :

- **Circulaire du 23 juillet 1986** relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement (4 à 100 Hz) (en annexe 1)
- **Norme ISO 2631-2 -1989** : estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – partie 2 : vibrations continues et induites par les chocs dans les bâtiments (8 à 80 Hz).
- **Guide FTA Report No. 0123 de Septembre 2018** « Transit Noise and Vibration Impact Assessment »
- **Norme NF E 90-020 de juillet 2007** relative aux méthodes de mesurages et d'évaluation des réponses des constructions, des matériels sensibles et des occupants.

1.3.1 Risque de dommage pour les structures

Le risque vibratoire pour le projet sera analysé **selon les deux critères et seuils suivants**. En deçà de ces valeurs seuils, le risque vibratoire sera considéré comme négligeable.

- **Seuil vibratoire relatif au risque de dommages aux structures**. Ce seuil sera exprimé en vitesse particulaire PPV (en mm/s).

Seuils de la Circulaire du 23/07/1986

TABLEAU 1
VIBRATIONS CONTINUES OU SIMILAIRES
Valeurs limite de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée
Méthode de mesure de classe "contrôle"
Ces valeurs limite sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement

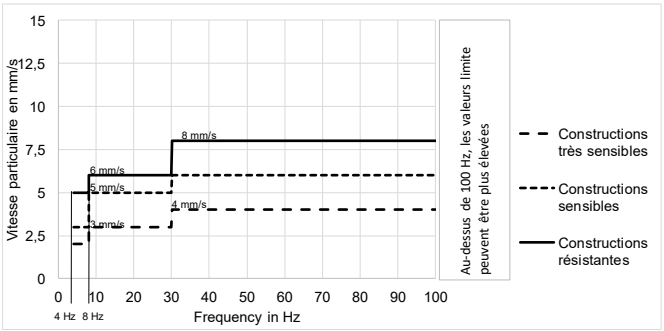
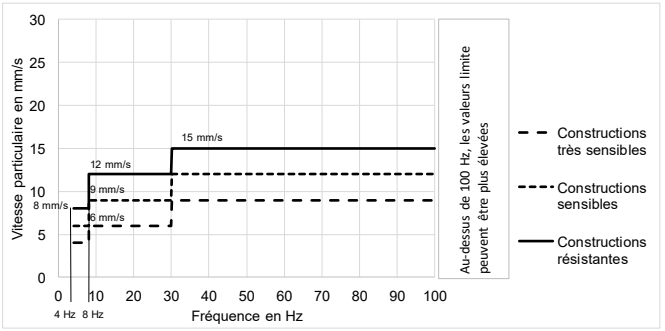


TABLEAU 2
VIBRATIONS IMPULTIONNELLES A IMPULSIONS REPETEES
Valeurs limite de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée
Méthode de mesure de classe "contrôle"
Ces valeurs limite sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement



A titre de privilégier la protection des bâtiments sensibles exposés, nous retiendrons, dans le cadre de cette étude, les seuils correspondant aux vibrations de type continu.

1.3.2 Risque de perception tactile des vibrations

Seuil vibratoire relatif à la gêne potentielle des occupants, en raison de la possible perception tactile des vibrations. Ce seuil sera exprimé en dBV.

Type de bâtiment	Période d'exposition	Seuils valables pour chaque bandes 1/3 octave de 8Hz à 80Hz	
		Vitesse particulaire en mm/s de 8 à 80 Hz	Vitesse particulaire en dBV réf. $5x10^{-8}$ m/s
Zones de travail sensibles (hôpitaux, laboratoires, etc…)	Jour et nuit	0,10	66
Zones résidentielles	Jour	0,20	72
	Nuit	0,14	69
Bureaux	Jour et nuit	0,40	78
Ateliers	Jour et nuit	0,80	84

1.3.3 Risque de perception de bruit solidien

Les seuils fixés pour déterminer la gêne des occupants d'un bâtiment lié au bruit solidien produit par le passage en tunnel d'une rame de métro sont issus de recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Ces recommandations sont accessibles sur la plateforme web de Bruitparif (organisme de l'observatoire du bruit en région parisienne) qui propose également de prendre en compte certaines valeurs seuils retenues dans le guide FTA « Transit Noise and Vibration Impact Assessment » pour ce qui concerne les bâtiments avec activités spécifiques.

Planche 1 - Valeurs de seuil acoustique relatif au bruit solidien

Type de lieu	Période d'observation	Valeur limite
Résidences, hôpitaux, maisons de retraite, écoles maternelles, crèches	Jour	Lp_{ASmax} = 40 dB(A)
	Nuit	Lp_{ASmax} = 35 dB(A)
Salles de classe, tribunaux, salles de conférences	Jour	Lp_{ASmax} = 40 dB(A) Lp_{Aeq} = 35 dB(A)
Studios d'enregistrement, studios TV, auditoriums, salles de concert	Jour et nuit	Lp_{ASmax} = 25 dB(A)
Théâtres, cinémas	Jour et nuit	Lp_{ASmax} = 30 dB(A)
Bureaux	Jour et nuit	Lp_{Aeq} = 40 dB(A)
Centres commerciaux, ateliers	Jour et nuit	Lp_{Aeq} = 50 dB(A)

Ces valeurs seuils sont exprimées selon deux indices :

- L'indice Lp_{ASmax}. Il correspond à la valeur maximale moyennée sur 1 seconde mesurée lors du passage d'un bus à proximité. Il s'agit donc d'une valeur « instantanée ».
- L'indice Lp_{Aeq}. Il correspond à la valeur moyenne sur les périodes jour (7h-22h) et nuit (22h-7h) intégrant l'ensemble des passages de bus. Il est notamment retenu pour les constructions type bureaux, commerces, ateliers.

Compte tenu de ces indications et du fait que le bruit correspondant au passage des bus est intermittent et de courte durée, les seuils suivants peuvent être retenus acceptables compte tenu de la destination du projet :

- L_{pamax} = 40 dB(A), NR35 le jour.
- L_{pamax} = 35 dB(A), NR30 la nuit.

2. Mesures de vibration

2.1 Conditions de mesurage

Les mesures de caractérisation de la propagation vibratoire et de la fonction de transfert aux passages des bus ont été réalisées au niveau de 5 secteurs le long du réseau de bus existant, retenus parmi les sites identifiés à l'aide d'une analyse préalable sur plan.

Les mesures ont été réalisées du 6 au 7 mars 2024.

Les mesures d'état initial ont été réalisées de part et d'autre des voies empruntées par les bus à différents emplacements entre les communes de Bordeaux, Talence et Gradignan.

La circulation routière (circulation des véhicules sur la route aux abords de laquelle les mesures ont été réalisées) n'a pas été coupée pendant les mesures. Pour cela, sur la base de l'analyse du niveau vibratoire mesuré lors des chocs du marteau, certaines valeurs ont été exclues du calcul des mobilités de transfert, afin d'assurer la représentativité du résultat final.

Ces 5 sites ont été sélectionnés sur place sur la base de l'accessibilité et la disponibilité de l'espace pour l'installation des dispositifs de mesure, tout en pouvant assurer la sécurité de nos opérateurs pour la réalisation des mesures par rapport au trafic routier.

La planche ci-dessous présente les 5 secteurs ayant fait l'objet d'une mesure d'état initial et de fonction de transfert.

Planche 2 - Localisation des mesures de vibration



2.2 Incertitude

Les sources d'incertitude à prendre en compte pour les mesures et les analyses réalisées dans le cadre de cette étude sont associées aux paramètres suivants :

Sources d'incertitude	Méthodes de contrôle de l'incertitude	Incertitude résultante estimée en dB
La source de vibration (bus)	Mesure d'un seul passage de bus	3
L'homogénéité des caractéristiques du sol	Caractérisation d'une ligne de propagation pour l'étude de chaque zone	3
Les conditions de pose des capteurs	Préparation du sol pour assurer le meilleur contact possible entre le capteur et le terrain naturel, décapage manuel de la couche surfacique surface herbeuse	2
Les dispositifs de mesure	Utilisation des dispositifs en bon état et étalonnés	1
Incertitude composée globale estimée		3

Ces incertitudes sont estimées sur la base de notre expertise sur des études similaires.

2.3 Méthodologie des mesures

La méthodologie adoptée lors de cette campagne de mesures est la suivante :

2.3.1 Mesures d'état initial

Pour ces mesures, 5 capteurs ont été mis en œuvre à différents emplacements le long du tracé sur une durée de 1 à 2 heures afin d'avoir un échantillonnage minimal de passages de bus :

- **1 capteur en pied de bâti** : Il permet de statuer sur l'approche « dommages aux structures » selon la circulaire de 1986, et l'approche « perception tactile des vibrations » pour les occupants selon l'ISO 2631-2.

La distance des points de mesure de la voie circulée est la suivante :

Réf	Distance de la voie en m	Photo	Plan
PVA Groupe Hospitalier Pellegrin, Pl. Amélie Raba Léon, Bordeaux	20 m		
PVB 17 Rue du Tauzin, Bordeaux	5 m		
PVC Résidence universitaire Galilée, 16 Av. de Collegno, Talence	11,2 m		
PVD 3 Rue Stéphane Mallarmé, Bordeaux	7,5 m		
PVE 20 Rue de Bénédigues, Gradignan	9,5 m		

2.3.2 Fonctions de transfert vibratoire

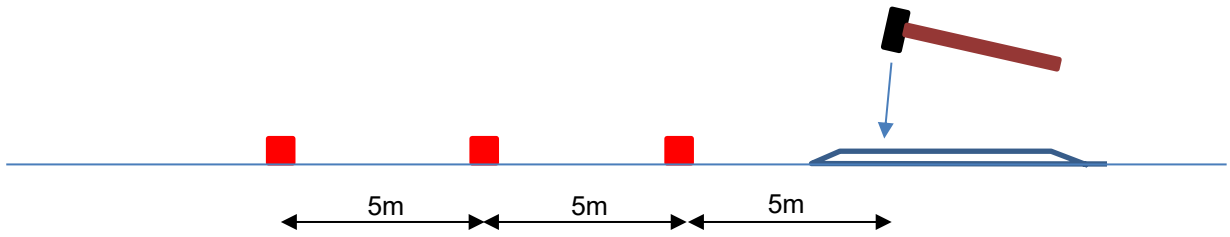
Les fonctions de transfert (caractérisation du chemin de propagation des vibrations depuis le bord de la voie de bus sur un profil perpendiculaire à la voie) ont été caractérisées selon la méthodologie suivante :

- **La mesure de la fonction de transfert force / vitesse à l'aide d'une excitation artificielle par marteau d'impact** avec un pas de mesure tous les 5 m sur chaque profil de 20/25 m de longueur perpendiculairement à la voie pour couvrir l'aire d'étude.
- Les résultats des mesures ont été analysés en termes de pic de vitesse vibratoire et de fonction de transfert en 1/3 d'octave (différence entre la vitesse mesurée à chaque position et la force d'excitation).
- La mobilité de transfert du point d'excitation à chaque point de référence (Y_{ref}) est calculée sur la base des résultats des essais au marteau d'impact, comme différence entre la vitesse mesurée et la force mesurée ($L_{v,ref} – F_{exc}$), comme la moyenne des **essais (j)**.

$$Y_{ref} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} L_{v\,ref} - F_{exc}$$

- Afin d'assurer une répétabilité suffisante des mesures, un total d'une dizaine d'impacts de marteau environ a été réalisé.
- Pour chaque impact, un contrôle de la contribution de la vibration de fond (hors choc du marteau) a été également réalisé pour valider les résultats et exclure les éventuels phénomènes parasites, notamment les passages de véhicules.

Planche 3 - Schéma de la position des dispositifs de mesure et d'excitation pour la mobilité de transfert



Un détail de chaque site caractérisé est illustré sur les planches suivantes.

Réf.	Localisation	Prise de vue	Photos
PVA	Hôpital Pellegrin Rue de Canolle, 33000, Bordeaux GPS : 44°49'42.6"N 0°36'09.5"W		
PVB	Square Prévert 17 Rue du Tauzin, 33000, Bordeaux GPS : 44°49'19.4"N 0°36'05.4"W		
PVC	Résidence universitaire Avenue du Dr Albert Schweitzer, 33400 Talence GPS : 44°48'28.7"N 0°36'07.9"W		
PVD	Face au parking de la piscine Avenue de Thouars, 33400 Talence GPS : 44°47'31.5"N 0°35'29.3"W		
PVE	Face au n°22 Rue de Bénédigues, 33170 Gradignan GPS : 44°46'49.3"N 0°35'35.0"W		

2.4 Résultats de mesure

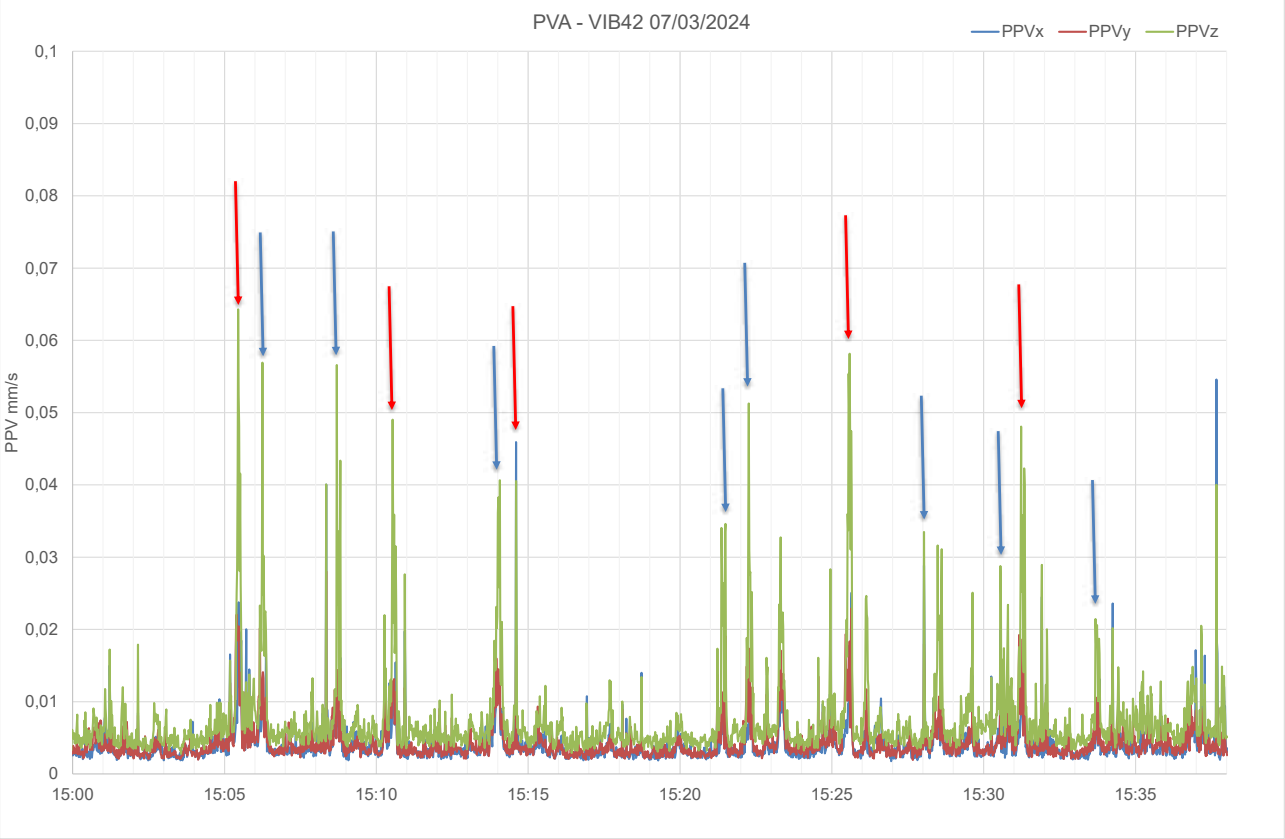
2.4.1 État initial vibratoire

Les graphes suivants illustrant l'évolution temporelle des pics de vitesse particulaire mesuré en chaque position, avec l'identification des bus observés lors de la mesure, ainsi que l'analyse des résultats de PPV en fonction de la fréquence dominante du signal, avec les seuils de la Circulaire du 1986.

Le détail des passages est donné dans les tableaux en annexe 3.

Légende	
→	Bus simple
→	Bus double

Planche 4 - État initial PVA



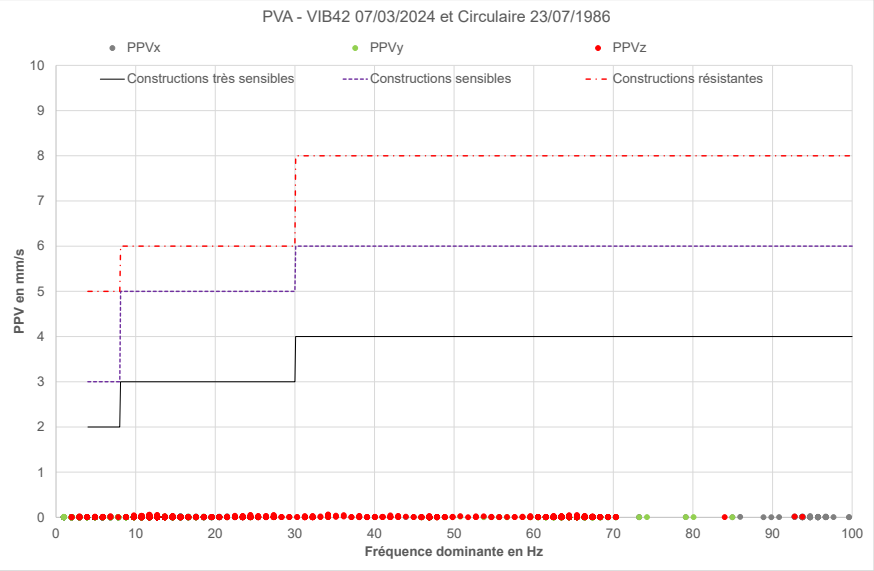
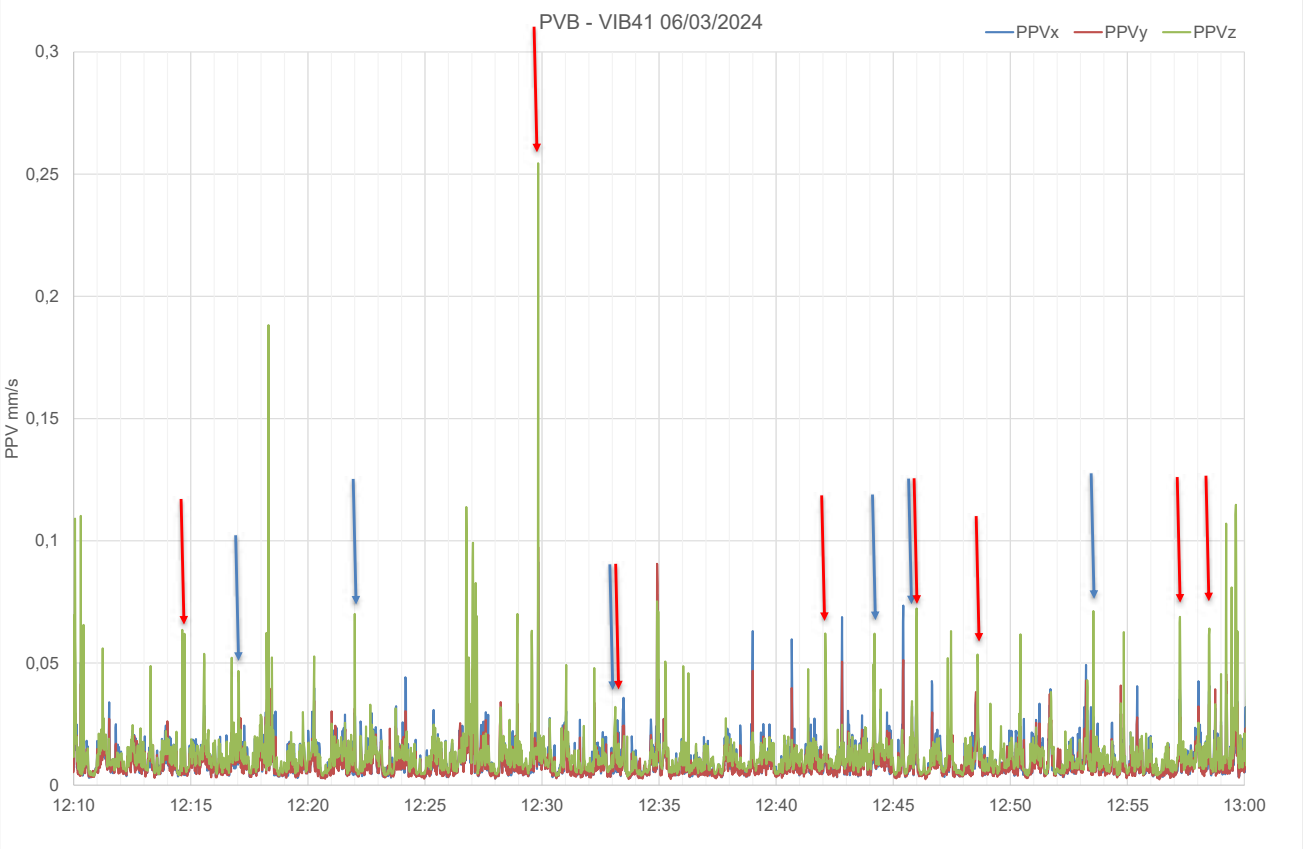


Planche 5 - État initial PVB

Légende	
→	Bus simple
→	Bus double



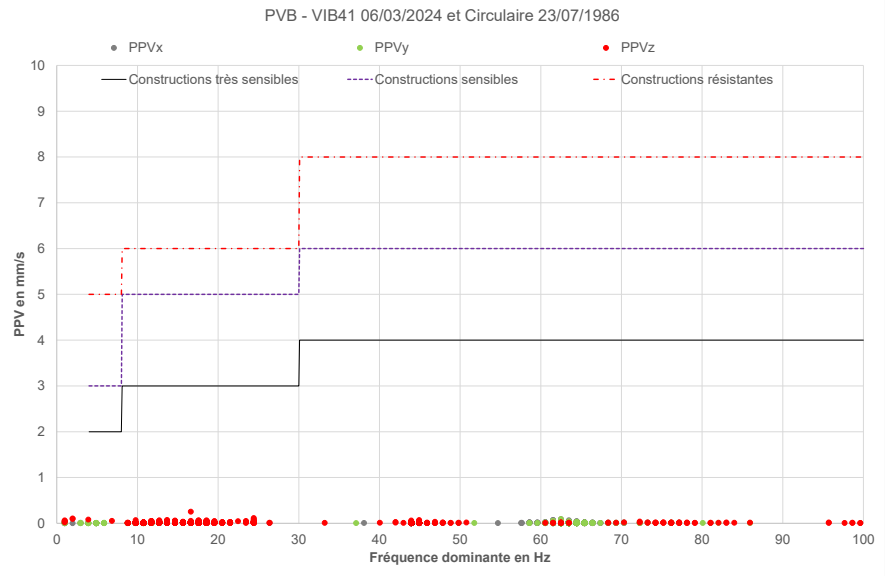
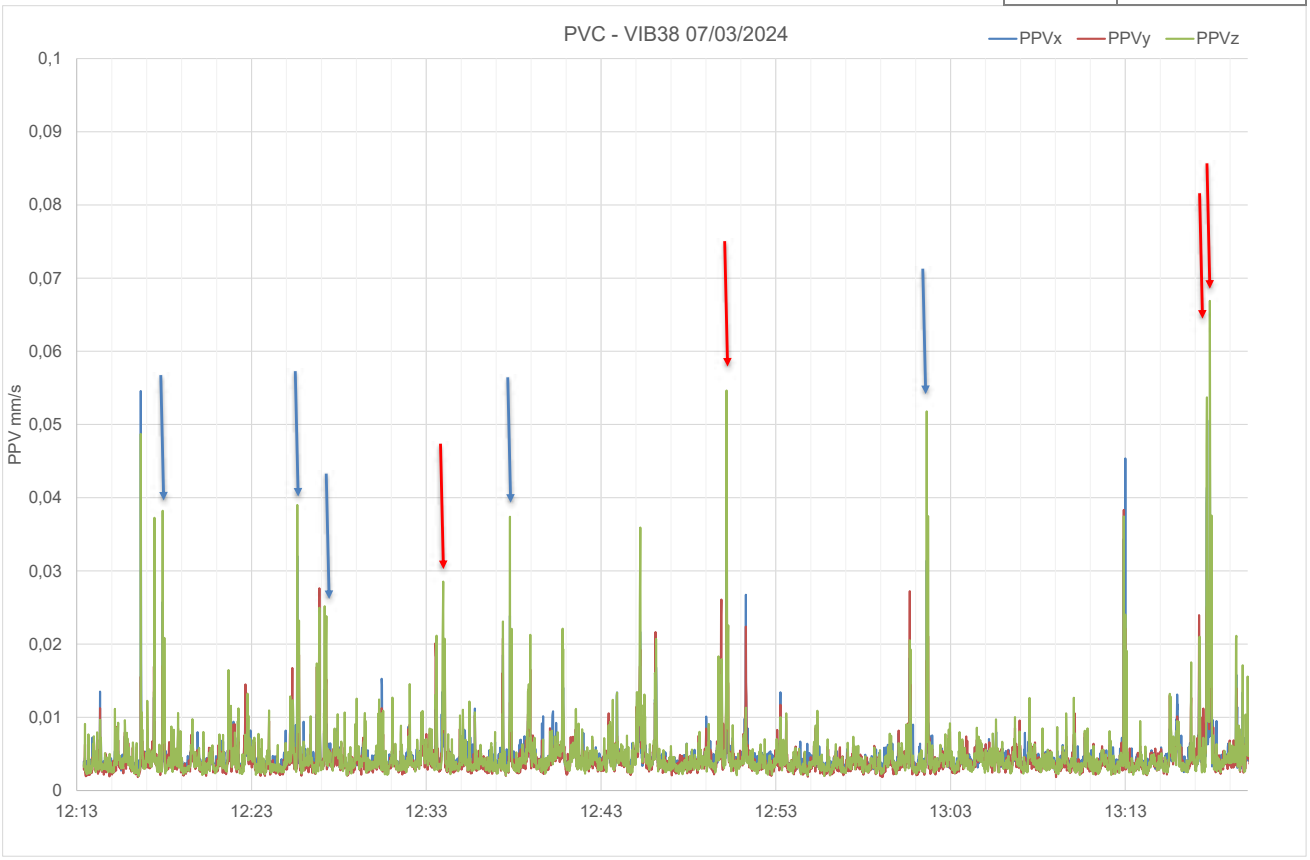


Planche 6 - État initial PVC

Légende	
→	Bus simple
→	Bus double



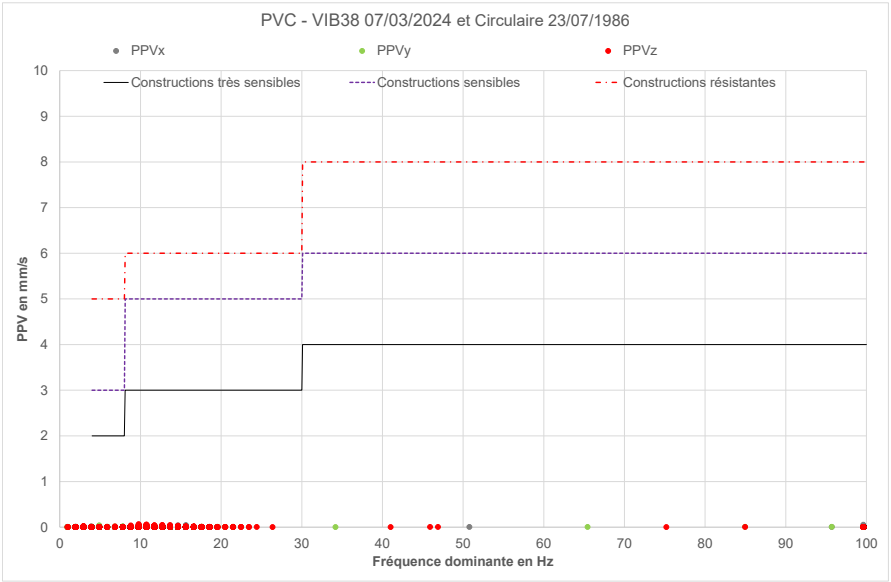
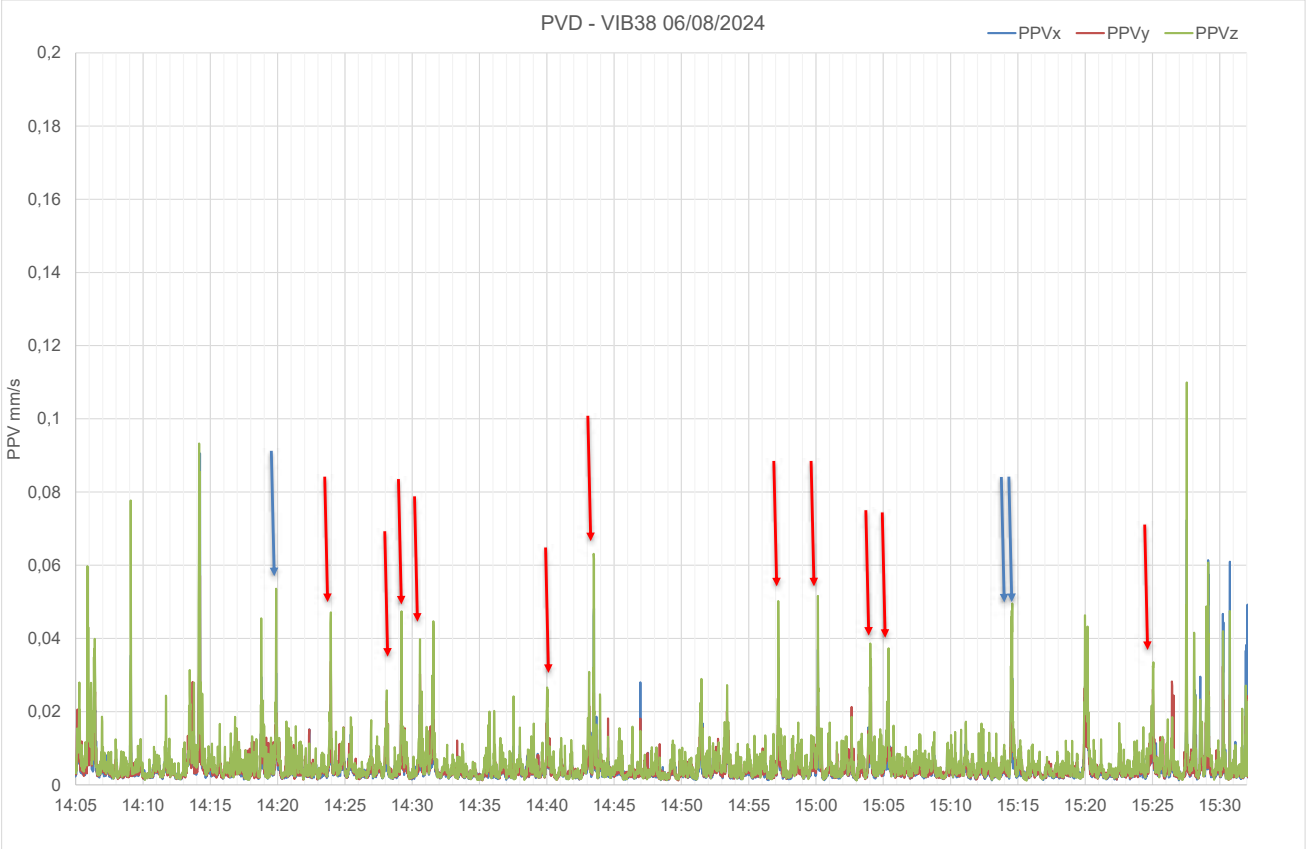


Planche 7 - État initial PVD

Légende	
→	Bus simple
→	Bus double



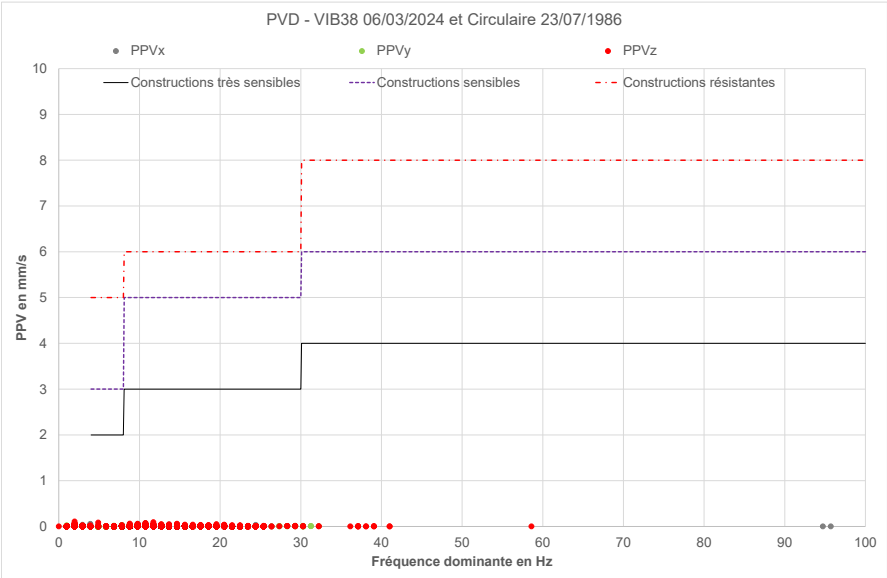
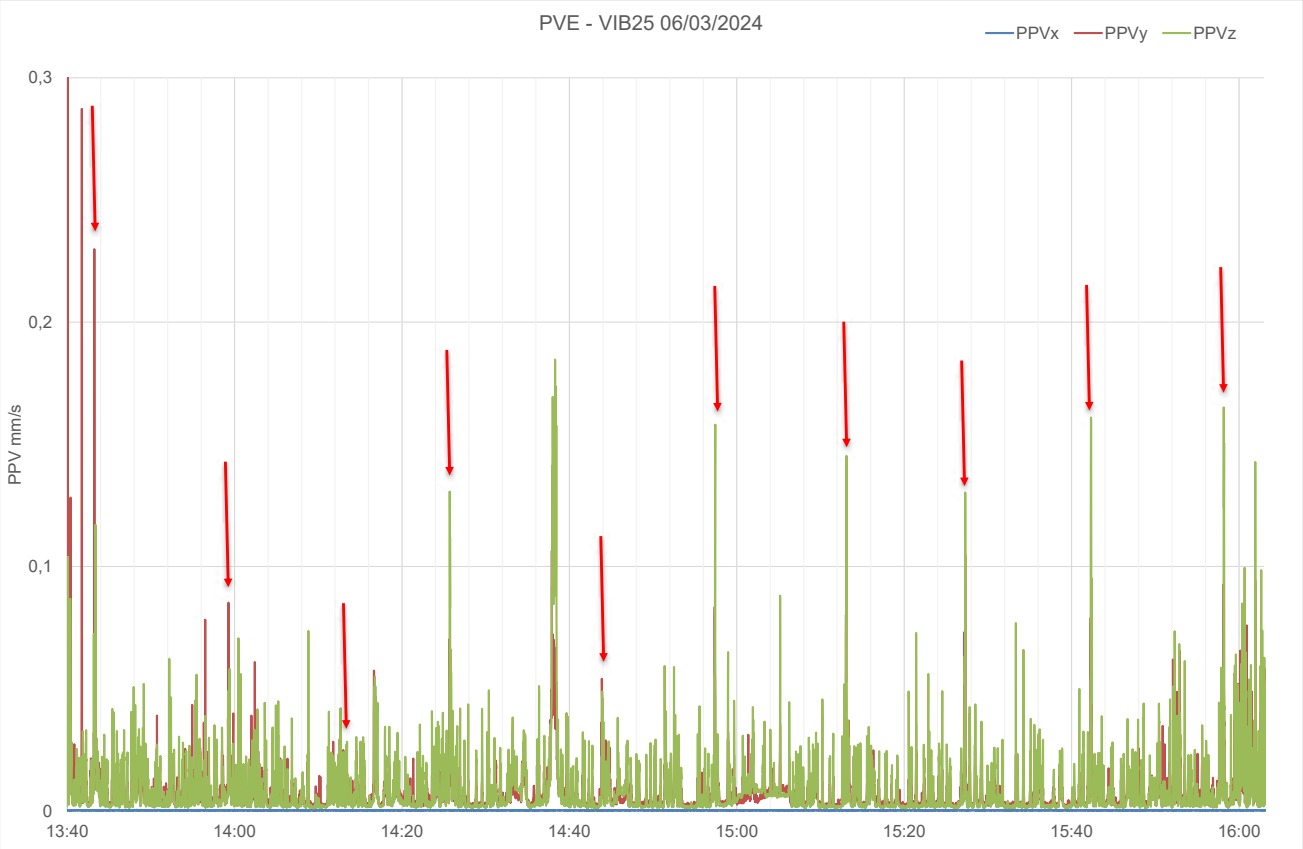
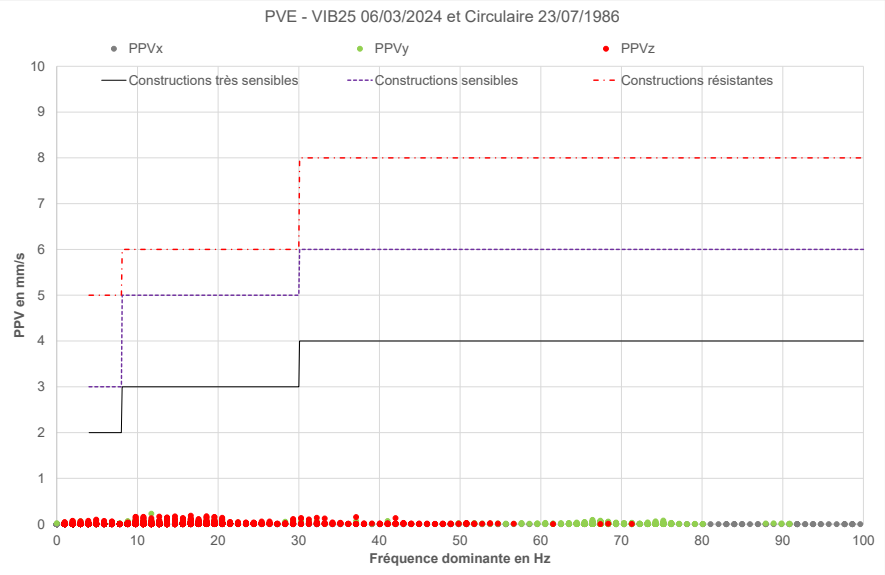


Planche 8 - État initial PVE

Légende	
→	Bus simple
→	Bus double

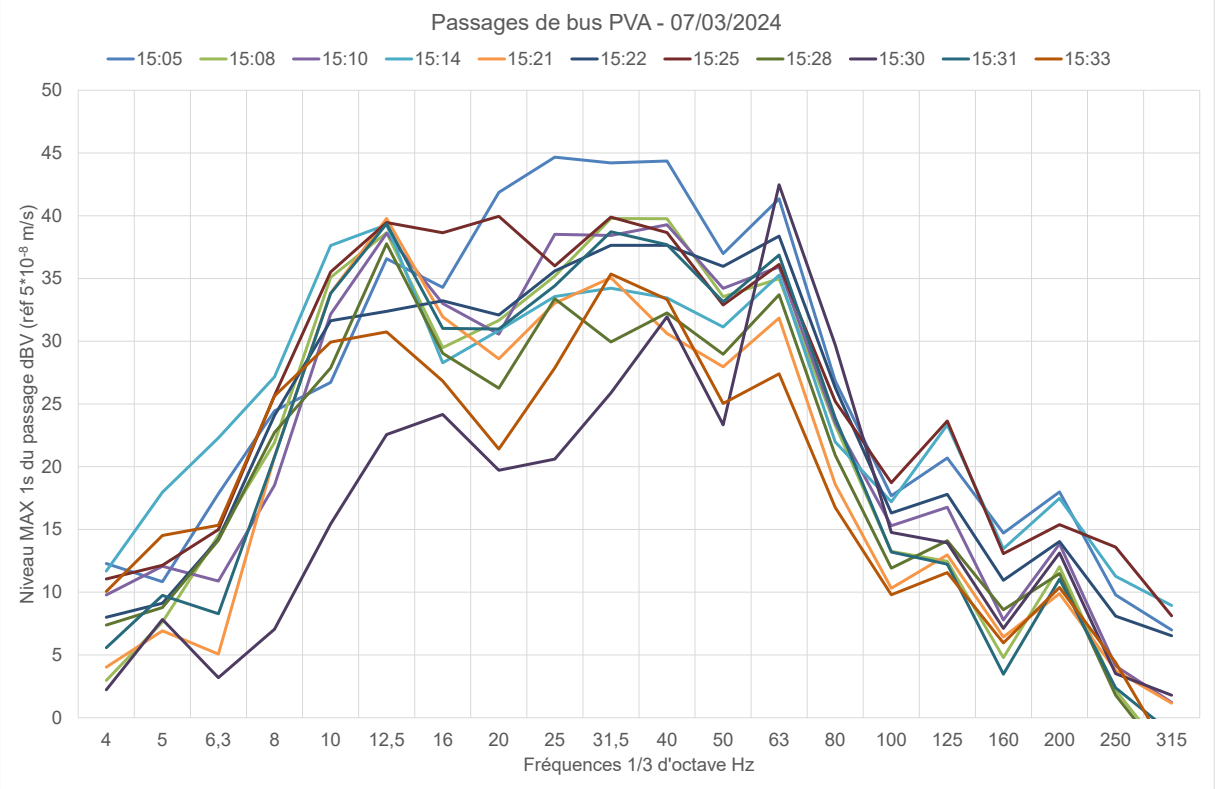




Les résultats des mesures d'état initial ont également été analysés en termes de spectre vibratoire en tiers d'octave.

Les graphes suivants illustrent, pour chaque point de mesure, les spectres vibratoires maximum (RMS 1 s) et équivalent (RMS évènement, sur la durée du passage du bus) des bus observés lors des mesures.

Planche 9 - État initial - Passages de bus au point PVA (max et RMS)



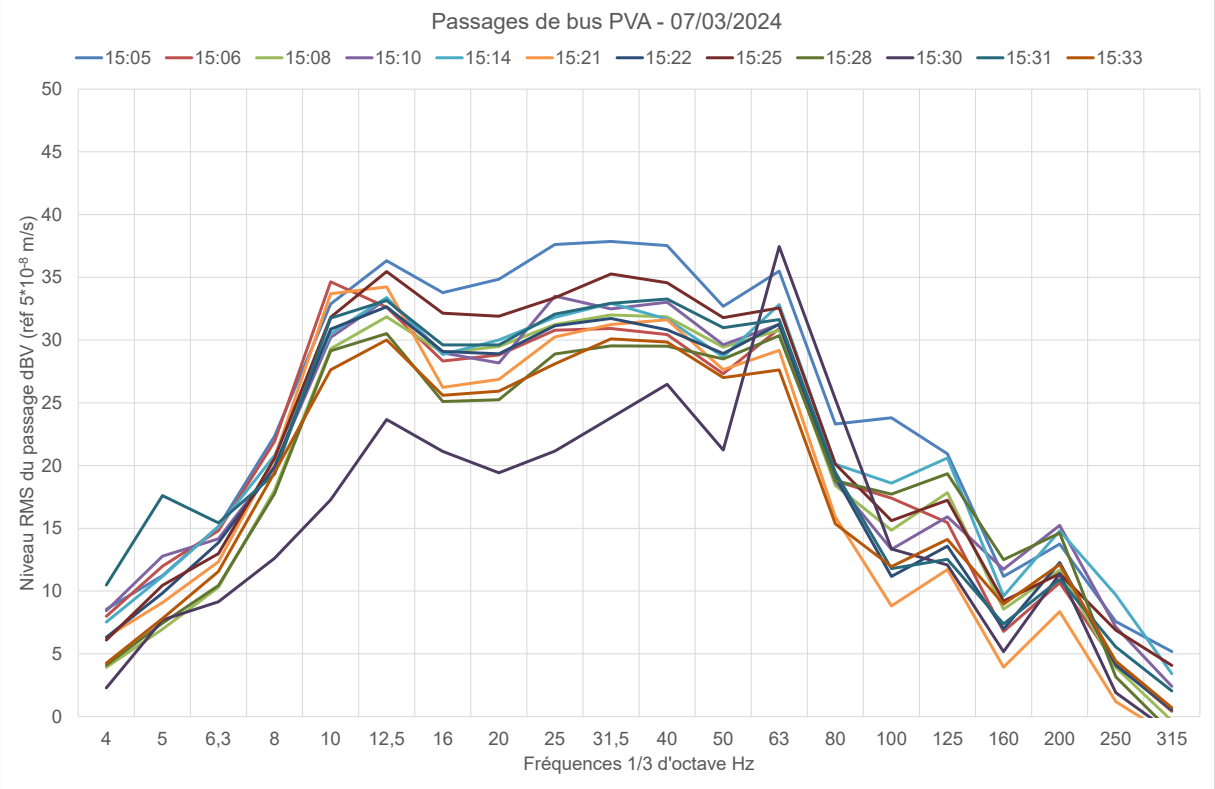
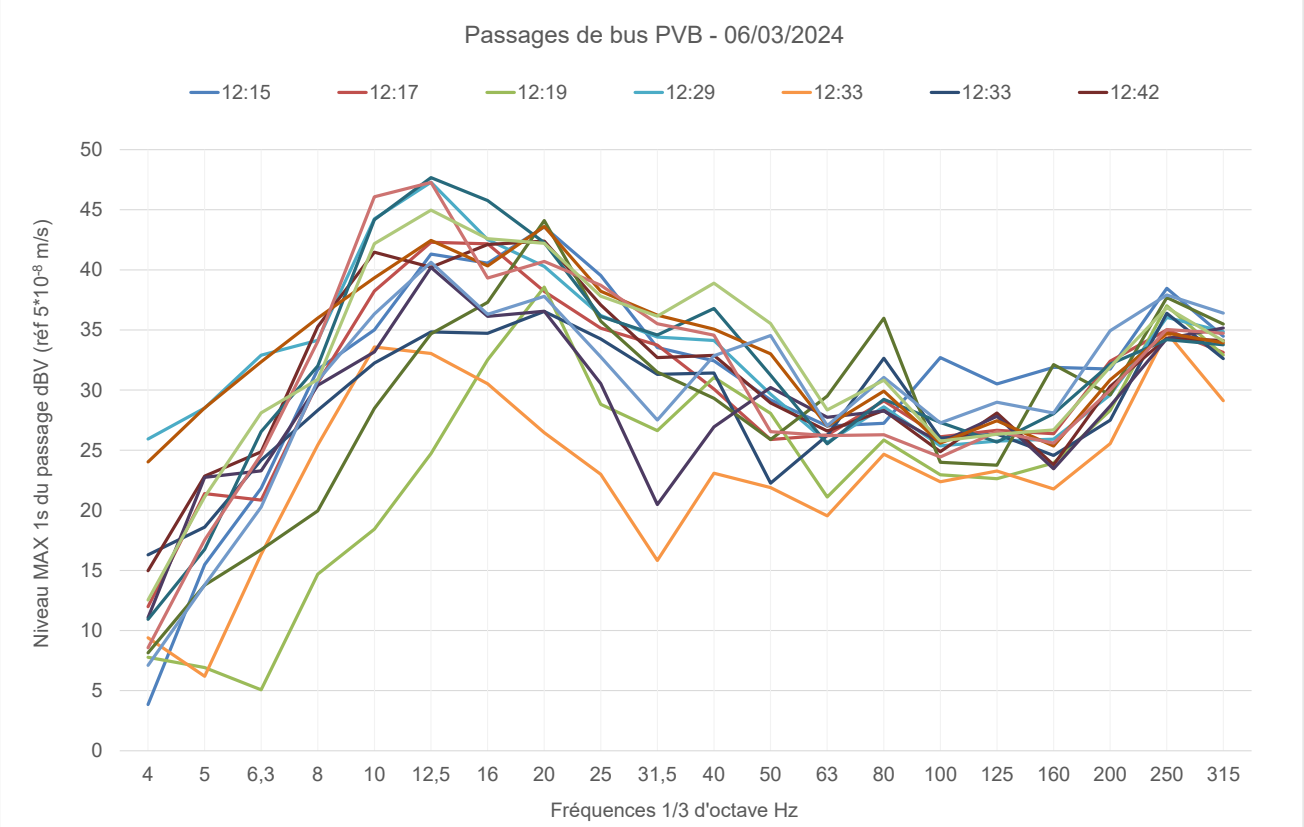


Planche 10 - État initial - Passages de bus au point PVB (max et RMS)



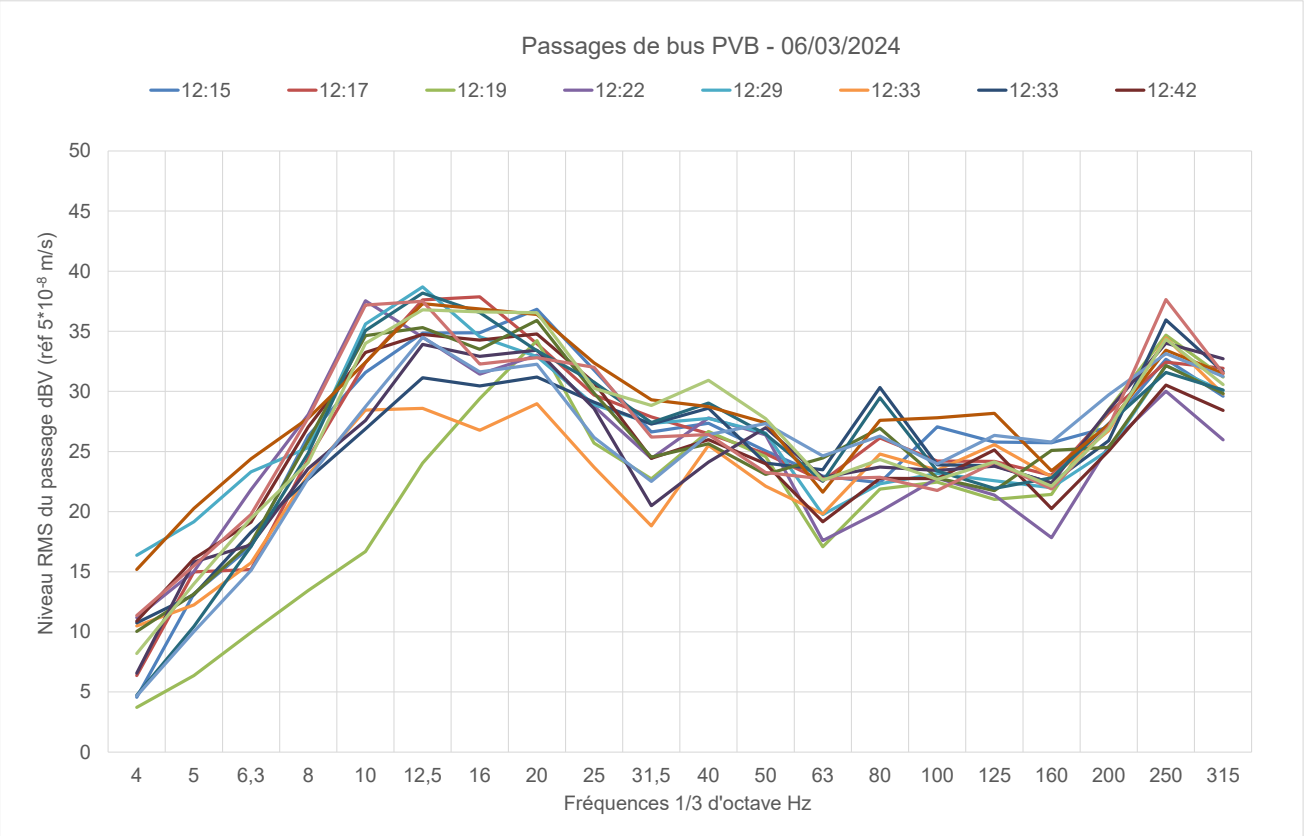
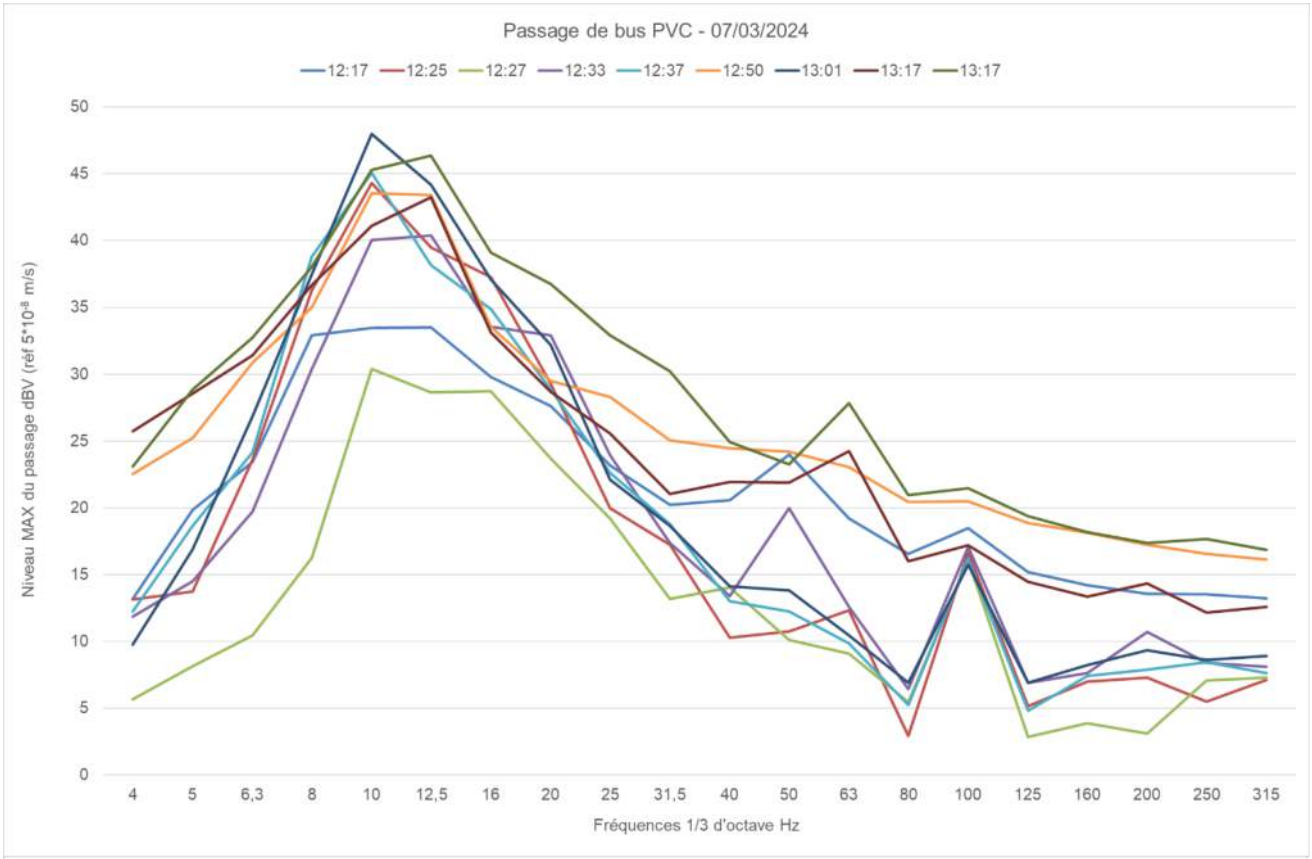


Planche 11 - État initial - Passages de bus au point PVC (max et RMS)



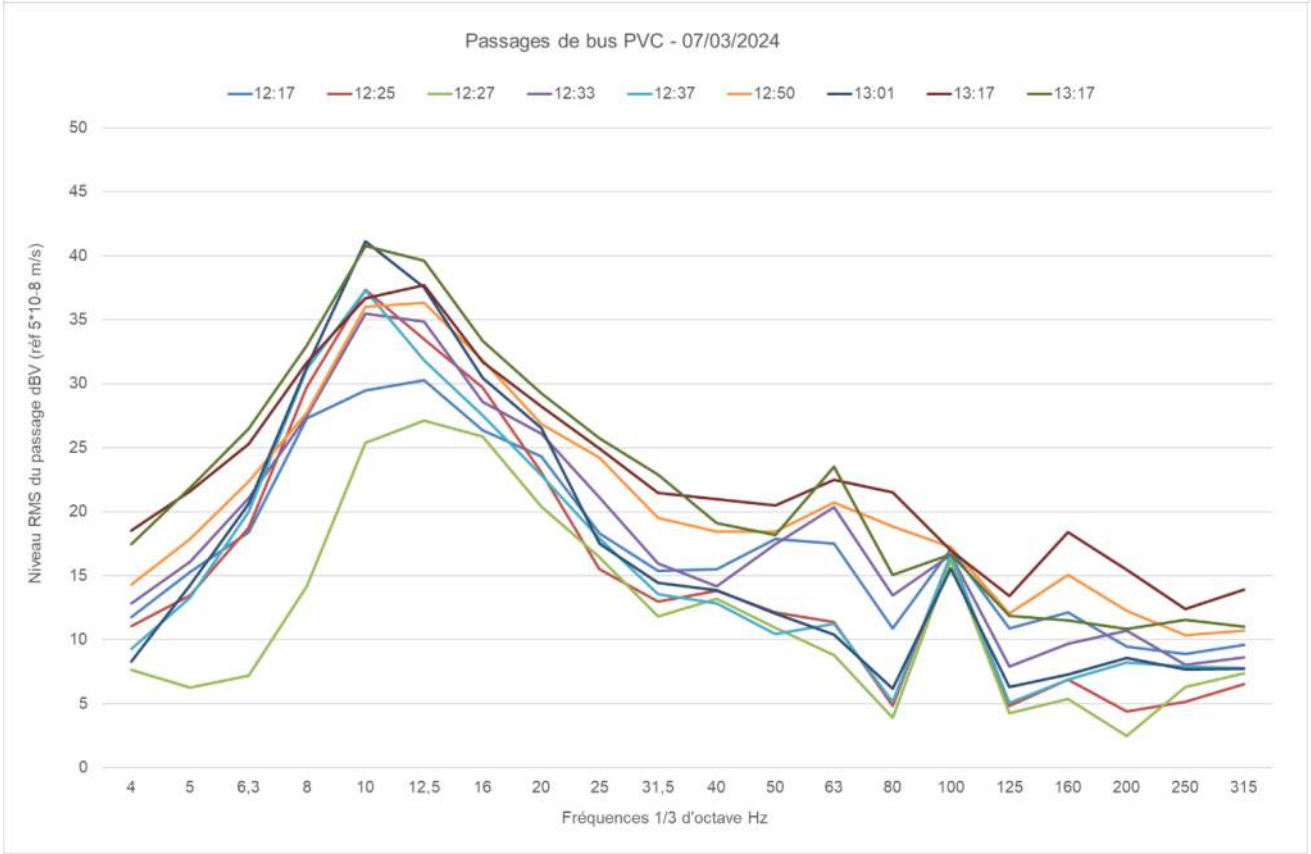
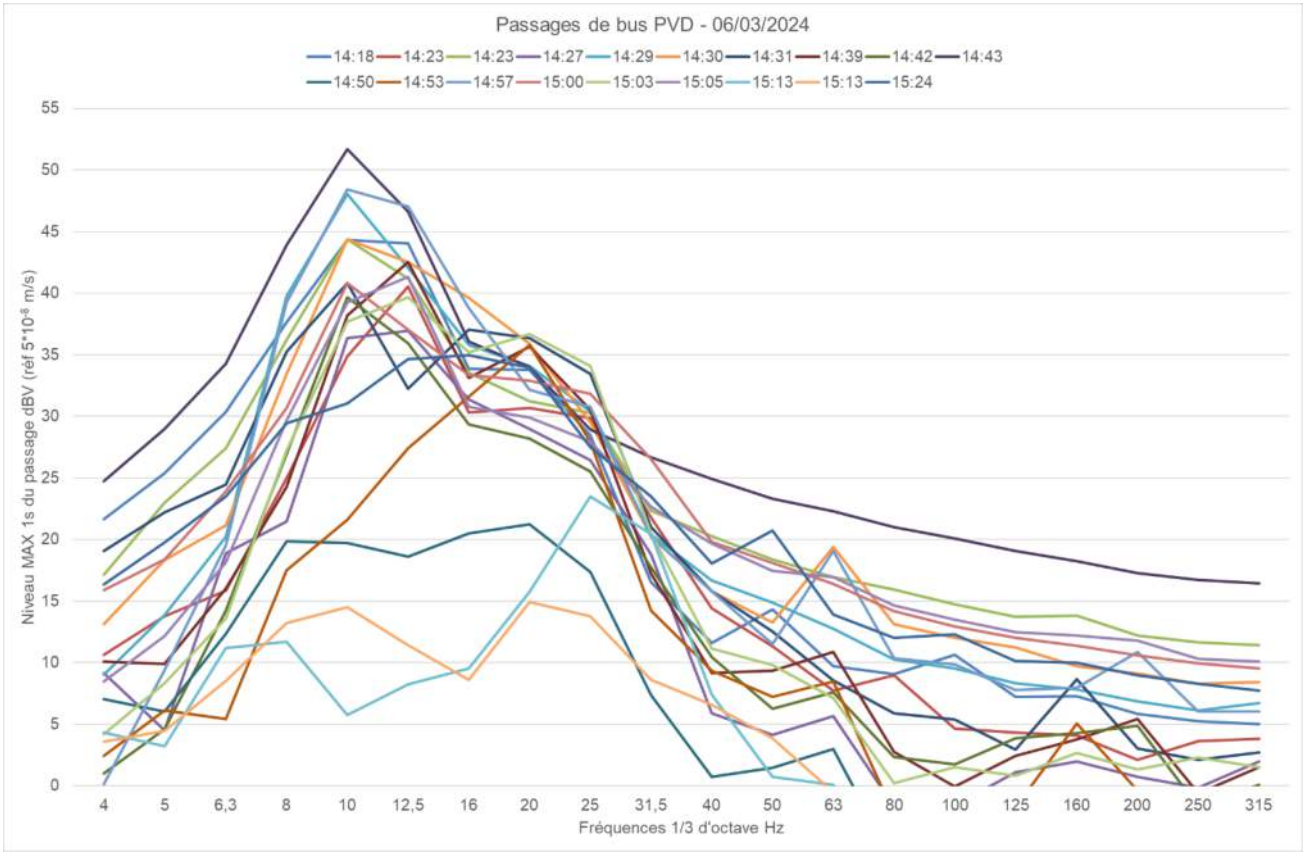


Planche 12 - État initial - Passages de bus au point PVD (max et RMS)



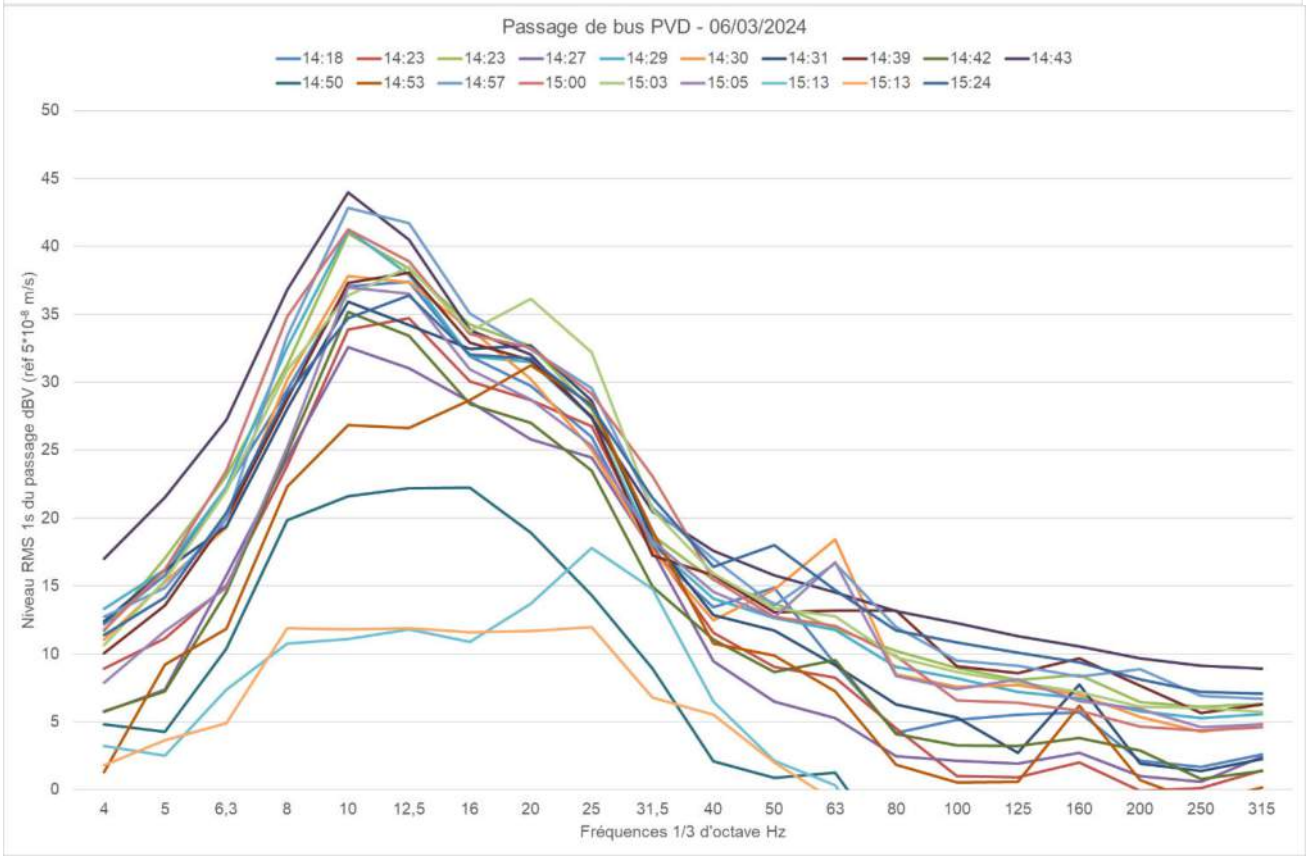
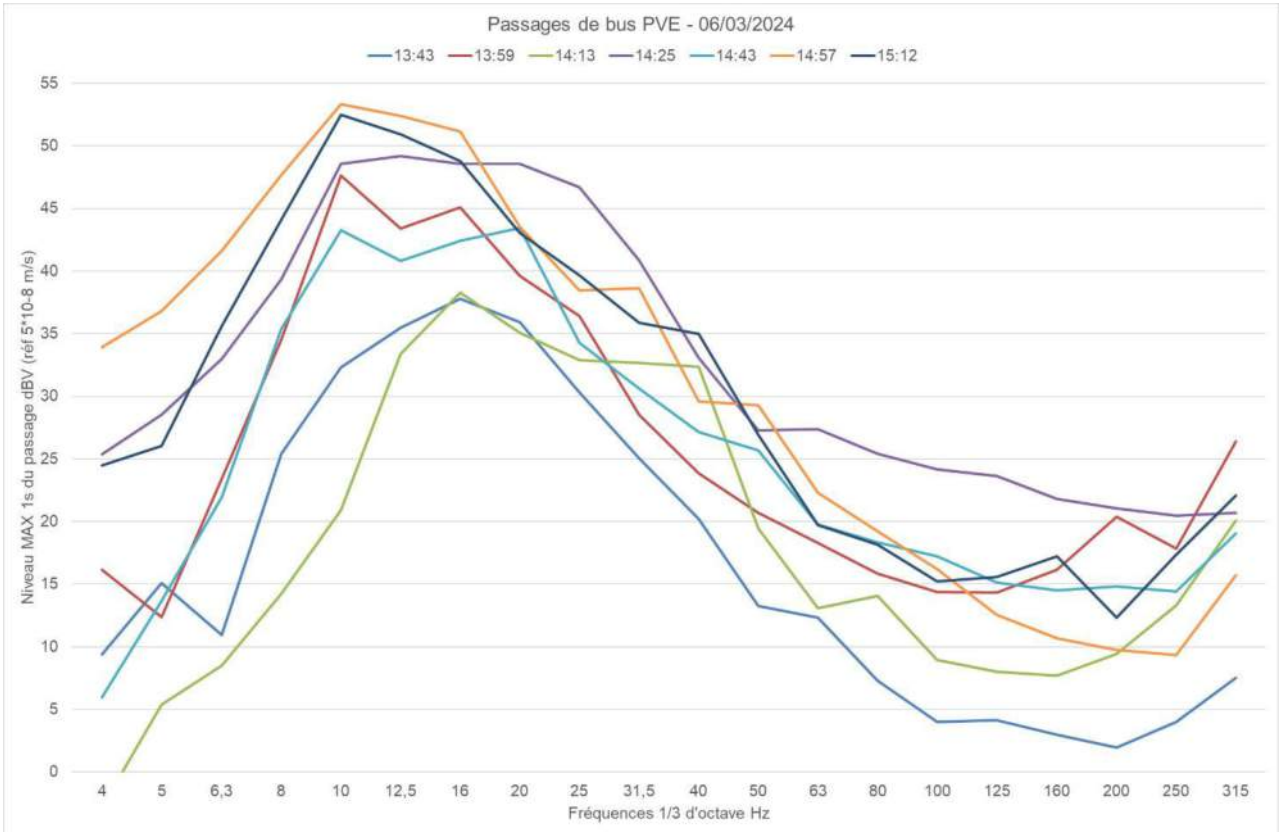
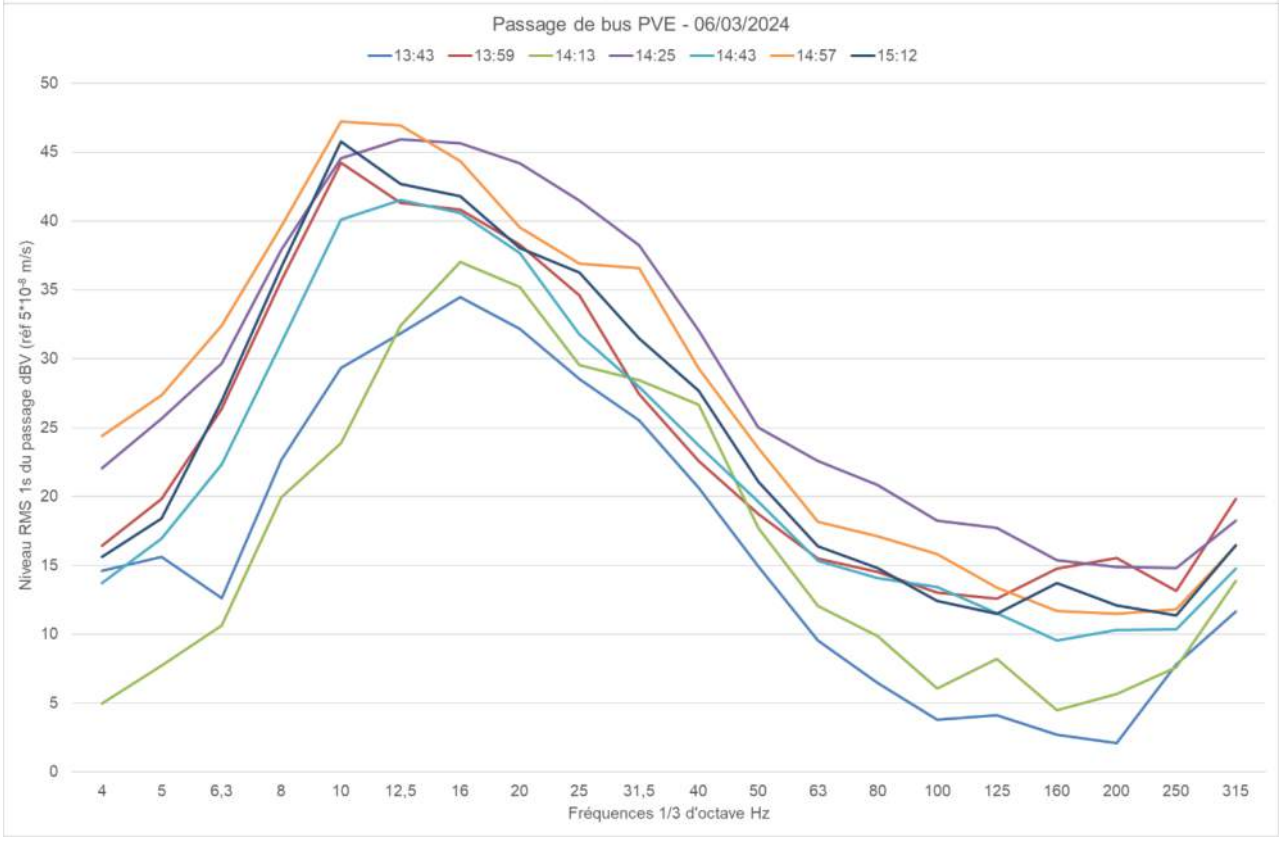


Planche 13 - État initial - Passages de bus au point PVE (max et RMS)





2.4.2 Mobilités de transfert

Les graphes suivants illustrent les mobilités de transfert mesurées au niveau ses 5 secteurs, par 1/3 d'octave.

Planche 14 - Mobilité de transfert vibratoire PVA

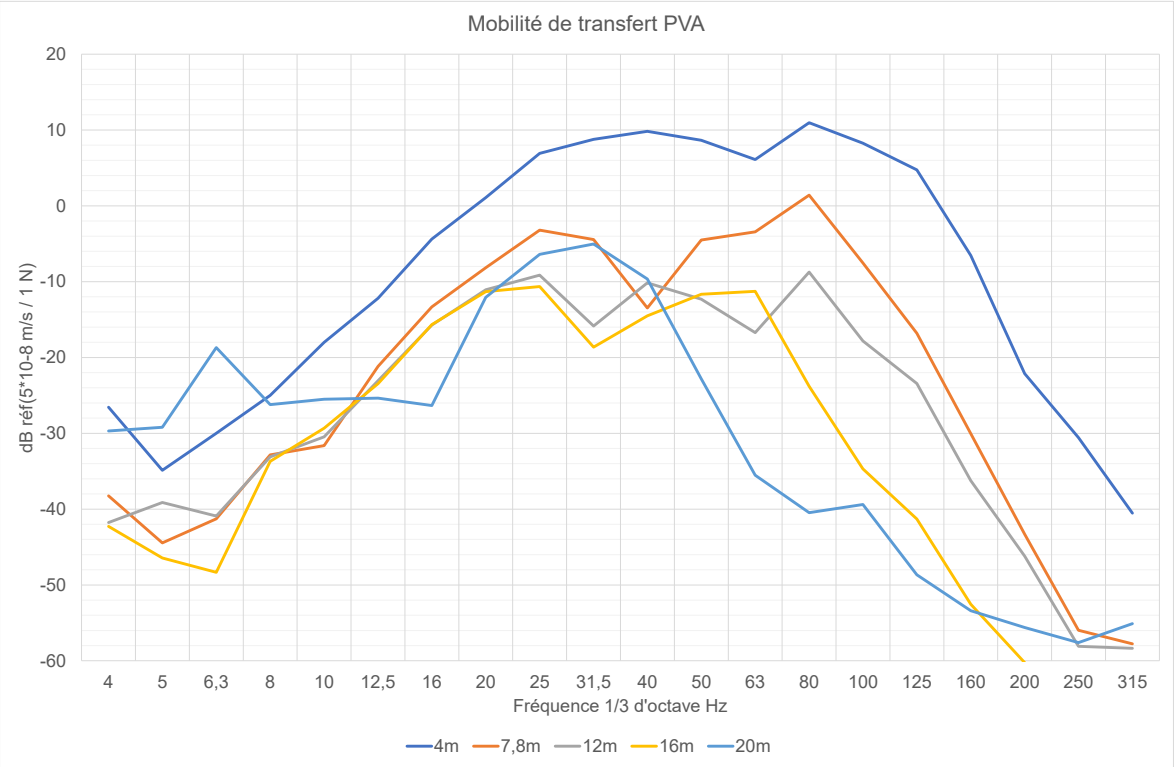


Planche 15 - Mobilité de transfert vibratoire PVB

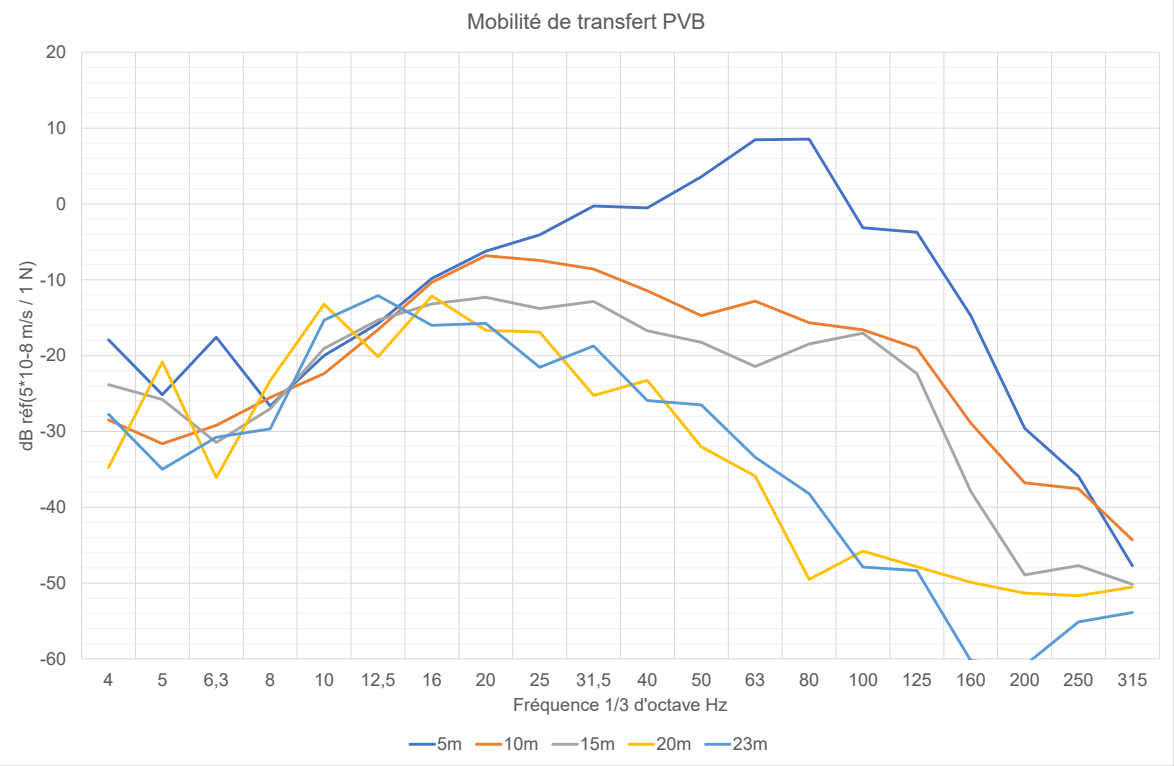


Planche 16 - Mobilité de transfert vibratoire PVC

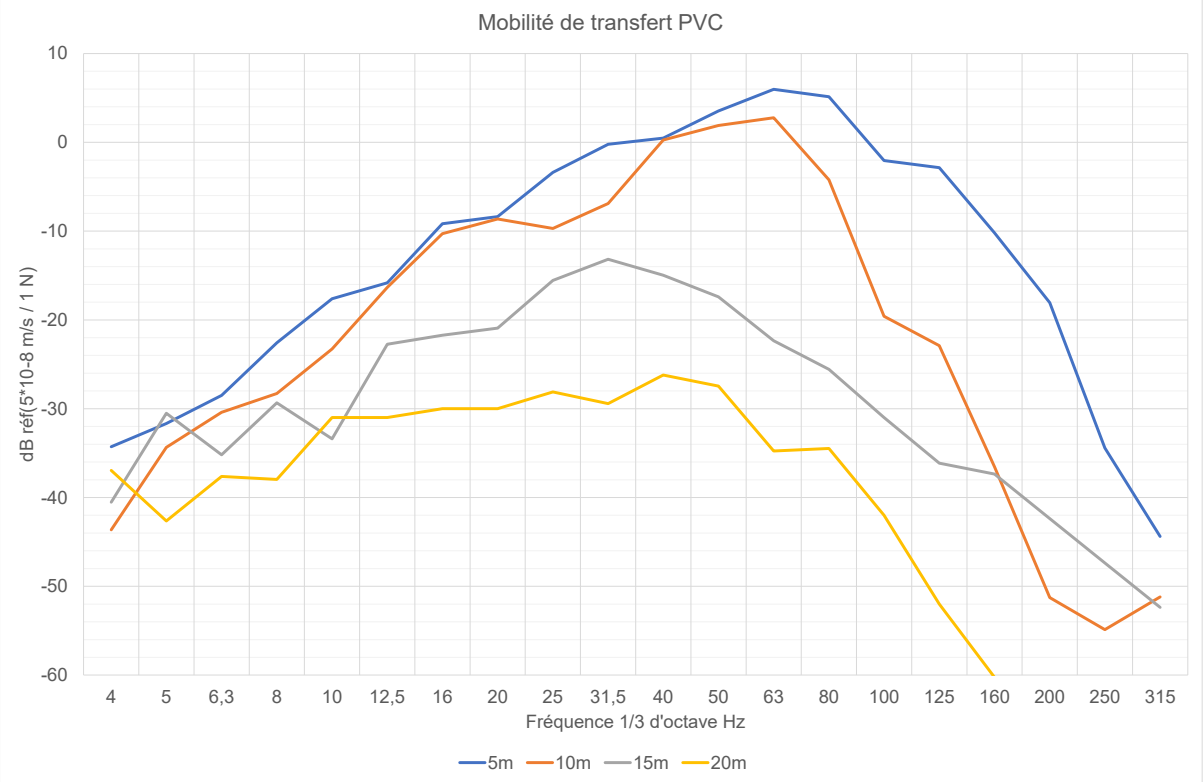


Planche 17 - Mobilité de transfert vibratoire PVD

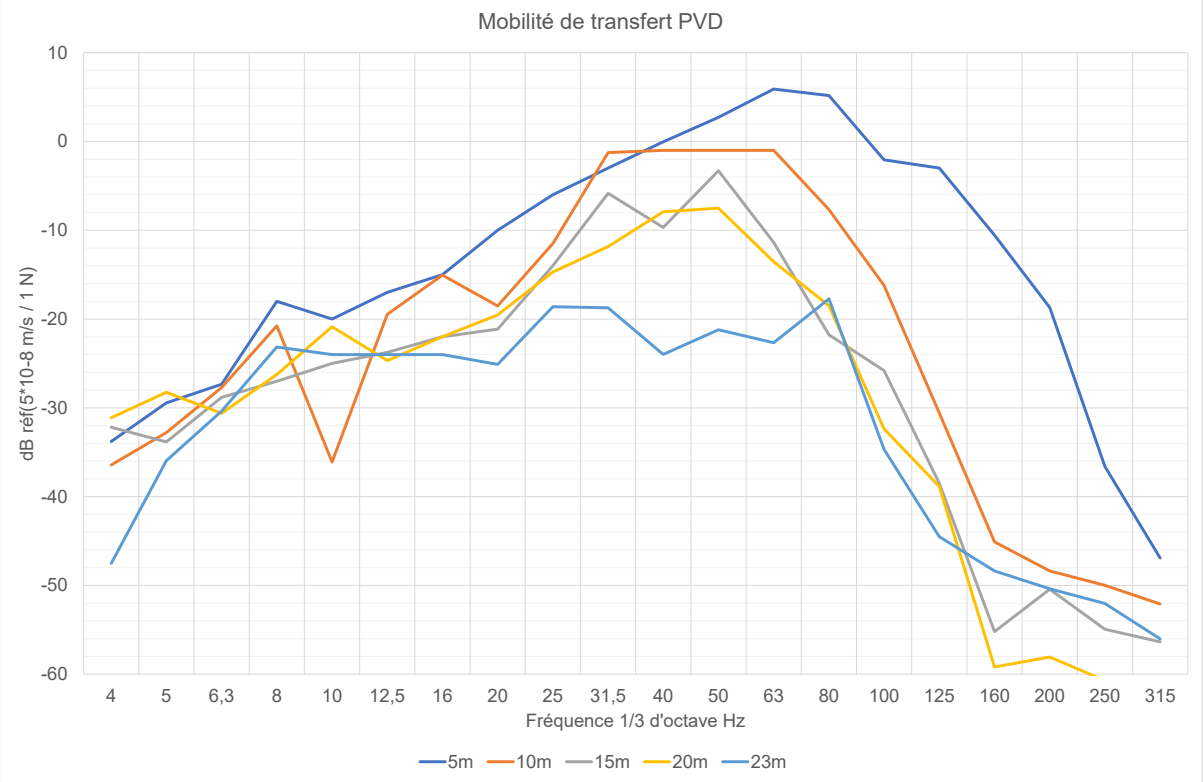
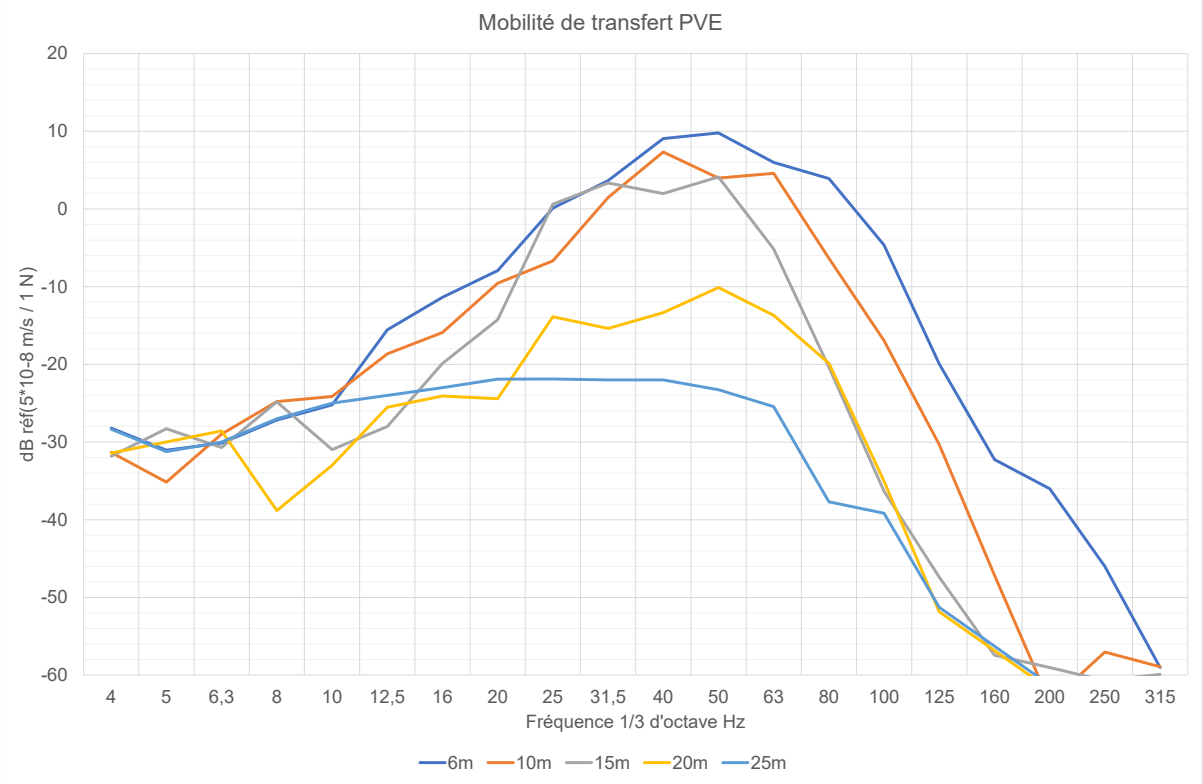


Planche 18 - Mobilité de transfert vibratoire PVE



3. Analyse de l'impact vibratoire

3.1 Analyse du risque de dommage structurel

Le tableau suivant résume l'analyse des résultats avec un avis sur le risque de dommage structurel, avec référence aux seuils de la Circulaire de 1986.

Référence	Valeurs de PPV enregistrées lors des passages de bus, en mm/s	Avis d'expert sur le risque de dommage structurel
PVA (14 m de la voie de bus)	0,02 à 0,07	Aucun risque
PVB (2 m de la voie de bus)	0,05 à 0,25	Aucun risque
PVC (6 m de la voie de bus)	0,02 à 0,07	Aucun risque
PVD (15 m de la voie de bus)	0,02 à 0,06	Aucun risque
PVE (6 m de la voie de bus)	0,03 à 0,25	Aucun risque

Dans tous les cas, les pics de vitesse particulaire mesurées lors des passages de bus en pied de bâtiment, sur la structure des bâtiments exposés, sont toujours largement inférieurs à tous les seuils de la Circulaire de 1986.

> Le risque de dommage structurel associé aux passages de bus est à retenir négligeable.

3.2 Estimation de la force injectée par le passage des bus

La force injectée par le passage du bus a été calculée sur la base d'un passage de bus lors des mesures de mobilité de transfert sur le secteur PVA.

$$F_{bus} = L_{vbus} - FT \qquad [dBV \text{ réf } 1N]$$

Le résultat est donné ci-dessous, par 1/3 d'octave. Les calculs sont réalisés en prenant en compte l'axe z (vibration verticale).

Fréquence, Hz	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Force, dBV réf 1N	35	46	45	44	41	45	45	49	40	39	36	41	45	36	38	29	28	31	35	42

3.3 Analyse du risque de gène par perception tactile

3.3.1 Méthodologie de calcul

Le principe de calcul de l'impact vibratoire est le suivant :

$$L_{vr} = F + FT1 + FT2 + FT3 \qquad [dBV \text{ réf } 5*10^{-8} \text{ m/s}]$$

- Lvr = niveau vibratoire dans le local récepteur.
- F = force injectée dans le sol, en N, estimée sur la base des mesures réalisées dans le cadre de cette étude.
- FT1 = fonction de transfert correspondant à la propagation entre la voie de passage et le sol au pied des fondations de l'immeuble récepteur.
- FT2 = fonction de transfert correspondant à la propagation entre le sol et les fondations de l'immeuble récepteur.
- FT3 = fonction de transfert correspondant à la propagation des vibrations depuis la fondation vers les étages supérieurs.

La fonction de transfert FT1 est estimée, sur la base de l'analyse croisée des résultats de mobilité de transfert mesurée, aux valeurs suivantes :

- 1 dBV / m jusqu'à 80 Hz.
- 2 dBV/m entre 100 et 160 Hz.
- 2,5 dBV/m à partir de 200 Hz.

Les fonctions de transfert FT2 et FT3 sont estimées à partir de la littérature disponible[1] pour des immeubles d'habitation.

Fréquence, Hz	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
FT2	-1	-1	-1	-1	0	-2	-3	-5	-8	-9	-10	-11	-9	-6	-3	-2	-2	-3	-2	-2
FT3	6	7	8	12	16	13	14	17	17,5	17	17,5	13	10	8	7	7	6	6	4	3

[1] RIVAS project, Deliverable D1.6, Definition of appropriate procedures to predict exposure in buildings and estimate annoyance.
FT2 : courbe moyenne mobilité de transfert sol fondations pour bâtiments d'habitation, Figure 2.1.
FT3 : enveloppe maximum des courbe moyennes de mobilité de transfert fondations étage de la figure 1.3.
FT4 : courbe mobilité de transfert vibration / bruit solidien figure 1.4

En complément, la fonction de transfert moyenne entre vibration et bruit solidien, issue de l'étude RIVAS, est également utilisée pour le calcul du bruit solidien.

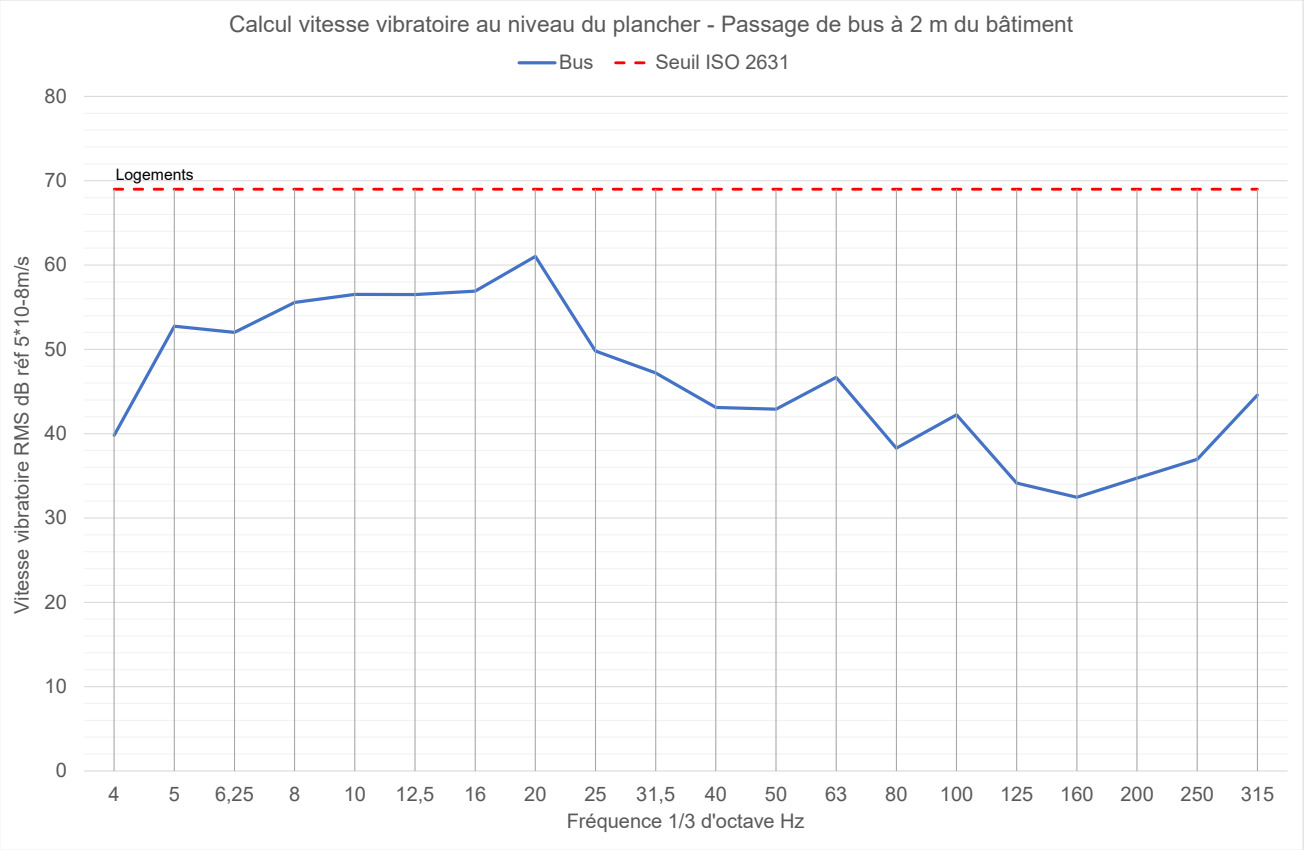
$$GBN = L_{vr} + FT4 \qquad [dB(A)]$$

Fréquence, Hz	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
FT4	2	0	0	4	4	4,5	8	11	13	13	13	13

3.3.2 Résultats de calcul

Le graphe suivant illustre les résultats de calcul de l'estimation de l'impact vibratoire, au niveau du plancher de l'étage moyen, d'un passage de bus au pied d'un immeuble d'habitation, à une distance (voie / immeuble) inférieure ou égale à 2m (FT1 = 0). Les calculs sont réalisés en prenant en compte l'axe z (vibration verticale).

Planche 19 - Vitesse vibratoire au niveau du plancher médian d'un immeuble d'habitation type



Le résultat de calcul est inférieur au seuil de 69 dB(A) défini sur la base des indications de la norme ISO2631 : 1989 pour les habitations (période de nuit).

> Le risque de gêne associé à la perception tactile des vibrations est négligeable pour tout le tracé.

3.4 Analyse du risque de gène par bruit solidien

Le calcul a été réalisé pour des passages de bus à 3 distances des fondations d'un immeuble type, à partir des résultats des mobilités de transfert de chaque secteur :

- À moins de 2 m.
- À 5 m.
- À 10 m.

Les résultats sont illustrés en termes de bruit solidien par bande d'octave et en dB(A) sur le graphe suivant, comparés aux courbes de référence NR30 et NR35. Les calculs sont réalisés en prenant en compte l'axe z (vibration verticale).

Planche 20 - Bruit solidien calculé au passage de bus secteur A

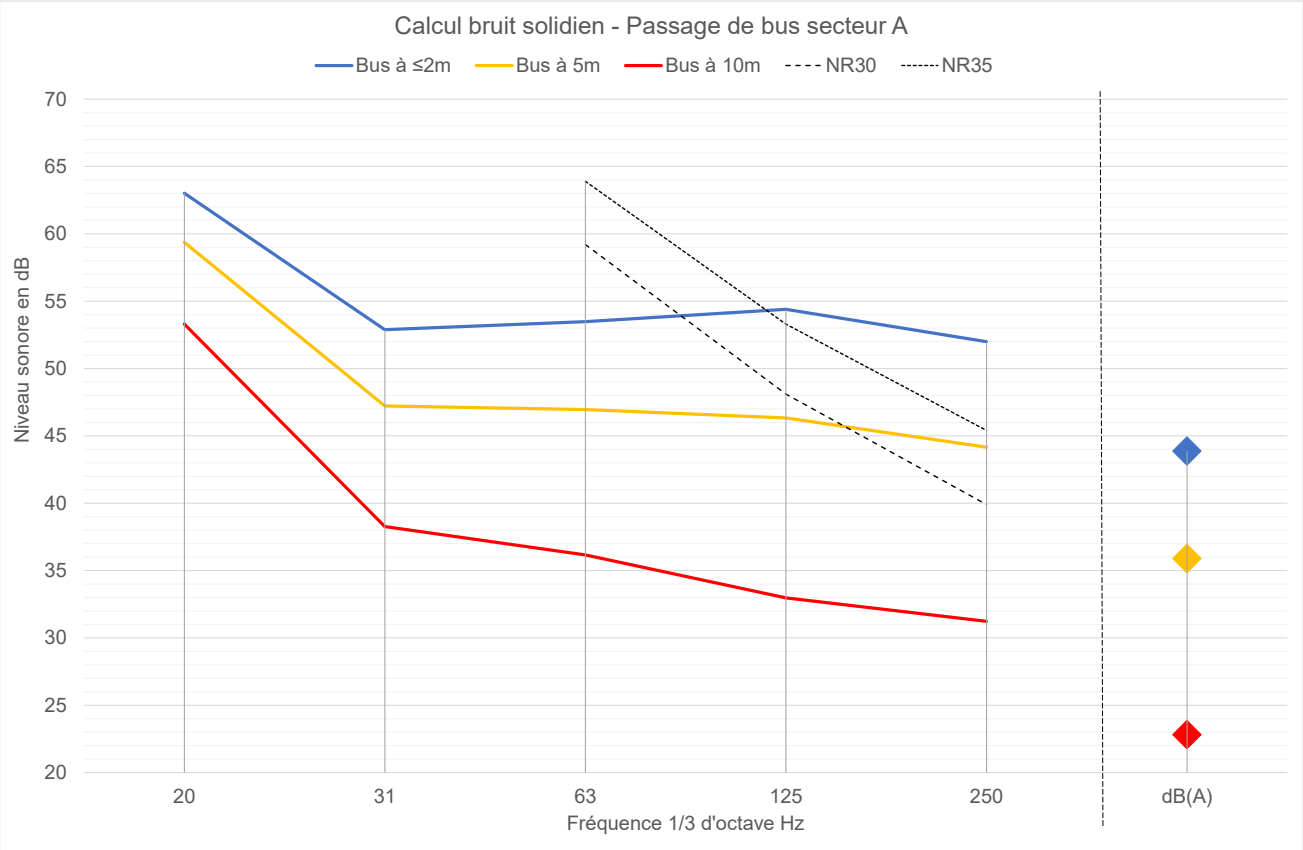


Planche 21 - Bruit solidien calculé au passage de bus secteur B

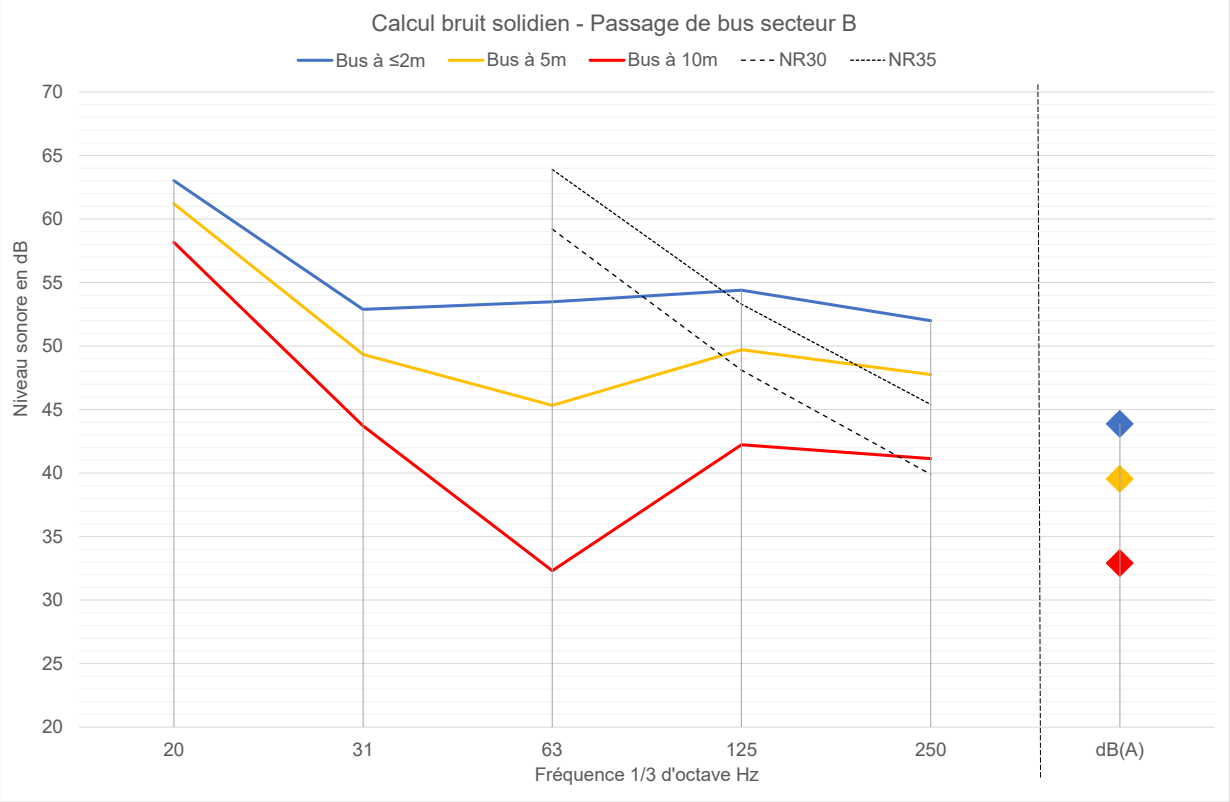


Planche 22 - Bruit solidien calculé au passage de bus secteur C

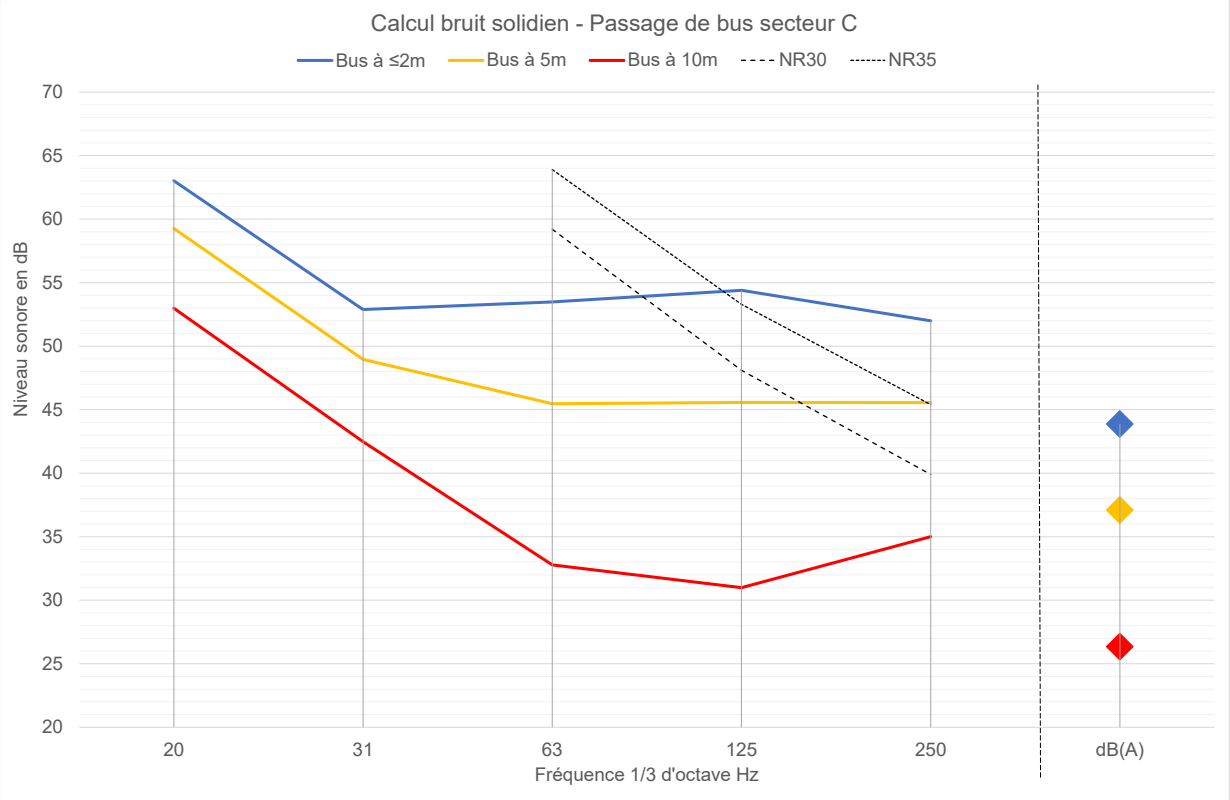


Planche 23 - Bruit solidien calculé au passage de bus secteur D

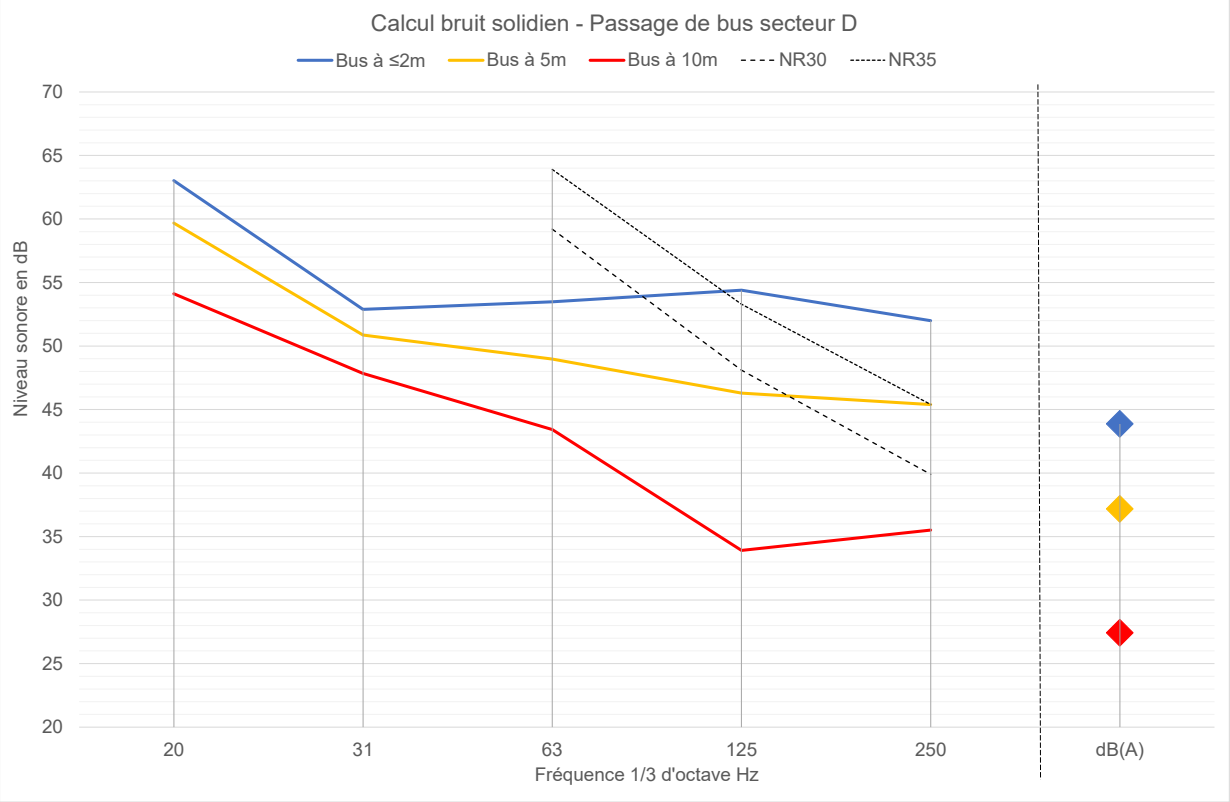


Planche 24 - Bruit solidien calculé au passage de bus secteur E



Sur la base de l'analyse de ces résultats :

- Pour la période diurne, le risque de gène par perception du bruit solidien est faible, et limité aux bâtiments situés à une distance inférieure à 5 m du tracé.
- En revanche, un risque de gène par perception du bruit solidien en période nocturne peut être estimé pour tous les bâtiments situés à une distance inférieure ou égale à 7 m du tracé.
- Fait exception le secteur B, pour lequel la distance limite pour exclure le risque de gène par perception du bruit solidien en période nocturne est de 10m au lieu de 7m.

Dans le cadre de ces analyses, le secteur B concerne le tracé entre la rue de la Béchade (Bordeaux) et la rue Denis Papin (Talence).

> L'annexe 4 présente la carte du tracé avec un bandeau de 5 m, pour l'analyse de risque de la période diurne.
>
> De la même manière, l'annexe 5 présente la carte du tracé avec un bandeau de 7 m (10m pour le secteur B de part et d'autre. Les bâtiments à risque sont mis en évidence en rouge, pour l'analyse de risque de la période nocturne.

Le nombre de bâtiments concernés par le risque de gène sont :

- En période jour : 11.
- En période nuit : 34, dont 19 dans le secteur B.

4. Conclusion

Ce rapport présente l'étude d'impact vibratoire du projet de création d'une ligne de BHNS « zéro émission directe » entre Bordeaux et Gradingnan. La méthodologie appliquée pour l'étude est la suivante :

- Réalisation de mesures d'état initial vibratoire au niveau des certains bâtiments proches du réseau existant en exploitation, afin de caractériser les passages de bus en termes d'impact vibratoire sur les immeubles.
- Analyse de l'impact vibratoire des passages de bus en termes de risque de dommage structurel et de perception tactile des vibrations.
- Mesures de mobilité de transfert en plusieurs secteurs du tracé pour caractériser la propagation vibratoire dans le sol.
- Caractérisation de la force injectée par un passage de bus, à l'aide de l'analyse croisée des mesures d'état initial et de mobilité de transfert.
- Estimation de l'impact vibratoire des passages de bus sur le réseau projeté, en termes de risque de dommage structurel, de perception tactile des vibrations et de perception du bruit solidien.

Les résultats montrent :

- L'absence de risque de dommages des structures, au sens des indications de la Circulaire du 23/07/1986.
- L'absence de risque de gène par perception tactile des vibrations, au sens de la courbe de référence de la norme ISO 2631 : 1989.
- Un risque de gène par perception du bruit solidien lors des passages de bus, identifié notamment pour certains bâtiments longeant le tracé projeté.

Ce dernier concerne 11 bâtiments d'habitations en période jour, mais 42 en période nuit, avec une forte concentration de bâtiment potentiellement exposé sur le secteur entre la rue de la Béchade (Bordeaux) et la rue Denis Papin (Talence).

> Pour rappel, les seuils de bruit solidien et les bâtiments impactés sont données à titre indicatif, aucune réglementation n'impose de seuil à respecter pour les vibrations des bus en France. De plus, l'impact réel sur chaque bâtiment dépend de la classe de construction, de la nature des fondations et de la nature du sol.

Annexe 1. Circulaire du 23 juillet 1986

Circulaire du 23/07/86 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement

(JO du 22 octobre 1986)

Destinataires : Mme et MM. les Préfets,
Les vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement peuvent constituer un problème pour la protection des populations riveraines.
Les prescriptions édictées en application de la loi 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, disposent en général que " l'installation sera construite, équipée et exploitée de façon que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits ou de vibrations susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou constituer une gêne pour sa tranquillité ".
L'évaluation des effets des vibrations mécaniques transmises dans l'environnement par ces installations est actuellement faite avec des moyens et des méthodes qui varient considérablement selon l'opérateur.
Il m'a paru nécessaire d'harmoniser ces moyens et méthodes et de fixer des normes pour éviter les gênes ressenties par les personnes ou les dommages subis par les constructions.
Tel est l'objet de la présente circulaire et des règles techniques annexées, que je vous adresse ci-joint, déterminant, d'une part, les normes d'émission de vibrations mécaniques que doivent respecter les installations classées pour la protection de l'environnement et, d'autre part, la méthodologie d'évaluation des effets sur l'environnement des vibrations mécaniques émises par une ou plusieurs sources appartenant à ces installations.
Je vous demande d'appliquer ces dispositions pour les installations classées nouvelles ainsi que pour les modifications et extensions d'installations classées existantes.
Pour les installations classées existantes qui se révèlent à l'origine de nuisances engendrées par des émissions de vibrations mécaniques, il vous appartient de définir, le cas échéant, les prescriptions complémentaires nécessaires. Votre arrêté, pris dans les formes de l'article 18 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977, précisera les délais impartis à l'exploitant et les normes d'émission de vibrations mécaniques à respecter aux termes des travaux d'aménagement. Il définira, en outre, les conditions fixées pour la surveillance des effets de l'installation classée dans l'environnement.

A l'issue d'un délai d'un an à compter de l'envoi de la présente circulaire, je vous serais obligé de bien vouloir m'adresser un compte rendu de l'application qui en est dite en mentionnant les difficultés que vous aurez rencontrées et les améliorations éventuelles que vous souhaiteriez y voir apporter. A l'expiration de ce délai, je souhaite informer le Conseil Supérieur des Installations Classées des résultats d'application de cette circulaire.

Règles techniques

Objets des règles techniques

Les présentes règles techniques ont pour objet :

1° La définition des méthodes de mesure à mettre en œuvre pour l'évaluation des effets, sur l'environnement, des vibrations mécaniques émises par une ou plusieurs sources appartenant à une installation classée en vue de la protection de l'environnement ;

2° L'évaluation des effets des vibrations mécaniques transmises dans l'environnement. Cette évaluation concerne :
- la sécurité des constructions,
- les effets sur les occupants de ces constructions.

Les présentes règles ont pour finalité la recherche de la protection des riverains des installations classées sans imposer pour autant aux exploitants des prescriptions qui seraient irréalisables.
Ces règles techniques comprennent deux parties :

1° Une première partie précisant les informations fondamentales concernant les phénomènes de vibrations mécaniques, leur origine et leurs effets sur l'environnement et sur lesquelles doit être basée la méthode d'" analyse fine " à définir ultérieurement.

2° Une seconde partie fixant les normes d'émission de vibrations mécaniques à respecter et la méthodologie d'évaluation des effets sur l'environnement, définies dans le cadre limité de la mise en œœuvre de la méthode de mesure de classe " contrôle ".

Les présentes règles techniques constituent un outil permettant l'évaluation d'une situation, compte tenu des données obtenues sur le site par l'Inspecteur chargé du contrôle ou par la personne ou l'organisme qualifié qui l'appréciera suivant la diversité des cas rencontrés.

C'est donc en fonction des circonstances particulières aux cas d'espèces que l'appréciation des effets des vibrations mécaniques doit être faite.
Domaine d'application

Les présentes règles techniques s'appliquent aux installations relevant de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées en vue de la protection de l'environnement.

On entend par " constructions " :

- les immeubles à usage d'habitation ou de travail ou affectés à toute autre activité humaine (bureaux, hôpitaux, crèches, écoles, prisons, usines...) ;
- les édifices accueillant le public (lieux de culte, cinémas, théâtres, grands magasins, etc.) ;
- les constructions et ouvrages anciens, d'une valeur architecturale archéologique ou historique.

Sont exclus :
- les réacteurs nucléaires et leurs installations annexes ;
- les installations liées à la sûreté générale sauf les constructions qui les contiennent ;
- les barrages, les ponts ;
- les châteaux d'eau ;
- les installations de transport à grande distance de gaz ou de liquide autres que l'eau ainsi que les canalisations d'eau sous pression de diamètre supérieur à 1 m ;
- les réservoirs de stockage de gaz, d'hydrocarbures liquides ou de céréales ;
- les tunnels ferroviaires ou routiers et autres ouvrages souterrains d'importance analogue ;
- les ouvrages portuaires tels que digues, quais et les ouvrages se situant en mer, notamment les plates-formes de forage.

L'étude des effets des vibrations mécaniques sur les catégories de constructions ou ouvrages exclus doit être confiée à une personne ou à un organisme qualifié.
Annexe
Première partie

Exposé des informations fondamentales concernant les phénomènes de vibrations mécaniques, leur origine et leurs effets sur l'environnement et sur lesquelles sont basées :
- d'une part, la méthode de classe " contrôle ", objet de la présente réglementation, et,
- d'autre part, la méthode d'" analyse fine " de la réponse vibratoire des constructions, à définir ultérieurement.

Cette partie des règles techniques expose les informations fondamentales concernant les phénomènes de vibrations mécaniques, leur origine et leurs effets sur l'environnement, et sur lesquelles doit être basée la méthode d'" analyse fine " de la réponse vibratoire des constructions, à définir ultérieurement.
Éléments de base-Effets des vibrations

Les effets des vibrations mécaniques sur les constructions comprennent :
- les effets directs (fissuration...) résultant de la mise en résonance par les vibrations entretenues, ou bien d'excitations répétées ou non, mais à niveau élevé, par les sources impulsionnelles ;
- les effets indirects par densification du sol.

L'évaluation des effets des vibrations mécaniques sur les constructions est faite à partir :
- de mesures séismiques qui permettent de déterminer les paramètres des mouvements observés (fréquence, déplacement, vitesse particulaire, accélération, durée, périodicité, spectre et fonction temporelle) ;
- de mesures de nivellement de précision.

L'étude des effets des vibrations sur les constructions nécessite la définition préalable des différentes catégories de sources, compte tenu du type du signal reçu, et la classification des constructions en vue d'adapter à chaque classe la tolérance admise.
Catégories de sources

Les sources de vibrations mécaniques sont classées, compte tenu de leur nature et de leur cycle de fonctionnement, en deux catégories principales.

1° Sources continues ou assimilées
La première catégorie comprend :
- toutes les machines émettant des vibrations continues ;
- les sources émettant des impulsions à intervalles assez courts sans limitation du nombre d'émissions.

2° Sources impulsionnelles à impulsions répétées
La deuxième catégorie comprend les sources émettant des impulsions à intervalles assez courts, mais dont la durée d'une émission est inférieure à 500 millisecondes.
L'espacement de temps entre deux émissions successives est supérieur à une seconde.
Le nombre d'émissions est limité.

Classification des constructions pour la méthode d'" analyse fine "

Cette classification comprend quatorze classes qui tiennent compte du type de la construction, des fondations, de la nature du terrain et des facteurs d'importance architecturale ou historique. Le système dynamique considéré dans cette application est en effet composé du terrain, des fondations (s'il en existe) et de la construction elle-même.
1. Définition des classes
Les classes sont définies en se référant à des constructions en bon état et correctement entretenues.
Ces constructions ne doivent pas présenter de défauts de réalisation, ni avoir subi des dommages par tremblements de terre.
Dans le cas où une construction ne répond pas à ces exigences, il faut lui attribuer la classe immédiatement inférieure.
L'ordre dans lequel les constructions sont classées dépend de leur résistance aux vibrations ainsi que de la tolérance que l'on peut accepter quant aux effets des vibrations en raison de la valeur architecturale, archéologique ou historique des constructions.
Trois éléments importants interviennent dans la réaction d'une construction sous les effets des vibrations mécaniques :
- la catégorie de la construction ;

- les fondations ;
- la nature du terrain.

2. Catégories de constructions
Huit catégories de constructions sont définies ; elles sont numérotées de I à VIII en distinguant, dans chaque catégorie, deux groupes selon le mode de construction. Dans chacun de ces groupes, on doit tenir compte de l'âge de la construction.

1er groupe : Bâtiments anciens ou traditionnels
Les bâtiments inclus dans le premier groupe comprennent les constructions anciennes et tous les bâtiments modernes construits en utilisant des types de matériaux et des méthodes de travail traditionnels.
Ce sont généralement des constructions massives à grand amortissement. Ce groupe comprend aussi les constructions souples traditionnelles des zones séismiques. Les constructions considérées ont rarement plus de six étages.

2e groupe : Bâtiments et constructions modernes
Ce groupe comprend toutes les constructions modernes utilisant des matériaux relativement durs, reliés entre eux, généralement légers et de faible amortissement, les constructions à ossature aussi bien que celles dont les murs sont calculés pour supporter des charges. Tous les types de remplissage sont inclus. On y trouve également quelques bâtiments plus anciens à ossature qui sont construits avec des matériaux modernes. La hauteur peut varier d'un seul à de nombreux étages.
A numéro de catégorie identique, on considère que les constructions du premier et du deuxième groupe présentent une égale résistance aux vibrations mécaniques.
Les présentes règles techniques ont pour objet :

- 1° La définition des méthodes de mesure à mettre en oeuvre pour l'évaluation des effets, sur l'environnement, des vibrations mécaniques émises par une ou plusieurs sources appartenant à une installation classée en vue de la protection de l'environnement ;
- 2° L'évaluation des effets des vibrations mécaniques transmises dans l'environnement. Cette évaluation concerne :
  - la sécurité des constructions,
  - les effets sur les occupants de ces constructions.

Les présentes règles ont pour finalité la recherche de la protection des riverains des installations classées sans imposer pour autant aux exploitants des prescriptions qui seraient irréalisables.

Ces règles techniques comprennent deux parties :

- 1° Une première partie précisant les informations fondamentales concernant les phénomènes de vibrations mécaniques, leur origine et leurs effets sur l'environnement et sur lesquelles doit être basée la méthode d'" analyse fine " à définir ultérieurement.
- 2° Une seconde partie fixant les normes d'émission de vibrations mécaniques à respecter et la méthodologie d'évaluation des effets sur l'environnement, définies dans le cadre limité de la mise en œuvre de la méthode de mesure de classe " contrôle ".

Les présentes règles techniques constituent un outil permettant l'évaluation d'une situation, compte tenu des données obtenues sur le site par l'Inspecteur chargé du contrôle ou par la personne ou l'organisme qualifié qui l'appréciera suivant la diversité des cas rencontrés.

C'est donc en fonction des circonstances particulières aux cas d'espèces que l'appréciation des effets des vibrations mécaniques doit être faite.

Domaine d'application

Les présentes règles techniques s'appliquent aux installations relevant de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées en vue de la protection de l'environnement.

On entend par " constructions " :

- - les immeubles à usage d'habitation ou de travail ou affectés à toute autre activité humaine (bureaux, hôpitaux, crèches, écoles, prisons, usines...) ;
- - les édifices accueillant le public (lieux de culte, cinémas, théâtres, grands magasins, etc.) ;
- - les constructions et ouvrages anciens, d'une valeur architecturale archéologique ou historique.

Sont exclus :

- - les réacteurs nucléaires et leurs installations annexes ;
- - les installations liées à la sûreté générale sauf les constructions qui les contiennent ;
- - les barrages, les ponts ;
- - les châteaux d'eau ;
- - les installations de transport à grande distance de gaz ou de liquide autres que l'eau ainsi que les canalisations d'eau sous pression de diamètre supérieur à 1 m ;
- - les réservoirs de stockage de gaz, d'hydrocarbures liquides ou de céréales ;
- - les tunnels ferroviaires ou routiers et autres ouvrages souterrains d'importance analogue ;
- - les ouvrages portuaires tels que digues, quais et les ouvrages se situant en mer, notamment les plates-formes de forage.

L'étude des effets des vibrations mécaniques sur les catégories de constructions ou ouvrages exclus doit être confiée à une personne ou à un organisme qualifié.

Annexe

Première partie

Exposé des informations fondamentales concernant les phénomènes de vibrations mécaniques, leur origine et leurs effets sur l'environnement et sur lesquelles sont basées :

- - d'une part, la méthode de classe " contrôle ", objet de la présente réglementation, et,
- - d'autre part, la méthode d'" analyse fine " de la réponse vibratoire des constructions, à définir ultérieurement.

Cette partie des règles techniques expose les informations fondamentales concernant les phénomènes de vibrations mécaniques, leur origine et leurs effets sur l'environnement, et sur lesquelles doit être basée la méthode d'" analyse fine " de la réponse vibratoire des constructions, à définir ultérieurement.

Éléments de base-Effets des vibrations

Les effets des vibrations mécaniques sur les constructions comprennent :

- - les effets directs (fissuration...) résultant de la mise en résonance par les vibrations entretenues, ou bien d'excitations répétées ou non, mais à niveau élevé, par les sources impulsionnelles ;
- - les effets indirects par densification du sol.

L'évaluation des effets des vibrations mécaniques sur les constructions est faite à partir :

- - de mesures séismiques qui permettent de déterminer les paramètres des mouvements observés (fréquence, déplacement, vitesse particulaire, accélération, durée, périodicité, spectre et fonction temporelle) ;
- - de mesures de nivellement de précision.

L'étude des effets des vibrations sur les constructions nécessite la définition préalable des différentes catégories de sources, compte tenu du type du signal reçu, et la classification des constructions en vue d'adapter à chaque classe la tolérance admise.

Catégories de sources

Les sources de vibrations mécaniques sont classées, compte tenu de leur nature et de leur cycle de fonctionnement, en deux catégories principales.

- 1° Sources continues ou assimilées

La première catégorie comprend :

- toutes les machines émettant des vibrations continues ;

- les sources émettant des impulsions à intervalles assez courts sans limitation du nombre d'émissions.

- 2° Sources impulsionnelles à impulsions répétées

La deuxième catégorie comprend les sources émettant des impulsions à intervalles assez courts, mais dont la durée d'une émission est inférieure à 500 millisecondes.

L'espacement de temps entre deux émissions successives est supérieur à une seconde.

Le nombre d'émissions est limité.

Classification des constructions pour la méthode d'" analyse fine "

Cette classification comprend quatorze classes qui tiennent compte du type de la construction, des fondations, de la nature du terrain et des facteurs d'importance architecturale ou historique. Le système dynamique considéré dans cette application est en effet composé du terrain, des fondations (s'il en existe) et de la construction elle-même.

- 1. Définition des classes

Les classes sont définies en se référant à des constructions en bon état et correctement entretenues.

Ces constructions ne doivent pas présenter de défauts de réalisation, ni avoir subi des dommages par tremblements de terre.

Dans le cas où une construction ne répond pas à ces exigences, il faut lui attribuer la classe immédiatement inférieure.

L'ordre dans lequel les constructions sont classées dépend de leur résistance aux vibrations ainsi que de la tolérance que l'on peut accepter quant aux effets des vibrations en raison de la valeur architecturale, archéologique ou historique des constructions.

Trois éléments importants interviennent dans la réaction d'une construction sous les effets des vibrations mécaniques :

- la catégorie de la construction ;

- les fondations ;

- la nature du terrain.

- 2. Catégories de constructions

Huit catégories de constructions sont définies ; elles sont numérotées de I à VIII en distinguant, dans chaque catégorie, deux groupes selon le mode de construction. Dans chacun de ces groupes, on doit tenir compte de l'âge de la construction.

1er groupe : Bâtiments anciens ou traditionnels

Les bâtiments inclus dans le premier groupe comprennent les constructions anciennes et tous les bâtiments modernes construits en utilisant des types de matériaux et des méthodes de travail traditionnels.

Ce sont généralement des constructions massives à grand amortissement. Ce groupe comprend aussi les constructions souples traditionnelles des zones séismiques. Les constructions considérées ont rarement plus de six étages.

2e groupe : Bâtiments et constructions modernes

Ce groupe comprend toutes les constructions modernes utilisant des matériaux relativement durs, reliés entre eux, généralement légers et de faible amortissement, les constructions à ossature aussi bien que celles dont les murs sont calculés pour supporter des charges. Tous les types de remplissage sont inclus. On y trouve également quelques bâtiments plus anciens à ossature qui sont construits avec des matériaux modernes. La hauteur peut varier d'un seul à de nombreux étages.

A numéro de catégorie identique, on considère que les constructions du premier et du deuxième groupe présentent une égale résistance aux vibrations mécaniques.

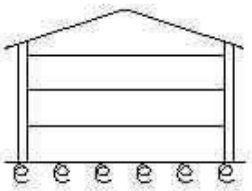
Premier groupe

PREMIER GROUPE

I

Bâtiments industriels lourds, à plusieurs niveaux (deux ou trois), y compris les formes résistant aux tremblements de terre.

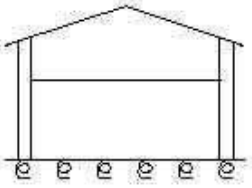
Ouvrages massifs, incluant les ponts, les forteresses, les remparts, les quais et les jetées.



II

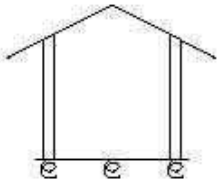
Grands édifices publics à ossature rigide, couverts d'une charpente, y compris les formes résistant aux tremblements de terre.

Immeubles à murs porteurs en pierre de taille ou en pierres bien cimentées.



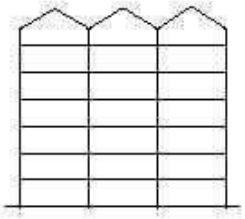
III

Maisons à un ou deux niveaux et bâtiments à usage mixte, en bois, résistant aux tremblements de terre.



IV

Groupe d'immeubles d'une certaine importance, généralement en pierres, utilisés comme bureaux ou locaux d'habitation, allant de cinq à sept niveaux.



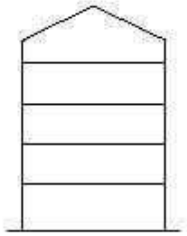


Deuxième groupe

V

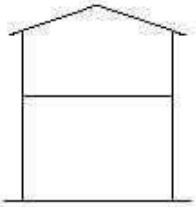
Maisons de quatre à six niveaux et bâtiments urbains à usage mixte, construits en moellons ou en briques.

Constructions massives dont les murs supportent des charges importantes.

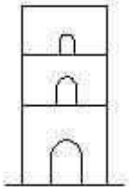


VI

Maisons et constructions à deux niveaux, en moellons ou en briques, avec planchers et charpente en bois.



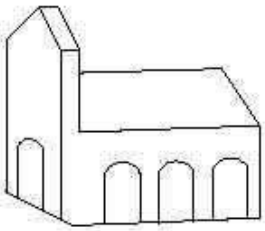
Tours et minarets en pierres ou en briques.



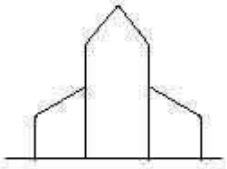
VULNÉRABILITÉ CROISSANTE

VII

Constructions à baies ou comportant plusieurs corps de bâtiments, en pierres ou en briques, avec ou sans voûtes telles que les grandes églises et autres bâtiments similaires.



Eglises à charpente en bois et constructions du type grange, basses et bâties avec de grandes ouvertures (sans chaînage), ainsi que les écuries, garages, halles, marchés couverts, bâtiments industriels bas.



VIII

Ruines.

Toutes les constructions de la catégorie VII qui ont une valeur historique.

3. Catégories de fondations

A.

- pieux liaisonnés en béton armé ou en acier ;

- radier en béton armé rigide ;

- piliers de bois attachés entre eux ;

- mur de soutènement épais.

B.

- pieux en béton armé non liaisonnés ;

- semelles avec grand mur de base ;

- piliers et radiers en bois.

C.

- murs de soutènement légers ;

- grande semelle en pierre ;

- pas de fondations, murs directement bâtis sur le sol.

4. Types de terrains

a) Roches non fissurées, roches très dures, légèrement fissurées ou sables cimentés ;

b) Terrain meuble compacté, horizontal et sec ;

c) Terrain meuble non compacté ou humide ;

d) Terrain meuble en pente, sec ;

e) Terrain meuble en pente, humide ;

f) Terrain mixte : rocher et terrain meuble.

Classification des constructions selon la tolérance admise aux effets des vibrations

- (pour la méthode d'analyse fine)

Classes	Catégories de constructions (vibrations acceptables décroissantes)							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	A a	-	-	-	-	-		-
2	A b	A a	A a	A a	-	-	-	-
3	-	A b	A b	-	A a	-	-	-
	-	B a	B a	-	A b	-	-	-
4	-	-	-	-	A c	-	-	-
	-	A c	B b	A c	B a	-	-	-
	-	B b	-	-	B b	-	-	-
5	-	B c	A c	-	B c	B a	-	-
6	-	A f	-	A d	B d	B d	B a	-
	-		-	-	-	C a	-	-
7	-	-	A f	A e	B e	B c	B b	-
	-	-	-	-	-	C b	C a	-
8	-	-	-	-	-	B e	B c	-
	-	-	-	-	-	C c	C b	-
9	-	B f	-	-	-	C d	B d	A a
	-	-	-	-	-	-	C c	-
10	-	-	B f	-	-	C e	B e	A b
	-	-	-	-	-	-	C d	-
11	-	-	-	C f	C f	-	C e	B a
12	-	-	-	-	-	C f	-	B c
	-	-	-	-	-	-	-	C a
13	-	-	-	-	-	-	-	B d
	-	-	-	-	-	-	C f	C b
	-	-	-	-	-	-	-	C c
14	-	-	-	-	-	-	-	C d
	-	-	-	-	-	-	-	C e
	-	-	-	-	-	-	-	C f

Acquisition des données pour la méthode d'" analyse fine "

I. Effets directs

1.1. Principes de base

Les principaux paramètres caractérisant une oscillation sont la fréquence, le déplacement et la durée. Les vibrations enregistrées peuvent présenter un petit nombre de fréquences dominantes qui apparaissent sous forme de bandes plus ou moins étroites dans les spectres relatifs aux sources continues et aux phénomènes de résonance, tandis que les spectres correspondant aux oscillations émises par des sources impulsionnelles se présentent sous forme d'une large bande.

Les données expérimentales peuvent se présenter sous les diverses formes suivantes :

- enregistrement, en fonction du temps, du déplacement, de la vitesse ou de l'accélération ;

- spectre de Fourier, dans un intervalle de temps donné, de l'amplitude, de la vitesse, de l'accélération ou de l'énergie ;

- réponses temporelles d'oscillateurs simples de fréquence et d'amortissement donnés, à partir desquelles on peut calculer un spectre de réponse.

L'enregistrement continu en fonction du temps est indispensable.

L'enregistrement direct, sur le terrain, de la vitesse particulaire présente l'avantage de permettre l'évaluation rapide de l'énergie, qui est proportionnelle au carré de la vitesse ; il facilite le calcul des autres paramètres sans beaucoup de risques de déformation du signal d'origine.

Les fréquences propres des constructions étant comprises dans une bande de basses fréquences, les appareils de mesure bien adaptés à cet enregistrement sont ceux qui comportent des capteurs de vitesse de fréquence propre 1 Hz, lesquels présentent, en outre, l'avantage de fournir une tension de sortie importante.

Les spectres apportent des informations complémentaires sur les domaines de fréquences dans lesquels sont comprises les grandes valeurs de déplacement, de vitesse, d'accélération ou d'énergie, mais ils ne permettent pas d'avoir une représentation complète des effets résultant de la durée du phénomène.

D'une manière générale, les grandes valeurs de déplacement, de vitesse ou d'accélération ne sont pas forcément liées à de grandes énergies à la source. Elles sont fréquemment observées à proximité de sources impulsionnelles faibles, la principale condition de leur existence étant la faible distance à la source.

Ces grandes valeurs de paramètres ne signifient pas nécessairement que le phénomène doive causer des dommages aux constructions ; cela dépend de sa durée.

La répétition de phénomènes présentant des valeurs modérées du déplacement, de la vitesse et de l'accélération peut être la cause de fissurations résultant d'une fatigue des éléments fragiles des constructions.

Ainsi trois paramètres sont indispensables pour caractériser les vibrations : à côté de la fréquence et de la durée, on retient généralement la vitesse comme le paramètre le plus significatif mais, selon les domaines de résonance des récepteurs concernés, il peut être plus important de considérer la vitesse ou le déplacement. La connaissance de la fréquence propre et de l'amortissement du récepteur est essentielle à cet égard.

D'une façon générale, le mouvement en chaque point de mesure doit être enregistré dans trois directions rectangulaires dont une verticale, les deux autres étant définies par rapport à la source ou par rapport aux axes des ouvrages étudiés.

Dans le cas de phénomènes reproductibles, si le nombre de capteurs tri-directionnels dont on dispose est inférieur au nombre de points de mesure, ces points de mesures pourront être occupés en plusieurs fois en maintenant des points de référence communs à tous les enregistrements.

Dans le cas de phénomènes non reproductibles, les enregistrements aux différents points de mesure doivent être effectués simultanément.

1.2. Appareillage de mesure

La chaîne de mesure doit permettre l'enregistrement en fonction du temps des phénomènes vibratoires dans la bande de fréquence allant de 1 à 150 Hz avec des amplitudes en vitesses comprises entre : 0,1 mm/s et 50 mm/s.

La dynamique de la chaîne doit être au moins égale à 66 dB.

1.3. Précautions opératoires

Tous les capteurs doivent être complètement solidaires de leur support.

Il faut veiller à ne pas poser les capteurs sur les revêtements (zinc, plâtre, carrelage, ...) qui peuvent agir comme filtres de vibrations ou bien provoquer des vibrations parasites si ces revêtements ne sont pas solidaires de l'élément principal de la construction.

Il faut éviter également d'installer les capteurs sur les balcons, les dalles d'entrée ou les paliers d'escaliers, où l'on risque de n'enregistrer que les modes propres de vibration de ces éléments.

Dans les constructions, les capteurs doivent être orientés selon les axes de la construction sans tenir compte de l'azimut de la source par rapport à la construction.

Il faut effectuer une mesure des agitations existantes en dehors du fonctionnement de la source. Cela peut aider à définir l'incidence du fonctionnement de la source sur l'environnement vibratoire.

Des études systématiques ont permis d'obtenir un grand nombre d'enregistrements en faisant varier, d'une part, la vitesse ou la fréquence nominale de la source et, d'autre part, les conditions d'enregistrement, près de la source, sur le sol (en champ libre et en zone de réaction) et dans des immeubles différents par leur géométrie, par le type de construction et par leur situation par rapport à la source.

Ces nombreux enregistrements ont mis en évidence la complexité des phénomènes vibratoires à toutes les étapes de la transmission : émission, milieu de propagation et réception.

1.4. Méthodologie

La méthode d'analyse fine des effets directs a pour objet d'étudier les réponses des constructions aux vibrations transmises à celles-ci quels que soient les types de sources, de sols ou de constructions. Cela implique des mesures en différents points de la construction et, éventuellement, entre celle-ci et la source (en champ libre et en zone de réaction) et autour de la source même. Toutes ces mesures doivent être faites lors des différents modes de fonctionnement de la source.

a) Étude de la source

Il s'agit d'étudier :

- la polarisation des vibrations ;

- la répartition de l'énergie vibratoire suivant la direction de propagation ;

- les bandes de fréquences dominantes près de la source ;

- les cycles de fonctionnement ;

- la variation des paramètres en fonction de la vitesse de fonctionnement de la source et de la nature des matériaux fabriqués ou traités par cette installation.

b) Étude du milieu de propagation

Cette étude de la propagation est effectuée au moyen de profils où les espacements entre les différents points de mesures sont à apprécier par la personne ou l'organisme qualifié en fonction des caractéristiques de la source ainsi que de la distance entre celle-ci et la zone de réaction de la construction. Cela permet d'étudier la variation de l'énergie en fonction de la distance pour le milieu de propagation considéré.

c) Études des vibrations des constructions

L'étude des vibrations des constructions doit se faire dans les conditions suivantes :

- avoir le contrôle du fonctionnement de la source pendant la durée des essais afin d'effectuer des mesures systématiques tenant compte de la variation du fonctionnement de la source et éventuellement de la distance ;

- avoir libre accès dans les différentes parties des constructions à étudier afin de pouvoir y installer des séismographes en différents points en vue d'étudier les différentes fonctions de transferts et les réactions des différents éléments des constructions.

L'étude des vibrations d'une construction doit tenir compte des caractéristiques de cette dernière et de son site :

- type de la construction et son âge ;

- méthode de construction et matériaux utilisés ;

- forme de la construction et nombre d'étages ;

- type de la fondation ;

- type de terrain.

La distance entre la construction et la source doit également être prise en considération.

La détermination des emplacements des points de mesure se fait en fonction des dimensions de la construction sur la base des principes suivants :

- pour les constructions comportant au maximum un rez-de-chaussée et trois étages (ou environ 12 mètres), les mesures doivent être faites au moins entre deux points (bas et haut de la construction) ;

- pour les constructions comportant plus de trois étages et le rez-de-chaussée, on effectue une série d'enregistrements au moins tous les quatre étages (ou environ 12 mètres), plus une série d'enregistrements au sommet de la construction ;

- à chacun des niveaux où seront effectuées les mesures (fondation ou étages), le nombre et l'emplacement des points de mesure seront choisis de façon qu'aucun point du niveau considéré ne soit à plus de 10 mètres d'un emplacement de mesure.

Des points de mesure supplémentaires pourront éventuellement être définis pour tenir compte des observations présentées par les occupants de la construction.

1.5. Valeurs limites

Dans l'attente de la parution de règles techniques concernant les valeurs limites à retenir dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode d'" analyse fine ", ces valeurs sont déterminées par la personne ou l'organisme qualifié.

Ces valeurs limites s'appuient notamment sur :

- les données résultant d'un nombre suffisant d'enregistrements séismiques ;

- l'analyse complète de ces données ;

- l'interprétation des résultats en prenant en considération les conditions de fonctionnement de la source, la classe du récepteur et les emplacements des points de mesure.

1.6. Cas des installations existantes

L'évaluation par la méthode d'" analyse fine " des vibrations mécaniques engendrées par une installation exisante se fait sur la base de la méthodologie de mesure décrite au paragraphe 1.4.

1.7. Cas des installations nouvelles

Dans le cas d'une installation nouvelle pouvant engendrer des vibrations d'une certaine importance, deux phases d'exécution sont conseillées :

- évaluation prévisionnelle des vibrations susceptibles d'être provoquées par cette installation ;

- enregistrement des vibrations observées à la mise en route de l'installation.

1.7.1. Évaluation prévisionnelle

L'évaluation prévisionnelle consiste à estimer l'énergie propagée à partir de la source en différents points situés en dehors de la zone de réaction du ou des récepteurs proches de la source à installer, à partir de mesures effectuées dans l'environnement de la source, en tenant compte de la distance et de l'azimut.

Une bonne connaissance du milieu de propagation constitue un élément indispensable et sûr en vue de la protection de l'environnement.

Les mesures systématiques sur le terrain, dans différents cas de sources et de milieux de propagation, doivent être effectuées au moyen de profils où les espacements entre les différents points de mesure dépendent des caractéristiques de la source ainsi que de la distance entre celle-ci et la zone de réaction de la ou des constructions.

Lorsque les conditions locales le justifieront (énergie reçue et dimensions de la ou des constructions), d'autres points de mesure seront implantés dans la zone probable de réaction et dans les constructions, en vue de déterminer les fonctions de transfert correspondantes.

Seule cette méthode peut permettre d'effectuer valablement une évaluation prévisionnelle de vibrations.

L'utilisation d'abaques, de formules préétablies ou de représentations mathématiques trop simplifiées doit être proscrite en raison de la complexité du phénomène. Ces formules ne peuvent pas tenir compte du couplage source-sol et sol-construction, ni du milieu de propagation.

Les nombreuses vérifications, effectuées in situ, ont confirmé ce jugement.

Les précautions opératoires, exposées dans le cas d'installations existantes sont à prendre en considération.

On conçoit les effets d'une erreur de prévision pour l'exploitant.

1.7.2. Phase expérimentale (à la mise en route de l'installation)

Au cours de cette phase, les effets directs des vibrations émises dans l'environnement sont étudiés notamment en faisant varier certains paramètres de fonctionnement de la source (type et épaisseur des matériaux traités, vitesse de fonctionnement, etc.).

Sur la base des résultats de mesure, il est alors possible :

- soit de déterminer les conditions limites de fonctionnement de la source ;

- soit d'apporter des corrections à l'installation de la source.

II. Effets indirects

Les vibrations transmises par le sol peuvent avoir deux conséquences sur les constructions proches de la source.

1° Par effets directs, les vibrations imposent à la construction implantée sur un sol rigide des mouvements alternés susceptibles, dans certains cas, de l'endommager.

2° Par effets indirects, les vibrations mécaniques peuvent tasser le sol sous la construction, s'il est meuble (densification). Si cette densification est différentielle, la construction peut se fissurer.

2.1. Principes de base

Dans le cas de la densification, il s'agit d'un tassement résultant d'un effet secondaire de l'émission vibratoire qui peut concerner des surfaces importantes du sol.

Ainsi la " densification " ne vise notamment pas le compactage local entrepris volontairement ni la stabilisation du sol exécutée par exemple préalablement à la réalisation de constructions.

Les vibrations mécaniques entretenues peuvent parfois engendrer à la longue, par effets directs, des désordres dans les constructions. Mais il faut, dans ce cas, que l'énergie des vibrations soit suffisamment importante et que la durée des vibrations soit suffisamment grande.

Par contre, une conjugaison des effets directs des vibrations et d'une densification du sol peut provoquer des désordres dans les constructions bien avant que le seuil limite des paramètres ne soit atteint.

Des phénomènes de liquéfaction comportant une perte significative de résistance peuvent être observés sous l'effet de vibrations continues de bas niveaux dans des sols tels que des limons, des sables, des limons argileux, des argiles sensibles, avec une teneur en eau variant de 30 à 45 p. 100. Ils peuvent être la cause de glissements lorsque la couche de terrain concernée est en pente.

Pour cette raison, ne faire intervenir, pour apprécier les effets des vibrations mécaniques sur une construction, que les effets directs peut conduire à sous-estimer ou à surestimer les effets de ces vibrations.

2.2. Appareillages de mesure

Les effets indirects des vibrations mécaniques sont appréciés par des nivellements de précision effectués sur des points matérialisés en surface sur les constructions ou leur environnement proche. Ces points du nivellement devront être rattachés à une base de référence située en dehors de la zone possible de densification.

Pour l'étude de l'évolution des fissures, on peut valablement utiliser, par exemple, des appareils de mesure de déplacements des lèvres des fissures (comparateur, extensomètre, fissuromètre à bille, etc.).

2.3. Précautions opératoires

Pour l'évaluation de la densification pouvant résulter d'une ou de plusieurs séries d'émissions de vibrations, il conviendra d'effectuer des nivellements de précision juste avant la première série d'émissions et juste après la dernière série d'émissions de vibrations.

La périodicité des nivellements de précision est fonction des conditions d'environnement.

2.4. Cas des installations existantes

En général, les effets indirects sont pratiquement nuls dans le cas d'une installation existante.

En effet, le tassement par densification est assez rapide ; mais il est possible que les désordres soient constatés sur une construction un certain temps après le début du fonctionnement de la source vibratoire bien que les résultats des mesures séismiques ou des nivellements de précision antérieurs n'aient fait apparaître aucune anomalie.

L'origine de ce problème peut être recherché :

- soit dans une modification du fonctionnement de la source ;

- soit dans une modification de la construction ;

- soit dans une modification du terrain sous-jacent, notamment du fait des conditions climatiques (ruissellement d'eau de pluie, ou gel de la surface du sol, par exemple).

L'examen des désordres observés et l'exécution d'une nouvelle série de mesures (mesures séismiques et éventuellement nivellements de précision) permettra de résoudre le problème.

2.5. Cas des installations nouvelles

La probabilité de constater des effets indirects est plus grande dans le cas des installations nouvelles, d'où l'importance de tenir compte de ces phénomènes en prenant les précautions suivantes :

1. Mesure de nivellement de précision avant la mise en route et pendant la phase expérimentale (voir paragraphe 2.2) ;

2. Si possible, relevés des fissures existantes sur les constructions proches de la source. L'inventaire peut être effectué par des photographies, des relevés graphiques ou, dans certains cas, avec l'intervention d'un huissier de justice.

Il appartiendra à l'exploitant d'apprécier le caractère que doit avoir ce relevé préalable ;

3. Éventuellement, la surveillance de ces fissures.

Deuxième partie

Normes d'émission de vibrations mécaniques à respecter et méthodologie d'évaluation des effets sur l'environnement, définies dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode de mesure de classe " Contrôle " de la réponse vibratoire des constructions.

Méthode de mesure de classe " contrôle " de la réponse vibratoire des constructions

Cette partie des règles techniques fixe les normes d'émission de vibrations mécaniques à respecter et la méthodologie d'évaluation des effets sur l'environnement, dans le cadre limité de la mise en œuvre de la méthode de mesure de classe " Contrôle " de la réponse vibratoire des constructions.

Éléments de base

Les principaux paramètres qui interviennent dans l'évaluation des effets sur les constructions des vibrations mécaniques transmises dans l'environnement sont les suivants :

1. La fréquence ;

2. Le déplacement, la vitesse ou l'accélération ;

3. La durée du phénomène.

Le déplacement, la vitesse et l'accélération sont liés entre eux par l'intermédiaire de la fréquence.

L'expérience montre que la vitesse particulaire est souvent le paramètre le plus significatif des effets des vibrations sur les constructions.

Dans ces règles techniques, qui ne concernent que la méthode de mesure de classe " Contrôle ", la vitesse et la fréquence seront utilisées comme critères, compte tenu de la durée du phénomène.

Catégories de sources

Les catégories de sources sont définies dans la première partie des présentes règles.

Classification des constructions Méthode de mesure de classe " Contrôle "

Pour la mise en œuvre de la méthode de mesure de classe " Contrôle ", on définit comme suit trois ensembles de constructions par simplification de la méthode donnée dans la première partie des règles techniques.

I. Ensemble de constructions résistantes

Classes 1 à 4.

II. Ensemble de constructions sensibles

Classes 5 à 8.

III. Ensemble de constructions très sensibles (1).

Classes 9 à 13.

(1) Ces ensembles ne comprennent pas les catégories et les groupes pour lesquels la méthode de mesure de classe " Contrôle " ne peut être valablement utilisée.

Le tableau de la page suivante donne une classification simplifiée, imposée par les limites de mise en œuvre de la méthode de mesure de classe " Contrôle ".

Classification simplifiée des constructions selon la tolérance admise aux effets des vibrations mécaniques - Méthode de mesure de classe " contrôle "

Ensembles	Classes reprises dans la première partie	Catégories de constructions (vibrations acceptables décroissantes)

Ensembles	Classes reprises dans la première partie	Catégories de constructions (vibrations acceptables décroissantes)					
		I	II	III	IV	VI	VII
		1er et 2e groupes	1er et 2e groupes	1er groupe	2e groupe	1er et 2e groupes	2e groupe
I	1	Aa	-	-	-	-	-
-	2	Ab	Aa	Aa	Aa	-	-
-	-	Ab	Ab	-	-	-	-
-	-	Ba	Ba	-	-	-	-
-	4		Ac	Bb	Ae	-	-
-	-	-	Bb	-	-	-	-
II	5	-	Bc	Ac	-	Ba	-
-	6	-	Af	-	Ad	Bb	Ba
-	-	-	-	-	-	Ca	-
-	7	-	-	Af	Ae	Bc	Bb
-	-	-	-	-	-	Cc	Ca
-	8	-	-	-	-	Be	Bc
-	-	-	-	-	-	Cc	Cb
III	9	-	Bf	-	-	Cd	Bd
-	-	-	-	-	-	-	Cc
-	10	-	-	Bf	-	Ce	Be
-	-	-	-	-	-	-	Ce
-	11	-	-	-	Cf	-	Ce
-	12	-	-	-	-	Cf	-
-	13	-	-	-	-	-	Cf

Acquisition des données méthode de mesure de classe " contrôle "

I. Effets directs

1.1. Éléments de base

D'une façon générale, le mouvement en un point donné d'une construction doit être enregistré dans trois directions rectangulaires dont une verticale, les deux autres directions étant définies par rapport aux axes horizontaux de l'ouvrage étudié sans tenir compte de l'azimut.

Les capteurs seront placés sur l'élément principal de la construction le plus accessible (appui de fenêtre d'un mur porteur, point d'appui sur l'ossature métallique ou en béton dans le cas d'une construction moderne), à l'un des étages supérieurs de la construction, de préférence à l'étage du plaignant.

1.2. Appareillage de mesure

La chaîne de mesure à utiliser pour la méthode de mesure de classe " Contrôle " comporte un seul ensemble de capteurs de vitesse.

Elle doit permettre l'enregistrement, en fonction du temps, de la vitesse particulaire dans la bande de fréquences allant de 4 Hz à 150 Hz pour les amplitudes de cette vitesse comprises entre 0,1 mm/s et 50 mm/s.

La dynamique de la chaîne doit être au moins égale à 54 dB.

Cette chaîne a la même précision que " la chaîne d'analyse fine " ; son emploi est plus simple, mais ses possibilités d'utilisation sont plus restreintes.

1.3. Précautions opératoires

Les capteurs doivent être complètement solidaires de leur support.

Il faut veiller à ne pas installer les capteurs sur les revêtements (zinc, plâtre, carrelage ...) qui peuvent agir comme filtres de vibrations ou provoquer des vibrations parasites si ces revêtements ne sont pas bien solidaires de l'élément principal de la construction.

Il faut éviter également d'installer les capteurs sur les balcons, les dalles d'entrée ou les paliers d'escaliers, où l'on risque de n'enregistrer que les modes propres de vibration de ces éléments.

Il ne faut pas placer le capteur sur un sol en terre battue.

Il convient d'effectuer, si faire se peut, une mesure des agitations existantes en dehors du fonctionnement de la source. Cela peut aider à définir l'incidence du fonctionnement de la source sur l'environnement vibratoire.

1.4. Limites de la mise en œuvre de la méthode de classe " contrôle "

Dans les cas donnés ci-dessous, la méthode de classe " Contrôle " ne doit plus être mise en œuvre. Il convient alors de faire appel à une personne ou un organisme qualifié qui appliquera la méthode « d'analyse fine » de la réponse vibratoire de la construction :

- la construction comporte plus de trois étages et le rez-de-chaussée ;

- il s'agit de la sécurité d'objets de valeur historique (œuvres d'art) à l'intérieur d'une construction ;

- il s'agit de monuments historiques ;

- si, après examen des résultats de mesures effectuées avec la méthode de classe " Contrôle ", on note que les valeurs observées de la vitesse particulaire sont proches des valeurs-limites à 10 p. 100 près.

Le choix de la personne ou de l'organisme qualifié doit être approuvé par l'inspecteur chargé du contrôle.

L'intervention s'effectue dans les conditions prévues à l'article 40 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976.

1.5. Valeurs-limites de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée (méthode de mesure de classe " Contrôle ")

On entend par valeurs limites, les valeurs au-dessous desquelles la probabilité de désordres dans la construction est pratiquement négligeable dans la bande des fréquences considérées.

Sur chaque enregistrement effectué, seules sont prises en compte, pour la comparaison avec les valeurs-limites, les vitesses particulaires qui correspondent sur l'enregistrement à plusieurs oscillations de même fréquence.

Les vitesses particulaires, correspondant sur l'enregistrement à des oscillations très occasionnelles peu nombreuses, ne sont pas prises en compte.

Pour les ensembles de constructions I, II et III définis à la page 48, les valeurs de la vitesse particulaire (2) observée lors des mesures séismiques ne devront pas dépasser les valeurs-limites suivantes :

Cas des vibrations continues ou assimilées.

Les valeurs-limites figurent au tableau 1. Elles tiennent compte de la fréquence dominante observée.

Cas des vibrations impulsionnelles à impulsions répétées.

Les valeurs-limites sont données au tableau 2 où entre en compte également la fréquence dominante observée.

Si on observe que les fréquences correspondant aux vitesses particulaires couramment observées pendant la période de mesure approchent de 0,5 Hz près les fréquences de 8,30 et 100 Hz, la valeur-limite à retenir est celle correspondant à la bande fréquence immédiatement inférieure.

(2) Il s'agit de l'amplitude simple de la vitesse particulaire d'une oscillation.

Tableau 1 : Vibrations continues ou assimilées

Valeurs limites de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée.
Méthode de mesure de classe " Contrôle "
Ces valeurs limites sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement.

TABLEAU 1
VIBRATIONS CONTINUES OU SIMILAIRES
Valeurs limite de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée
Méthode de mesure de classe "contrôle"
Ces valeurs limite sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement

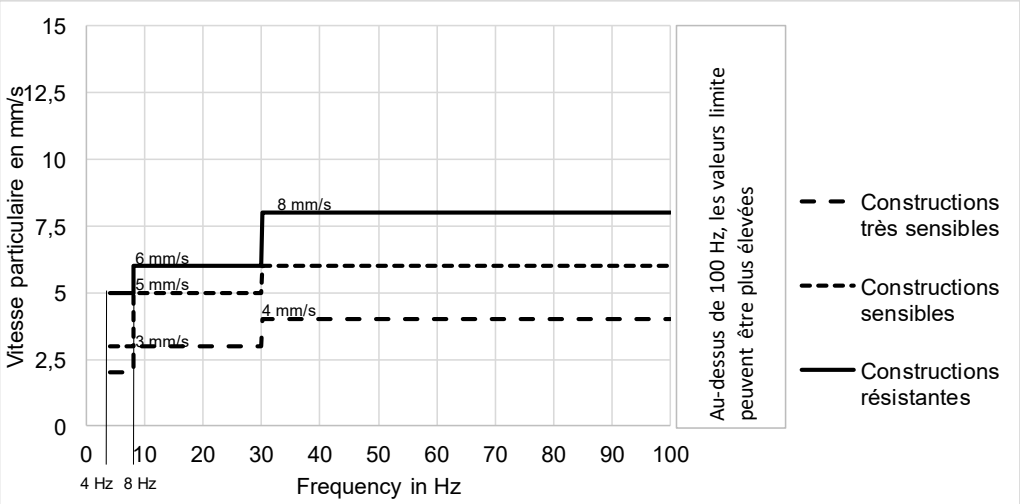
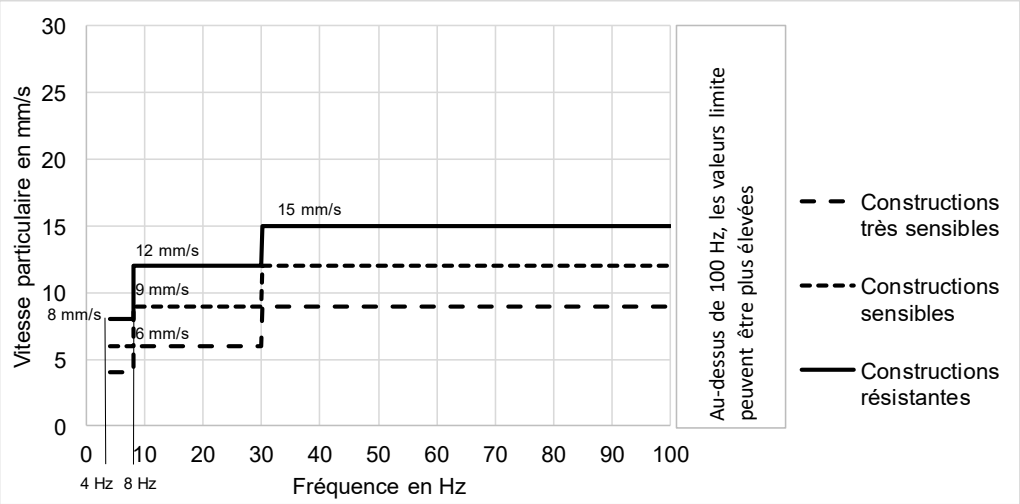


Tableau 2 : Vibrations impulsionnelles a impulsions répétées

Valeurs limites de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée.
Méthode de mesure de classe " Contrôle ".
Ces valeurs limites sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement.

TABLEAU 2
VIBRATIONS IMPULTIONNELLES A IMPULSIONS REPETEES
Valeurs limite de la vitesse particulaire en fonction de la fréquence observée
Méthode de mesure de classe "contrôle"
Ces valeurs limite sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement



1.6. Cas des installations existantes

La méthode de meure de classe " Contrôle " permet uniquement d'évaluer la réponse vibratoire des constructions en un seul point de mesure.

Ce point de mesure est situé sur l'élément principal de la construction (voir § 1.1 et 1.3, 2e partie).

Les résultats de mesure obtenus avec cette méthode permettent l'évaluation d'une situation vibratoire dans les limites de mise en œuvre de la méthode (voir § 1.4., 2e partie).

Rappelons qu'en dehors de ces limites, il faut avoir recours à la méthode d'" Analyse fine ".

La méthode de mesure de classe " Contrôle " ne peut pas être utilisée pour l'étude de la source vibratoire ou du milieu de propagation.

1.7. Cas des installations nouvelles

La méthode de mesure de classe " Contrôle " ne peut pas être utilisée pour l'évaluation prévisionnelle de l'émission vibratoire dans le cas des installations nouvelles.

Seule la méthode d'" Analyse fine " peut permettre cette approche.

II. Effets indirects

Le processus des effets indirects pouvant résulter des vibrations mécaniques émises dans l'environnement est décrit dans la première partie des règles techniques.

La mise en œuvre de la méthode de mesure de classe " Contrôle " ne comporte pas l'étude des effets indirects.

Troisième partie

Dispositions communes à la méthode d'" Analyse fine " et à la méthode de mesure de classe " Contrôle "

I. Approches complémentaires

L'étude des effets directs ou indirects des vibrations mécaniques transmises dans l'environnement ne constitue quelquefois que l'un des aspects du problème à résoudre.

Il conviendra parfois d'étudier la perception au point de mesure des bruits aériens pouvant accompagner les vibrations mécaniques.

Les bruits aériens peuvent avoir pour origine :

- une transmission directe par l'air des bruits de la source ;

- une transmission par voie solidienne pouvant engendrer un rayonnement acoustique de certains éléments de la construction excités par les vibrations.

Les bruits aériens peuvent dans certains cas :

- créer une contrainte supplémentaire pour les riverains ;

- engendrer une confusion quant à l'importance des vibrations mécaniques effectivement transmises aux constructions.

Pour l'appréciation des effets des bruits aériens émis dans l'environnement, il convient de se rapporter à l'arrêté du 20 août 1985 du ministre de l'Environnement.

II. Effets des vibrations sur les riverains

En règle générale, on observe que, lorsque l'étude séismique a réglé le problème de la sécurité des constructions, celui des autres nuisances des occupants de ces constructions se trouve résolu.

III. Correction de situations existantes

La réduction de l'émission de vibrations mécaniques, dans le cadre de l'amélioration d'une situation existante, est une opération délicate qu'il convient de confier à des personnes ou des organismes qualifiés.

Lors du choix des solutions techniques pour la réduction des effets des vibrations mécaniques, il conviendra de rechercher des solutions économiquement réalistes.

L'inspecteur indiquera à l'exploitant la fin en lui laissant le choix des moyens. Dans certains cas, une étude séismique après " Correction " de la situation pourra être exigée par lui.

Annexe 2. Matériel de mesure

Systèmes de surveillance vibratoire:

Modèle	ID	Référence	Capteur	Date d'étalonnage
MR3000C	EB_VIB_024	13050179	Velocity 3D	8 Dec 2023
MR3000C	EB_VIB_025	13050180	Velocity 3D	8 Dec 2023
MR3000C	EB_VIB_038	18410185	Velocity 3D	3 Aug 2021
MR3000C	EB_VIB_041	21290059	Velocity 3D	3 Aug 2021
MR3000C	EB_VIB_042	21290060	Velocity 3D	3 Aug 2021

Le marteau d'impact utilisé est un modèle 086D50 H de PCB. Ses spécifications sont données ci-dessous.



ICP® IMPACT HAMMER

ENGLISH

OPTIONAL VERSIONS

SUPPLIED ACCESSORIES:

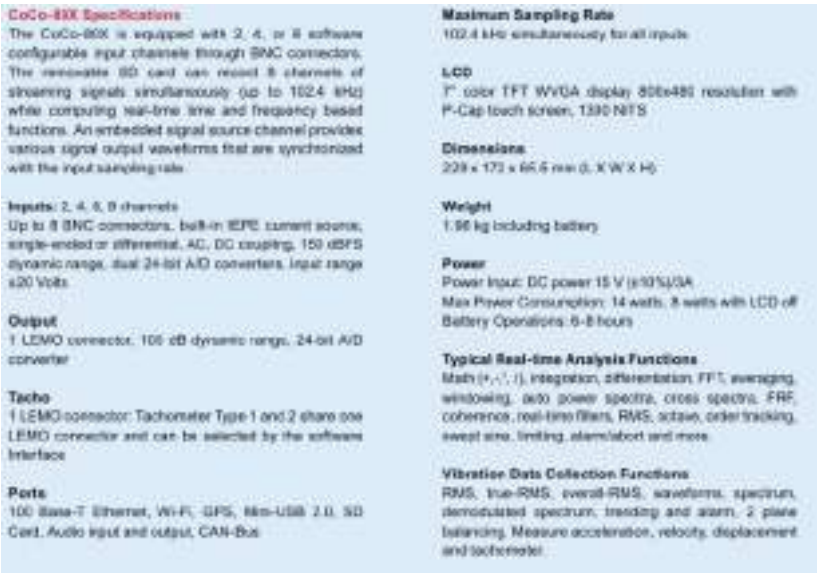
PCB PIEZOTRONICS



Le marteau est relié à une centrale d'acquisition COCO 80 X de Crystal Instruments, sn 4186112.



Pour chaque mesure, un total de 10 chocs de marteau environ a été réalisé.



CoCo-80X Specifications

The CoCo-80X is equipped with 2, 4, or 8 software configurable input channels through BNC connectors. The removable SD card can record 8 channels of streaming signals simultaneously (up to 102.4 kHz) while computing real-time time and frequency based functions. An embedded signal source channel provides various signal output waveforms that are synchronized with the input sampling rate.

Inputs: 2, 4, 8, 9 channels
Up to 8 BNC connectors, built-in IEPE current source, single-ended or differential, AC, DC coupling, 150 dBFS dynamic range, dual 24-bit A/D converters, input range ±20 Volts

Output
1 LEMO connector, 106 dB dynamic range, 24-bit A/D converter

Tacho
1 LEMO connector: Tachometer Type 1 and 2 share one LEMO connector and can be selected by the software interface

Ports
100 Base-T Ethernet, Wi-Fi, GPS, Mini-USB 2.0, SD Card, Audio input and output, CAN-Bus

Maximum Sampling Rate
102.4 kHz simultaneously for all inputs

LCD
7" color TFT WVGA display 800x480 resolution with P-Cap touch screen, 1300 NITS

Dimensions
229 x 173 x 66.5 mm (L X W X H)

Weight
1.96 kg including battery

Power
Power Input: DC power 15 V (±10%)/3A
Max Power Consumption: 14 watts, 8 watts with LCD off
Battery Operations: 6-8 hours

Typical Real-time Analysis Functions
Math (+,-,*, /), integration, differentiation, FFT, averaging, windowing, auto power spectra, cross spectra, FRF, coherence, real-time filters, RMS, octave, order tracking, swept sine, limiting, alarm/abort and more.

Vibration Data Collection Functions
RMS, true-RMS, overall-RMS, waveforms, spectrum, demodulated spectrum, trending and alarm, 2 plane balancing. Measure acceleration, velocity, displacement and tachometer.

Annexe 3. État initial – passages de bus

PVA :

Type de bus	Heure de passage
Double Bus TBM	15:05:27
Bus simple TBM	15:06:16
Bus simple TBM	15:08:44
Double Bus TBM	15:10:33
Bus simple TBM	15:13:56
Double Bus TBM	15:14:02
Bus simple TBM	15:21:24
Bus simple TBM	15:22:17
Double Bus TBM	15:25:35
Bus simple TBM ligne 20	15:28:32
Minibus : Région Nvelle Aquit	15:30:49
Double Bus TBM	15:31:14
Bus simple : Région Nvelle Aquit	15:33:43

PVB :

Type de bus	Heure de passage
Double Bus TBM ligne 8	12:15:35
Bus simple TBM	12:17:02
Minibus TBM	12:19:50
Bus simple TBM ligne 80	12:22:02
Double Bus TBM ligne 8	12:29:34
Bus simple TBM	12:33:06
Double Bus TBM	12:33:08
Double Bus TBM	12:42:07
Bus simple TBM ligne 80	12:44:09
Bus simple : Région Nvelle Aquit	12:45:52
Double Bus TBM	12:46:00
Double Bus TBM	12:48:38
Bus simple TBM	12:53:20
Double Bus TBM	12:57:13
Double Bus TBM	12:58:28

PVC :

Type de bus	Heure de passage
Bus simple TBM	12:27:52
Bus simple TBM	12:25:34
Bus simple TBM	12:28:08
Double Bus TBM	12:33:53
Bus simple TBM	12:37:41
Double Bus TBM	12:50:07
Bus simple TBM	13:01:31
Double Bus TBM	13:17:37
Double Bus TBM	13:17:47

PVD :

Type de bus	Heure de passage	Sens
Bus simple	14:18:45	2
Double bus l.8	14:23:50	1
Double bus - retour dépôt	14:27:58	1
Double bus l.8	14:29:12	2
Double bus l.35	14:30:27	1
(non mieux identifié)	14:31:26	1
Double bus l.35	14:40:00	2
Double bus l.35	14:43:00	1
Double bus l.8	14:43:28	2
Double bus	14:50:22	1
Bus simple NA 502	14:53:00	1
Double bus l.35	14:57:10	2
Double bus l.8	15:00:08	2
Double bus l.8	15:03:57	1
Double bus l.35	15:05:15	1
Bus simple	15:13:32	2
Bus simple	15:13:35	2
Double bus l.35	15:24:55	1

PVE :

Type de bus	Heure de passage
Double Bus ligne 8	13:45:43
Double Bus ligne 8	14:01:51
Double Bus ligne 8	14:16:19
Double Bus ligne 8	14:28:14
Double Bus ligne 8	14:46:30
Double Bus ligne 8	14:59:57
Double Bus ligne 8	15:15:38
Double Bus ligne 8	15:29:45
Double Bus ligne 8	15:44:53
Double Bus ligne 8	16:00:43

Annexe 4. Analyse risque bruit solidien période diurne




Secteur B


Secteur C


Secteur C
Secteur D


Secteur D


Secteur E


Secteur E

Annexe 5. Analyse risque bruit solidien période nocturne




Secteur B


Secteur C


Secteur C
Secteur D


Secteur D


Secteur E


Secteur E

ANNEXE 4 : ETUDE AIR ET SANTE, 2024 – NUMTECH

numtech
INTELLIGENCE ENVIRONNEMENTALE

Rapport d'étude

Réf : R/QA/226.0622/ETR_v1.0 Mai 2024

CREATION D'UNE LIGNE DE BUS A HAUT NIVEAU DE SERVICE ENTRE LES QUARTIERS DE PELLEGRIN A BORDEAUX, DE THOUARS A TALENCE ET MALARTIC A GRADIGNAN

Volet « Air et Santé » de l'étude d'impact

Pour le compte de :

SYSTRA

Intervenants

CLIENT	SYSTRA
Coordonnées	Les Bureaux de la cité - CS 81890 - 23 Parvis des Chartrons – 33075 BORDEAUX CEDEX
Contacts	Mélissa LECERF, Direction Conseil et Aménagement, Juriste - Chargée d'étude environnement

PRESTATAIRE	NUMTECH
Coordonnées	6 allée Alan Turing – CS 60242 – Parc Technologique de La Pardieu – 63178 AUBIERE cedex – + 33 4 73 28 75 95
Contacts	Céline PESIN – Cheffe de projet – celine.pesin@numtech.fr

VERSION	DATE	MODIFICATIONS
1.0	28/05/2024	Version initiale

REDACTION	VERIFICATION
Céline PESIN – Cheffe de projet – NUMTECH  Alisson GODART – Ingénieure d'étude – NUMTECH 	Céline PESIN – Cheffe de projet – NUMTECH

Résumé non technique

Introduction

Le présent document constitue le rapport du volet « Air et Santé » de l'étude d'impact relative au projet de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) de Gradignan.

Le projet traversera les villes de Bordeaux, Talence, Gradignan et Villenave d'Ornon situées sur le territoire de Bordeaux Métropole.

Les objectifs du projet Bus Express Pellegrin – Thouars – Malartic sont les suivants :

- Améliorer les conditions de déplacements des voyageurs, en apportant une solution de transports en commun structurante à l'échelle du territoire ;
- Renforcer l'attractivité et accompagner le développement d'un territoire en mutation, grâce à une desserte plus efficace ;
- Garantir une meilleure qualité de vie et accompagner le développement des modes actifs.

Méthodologie

Les études d'impact environnemental concernant les infrastructures routières doivent être adaptées au projet étudié et à ses enjeux. Le contenu et la méthodologie d'une étude « Air et Santé » sont notamment définis par la Directive 1999/30/CE du 22 avril 1999 et son annexe VIII, le décret n°2008-1152 du 7 novembre 2008, le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air, l'article R. 122-15 du Code de l'environnement concernant les infrastructures de transports terrestres ainsi que par la note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières. Cette circulaire a été mise à jour par la note technique du 22 février 2019. La présente étude est réalisée conformément à ces différents textes, et aux recommandations de cette dernière note technique. Le niveau d'étude, déterminant le contenu de l'étude, est défini selon trois critères : charge prévisionnelle du trafic, densité de population et longueur du projet.

D'après les critères et conformément aux recommandations de la note technique de février 2019 (notamment la présence de sites vulnérables dans la zone d'étude et d'un PPA), une étude de niveau I devrait être réalisée. Toutefois, l'analyse des données montre que les variations de trafics induits par le projet sont faibles, inférieures aux seuils recommandés dans la note de février 2019. De plus, le projet devrait avoir pour effet de diminuer globalement les trafics routiers (diminution du nombre de véhicules par kilomètre parcouru) sur la zone d'étude. Il devrait donc permettre d'améliorer globalement la qualité de l'air sur la zone d'étude. Une **étude de niveau II a donc été réalisé.**

Les scénarios étudiés sont les suivants :

- à l'état initial 2023 ;
- à l'horizon futur 2027 (année de mise en service du projet) avec et sans aménagement ;
- à l'horizon futur 2047 (année de mise en service du projet + 20 ans) avec et sans aménagement.

Selon la note technique du 22 février 2019, une étude de niveau II doit porter sur un domaine géographique intégrant le projet et l'ensemble du réseau routier subissant une augmentation ou une réduction des flux de trafic de plus de 10% du fait de la réalisation de l'aménagement.

Les trafics moyens journaliers annuels estimés pour les horizons futurs restant inférieurs à 50 000 véhicules par jour (à l'exception de l'A630 présente sur la bande d'étude mais non concernée directement par le projet), une bande d'étude de 200 m a été définie autour des axes routiers retenus, aussi bien pour les polluants gazeux que particulaires. L'ensemble des bandes d'étude ainsi définie forme la zone d'étude.

Le projet, le réseau routier retenu et la zone d'étude définis d'après les recommandations de la note de févier 2019 sont présentés sur la Figure 1 pour l'état initial et les situations futures de référence et la Figure 2 pour les situations futures avec projet. Entre les deux figures, seul le réseau routier diffère légèrement du fait de la réalisation du projet.

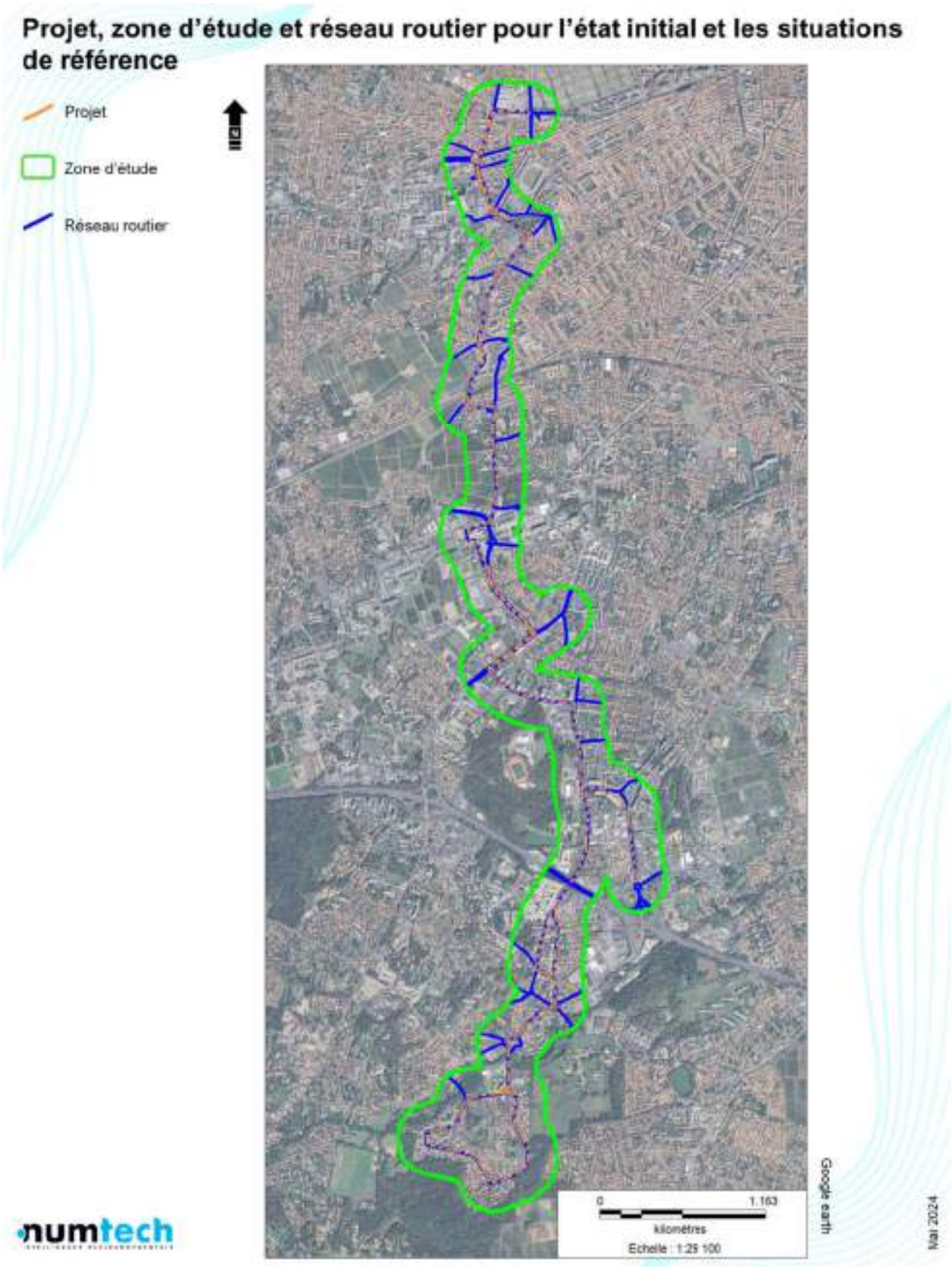


Figure 1. Localisation du projet, de la zone d'étude et du réseau routier retenu pour l'état initial et les situations futures de référence

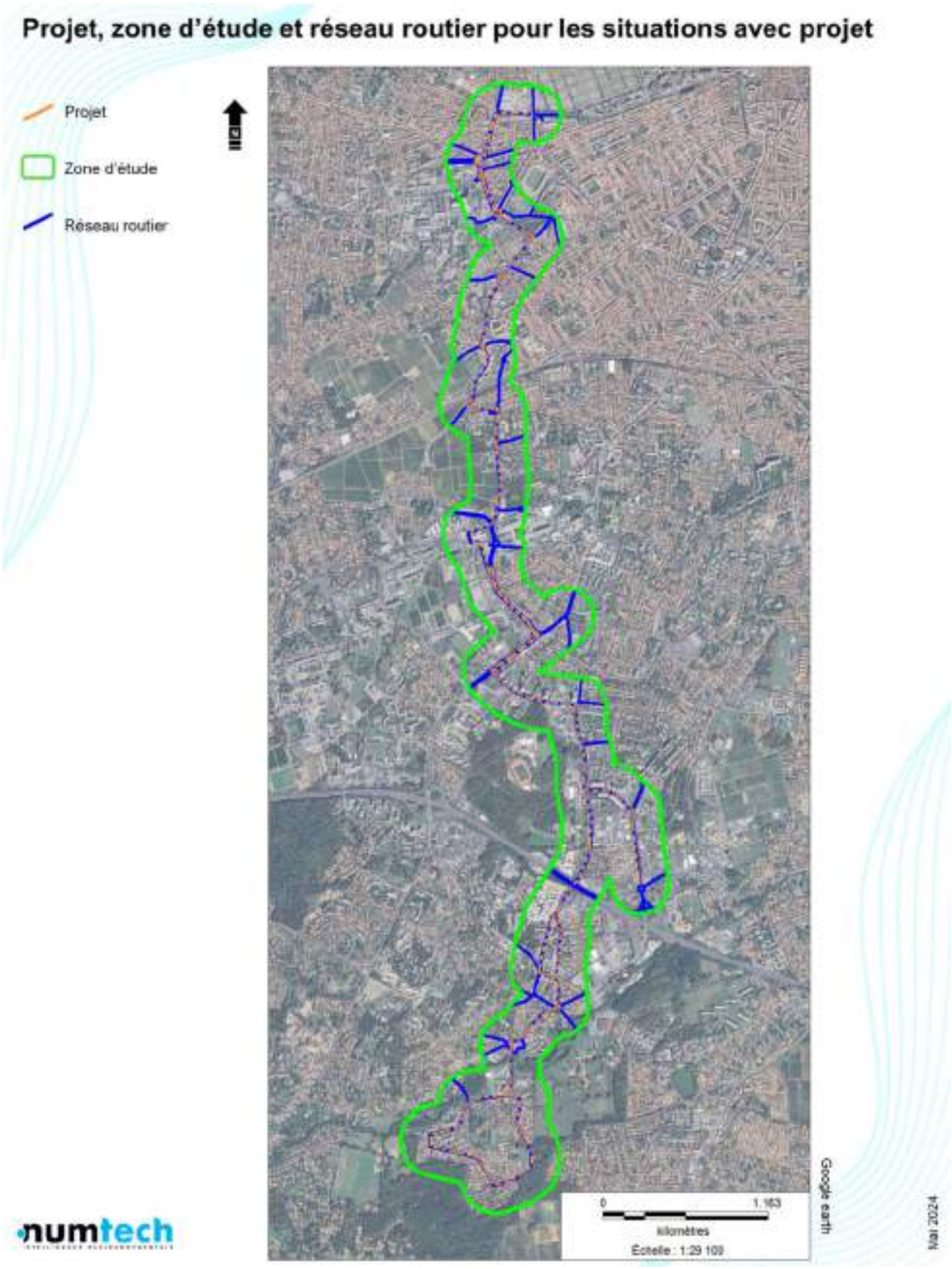


Figure 2. Localisation du projet, de la zone d'étude et du réseau routier retenu pour les situations futures projet

Les polluants étudiés

Dans le cadre des études de niveau II, les substances à étudier sont listées dans la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Le Tableau 1 synthétise les substances étudiées dans le cadre de cette étude.

Tableau 1. Liste des substances retenues dans l'étude d'impact (extrait de la note technique du 22 février 2019)

Polluants à prendre en compte dans les études air et santé (niveau II)	Oxydes d'azote (NO_x) Particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) Monoxyde de carbone (CO) Composés organiques volatiles non méthanique (COVNM) Benzène (C_6H_6) Dioxyde de soufre (SO_2) Arsenic Nickel Benzo[a]pyrène

La zone d'étude

L'analyse des caractéristiques de l'environnement du projet a été réalisée sur les communes concernées par la zone d'étude (d'environ 4.7 km².) : Gradignan, Talence, Bordeaux, et dans une moindre mesure, Villenave d'Ornon et Pessac.

Ces communes se situent sur le département de la Gironde. La **zone d'étude correspond pour rappel à une bande d'étude de 200 mètres de part et d'autre des axes routiers retenus**. Les recensements ont été réalisés afin de prendre en compte l'environnement direct du projet par grandes thématiques :

- Climatologie

Le climat de la Gironde est de type océanique aquitain. Il se caractérise par un faible écart de température entre l'été et l'hiver. Les hivers sont relativement doux et les étés supportables. Les pluies sont modérément fréquentes et plus abondantes en hiver.

- Caractérisation des populations et sites vulnérables

La population vivant sur la zone d'étude est de l'ordre de 15 357 personnes. Elle a été estimée à partir les données de population carroyées à une précision de 200 mètres, proposées par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques). Ces données se basent sur les revenus fiscaux des ménages de 2015.

Un recensement des populations dites « vulnérables » (enfants, personnes âgées …) a été réalisé au cours de cette étude. Il montre la présence de plusieurs établissements fréquentés par cette population « vulnérable » (crèches, établissements scolaires, etc.) sur la zone d'étude.

D'après les données collectées, la zone d'étude compte ainsi : 9 crèches, 6 écoles maternelles, 5 écoles élémentaires et 4 collèges/lycées et 29 établissements à vocation sanitaire et sociale susceptibles d'accueillir des populations vulnérables.

- Usage de l'environnement

Dans la zone d'étude, les usages de l'environnement sont recensés le plus exhaustivement possible afin d'étudier ensuite les différents modes d'exposition des populations identifiées.

A l'échelle de la bande d'étude, près de 70% de la surface correspond à une occupation des sols de type résidentiel (de densité très variable). Environ 14 % de la zone d'étude est couverte par des sols de type industriel, commercial et publique ainsi que des voies de transports (voies rapides et ferroviaires). Le reste de la zone d'étude est couverte par différents types de sols comme l'agriculture, des forêts et espaces verts. La réalisation du projet modifiera très peu cette répartition.

- Qualité des sols

Les populations locales sont exposées aux substances induites par le trafic routier, ainsi qu'aux substances déjà existantes dans l'environnement local témoin. On désigne par l'environnement local témoin, un environnement considéré comme n'étant pas affecté par les activités de l'infrastructure étudiée, mais situé dans la même zone géographique (caractéristiques similaires : pédologiques, géologiques, hydrologiques, climatiques, etc.) et dont les caractéristiques sont similaires à celles de l'environnement impacté par l'infrastructure.

Un recensement des sites pollués a été réalisé et a permis d'identifier plusieurs sites BASIAS sur la zone d'étude. Ces sites correspondent à des activités de type station-service, garage automobile, décharge d'ordures ménagères, dépôt de liquide inflammable, fabrique de peintures, chaudronnerie, fabrication de produits chimiques, de matières plastiques, etc. Il faut souligner que l'inscription d'un site dans la banque de données BASIAS ne préjuge pas d'une pollution à son endroit. Dans le cadre de cette étude, ces sites sont considérés comme plus enclins à être impactés par une source de pollution que d'autres.

La qualité de l'air actuelle

L'analyse de la qualité de l'air actuelle autour de la zone d'étude s'est appuyée sur les éléments suivants :

- l'identification des principales sources de pollution dans l'environnement de la zone d'étude ;
- l'analyse des données de mesure de qualité de l'air disponibles à proximité de la zone d'étude ;
- l'analyse des résultats de la campagne de mesures spécifique réalisée par EVADIES en 2022.

Les deux premières parties ont été réalisées avec l'aide de données et documents diffusés principalement par Atmo Nouvelle-Aquitaine, l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air sur la région.

L'analyse des contributions des différents secteurs d'activités dans les émissions de polluants atmosphériques montre que les secteurs du transport routier, du résidentiel et de l'industrie sont les secteurs les plus importants dans les émissions de polluants atmosphériques à l'échelle du département de la Gironde. L'occupation du sol sur la zone d'étude et le recensement des sources effectué montrent que les principales sources de pollution atmosphérique à retenir sur la zone d'étude sont le secteur résidentiel / tertiaire, l'industrie, et le transport routier.

Sur la base des données fournies par Atmo Nouvelle-Aquitaine, les mesures effectuées par le réseau de stations situées à proximité de la zone d'étude et dans la région (suivant le polluant considéré) montrent qu'en 2022 les seuils réglementaires pour l'ensemble des substances réglementées ont été respectés à l'exception de l'ozone. A noter également le dépassement de l'objectif de qualité en $PM_{2.5}$ et du seuil d'information en PM_{10} sur les stations situées dans l'environnement de la zone d'étude.

Enfin, l'analyse des résultats des campagnes de mesures réalisées dans le cadre de cette étude fin d'année 2022 sur la zone d'étude en NO_2 montre des valeurs mesurées en dessous de la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m^3 (avec une concentration maximale de 37,2 µg/m^3).

Effets du projet sur la qualité de l'air

L'étude des effets du projet sur la qualité de l'air a été réalisée conformément à la note technique de février 2019 et autres textes relatifs à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

- Bilan des émissions de polluants dans l'air

La circulation des véhicules automobiles est une source d'émission de polluants dans l'air. Différentes bases de données sont disponibles pour estimer les émissions dues aux gaz d'échappement des véhicules (véhicules légers et poids lourds), à l'usure des équipements automobiles (freins, pneumatiques) et à l'usure de la chaussée. Ces bases de données (utilisant notamment la méthodologie Copert V) permettent d'évaluer ces émissions pour la situation actuelle, à partir de données de trafic, mais également pour les situations futures, en prenant en compte (en plus de l'évolution des trafics) les évolutions de la réglementation sur les moteurs et l'amélioration technologique des véhicules et des carburants. Conformément aux préconisations de la note technique de février 2019, ces bases de données ont été utilisées pour calculer les émissions des polluants étudiés dans la bande d'étude pour les cinq situations considérées (état initial 2023, et les situations futures 2027 et 2047 sans et avec aménagement du projet).

A l'échelle de la zone d'étude, les situations futures 2027 (avec et sans projet) sont moins émettrices que l'état initial pour l'ensemble des substances étudiées à l'exception de l'arsenic et du SO_2. Ces baisses s'expliquent par l'évolution du parc automobile (renouvellement) et des normes anti-pollution en vigueur sur les véhicules qui permettent de compenser l'augmentation du volume global des trafics (nombre de véhicules par kilomètre parcouru). Pour l'arsenic et le SO_2, l'amélioration des émissions des véhicules dans l'avenir ne devraient pas permettre de compenser l'augmentation globale du trafic entre 2023 et 2027.

Entre 2027 et 2047, sans réalisation du projet, on devrait constater une diminution des émissions pour tous les polluants à l'exception de l'arsenic. Pour ce polluant, cette augmentation est liée à une augmentation des émissions unitaires prévues des véhicules entre 2027 et 2047.

Pour tous les polluants, en 2027 comme en 2047, la réalisation du projet conduit à une très légère diminution des émissions. Ceci est lié à une diminution du volume des trafics ou du nombre de véhicule par kilomètre parcourus sur la zone d'étude suite à la réalisation du projet.

- Bilan des émissions de Gaz à Effet de Serre

Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées au projet d'aménagement estimées sont liées à la combustion du carburant par les véhicules. Les émissions de 3 polluants à fort pouvoir de réchauffement sont quantifiées : le CO_2, le CH_4 et le N_2O.

L'analyse du bilan des émissions de gaz à effet de serre montre :

- une augmentation des émissions entre 2023 et 2027 (augmentation d'environ 7% par exemple en CO_{2e}). En revanche, entre 2027 et 2047, les émissions devraient diminuer de quelques pourcents que le projet soit ou non réalisé en CO_2, N_2O et CO_{2e}. Ces diminutions sont liées à une amélioration du parc automobile roulant malgré l'augmentation des trafics. En CH4, l'augmentation des émissions devraient se poursuivre entre 2027 et 2047,
- que l'aménagement du projet devrait entrainer une légère diminution des émissions liée à une diminution du nombre de véhicules par kilomètre parcouru globalement sur la zone d'étude en 2027 comme en 2047.

Impact du projet sur la qualité de l'air

Afin d'évaluer les concentrations en polluants dans l'air, une étude de dispersion des polluants émis sur la bande d'étude a été réalisée à l'aide d'un modèle numérique de dispersion atmosphérique (ADMS-Urban, version 5). Cet outil mathématique complexe permet de prendre en compte l'influence des caractéristiques météorologiques et topographiques de la zone d'étude sur la dispersion des polluants dans l'air. A partir des émissions calculées auparavant, il permet de définir en tout point de la zone et pour les différentes situations étudiées, les concentrations dans l'air en polluants.

L'état de la qualité de l'air a ainsi pu être caractérisé pour les situations étudiées en comparant les concentrations calculées aux valeurs limites réglementaires, et l'impact de la réalisation du projet sur la qualité de l'air a pu être estimé.

Les concentrations simulées sont maximales sur les voies, puis diminuent rapidement en s'en éloignant. Les concentrations les plus élevées sont simulées le long des axes présentant le trafic le plus important et le long des axes structurants de la zone d'étude : l'autoroute A630, et, dans une moindre mesure, le cours de la Libération.

Les simulations montrent que le projet devrait avoir globalement sur la bande d'étude un faible impact hors voie de circulation, même si très localement, des écarts non négligeables ont été simulés. En effet, la réalisation du projet devrait avoir un faible impact sur la zone d'étude. En NO_2 par exemple, en 2027, 96.7% des points de calculs montrent un impact faible du projet (variation des concentrations inférieures à ±2 % suite à la réalisation du projet). Et moins de 1% des points de calcul présentent une augmentation des concentrations supérieures à 2%. Ces augmentations sont donc très localisées : rue Arthur Rimbaud et du Cours de la libération. De plus, les écarts devraient être moindres en 2047 du fait de la diminution de la contribution des axes routiers (diminution des émissions du trafic routier globalement).

Le projet devrait donc avoir un impact négligeable globalement sur la bande d'étude, même si localement des écarts plus importants pourraient être observés à proximité immédiate des voies de circulation (écarts principalement liés à la modification des voies de circulation).

Les calculs de dispersion ont mis en évidence des dépassements des critères réglementaires de qualité de l'air : la valeur limite en NO_2, l'objectif de qualité en $PM_{2.5}$ et des seuils de recommandations et d'information ou d'alerte en NO_2 et PM_{10} :

- En NO_2, les dépassements observés pour la situation 2023 se produisent sur les voies de circulation des axes routiers les plus importants. L'évolution des émissions des rejets de véhicules devrait permettre de diminuer suffisamment les concentrations pour approcher les valeurs limites en 2027 et pour passer en dessous en 2047.
- En poussières (PM_{10} et $PM_{2.5}$), les dépassements des seuils sont fortement conditionnés par la pollution de fond qui à elle seule dépasse ces seuils dans le cas des PM_{10} et s'en approche fortement dans le cas de $PM_{2.5}$. Les modélisations montrent des dépassements pour la

situation actuelle (2023). Le respect de ces seuils dans le futur dépendra donc en grande partie de la pollution de fond observée dans la zone d'étude.

D'après les résultats des simulations, la réalisation du projet ne devrait pas modifier les conclusions par rapport à des dépassements en 2027 comme en 2047.

Effets du projet sur la santé : Indicateur simplifié IPP (Indice Pollution-Population)

Dans une première approche des impacts d'un projet routier sur la santé, la note technique de février 2019 prévoit une comparaison des situations à l'aide d'un indicateur sanitaire simplifié (IPP – Indice Pollution/Population). L'IPP consiste à croiser les informations de concentrations simulées en polluants, et de population. Cet indicateur est considéré comme un outil de comparaison de situations et ne peut être utilisé comme un indicateur d'exposition absolue permettant de quantifier le risque encouru par la population.

L'estimation de l'IPP montre une amélioration de l'exposition des populations aux horizons futurs que le projet soit ou non réalisé. Cette amélioration se traduit par une diminution de l'IPP global sur la zone d'étude d'environ -16 % entre la situation actuelle et 2027 puis d'environ -10% entre 2027 et 2047 dans la situation sans projet, et d'environ -7% dans la situation avec projet).

L'analyse des données montre que dans le futur, le nombre d'habitants soumis à des concentrations supérieures à 18 µg/m^3 devrait diminuer fortement au profit de concentrations inférieures à 18 µg/m^3, réduisant ainsi l'exposition des populations Ceci est lié à la diminution des émissions en NO_2 des véhicules d'ici 2027 et 2047. Par ailleurs, la réalisation du projet devrait permettre de réduire légèrement le nombre d'habitants soumis aux plus fortes concentrations (supérieures à 14 µg/m^3 dans le cas présent) en 2047. En 2027, les deux situations (avec et sans projet) devraient être équivalentes.

Le projet ne devrait pas avoir d'impact sensible en termes d'exposition des populations en 2027 et 2047.

Coûts collectifs liés aux impacts du projet

Les coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité ont été estimés.

- Sur la santé

Les valeurs des coûts externes induits par la pollution de l'air ont permis d'évaluer, en intégrant les différents types de trafic (poids lourds et véhicules légers), les coûts collectifs liés aux impacts de la pollution atmosphérique sur la santé humaine. Les calculs ont été réalisés à partir des valeurs tutélaires fournies par la fiche-outils du 3 mai 2019 « Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique » recommandé par le Ministère de l'Environnement.

Les coûts liés à la pollution atmosphérique devraient augmenter entre l'état initial et 2027 et augmenter d'environ 55% entre 2027 et 2047, que le projet soit ou non réalisé. La réalisation du projet devrait entrainer une légère diminution de ces coûts en 2027 et en 2047 liée à une diminution globale du volume de trafics sur la zone d'étude.

- Sur l'effet de serre

Le coût de l'impact d'un projet sur l'effet de serre est évalué à partir des émissions de CO_2, proportionnelles dans le cas d'un projet routier à la consommation des véhicules. Le rapport de la commission présidée par Alain Quinet « La valeur de l'action pour le climat » de février 2019 recommande l'utilisation de valeurs tutélaires pour l'estimation des coûts relatifs à l'impact d'un projet sur l'effet de serre.

Les coûts devraient augmenter entre 2023 et 2027 puis entre 2027 et 2047 (d'environ 325 % que le projet soit ou non réalisé). La réalisation du projet devrait permettre de diminuer très légèrement les

coûts relatifs à l'effet de serre. Cette diminution est liée à une diminution du volume global des trafics sur la zone.

Mesures compensatoires

Au vu des conclusions de l'étude (impact négligeable du projet), aucune mesure compensatoire n'est à prévoir.

ABREVIATIONS

C_6H_6	Benzène
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CLA	Couche Limite Atmosphérique
Ci	Concentration dans l'air
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
COV	Composés Organiques Volatils
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
EPA	Environmental Protection Agency – Agence de protection de l'environnement américaine
ETM	Eléments Trace Métalliques
GES	Gaz à Effet de Serre
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC	Hydrocarbures
Ineris	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INSEE	Institue Nationale de la Statistiques et des Etudes Economiques
NO_2	Dioxyde d'azote
NO_x	Oxydes d'azote
O_3	Ozone
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
Pb	Plomb
PDU	Plan de Déplacement Urbain
PL	Poids Lourds
PM	Poussières (Particulate Matter)
PM_{10}	Poussières de diamètre inférieur ou égal à 10 µm
$PM_{2.5}$	Poussières de diamètre inférieur ou égal à 2.5 µm
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PRG	Pouvoir de Réchauffement Global
PRQA	Plan Régional de la Qualité de l'Air
SECTEN	SECTteurs Economiques et éNergie
SETRA	Service d'études techniques des routes et autoroutes
SO_2	Dioxyde de soufre
SO_x	Oxydes de soufre
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Energie
VL	Véhicules Légers
VP	Véhicules Particuliers
VUL	Véhicules Utilitaires Légers

Glossaire

Bruit de fond

Concentration représentative ambiante en un élément, en un composé, ou en une substance dans un milieu donné. Elle tient compte des concentrations naturelles (fond géochimique naturel) et de celles provenant éventuellement de sources d'origine anthropique autres que celles du site étudié.

Concertation

Participation des citoyens aux projets qui les concernent, par l'information la plus complète, l'écoute de leurs attentes ou de leurs craintes.

Domaine d'étude

Zone géographique potentiellement soumise aux effets temporaires et permanents, directs et indirects du projet.

Enjeu environnemental

Valeur prise par une fonction ou un usage, un territoire ou un milieu au regard de préoccupations écologiques, patrimoniales, paysagères, sociologiques, de qualité de la vie et de santé.

Exposition

Désigne, dans le domaine sanitaire, le contact entre une situation ou un agent dangereux et un organisme vivant. L'exposition peut aussi être considérée comme la concentration d'un agent dangereux dans un milieu pollué en contact avec l'homme.

Incertitude

Manque de connaissances ; se différencie de variabilité. L'incertitude peut être réduite en collectant des données tandis que la variabilité est une propriété inhérente des populations étudiées. La variabilité peut être mieux caractérisée avec plus de données mais elle ne peut pas être réduite ou éliminée. La distinction entre variabilité et incertitude est importante à la fois pour l'évaluation des risques et pour la caractérisation des risques.

Maître d'œuvre

Personne physique ou morale chargée d'étudier et ensuite de réaliser des ouvrages ou des travaux.

Maître d'ouvrage

Personne physique ou morale, publique ou privée, initiatrice du projet et responsable de la demande d'autorisation. Pétitionnaire ou promoteur sont fréquemment utilisés avec la même définition.

Monétarisation

Démarche visant à donner une valeur financière à un bien.

Nuisance

Elément du milieu physique ou de l'environnement social susceptible de porter atteinte ou d'altérer plus ou moins brutalement et profondément l'équilibre physique ou social d'un être vivant.

Sensibilité

Dans les études d'aménagement, la sensibilité exprime le risque que l'on a de perdre tout ou une partie de la valeur d'un enjeu environnemental du fait de la réalisation d'un projet.

Spéciation

Forme chimique et structurale sous laquelle se trouve un élément métallique. Par extension, on parle de spéciation pour tous les éléments chimiques : ensemble des caractéristiques physico-chimiques de l'élément considéré à l'échelle atomique et nanométrique. Les propriétés d'un corps varient avec sa spéciation, en particulier sa toxicité (exemple : arsenic).

Situation de référence

Correspond à l'état du site au moment où se manifestent les premiers effets du chantier.

Transfert

Migration de substances dissoutes ou non dans un ou plusieurs milieux (ex. : à travers ou à la surface d'un sol, causée par l'eau, l'air et les activités humaines, ou bien par les organismes du sol).

Vulnérabilité

Degré de protection naturelle d'un écosystème. Utilisée en hydrogéologie, elle caractérise le degré d'accessibilité à la ressource. Pour les milieux aquatiques, elle dépend à la fois des usages auxquels on destine ces ressources et des perturbations que provoquera l'aménagement.

Table des matières

1 Présentation : Contexte, objet et cadre réglementaire 22
1.1 Présentation du projet 22
1.2 Objet de l'étude 25
1.3 Cadre réglementaire 26
1.4 Niveau et contenu de l'étude 30
1.4.1 Niveau de l'étude 30
1.4.2 Contenu de l'étude 33
1.5 Zone d'étude et réseau routier 34
1.6 Références 35
2 Pollution atmosphérique d'origine automobile 40
2.1 Rappels généraux 40
2.1.1 Polluants émis par le trafics routier 40
2.1.2 Dispersion et transport des polluants 42
2.1.3 Paramètres météorologiques 42
2.1.4 Paramètres topographiques 43
2.1.5 Evolution des rejets 44
2.1.6 Evolution des normes des gaz d'échappement et des carburants 46
2.2 Effets sur la santé 48
2.3 Effet sur l'environnement, la faune et la flore 50
3 Caractérisation de l'état initial 52
3.1 Climatologie 52
3.2 Caractérisation des populations et sites vulnérables 56
3.2.1 Populations résidentes dans la zone d'étude 56
3.2.2 Populations résidentes dans le futur 58
3.2.3 Populations vulnérables 59
3.3 Usages de l'environnement 61
3.3.1 Occupation des sols 61
3.3.2 Pollution anthropique connue ou suspectée 61
4 Analyse de la qualité de l'air 64
4.1 Principales sources de pollution dans l'environnement de la zone d'étude 64
4.2 Qualité de l'air à proximité de la zone d'étude 67
4.3 Campagne de mesures *in-situ* 75
4.3.1 Localisation des sites de mesures 75
4.3.2 Période de mesures 76
4.3.3 Conditions météorologiques pendant la campagne 77
4.3.4 Résultats de la campagne de mesures 79
4.3.5 Conclusion 83
5 Estimation des émissions 84

5.1 Méthodologie 84
5.2 Bilan des émissions sur le domaine d'étude 86
5.3 Bilan des émissions des gaz à effet de serre 89
5.4 Consommation de carburant 90
6 Modélisation de la dispersion 91
6.1 Description du modèle ADMS Urban 91
6.2 Phénomènes pris en compte dans la modélisation de la dispersion atmosphérique 92
6.3 Présentation des calculs réalisés par modélisation 94
6.3.1 Polluants et statistiques modélisés 94
6.3.2 Calage du modèle 94
6.4 Dispersion des polluants dans la zone d'étude 98
6.5 Impact du projet sur la qualité de l'air 110
6.5.1 Réglementation relative à la pollution atmosphérique 110
6.5.2 Seuils OMS 112
6.5.3 Synthèse de l'impact sur la qualité de l'air 113
6.5.4 Commentaires concernant les incertitudes 115
7 Calcul de l'Indice Pollution Population (IPP) 118
7.1 Méthodologie 118
7.2 Distribution des populations par classes d'IPP 119
7.3 Distribution des populations par classes de concentrations 119
7.4 Variation spatiale de l'Indice Pollution Population 121
7.5 Indicateur global 127
8 Monétarisation et analyses des coûts collectifs de la pollution atmosphérique 128
8.1 Coûts collectifs liés aux impacts du projet sur la santé 128
8.1.1 Méthodologie 128
8.1.2 Résultats 129
8.2 Coûts collectifs liés aux impacts du projet sur l'effet de serre 130
8.2.1 Méthodologie 130
8.2.2 Résultats 131
9 Mesures compensatoires 132
9.1 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la qualité de l'air 132
9.2 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la santé 132
9.3 Mesures envisagées pour réduire l'impact en phase chantier 132
10 Conclusions 134

Figures

Figure 1. Localisation du projet, de la zone d'étude et du réseau routier retenu pour l'état initial et les situations futures de référence 5
Figure 2. Localisation du projet, de la zone d'étude et du réseau routier retenu pour les situations futures projet 6
Figure 3. Tracé du BHNS 24
Figure 4. Cartographie des PCAET de la Gironde avec leur état d'avancement 37
Figure 5. Contribution des différents secteurs d'activités dans les émissions de NO_x en France (Source CITEPA / Format SECTEN) 40
Figure 6. Répartition des émissions de polluants par secteur d'activité pour l'année 2018, dans le département de la Gironde 41
Figure 7. Substances pour lesquels le secteur des transports contribue pour au moins 5% aux émissions en 2018 (Source : CITEPA / FORMAT SECTEN, 2020). 44
Figure 8. Evolution relative des émissions du secteur des transports en polluants en France métropolitaine par rapport aux émissions de l'année 1990 (base 100 en 1990) (source : CITEPA, 2020). 45
Figure 9. Evolution du parc roulant Français depuis 1960 (source : CITEPA, 2020) 46
Figure 10. Rose des vents sur la période 1998 à 2007 à la station de Bordeaux-Merignac (source : Météo France) 53
Figure 11. Normales mensuelles des précipitations à la station de Bordeaux-Merignac sur la période 1981 à 2010 (source : INFOCLIMAT) 54
Figure 12. Normales mensuelles des températures sur la période 1981 à 2010 (source : INFOCLIMAT) 55
Figure 13. Population résidente dans la zone d'étude (source : INSEE) 57
Figure 14. Localisation des sites vulnérables recensés dans la zone d'étude 60
Figure 15. Localisation des sites BASIAS (Source : https://www.georisques.gouv.fr) 62
Figure 16. Localisation des sites BASOL 63
Figure 17. Evolution des émissions de polluants de l'air entre 2010 et 2018 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine, Fiche émissions département Gironde) 65
Figure 18. Installations classées pour la protection de l'environnement (source : IREP) 66
Figure 19. Stations fixes d'ATMO Nouvelle-Aquitaine à proximité de la zone d'étude 68
Figure 20. Evolution des concentrations moyennes annuelles en NO_2 entre 2019 et 2022 69
Figure 21. Evolution des concentrations moyennes annuelles en PM_{10} entre 2019 et 2022 70
Figure 22. Evolution des concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ entre 2019 et 2022 71
Figure 23. Dépassement de l'objectif de qualité et de la recommandation OMS en O_3 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine) 72
Figure 24. Evolution des concentrations moyennes annuelles en SO_2 entre 2019 et 2022 73
Figure 25. Concentrations moyennes annuelles en benzène en 2022 74
Figure 26. Localisation des sites de mesures avec des tubes passifs (source : EVADIES) 76
Figure 27. Concentrations NO_2 en µg/m^3 pendant la campagne de mesure (source : EVADIES) 81
Figure 28 : Répartition des concentrations moyennes de NO2 sur les transects (et courbes de tendance) durant les mesures réalisées par EVADIES (en µg/m3) 82
Figure 29. Méthodologie de calcul des émissions 85
Figure 30. Emissions annuelles pour les scénarios étudiés en polluants (échelle logarithmique) 88
Figure 31. Rose des vents mesurées à la station de Bordeaux-Mérignac pour l'année 2023 93
Figure 32. Schéma descriptif de la phase de calage 95

Figure 33. Comparaison des valeurs modélisées et mesurées en NO_2 aux points lors de la campagne de mesure 97
Figure 34. Maillage 99
Figure 35. Niveaux de concentration simulés pour deux polluants caractéristiques, en fonction de la distance aux voies (centre des voies en 0) 100
Figure 36. Concentrations moyennes annuelles en NO_2 pour l'état initial 103
Figure 37. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2027 sans réalisation du projet 104
Figure 38. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2027 avec réalisation du projet 105
Figure 39. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2047 sans réalisation du projet 106
Figure 40. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2047 avec réalisation du projet 107
Figure 41. Impact du projet en NO_2 pour la situation 2027 108
Figure 42. Impact du projet en NO_2 pour la situation 2047 109
Figure 43. Ecart des concentrations mesurées par rapport à 2013 pour la région Nouvelle-Aquitaine (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine) 115
Figure 44. Distribution du nombre de mailles par classes d'IPP obtenue à partir des concentrations en NO_2 119
Figure 45. Distribution du nombre de mailles par classes de concentrations en NO_2 120
Figure 46. Evolution de l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude entre 2023 et 2027 sans réalisation du projet 122
Figure 47. Evolution de l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude entre 2027 et 2047 sans réalisation du projet 123
Figure 48. Evolution de l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude entre 2027 et 2047 avec réalisation du projet 124
Figure 49. Impact du projet sur l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude en 2027 125
Figure 50. Impact du projet sur l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude en 2047 126
Figure 51. Coûts journaliers de la pollution atmosphérique du réseau routier sur la bande d'étude 130
Figure 52. Coûts journaliers des émissions de gaz à effet de serre sur la zone d'étude 131

Tableaux

Tableau 1. Liste des substances retenues dans l'étude d'impact (extrait de la note technique du 22 février 2019) 7
Tableau 2. Contenu de l'étude d'impact en fonction du niveau de l'étude. 30
Tableau 3. Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de la longueur du projet (source : Note technique du 22 février 2019). 31
Tableau 4. Synthèse du contenu de l'étude selon la note technique du 22 février 2019. 33
Tableau 5. Synthèse du contenu de l'étude selon la note technique du 22 février 2019. 34
Tableau 6. Normes applicables aux véhicules à moteur essence ou au gaz liquéfié (mg/km) 47
Tableau 7. Normes applicables aux véhicules à moteur Diesel (mg/km) 47
Tableau 8. Liste des systèmes-cibles susceptibles d'être atteints et substances associées 49
Tableau 9. Nombre de personnes habitant sur la zone d'étude par tranche d'âge (source : INSEE, année 2015) 58
Tableau 10. Nombre de personnes habitant par commune sur la zone d'étude (source : INSEE, année 2015) 58
Tableau 11. Typologie des sols recensée dans la zone d'étude (source : Corine Land Cover 2018) 61
Tableau 12. Sites BASOL recensés sur la zone d'étude 62
Tableau 13. Installations classées pour la protection de l'environnement (source : IREP) proche de la zone d'étude 65
Tableau 14. Typologie des stations présentes dans l'environnement de la zone d'étude 67
Tableau 15. Concentrations moyennes annuelles en NO_2 (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : ATMO Nouvelle-Aquitaine) 69
Tableau 16. Concentrations moyennes annuelles en PM_{10} (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine) 70
Tableau 17. Concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine) 71
Tableau 18. Concentrations moyennes annuelles en SO_2 (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine) 73
Tableau 19 : Roses des vents et des pluies enregistrées durant les mesures 77
Tableau 20. Concentration moyenne en NO_2 par campagne (source : EVADIES) 79
Tableau 21. Synthèse du nombre de véhicules par kilomètre parcouru sur les axes routiers de la zone d'étude 86
Tableau 22. Emissions annuelles pour les scénarios étudiés en polluants 87
Tableau 23. Emissions annuelles directes pour les scénarios étudiés de gaz à effet de serre 89
Tableau 24. Consommation de carburant 90
Tableau 25. Phénomènes pris en compte dans la modélisation 92
Tableau 26. Synthèse de la pollution de fond intégrée aux modélisations. 97
Tableau 27. Seuils de qualité de l'air issus de l'article R221-1 du Code de l'Environnement 111
Tableau 28. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air (mise à jour 2021) 112
Tableau 29. Synthèse du respect des seuils de qualité de l'air pour chaque polluant 113
Tableau 30. Estimation du nombre d'habitants par classes de concentrations 120
Tableau 31. Calcul de l'Indice Pollution Population (IPP) global pour les situations étudiées à partir des concentrations en NO_2 127
Tableau 32. Valeurs de la pollution atmosphérique 2015 en €/100 véh.km, selon le type de zone d'occupation humaine 128
Tableau 33. Monétarisation des coûts collectifs (en €/jour) relatifs à la pollution atmosphérique induite par le projet 129

Tableau 34. Valeurs de la pollution atmosphérique 2015 en €/100 véh.km, selon le type de zone d'occupation humaine 131

1 PRESENTATION : CONTEXTE, OBJET ET CADRE REGLEMENTAIRE

1.1 Présentation du projet

SYSTRA a sollicité la société NUMTECH pour réaliser l'étude air et santé de l'étude d'impact du projet de création d'une ligne de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) de Gradignan (Figure 3). Le projet traversera les villes de Bordeaux, Talence, Gradignan et Villenave d'Ornon situées sur le territoire de Bordeaux Métropole. Elles sont marquées par des secteurs denses en habitations et emplois, notamment dans :

- Le quartier hospitalier de Pellegrin à Bordeaux ;
- Le quartier mixte de la Médoquine à Talence ;
- Le secteur universitaire de Talence ;
- Le secteur mixte de Thouars à Talence ;
- Le quartier d'habitation de Malartic.

Les objectifs du projet Bus Express Pellegrin – Thouars – Malartic sont les suivants :

- Améliorer les conditions de déplacements des voyageurs, en apportant une solution de transports en commun structurante à l'échelle du territoire ;
- Renforcer l'attractivité et accompagner le développement d'un territoire en mutation, grâce à une desserte plus efficace ;
- Garantir une meilleure qualité de vie et accompagner le développement des modes actifs.

Quatre séquences distinctes ont été identifiées, en suivant le parcours du Bus Express, en partant du centre de Bordeaux pour rejoindre progressivement, en passant par Talence, le quartier Malartic en extra-rocade à Gradignan en terminus au Sud et Villenave d'Ornon en terminus au Sud-Est :

- Séquence 1 : la ville équipée

La première séquence du tracé débute aux portes du centre de Bordeaux sur le boulevard Georges Pompidou et s'étire jusqu'à l'avenue Jean Jaurès, en traversant la place Raba-Léon, les rues Canolle, Bourdelle, Béchade et Tauzin.

La physionomie est très urbaine. Le tracé emprunte de larges boulevards dans des zones urbaines denses, bordés de grands équipements hospitaliers (CHU Pellegrin, centre hospitalier Charles Perrens…), territoire vaste et aux fonctionnalités complexes et contraignantes, et longe des fronts bâtis continus.

- Séquence 2 : la ville productive

La seconde séquence démarre sur l'avenue de la Mission Haut-Brion et se poursuit au-delà des voies ferrées et du futur pôle de la halte de Talence-Médoquine, après franchissement des voies ferrées, par la rue Diderot (ou Dubernat) et l'avenue de la Vieille Tour, où l'espace public est très contraint du fait des profils allant de 10 à 13m. Les domaines viticoles sont très présents sur cette séquence et ponctuent le paysage.

Elle marque un espace de transition entre faubourgs de Bordeaux, domaines et paysages viticoles qui l'encadre sur sa partie Sud. D'une physionomie différente aux tissus traversés précédemment, cette séquence est caractérisée par une dissymétrie entre les ouvertures sur le paysage de vignobles côté Ouest et le front bâti coté Est.

- Séquence 3 : la ville paysagée

Cette troisième séquence diffère des premières avec une structuration toujours urbaine, mais une présence végétale plus prégnante. Cette séquence démarre au sud de l'avenue de la Vieille Tour, traverse le pôle universitaire et va jusqu'à l'avenue de Thouars au niveau du Stade Nautique Henri Deschamps de Talence, où la qualité des aménagements paysagers actuels est remarquable.

Sur l'ensemble des axes traversés, on retrouve cette situation singulière portée par un parcours sur la jonction entre deux tissus ; le tracé longe l'université, en frange du campus et du centre-ville de Talence.

À l'Ouest, l'université et les établissements scolaires avec leurs architectures singulières et imposantes, sont installés sur de larges parcelles végétalisées. À l'Est, on observe des tissus pavillonnaires et d'habitats collectifs où la végétation est toujours très présente.

Les axes sont majoritairement généreux. Cette séquence est très paysagée, ponctuée de plantations sur l'espace public ou des espaces végétalisés privés perceptibles depuis l'espace public.

- Séquence 4 : la ville dilatée

Cette séquence est séparée en deux branches pour le projet. Elle s'étend depuis l'avenue Thouars au niveau du stade nautique jusqu'au terminus à Malartic sur la branche Sud, et la branche Est pour la section jusqu'au sud de l'avenue Proudhon.

Il s'agit d'une portion du tracé très paysagée, notamment le long du Château de Thouars se prolongeant ensuite vers le sud où l'environnement urbain est assez diffus, avec un tissu discontinu constitué d'immeubles non mitoyens ou de maisons individuelles. La qualité des espaces publics est assez perfectible, et on note une forte prédominance des aménagements dédiés à la circulation automobile après la portion de Thouars.

Les tissus traversés sont très variés ; à l'Ouest, les équipements aquatiques (stade nautique en rénovation actuellement), accompagnent le château de Thouars et ses bois. Y font face côté Est, des poches d'habitats collectifs de grande envergure et des tissus industriels et commerciaux signalent la présence de l'autoroute et de ses franges.

Les axes empruntés sont de ce fait très variés tant dans leur organisation que pour la largeur d'espace public.

La Figure 3 présente le tracé du BHNS et les 4 séquences décrites précédemment.

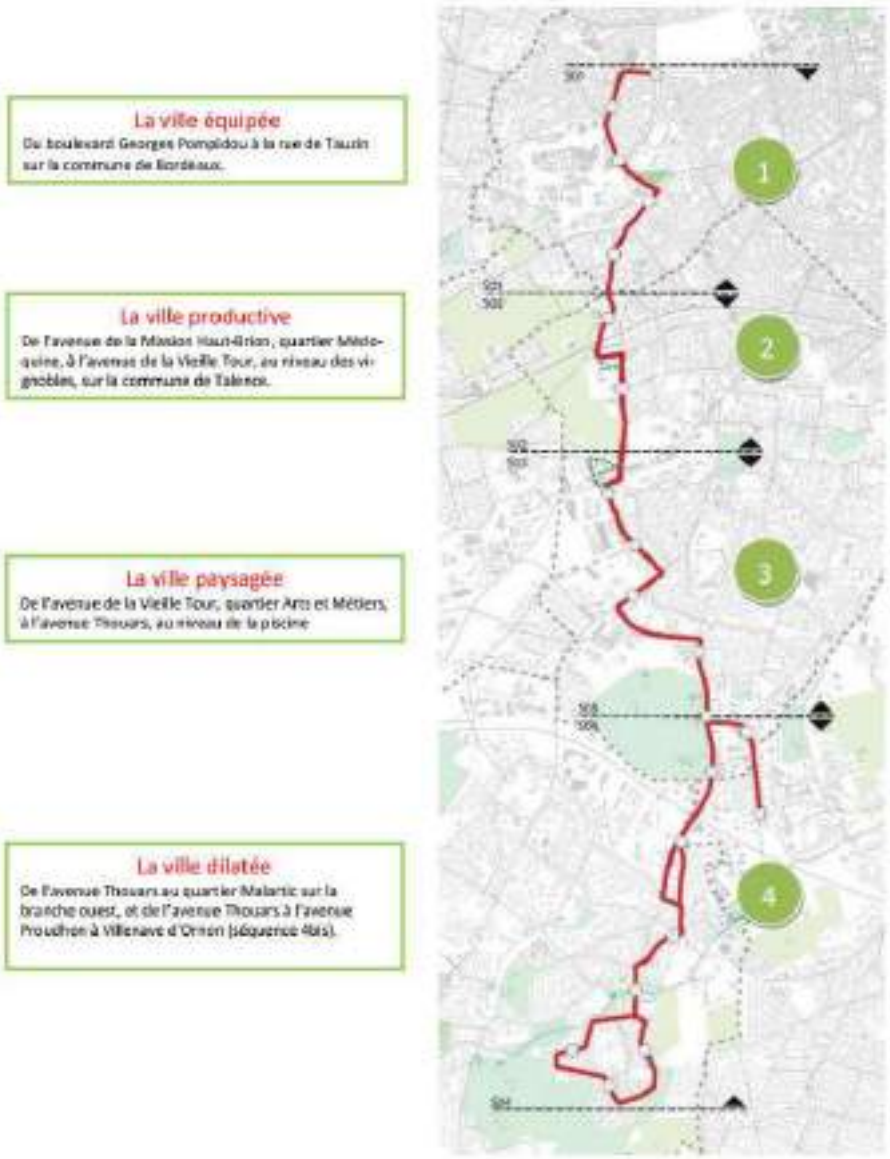


Figure 3. Tracé du BHNS

1.2 Objet de l'étude

L'objectif de l'étude air et santé que réalise NUMTECH dans le cadre de cette étude d'impact, est de fournir au Client les éléments nécessaires à la bonne définition des enjeux et des contraintes de la zone d'étude et à l'insertion optimale dudit projet dans son environnement.

Il s'agit donc de recenser, localiser et hiérarchiser précisément les différentes caractéristiques de l'environnement liées à la qualité de l'air, de repérer les éventuels impacts sur la santé humaine, de préciser les principaux enjeux identifiés et de proposer des mesures de luttes contre la pollution de proximité.

Ce sont les objectifs de l'étude « Air et Santé » qui a été réalisée. Le projet, en modifiant la voirie et les trafics, est en effet soumis à l'article 19 de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (loi LAURE n°96/1236 du 30 décembre 1996) qui impose aux Maîtres d'Ouvrage « des études particulières sur la pollution atmosphérique, la santé et le coût social, dès lors qu'un projet d'aménagement ou d'occupation des sols présente des impacts pour l'environnement ».

Le contenu et la méthodologie d'une étude « Air et Santé » sont notamment définis par la Directive 1999/30/CE du 22 avril 1999 et son annexe VIII, le décret n°2008-1152 du 7 novembre 2008, le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air, l'article R. 122-15 du Code de l'environnement concernant les infrastructures de transports terrestres ainsi que par la note méthodologique du 22 février 2019 « Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières ». Ces études sont réalisées en 2 phases :

- analyse de l'état initial de la qualité de l'air : recensement, localisation et hiérarchisation des différentes caractéristiques relatives à la qualité de l'air sur la zone et identification des principaux enjeux ;
- analyse des incidences du projet sur la qualité de l'air et la santé.

Les horizons d'études considérés correspondent :

- à l'état initial en 2023 ;
- à l'horizon futur 2027 (année de mise en service) avec et sans aménagement ;
- à l'horizon futur 2047 (année de mise en service + 20 ans) avec et sans aménagement.

Le présent document constitue le rapport complet de ces études. Il intègre ainsi à la fois l'analyse de l'état initial et celle des incidences du projet. Il décrit en particulier :

- le contexte, objet et cadre réglementaire de référence ;
- les généralités concernant la pollution atmosphérique automobile et ses effets ;
- la caractérisation du domaine et de la bande d'étude ;
- la modélisation de la dispersion atmosphérique réalisée ;
- l'exploitation de ces résultats et les recommandations qui en découlent.

1.3 Cadre réglementaire

- Réglementation internationale et européenne

La réduction de la pollution atmosphérique repose sur des réglementations concernant à la fois des sources fixes (installations industrielles, incinérateurs, etc.) et des sources mobiles (transports). Au niveau mondial, 38 pays ayant signé le protocole de Kyoto se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre.

Dans les pays de l'Union Européenne, la commission européenne vise à imposer des seuils d'émission aux instances membres. En mai 2001, la commission européenne a lancé le programme "Air pur pour l'Europe", également appelé CAFE (Clean Air For Europe), qui fixe des normes communautaires de qualité de l'air et des plafonds d'émissions nationaux plus stricts à chaque État membre de l'U.E. Les deux priorités de ce programme sont l'ozone troposphérique et les particules ultrafines.

Par ailleurs, le programme AUTO-OIL vise à rendre moins polluantes les voitures et l'essence tout en incitant les européens à modifier leur comportement (pots catalytiques obligatoires sur les moteurs, élaboration de carburants moins polluants, construction de voitures électriques, …).

Chaque directive énoncée par l'UE doit ensuite être déclinée d'un point de vue national. C'est ainsi qu'à échéance 2010, la France, pour se conformer à la directive européenne « National Emissions Ceilings » devait par exemple réduire de 50% ses émissions en SO_2 et NO_2, de 40% ses émissions en composés organiques volatils (COV) et stabiliser ses émissions d'ammoniac (NH_3). Cet engagement a été respecté, sauf pour le NO_2 où le seuil de tolérance fixé par la directive a été dépassé. De nouveaux engagements nationaux ont été définis, applicables à partir de 2020 et 2030, et portant sur 6 principaux polluants (SO_2, NO_x, COV, NH_3, particules fines et méthane).

La suite de ce paragraphe liste, dans l'ordre chronologique, les principaux textes réglementaires relatifs à la limitation de la pollution atmosphérique, notamment dans le cadre des transports routiers.

- Loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature

Cette loi et notamment l'article 2 vise au respect des préoccupations environnementales lors de travaux et de projets d'aménagement. Elle fixe également le contenu de l'étude d'impact « […] qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait, l'étude de ses effets sur la santé et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé ; en outre, pour les infrastructures de transport, l'étude d'impact comprend une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ainsi qu'une évaluation des consommations énergétiques […] », et les conditions selon lesquelles elle sera rendue publique.

- Décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 relatif aux études d'impact

Ce texte met en application l'article 2 de la loi n°76-629 relative à la protection de la nature. Il fixe les conditions imposant la réalisation de l'étude d'impact et le cadre réglementaire de cette étude.

- Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

La nécessité de renforcer la surveillance et la prévention de la qualité de l'air a conduit le Parlement français à adopter, le 30 décembre 1996, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), actuellement intégrée au Code de l'Environnement. Cette loi impose des objectifs et des obligations en matière de surveillance de l'air ainsi que la mise en œuvre d'outils de planification en vue de mieux lutter contre la pollution atmosphérique :

- Plan régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) ;
- Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) ;
- Plan de Déplacement Urbain (PDU).

Ces plans tentent d'exposer et de mieux comprendre les composants de la pollution atmosphérique afin d'y remédier suivant des objectifs propres par des propositions et des décisions. De plus, le Plan Climat de la France, via la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, présenté en 2017 par le Gouvernement, devrait permettre à la France de remplir son engagement au titre du protocole de Kyoto.

L'article 19 de la LAURE impose aux maîtres d'ouvrage des études particulières sur la pollution atmosphérique, la santé et le coût social, dès lors qu'un projet d'aménagement ou d'occupation des sols présente des impacts significatifs pour l'environnement.

- Circulaire n°98-36 MATE/DNP du 17 février 1998 sur l'application de l'article 19 de la loi sur l'air

L'article 19 de la LAURE impose à tous les projets nécessitant une étude d'impact d'effectuer une « étude des effets du projet sur la santé ». Les objectifs déclinés dans cette circulaire sont les suivants :

- étudier les thèmes pertinents (air, bruit, eau, sol,) ;
- apprécier les effets cumulatifs ;
- identifier les populations exposées ;
- prendre en compte les phases chantier et exploitation.

- Circulaire n°2000-61 MES/DGS du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impact

L'article 19 de la LAURE prévoie que le contenu de l'étude d'impact comprenne l'étude des effets sur la santé et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé.

Suite à cette réglementation, la DGS a confié à l'InVS la réalisation d'un guide méthodologique : guide pour l'analyse du Volet sanitaire des études d'impact qui indique une méthode de travail en quatre étapes :

- l'identification des dangers ;
- la définition des relations dose-réponse ou dose-effet ;
- l'évaluation de l'exposition des populations ;
- la caractérisation des risques.

Cette circulaire relate la transmission de ce guide réalisé par l'InVS.

- Décret du 1er août 2003

Ce décret modifie le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, en introduisant :

- la nécessité d'une évaluation des effets du projet sur la santé ;
- une procédure de concertation en cas d'impacts transfrontaliers.

- L'instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport du 25 mars 2004

Elle pose les bases d'une méthodologie prenant en compte les nuisances dues à la pollution atmosphérique pour l'estimation des coûts. Elle fixe les valeurs unitaires relatives pour les coûts de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre, sur la base du rapport « Transports : choix des investissements et des coûts des nuisances », établi par le groupe présidé par M. Boiteux en 2001.

- Décret n°2010-336 du 31 mars 2010 portant création des agences régionales de santé

Depuis mars 2010, les Agences Régionales de Santé (ARS), anciennement DDASS, ont été créées afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système. Elles garantissent une approche plus cohérente et plus efficace des politiques de santé menées sur un territoire et permettent une plus grande fluidité du parcours de soin, pour répondre aux besoins des patients.

- Article R 221-1 du Code de l'Environnement, modifié par le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 – art. 1

Cet article découle de plusieurs décrets successifs, et fixe les seuils d'alerte et les valeurs limites à ne pas dépasser pour chaque polluant surveillé par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Les seuils ont été définis à partir des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et d'études épidémiologiques. Ils concernent le dioxyde d'azote, les oxydes d'azote, l'ozone, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$), le benzène, le plomb, l'arsenic, le cadmium, le nickel et le benzo(a)pyrène.

- Arrêté interministériel du 7 avril 2016 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant

Cet article abroge l'arrêté du 26 mars 2014 et précise le déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant. Ainsi, en cas de dépassement prévu du seuil d'alerte d'un polluant, ou en cas d'épisode persistant de pollution aux particules PM_{10}, le représentant de l'Etat dans le département peut imposer la mise en œuvre de mesures afin de réduire les émissions des polluants concernés ou leurs précurseurs. Pour le secteur des transports routiers, les mesures réglementaires sont les suivants :

- Abaisser de 20 km/h les vitesses maximales autorisées sur les voiries localisées dans les zones concernées, sans descendre en dessous de 70 km/h ;

- Limiter le trafic routier des poids lourds en transit dans certains secteurs géographiques, voire les en détourner en les réorientant vers des itinéraires de substitution lorsqu'ils existent, en évitant toutefois un allongement significatif du temps de parcours ;
- Restreindre la circulation des véhicules en fonction de leur numéro d'immatriculation ou des véhicules les plus polluants (hormis véhicules d'intérêt général).

- Note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières (Guide méthodologique).

Cette note technique abroge la circulaire interministérielle (DGS, DR, DEEEE, DPPR) du 25 février 2005 et son annexe, laquelle est remplacée par le guide méthodologique sur le volet « Air et santé » des études d'impact routières. La présente étude est donc réalisée conformément aux recommandations cette note technique du 22 février 2019.

1.4 Niveau et contenu de l'étude

1.4.1 NIVEAU DE L'ETUDE

Le contenu de l'étude d'impact est dicté par le niveau de l'étude (Tableau 2), lui-même défini en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et par le nombre de personnes concernées par le projet (Tableau 3). Ainsi, quatre niveaux d'études sont distingués.

Tableau 2. Contenu de l'étude d'impact en fonction du niveau de l'étude.

Etudes de niveau I
Le contenu des études est le suivant : ▪ Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ; ▪ Qualification de l'état initial par des mesures in situ ; ▪ Estimation des concentrations dans la bande d'étude et, selon la nature du projet, dans l'ensemble du domaine en zone urbanisée ; ▪ Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution-population, croisant émissions de NO_2 ou concentrations simplifiées et population) ; ▪ Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages / inconvénients induits pour la collectivité ; ▪ Évaluation quantitative des risques sanitaires sur la zone d'étude l'ERS par inhalation et sur la bande d'étude du projet retenu pour l'ERS par ingestion.
Etudes de niveau II
Les études de type II requièrent une analyse simplifiée des effets sur la santé avec utilisation de l'IPP. Les polluants à prendre en considération sont définis dans le Tableau 1, page 7. Le contenu des études est le suivant : ▪ Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ; ▪ Qualification de l'état initial par des mesures in situ ; ▪ Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ; ▪ Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution-population, croisant émissions de NO_2 ou concentrations simplifiées et population) ; ▪ Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages / inconvénients induits pour la collectivité.
Etudes de niveau III et IV
Les études de type III et IV requièrent une simple information des effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Les polluants à prendre en considération sont définis dans le Tableau 1, page 7. Le contenu des études est le suivant : ▪ Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude (niveau III et IV) ; ▪ Réalisation éventuelle de mesures in situ pour la qualification de l'état initial (niveau III) ; ▪ Rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé (niveau III et IV).

Tableau 3. Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de la longueur du projet (source : Note technique du 22 février 2019).

Trafic à l'horizon d'étude le plus lointain (selon tronçons homogènes de plus de 1 km) / Densité hbts/km² dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hbts/km²	I	I	II	II si L projet ou III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hbts/km²	I	II	II	II si L projet ou > 25 kms ou III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité ≤ 2 000 hbts/km²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet < 50km
G IV Pas de bâti	III	III	IV	IV

Les facteurs suivants peuvent conduire à corriger le niveau d'étude :

- si des sites vulnérables (crèches, hôpitaux, écoles ...) se situent sur la bande d'étude, une étude de niveau II est remontée au niveau I seulement pour les lieux vulnérables ;
- dans le cas d'un projet avec des différences marquées de milieu (contexte urbain et interurbain), l'absence totale de population sur certains tronçons (supérieur à 1km) autorise l'application d'un niveau moindre sur ces sections du projet ;
- si la population dans la bande d'étude est supérieure à 100 000 habitants, une étude de niveau II est remontée au niveau I et une étude de niveau III est remontée au niveau II.
- si le domaine d'étude est situé dans une région où un plan de protection de l'atmosphère (PPA) est approuvé ou doit être réalisé.

Dans le cadre de cette étude, les trafics estimés pour les situations futures sur les axes routiers de la zone d'étude sont tous inférieurs à 25 000 véh/jour inférieurs à l'exception :

- de l'A630 qui présentent des trafics moyens journaliers annuels supérieurs à 50 000 véh/jour mais qui n'est pas concerné directement par le projet,
- deux axes routiers présentant des trafics de l'ordre de 27 000 véh/jour mais sur lesquels ne circuleront pas le BHNS (avenue Pierre Proudhon et Boulevard Antoine Gautier) et qui voient leur trafic légèrement diminuer suite à la réalisation du projet.

La densité de population est par endroit supérieure à 10 000 habitants par km².

Sur ces seuls critères et conformément aux recommandations de la note technique de février 2019, une étude de niveau I doit être réalisée.

On peut noter également la présence de sites vulnérables le long de la future ligne du BHNS. Dans ce cas, la note technique de février 2019 stipule que l'étude doit impérativement être remontée au niveau I au droit des sites vulnérables (correspondant aux sites accueillant des personnes

vulnérables : établissements accueillant des enfants, et des personnes âgées, hôpitaux). De plus, la zone d'étude est couverte par un PPA.

La note technique de 2019 précise toutefois que « Pour respecter le principe de proportionnalité des études d'impact, le contenu du volet « air et santé » de ces études est à adapter en fonction de la nature et de l'importance des aménagements sur place projetés de leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine et de la sensibilité environnementale et/ou sanitaire de la zone susceptible d'être affectée par le projet. ».

Au vu de la nature du projet, le projet aura pour effet de diminuer globalement les trafics routiers sur la zone d'étude et donc d'améliorer globalement la qualité de l'air. Nous avons donc réalisé une **étude de niveau II.**

1.4.2 CONTENU DE L'ETUDE

Le contenu du volet « Air et santé » des études d'impact de la solution retenue dépend du niveau d'étude. Le tableau suivant présente une synthèse du contenu de l'étude sur la base des recommandations données par la note du 22 février 2019 pour les études de **niveau II**.

Tableau 4. Synthèse du contenu de l'étude selon la note technique du 22 février 2019.

Contenu d'étude	Description
Analyse bibliographique	A adapter en fonction des enjeux
Campagne de mesures in situ pour la qualification de l'état initial pour qualifier la qualité de l'air sur la bande d'étude du réseau d'étude	Intégration des résultats de la campagne de mesures réalisée par Evadies sur site et des valeurs mesurées aux stations permanentes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
Etat initial	Recensement des sites vulnérables et description bibliographique de la qualité des sols & de la qualité de l'air (source de pollution, climatologie, description de la qualité de l'air et des sols via des mesures et bibliographie)
Estimation des émissions de polluants étudiés dans la bande d'étude du réseau d'étude	Méthodologie **COPERT V** et l'évolution du parc automobile français (base IFFSTAR) pour le calcul des émissions sur tout le réseau pour les polluants visés par les études de niveau II
Quantification des concentrations atmosphériques dans la zone d'étude via une étude de la dispersion atmosphérique et analyse	Mise en œuvre du modèle **ADMS Urban version 5** pour l'estimation des concentrations sur la zone d'étude pour les polluants visés par les études de niveau II
Evaluation de l'exposition des populations à la pollution de l'air résidant à l'aide de l'Indice Pollution Population (IPP)	Application de la méthode préconisée par la note technique du 22 février 2019 pour le calcul de l'IPP (croisement des concentrations modélisées en NO_2 et les données de population) et comparaison des scénarios étudiés
Analyse bibliographique portant sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé pour les polluants d'origine routière	Consultation et synthèse des principales bases de données comme l'US-EPA, l'OMS, l'Ineris, l'INRS, …
Analyse des coûts collectifs et des avantages induits	Calculs réalisés à partir des émissions et consommations énergétiques calculées par nos soins et suivant la méthodologie recommandée dans la note technique du 22.02.2019
Autres impacts du projet sur l'air et vis-à-vis de l'environnement	Calcul des émissions de gaz à effet serre (GES) et consommation énergétique et synthèse bibliographique de l'impact de la pollution de l'air sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments
Evaluation de l'impact du projet en phase chantier	A adapter en fonction de l'importance et de la durée du chantier et à réaliser conformément aux préconisations de la note technique du 22.02.2019
Propositions de mesures d'évitement et de réduction des impacts si nécessaire	Propositions de mesures permettant d'améliorer la qualité de l'air au droit des infrastructures routières adaptées aux enjeux du projet

1.5 Zone d'étude et réseau routier

Le projet étudié est la création d'une ligne de bus à haut niveau de service de Gradignan (Figure 3).

Conformément à la note méthodologique précisant les modalités d'application de la Loi sur l'air en matière d'infrastructures routières, la problématique « pollution atmosphérique » doit être appréhendée à 2 niveaux d'échelles : à l'échelle de la zone d'étude et de la bande d'étude.

D'après la note technique du 22 février 2019, la bande d'étude est définie autour de chaque voie retenue, et sa largeur est adaptée en fonction des trafics.

Pour la pollution particulaire (métaux lourds, poussières ...), la largeur de la bande d'étude est prise égale à au moins 200 m centrée sur l'axe de la voie, quel que soit le trafic.

Pour la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude centrée sur l'axe de la voie est définie suivant le Tableau 5 et dépend du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) à l'horizon le plus lointain.

Tableau 5. Synthèse du contenu de l'étude selon la note technique du 22 février 2019.

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Largeur minimale de la bande d'étude (en mètres), centrée sur l'axe de la voie
TMJA > 50 000	600
25 000 <TMJA ≤ 50 000	400
10 000 <TMJA ≤ 25 000	300
TMJA ≤ 10 000	200

Les trafics moyens journaliers annuels relevés pour les scénarios étudiés sont inférieurs à 50 000 véhicules par jour à l'exception de l'A630. La bande d'étude correspond à **une bande de 200 m de part et d'autre de la future ligne du BHNS et des** axes routiers subissant des variations significatives de trafics suite à la réalisation du projet (± 10 % de trafic pour les axes routiers de plus de 5 000 véh/jour et ± 500 véh/jour pour les autres), aussi bien pour les polluants gazeux que particulaires.

Cette bande forme ainsi la zone d'étude. Les axes routiers pour lesquels des données de trafic sont disponibles ont été retenus. Cette zone d'étude et les axes routiers retenus (un peu plus de 650 axes) sont présentés sur les Figure 1 et Figure 2.

Les communes concernées par le projet sont :

- Gradignan,
- Talence,
- Bordeaux,
- Villenave d'Ornon,
- Pessac.

1.6 Références

Le bilan de la qualité de l'air de la situation actuelle sur la zone d'étude s'est appuyé sur différents documents ou organismes.

L'association de surveillance de la qualité de l'air Atmo Nouvelle-Aquitaine a ainsi été consultée. Leur surveillance s'effectue au moyen du réseau fixe de stations automatiques, d'analyseurs de l'air extérieur et d'outils de modélisation et de suivi des émissions.

De plus, les plans régionaux et locaux de la qualité de l'air disponibles, ainsi que le plan de protection de l'atmosphère de la zone d'étude ont été consultés.

- Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET)

Le Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) Nouvelle-Aquitaine a été adopté par le Conseil régional le 16 décembre 2019 et a été approuvé par arrêté de la préfète de région le 27 mars 2020.

Ce document fixe les objectifs à moyen et long terme sur la région Nouvelle-Aquitaine, et s'oriente selon 11 thématiques :

- équilibre et égalité des territoires,
- implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional,
- désenclavement des territoires ruraux,
- habitat,
- gestion économe de l'espace,
- intermodalité et développement des transports,
- maîtrise et valorisation de l'énergie
- lutte contre le changement climatique
- pollution de l'air
- protection et restauration de la biodiversité,
- prévention et gestion des déchets.

Le SRADDET est composé d'un rapport d'objectifs (80 objectifs opérationnels), d'un fascicule de règles avec un tome de règles générales (41 règles) et de plusieurs annexes (état des lieux du territoire, annexe biodiversité et atlas cartographique, PRPGD, évaluation environnementale).

Le SRADDET vient se substituer à compter de son approbation aux schémas préexistants suivants : schéma régional climat air énergie (SRCAE), schéma régional de l'intermodalité, plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD), schéma régional de cohérence écologique (SRCE), Schéma Régional des Infrastructures de Transport (SRIT) et Schéma Régional de l'Intermodalité (SRI).

Les SCoT (à défaut PLU(i), cartes communales ou les documents en tenant lieu), ainsi que les PDU, PCAET et chartes de PNR doivent :

- prendre en compte les objectifs du SRADDET,
- être compatibles avec les règles du SRADDET.

- Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)

La loi relative à la Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV) du 17 août 2015 prescrit à tous les EPCI de plus de 20 000 habitants l'obligation de réaliser un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET).

Il a pour objectifs, à l'échelle locale, de maîtriser et réduire la consommation d'énergie, limiter les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, de développer les énergies renouvelables, et de s'adapter aux conséquences du dérèglement climatique.

Le PCAET de la métropole de Bordeaux est actuellement en cours de réalisation (cf Figure 4)

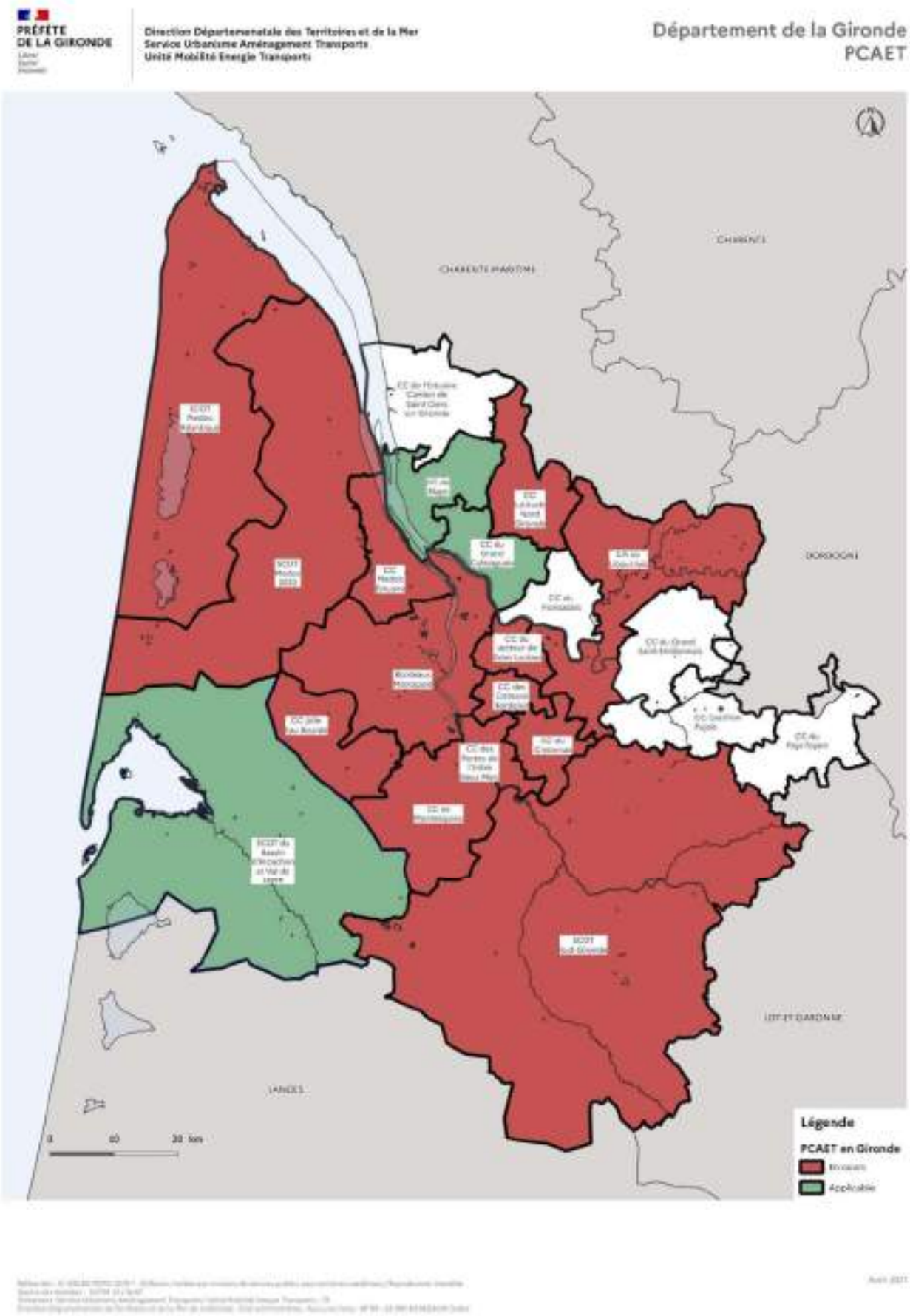


Figure 4. Cartographie des PCAET de la Gironde avec leur état d'avancement

- Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT)

Le Schéma de COhérence Territoriale est un document qui fixe pour dix ans les orientations générales de l'organisation d'un territoire intercommunal.

Elaboré dans un périmètre regroupant des communes ayant des intérêts communs, il établit un diagnostic territorial. Il présente un Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) et définit un cadre de référence et des objectifs en matière :

- d'habitat (évolution du nombre de logements, diversification de l'offre, logement social...),
- d'urbanisme (développement des centres communaux, zones denses…),
- de développement économique et d'équipements commerciaux (localisation des zones d'activités, développement de certains types d'activités : logistique, tertiaire…),
- de déplacements de personnes et des marchandises (transports collectifs, projets routiers, transport des matières dangereuses, prise en compte des livraisons…),
- de protection des paysages et de l'environnement, et
- de prévention des risques (inondations, technologiques et naturels).

Il en assure la cohérence, tout comme il assure la cohérence des documents sectoriels intercommunaux (PLH, PDU), et des plans locaux d'urbanisme (PLU) ou des cartes communales établis au niveau communal.

- Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Le PLU est un outil de planification mais est aussi un document d'urbanisme réglementaire de droit commun qui régit notamment les possibilités de constructions et d'usages des sols.
Il est élaboré puis il peut évoluer dans le cadre de procédures encadrées par le code de l'urbanisme

Après avoir porté un POS intercommunal dès 1984, la Communauté urbaine de Bordeaux s'est dotée d'un premier PLU approuvé en 2006. Ce document a été élaboré pour répondre aux obligations de la loi Solidarité et Renouvellement Urbains à savoir des politiques urbaines plus cohérentes, l'organisation des déplacements intégrée à la réflexion urbaine, la mise en œuvre d'une ville plus solidaire.

Souhaitant favoriser une meilleure intégration des politiques publiques de l'urbanisme, des transports et de l'habitat, la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement dite loi Grenelle II vise à intégrer dans un même document d'urbanisme les anciens Plan Local d'Urbanisme, Programme Local de l'Habitat et Plan de Déplacements Urbains.

La révision du PLU et sa transformation en PLU 3.1 a été officiellement engagée par le conseil de communauté le 24 septembre 2010.

Document stratégique et opérationnel, le PLU 3.1 définit, au-delà du seul droit des sols, le projet global de la Métropole dans un souci de développement durable.

Ainsi, englobe-t-il dans une même vision, l'habitat, les transports, l'environnement et le traitement des espaces publics, mais aussi, la préservation des paysages comme l'aménagement des secteurs à renouveler ou à protéger.

Au total, tous les volets de l'urbanisme sont passés au crible pour dessiner et organiser un nouveau cadre de vie

Le dossier de PLU contient :

- Le rapport de présentation : diagnostic et choix retenus pour établir le projet d'aménagement et de développement durable.
- Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable : définition des orientations d'urbanisme et d'aménagement retenues par la commune.
- Les orientations d'aménagement et de programmation dite territoriales comprennent des dispositions qui définissent des principes d'aménagement permettant d'orienter le développement de certains quartiers ou secteurs.
- Le programme d'orientations et d'actions est une pièce nouvelle créée par la loi ALUR qui comprend toute mesure ou tout élément d'information nécessaire à la mise en œuvre de la politique de l'habitat ou des transports et des déplacements définis par le plan local d'urbanisme tenant lieu de programme local de l'habitat ou de plan de déplacements urbains.
- Le règlement du PLU ;
- Les documents graphiques de délimitation et localisation des zones.
- Les annexes concernant les servitudes d'utilité publique, les emplacements réservés…

- Plan de protection de l'atmosphère (PPA)

La qualité de l'air constitue un enjeu majeur pour la santé et l'environnement sur le territoire français et sur le territoire de l'agglomération bordelaise. Sur le territoire de l'agglomération bordelaise, l'État met en place depuis 2007 un plan de protection de l'atmosphère (PPA), obligatoire notamment pour toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants.

Les PPA sont pilotés par les services de l'État, en étroite collaboration avec l'ensemble des acteurs concernés sur le territoire (collectivités, associations, acteurs économiques, etc.). Ils prévoient diverses mesures réglementaires ou volontaires visant à diminuer les émissions de polluants atmosphériques dans plusieurs secteurs d'activités, tels que le transport routier, le chauffage des bâtiments, l'industrie ou l'agriculture.

Le troisième PPA, après ceux de 2007 et de 2012, est en cours d'élaboration. Il traduira la stratégie portée par l'État et les acteurs du territoire jusqu'à l'horizon 2030. Le territoire d'étude du nouveau plan s'étend sur 108 communes réparties autour de Bordeaux.

- Zone à faibles émissions (ZFE)

Depuis la loi d'orientation des mobilités (LOM -du 24 décembre 2019), les agglomérations qui dépassent régulièrement les normes de qualité de l'air peuvent instaurer des zones à faibles émissions (ZFE) pour protéger la santé des habitants là où la pollution de l'air est importante.

A Bordeaux Métropole, une ZFE verra le jour d'ici 2025.

2 POLLUTION ATMOSPHERIQUE D'ORIGINE AUTOMOBILE

2.1 Rappels généraux

2.1.1 POLLUANTS EMIS PAR LE TRAFICS ROUTIER

Les inventaires nationaux d'émissions, coordonnés par le CITEPA[1], montrent le poids important du trafic routier dans les rejets de polluants atmosphériques. Ces inventaires permettent de connaître la contribution des différents secteurs d'activité aux rejets nationaux. La Figure 5 illustre, à l'échelle nationale, la part des divers secteurs d'activité dans les émissions de NO_x.

La pollution chimique atmosphérique est un phénomène complexe lié à la diversité des polluants et à leur transformation dans l'atmosphère, notamment sous l'effet de réactions chimiques.

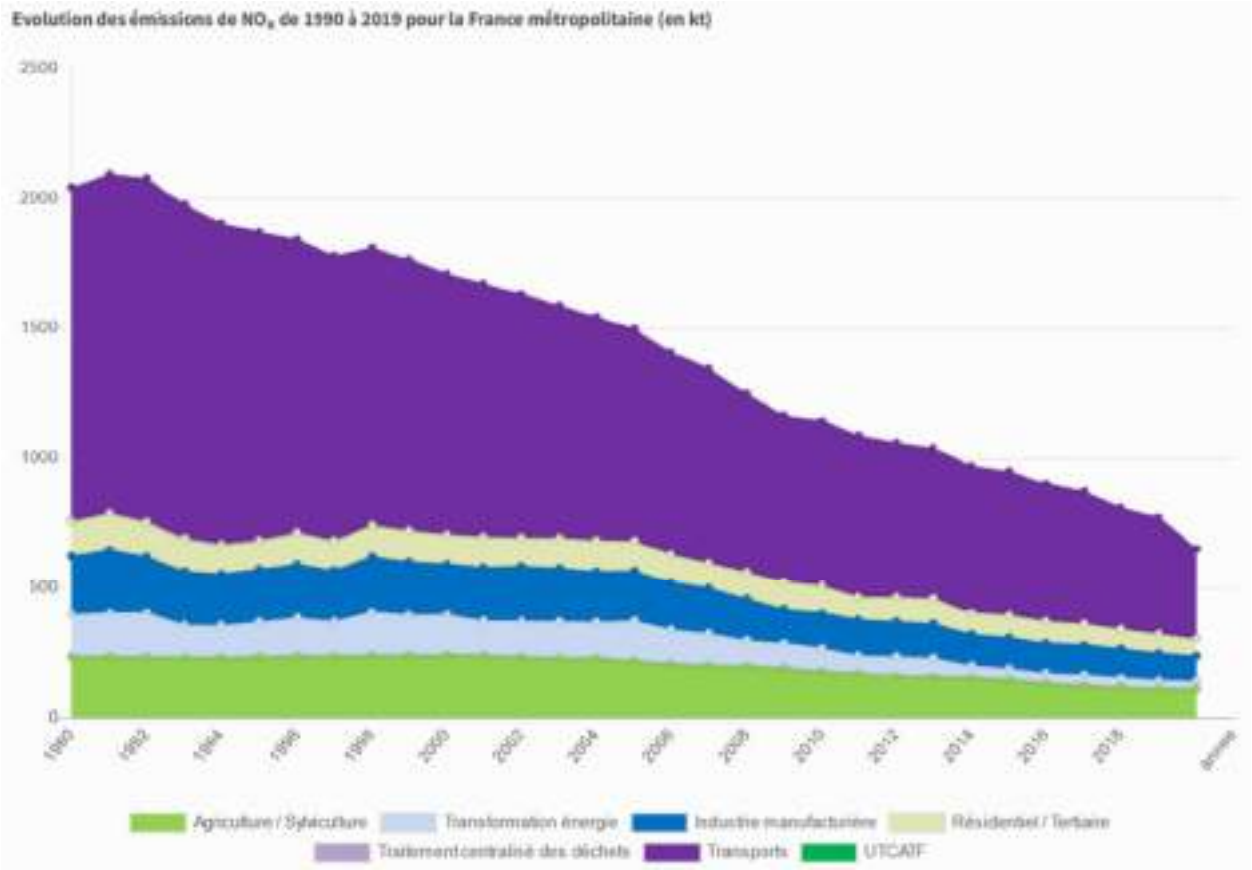
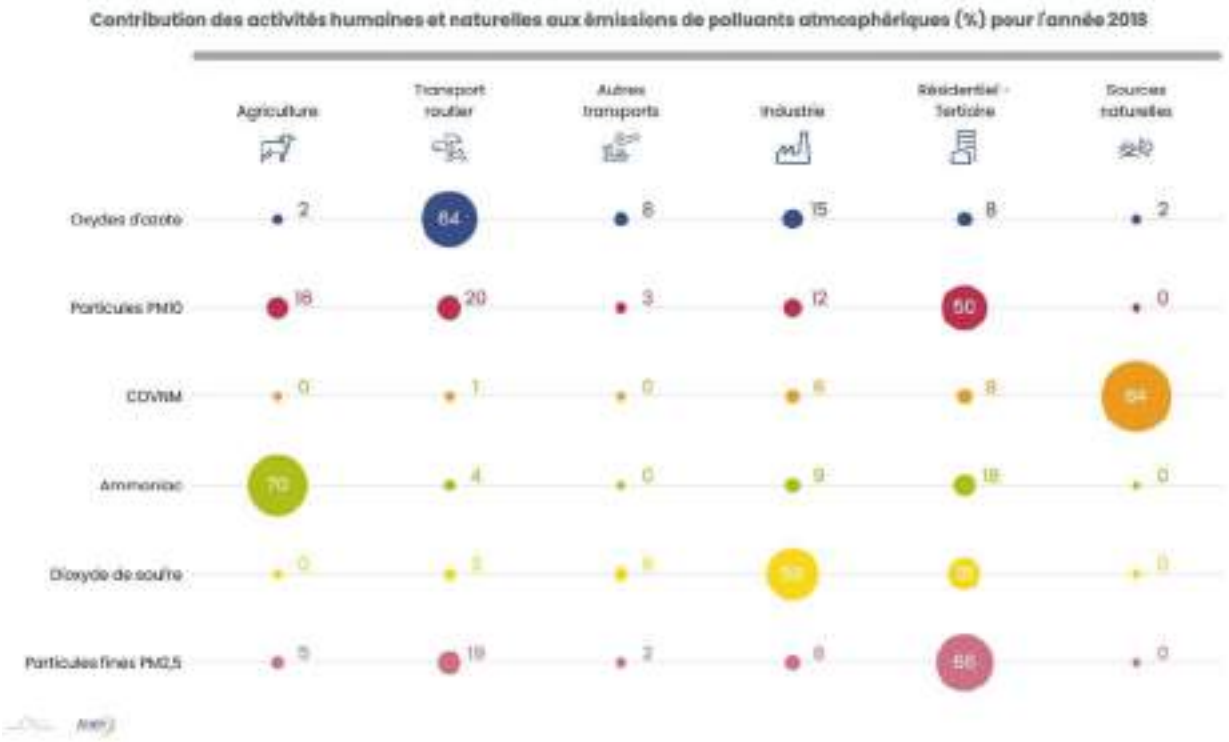


Figure 5. Contribution des différents secteurs d'activités dans les émissions de NO_x en France (Source CITEPA / Format SECTEN)

[1] Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

Dans le département de la Gironde, ATMO Nouvelle-Aquitaine indique qu'en 2018 (dernières valeurs en date à ce jour), les transports sont les premiers émetteurs d'oxydes d'azote (NO_x) et le second en particules fines PM_{10} et $PM_{2.5}$ (Figure 6).

Figure 6. Répartition des émissions de polluants par secteur d'activité pour l'année 2018, dans le département de la Gironde[2]



Les polluants provenant des transports routiers peuvent être rangés en deux catégories :

- les **polluants primaires** qui sont émis directement à l'échappement. On peut citer principalement :
  - le monoxyde de carbone (CO), engendré par une combustion rapide et incomplète des carburants ;
  - les COVNM (composés organiques volatils non méthaniques) dont les hydrocarbures (HC) et le benzène (C_6H_6) provenant d'une combustion incomplète du carburant et de l'huile ;
  - le plomb (Pb), résultat de la combustion des additifs au plomb présents dans les essences plombées, interdites à la vente en France depuis le 1er janvier 2000 ;
  - les oxydes d'azote (NO_x) résultant de l'association de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air à haute température ;
  - les composés soufrés (SO_x), principalement émis par les véhicules diesel ;
  - les poussières (PM) provenant en grande majorité des véhicules diesel ;
  - le dioxyde de carbone (CO_2) qui est un gaz à effet de serre.

[2] Source : https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/dataviz/emissions

- Les **polluants secondaires** qui sont issus de réactions chimiques et photochimiques à partir des composés primaires :
  - l'ozone (O_3) provenant de la transformation des NO_x et des COVNM sous l'action des ultra-violets ;
  - l'acide sulfurique (H_2SO_4), formé à partir des SO_x en phase aqueuse (nuages, pluies) ;
  - l'acide nitrique (HNO_3) provenant des NO_x en phase aqueuse (nuages, pluies).

La pollution atmosphérique peut être appréhendée à différentes échelles spatiales :

- **à l'échelle locale ou l'échelle urbaine**. Ceci concerne essentiellement les polluants primaires provenant des sources d'émission locales : industrie, transport, chauffage urbain. Les impacts sont également locaux et affectent en premier lieu la santé des populations situées à proximité des sources, à court terme, mais également à plus long terme pour certaines pathologies. La pollution de proximité peut procurer une gêne olfactive importante et participer à des dégradations du patrimoine bâti ;
- **à l'échelle régionale**. Ceci concerne des zones situées à plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres des sources d'émissions des polluants. Il s'agit de polluants secondaires tels que l'ozone ou de phénomènes tels que les pluies acides. À cette échelle, un impact sur les populations peut être observé même si ce type de pollution n'est pas centré sur les agglomérations ;
- **à l'échelle planétaire**. Les pollutions planétaires affectent l'ensemble des équilibres planétaires, mais présentent de fortes hétérogénéités zonales. Elles se manifestent sur des pas de temps longs (pluri-annuel, décennal, séculaire ...). C'est le cas de l'effet de serre ou encore de la diminution de la couche d'ozone stratosphérique.

Dans le cadre des études d'impact et conformément aux recommandations de la note technique du 22 février 2019, seules les problématiques des échelles locales et urbaines sont étudiées.

2.1.2 DISPERSION ET TRANSPORT DES POLLUANTS

Les substances émises par le trafic routier sont très nombreuses et forment, à proximité des routes, un cocktail de polluants dans l'air. Elles sont transportées à des distances variables par les mouvements des masses d'air et les nuages. Au cours de leur transport, les polluants interagissent avec les substances constitutives de l'atmosphère.

La dispersion des polluants agit directement sur la qualité de l'air : si la dispersion est bonne, les concentrations peuvent rester faibles malgré des rejets importants. Deux paramètres influencent principalement la qualité de la dispersion : les **paramètres météorologiques** et les **paramètres topographiques**.

2.1.3 PARAMETRES METEOROLOGIQUES

La dispersion des polluants émis dépend de phénomènes se produisant dans les basses couches de l'atmosphère. La couche la plus basse de l'atmosphère est appelée la troposphère (10 à 12 km d'épaisseur). La **Couche Limite Atmosphérique** (CLA) ou « couche de mélange » est la zone la plus basse de la troposphère qui est influencée par la surface terrestre. Les phénomènes de dispersion se produisent à l'intérieur de cette couche. Selon la stabilité de cette couche (turbulence, conditions météorologiques), les polluants auront plus ou moins de facilité à se disperser. Ainsi, différents facteurs tels que la pression atmosphérique, le vent, la température, l'humidité, etc. influent sur la dispersion des polluants :

- La pression atmosphérique

Les situations dépressionnaires (basses pressions) correspondent généralement à une forte turbulence de l'air facilitant la dispersion à l'inverse des conditions anticycloniques. La pression joue essentiellement un rôle sur la pollution de grande échelle (régionale).

- Le vent

Le vent intervient tant par sa direction pour influencer l'orientation du panache de polluants que par sa vitesse pour favoriser ou non la dilution. Ainsi, la dispersion des polluants augmente avec la turbulence et la vitesse du vent.

- La température et le rayonnement

Ces deux paramètres interviennent lors des réactions chimiques ayant lieu dans la CLA. Plus la température est basse moins le gaz est volatil tandis que plus le rayonnement est élevé plus les réactions photochimiques sont favorisées.

- Le gradient thermique de la température verticale de l'air

Il permet de statuer quant à la stabilité de l'air. D'une manière générale, pour une masse d'air dont l'humidité est dite « normale » la décroissance thermique est voisine de 0,65 °C / 100 m. Ce paramètre est déterminant pour la dispersion locale des polluants.

2.1.4 PARAMETRES TOPOGRAPHIQUES

Le relief a une influence directe sur la dispersion des polluants. Le comportement des polluants est différent dans une zone aérée, un canyon, un massif montagneux, ... La dispersion est d'autant plus facilitée dans des zones vastes, sans obstacles. De même, à échelle plus locale, la présence d'obstacles (bâtiments, murs, écrans acoustiques, etc.) peut jouer un rôle important.

2.1.5 EVOLUTION DES REJETS

Le trafic routier a un impact sur la qualité de l'air et la santé humaine, notamment dans les zones urbaines où la circulation automobile est particulièrement dense. D'après le CITEPA, les substances pour lesquelles le secteur du transport contribue à plus de 5% aux émissions totales en France métropolitaine en 2018 sont les suivantes :

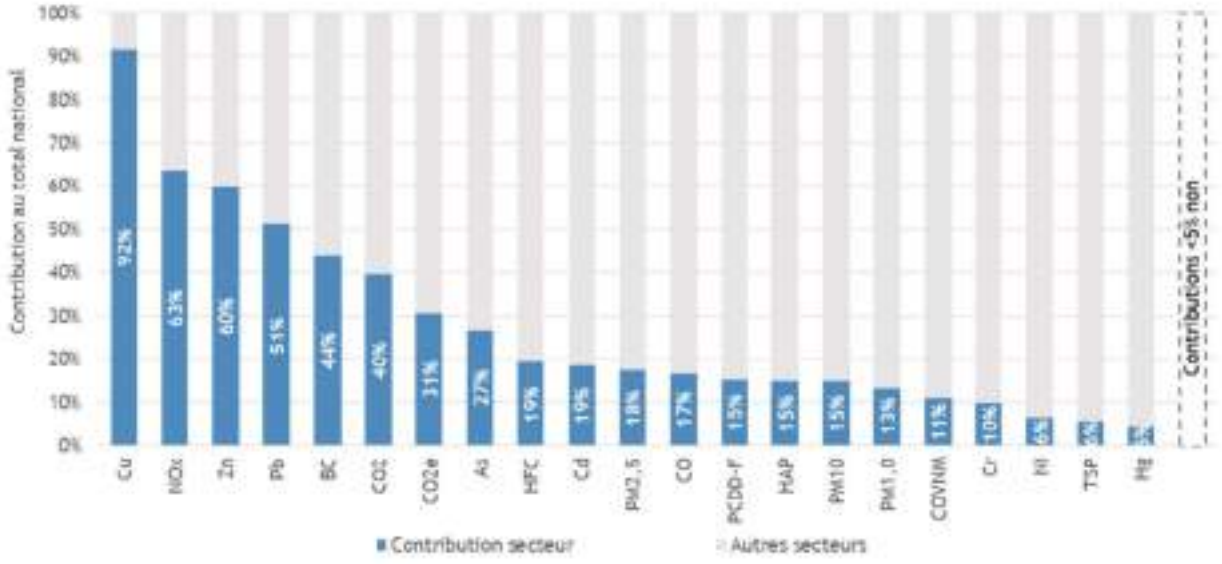


Figure 7. Substances pour lesquels le secteur des transports contribue pour au moins 5% aux émissions en 2018 (Source : CITEPA / FORMAT SECTEN, 2020).

Le parc roulant français a connu une très forte croissance entre 1960 et 1980 (+7,7% en moyenne annuelle). A partir de 1980, l'évolution du parc est plus modérée : +2,7% et +1,3% en moyenne annuelle respectivement sur les périodes de 1980 – 1990 et 1990 – 2008. Depuis 2008, l'évolution est inférieure à 1,3 % (en moyenne de 0,7% entre 2008 et 2019).

Les évolutions des émissions de polluants tels que le CO, les NO_x, les COVNM ou le plomb n'ont pas connu la même progression que celle du parc roulant (Figure 8). Cela est dû à l'évolution de la structure du parc (diésélisation du parc VP), aux progrès technologiques (introduction du pot catalytique à partir de 1993 et 1997 respectivement pour les véhicules essence et diesel, mise en place de filtres à particules sur les véhicules diesel neufs, mise en place des contrôles techniques depuis 1995) et au durcissement des normes environnementales européennes (Figure 9).

Globalement, les émissions du transport routier en France ont diminué au cours de ces dernières années, à l'exception notamment de certains métaux. Les émissions de ces métaux, qui ne sont pas réglementées à l'échappement, augmentent pour la route. Les émissions de particules fines ($PM_{2.5}$) ont, en 2000, retrouvé le niveau de 1990. Par ailleurs, la diminution des émissions des polluants surveillés n'écarte pas les dangers de nouveaux polluants mal connus qui peuvent être nocifs à très faible dose : l'emploi d'oxyde de méthyle et de tertiobutyle (MTBE) comme substitut du plomb dans l'essence a suscité de nombreux débats.

Les émissions de CO_2 n'étant soumises à aucune réglementation, l'association des constructeurs européens d'automobiles a signé un accord volontaire pour la réduction des émissions moyennes de CO_2 des véhicules neufs à l'horizon 2015.

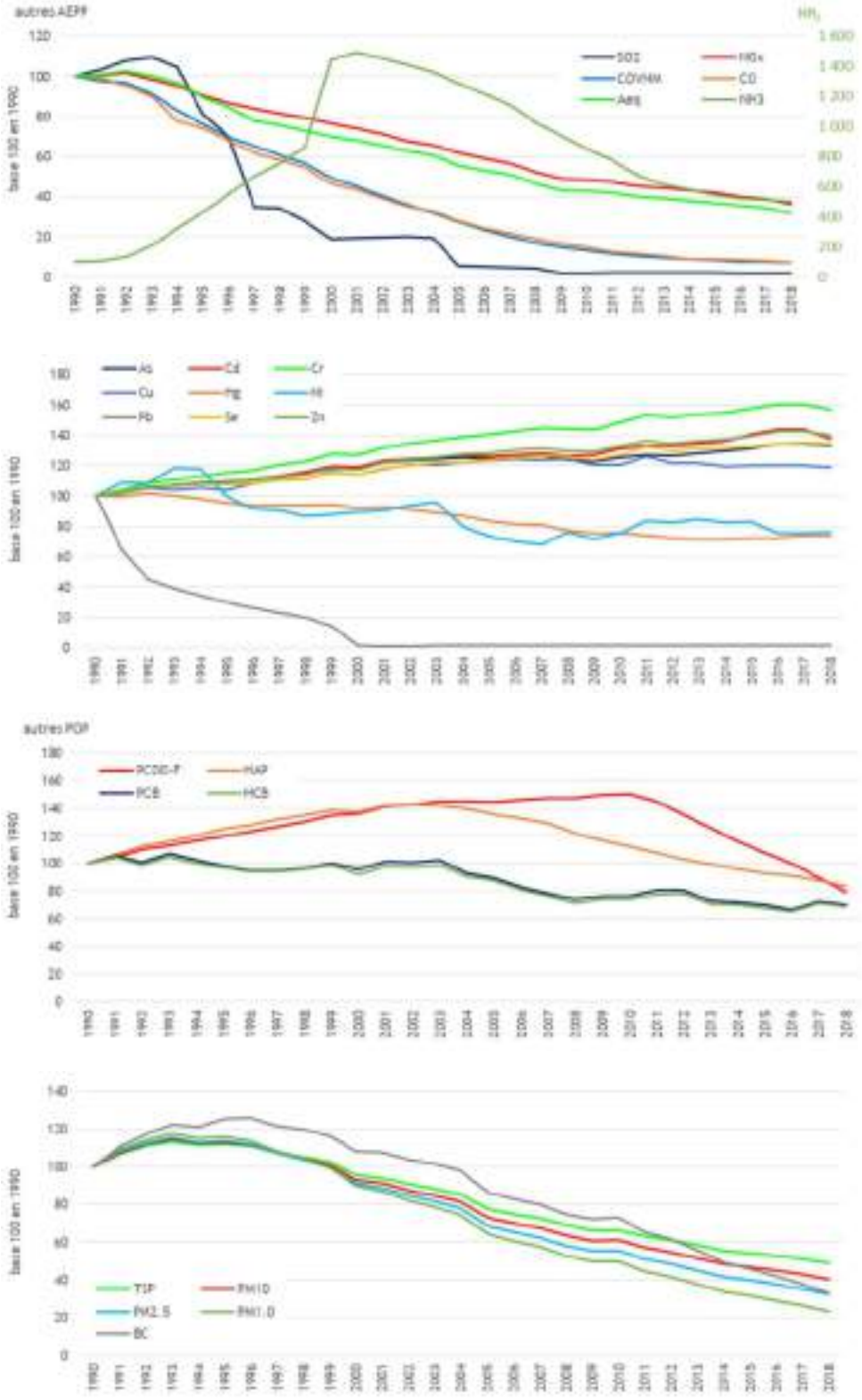


Figure 8. Evolution relative des émissions du secteur des transports en polluants en France métropolitaine par rapport aux émissions de l'année 1990 (base 100 en 1990) (source : CITEPA, 2020).

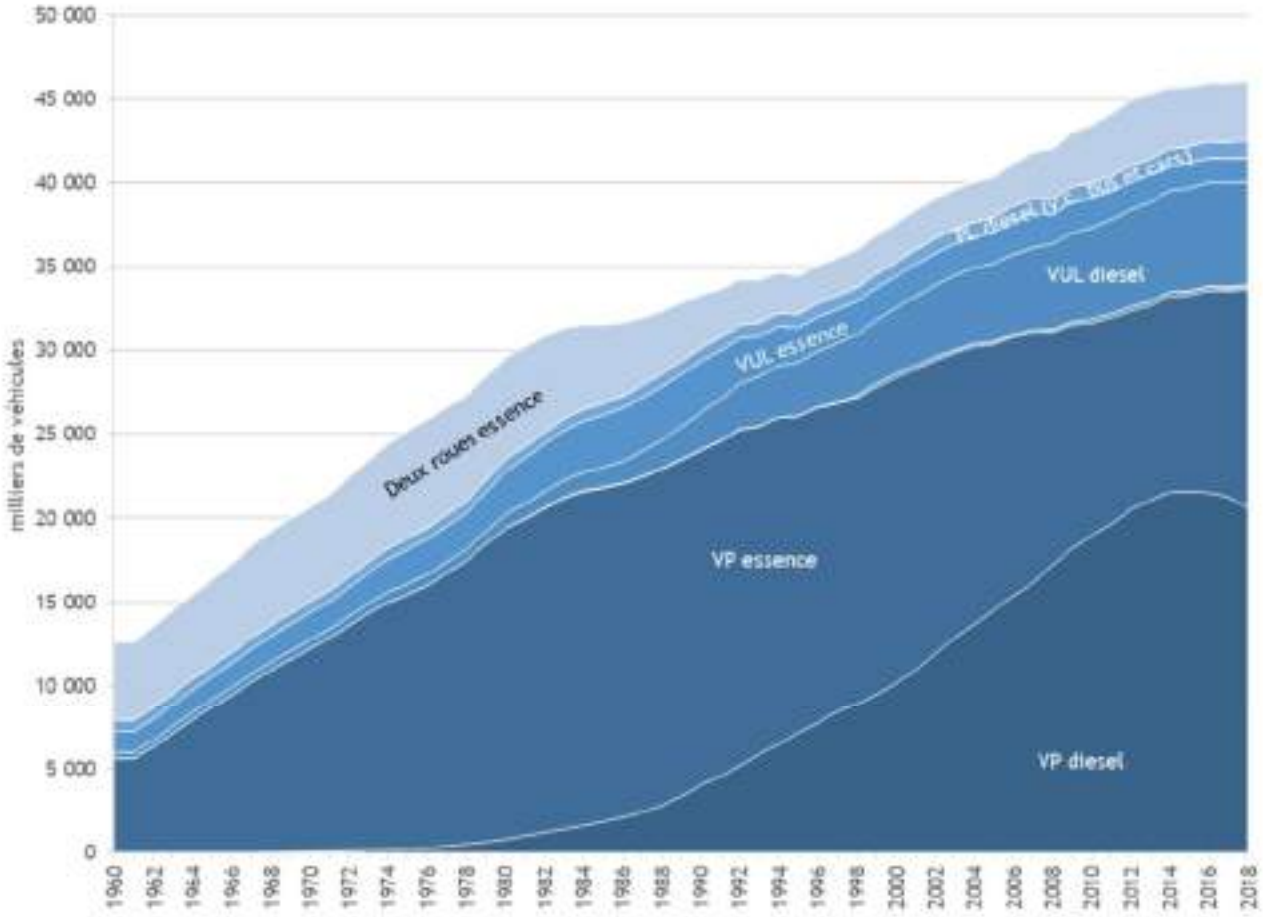


Figure 9. Evolution du parc roulant Français depuis 1960 (source : CITEPA, 2020)

2.1.6 EVOLUTION DES NORMES DES GAZ D'ECHAPPEMENT ET DES CARBURANTS

Les normes européennes sur les émissions des véhicules neufs (qui ne concernent pas le CO_2) ont permis de réduire efficacement les émissions de certains polluants locaux. Les normes d'émission « Euro » fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants. Il s'agit d'un ensemble de normes de plus en plus strictes s'appliquant aux véhicules (Tableau 6 et Tableau 7).

Tableau 6. Normes applicables aux véhicules à moteur essence ou au gaz liquéfié (mg/km)

Norme	Mise en service des véhicules	NO_x	CO	Hydrocarbures (HC)	Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	Particules (PM)
Euro 1	1er janvier 1993	-	2 720	-	-	-
Euro 2 (voitures)	1er janvier 1997	-	2 200	-	-	-
Euro 2 (Véhicules utilitaires légers)	1er octobre 1997	-	2 200	-	-	-
Euro 3	1er janvier 2001	150	2 200	200	-	-
Euro 4	1er janvier 2006	80	1 000	100	-	-
Euro 5	1er janvier 2013	60	1 000	100	68	5*
Euro 6b	1er septembre 2015	60	1 000	100	68	5*
Euro 6c	1er septembre 2018	60	1 000	100	68	4,5
Euro 6d-TEMP8	1er septembre 2019	60	1 000	100	68	4,5
Euro 6d9	1er janvier 2021	60	1 000	100	68	4,5

** Uniquement pour les voitures à essence à injection directe fonctionnant en mélange pauvre (combustion stratifiée).*

Tableau 7. Normes applicables aux véhicules à moteur Diesel (mg/km)

Norme	Mise en service des véhicules	NO_x	CO	Hydrocarbures (HC)	Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	Particules (PM)
Euro 1	1er octobre 1993	-	2 720	-	-	140
Euro 2	1er octobre 1996	-	1 000	-	-	80
Euro 3	1er octobre 2001	500	640	-	-	50
Euro 4	1er octobre 2006	250	500	-	-	25
Euro 5	1er octobre 2009	180	500	-	-	4,5
Euro 6b	1er septembre 2015	80	500	-	-	4,5
Euro 6c	1er septembre 2018	80	500	-	-	4,5
Euro 6d-TEMP	1er septembre 2019	80	500	-	-	4,5
Euro 6d	1er janvier 2021	80	500	-	-	4,5

La norme Euro 6 a permis de réduire, de façon significative, les plafonds des émissions polluantes des poids lourds par rapport à la norme Euro 3. Ainsi, les limites fixées pour les oxydes d'azote ont été diminuées de 60% et celles fixées pour les particules de 85% entre 2001 et 2009.

Par rapport à la norme Euro 5, la norme Euro 6 a imposé une réduction supplémentaire des valeurs limites de 80% pour les oxydes d'azote, de 50% pour les particules et de plus de 70% pour les hydrocarbures.

Par ailleurs, des normes sur les carburants ont été mises en place, elles concernent essentiellement le plomb, le soufre et les composés aromatiques :

- abaissement des teneurs en soufre du gazole ;
- suppression progressive du plomb comme antidétonant dans les carburants ;
- diminution de taux de benzène dans l'essence (inférieur à 1% depuis 2000).

Ces normes ont provoqué la disparition des émissions de plomb en 2000 et la baisse des émissions de SO_2.

Les normes européennes sur les carburants et les véhicules visent la réduction des risques sanitaires provoqués par les transports. Les études épidémiologiques attestent des effets sanitaires à long terme des particules fines qui sont responsables de cancers et de maladies cardio-vasculaires. Dans une logique de prévention, la réduction des $PM_{2,5}$ est un objectif prioritaire du plan national santé environnement.

2.2 Effets sur la santé

Les véhicules sont à l'origine de l'émission de matières polluantes dans l'atmosphère qui peuvent s'avérer nocives pour la santé humaine, soit par exposition directe (par inhalation de ces polluants atmosphériques), soit par exposition indirecte (par ingestion, par exemple de légumes contaminés par les polluants atmosphériques, ou par contact cutané). Ces polluants, qu'ils soient gazeux ou particulaires, sont souvent présents dans le milieu naturel. Les effets de ces polluants sur la santé des populations exposées vont dépendre notamment de leurs concentrations dans l'air ambiant et de la durée d'exposition.

Cette partie a pour objectif de présenter les principaux effets sur la santé humaine associés aux substances retenues dans le cadre de cette étude.

Les principales bases de données consultées sont les suivantes :

- « L'United-States Environmental Protection Agency » (US-EPA) ;
- l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ;
- « L'International Program on Chemical Safety » (IPCS) ;
- Santé Canada (« Health Canada ») ;
- l'institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris) ;
- l'institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) ;
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB).

La consultation de ces bases a permis de répertorier les dangers associés aux substances ou familles de substances inventoriées (certaines substances sont regroupées par famille). Le Tableau 8 présente les principaux systèmes cibles (par exemple : système respiratoire, système digestif, système cardio-vasculaire…) et les substances associées à ces systèmes, selon la voie d'exposition. Les toxicités aiguë (quelques heures à quelques jours) et chronique (plusieurs mois à plusieurs années) sont distinguées. Ce tableau liste les principaux effets répertoriés dans la littérature scientifique, sans être exhaustif. Il permet également de pointer le fait que chaque système est la cible de plusieurs substances étudiées. Elles peuvent interagir pour potentialiser, neutraliser ou diminuer les effets néfastes de substances considérées individuellement.

Tableau 8. Liste des systèmes-cibles susceptibles d'être atteints et substances associées

Substances	As	Benzène C_6H_6	BaP	NO_2	SO_2	CO	Ni	Poussières
Respiratoire	AR CR	-	-	AR CR	AR CR	-	AR CR	AR CR
Oculaire	-	-	-	-	CR	-	-	-
Hématologique et immunitaire	AO CO	CR CO	CO	-	-	-	-	-
Cardio-vasculaire	CR CO	-	-	-	-	-	-	AR
Nerveux	AO CR CO	AR CR CO	-	-	-	AR CR	AR	-
Digestif	AO CO	-	CO	-	-	-	AR AO	-
Musculo-squeletique	-	-	-	-	-	-	-	-
Urinaire	-	-	CO	-	-	-	-	-
Cutané	AO CR CO	-	-	-	-	-	-	-
Reproductif et développemental	-	-	-	-	-	-	CR CO	-

Type d'exposition aux substances : AR : Aigu respiratoire / AO : Aigu oral / CR : Chronique respiratoire / CO : Chronique oral

2.3 Effet sur l'environnement, la faune et la flore

- Dioxyde d'azote

Le NO_2 intervient dans la formation de l'ozone dans la basse atmosphère (polluant secondaire dont les effets sont décrits plus bas). Il contribue également au phénomène des pluies acides ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

Même si les dépôts d'azote possèdent un certain pouvoir nutritif, à long terme, ces apports peuvent créer un déséquilibre nutritif dans le sol qui se répercute par la suite sur les végétaux.

- Ozone

L'O_3 (ozone) est un polluant issu de réactions complexes faisant intervenir les oxydes d'azote (NO_x) et les Composés Organiques Volatiles (COV) sous l'action du rayonnement solaire. C'est donc un polluant secondaire, par opposition au NO_2 et aux COV qui sont des précurseurs. L'ozone n'est donc pas émis directement par les transports, mais ses derniers contribuent à sa formation, généralement loin des sources et en périphérie des agglomérations.

Etant donné son origine, l'ozone est présent surtout en été et pendant les heures les plus ensoleillées de la journée. De fortes concentrations d'ozone sont observées jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres des points d'émissions des polluants primaires et ceci sur des zones très vastes, fréquemment à l'échelle d'un département. A contrario, sur les centres villes la formation d'ozone n'est pas favorisée : consommation par le monoxyde d'azote (NO) et formation d'acide nitrique. Cette propriété des centres villes à agir comme des "puits d'ozone" fait souvent appeler la pollution photochimique "pollution des champs". Les infrastructures n'émettent pas directement de l'ozone, mais contribuent à sa formation en périphérie des villes en émettant des oxydes d'azote.

Le terme de pollution photochimique ou encore pollution photo-oxydante recouvre un vaste ensemble de substances gazeuses et particulaires (ozone, aldéhydes, PAN : Peroxyde Acétyle Nitrate ...) qui se forme dans l'atmosphère à partir de gaz précurseurs, sous l'action du soleil. L'ozone est utilisé comme traceur de ces polluants.

Il faut bien différencier l'ozone stratosphérique (haute atmosphère) bénéfique, de celui de la troposphère (basse atmosphère) néfaste. Les mesures de pollution concernent l'ozone troposphérique.

L'ozone est un gaz à effet de serre, tout comme le dioxyde de carbone. Il est susceptible de bloquer une partie du rayonnement tellurique et de le renvoyer vers le sol. On estime actuellement que la part relative de l'ozone dans l'effet de serre additionnel pourrait être comprise entre 10 et 20%.

L'ozone altère la photosynthèse et la respiration des végétaux. Il peut donc être responsable de la baisse de la productivité de certaines cultures. L'exposition à ce polluant peut provoquer de nécroses chez les végétaux les plus sensibles comme le tabac.

- Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre est issu de la combustion du charbon ou du fioul (industrie, chauffage, etc.).

Il contribue fortement au phénomène des pluies acide (précipitation dont le pH est inférieur à 5,65) qui détruisent le milieu naturel mais également les matériaux de constructions.

- Composés organiques volatiles

En tant que précurseurs et au même titre que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les COV contribuent au processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère. Les radicaux libres générés par les COV présents dans l'air piègent les radicaux oxygène et créent donc un déséquilibre dans le cycle qui a pour conséquence une augmentation de la quantité d'ozone.

- Métaux lourds

Présents dans les huiles et les carburants, des métaux sont présents dans l'atmosphère sous la forme de fines particules transportées par l'air. Emis sous formes de poussières ou d'aérosols, ces composés de métaux lourds parviennent dans les sols et les eaux de surface dans les environs immédiats de la source ou sont transportés sur de grandes distances.

Les métaux toxiques contaminent les sols et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques. Certains lichens ou mousses sont couramment utilisés pour surveiller les métaux dans l'environnement et servent de "bio-indicateurs".

- Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone participe au mécanisme de production de l'ozone troposphérique. Il contribue également à l'effet de serre en se transformant en dioxyde de carbone.

- Benzène

Comme tous les composés organiques volatils, le benzène joue un rôle important dans les mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Il entre également en jeu dans les processus de l'effet de serre.

- Particules

En se déposant sur les végétaux, les particules peuvent entraver la photosynthèse et ainsi nuire à leur développement.

3 CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL

3.1 Climatologie

Le climat de la Gironde est de type océanique aquitain. Il se caractérise par un faible écart de température entre l'été et l'hiver. Les hivers sont relativement doux et les étés supportables. Les pluies sont modérément fréquentes et plus abondantes en hiver.

- Vent

La Figure 10 représente la rose des vents enregistrée à la station Météo France de Bordeaux-Merignac sur 10 années de 1998 à 2007. Du fait de sa localisation (entre 7 km par rapport au nord de la zone d'étude et 12 km pour le sud), cette station synoptique (mesurant le vent à une fréquence horaire) de Météo France, la plus proche de la zone d'étude, peut être considérée comme représentative des conditions météorologiques observées sur la zone d'étude.

D'après les données observées, les vents dominants proviennent des secteurs ouest, nord-est et sud-est, les vents les plus forts en sont issus. De manière générale la vitesse des vents (toutes directions confondues) va de faible à modéré. On observe un nombre important de vents de faible vitesse, avec 58.9% d'observations comprises entre 1.5 et 4.5 m/s et 15.4% de vents de vitesse inférieure à 1.5 m/s.

METEO FRANCE

ROSE DES VENTS

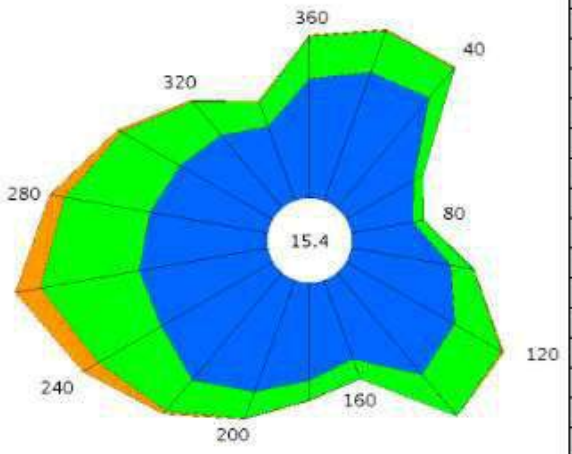
Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Du 01 JANVIER 1998 au 31 DÉCEMBRE 2007

BORDEAUX-MERIGNAC (33)

Indicatif : 33281001, alt : 47 m., lat : 44°49'54"N, lon : 00°41'30"W

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %



Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition
Nombre de cas étudiés : 29175
Manquants : 41

Dir.	[1.5;4.5 [	[4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	4.0	1.3	+	5.4
40	4.2	1.2	+	5.4
60	2.3	0.3	0.0	2.6
80	1.8	0.3	0.0	2.2
100	3.0	0.7	+	3.7
120	3.7	1.6	+	5.4
140	3.9	1.6	+	5.5
160	2.5	0.6	+	3.1
180	2.9	0.6	+	3.5
200	3.5	0.8	+	4.4
220	4.1	1.2	0.1	5.5
240	3.8	2.1	0.5	6.5
260	3.9	3.0	0.8	7.6
280	3.5	2.6	0.5	6.5
300	3.2	2.0	0.1	5.3
320	2.8	1.3	+	4.2
340	2.3	0.8	+	3.1
360	3.5	1.2	+	4.8
Total	58.9	23.3	2.4	84.6
[0;1.5 [				15.4

Groupes de vitesses (m/s)
[1.5;4.5 [[4.5;8.0] > 8.0

Pourcentage par direction
0% 5%

Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Page 1/1

Edité le : 04/02/2008 dans l'état de la base

Figure 10. Rose des vents sur la période 1998 à 2007 à la station de Bordeaux-Merignac (source : Météo France)

- Précipitations

A Bordeaux, on compte 124 jours de précipitations supérieures à 1 mm en moyenne par an. Les précipitations mensuelles varient d'environ 50 mm en juillet jusqu'à 110 mm en octobre. Le cumul annuel moyen des précipitations est d'environ 944 mm.

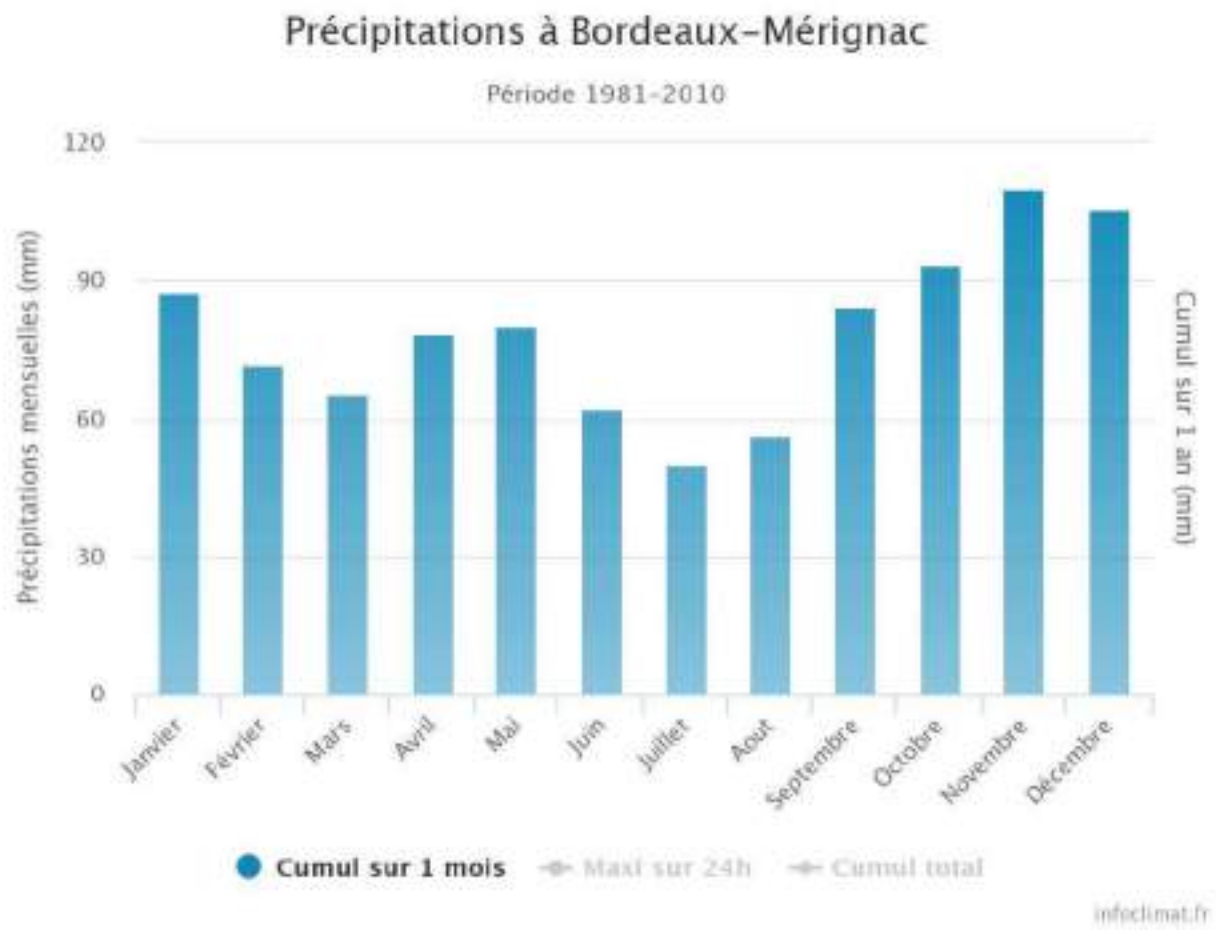


Figure 11. Normales mensuelles des précipitations à la station de Bordeaux-Merignac sur la période 1981 à 2010 (source : INFOCLIMAT)

- Température

Les températures sont en moyenne assez froides en hiver et très chaudes en été sur la région (Figure 11). Décembre et janvier sont les mois les plus froids avec une température moyenne de 7.2 °C et 6.6 °C respectivement. Juillet et août sont les mois les plus chauds avec une température moyenne de 21.3 et 21.4 °C respectivement.

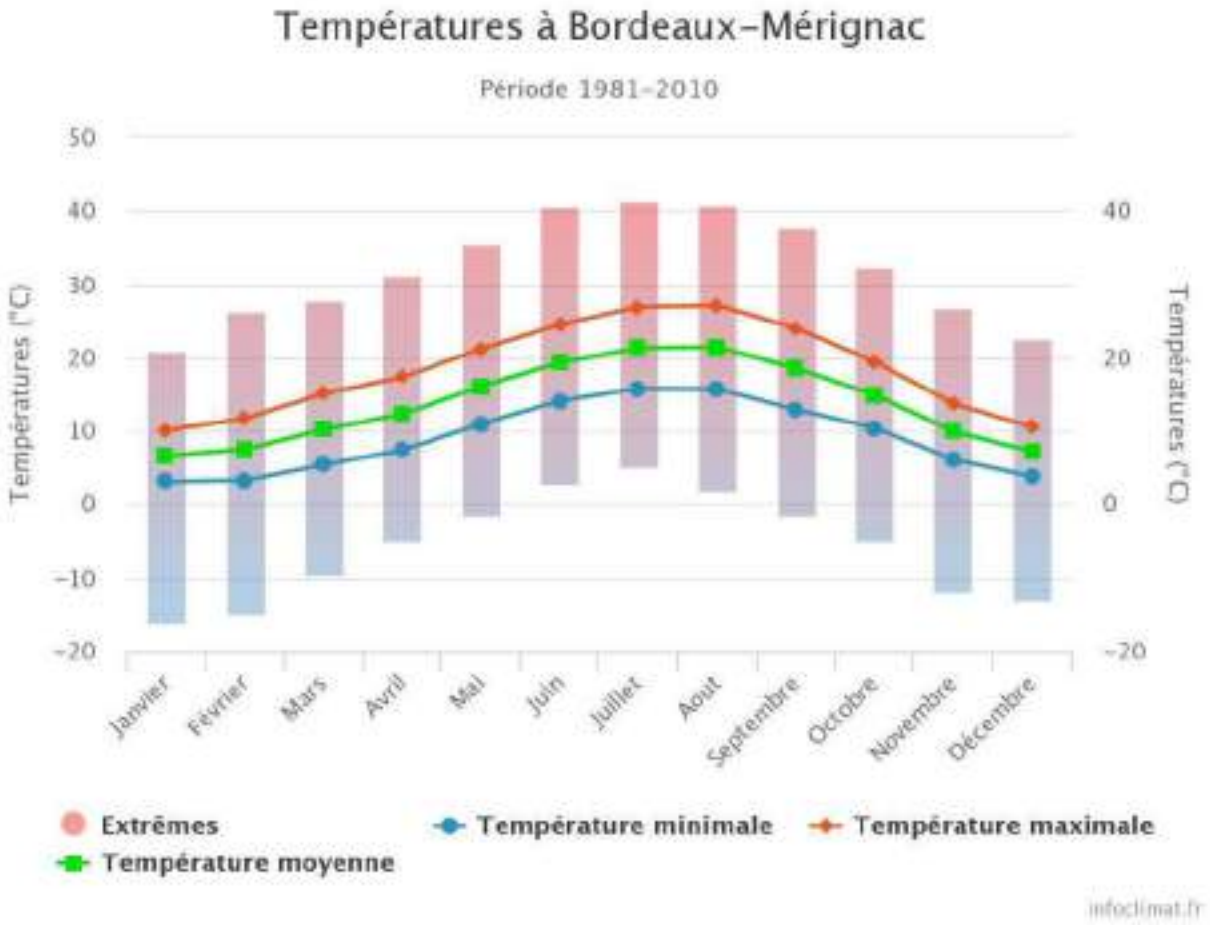


Figure 12. Normales mensuelles des températures sur la période 1981 à 2010 (source : INFOCLIMAT)

3.2 Caractérisation des populations et sites vulnérables

Dans le cadre de cette étude, afin de caractériser l'environnement du projet, la caractérisation des populations et des sites vulnérables est réalisée sur une bande de 200m de part et d'autre du projet. La zone d'étude est représentée sur la Figure 13.

3.2.1 POPULATIONS RESIDENTES DANS LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude couvre une surface d'environ 4.7 km². Afin de se rendre compte du nombre de personnes résidant dans ce périmètre, les données de population carroyées à une précision de 200 mètres, proposées par l'INSEE ont été exploités (Figure 13). Ces données se basent sur les revenus fiscaux des ménages de 2015. Comme précisé par l'INSEE, ces données ne peuvent fournir qu'une vision partielle de la population, en effet, par rapport au recensement :

- les populations non référencées à la taxe d'habitation ne sont pas présentes (personnes sans domicile, collectivités) ;
- les étudiants sont généralement localisés au domicile de leurs parents ;
- la notion de résidence principale peut être sensiblement différente.

Malgré ces sources d'imprécision, l'estimation des données de population via cette source d'information est jugée plus pertinente que l'hypothèse qui reviendrait à considérer une densité de population homogène sur les communes ou les IRIS de l'INSEE présentes dans la zone d'étude. La répartition de la population sur la zone d'étude est présentée sur la Figure 13.

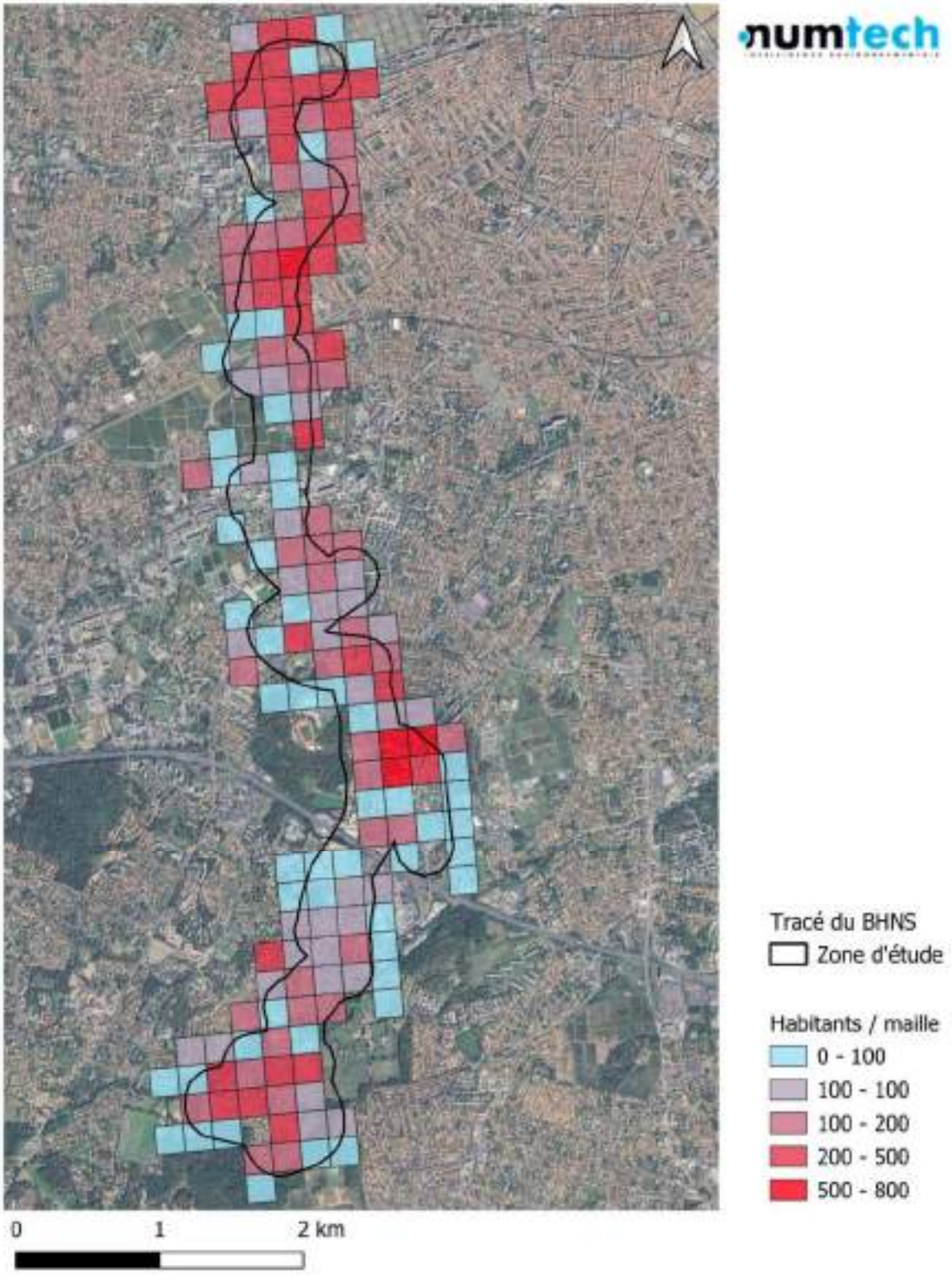


Figure 13. Population résidente dans la zone d'étude (source : INSEE)

Le tableau suivant présente les populations recensées sur la zone d'étude. D'après ces informations, environ 15 400 personnes sont susceptibles d'y habiter. Le tableau suivant précise l'effectif de cette population par tranche d'âges.

Tableau 9. Nombre de personnes habitant sur la zone d'étude par tranche d'âge (source : INSEE, année 2015)

Tranche d'âges	Effectif
0 - 3 ans	745
4 - 5 ans	372
6 - 10 ans	930
11 - 17 ans	1 211
18 - 24 ans	1 098
25 - 39 ans	3 286
40 - 54 ans	3 013
55 - 64 ans	1 739
65 - 79 ans	1 836
80 ans et +	735
âge inconnu	391
TOTAL	15 358

Globalement, la densité de personnes estimée est de l'ordre de 3 277 habitants par km² sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette densité est cohérente avec des zones fortement urbanisées au nord de la zone d'étude et peu urbanisées au centre et au sud de la zone d'étude.

La répartition de la population par communes concernées par le projet est présentée dans le tableau suivant. La population concernée par le projet se situe essentiellement sur les communes de Gradignan, Talence et Bordeaux qui comptent plus de 95% de la population présente dans la zone d'étude.

Tableau 10. Nombre de personnes habitant par commune sur la zone d'étude (source : INSEE, année 2015)

Commune	Effectif	Répartition (%)
Bordeaux	4680	30%
Gradignan	4263	27%
Pessac	109	1%
Talence	6042	39%
Villenave-d'Ornon	432	3%

3.2.2 POPULATIONS RESIDENTES DANS LE FUTUR

Pour les situations futures 2027 et 2047, la population résidente sur la zone d'étude sera considérée égale à la population actuelle, faute de données de croissance ou concernant les aménagements urbains projetés jusqu'en 2047.

3.2.3 POPULATIONS VULNERABLES

Dans la zone d'étude considérée, des sites appelés « sites vulnérables » ont été localisés. Ces sites correspondent à des lieux de vie où des personnes potentiellement plus sensibles à la pollution atmosphérique que la population générale, passent un temps significatif. Ces populations sensibles sont les enfants, les personnes âgées et hospitalisées.

Les « sites vulnérables » recensés sont donc les suivants :

- les structures d'accueil des enfants en bas-âge : crèches, haltes garderies ;
- les établissements scolaires : écoles maternelles et primaires, collèges ;
- les structures d'accueil des personnes âgées et/ou handicapées : maisons de retraite, foyers pour personnes âgées ;
- les établissements hospitaliers : hôpitaux, cliniques.

Les paragraphes suivants visent à préciser le nombre et les localisations de ces sites vulnérables. Leur localisation est présentée sur la Figure 14. Une liste détaillée de ces établissements est présentée en Annexe 1.

- Enfants / adolescents

Les structures d'accueil des enfants de moins de 3 ans prises en compte sont les crèches. 9 crèches ont été identifiées sur la zone d'étude.

Les structures d'accueil des enfants entre 3 et 16 ans sont les établissements scolaires (écoles maternelles, écoles élémentaires et les collèges/lycées). La liste des établissements scolaires exploitée est celle fournie par le ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports, sur le site de leur open data.

D'après ces données, la zone d'étude compte 6 écoles maternelles, 5 écoles élémentaires et 4 collèges/lycées.

- Personnes fréquentant les établissements sanitaires et sociaux

D'après les informations disponibles dans le FINESS[3], 29 établissements sanitaires ont été identifiés sur la zone d'étude.

[3] Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux

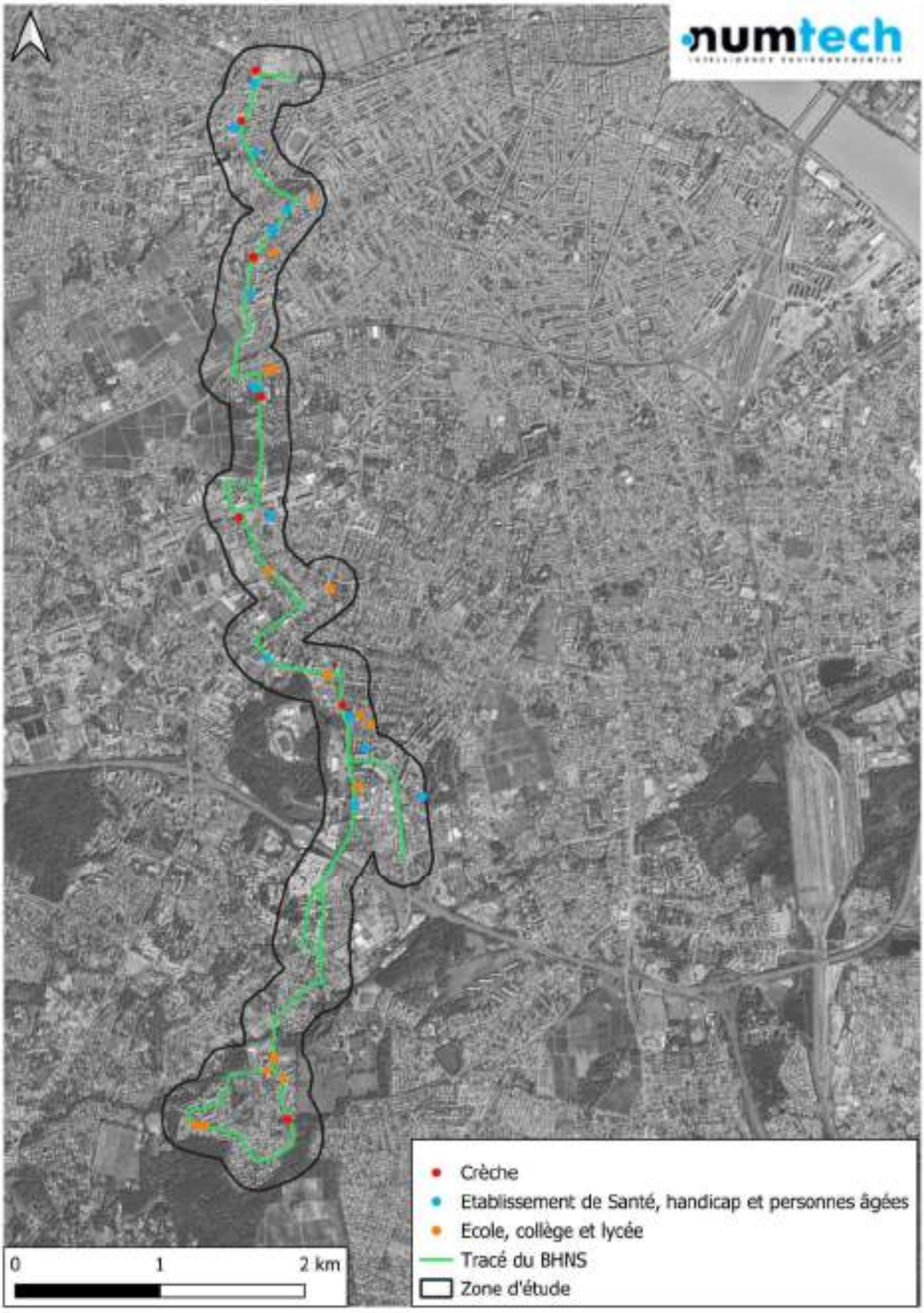


Figure 14. Localisation des sites vulnérables recensés dans la zone d'étude

3.3 Usages de l'environnement

Dans la zone d'étude, les usages de l'environnement sont recensés le plus exhaustivement possible afin d'étudier ensuite les différents modes d'exposition des populations identifiés.

3.3.1 Occupation des sols

D'après la base de données Corine Land Cover de l'IFEN, près de 70 % de la surface du sol est dédiée au bâti résidentiel. Les zones dédiées à l'industrie, au commerce, et aux voies de circulation occupent quant à elles environ 14 % de la zone d'étude. Les principaux résultats du recensement des usages de l'environnement sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 11. Typologie des sols recensée dans la zone d'étude (source : Corine Land Cover 2018)

Type d'usage	Surface (km²)	Proportion (%)
Tissu urbain continu	0.88	15%
Tissu urbain discontinu	3.19	56%
Zones industrielles et commerciales	0.81	14%
Espaces verts urbains	0.25	4%
Equipements sportifs et de loisirs	0.03	0%
Vignobles	0.24	4%
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	0.15	3%
Foret mélangées	0.19	3%

3.3.2 Pollution anthropique connue ou suspectee

Il existe sur la zone étudiée, des sites exploités par l'industrie où des niveaux en substances sont susceptibles de dépasser les niveaux de fond ambiants. Ces sites peuvent être identifiés via les bases de données BASIAS[4] et BASOL[5].

Les sites BASIAS correspondent à des sites dédiés à des activités industrielles ou de services, encore en activité ou non. Les activités de ces sites sont diverses : station-service, garage automobile, décharge d'ordures ménagères, dépôt de liquide inflammable, fabrique de peintures, chaudronnerie, fabrication de produits chimiques, de matières plastiques, etc. Ces sites, contrairement à ceux recensés par la base de données BASOL, représentent des sources potentielles de pollution, actuelles ou antérieures, ces sites ne sont donc pas des zones de pollution avérée. L'objectif ici n'est pas d'identifier précisément chaque site, mais de montrer leur densité et leur répartition géographique, ils ne seront donc pas identifiés individuellement. La localisation de ces sites est présentée sur la Figure 15.

Les sites BASOL correspondent quant à eux à des sites pour lesquels une pollution est suspectée ou avérée. Ces sites appellent à une action des pouvoirs publics, à titre curatif ou préventif. En raison de leur impact plus important sur la pollution anthropique présente sur la zone d'étude, ils sont donc listés dans le Tableau 12.

[4] Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service
[5] Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués

Tableau 12. Sites BASOL recensés sur la zone d'étude

Identifiant	Code INSEE	Etablissement	Statut	Commune
SSP000998801	33192	ENI France – Rocade sud	En cours	GRADIGNAN

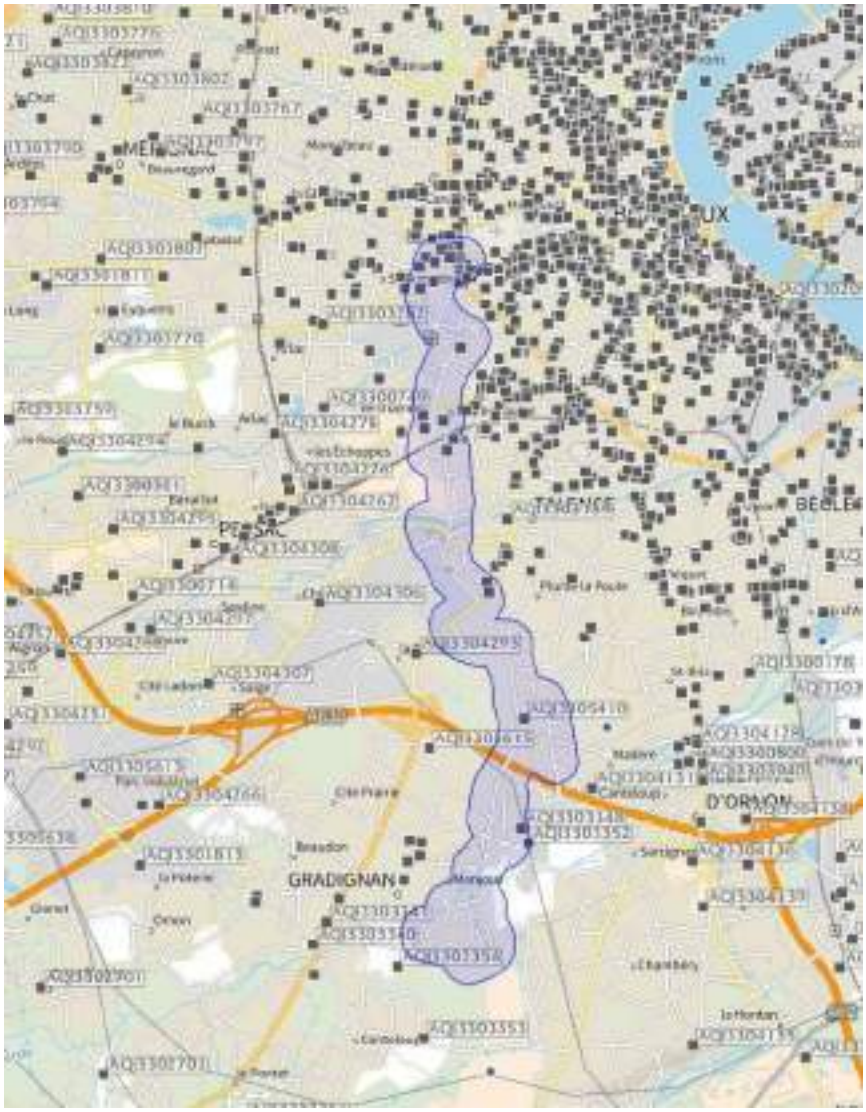


Figure 15. Localisation des sites BASIAS (Source : https://www.georisques.gouv.fr)

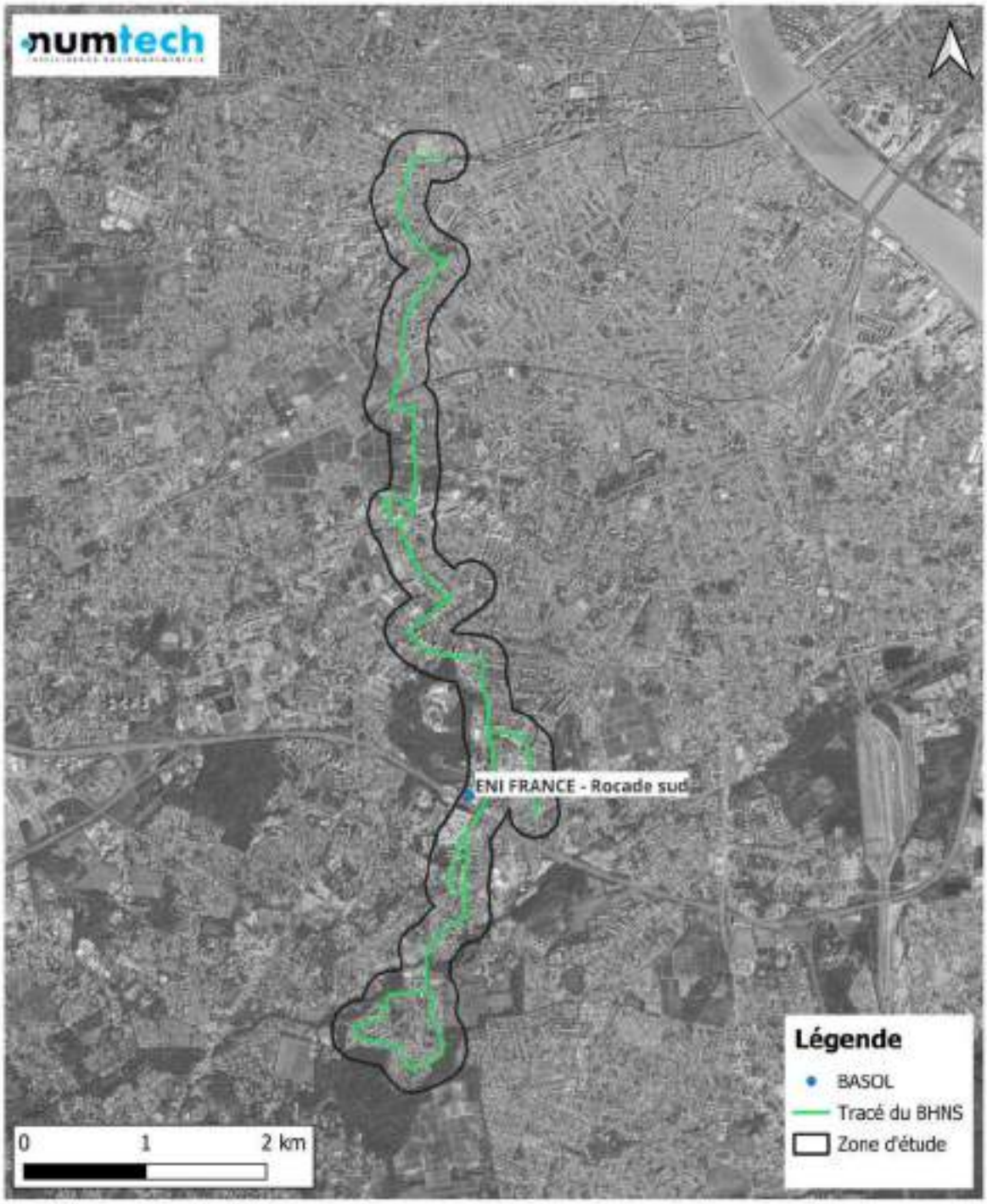


Figure 16. Localisation des sites BASOL

4 ANALYSE DE LA QUALITE DE L'AIR

Ce chapitre présente un bilan de la qualité de l'air dans l'environnement de la zone d'étude. Pour réaliser ce bilan, la méthodologie employée s'est appuyée sur deux axes d'étude :

- l'identification des principales sources de pollution dans l'environnement de la zone d'étude basée sur les données d'inventaire d'émissions établies par Atmo Nouvelle-Aquitaine, l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air en Gironde, et collectées auprès de la base IREP (Registre Français des Emissions Polluantes) pour le secteur industriel ;
- l'analyse des données de mesure de qualité de l'air disponibles à proximité de la zone d'étude sur la base des données de mesures fournies par Atmo Nouvelle-Aquitaine et de la campagne de mesures réalisée par la société EVADIES sur la zone d'étude en 2022.

4.1 Principales sources de pollution dans l'environnement de la zone d'étude

Les statistiques régionales des émissions de polluant à l'atmosphère réalisées par Atmo Nouvelle-Aquitaine pour l'année 2022 (provenant du Bilan annuel de 2023, dernier en date lors de la réalisation de l'étude) recensent les différentes activités émettrices pour les principaux polluants atmosphériques.

La répartition des émissions des principales substances quantifiées, par secteur d'activité, sont présentées Figure 6 pour l'année 2018 en Gironde.

Les activités prépondérantes dans les émissions sont variables d'une substance à l'autre.

Les sources naturelles (forêts, prairies, jachères…) sont les premiers émetteurs de composés organiques volatils non méthaniques, avec 84 % des émissions. Le secteur résidentiel est quant à lui prépondérant dans les émissions en particules fines, avec 50% des émissions en PM_{10} et 66% des émissions en $PM_{2.5}$. Enfin, 64% des émissions en oxydes d'azote sont imputables au secteur routier.

Comme le montre la figure suivante, les émissions sont en diminution depuis 2010 sur le département pour les polluants suivants : NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, NH_3 et SO_2.

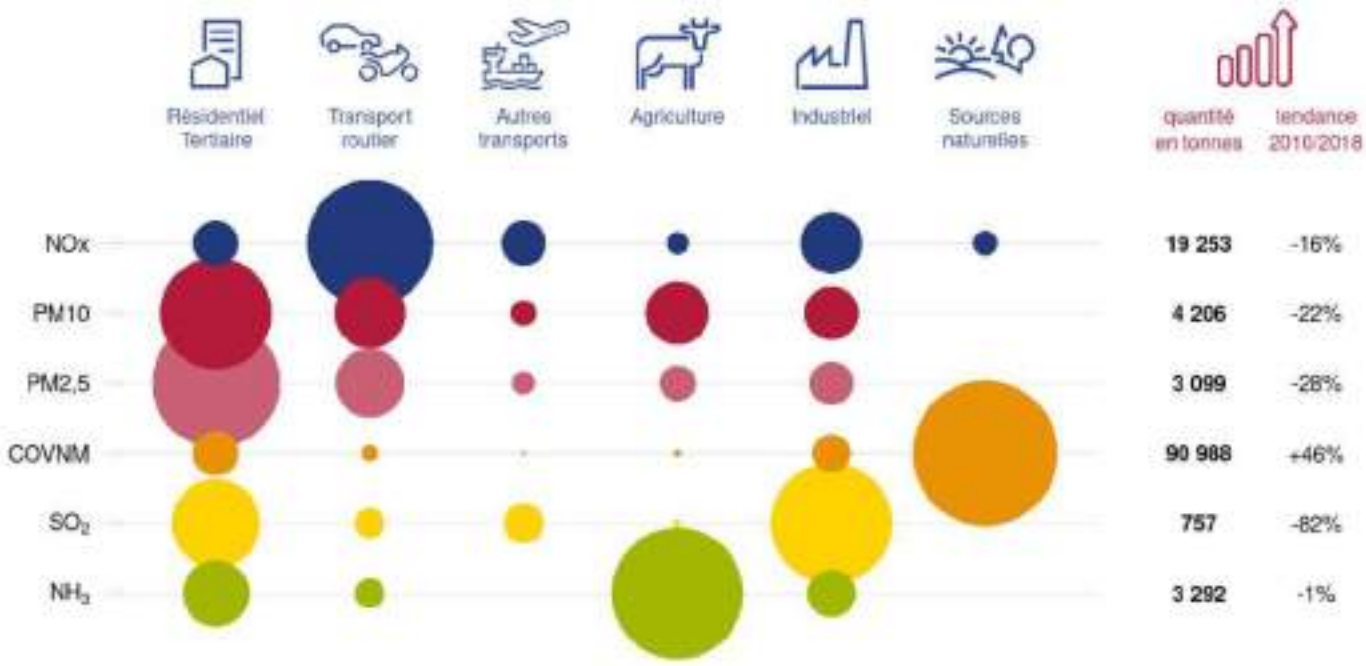


Figure 17. Evolution des émissions de polluants de l'air entre 2010 et 2018 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine, Fiche émissions département Gironde[6])

L'analyse des contributions des différentes activités dans les émissions de polluants atmosphériques montre que le transport routier, le secteur résidentiel et le secteur industriel sont prépondérants. L'analyse des usages de l'environnement, présentée dans le chapitre 3.3 a mis en évidence sur la zone d'étude une occupation du sol principalement urbaine et industrielle. Les principales sources de pollution atmosphérique à retenir sur la bande d'étude et à proximité sont donc le secteur résidentiel / tertiaire, le secteur industriel et les transports routiers.

La Figure 18 et le Tableau 13 présentent les sites industriels recensés par l'iREP (Registre Français des Emissions Polluantes sur Internet, mis à disposition du public par la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, et de l'Energie) sur la zone d'étude et à proximité. 2 sites sont présents à proximité immédiate de la zone d'étude.

Tableau 13. Installations classées pour la protection de l'environnement (source : IREP) proche de la zone d'étude

Etablissement	Commune	Activité
MAJ ELIS	Bordeaux	Blanchisserie-teinturerie de gros
CHU Hôpitaux de Bordeaux	Bordeaux	Activités hospitalières

[6]https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/sites/nouvelleaquitaine/files/medias/documents/2023-03/fiche_dept_D33_2022_12_07_VF.pdf

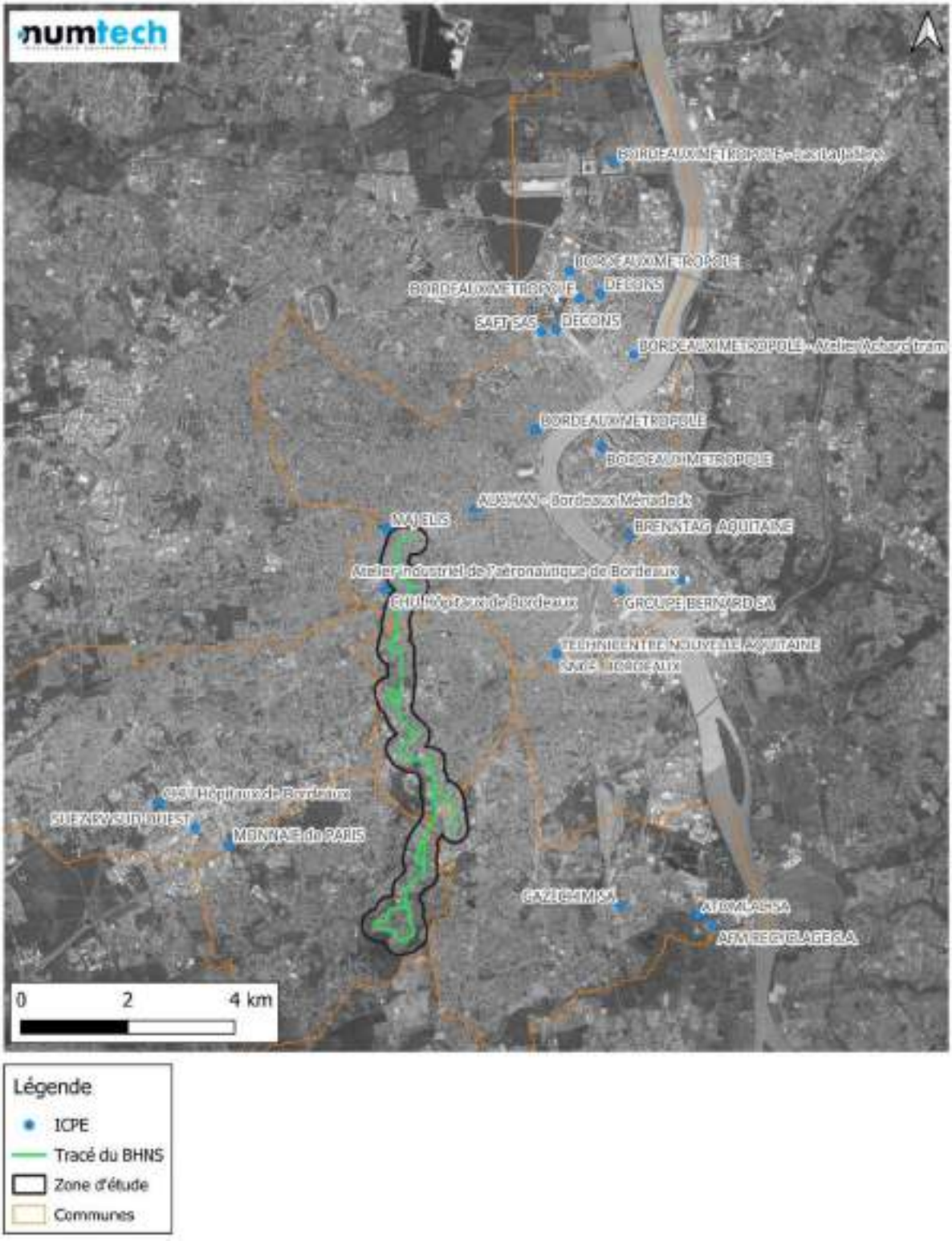


Figure 18. Installations classées pour la protection de l'environnement (source : IREP)

4.2 Qualité de l'air à proximité de la zone d'étude

L'objectif de cette partie est de présenter les niveaux de pollution mesurés à proximité sur la zone d'étude. Les mesures réalisées par les réseaux de surveillance de la Qualité de l'Air, observatoires agréés par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, ont pour missions de surveiller et d'informer sur la qualité de l'air en France.

En région Nouvelle-Aquitaine, c'est le réseau Atmo Nouvelle-Aquitaine qui est en charge de cette surveillance. Le réseau de stations de mesures géré par Atmo Nouvelle-Aquitaine autour de la zone d'étude est représenté sur la Figure 19.

Les stations présentes sur le département de la Gironde sont listées dans le tableau suivant. Une seule station est située sur la zone d'étude. Quatre stations sont situées à moins de 5km, dont une à proximité immédiate (<1km), de la zone d'étude. Les stations dites de « fond », représentant l'exposition des populations hors axes routiers, situés à proximité de la zone d'étude sont :

- Talence : station de fond urbain, à 400m de la zone d'étude ;
- Bordeaux - Grand Parc : station de fond urbain, à 4,4km de la zone d'étude.

L'analyse par polluants présentée après reposent essentiellement sur ces stations.

Tableau 14. Typologie des stations présentes dans l'environnement de la zone d'étude

Station /Année	Influence	Typologie	Département
Ambès	Fond	Périurbaine	Gironde
Bassens	Fond	Urbaine	Gironde
Bordeaux - Bastide	Trafic	Urbaine	Gironde
Bordeaux - Gautier	Trafic	Urbaine	Gironde
Bordeaux - Grand Parc	Fond	Urbaine	Gironde
Le Temple	Fond	Rurale régionale	Gironde
Mérignac	Trafic	Urbaine	Gironde
Talence	Fond	Urbaine	Gironde

Les données exploitées pour l'analyse de la qualité de l'air sur la zone d'étude proviennent du dernier bilan annuel disponible et réalisé par Atmo Nouvelle-Aquitaine de 2022 et des données disponibles sur leur Open Data).

A noter que les mesures à la station de Talence, station de fond la plus représentative de la zone d'étude, ne sont pas disponibles pour l'année 2022 en raison de travaux à proximité pendant la majorité de l'année.

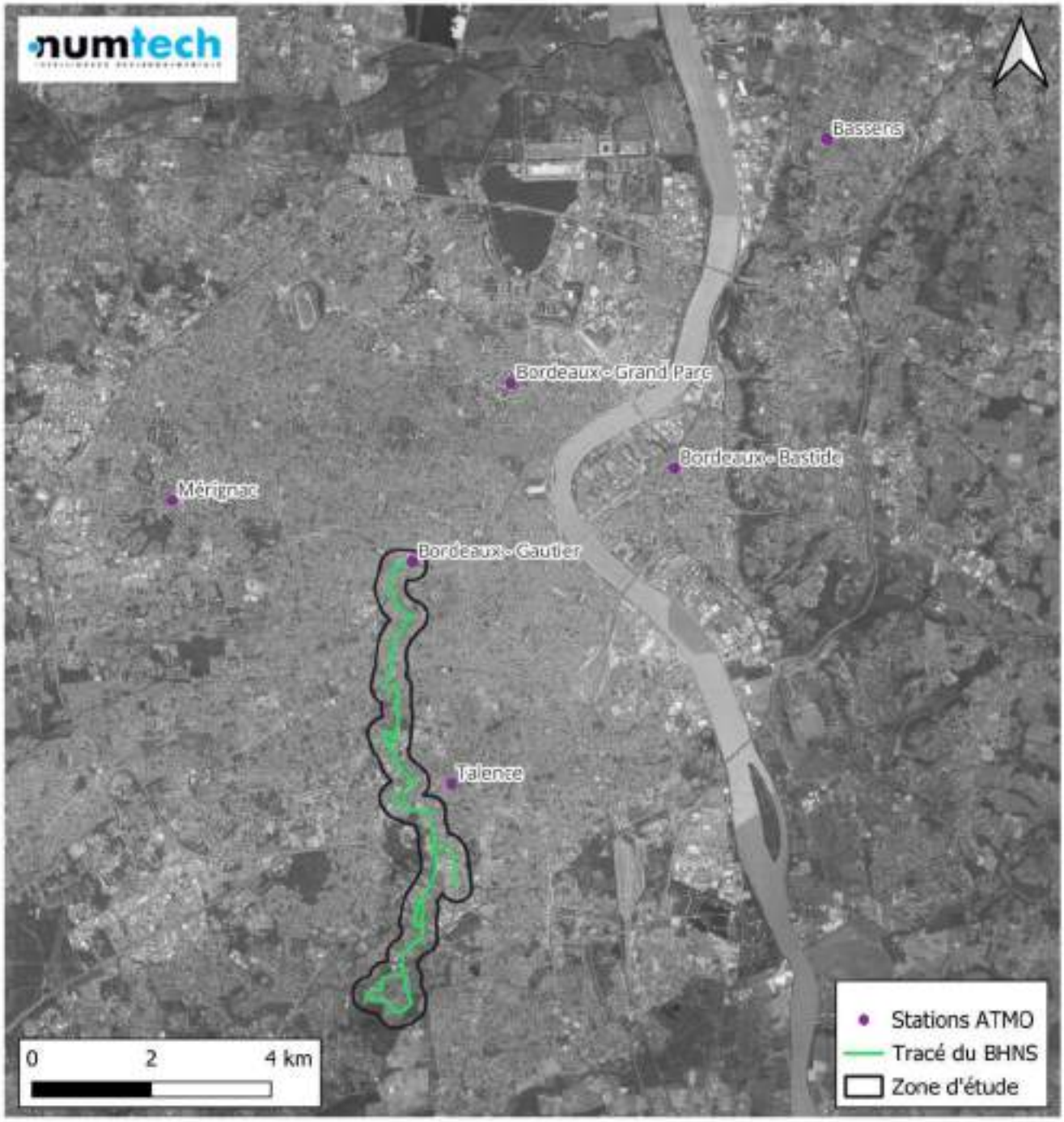


Figure 19. Stations fixes d'ATMO Nouvelle-Aquitaine à proximité de la zone d'étude

- Dioxyde d'azote

Les concentrations moyennes annuelles en NO_2 des stations situées dans le département de la Gironde sont présentées dans le Tableau 15 et sur la Figure 20.

En moyenne annuelle, toutes les stations, de type « fond » et de type « trafic », ont mesuré des concentrations respectant le seuil de protection de la santé humaine fixé par l'article R221-1 du code de l'environnement (40 µg/m^3 en moyenne annuelle).

En moyenne sur la période 2019-2022, les stations de Talence et de Bordeaux – Grand Parc présentent des concentrations moyennes annuelles proches, respectivement de 13.3 et 12.2 µg/m^3.

L'analyse des concentrations horaires mesurées en 2022, montre également des valeurs en dessous de 200 µg/m^3. Pour rappel, cette valeur représente le seuil horaire d'information et de recommandation, ainsi que le deuxième seuil de protection pour la santé humaine si cette concentration est atteinte sur trois heures consécutives.

Tableau 15. Concentrations moyennes annuelles en NO_2 (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : ATMO Nouvelle-Aquitaine)

Station /Année	2019	2020	2021	2022	Influence	Typologie
Ambès	7	6	6	6	Fond	Périurbaine
Bassens	14	12	12	12	Fond	Urbaine
Bordeaux - Bastide	20	16	15	15	Trafic	Urbaine
Bordeaux - Gautier	40	31	31	31	Trafic	Urbaine
Bordeaux - Grand Parc	14	12	12	11	Fond	Urbaine
Le Temple	3	-	3	3	Fond	Rurale régionale
Mérignac	23	18	19	19	Trafic	Urbaine
Talence	15	12	13	-	Fond	Urbaine

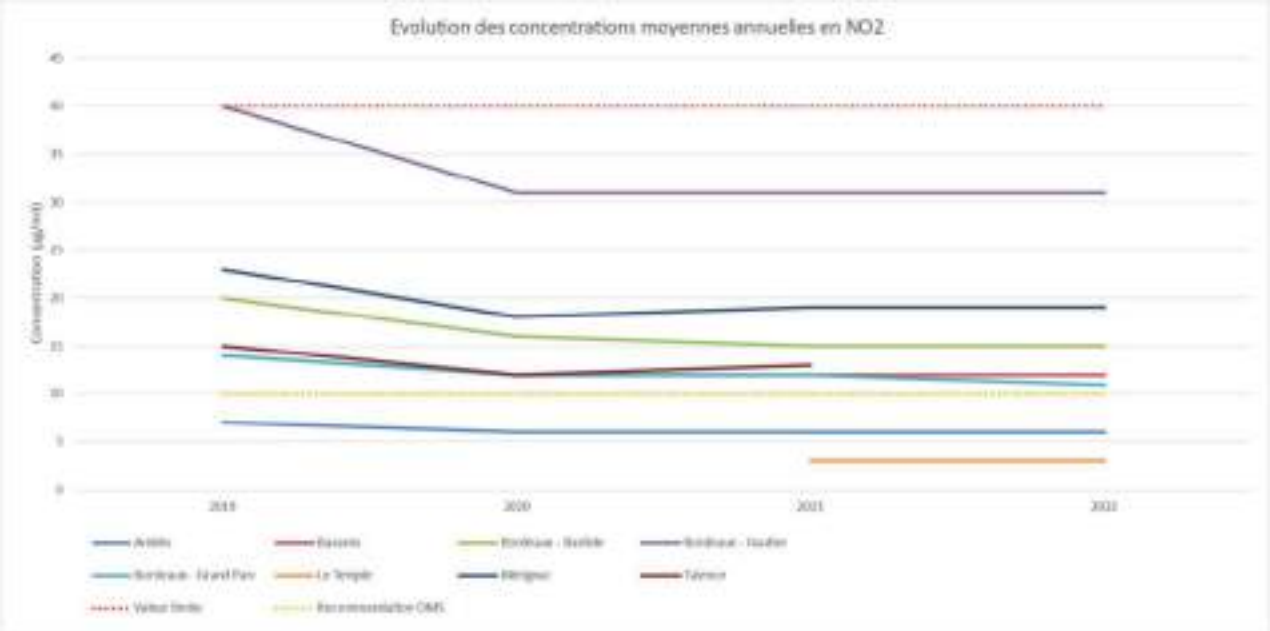


Figure 20. Evolution des concentrations moyennes annuelles en NO_2 entre 2019 et 2022

- Poussières PM_{10}

Les données exploitées pour l'analyse des concentrations en PM_{10} pour les années 2019 à 2022 sont présentées dans le Tableau 16 et sur la Figure 21. Les moyennes annuelles des stations respectent la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 30 µg/m^3.

En moyenne sur la période 2019-2022, les stations de Talence et de Bordeaux – Grand Parc présentent des concentrations moyennes annuelles proches, respectivement de 15.7 et 17.5 µg/m^3.

Cependant, l'analyse des moyennes journalières en 2022 met en évidence des dépassements du seuil d'information concernant les PM_{10} (50 µg/m^3 en moyenne journalière) sur toutes les stations présentant des mesures. Ce seuil était également dépassé en 2021 à la station de Talence. On rappelle que le seuil pour la protection de la santé humaine limite le dépassement de cette valeur à 35 jours par an.

Tableau 16. Concentrations moyennes annuelles en PM_{10} (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine)

Station /Année	2019	2020	2021	2022	Influence	Typologie
Bassens	17	17	16	17	Fond	Urbaine
Bordeaux - Bastide	17	16	16	21	Trafic	Urbaine
Bordeaux - Gautier	22	21	22	24	Trafic	Urbaine
Bordeaux - Grand Parc	18	16	17	19	Fond	Urbaine
Mérignac	17	16	17	18	Trafic	Urbaine
Talence	16	15	16	-	Fond	Urbaine

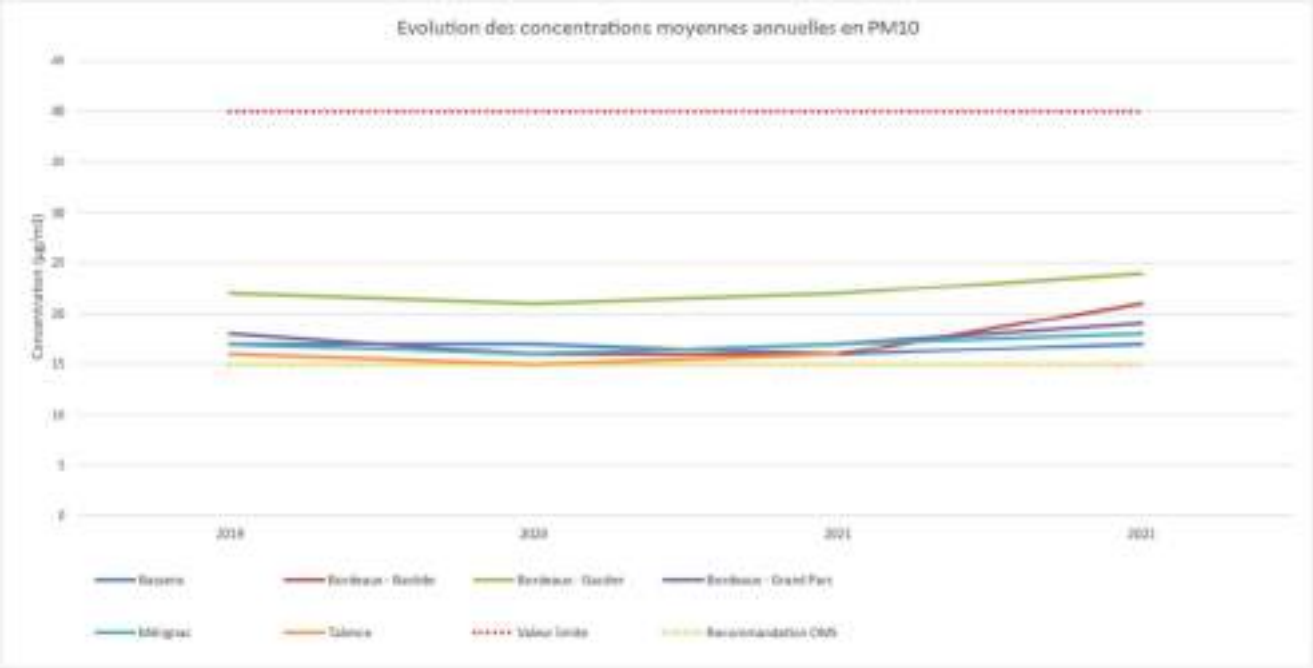


Figure 21. Evolution des concentrations moyennes annuelles en PM_{10} entre 2019 et 2022

- Poussières $PM_{2.5}$

Entre 2019 et 2022, les stations n'ont enregistré aucun dépassement de la valeur seuil pour la protection de la santé humaine (20 µg/m^3 en moyenne annuelle). On peut cependant noter que l'objectif de qualité est dépassé (10 µg/m^3 en moyenne annuelle) sur la station de Bordeaux – Gautier en 2022 et atteint les autres années sur la station Bordeaux – Gautier et Talence. Les données mesurées par les stations pour ce polluant sont présentées dans le Tableau 17 et sur la Figure 22. Les concentrations moyennes annuelles mesurées aux stations de fond sont relativement proches.

Tableau 17. Concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine)

Station /Année	2019	2020	2021	2022	Influence	Typologie
Bassens	9	8	8	7	Fond	Urbaine
Bordeaux - Gautier	-	10	10	12	Trafic	Urbaine
Talence	10	10	10	-	Fond	Urbaine

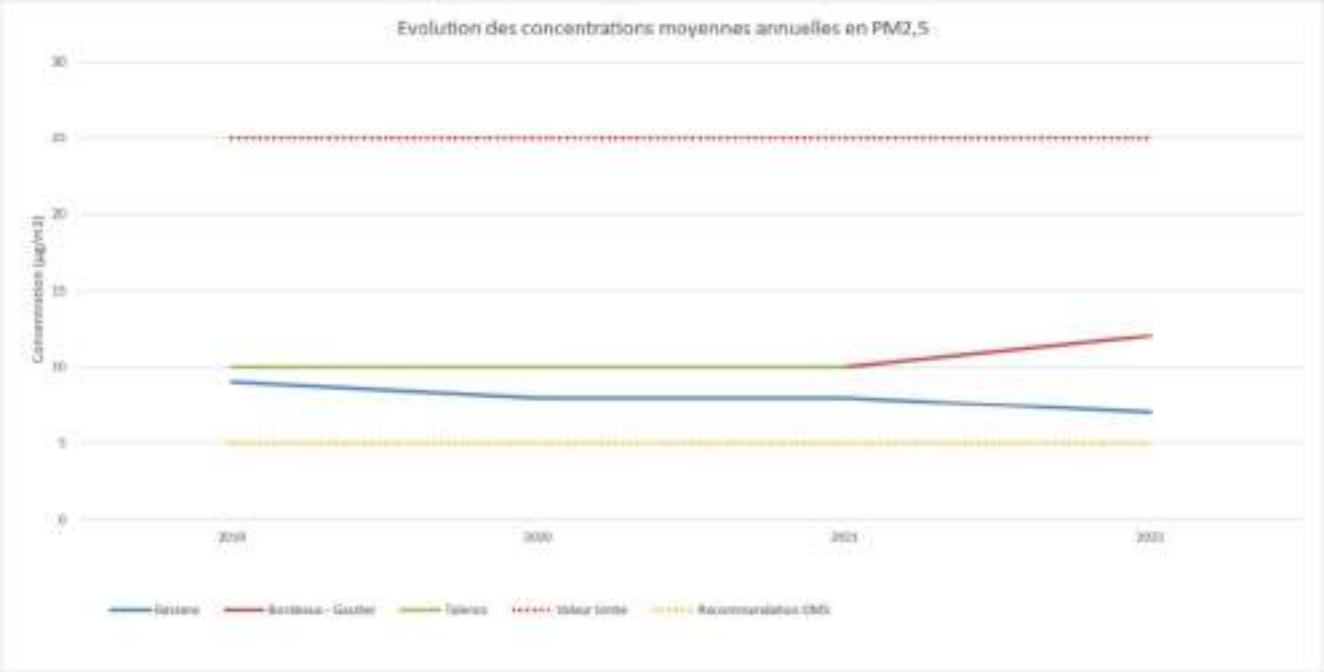


Figure 22. Evolution des concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ entre 2019 et 2022

- Ozone

Un des seuils définis dans l'article R221-1 du code de l'environnement pour l'ozone est de 120 µg/m^3 en moyenne glissante sur 8h, à ne pas dépasser au cours de l'année (objectif de qualité). Ce seuil est dépassé au niveau des 3 stations de mesure en 2022. L'OMS recommande de ne pas dépasser le seuil de 100 µg/m^3 plus de 3 jours par an. Cette recommandation n'est également pas respectée. (Figure 23).

D'après le bilan annuel 2022 de la qualité de l'air en Nouvelle-Aquitaine, entre 2013 et 2022, la tendance est stable (+3%) et en accord avec la tendance régionale (+7%).

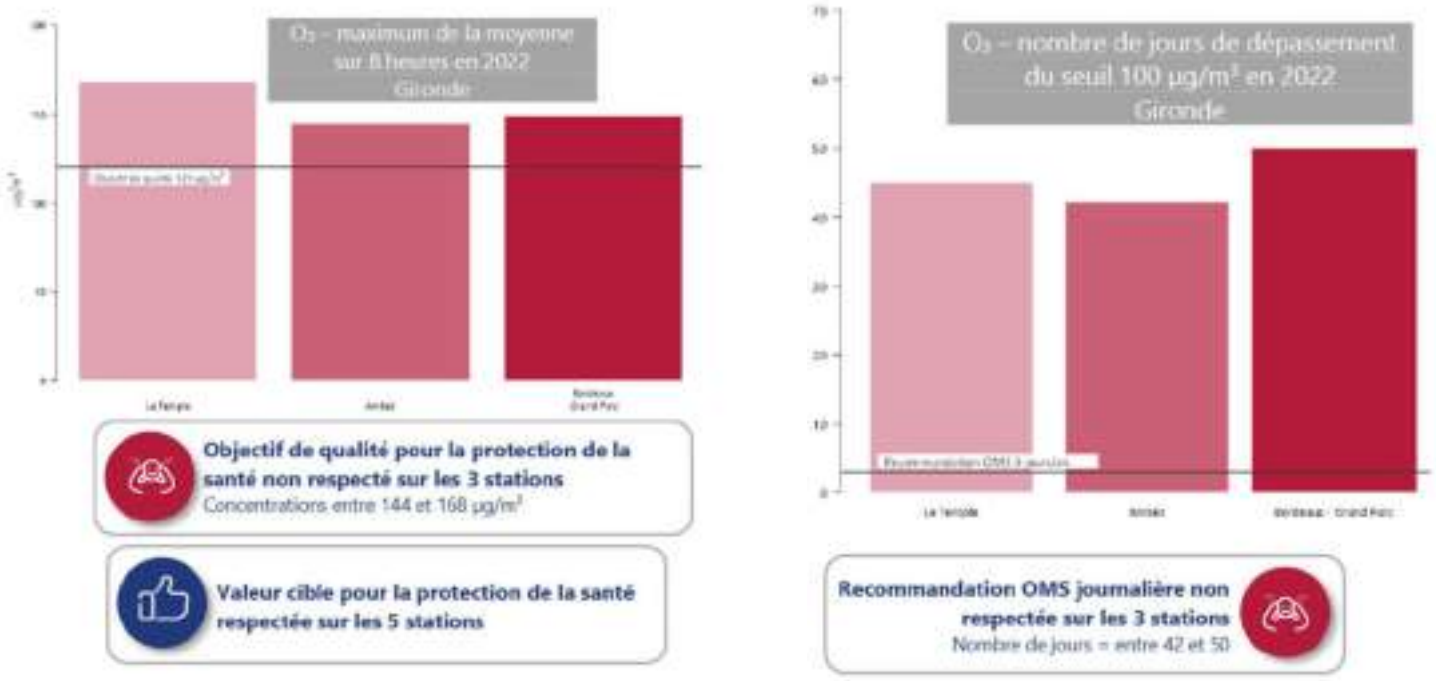


Figure 23. Dépassement de l'objectif de qualité et de la recommandation OMS en O_3 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine)

- Dioxyde de soufre

Les concentrations moyennes annuelles présentées ci-dessous montrent des valeurs bien inférieures à l'objectif de qualité de 50 µg/m^3.

Tableau 18. Concentrations moyennes annuelles en SO_2 (µg/m^3) entre 2019 et 2022 (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine)

Station /Année	2019	2020	2021	2022	Influence	Typologie
Bassens	1	1	1	1	Fond	Urbaine

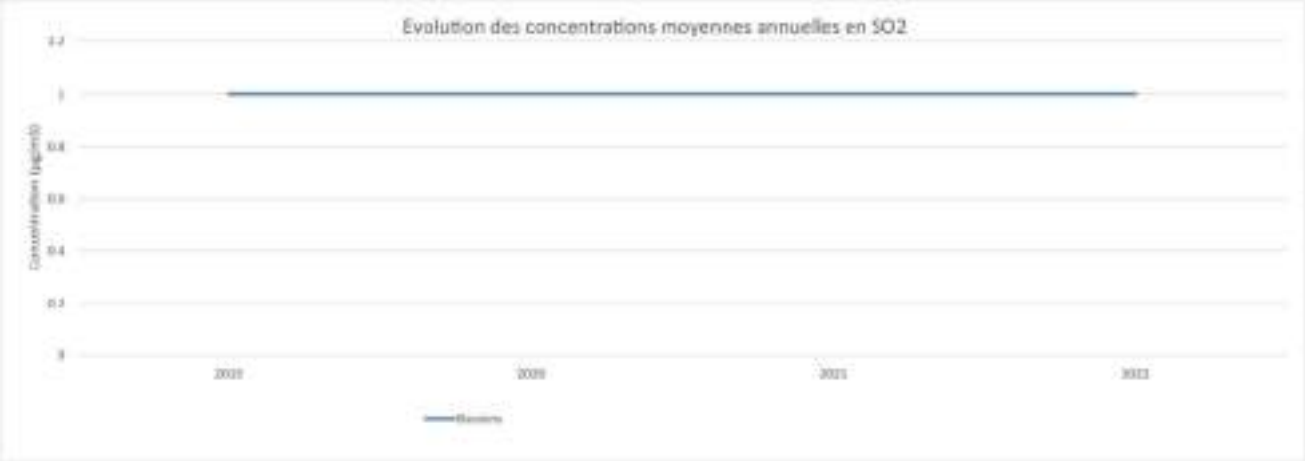


Figure 24. Evolution des concentrations moyennes annuelles en SO_2 entre 2019 et 2022

- HAP en Benzo(a)pyrène (BaP)

D'après le bilan annuel 2022 de la qualité de l'air en Nouvelle-Aquitaine, les niveaux mesurés en BaP sont inférieurs à la valeur cible de 1 ng/m^3. Les concentrations annuelles varient fortement ces 10 dernières années ; l'augmentation de 2022 (+79%) doit être interprétée avec précaution : en raison de travaux à proximité de la station de Talence, la moyenne annuelle est élaborée à partir d'un nombre de prélèvements moins important qu'à l'accoutumée. La période hivernale, qui présente traditionnellement les plus fortes valeurs, a subi peu d'arrêts de prélèvement, ce qui a pour effet de sur-représenter ces valeurs par rapport au reste de la période de mesure.

- Benzène

Les mesures en benzène réalisées à la station Bordeaux - Gautier (Figure 25) montrent que la valeur limite de 5 µg/m^3 et l'objectif de qualité de 2 µg/m^3 en moyenne annuelle sont respectées.

D'après le bilan annuel 2022 de la qualité de l'air en Nouvelle-Aquitaine, entre 2013 et 2022, on note une évolution de -2%, cette évolution est fluctuante selon les années ; en 2022 le niveau se stabilise fortement pour rejoindre le niveau de 2013.

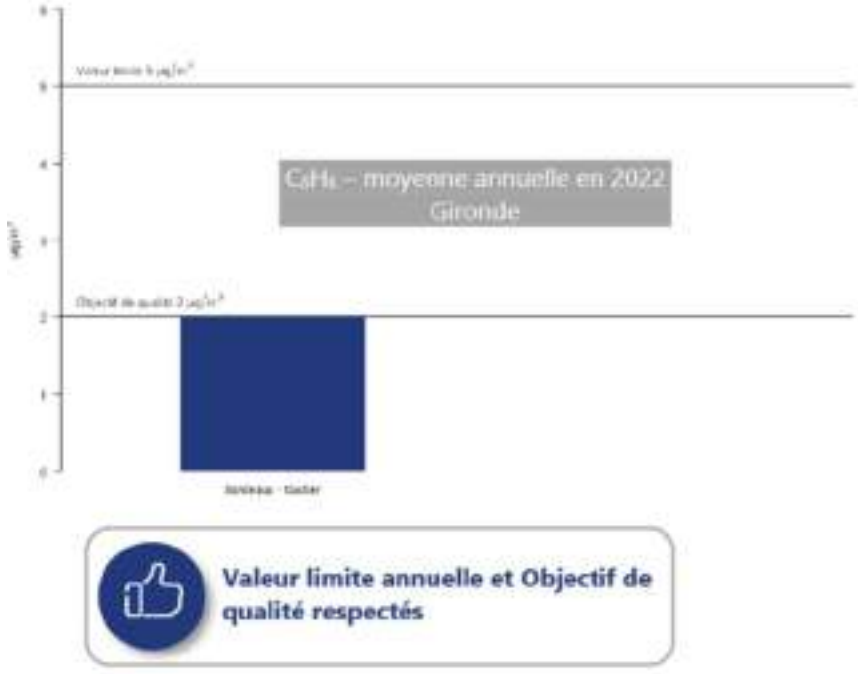


Figure 25. Concentrations moyennes annuelles en benzène en 2022

4.3 Campagne de mesures *in-situ*

La société EVADIES a été missionnée pour réaliser une campagne de mesures dans le cadre de la réalisation de la ligne du BHNS. Les mesures ont été réalisées sur la période du 20 septembre 2022 au 18 octobre 2022 pour évaluer l'évolution du dioxyde d'azote, traceur de la circulation automobile, avec des tubes à diffusion passive. Le rapport complet de la campagne de mesure est disponible en Annexe 4.

4.3.1 LOCALISATION DES SITES DE MESURES

La zone d'étude s'étendant sur près de 10 km de linéaire relatif au tracé du BHNS. EVADIES s'est orienté, non pas sur un échantillonnage systématique à chaque km, mais plutôt vers un échantillonnage stratégique valorisant la qualification générale de l'état initial dans différents contextes de proximité routière. Ainsi, EVADIES a réalisé cette étude sur la base de 24 sites de mesures de NO_2.

Ces sites furent répartis de la façon suivante :

- 3 transects de 3 points répartis de part et d'autre du tracé du BHNS et/ou des axes principaux afin d'évaluer la décroissance des concentrations dans les secteurs les plus sensibles en matière de qualité de l'air ;
- 10 points isolés en proximité projet à proximité des habitations et de certains points pouvant accueillir des personnes sensibles (aires de jeux, écoles, crèches, maisons de retraites...) ;
- 5 points isolés permettant de caractériser le bruit de fond ambiant à proximité de certains lieux sensibles.

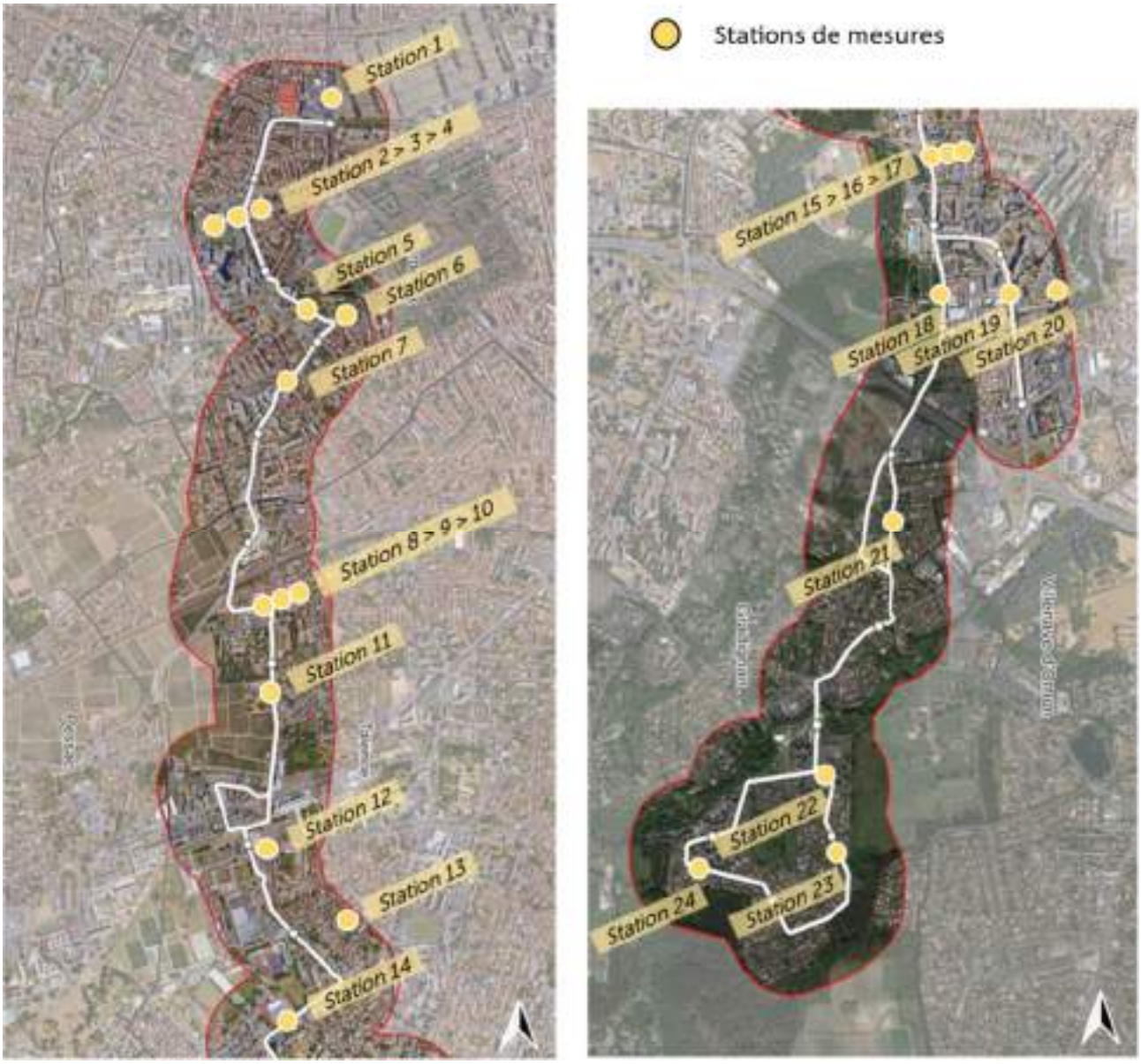


Figure 26. Localisation des sites de mesures avec des tubes passifs (source : EVADIES)

4.3.2 PERIODE DE MESURES

La durée des campagnes de mesures est habituellement ajustée afin de couvrir une durée globale de mesures permettant de rendre les résultats représentatifs de différentes chroniques météorologiques et des variations d'activités au cours de l'année (l'objectif est alors de répondre aux exigences de la directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008).

Dans le cadre de cette étude, EVADIES a mené une campagne de mesures qui permettent d'avoir une information sur la qualité de l'air au droit du projet. La mesure s'est déroulée du 20 septembre 2022 au 18 octobre 2022. Les mesures ne sont pas représentatives de saisons contrastées mais permettent de connaitre les concentrations dans l'air sur 1 mois d'exposition en fin d'été / début d'automne. Afin d'améliorer la représentativité, il reste toujours possible de multiplier ultérieurement le nombre de campagnes de mesures sur des saisons différentes.

Les résultats des mesures réalisées seront uniquement comparés à la réglementation à titre indicatif.

4.3.3 CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE

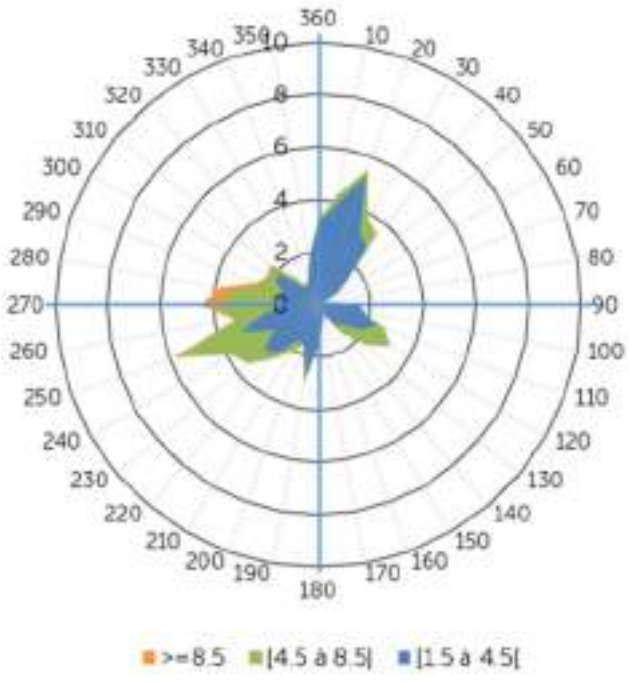
Les conditions météorologiques sur les périodes de mesures ont été réalisées à partir des observations obtenues sur la station météorologique de Météo France « BORDEAUX-MERIGNAC » implantée sur l'aéroport de Mérignac et située à environ 10 km du projet de BHNS à l'ouest de Bordeaux. Elle a notamment enregistré la direction, la vitesse du vent et les précipitations.

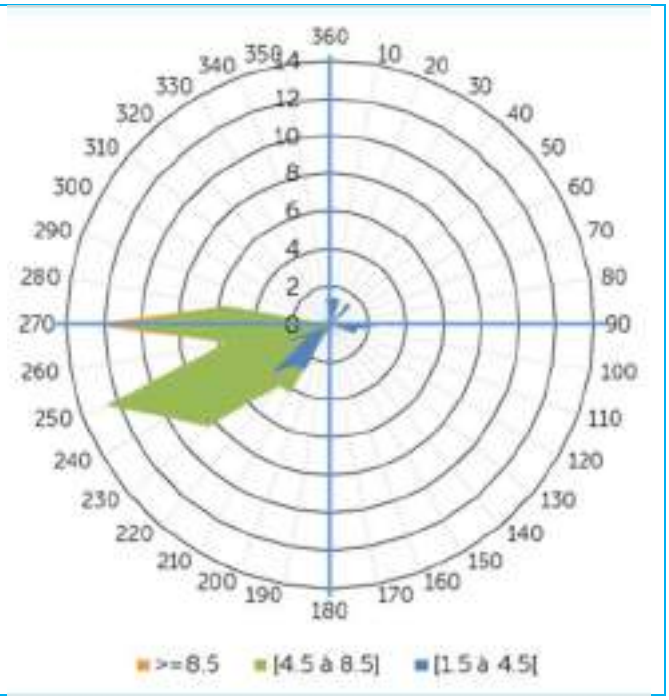
Les régimes des vents observés sur les périodes de mesures dans l'air ambiant sont présentés dans le Tableau 19. Les roses des vents présentent la fréquence des vents en fonction de leur provenance exprimée en pourcentage et par groupes de vitesses à partir de l'enregistrement des données mesurées toutes les heures relatives à la campagne de mesures.

Le régime général des vents durant la période de mesures met en avant les vents les plus fréquents enregistrés provenant de l'ouest (côte atlantique) mais également du nord-nord-est. Les vents sont majoritairement faibles (près de 65 %) et sont très rarement forts (< 2 %). Lors des épisodes pluvieux, les vents associés aux pluies proviennent exclusivement de la façade ouest et sont principalement modérés (près de 47 % des occurrences).

Les vents non mesurables demeurent minoritaires (< 15 %) ce qui signifie que le domaine d'étude reste relativement venté dans un contexte favorable à la dispersion des polluants.

Tableau 19 : Roses des vents et des pluies enregistrées durant les mesures

Semaine	Campagne de mesures 20/09/22 – 18/10/22
Rose des vents	

Rose des pluies	

4.3.4 RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Les concentrations en NO_2 sont présentées dans le tableau 7 ci-après, ainsi que les valeurs servant à l'interprétation. Les résultats obtenus par le laboratoire ont été exprimés en masse de polluants par unité de volume. Les concentrations présentées correspondent à la moyenne des teneurs observées sur la campagne de mesures.

Stations	Localisation (selon Geoportail)	NO_2 en µg/m³
1	Bd Antoine Gautier / cabine ATMO	37,2
2	Rue de la Pelouse de Douet / transect	16,1
3	Rue de Canolle / transect	19,2
4	Rue Marceau / transect	28,8
5	Rue Léo Saignat / BHNS	30,8
6	Rue de la Berchade / fond urbain (école)	30,1
7	Rue de la Berchade / BHNS (école)	27,5
8	Rue Diderot / transect (BHNS)	16,2
9	Av de la Vieille Tour / transect (école)	19,0
10	Rue Lavoisier / transect (école)	13,7
11	Av de la Vieille Tour/ BHNS (maison retraite)	25,1
12	Av de l'Université / BHNS (clinique)	21,7
13	Rue Alfred Charlionnet / fond urbain (maison retraite)	13,3
14 (doublon)	Rue Marivaux / BHNS (stade)	26,9*
15	Av de Thouars / demi-transect (BHNS)	21,0
16	Rue Stephane Mallarmé / demi-transect (école)	17,6
17	Rue Paul Verlaine / demi-transect (école)	15,3
18	Av de Thouars / BHNS (école)	18,1
19	Rue Salvador Allende / BHNS (itinéraire bis)	24,7
20	Rue Victor Jara / fond urbain (clinique)	16,4
21	Rue Benedigues / BHNS (itinéraire bis)	17,8
22	Bd Malartic / BHNS (école)	14,0
23	Allée Montfort / BHNS (école)	11,7
24	Bb Malartic / BHNS (école)	11,3
MIN // MAX		11,3 (station 24) // 37,2 (station 1)
Médiane		19,0
Moyenne		20,8
Seuil recommandé par l'OMS en 2021 (moyenne annuelle)		**10**
Objectif de qualité (en moyenne annuelle)		**40**
Valeur limite (en moyenne annuelle)		**40**

Tableau 20. Concentration moyenne en NO_2 par campagne (source : EVADIES)

La réalisation de ces mesures permet une comparaison des concentrations moyennes, à titre indicatif uniquement, avec les critères nationaux de la qualité de l'air. Cette comparaison souligne le respect de l'objectif de qualité et de la valeur limite en NO_2 pour la totalité des stations du réseau de mesures.

Le second constat souligne que la moyenne des concentrations pour les 24 sites de mesures échantillonnés (20,8 µg/m³) est conforme aux mesures effectuées par le réseau ATMO.

Ainsi les concentrations en proximité de trafic sont supérieures à 30 µg/m³, ce qui se rapproche de la moyenne enregistrée sur Bordeaux-Gautier à la même période. De la même manière, les teneurs sur

les stations représentatives du fond urbain mettent en avant des concentrations globalement inférieures à 20 µg/m^3 ce qui rejoint le constat effectué sur la station de Talence représentative du fond urbain.

En considérant l'incertitude analytique, les nouvelles recommandations faites par l'OMS en 2021 sont toutefois dépassées sur toutes les stations si l'on compare à titre indicatif les valeurs obtenues (à l'exception des stations situées sur Gradignan au sud du tracé BHNS qui enregistrent les concentrations les plus faibles durant la période et qui sont équivalentes aux valeurs de l'OMS).

Les cartes suivantes permettent de mieux appréhender la répartition spatiale de ce polluant sur le secteur. Les points en association 2-3-4, 8-9-10 et 15-16-17 correspondent à un transect ou demi-transect depuis le tracé du BHNS.

Les stations les plus proches du tracé du BHNS et donc des voies à plus fort trafic présentent généralement des teneurs plus élevées que les stations représentatives du bruit de fond urbain. C'est le cas des stations 1, 5, et 6 situées sur le projet de la ligne mais également dans un contexte de densité urbaine marquée. Les concentrations aux abords du boulevard Gautier et de la rue de Canolle peuvent ainsi excéder les 30 µg/m3. A noter des teneurs légèrement plus faibles sur le sud du tracé en lien avec des flux de trafics moins soutenus et une densité du bâti plus faible qui permet une meilleure circulation de l'air et donc une meilleure dispersion des polluants routiers.

Les concentrations recensées à proximité des différents lieux sensibles comme les écoles situées à proximité du tracé du BHNS sont quant à elles représentatives d'un bruit de fond urbain élevé mais respectant les objectifs et valeurs limites de la qualité de l'air pour le NO_2 (comparaison à titre indicatif). Les recommandations de l'OMS en 2021 restent toutefois dépassées aux abords des écoles et plus particulièrement rue Berchade (station 6).

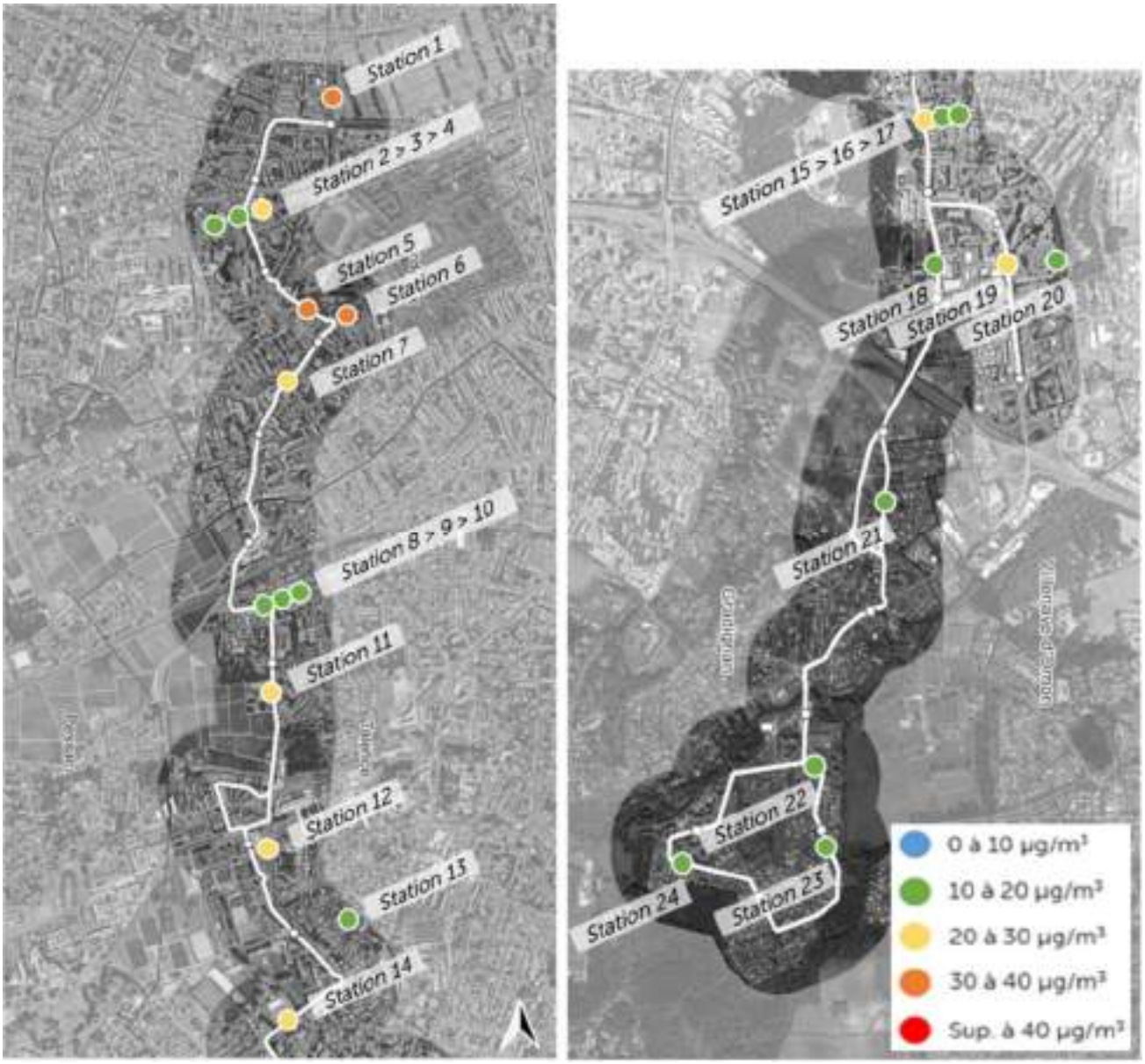


Figure 27. Concentrations NO_2 en µg/m³ pendant la campagne de mesure (source : EVADIES)

2.1. DECROISSANCE DES CONCENTRATIONS

Après avoir comparé les résultats aux critères nationaux, la répartition spatiale des mesures permet d'étudier la décroissance des concentrations de part et d'autre du tracé du BHNS via plusieurs points échantillonnés représentant des transects de mesures :

- Transect au niveau du centre hospitalier situé rue de Canolle (points 2,3 et 4) ;
- Transect au niveau de l'école située rue Lavoisier (points 8, 9 et 10) ;
- Transect au niveau du groupe scolaire situé quartier Maucamp (points 15, 16 et 17).

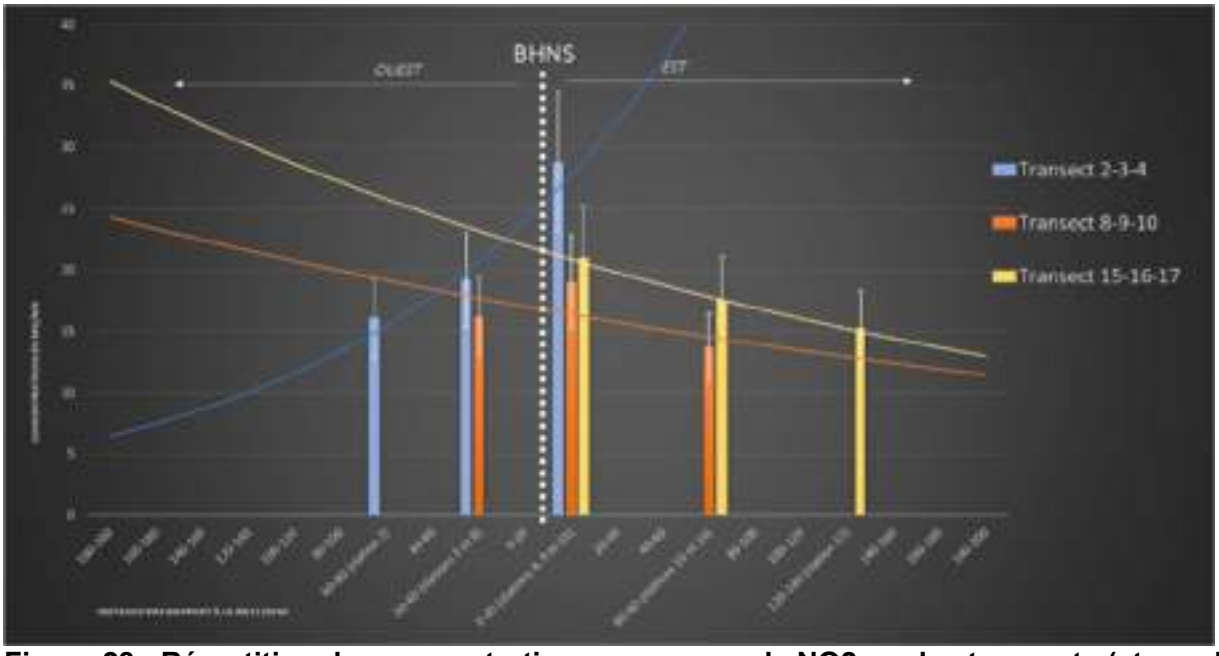


Figure 28 : Répartition des concentrations moyennes de NO2 sur les transects (et courbes de tendance) durant les mesures réalisées par EVADIES (en µg/m3)

Un premier constat s'attache au phénomène de décroissance des concentrations de part et d'autre du tracé en fonction de la distance par rapport au centre de la voie. Cette décroissance reste particulièrement visible dans les premiers 50 à 100 mètres de part et d'autre de la voie.

Le second constat concerne alors la prise en compte de chaque transect de manière isolée. Ainsi, les mesures les plus élevées sont recensées au niveau du transect réalisé sur la route de Canolle au niveau du centre hospitalier. A titre d'exemple sur le transect effectué au niveau de l'hôpital une baisse de près d'un facteur 2 sur 80 mètres est mis en avant. Il s'agit du transect le plus marqué par la décroissance puisqu'il s'agit aussi de celui le plus influencé par le flux routier.

Concernant les autres transects les courbes de tendance mettent en avant une décroissance toujours notable mais moins importante puisque les teneurs se rapprochent du bruit de fond urbain.

A noter qu'il est important de nuancer la mise en avant de ces tendances au regard des incertitudes analytiques qui placent la plupart des concentrations dans une gamme de valeurs équivalentes. De plus, l'orientation du transect correspond à l'axe des vents (en provenance majoritairement de l'ouest durant les périodes d'exposition). Ainsi, les concentrations mesurées et la décroissance soulignée sont également à mettre en relation avec les conditions météorologiques enregistrées.

Sur la base de la campagne de mesures réalisées, le projet de BHNS s'intègre dans un contexte où les concentrations en dioxyde d'azote peuvent excéder la valeur limite réglementaire sur les axes les plus fréquentés, au centre de la voie. La décroissance des concentrations se fait toutefois très

rapidement dans les 100 premiers mètres. La qualité de l'air apparaît moins dégradée au sud du tracé en direction de Talence et Gradignan en raison d'une urbanisation et de flux de trafics moins denses.

4.3.5 CONCLUSION

En comparant les résultats aux valeurs réglementaires en vigueur, à titre indicatif uniquement, la majorité des concentrations demeurent inférieures à l'objectif de qualité relatif à ce composé tout en restant proche de la valeur limite réglementaire pour les points situés au nord du tracé. Ainsi, la nouvelle recommandation émise par l'OMS en 2021 (10 µg/m^3) est dépassée sur toutes les stations quelle que soit leur typologie. Les concentrations moyennes s'échelonnent de 11,3 à 37,2 µg/m^3. Les teneurs les plus élevées ont été recensées en bordure de voies, au nord du tracé du BHNS, plus spécifiquement aux abords de l'avenue Gautier et de la rue de Canolle.

5 ESTIMATION DES EMISSIONS

Ce chapitre porte sur l'estimation des émissions du trafic routier liées au projet étudié sur la zone d'étude comme demandé dans la note technique de février 2019 dans le cadre de la mise en place de la chaine de modélisation (« la chaine de modélisation mise en œuvre pour estimer les concentrations en polluants en lieu consiste à estimer les émissions des véhicules à partir des données de trafic et à modéliser la dispersion des polluants émis dans l'atmosphère », page 26 de la note technique de février 2019). Les émissions liées aux autres sources d'émissions présentes sur la zone d'étude et dans l'environnement proche sont présentées au chapitre 4.1.

5.1 Méthodologie

La note technique de février 2019 prévoit un inventaire des émissions du réseau routier étudié. Les émissions ont été estimées à partir de la méthodologie COPERT V (Computer programme to calculate emissions from road transport – Methodology and emission factors) qui permet la quantification de la consommation et des émissions induites par un flux de véhicules donné, sur une infrastructure donnée et à un horizon donné, en France.

La méthodologie COPERT V fait partie intégrante du guide méthodologique EMEP CORINAIR[7] de l'Agence Européenne de l'Environnement pour la réalisation des inventaires d'émissions de polluants atmosphérique en Europe. Elle est compatible avec les directives IPCC 2006[8] pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre.

Ces facteurs d'émissions unitaires par type de véhicules de COPERT V sont couplés au parc roulant français de véhicules pour fournir les facteurs d'émissions spécifiques de l'année considérée. Le parc roulant contient les informations sur la composition des véhicules roulants basé sur les immatriculations pour la situation actuelle et ces projections futures. Ce parc provient de l'IFSTTAR[9]. La version utilisée est celle de l'année 2019. Elle inclut tous les types de véhicules (VL, VUL, 2Roues, PL et bus) jusqu'à la norme technologique Euro 6, et permet des projections jusqu'en 2050.

Les facteurs d'émissions spécifiques ainsi obtenus sont enfin couplés aux données de trafic relatives au projet étudié pour obtenir les émissions associées au réseau routier étudié. La méthodologie est synthétisée sur la figure suivante.

Les émissions présentées dans ce chapitre correspondent aux émissions globales des véhicules à savoir la somme des émissions de l'échappement, de l'usure des véhicules (pneumatiques, freins, …) et de l'usure et l'entretien des voies.

[7] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook
[8] Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre
[9] Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

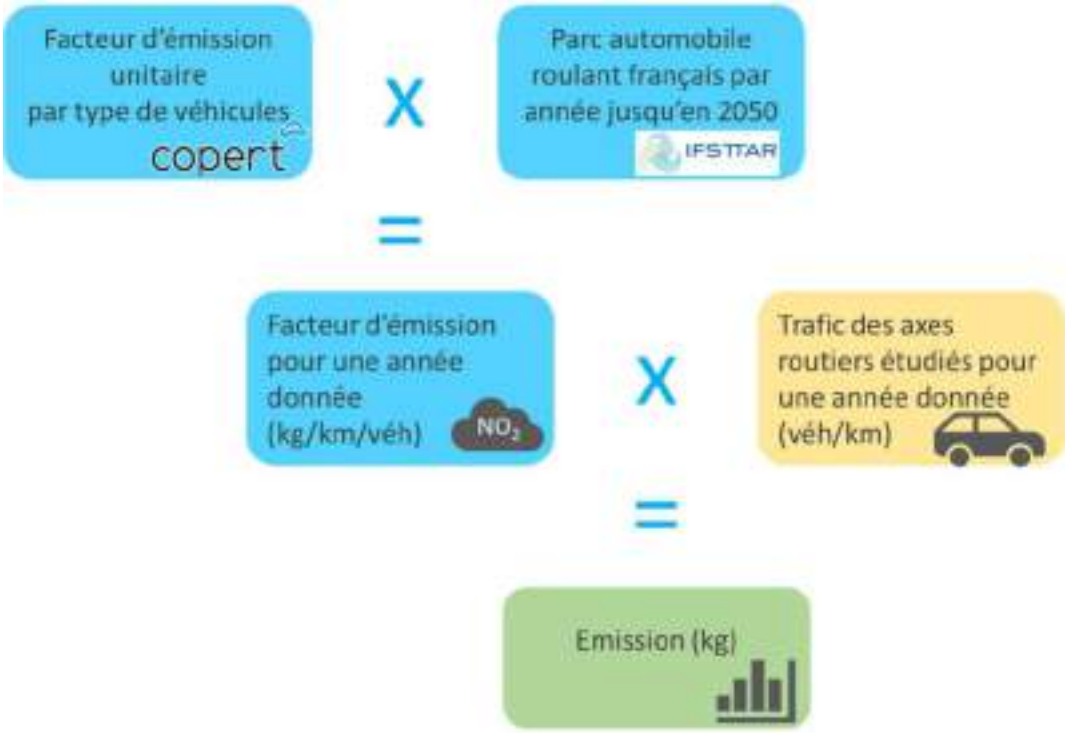


Figure 29. Méthodologie de calcul des émissions

Les taux d'émissions ont été calculés, pour l'état initial 2023 et les états futurs 2027 et 2047, pour les polluants listés dans le Tableau 1.

Les taux d'émission ont été calculés à l'échelle de la zone d'étude complète.

En plus des émissions de ces polluants listés dans le Tableau 1 ayant un impact sanitaire reconnu, les émissions de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4) et protoxyde d'azote (N_2O)), ainsi que la consommation énergétique (quantité de carburant consommée) ont été calculés.

Les données utilisées pour le calcul des émissions sont :

- l'année retenue pour la modélisation ;
- le flux de véhicules par catégorie (véhicules légers VL, poids lourds PL) ;
- la vitesse des véhicules (km/h) ;
- la distance parcourue.

On notera que pour cette étude les trafics utilisés pour 2047 sont identiques à ceux fournis pour les scénarios 2027 considérant ainsi une stabilisation des trafics jusqu'en 2047 (hypothèse validée avec Bordeaux Métropole).

Les véhicules pris en compte sont donc :

- les véhicules légers (VL) parmi lesquels est estimée une part de véhicules utilitaires légers (VUL) estimée par année en fonction des données du parc automobile roulant de l'IFFSTAR ;
- les poids lourds (PL).

Les données de trafics exploitées pour les calculs d'émissions sont celles fournies par SYSTRA pour les 5 situations étudiées. Le réseau routier retenu dans cette étude est présenté sur la Figure 1 pour l'état initial et les situations futures sans projet et la Figure 2 pour les scénarios futurs avec projet.

Le tableau suivant présente une évolution du nombre de véhicules par kilomètre parcouru. On constate une augmentation de ce nombre entre l'état initial et 2027 puis constant entre 2027 et 2047. Comme on peut s'y attendre, la mise en place du BHNS devrait conduire à une diminution du nombre de véh.km parcouru entre la situation sans et avec réalisation du projet. Cette diminution devrait toutefois être faible à l'échelle de la zone d'étude.

Tableau 21. Synthèse du nombre de véhicules par kilomètre parcouru sur les axes routiers de la zone d'étude

	Véhicules.kilomètres
Etat actuel 2023	501 940
Etat futur 2027 sans projet	516 757
Etat futur 2027 avec projet	510 157
Etat futur 2047 sans projet	516 757
Etat futur 2047 avec projet	510 157
Variation futur 2027 sans projet / Etat actuel (%)	3.0
Variation Etat futur 2027 avec / sans projet (%)	-1.3
Variation Etat futur 2047 avec / sans projet (%)	-1.3
Evolution 2027/2047 sans projet (%)	0
Evolution 2027/2047 avec projet (%)	0

Enfin, il est à noter les émissions ont également été estimées (pour les scénarios avec projet) pour la ligne du BHNS (en intégrant le type de bus et la fréquentation de la ligne).

5.2 Bilan des émissions sur le domaine d'étude

Les tableaux suivants présentent une synthèse des émissions annuelles calculées sur les voies étudiées dans la bande d'étude pour la situation actuelle et pour les états futurs 2027 et 2047 avec et sans réalisation du projet d'aménagement.

Le bilan des émissions montre ainsi une diminution des émissions entre l'état actuel et les situations futures 2027 que le projet soit ou non réalisé à l'exception de l'arsenic et du SO_2. Ces baisses s'expliquent par l'évolution du parc automobile (renouvellement) et des normes anti-pollution en vigueur sur les véhicules qui compensent l'augmentation du nombre de véhicules par km attendue sur la zone d'étude entre 2023 et 2027 (Tableau 21). Les diminutions pourraient aller jusqu'à 70 % en fonction du polluant considéré. Pour l'arsenic et le SO_2, l'amélioration des émissions des véhicules dans l'avenir ne devraient pas permettre de compenser l'augmentation globale du trafic entre 2023 et 2027.

Entre 2027 et 2047, on constate une diminution des émissions pour tous les polluants à l'exception de l'arsenic. Pour ce polluant, cette augmentation est liée à une augmentation des émissions unitaires prévues des véhicules entre 2027 et 2047 liée au renouvellement du parc automobile roulant (le trafic restant constant entre les 2 horizons).

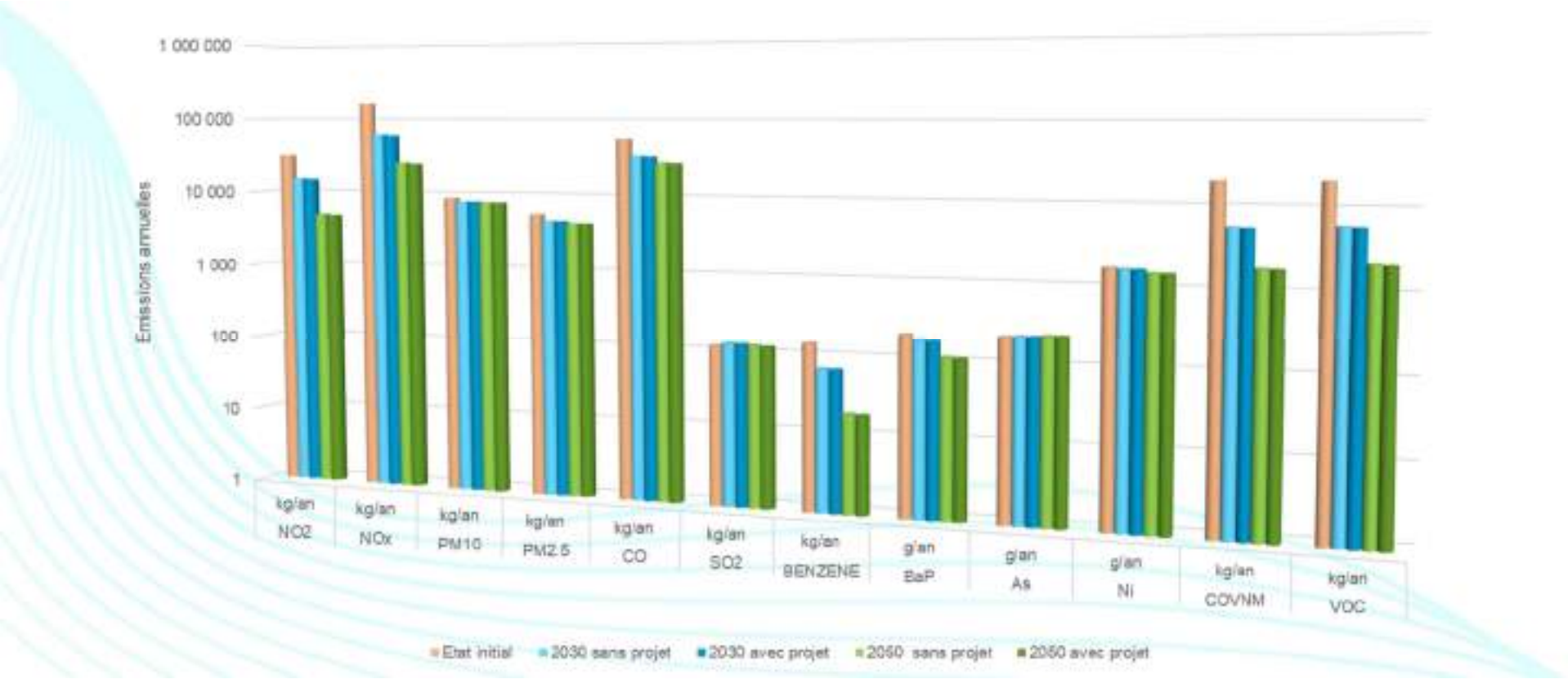
Pour tous les polluants, la réalisation de l'aménagement devrait conduire à une très légère diminution des émissions à l'échelle de la zone d'étude. Ceci est lié à la diminution du nombre de véhicule par kilomètre parcouru sur la zone d'étude que devrait engendrer la réalisation du projet. Ceci est vrai pour l'horizon 2027, comme pour l'horizon 2047.

Tableau 22. Emissions annuelles pour les scénarios étudiés en polluants

Substance	NO_2	NO_x	PM_{10}	$PM_{2.5}$	CO	SO_2	BENZENE
Unité	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an
Etat actuel 2023	31 866	163 024	8 676	5 396	55 002	120.2	144.1
Etat futur 2027 sans projet	15 263	60 783	7 823	4 461	34 053	131.3	68.7
Etat futur 2027 avec projet	14 857	58 889	7 755	4 413	33 186	128.5	67.4
Etat futur 2047 sans projet	4 825	25 301	7 700	4 211	27 450	126.1	19.2
Etat futur 2047 avec projet	4 672	24 467	7 636	4 171	26 758	123.3	18.8
Variation futur 2027 sans projet / Etat actuel (%)	-52.1	-62.7	-9.8	-17.3	-38.1	9.2	-52.3
Variation Etat futur 2027 avec / sans projet (%)	-2.7	-3.1	-0.9	-1.1	-2.5	-2.2	-2.0
Variation Etat futur 2047 avec / sans projet (%)	-3.2	-3.3	-0.8	-1.0	-2.5	-2.2	-1.9
Evolution 2027/2047 sans projet (%)	-68.4	-58.4	-1.6	-5.6	-19.4	-4.0	-72.1
Evolution 2027/2047 avec projet (%)	-68.6	-58.5	-1.5	-5.5	-19.4	-4.0	-72.1

Substance	BaP	As	Ni	COVNM	VOC
Unité	g/an	g/an	g/an	kg/an	kg/an
Etat actuel 2023	211.7	220.3	1 696	19 597	19 935
Etat futur 2027 sans projet	178.7	225.8	1 656	5 563	5 938
Etat futur 2027 avec projet	175.1	222.9	1 625	5 417	5 762
Etat futur 2047 sans projet	113.1	235.2	1 504	1 830	2 193
Etat futur 2047 avec projet	110.9	232.2	1 476	1 782	2 122
Variation futur 2027 sans projet / Etat actuel (%)	-15.6	2.5	-2.4	-71.6	-70.2
Variation Etat futur 2027 avec / sans projet (%)	-2.0	-1.3	-1.9	-2.6	-3.0
Variation Etat futur 2047 avec / sans projet (%)	-2.0	-1.3	-1.9	-2.6	-3.2
Evolution 2027/2047 sans projet (%)	-36.7	4.2	-9.2	-67.1	-63.1
Evolution 2027/2047 avec projet (%)	-36.7	4.2	-9.1	-67.1	-63.2

Figure 30. Emissions annuelles pour les scénarios étudiés en polluants (échelle logarithmique)



5.3 Bilan des émissions des gaz à effet de serre

Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées au projet et ayant pour origine la combustion du carburant par les véhicules sont présentées dans le Tableau 29.

Les gaz contribuant à l'augmentation de l'effet de serre pris en compte dans la réalisation de ce bilan sont le CO_2, le CH_4 et le N_2O. La contribution à l'augmentation de l'effet de serre de chacun de ces GES, exprimée en équivalent CO_2 (CO_2e) est calculée en utilisant les potentiels de réchauffement climatique à 100 ans pour chacun des gaz concernés à savoir respectivement 1, 27.9 et 273 pour le CO_2, CH_4 et le N_2O (durée de séjour dans l'atmosphère et potentiel de réchauffement global (PRG) des gaz à effet de serre (Sixième rapport d'évaluation (AR6) du GIEC, 2021).

Tableau 23. Emissions annuelles directes pour les scénarios étudiés de gaz à effet de serre

Substance	CO_2	CH_4	N_2O	Pouvoir de réchauffement global
Unité	T/an	T/an	T/an	tonne CO_2e/an
Etat actuel 2023	54 585	0.373	0.627	54 766
Etat futur 2027 sans projet	58 543	0.447	0.999	58 828
Etat futur 2027 avec projet	57 183	0.398	0.975	57 460
Etat futur 2047 sans projet	51 755	0.462	0.917	52 019
Etat futur 2047 avec projet	50 527	0.408	0.895	50 783

L'analyse du bilan des émissions de gaz à effet de serre montre, pour les 3 polluants :

- Une augmentation des émissions entre 2023 et 2027 (augmentation d'environ 7% par exemple en CO_{2e}). Les trafics n'évoluant pas entre 2027 et 2047, les émissions devraient diminuer de quelques pourcents (du fait des améliorations des rejets des véhicules entre les deux horizons) que le projet soit ou non réalisé en CO_2, N_2O et CO_{2e}. En CH_4, l'augmentation des émissions devraient se poursuivre entre 2027 et 2047.
- Que l'aménagement du projet devrait entrainer une légère diminution des émissions liée à une diminution du nombre de véhicules par kilomètre parcouru globalement sur la zone d'étude en 2027 comme en 2047.

5.4 Consommation de carburant

Le tableau suivant présente les consommations en carburant estimées dans la zone d'étude.

Tableau 24. Consommation de carburant

Scénario	T/an
Etat actuel 2023	17 195
Etat futur 2027 sans projet	18 430
Etat futur 2027 avec projet	17 999
Etat futur 2047 sans projet	16 298
Etat futur 2047 avec projet	15 909

L'analyse du bilan des émissions de gaz à effet de serre montre une augmentation des consommations entre 2023 et 2027 (augmentation de 7%) puis une diminution des consommations entre 2027 et 2047 (diminution d'environ 11%) que le projet soit ou non réalisé. Ces diminutions sont liées à une amélioration du parc automobile roulant malgré l'augmentation des trafics entre 2023 et 2027 et des trafics constants entre 2027 et 2047.

L'aménagement du projet devrait entrainer une légère diminution des consommations de carburant (d'environ 2 %) liée à une diminution du nombre de véhicules par kilomètre parcouru globalement sur la zone d'étude en 2027 comme en 2047.

6 MODELISATION DE LA DISPERSION

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur la zone d'étude a été réalisée avec le modèle de dispersion atmosphérique ADMS-Urban, afin d'évaluer pour chaque situation la contribution des voies aux concentrations moyennes annuelles dans l'air et aux percentiles réglementaires pour les substances étudiées. La modélisation s'est appuyée sur les émissions présentées au chapitre précédent.

Les concentrations en polluants ont été modélisées à l'aide du logiciel ADMS-Urban version 5.

6.1 Description du modèle ADMS Urban

Le système de gestion de la qualité de l'air ADMS-Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), utilisé, reconnu et validé internationalement. Considéré par l'INERIS comme la nouvelle génération des modèles de dispersion atmosphérique, il a été validé grâce au « Model Validation Kit », outil européen d'évaluation des modèles de dispersion. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux (CEREMA, INERIS, FranceFrance, l'École Centrale de Lyon…), des industriels (TOTAL, SOLVAY, …) ainsi que des associations pour la surveillance de la qualité de l'air (AIRPARIF, Atmo Grand Est, Atmo SUD, Atmo Poitou-Charentes, Atmo Occitanie, Atmo ATMO Hauts de France, Air Pays de la Loire…).

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le Cambridge Environemental Reseach Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société NUMTECH, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

Outre un modèle de dispersion, ADMS intègre de nombreux modules permettant la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'Information Géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO). Il permet par ailleurs de prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux polluants (NO_x, CO, SO_2, COV, métaux, HAP, …), pouvant provenir de plus de 3000 sources différentes.

Il est par ailleurs utilisé par de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Paris, Lille, Nancy, La Rochelle, Lyon, Londres, Budapest, Rome, Pékin, Shanghai…

Le modèle ADMS-Urban est décrit de façon plus complète en Annexe 2.

6.2 Phénomènes pris en compte dans la modélisation de la dispersion atmosphérique

Pour cette étude, les phénomènes physiques pris en compte par le modèle ADMS-Urban sont listés dans le Tableau 32.

Tableau 25. Phénomènes pris en compte dans la modélisation

Phénomène physique	Pris en compte par le modèle dans l'étude	Commentaires
Météorologie locale	oui	Données de surface horaires pour l'année 2023, mesurées à la station Météo France de Bordeaux-Mérignac pour le vent (Figure 31), la température, les précipitations, et la nébulosité, et complétées de données de rayonnement et stabilité simulés par le modèle météorologique AROME sur la zone, pour combler les données de nébulosité mesurées manquantes
Description verticale de la turbulence atmosphérique	oui	Analyse d'échelle de Monin-Obukhov
Cycle diurne du développement de la couche de mélange atmosphérique	oui	Les données météorologiques horaires ne sont pas traitées de façon indépendante, mais en considérant toujours les 24 heures précédentes
Nature des sols rencontrés	oui	Hauteur de rugosité moyenne de 0,8 mètre sur le domaine d'étude (occupation des sols homogène sur le domaine d'étude) et de 0.2 mètre au niveau du site de mesure météorologique
Nature particulaire des poussières	non	Le dépôt sec (chute par gravité) et humide (lessivage par les précipitations) n'ont pas été pris en compte dans la modélisation car leur effet sur les concentrations sont négligeables pour ce type de source. Ceci constitue une hypothèse majorante.
Évolution chimique des polluants	oui	Les évolutions chimiques simples survenant entre l'O_3, les NO_x, le SO_2 et les poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$ ont été prises en compte dans le modèle
Variabilité temporelle des émissions	oui	Des profils temporaires ont été utilisés
Obstacles autour des voies	oui	L'effet « canyon » (encaissement des voies entre des bâtiments) a été pris en compte dans le modèle à partir des caractéristiques des bâtis issues de la BD TOPO de l'IGN
Effet de la topographie (relief) sur la dispersion des panaches	non	Le relief a été considéré comme plat sur le domaine.
Effets des écrans acoustiques	non	Pas d'information sur les écrans acoustiques

Les hypothèses de modélisation utilisées pour les calculs de la situation actuelle et des situations 2027 et 2047 avec ou sans réalisation du projet d'aménagement sont en grande partie identiques.

Les aménagements pris en compte spécifiquement pour les situations avec projet dans la modélisation portent notamment sur les modifications du réseau routier suite à la réalisation du BHNS par exemple (sur la base du tracé du projet fournis par SYSTRA) et les modifications de trafic induits.

Le tracé du projet est présenté **Figure 3**. Une distinction est donc faite entre l'état initial, les situations futures sans réalisation du projet d'une part et les situations futures avec réalisation du projet d'autre part.

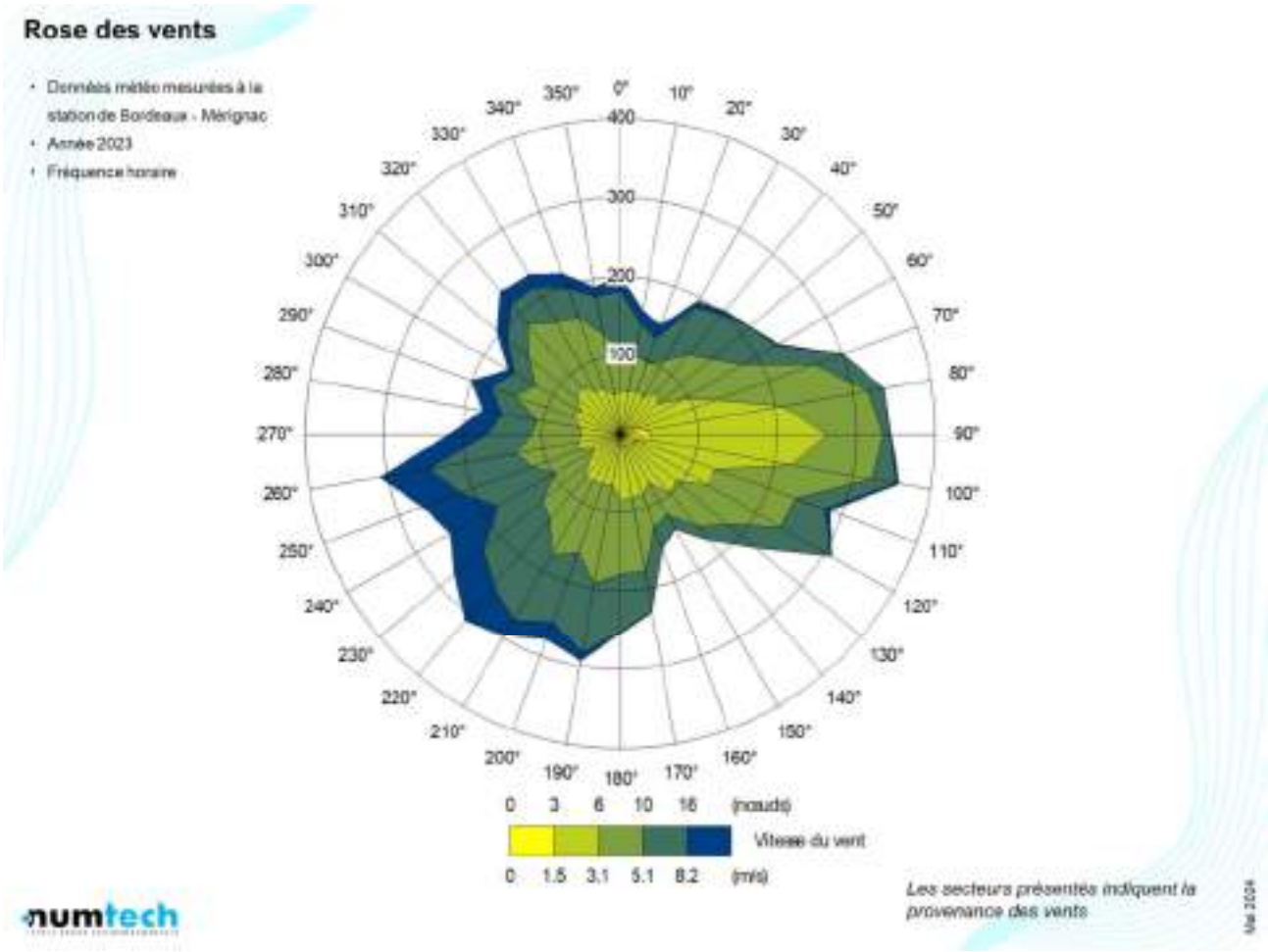


Figure 31. Rose des vents mesurées à la station de Bordeaux-Mérignac pour l'année 2023

6.3 Présentation des calculs réalisés par modélisation

Les simulations ont permis d'obtenir pour chaque situation, les concentrations moyennes annuelles dans l'air en polluants faisant l'objet d'une réglementation et les percentiles réglementaires.

6.3.1 POLLUANTS ET STATISTIQUES MODELISES

Les simulations réalisées dans cette étude ont permis d'évaluer les grandeurs statistiques (moyennes annuelles et percentiles réglementaires) nécessaires pour les polluants listés dans le Tableau 6, sur la zone d'étude.

On rappelle que le percentile Px (horaire ou journalier) représente la concentration à laquelle x% des valeurs (horaires ou journalières) calculées sur la période sont inférieures.

La famille des oxydes d'azote (NO_x) est composée du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO_2). Ce dernier est le composé le plus toxique, et fait l'objet d'une réglementation dans l'air. De plus il réagit rapidement avec son environnement. Les concentrations en NO_2 ont donc été calculées dans ADMS grâce à un module chimique spécifique.

Les calculs de modélisation intègrent pour certains polluants une pollution de fond horaire provenant des stations fixes du réseau de surveillance de la qualité de l'air Atmo Nouvelle-Aquitaine. Les calculs ont été réalisés pour l'année de référence 2023.

Toutes les concentrations ont été calculées à 1,5 mètre au-dessus du sol, à partir des données météorologiques mesurées durant l'année 2023 (données horaires). Elles ont été calculées en chaque point du maillage pour la situation actuelle, et les situations futures avec et sans projet.

Le réseau routier modélisé correspond à l'ensemble des axes routiers précédemment identifiés dans la zone d'étude.

6.3.2 CALAGE DU MODELE

En amont des calculs de dispersion, un calage du modèle a été réalisé sur la base des mesures réalisées par Evadies sur la zone d'étude du 20 septembre 2022 au 18 octobre 2022. Cette campagne est présentée au chapitre 4.3. Ce calage s'est appuyé sur un calcul des concentrations en NO_2, polluant pour lequel les émissions sont bien connues et les processus de dispersion bien identifiés et modélisés, obtenues au niveau de la localisation des points de mesures disponibles lors de la campagne. Les résultats ont ainsi été comparés directement, et le modèle ajusté.

- Procédure de calage

La Figure 13 synthétise la phase de calage en 4 étapes. La phase de validation apparaît à plusieurs moments dans la phase de calage, il s'agit d'une étape préliminaire (étape 1) et d'une étape finale (inclus dans l'étape 4).

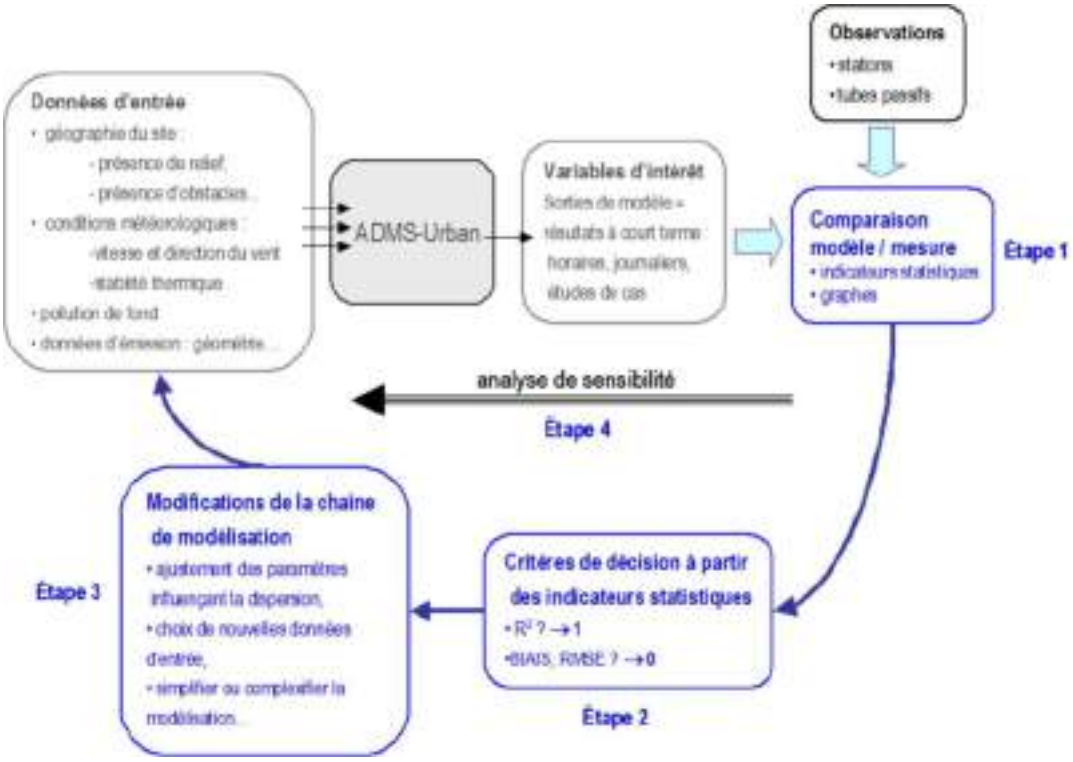


Figure 32. Schéma descriptif de la phase de calage

L'étape 1 consiste à comparer les sorties de modèle aux mesures, cette tâche nécessite plusieurs moyens comme, en priorité, l'utilisation d'indicateurs statistiques. Ces outils permettent de connaître l'état général de la modélisation en quantifiant l'erreur totale et l'erreur systématique du modèle.

Les valeurs des indicateurs statistiques obtenues permettent de déterminer si un ajustement est nécessaire. Il s'agit de l'étape 2. On pourra juger par exemple que des ajustements sont indispensables pour des valeurs de biais et/ou un coefficient de corrélation trop faible (inférieur à 0.5).

L'étape 3 consiste ensuite à modifier la chaîne de modélisation, c'est-à-dire ajuster les données d'entrée, complexifier ou simplifier le modèle.

Parallèlement, l'étape 4 consiste à faire une analyse de la sensibilité du modèle pour différents jeux de données d'entrée testés, afin de faciliter et d'optimiser l'étape 3.

Lorsque le calage est abouti pour une période et une zone donnée, la modélisation pourra être envisagée pour des scénarii prospectifs pour lesquels aucun moyen de comparaison à la réalité n'est possible.

- Variables d'ajustement

Dans le cadre de cette étude, la configuration de la modélisation de la situation actuelle a été optimisée afin de mieux prendre en compte l'environnement de la zone d'étude. Cette optimisation a porté sur les paramètres suivants :

- la pollution de fond issue des stations Atmo Nouvelle-Aquitaine. Des données horaires sont intégrées dans le modèle afin de restituer au mieux les variations temporelles de la pollution de fond (variation journalière et mensuelle / saisonnière) et donc les niveaux de concentrations, notamment en termes de percentiles réglementaires. Les données provenant des différentes stations dites de « fond » ont été testées.

- la stabilité thermique minimale pour les conditions nocturnes (longueur minimale de Monin-Obukhov) qui renseigne sur les conditions dispersives rencontrées la nuit localement.
- la hauteur de rugosité retenue sur la zone d'étude.
- le relief.
- le choix de la complexité du module de chimie.

Validation des résultats simulés

Afin de valider les capacités du modèle à restituer les niveaux de concentration des polluants et leur distribution spatiale sur le domaine d'étude, les comparaisons modèle / mesure ont porté sur le NO_2.

Les résultats présentés sont issus de la configuration présentant les meilleurs résultats à l'issue des tests. Les paramètres spécifiques à cette configuration sont les suivants :

- Rugosité homogène sur le domaine d'étude de 0.8 m et de 0.2 m au niveau du site de mesure météorologique ;
- Utilisation du module chimique GRS d'ADMS Urban ;
- Pollution de fond : la zone d'étude s'étend sur une zone urbaine et périurbaine. Les mesures réalisées par les stations permettant de reproduire correctement les concentrations mesurées sur la zone d'étude ont donc été testées.
  - en NO_2 et en ozone : suite au calage du modèle, la pollution de fond utilisé dans les modélisations provient de la station de Grand Parc pour le NO_2 et l'ozone ;
  - en PM_{10} : conformément aux résultats obtenus pour le NO_2, les données mesurées en PM_{10} et $PM_{2.5}$ à la station de Grand Parc ont également été retenues comme pollution de fond ;
  - en $PM_{2.5}$: les données n'étant pas disponible à la station Grand Parc (station « Urbaine de fond » proche du domaine d'étude), les données de la station Talence ont été utilisées ;
  - pour les autres polluants SO_2, CO, benzène, métaux et B(a)P : aucune donnée mesurée à un pas de temps horaire à proximité de la bande d'étude n'étant disponible, aucune pollution n'a pu être intégrée dans les modélisations pour ces polluants.
- Longueur minimale de Monin-Obukhov permettant de restituer l'effet d'ilot de chaleur urbain courant sur les agglomérations : 30 mètres, valeur caractéristique d'un milieu à la fois urbain et périurbain.

Résultats en NO_2

La Figure 33 présente les résultats de la comparaison entre les concentrations moyennes mesurées et modélisées en NO_2 lors de la campagne réalisée par EVADIES dans le cadre de cette étude.

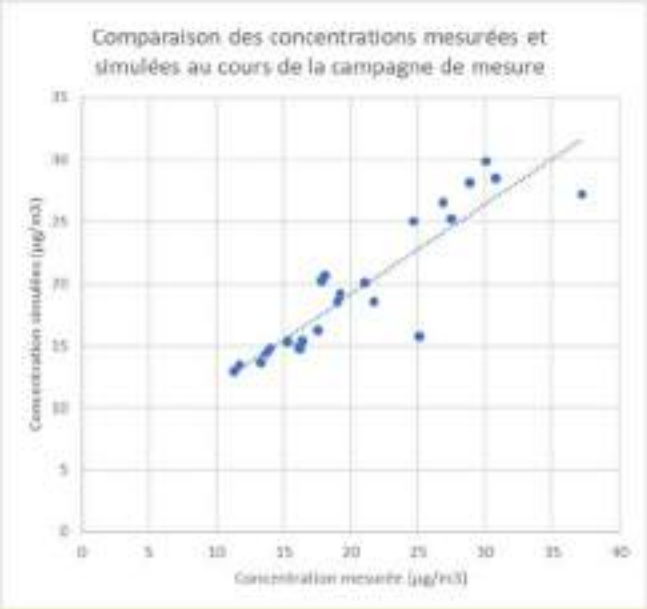


Figure 33. Comparaison des valeurs modélisées et mesurées en NO_2 aux points lors de la campagne de mesure

On constate que le modèle reproduit de la même manière les concentrations simulées au cours des deux campagnes. Le coefficient de corrélation est de 0.9, ce qui est un bon résultat. Ce coefficient montre la bonne capacité du modèle à reproduire le champ de concentration lié au projet. On notera une légère surestimation des niveaux de fond par le modèle, ce qui signifie que les calculs réalisés seront majorants sur ces zones. A l'inverse, on constate une très légère sous-estimation des concentrations les plus fortes.

Les calculs de concentrations en NO_2, PM_{10} et $PM_{2.5}$ intègrent une pollution de fond (mesurée à un pas de temps horaire par les stations du réseau local de qualité de l'air). A défaut de données suffisantes (données horaires), les calculs réalisés pour les autres polluants ne peuvent intégrer de pollution de fond. Pour ces polluants, les concentrations simulées représentent la contribution du réseau routier modélisée aux concentrations ambiantes.

La pollution de fond intégrée dans le modèle est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 26. Synthèse de la pollution de fond intégrée aux modélisations.

Polluants	Moyenne annuelle µg/m³	Maximum journalier µg/m³
NO_2	11.8	43.2
PM_{10}	16.7	64.6
$PM_{2.5}$	9.6	58.1

6.4 Dispersion des polluants dans la zone d'étude

Ce paragraphe présente les concentrations calculées sur le domaine pour le NO_2, principal traceur de la pollution automobile pour le scénario actuel et les situations futures avec et sans projet d'aménagement. Les cartographies des moyennes annuelles en PM_{10} et $PM_{2.5}$ sont présentées en Annexe 3.

Les concentrations simulées tiennent compte de la contribution du réseau routier modélisé (environ 650 axes sur la zone d'étude) et intègrent la pollution de fond pour certains polluants, comme explicité dans le chapitre précédent. Le choix de la pollution de fond retenue est argumenté dans le chapitre précédent. Cette pollution de fond permet d'intégrer dans les calculs de concentrations toutes les sources de pollution non prise en compte dans le modèle comme le secteur résidentiel / tertiaire, industriel, ...

Les calculs ont été réalisés pour les 5 scénarios étudiés sur une grille d'environ 16 000 points répartis sur la zone d'étude en fonction de la localisation des sources d'émissions, avec une résolution maximale de 50m (Figure 34).

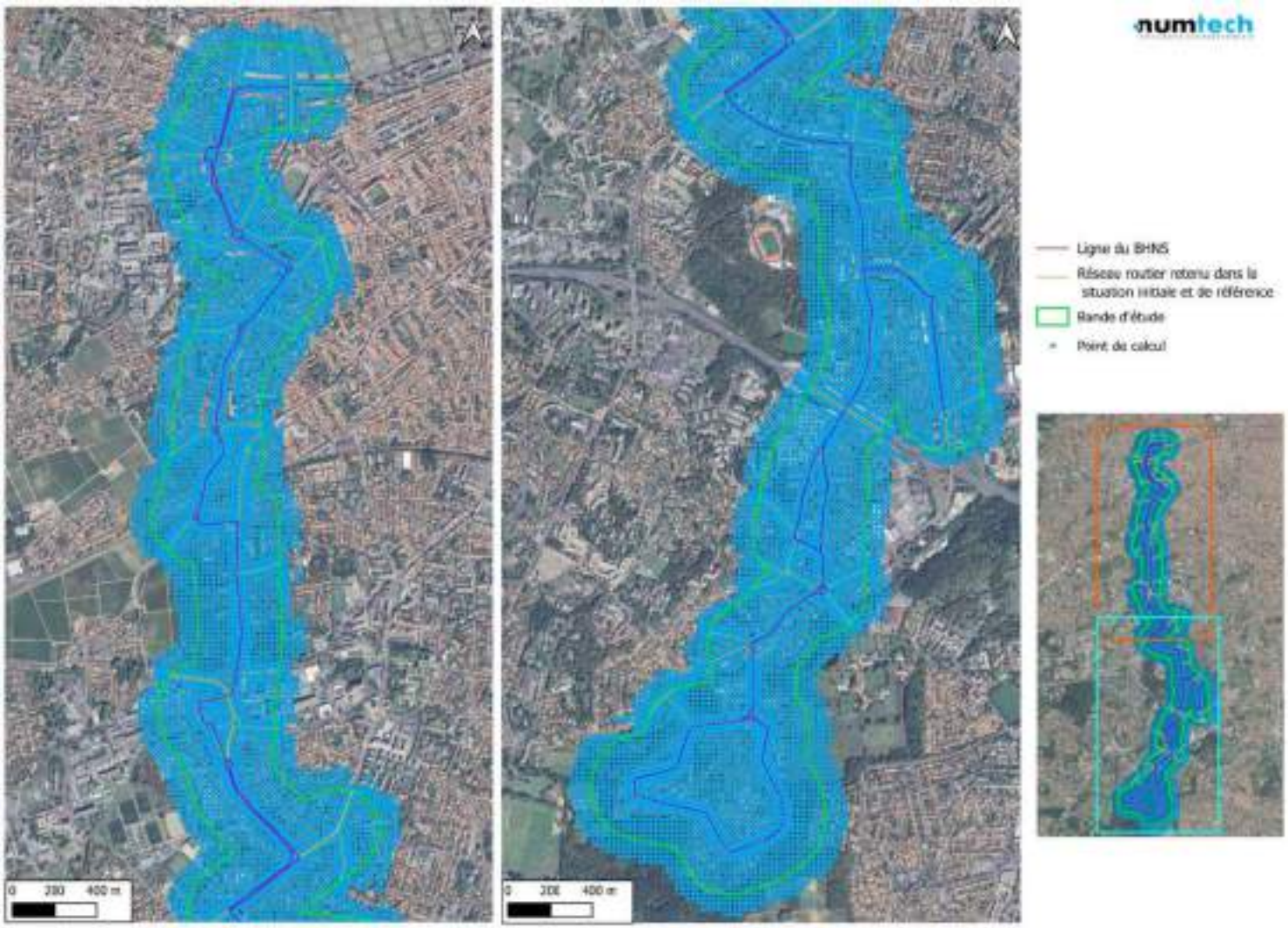


Figure 34. Maillage

La Figure 36 à la Figure 40 présentent les cartographies de la moyenne annuelle en NO_2 pour l'état initial et les scénarios 2027 et 2047 sans et avec réalisation du projet d'aménagement. Ces résultats intègrent la pollution de fond.

Les concentrations simulées sur la zone d'étude étant directement dépendantes des émissions et donc des conditions de circulation (trafics et vitesses des véhicules), la variabilité spatiale des concentrations sur la bande d'étude est très importante. Pour la situation actuelle, les niveaux moyens annuels en NO_2 les plus élevés sont atteints sur les axes routiers les plus fréquentés, tels que :

- l'autoroute A630 ;
- et, dans une moindre mesure, le cour de la Libération.

Les concentrations diminuent ensuite rapidement en fonction de la distance aux voies de circulation pour atteindre un niveau d'environ 13 µg/m^3, proche de la pollution de fond estimé sur la zone d'étude.

A titre d'exemple et pour illustrer cette décroissance forte des concentrations, la Figure 35 présente la répartition des concentrations de part et d'autre d'une section routière suivant un transect positionné perpendiculairement aux voies de circulation. Ce graphique met bien en évidence la décroissance rapide des concentrations en fonction de la distance aux voies. Deux polluants sont présentés :

- le NO_2, polluant gazeux pour lequel les réactions chimiques sont prises en compte, et une pollution de fond est intégrée ;
- et un polluant particulaire, les poussières PM_{10} sans pollution de fond.

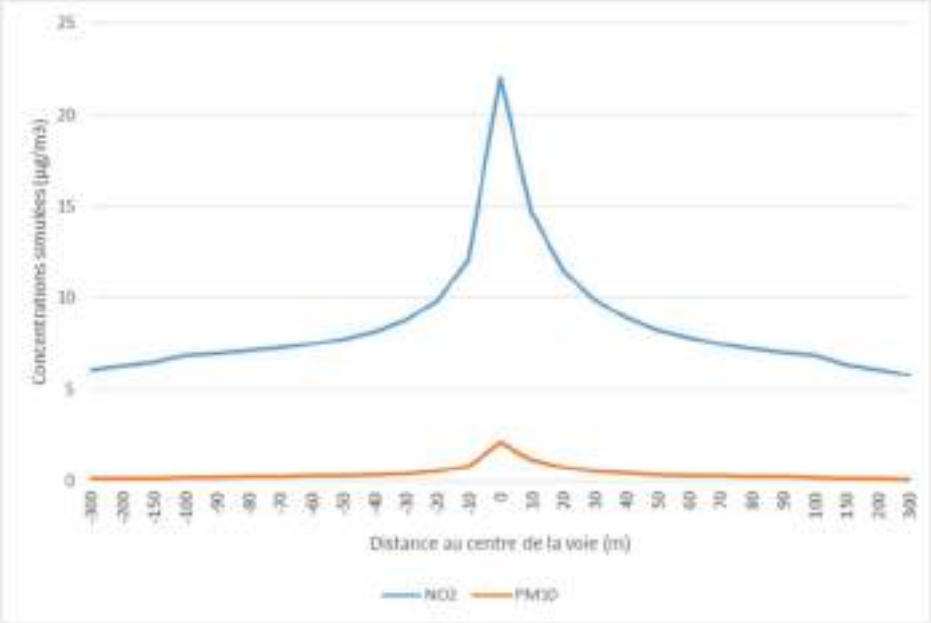


Figure 35. Niveaux de concentration simulés pour deux polluants caractéristiques, en fonction de la distance aux voies (centre des voies en 0)

En moyenne sur la zone d'étude, les niveaux de concentrations moyennes annuelles diminuent d'environ 11% entre l'état actuel et 2027, et d'environ 6% entre 2027 et 2047, que le projet soit ou non réalisé. Ceci est directement lié à l'amélioration du parc automobile roulant en termes d'émission (renouvellement et amélioration du parc roulant) qui permet de compenser l'augmentation globale du trafic (nombre de véhicule par kilomètre parcouru) entre la situation actuelle et 2027. Les niveaux les plus forts sont toujours atteints sur les principaux axes routiers.

Pour l'état initial, la modélisation montre que la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 40 µg/m^3 est respectée sur la zone d'étude, sauf sur l'autoroute A630, et de manière ponctuelle sur les voies de circulation suivantes :

- avenue Pierre Proudhon,
- cours de la Libération,
- rue de la Béchade,
- boulevard Antoine Gautier.

La modélisation montre que ces dépassements se limitent aux voies de circulation sans atteindre les premières habitations. Que le projet soit ou non réalisé, les dépassements ne devraient plus être observés sur la zone d'étude en 2027 et 2047, excepté sur l'autoroute A630 en 2027.

Les Figure 41 et Figure 42 présentent les variations de concentrations en NO_2 sur la bande d'étude entre les situations avec et sans aménagement du projet, respectivement pour 2027 et 2047. Les zones colorées en rouge correspondent à une augmentation des concentrations, les zones colorées en bleu correspondent à une diminution des concentrations (diminution de l'exposition des populations). Enfin les zones non colorées correspondent à une variation non significative des concentrations et donc de l'exposition des populations (variations inférieures à ± 2%).

Les variations significatives des niveaux (supérieures à ± 5%) sont naturellement localisées autour des axes routiers et notamment les axes routiers pour lesquels les reports de trafic liés à l'aménagement du projet sont les plus importants. Ainsi, les niveaux de concentrations devraient varier suite à la réalisation du BHNS aux abords de certains axes routiers situés sur le tracé du BHNS comme dans l'avenue de la Mission Haut-Brion, le cours de la Libération, l'avenue Pierre Proudhon mais également dans des rues annexes au projet comme la place Charles de Gaulle. Les différences de concentrations observées suite à l'aménagement du projet dépendent de la différence de trafic entre les scénarios avec et sans projet, du niveau de trafic et de l'environnement de l'axe routier (isolé ou situé à proximité d'axe plus importants) et des éventuels aménagements liés au projet lui-même.

Il est à noter que certaines variations de concentrations sont liées à la modification du tracé des axes routiers du fait de la réalisation du BHNS, qui modifient la localisation des sources d'émissions en les déplaçant par rapport aux premières habitations, ce qui modifient la dispersion autour de ces axes routiers. Ceci est visible par exemple sur l'avenue de la Mission Haut-Brion et l'avenue Pierre Proudhon : le déplacement des voies de circulation a pour effet d'augmenter les concentrations et à l'inverse de les diminuer de l'autre côté.

En fonction des modifications de trafics et/ou des axes routiers observées suite à la réalisation du projet, les niveaux pourraient donc augmenter ou diminuer (notamment le long de la ligne du BHNS) en 2027 et en 2047 sur le domaine d'étude. Les simulations montrent que :

- des variations de concentrations, en NO_2 par exemple, comprises entre -42 % (amélioration de la qualité de l'air suite à la réalisation du projet) et + 39% pourraient être observées. En termes de concentrations, les écarts pourraient être compris entre -10 µg/m^3 et + 5 µg/m^3. Ces écarts importants (notamment les augmentations) ne devraient être observés que très localement et sur les voies de circulation. En effet, en 2027, environ 1.2% de l'ensemble des points de calcul (près de 16 000 points au total) présentent des variations de concentrations supérieures à 1 µg/m^3. Ce chiffre devrait diminuer en 2047.
- En dehors de voies de circulation, donc sur des zones potentiellement habitées, les variations de concentrations pourraient être comprises entre -18.5% et +16%, ce qui correspond à des variations de concentrations comprises en -3 µg/m^3 et +2.2 µg/m^3. Les augmentations les plus importantes sont observées au niveau de la rue Arthur Rimbaud et du Cours de la libération. Ces augmentations sont liées à une modification de la voirie existante. Les écarts importants

sont toutefois très localisés, à proximité immédiate des axes routiers. En effet, hors des voies de circulation :

- Moins de 1% des points de calcul présentent une augmentation des concentrations supérieures à 2% du fait de la réalisation du projet,
- 96% des points de calcul (sur environ 12 600 points) indiquent une diminution des concentrations en NO_2 suite à la réalisation du projet, et
- 96.7% des points de calculs montrent un impact faible du projet (variation des concentrations inférieure à ±2 % suite à la réalisation du projet).

- A noter que, les écarts devraient être moindres en 2047 du fait de la diminution de la contribution des axes routiers (diminution des émissions du trafic routier globalement). L'impact du projet, hors voie de circulation, devrait donc être relativement faible (impact inférieur à ±2 µg/m^3 aux abords immédiats des voies) et les niveaux atteints suite à la réalisation du projet devraient être comparables à ce qui est observé classiquement en ville.

Le projet devrait donc globalement sur la bande d'étude avoir un faible hors voie de circulation, même si très localement, des écarts non négligeables ont été simulés.

Figure 36. Concentrations moyennes annuelles en NO_2 pour l'état initial

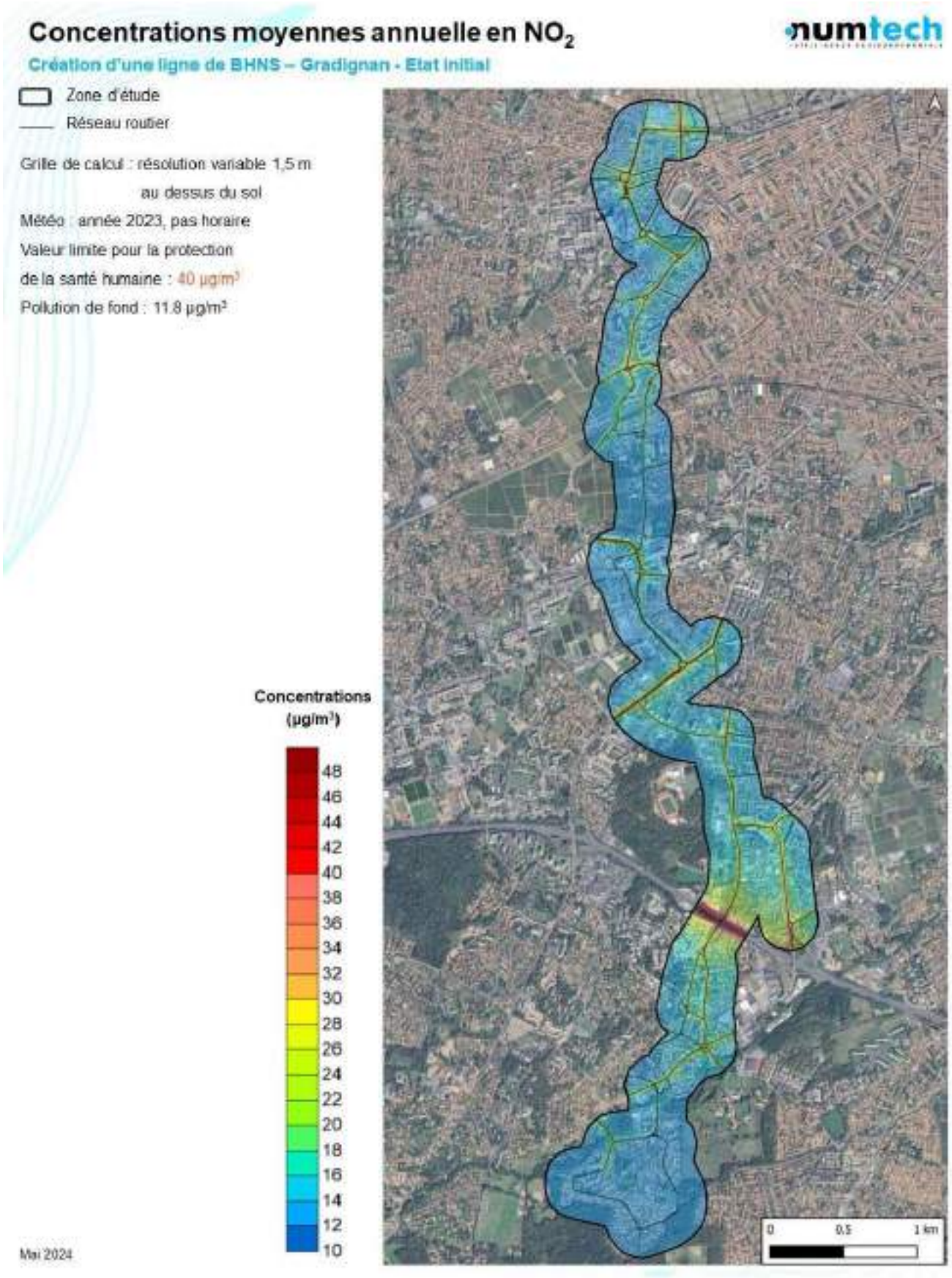


Figure 37. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2027 sans réalisation du projet

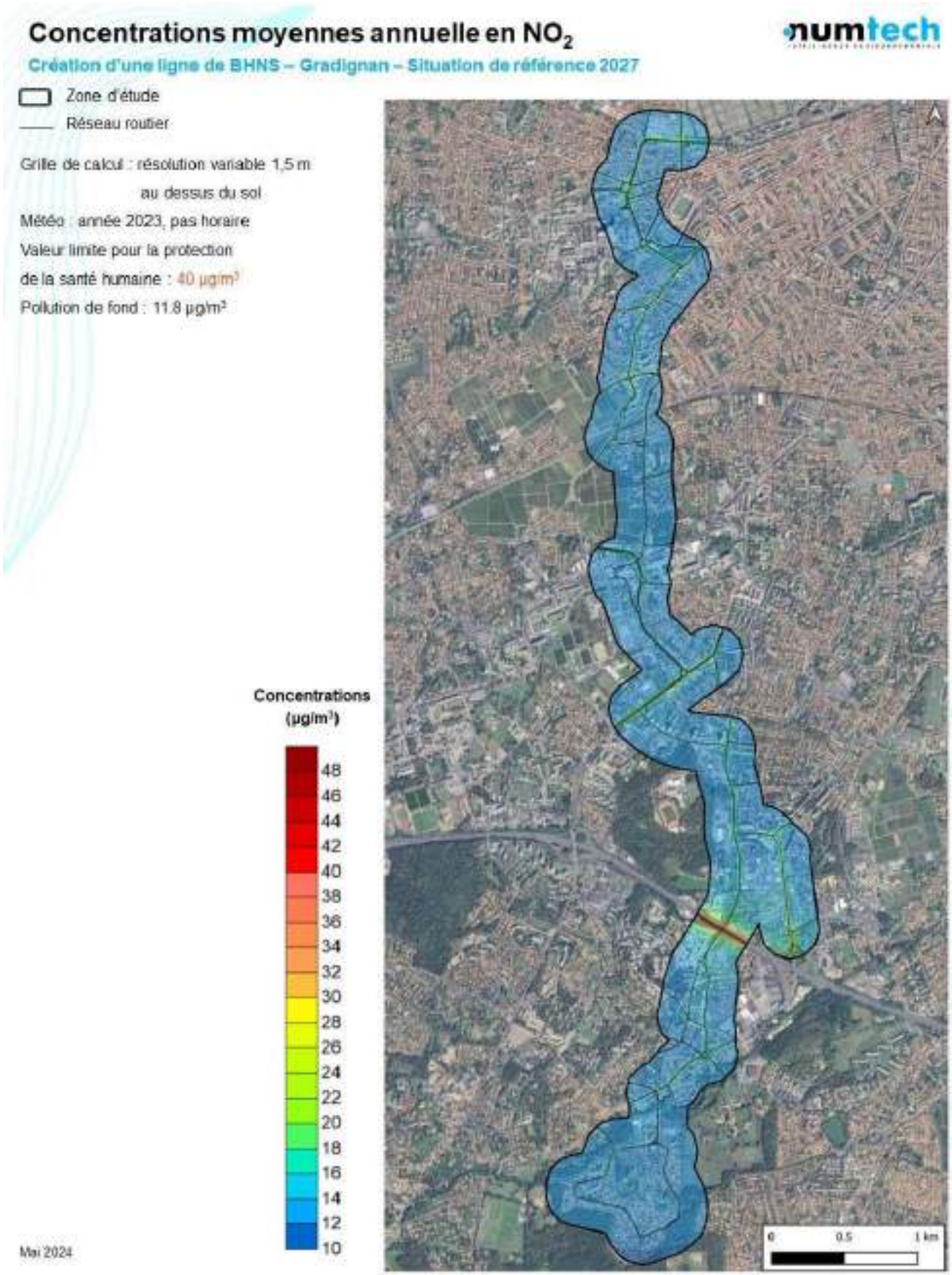


Figure 38. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2027 avec réalisation du projet

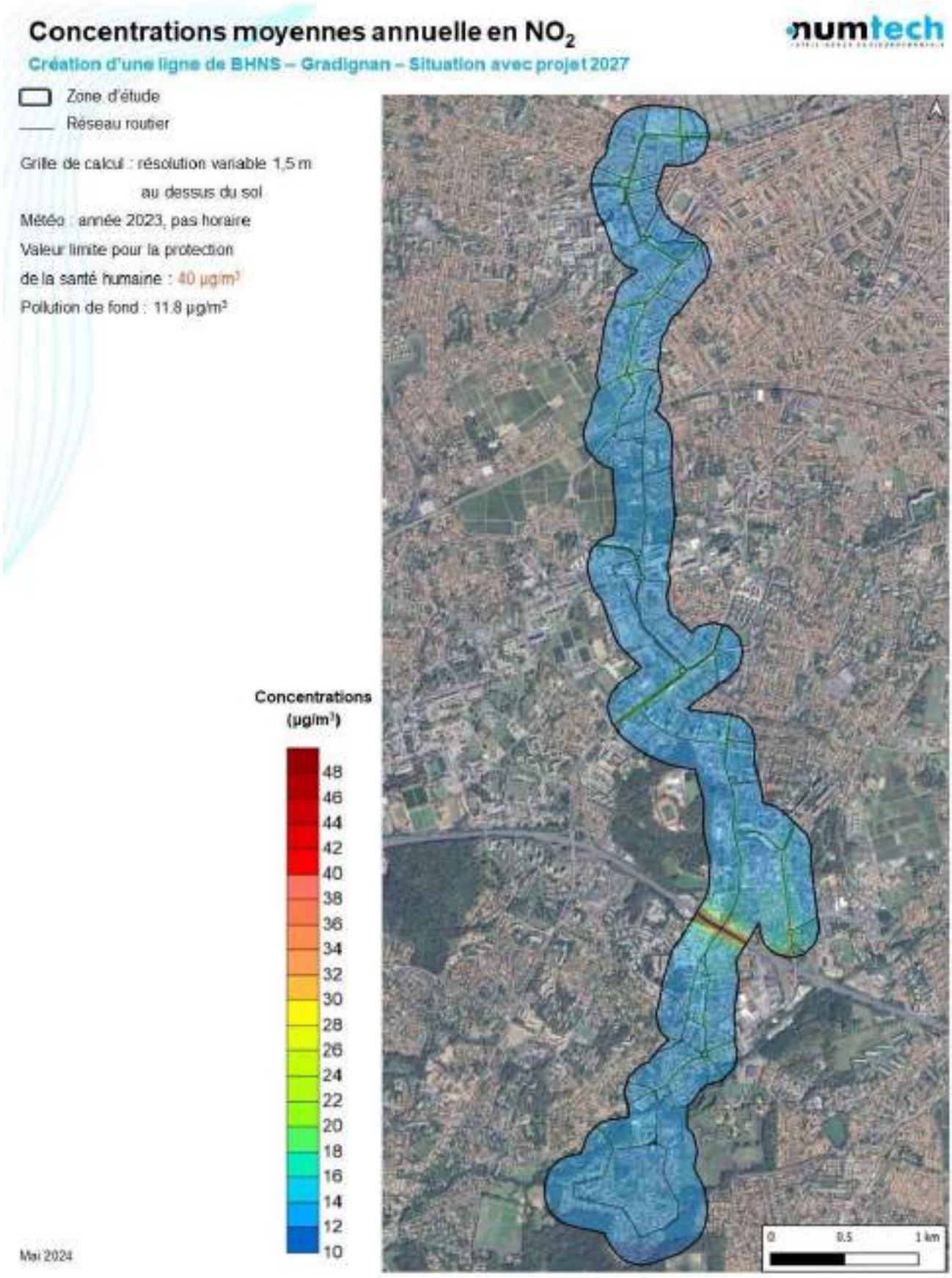


Figure 39. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2047 sans réalisation du projet

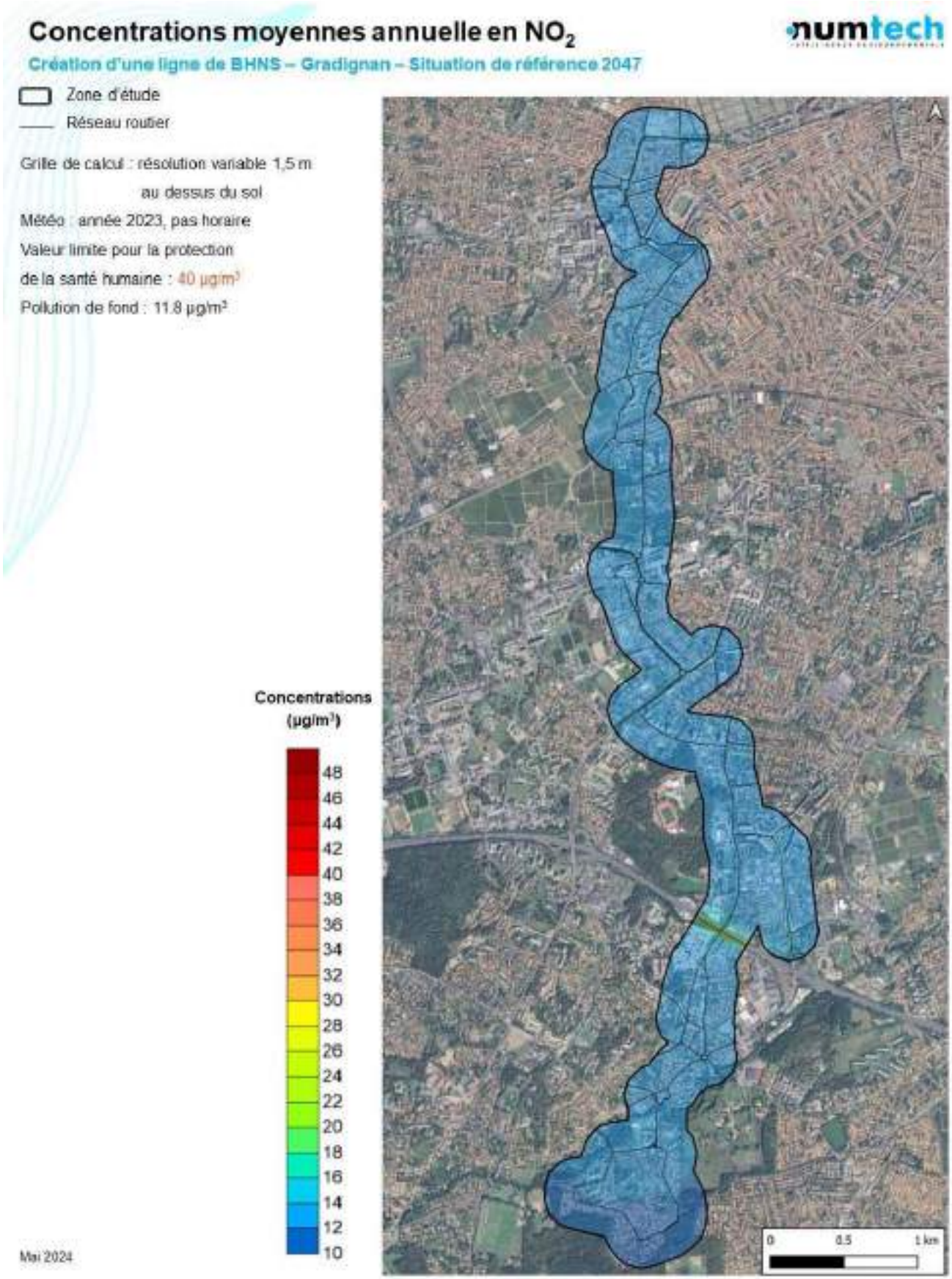


Figure 40. Concentration moyenne annuelle simulée en NO_2 pour la situation 2047 avec réalisation du projet

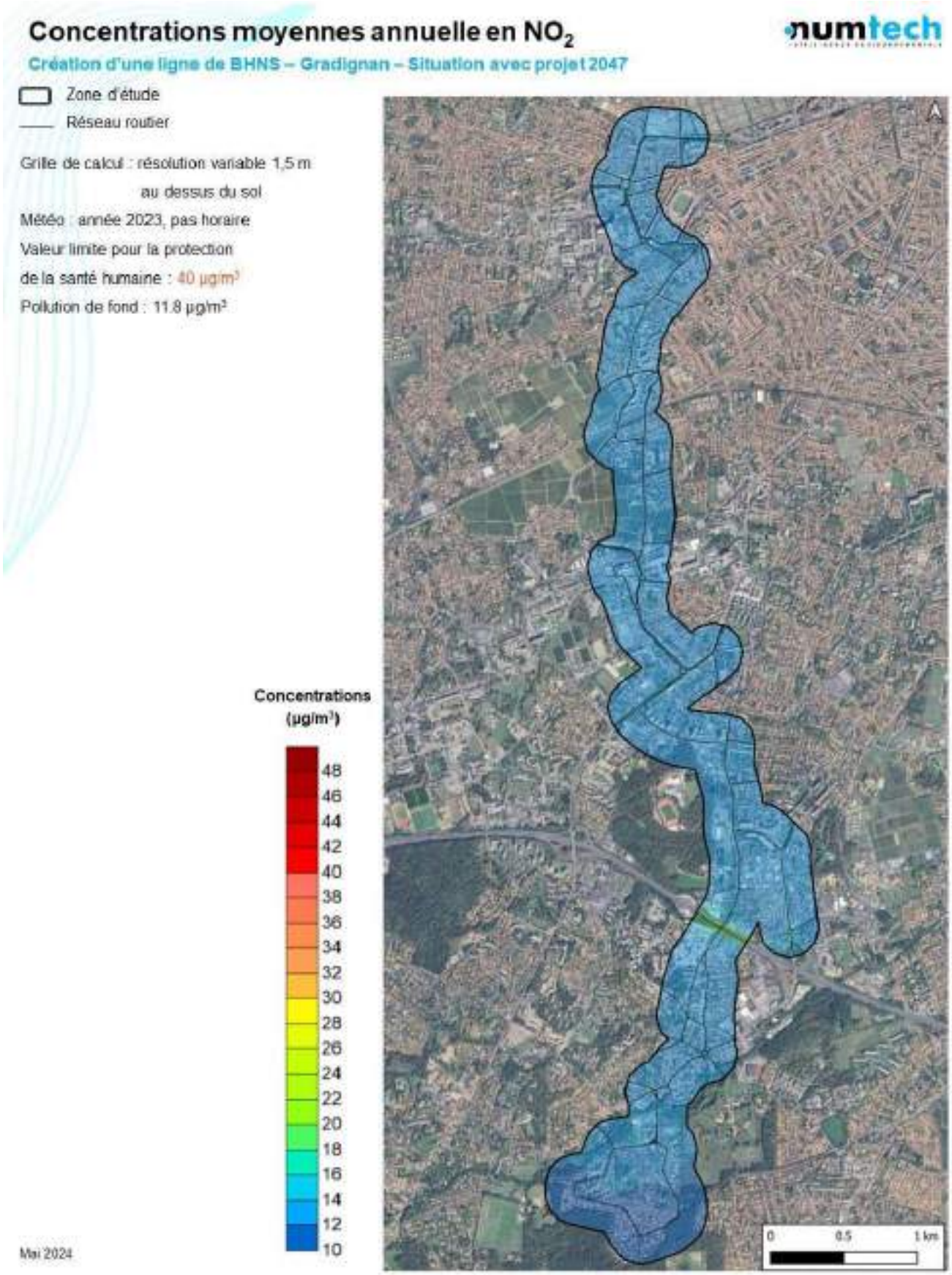


Figure 41. Impact du projet en NO_2 pour la situation 2027

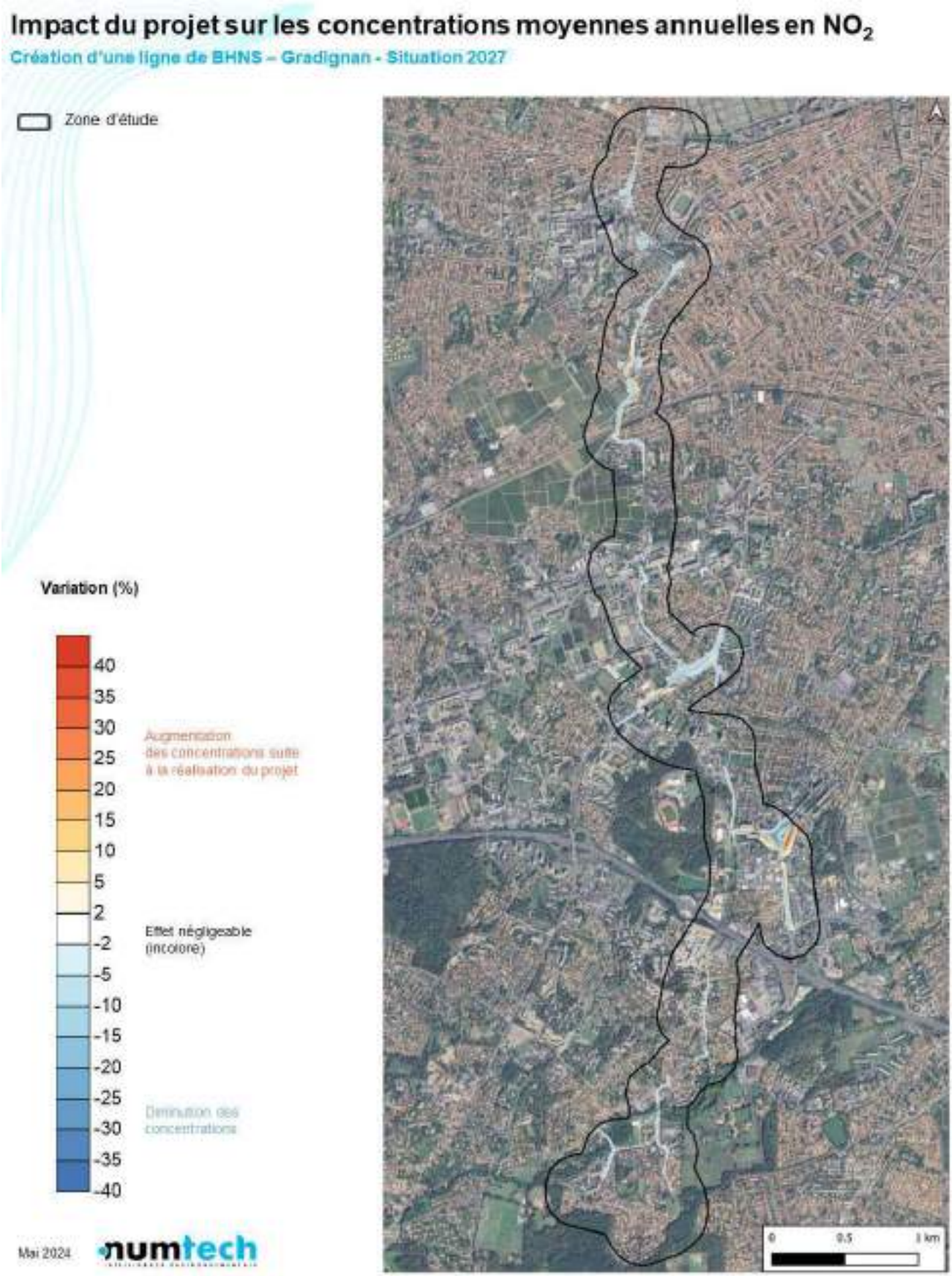
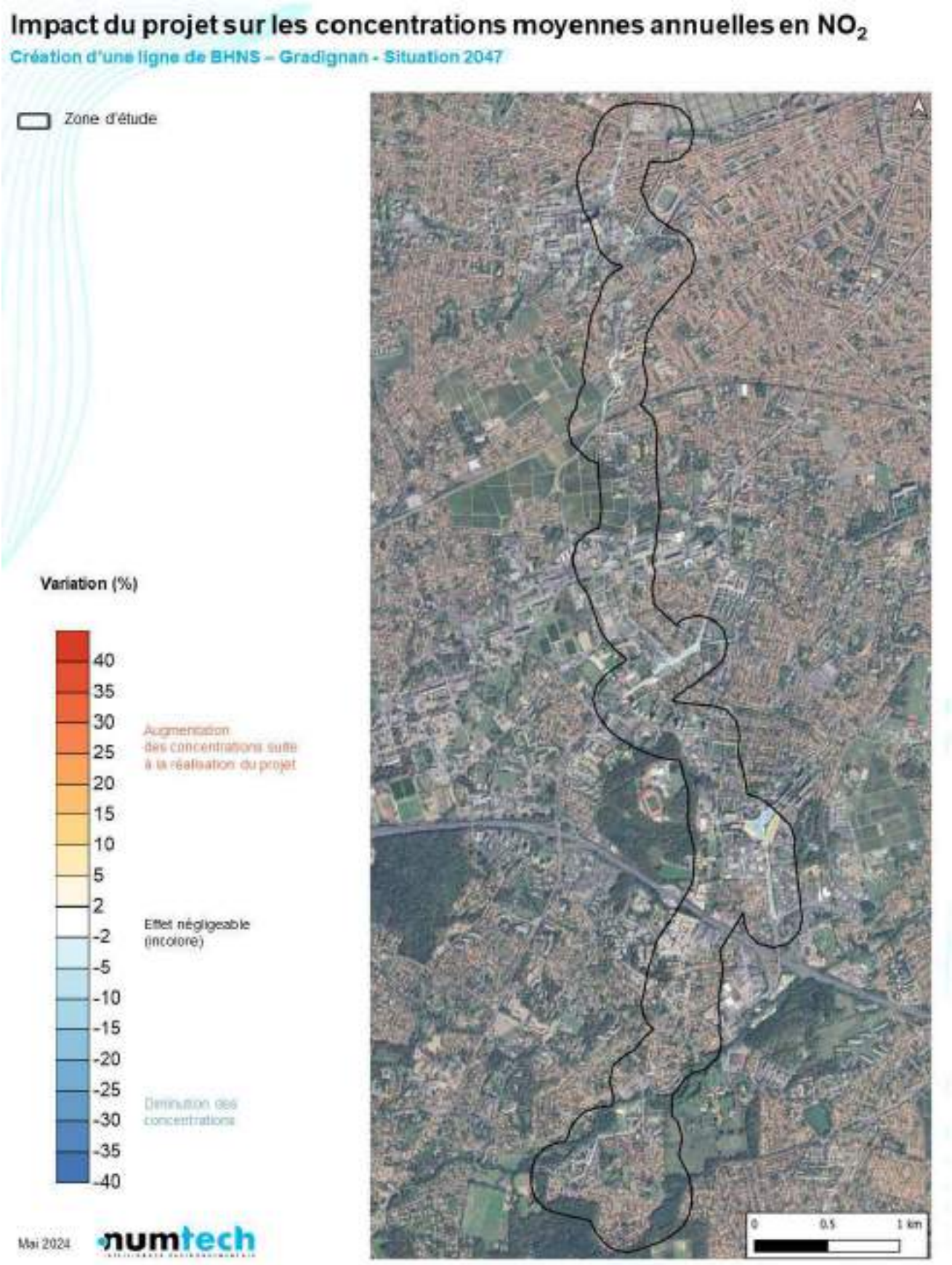


Figure 42. Impact du projet en NO_2 pour la situation 2047



6.5 Impact du projet sur la qualité de l'air

6.5.1 REGLEMENTATION RELATIVE A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Depuis 1980, la communauté européenne a établi des valeurs limites à ne pas dépasser ainsi que des valeurs guides (objectifs de qualité) pour différents polluants atmosphériques. Ces directives européennes fournissent des informations sur la stratégie d'évaluation de la qualité de l'air à mettre en œuvre. Elles ont donné lieu, en France, à la mise en place de différents décrets relatifs à la qualité de l'air, à ses effets sur la santé et à sa surveillance.

Ainsi, le décret n°2002-213 du 15 février 2002 (transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998) fixe les seuils d'alerte et les valeurs limites à ne pas dépasser pour chaque polluant surveillé par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air agréés. Les seuils ont été définis à partir des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et d'études épidémiologiques. Ce décret concerne le dioxyde d'azote, les oxydes d'azote, l'ozone, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les particules (PM_{10}), le benzène et le plomb.

Les valeurs cibles relatives à l'arsenic, au cadmium, au nickel et aux HAP (benzo(a)pyrène) proviennent de la Directive 2004/107/CE du 15 février 2004.

Depuis 2007, plusieurs décrets, relatif à la qualité de l'air et modifiant le Code de l'environnement, sont entrés en vigueur, il s'agit du :

- décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- décret n°2008-1152 du 7 novembre 2008 relatif à la qualité de l'air ;
- décret n° 2007-1479 du 12 octobre 2007 relatif à la qualité de l'air et modifiant le code de l'environnement (partie réglementaire) ;
- décret n° 2007-397 du 22 mars 2007 relatif à la partie réglementaire du code de l'environnement.

L'article R 221-1 du Code de l'Environnement fixe les seuils à respecter en termes de qualité de l'air pour plusieurs polluants. Six niveaux différents de seuils sont définis, de la façon suivante :

- Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- Niveau critique : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains ;
- Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein

de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;

- Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Les moyennes annuelles permettent d'évaluer les niveaux chroniques de pollution sur une année. Les percentiles permettent l'évaluation des niveaux aigus de pollution. Un percentile X permet d'évaluer la concentration en dessous de laquelle sont enregistrées X% des concentrations. Par exemple, la valeur limite pour le percentile 99.8 horaires en NO_2 de 200 µg/m^3 signifie que la concentration horaire en NO_2 doit être inférieure à 200 µg/m^3 au minimum 99.8% du temps, soit une durée maximale de dépassement autorisée de cette valeur de 18 heures par an.

Les valeurs réglementaires en vigueur des polluants considérés dans cette étude et mentionnées dans la suite de ce rapport sont présentées dans le Tableau 33. Elles sont fixées par l'article R 221-1 du Code de l'Environnement modifié par le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 – art. 1.

Tableau 27. Seuils de qualité de l'air issus de l'article R221-1 du Code de l'Environnement

Polluant	Type de donnée	Valeur (µg/m3)	Définition
SO_2	Moyenne annuelle	50	Objectif de qualité
	Percentiles 99.7 horaires	350	Valeur limite pour la protection de la végétation
	Percentiles 99.2 journaliers	125	Valeur limite pour la protection de la végétation
	Moyenne annuelle	20	Niveau critique pour la protection de la végétation
	Moyenne horaire	300	Seuil d'information et de recommandation
	Moyenne horaire pendant 3 heures consécutives	500	Seuil d'alerte
NO_2	Moyenne annuelle	40	Objectif de qualité
	Moyenne annuelle	40	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
	Moyenne horaire	200	Seuil d'information et de recommandation
	Percentiles 99.8 horaires	200	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
	Moyenne horaire pendant 3 heures consécutives	400	Seuil d'alerte
Benzène	Moyenne annuelle	5	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
	Moyenne annuelle	2	Objectif de qualité
PM_{10}	Moyenne annuelle	30	Objectif de qualité
	Moyenne annuelle	40	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
	Percentiles 90.4 journaliers	50	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
	Moyenne journalière	50	Seuil d'information et de recommandation
	Moyenne journalière	80	Seuil d'alerte
$PM_{2.5}$	Moyenne annuelle	10	Objectif de qualité
	Moyenne annuelle	25	Valeur limite pour la protection de la santé humaine

Plomb	Moyenne annuelle	0.25	Objectif de qualité
		0.5	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
Arsenic	Moyenne annuelle	6 ng/m^3	Valeur cible
Cadmium	Moyenne annuelle	5 ng/m^3	Valeur cible
Nickel	Moyenne annuelle	20 ng/m^3	Valeur cible
Benzo(a)pyrène	Moyenne annuelle	1 ng/m^3	Valeur cible
CO	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8h	10 000 µg/m^3	Valeur limite pour la protection de la santé humaine

6.5.2 SEUILS OMS

L'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) a élaboré des lignes directrices relatives à la qualité de l'air pour soutenir les actions menées en vue d'atteindre une qualité de l'air permettant de protéger la santé publique dans différents contextes.

Elles visent à fournir des cibles appropriées à toute une série d'actions à mener pour la prévention de la pollution atmosphérique dans les différentes parties du monde. Publiées pour la première fois en 1987, mises à jour pour la première fois en 1997, puis une deuxième fois en 2005, ces lignes directrices sont basées sur l'évaluation par des experts des données scientifiques de la désormais grande quantité de données scientifiques disponibles concernant la pollution de l'air et ses conséquences sur la santé. Ces lignes directrices sont des valeurs indicatives pour certains polluants de l'air, applicables dans toutes les régions de l'OMS.

Les lignes directrices de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) relatives à la qualité de l'air sont données ci-dessous.

A noter que :

- les normes de qualité de l'air de l'UE, fixées par les directives 2008/50/CE et 2004/107/CE, se basent sur les lignes directrices de l'OMS. Si les normes européennes sont moins strictes que les lignes directrices de l'OMS, elles tendent vers celles-ci. A la différence des lignes directrices de l'OMS qui ont une valeur indicative, les normes de qualité de l'air de l'UE, elles, sont contraignantes.
- les valeurs de l'OMS ne constituent pas des valeurs réglementaires en France contrairement aux valeurs issues du code de l'environnement.

Tableau 28. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air (mise à jour 2021)

Polluant	Type de donnée	Valeur	Type
SO_2	Moyenne journalière	40 µg/m^3	Ligne directrice
NO_2	Moyenne annuelle	10 µg/m^3	Ligne directrice
	Moyenne journalière	25 µg/m^3	Ligne directrice
PM_{10}	Moyenne annuelle	15 µg/m^3	Ligne directrice
	Moyenne journalière	45 µg/m^3	Ligne directrice
$PM_{2.5}$	Moyenne annuelle	5 µg/m^3	Ligne directrice
	Moyenne journalière	15 µg/m^3	Ligne directrice
CO	Moyenne journalière	4 mg/m^3	Ligne directrice

6.5.3 SYNTHESE DE L'IMPACT SUR LA QUALITE DE L'AIR

Le Tableau 29 présente une analyse des dépassements des valeurs réglementaires observés par polluant, pour les 5 scénarios étudiés. Pour rappel, une pollution de fond a pu être intégrée pour le NO_2, les PM_{10} et $PM_{2.5}$. Les calculs ont été réalisés sur la zone d'étude conformément à la note de février 2019.

Remarque importante : cette comparaison aux seuils réglementaires est basée sur deux hypothèses fortes qui peuvent modifier les conclusions :

- A défaut de connaissance, il est supposé que la pollution de fond en 2027 et 2047 serait identique à celle de l'année 2023 utilisée pour cette étude. Il est en réalité très probable qu'elle évolue pour ces polluants (probablement à la baisse). Cela n'affecte pas les calculs de contribution du projet réalisés.
- Il est supposé que les seuils réglementaires actuels seront identiques en 2027 et 2047. Ceci devrait être le cas mais les seuils devraient être plus contraignant en 2024 (la prochaine mise à jour des seuils européens en cours puis française devrait en effet s'appliquer à partir de 2030).

Tableau 29. Synthèse du respect des seuils de qualité de l'air pour chaque polluant

Polluant	Synthèse du respect des seuils réglementaires de qualité de l'air
NO_2	La valeur limite pour la protection de la santé humaine de 40 µg/m³ en moyenne annuelle est dépassée sur la zone d'étude pour l'état initial sur certaines voies de circulations : l'autoroute A630 et de manière ponctuelle sur l'avenue Pierre Proudhon, le cours de la Libération, la rue de la Béchade, et le boulevard Antoine Gautier. Les concentrations sont également proches de cette valeur limite à proximité immédiate de ces axes routiers. L'amélioration technologique des véhicules d'ici 2027 et 2047 devrait permettre de respecter cette valeur limite dans le futur (excepté sur l'autoroute A630 en 2027). La réalisation du projet ne devrait avoir que très peu d'impact sur ces dépassements. La valeur limite pour la protection de la santé humaine de 200 µg/m³ en percentiles 99.8 horaires est également dépassée sur la zone d'étude sur les axes routiers cités précédemment. Les dépassements constatés devraient se limiter aux voies de circulations de l'A630 en 2027 et disparaitre en 2047. A noter que le seuil d'information et de recommandation en maximum horaire de 200 µg/m³ est également dépassé sur la zone d'étude en 2023, devrait encore l'être en 2027.
SO_2	Les objectifs de qualité et valeurs limites de protection pour la santé humaine sont tous largement respectés, que le projet soit mis en place ou non, les concentrations simulées en SO_2 restant très faibles. On rappelle que ce polluant est peu émis par le trafic routier et l'est majoritairement par l'industrie, sources qui ne sont pas prises en compte dans l'étude. La contribution du projet n'est donc pas significative pour ce polluant.
Benzène	La valeur limite de 5 µg/m³ et l'objectif de qualité de 2 µg/m³ sont respectés sur la zone d'étude avant et après la mise en place du projet.
PM_{10}	La valeur limite pour la protection de la santé humaine de 40 µg/m³ en moyenne annuelle ainsi que la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 50 µg/m³ en percentiles 90.4 journaliers sont respectés pour l'état initial et devraient l'être pour les situations futures avec et sans aménagement. L'objectif de qualité de 30 µg/m³ est légèrement dépassé dans la situation initiale et dans les situations futures, avec et sans projet, au niveau de l'A630. Le seuil d'information et de recommandation de 50 µg/m³ en maximum journalier est atteint pour l'ensemble des scénarios, sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces dépassements sont liés à la

Polluant	Synthèse du respect des seuils réglementaires de qualité de l'air
	pollution de fond sur la zone d'étude mesurée à la station de Grand Parc. Ce seuil a en effet été dépassé plusieurs fois en 2023. Les dépassements futurs dépendront de l'évolution de la pollution de fond en poussières.
$PM_{2.5}$	La valeur limite pour la protection de la santé humaine de 25 µg/m³ est respectée pour la situation actuelle et devrait être respectée sur l'ensemble de la zone d'étude, pour les scénarios futurs que le projet soit ou non réalisé. En revanche, l'objectif de qualité de 10 µg/m³ en moyenne annuelle est dépassé sur la majorité des axes de la zone d'étude (axes structurants et axes routiers pour lesquels les trafics sont les plus importants), pour les 5 scénarios. Ces dépassements sont liés à la pollution de fond sur la zone d'étude mesurée de 9.6 µg/m³ en moyenne annuelle, à la station Talence, proche de l'objectif de qualité de 10 µg/m³. Quel que soit le scénario, les niveaux simulés dépassent ce seuil. Les dépassements futurs dépendront de l'évolution de la pollution de fond en poussières.
Nickel	La valeur cible de 20 ng/m³ en moyenne annuelle est respectée pour la situation actuelle et devrait être respectée sur la zone d'étude pour chacun des 4 scénarios futurs.
Arsenic	La valeur cible de 6 ng/m³ en moyenne annuelle est respectée pour la situation actuelle et devrait être respectée sur la zone d'étude pour chacun des 4 scénarios futurs.
Benzo(a)pyrène	La valeur cible de 1 ng/m³ en moyenne annuelle est respectée pour la situation actuelle et devrait être respectée sur la zone d'étude pour chacun des 4 scénarios futurs.

D'après les résultats de la modélisation, les valeurs limites en NO_2 relatives aux moyennes annuelles et percentiles 99.8 horaires font l'objet de dépassements. Les dépassements pourraient encore être constatés en 2027 malgré la diminution des concentrations attendues entre les deux échéances que le projet soit ou non réalisé mais disparaitre en 2047. Les dépassements sont observés uniquement sur les voies de circulation ou à proximité immédiate des voies.

Enfin :

- l'objectif de qualité de 10 µg/m³ en $PM_{2.5}$ en moyenne annuelle est dépassé sur la majorité des axes de la zone d'étude en 2023 et devrait l'être également en 2027 et 2047. Les dépassements sont principalement conditionnés par la pollution de fond très proche de l'objectif de qualité. Les dépassements des valeurs réglementaires sont donc principalement conditionnés par le niveau de la pollution de fond.
- le seuil de recommandation et d'information en NO_2 de 200 µg/m³ en maximum horaire est dépassé sur la zone d'étude sur les voies de circulations des axes routiers les plus importants et à proximité immédiate en 2023. Il devrait l'être également en 2027 mais respecté en 2047,
- le seuil d'alerte de 80 µg/m³ en PM_{10} est atteint sur l'A630 pour les 5 scénarios étudiés. La pollution de fond représente 80% du seuil d'alerte. Les dépassements des valeurs réglementaires sont donc principalement conditionnés par le niveau de la pollution de fond.

A noter que la pollution de fond intégrée dans l'estimation des concentrations pour les situations futures est identique à celle retenue pour l'état initial. Si la diminution des concentrations actuellement mesurée par les stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air (voir l'illustration figure suivante de cette diminution observée sur les dernières années par Atmo Nouvelle-Aquitaine) se confirme, les niveaux pourraient être plus faibles et les dépassements de valeurs réglementaires moins nombreux.

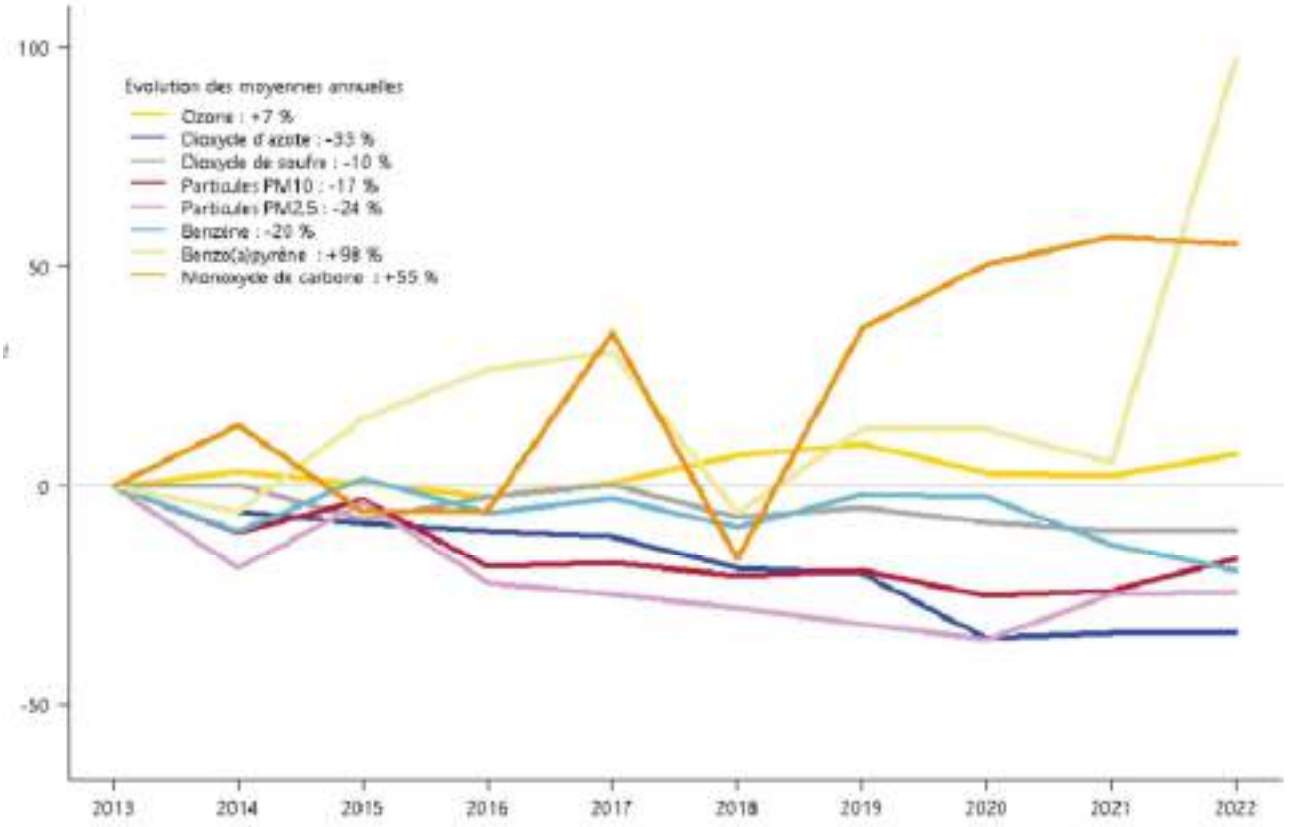


Figure 43. Ecart des concentrations mesurées par rapport à 2013 pour la région Nouvelle-Aquitaine (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine)

Enfin, la réalisation du projet devrait avoir un faible impact sur ces dépassements de seuil sur les zones habitées étant donné qu'il a peu d'impact sur les concentrations simulées au niveau de ces zones.

6.5.4 COMMENTAIRES CONCERNANT LES INCERTITUDES

Les incertitudes relatives aux calculs de concentrations de polluants dans l'air sont de deux types : celles intrinsèques au modèle numérique, compte tenu notamment de la complexité des sources et de la problématique à modéliser, et celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle. Elles peuvent être regroupées en 3 grandes catégories : celles issues du calcul et des données météorologiques, celles associées aux termes sources (émissions) et celles relatives à la dispersion des polluants.

- Choix du modèle de dispersion

Compte tenu des enjeux de l'étude (étude d'impact), le modèle ADMS Urban, a été retenu. ADMS Urban est un modèle robuste, qui fait référence en France pour les études d'impact chronique et est parfaitement adapté aux échelles étudiées ici : prise en compte d'un domaine de quelques kilomètres de côté, avec une résolution du maillage permettant de réaliser des calculs très précis à proximité des sources d'émission (routes, sources industrielles, …). Ce modèle est utilisé par de nombreux bureaux d'étude et réseau de surveillance de la qualité de l'air notamment.

Comme indiqué précédemment, les données météorologiques ont pu être collectées au niveau de la station Météo France de Bordeaux-Mérignac, située à environ 7kmde la zone d'étude. Des données horaires sur une année complète sont considérées. Les données manquantes, qui auraient rendu le calcul de dispersion impossible pour certaines heures, ont été complétées par des données simulées. L'incertitude sur ces valeurs est un peu plus élevée, mais ce choix est préférable au fait de ne pas traiter du tout ces heures. Les données caractérisant la météorologie dans la modélisation sont donc jugées de bonne qualité.

Un ajustement et une validation de cette modélisation ont par ailleurs pu être réalisés grâce aux résultats de la campagne de mesures réalisée sur la zone d'étude par Evadiès. L'exploitation de ces mesures a permis d'ajuster les paramètres environnementaux retenus, d'estimer la pollution de fond nécessaire, et de valider la modélisation. Le calage a montré globalement une bonne restitution du modèle avec une légère surestimation des niveaux de fond et une légère sous-estimation des niveaux les plus forts, à proximité directe de certaines voies de circulation.

- Termes sources

La modélisation des sources est basée sur les données de trafics fournies par SYSTRA. Les incertitudes sont principalement liées aux hypothèses nécessaires pour la construction de ces bases de données : estimation de l'évolution future du trafic et des reports liés à la réalisation du projet.

Il existe également une incertitude sur le calcul des émissions qui est basé sur la méthodologie Copert V et les prévisions du parc automobile roulant de l'IFFSTAR (notamment sur la part d'introduction de véhicules moins polluants tels que les véhicules électriques dans les années à venir).

- Dispersion des polluants

Concernant les effets environnementaux qui influent sur la dispersion des polluants, le calage du modèle a montré que l'effet du relief influence peu les résultats, il n'a donc pas été pris en compte dans les calculs. L'occupation des sols a été ajustée par rapport aux types de sols rencontrés sur le domaine d'étude pour prendre en compte au mieux son influence sur la progression des panaches. A plus petite échelle, les effets « canyon » ont été modélisés à partir de la BD TOPO de l'IGN. Il reste une incertitude sur l'évolution des constructions futures, non prise en compte dans l'estimation du canyon pour les situations futures. Ce point pourrait avoir un effet non négligeable localement, en fonction du type de construction et de sa localisation par rapport aux voies de circulation.

Concernant la prise en compte de la nature des polluants dans le modèle, l'hypothèse est faite que les polluants gazeux se dispersent comme un traceur passif, hypothèse tout à fait réaliste compte tenu des échelles mises en jeu.

Il faut rappeler que l'étude s'est basée sur la dispersion des émissions du secteur routier. Une pollution de fond a été estimée et ajoutée aux calculs des concentrations en PM_{10}, $PM_{2.5}$ et du NO_2. En effet, cette pollution de fond permet de prendre en compte le « bruit de fond » naturel, les sources non modélisées explicitement dans le modèle et les apports extérieurs au domaine d'étude. Les niveaux simulés en ces polluants reflètent donc l'exposition réelle des populations. Pour les autres polluants, seule la contribution du secteur routier aux concentrations dans l'air a été calculée dans cette étude et aucune pollution de fond n'a été intégrée aux calculs. Par conséquent, les valeurs de concentration simulées sous-estiment les niveaux réellement observés, de façon plus ou moins importante selon les polluants.

De plus, cette pollution de fond a été considérée comme constante sur la zone d'étude qui présente des milieux assez homogène (urbanisé).

Enfin, ce « bruit de fond », intégré sur un pas de temps horaire pour l'année 2023, a également été pris en compte pour les situations futures. Si les tendances actuelles de baisse des niveaux devaient se poursuivre dans les années à venir, les concentrations réelles devraient être plus faibles (notamment les dépassements de seuils réglementaires observés) que celles simulées.

- Conclusion

De cette étude, on retiendra que tout a été mis en œuvre, notamment dans le choix des modèles de calcul, pour limiter au maximum les incertitudes.

Globalement, on peut retenir que les incertitudes liées au modèle et aux données d'entrée sont les plus importantes pour les concentrations aigues, simulées sur de courtes périodes de temps (percentile) à l'inverse des calculs de concentrations en moyennes annuelles qui sont mieux maitrisés.

Les principales incertitudes associées aux résultats de dispersion proviennent en grande partie de la définition des termes sources qui dépendent des données de trafics estimés pour les 5 scénarios étudiés, des facteurs d'émissions définis par la méthodologie COPERT, ainsi que de l'estimation du parc automobile roulant utilisé pour l'estimation des émissions de l'état initial et des situations futures.

Il est également important de garder à l'esprit que les calculs de dispersion réalisés intègrent le « bruit de fond » naturel en NO_2 et en poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$. Des hypothèses simplificatrices ont dû être retenues pour estimer cette pollution de fond, notamment son évolution dans le futur. Si la pollution de fond diminue dans les années à venir, les niveaux réels seront plus faibles que ceux simulés et les dépassements simulés moins nombreux. Pour les autres polluants, aucune pollution de fond n'a pas être intégrée, ce qui constitue une hypothèse plus ou moins minorante selon les polluants.

Toutefois, les différentes incertitudes relevées ont finalement peu d'impact (à part très localement) sur les conclusions de l'étude quant à l'impact du projet sur la qualité de l'air et l'exposition des populations, puisque la comparaison des scénarios avec et sans projet montre que l'impact du projet devrait être très faible sur les zones habitées présentes dans la zone d'étude.

7 CALCUL DE L'INDICE POLLUTION POPULATION (IPP)

7.1 Méthodologie

La note technique de 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières préconise le calcul d'un Indice Pollution/Population (IPP). Il s'agit d'un indicateur sanitaire qui permet de comparer l'impact global des différents scénarii entre eux. Il intègre d'une part les concentrations, et d'autre part la répartition spatiale de la population sur le domaine d'étude.

Cet indicateur doit être considéré comme un outil de comparaison de situations et ne peut donc pas être utilisé comme un indicateur d'exposition absolue permettant de quantifier le risque encouru par la population. Pour le calcul de cet indicateur, la circulaire préconise d'utiliser les concentrations calculées en NO_2, polluant traceur de la pollution automobile.

Les données de population utilisées ici sont des données de population carroyées à une précision de 200 mètres, proposées par l'INSEE[10]. Ces données se basent sur les revenus fiscaux des ménages de 2015. L'indice a donc été évalué en chacune des mailles de ce carroyage présentes dans la bande d'étude. Ces données ont été utilisées pour l'état initial et les situations futures.

Les niveaux de concentration ont été calculés au niveau de ces mailles pour le NO_2 avec le logiciel ADMS Urban selon les mêmes hypothèses que les calculs présentés au chapitre précédent. Une concentration moyenne simulée a été retenue en chacune des mailles de population (pour chacun des scénarios étudiés).

A chaque maille est affectée la concentration en polluant modélisée et la population correspondante. Le calcul de l'IPP est ensuite réalisé en chaque maille, en croisant la valeur de population et la concentration. Le résultat fournit un indicateur « d'exposition » de la population.

$$IPP = Population_{maille} \times Concentration_{maille}$$

Cette échelle de travail par maille convient tout à fait pour le déroulement de la phase de calcul mais n'est pas adaptée pour l'analyse puisque rappelons-le, l'indice IPP correspond bien à un indicateur simplifié destiné à la comparaison globale des situations étudiées et n'a pas vocation à être utilisé à ce niveau de détail. L'analyse des résultats est donc réalisée à l'échelle de la zone d'étude à partir d'indices agrégés. Pour cela, les valeurs d'IPP calculées par maille ont été sommées Le calcul de l'IPP en chaque maille, réalisé pour l'état initial et les situations futures, permet d'obtenir :

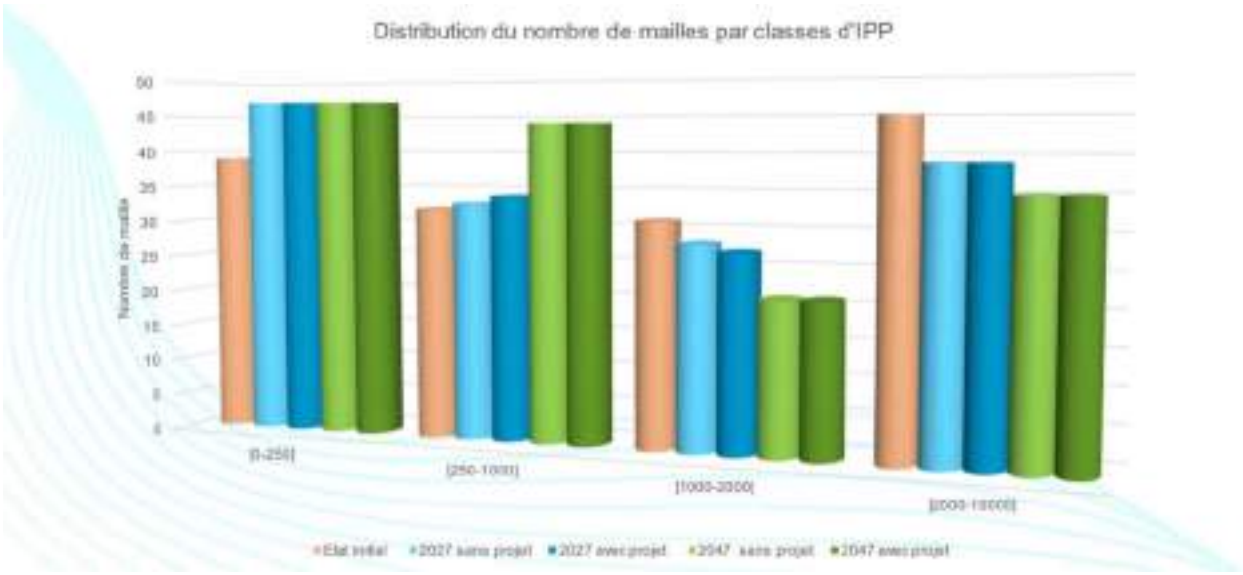
- un histogramme de distribution du nombre de mailles par classes d'IPP ;
- une répartition spatiale des variations de l'IPP ;
- un indicateur global sur le domaine d'étude pour chaque situation étudiée.

[10] Institut national de la statistique et études économiques

7.2 Distribution des populations par classes d'IPP

L'histogramme de distribution des mailles par classes d'IPP (Figure 44) présente le nombre de mailles en fonction de classes de l'IPP pour l'état initial 2023 et les situations futures 2027 et 2047 (avec et sans aménagement). Les IPP élevés sont obtenus dans les secteurs où les niveaux en polluant (NO_2) ou / et la densité de population sont élevés. A l'inverse, les faibles IPP sont associées à de faibles concentrations en polluants et/ou une faible densité de population.

Figure 44. Distribution du nombre de mailles par classes d'IPP obtenue à partir des concentrations en NO_2



On retiendra principalement que :

- par rapport à la situation actuelle, les situations futures avec ou sans réalisation du projet verront une augmentation des faibles classes d'IPP et à l'inverse, une diminution des fortes classes d'IPP, malgré l'augmentation du volume global des trafics. Les augmentations de trafics attendues dans le futur seront compensées par l'amélioration des émissions des véhicules en NO_2. Cette tendance continue entre 2027 et 2047.
- la mise en place du projet devrait avoir un faible impact sur les valeurs d'IPP en 2027 et 2047. En effet, la population restera inchangée suite à la réalisation projet et l'impact du projet, comme vu précédemment, est faible sur les concentrations.

7.3 Distribution des populations par classes de concentrations

La Figure 45 présente le nombre d'habitants par classes de concentrations pour l'état initial 2023 et les situations futures 2027 et 2047 (avec et sans aménagement).

Les simulations montrent principalement que :

- pour l'état initial, 60% de la population est exposée à des concentrations comprises entre 0 et 18 µg/m^3 et 40% de la population est exposée à des concentrations supérieures à 18 µg/m^3 (dont moins de 5% à des concentrations supérieures à 22 µg/m^3). .
- l'exposition devrait être bien plus favorable en 2027 et 2047 qu'actuellement. L'amélioration du parc roulant en termes d'émissions véhicules en NO_2 dans le futur devrait permettre de diminuer l'exposition des populations aux plus fortes concentrations en 2027 et en 2047 par rapport à la situation initiale. En effet, la modélisation montre que le nombre d'habitants soumis

à des concentrations supérieures à 18 µg/m^3 diminue au profit des classes de concentrations inférieures à 18 µg/m^3.

- En 2027, moins de 1% de la population est exposé à des concentrations supérieures à 18 µg/m^3, que ce soit dans la situation avec projet ou la situation sans projet. En 2047, aucun habitant n'est exposé à des concentrations supérieures à 18 µg/m^3, que ce soit dans la situation avec projet ou la situation sans projet.

Figure 45. Distribution du nombre de mailles par classes de concentrations en NO_2

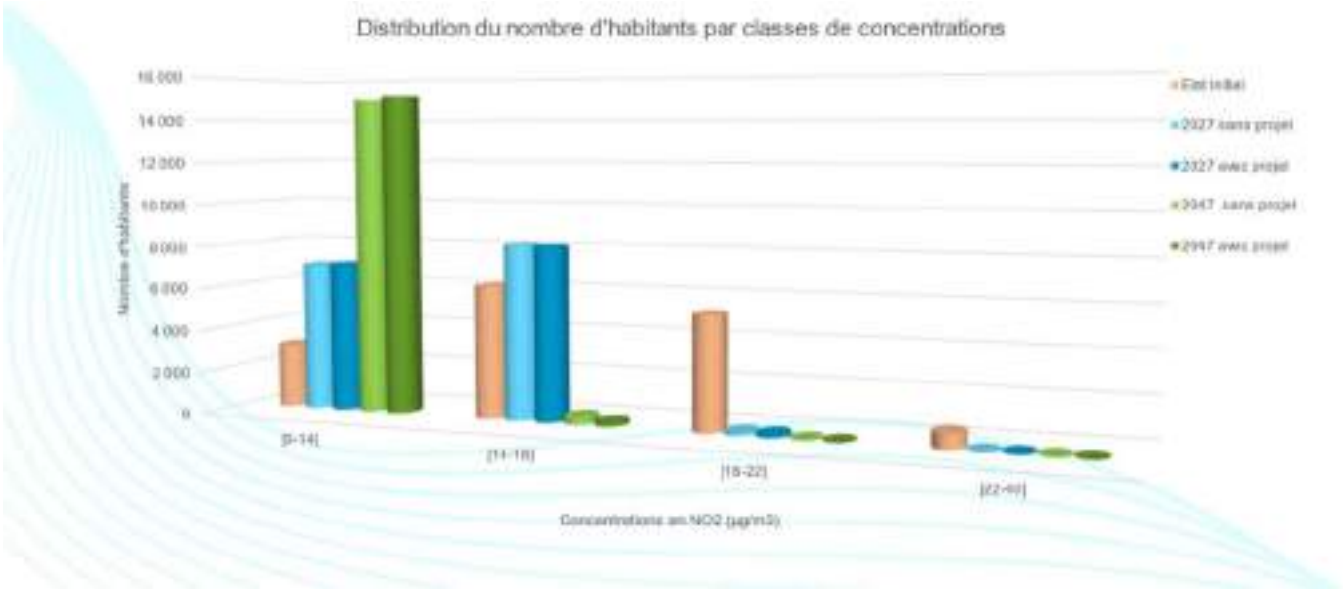


Tableau 30. Estimation du nombre d'habitants par classes de concentrations

Nombre d'habitants	Classes de concentrations en NO_2 (µg/m^3)				
	[0-14]	[14-18]	[18-22]	[22-40]	[>40]
Etat initial	3 042	6 254	5 354	708	0
2027 sans projet	7 016	8 208	134	0	0
2027 avec projet	7 058	8 166	134	0	0
2047 sans projet	14 989	368	0	0	0
2047 avec projet	15 157	201	0	0	0

7.4 Variation spatiale de l'Indice Pollution Population

Les Figure 46 à Figure 50 présentent les variations de l'IPP estimées à partir des concentrations en NO_2 entre :

- l'état initial (2023) et la situation 2027 sans réalisation du projet ;
- la situation 2027 et la situation 2047 sans réalisation du projet ;
- la situation 2027 et la situation 2047 avec réalisation du projet ;
- la situation 2027 avec et sans réalisation du projet ;
- la situation 2047 avec et sans réalisation du projet.

Les zones colorées en orange-rouge correspondent à une augmentation de l'IPP (liée à une augmentation des niveaux de concentrations en NO_2), les zones colorées en bleu correspondent à une diminution de l'IPP (liée à une diminution des niveaux de concentrations en NO_2). Les zones en jaune correspondent à une variation non significative de l'IPP et donc de l'exposition des populations (variations inférieures à 5% ou 2%).

L'analyse des cartes montre :

- une amélioration de l'exposition des populations entre l'état initial et 2027 sans projet sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette amélioration devrait se poursuivre entre 2027 et 2047, que le projet soit ou non réalisé. Ces diminutions sont liées à l'évolution du parc automobile roulant permettant de compenser l'augmentation des trafics dans les années à venir en termes d'émission en NO_2 ente 2023 et 2027 et au renouvellement du parc automobile entre 2027 et 2047 (les trafics restants constants entre les deux horizons). L'exposition des populations devrait donc s'améliorer en 2027 et en 2047 par rapport à l'état initial que le projet soit ou non réalisé.
- qu'en 2027 et en 2047, la réalisation du projet ne devrait avoir aucun impact sur l'exposition des populations sur l'ensemble de la zone d'étude. En effet, les variations de l'IPP sont très faibles (inférieur à 2%) sur les mailles de la zone d'étude.

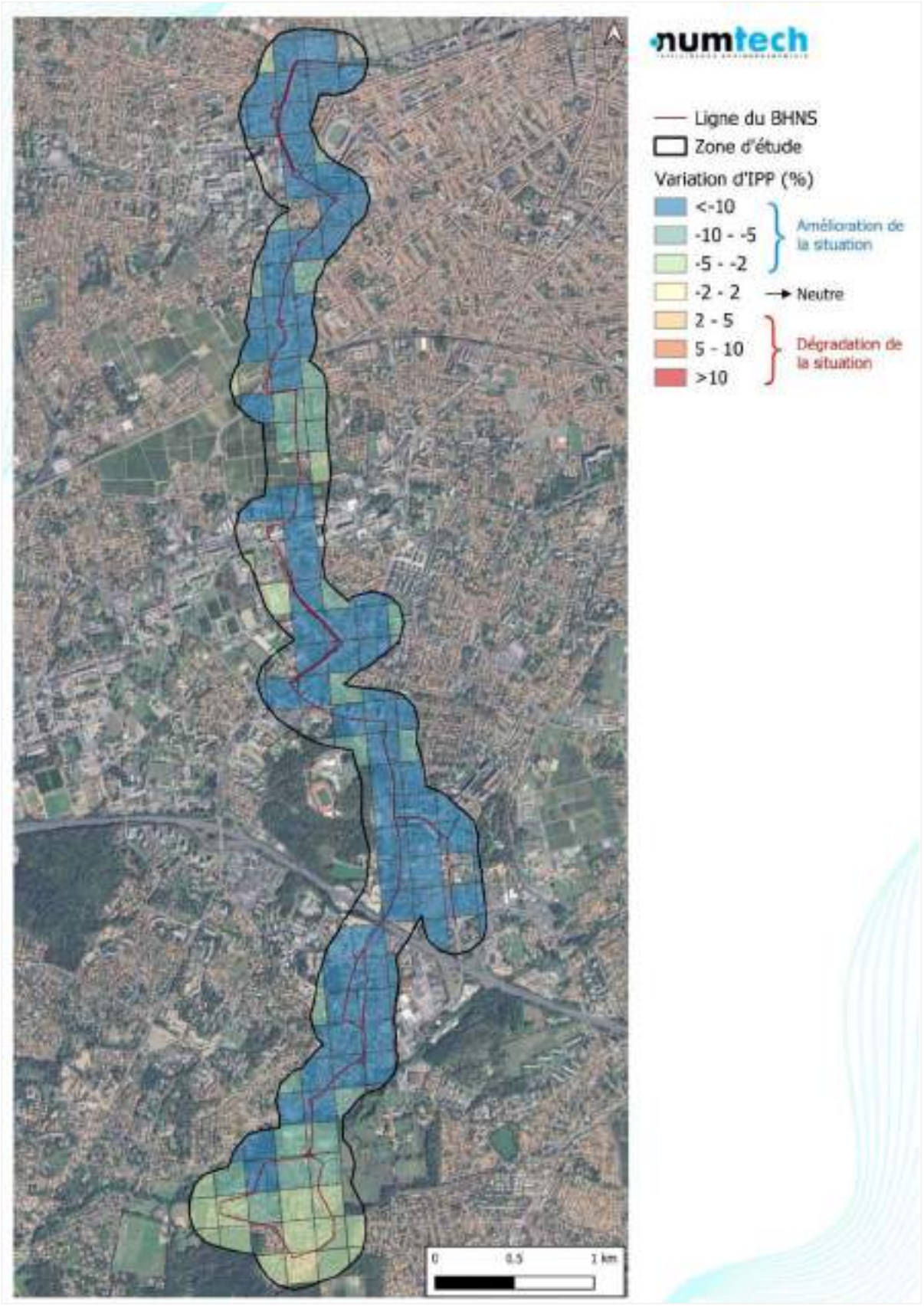


Figure 46. Evolution de l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude entre 2023 et 2027 sans réalisation du projet

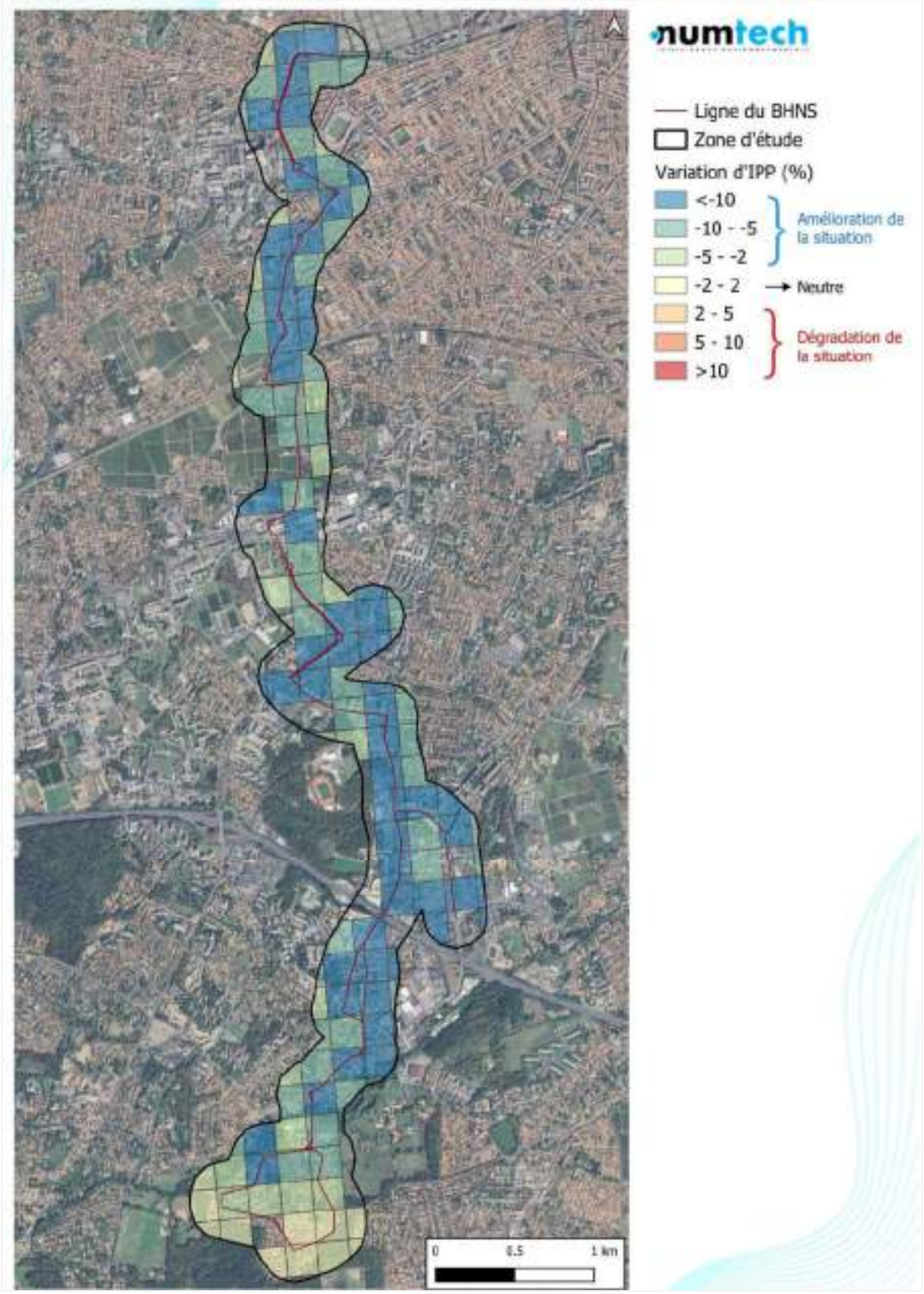


Figure 47. Evolution de l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude entre 2027 et 2047 sans réalisation du projet

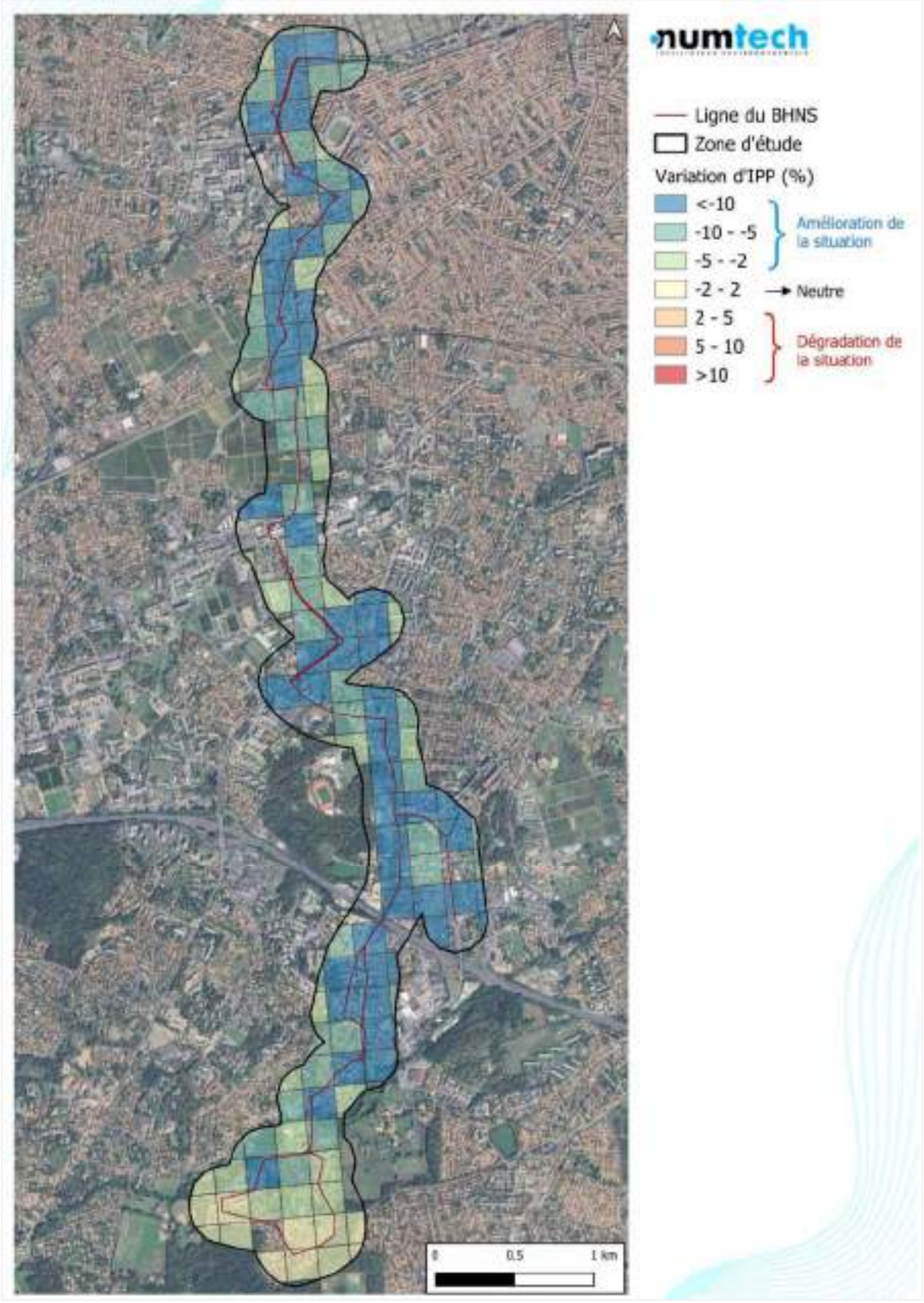


Figure 48. Evolution de l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude entre 2027 et 2047 avec réalisation du projet

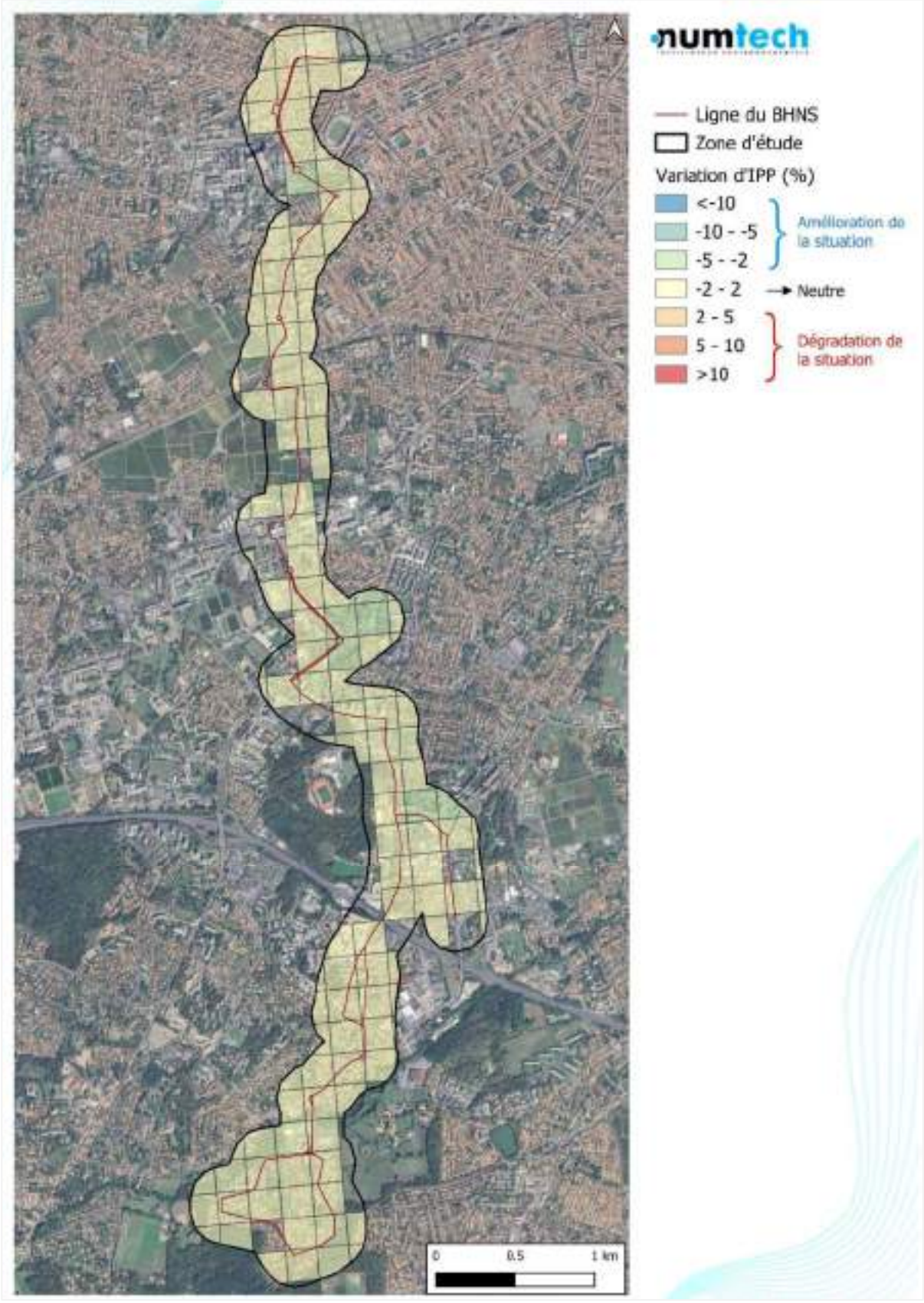


Figure 49. Impact du projet sur l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude en 2027

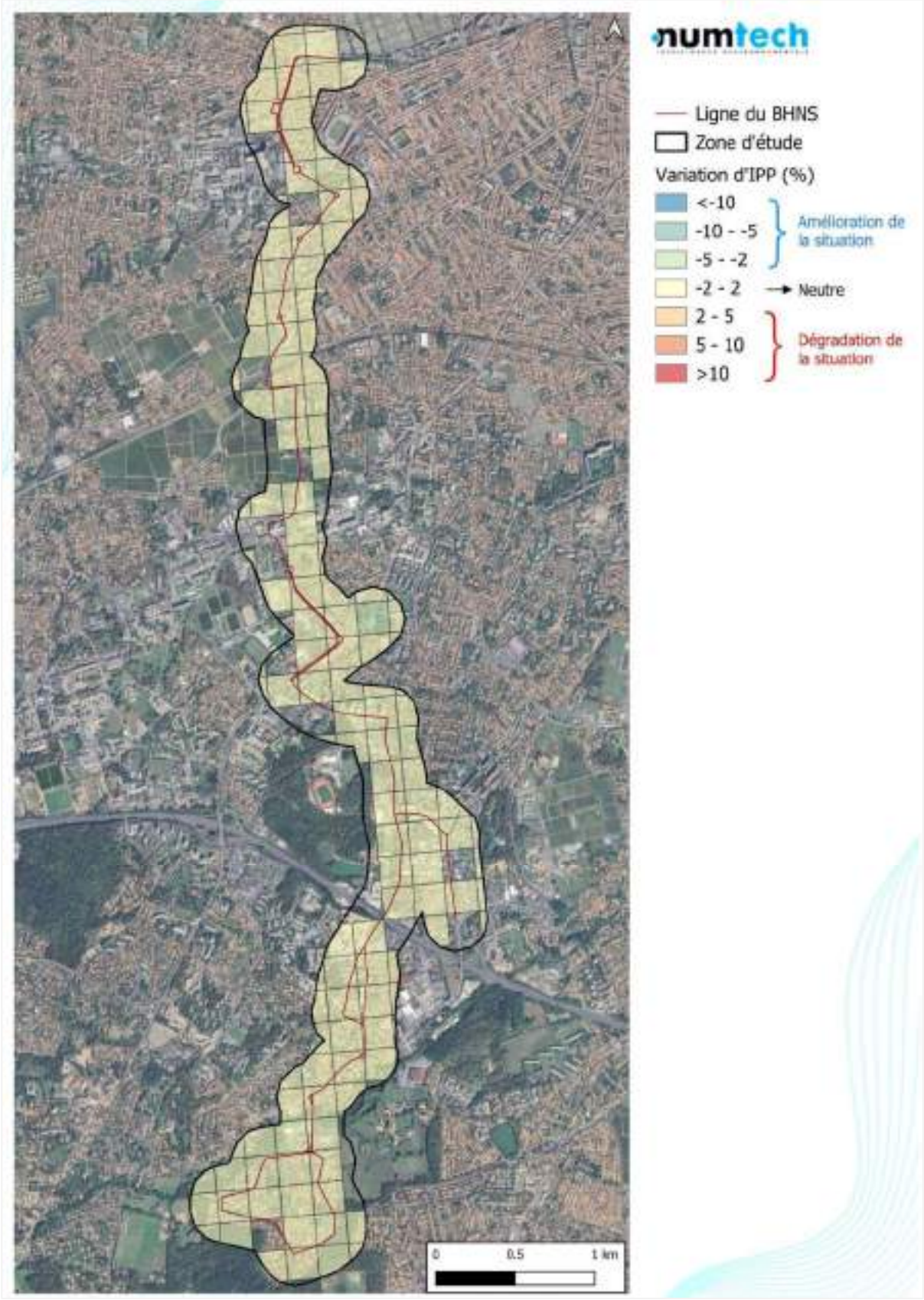


Figure 50. Impact du projet sur l'Indice Pollution Population (NO_2) sur la zone d'étude en 2047

7.5 Indicateur global

Pour chaque situation étudiée, l'IPP global correspond à la somme des indices IPP calculés dans chaque maille du domaine d'étude à partir des concentrations en NO_2 (Tableau 31). D'après la circulaire, « cet indicateur est bien représentatif des conséquences d'un bilan « santé » global vis-à-vis des populations exposées ».

Tableau 31. Calcul de l'Indice Pollution Population (IPP) global pour les situations étudiées à partir des concentrations en NO_2

		Etat initial 2023	Situation 2027 sans projet	Situation 2027 avec projet	Situation 2047 sans projet	Situation 2047 avec projet
IPP global		259 154	216 885	214 998	195 294	194 520
Variation par rapport à l'état initial		-	-16.3%	-17.0%	-24.6%	-24.9%
Evolution 2027 par rapport à 2047	**sans projet**	-	-	-	-10.0%	-
	avec projet	-	-	-	-	-6.7%
Impact du projet	**En 2027**	-	-	-0.9%	-	-
	En 2047	-	-	-	-	-0.4%

Les résultats montrent une diminution de l'IPP global entre 2023 et 2027 (d'environ -16 %), que le projet soit ou non réalisé. Cette diminution devrait se poursuivre entre 2027 et 2047 (de -10% dans la situation sans projet, et d'environ -7% dans la situation avec projet). Cette diminution est liée à l'évolution et l'amélioration des émissions du parc roulant automobile.

La réalisation du projet ne devrait pas engendrer des variations significatives de l'IPP sur la zone d'étude en 2027 et 2047. En effet, d'après la note technique de 2023 et compte tenu des différences observées (<10%), les situations avec et sans aménagement du projet peuvent être considérées comme équivalentes en termes de bilan « santé ».

Rappelons toutefois que ces calculs d'indices IPP reposent uniquement sur les concentrations en NO_2, et ne peuvent répondre à l'ensemble des expositions auxquelles sont soumises les populations. De plus, la pollution de fond a été supposé constante entre 2023 et 2047, or celle-ci devrait s'améliorer dans les années à venir, tout comme les émissions des véhicules.

8 MONETARISATION ET ANALYSES DES COUTS COLLECTIFS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

8.1 Coûts collectifs liés aux impacts du projet sur la santé

8.1.1 METHODOLOGIE

Le décret n°2003-767 a introduit pour les infrastructures de transport, un chapitre de l'étude d'impact relatif à l'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité. La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet. Dans le cas d'études des impacts locaux, la quantification de ces externalités doit permettre d'éclairer les choix de projets et la mise en place de mesures d'atténuation des risques. Même si dans le cas de cette étude, il n'y a pas de scénarii à comparer, la circulaire de février 2005 préconise l'évaluation des coûts collectifs relatifs aux effets sur la santé de la pollution atmosphérique générée par le projet.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport a officialisé les valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boiteux II ». Par la suite, les travaux du groupe du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP) présidé par Emile Quinet et portant sur l'évaluation socio-économique en 2013 ont proposé des évolutions méthodologiques et des révisions de certaines valeurs utilisées.

Le ministère de l'Environnement recommande à présent des valeurs tubulaires de la pollution atmosphérique dans un fiche-outils du 3 mai 2019 « Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique ». Le rapport fournît, par type de véhicule et par type de zone d'occupation humaine, une valeur de l'impact de la pollution atmosphérique (Tableau 32). Dans le cadre de cette étude, la méthodologie issue de cette fiche-outils a été mise en œuvre et les résultats sont présentés ci-après.

Tableau 32. Valeurs de la pollution atmosphérique 2015 en €/100 véh.km, selon le type de zone d'occupation humaine

Valeurs de la pollution atmosphérique (en €$_{2015}$/veh.km en 2015), pour le mode routier

€$_{2015}$/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	**11,6**	**3,2**	**1,3**	**1,1**	**0,8**
VP diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1,0
VP essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
VP GPL	3,7	1,0	0,4	0,3	0,1
VUL	**19,8**	**5,6**	**2,4**	**2,0**	**1,7**
VUL diesel	20,2	5,7	2,5	2,0	1,8
VUL essence	6,3	1,8	0,7	0,5	0,3
PL diesel	**133,0**	**26,2**	**12,4**	**6,6**	**4,4**
Deux roues	**6,7**	**1,9**	**0,8**	**0,6**	**0,5**
Bus	**82,7**	**16,9**	**8,3**	**4,5**	**3,1**

Ces valeurs sont établies pour l'année de référence 2015, et doivent être corrigées pour les échéances futures. Cette fiche-outils recommande ainsi de faire évoluer les valeurs de la pollution atmosphérique en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et donc des émissions unitaires des véhicules.

L'évolution du PIB par tête a été estimée à partir des données INSEE observées entre 2015 et 2020 (soit 1.4%) en région Nouvelle Aquitaine. Le taux d'inflation moyen en France sur les cinq dernières années a été retenu pour la période 2020 – 2050, soit 1.68 %.

8.1.2 RESULTATS

A partir des éléments évoqués ci-dessus, les coûts ont été évalués pour le projet, et comparés à la situation actuelle. La zone d'étude représente une population de 15 400 habitants pour une surface de 4.7 km², soit une densité d'environ 3 250 hab/m².

Compte-tenu des critères mentionnés précédemment, les valeurs de la pollution atmosphérique (Tableau 32) pour une zone « urbaine dense » pour l'ensemble des scénarios ont été retenues pour le calcul des coûts. Les trafics VL, PL et bus du réseau routier étudié (TMJA) ont été considérés. Ces valeurs ont été multipliées par la longueur de l'axe modélisé, puis par les valeurs du Tableau 32. Enfin, les pondérations mentionnées dans le paragraphe précédent, pour tenir compte de l'évolution future des paramètres par rapport à l'année de référence, ont été appliquées.

Le Tableau 33 présente ces résultats pour les 5 situations étudiées.

Tableau 33. Monétarisation des coûts collectifs (en €/jour) relatifs à la pollution atmosphérique induite par le projet

		Etat initial 2023	Situation 2027 sans projet	Situation 2027 avec projet	Situation 2047 sans projet	Situation 2047 avec projet
		€$_{2023}$ / jour	€$_{2030}$ / jour	€$_{2030}$ / jour	€$_{2050}$ / jour	€$_{2050}$ / jour
Coûts collectifs		86.3	96.3	95.3	134.4	132.9
Variation par rapport à l'état initial (%)		-	11.6	10.4	55.7	54.0
Evolution 2027 par rapport à 2047	**sans projet**	-	-	-	39.5%	-
	avec projet	-	-	-	-	39.5%
Impact du projet	**En 2027**	-	-	-1%	-	-
	En 2047	-	-	-	-	-1%

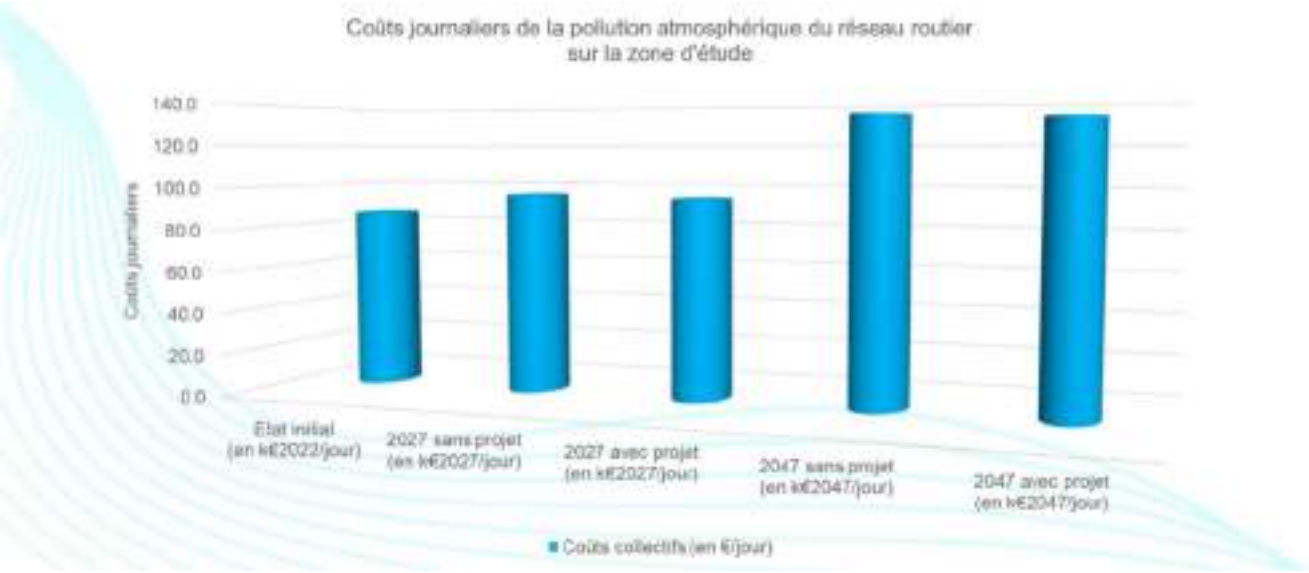


Figure 51. Coûts journaliers de la pollution atmosphérique du réseau routier sur la bande d'étude

On observe une augmentation des coûts liés à la pollution atmosphérique entre 2023 et 2027 d'environ 11% et entre 2027 et 2047 d'environ 55% que le projet soit ou non réalisé. Ces augmentations sont liées à l'augmentation du volume global des trafics (Tableau 21) entre les différentes échéances.

En 2027 comme en 2047, le projet devrait avoir un impact très faible sur le coût de la pollution atmosphérique : les coûts devraient légèrement diminuer d'environ 1 % en 2027 et 2047. Ces diminutions sont liées à la diminution du nombre de véhicules par kilomètre engendrée par la réalisation du projet.

8.2 Coûts collectifs liés aux impacts du projet sur l'effet de serre

8.2.1 METHODOLOGIE

Le coût de l'impact d'un projet sur l'effet de serre peut être évalué à partir des émissions de CO_2, proportionnelles dans le cas d'un projet routier à la consommation des véhicules. Le rapport de la commission présidée par Alain Quinet « La valeur de l'action pour le climat » de février 2019 recommande l'utilisation de valeurs tutélaires pour l'estimation des coûts relatifs à l'impact d'un projet sur l'effet de serre.

Le calcul de ces coûts est basé sur l'estimation des émissions de gaz à effet de serre estimées pour chacun des scénarios étudiés et présentées au chapitre 5.3 et les valeurs tutélaires fournies dans le rapport « La valeur de l'action pour le climat » pour une tonne d'équivalent CO_2 émise qui sont de : 54 €2018 en 2018, 250 €2018 en 2030, 500 €2018 en 2040 et 775 €2018 en 2050.

Contrairement aux autres valeurs de monétarisation des coûts externes qui relèvent d'une démarche coûts-avantages, la valeur retenue pour le carbone est fondée sur une valeur coût-efficacité : il s'agit du niveau de taxation de carbone contenu dans les émissions de gaz à effet de serre qui permettrait à la France de satisfaire les accords de Kyoto. Ce prix est néanmoins à utiliser dans le calcul économique en tant que coût monétarisé de toute tonne de carbone rejetée dans l'atmosphère. Cette pénalisation des émissions de carbone est à prendre en compte y compris dans l'éventualité où une taxe d'un montant équivalent serait effectivement introduite.

8.2.2 RESULTATS

Les émissions globales de dioxyde de carbone ont été multipliées par les coûts unitaires mentionnés ci-dessus. Les pondérations mentionnées dans le paragraphe précédent pour tenir compte de l'évolution future des coûts ont ensuite été appliquées pour les échéances 2023, 2027 et 2047. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 34. Valeurs de la pollution atmosphérique 2015 en €/100 véh.km, selon le type de zone d'occupation humaine

		Etat initial 2023	Situation 2027 sans projet	Situation 2027 avec projet	Situation 2047 sans projet	Situation 2047 avec projet
		€2023 / jour	€2030 / jour	€2030 / jour	€2050 / jour	€2050 / jour
Coûts collectifs		20.3	39.8	38.9	169.3	165.3
Variation par rapport à l'état initial		-	96%	92%	735%	715%
Evolution 2027 par rapport à 2047	**sans projet**	-	-	-	325%	-
	avec projet	-	-	-	-	325%
Impact du projet	**En 2027**	-	-	-2.3%	-	-
	En 2047	-	-	-	-	-2.4%

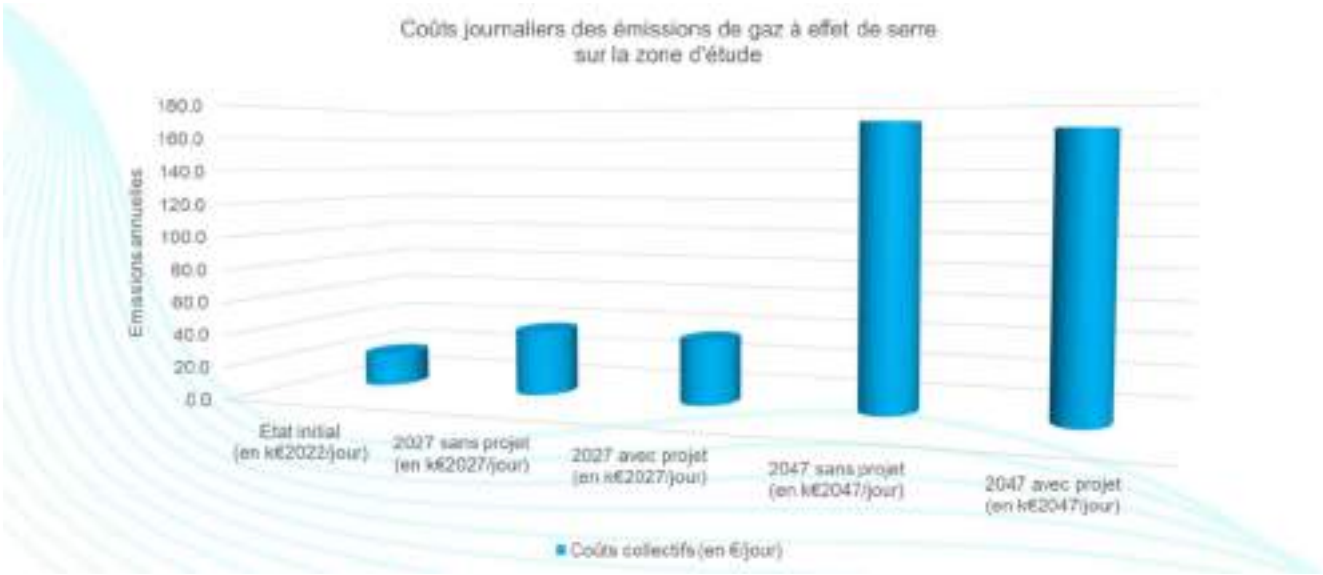


Figure 52. Coûts journaliers des émissions de gaz à effet de serre sur la zone d'étude

On observe une augmentation des coûts à l'échelle de la zone d'étude entre 2023 et 2027, en lien avec l'augmentation du trafic et l'augmentation du coût de la tonne de CO_2 et ce malgré une diminution des émissions en CO_2. Elle devrait avoir un impact négatif sur les coûts collectifs liés à l'effet de serre, avec une augmentation d'environ 96% et 92% de ces coûts respectivement pour la situation 2027 de référence et projet. Cette augmentation se poursuit entre 2027 et 2047 (d'environ 325%), liée également à l'augmentation des trafics et l'augmentation du coût de la tonne de CO_2.

La réalisation du projet devrait très légèrement diminuer les coûts relatifs à l'impact sur l'effet de serre.

9 MESURES COMPENSATOIRES

9.1 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la qualité de l'air

La pollution atmosphérique liée à la circulation routière peut être limitée de deux manières :

- réduction des émissions de polluants à la source ;
- intervention au niveau de la propagation des polluants.

Les émissions polluantes du trafic dépendent de son intensité, de la proportion des poids lourds, de la vitesse des véhicules et des émissions spécifiques aux véhicules. Ainsi, outre par une modification technique sur les véhicules (par ailleurs en évolution permanente), il est possible de limiter les émissions en modifiant les conditions de circulation : limitation des vitesses à certaines périodes ou en continu, restrictions d'accès pour certains véhicules par exemple.

Par ailleurs, plusieurs mesures peuvent être mises en place, dans les projets routiers, pour jouer un rôle dans la limitation de la pollution atmosphérique à proximité d'une voie. Les remblais, la végétalisation des talus et les protections phoniques limitent les concentrations en polluants en facilitant leur dilution et leur déviation. De plus, la diffusion de la pollution particulaire peut quant à elle être piégée par ces écrans physiques (protection phonique) et végétaux (plantation). Les protections phoniques, en plus de limiter l'impact sonore, peuvent entraîner une diminution des concentrations. La plantation d'écran végétaux (de préférence des conifères, qui capturent mieux les particules), pourrait également conduire à une diminution sensible des concentrations.

Compte-tenu du contexte du projet étudié et de son impact très faible sur la zone d'étude, ces aménagements semblent toutefois difficilement envisageables sur la zone d'étude et non nécessaires.

Enfin, en cas d'épisode de pic de pollution régional, des mesures réglementaires sont définies par l'arrêté du 7 avril 2016 et peuvent être déclenchées sur décision préfectorale.

9.2 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la santé

Bien qu'il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables à la pollution atmosphérique générée par le trafic automobile, des actions peuvent toutefois être envisagés pour limiter cette pollution, et de ce fait les risques pour la santé des personnes exposées.

Les actions énoncées précédemment pour réduire les émissions polluantes à la source et limiter la dispersion de ces polluants, participent également à la réduction des risques pour la santé des individus.

9.3 Mesures envisagées pour réduire l'impact en phase chantier

Durant la phase chantier, la pollution émise par les matériels roulants, compresseurs et groupes électrogènes,… ne peut être considérée comme négligeable en termes d'émissions de polluants et de consommation énergétique.

Cependant, il n'est pas possible de quantifier cet apport qui dépend des stratégies qui seront mises en œuvre par les entreprises au moment des travaux (nombre d'engins, circulations, etc.).

D'autres effets inhérents aux travaux, sont à attendre. Il s'agit des émissions de poussières pendant les terrassements, des nuisances olfactives causées par les centrales à bitumes et la réalisation des chaussées et du risque d'une dispersion accidentelle de produit chimique.

Les émissions de poussières peuvent être de deux types :

- les poussières produites lors de la circulation des engins de terrassement et des mouvements de terre. Ces poussières issues des sols sont susceptibles de se déposer sur les végétaux et les bâtiments à proximité de l'infrastructure. En nombre important, elles peuvent être à l'origine d'une perturbation de la photosynthèse des végétaux et de salissures sur les bâtiments ;
- les poussières issues des opérations d'épandage de liants hydrauliques. Lorsqu'un liant hydraulique est nécessaire, les opérations d'épandage peuvent générer des poussières corrosives. A haute dose, ces poussières induisent un risque sanitaire. Elles concourent par ailleurs au dépérissement des plantations proches de l'axe.

Les mesures à prendre pour limiter les impacts liés aux poussières sont les suivantes :

- réduire la dispersion des poussières en arrosant de manière préventive en cas de conditions météorologiques défavorables ;
- choisir opportunément le lieu d'implantation des équipements ou zones de stockage de matériaux en tenant compte des vents dominants et de la sensibilité du voisinage ;
- interdire les opérations de traitement à la chaux ou aux liants hydrauliques les jours de grands vents ;
- éviter les opérations de chargement et de déchargement des matériaux par vent fort ;
- imposer le bâchage des camions, et mettre en place des dispositifs particuliers (bâches par exemple) au niveau des aires de stockage provisoire des matériaux susceptibles de générer des envols de poussières ;
- interdire les brûlages de matériaux (emballages, plastiques, caoutchouc, etc.) conformément à la réglementation en vigueur.

Les rejets des centrales à bitume issus de la combustion du fuel se composent, pour l'essentiel, de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre, de composés organiques volatils et d'hydrocarbures. Elles font donc l'objet d'une procédure d'autorisation ou de déclaration.

Lors de la réalisation des chaussées, des composés organiques volatiles se dégagent des enrobés à chaud. Cela se traduit par une forte odeur qui persiste quelques heures.

Les nuisances engendrées par la centrale pourront être réduites en éloignant, autant que possible, cette dernière des habitations et en veillant au bon fonctionnement des différents équipements qui la composent.

Concernant le risque de dispersion accidentelle d'un produit chimique, ce dernier peut être limité en protégeant la zone de stockage, en surveillant les conditions de stockage (identification et intégrité des contenants) et en respectant les consignes de sécurité lors des transvasements.

10 CONCLUSIONS

Le présent rapport constitue le volet « Air et Santé » de l'étude d'impact relative au projet de nouvelle ligne de BHNS de Gradignan.

Cette étude a été réalisée comme une étude de niveau II pour plusieurs raisons détaillées dans le document.

Les horizons étudiés sont l'état initial, les situations 2027 et 2047 sans et avec réalisation du projet. Les trafics moyens journaliers annuels maximums estimés pour les horizons futurs étant inférieurs à 50 000 véhicules par jour (à l'exception de l'A630 qui traverse la bande d'étude mais n'est pas directement impacté le projet), la zone d'étude correspond à l'ensemble des bandes d'étude de 400 m centrée sur le réseau routier retenu conformément aux recommandations de la note technique de février 2019, aussi bien pour les polluants gazeux que particulaires.

L'état initial a permis de dresser tout d'abord un descriptif des caractéristiques de la zone d'étude de 200 m de part et d'autre du projet. D'après les informations collectées, la population de la zone d'étude est d'environ 15 400 personnes. Un recensement des populations vulnérables (enfants, personnes âgées et hospitalisées, …) à la pollution atmosphérique a été réalisé. Ce recensement a montré la présence sur la zone d'étude de : 9 crèches, 6 écoles maternelles, 5 écoles élémentaires et 4 collèges et 29 établissements à vocation sanitaire et sociale susceptibles d'accueillir des populations sensibles. L'analyse de l'occupation du sol a montré que près 70% de la surface correspond à une occupation des sols de type résidentiel (de densité très variable) et 14 % type industriel, commercial et publique ainsi que des voies de transports.

Afin d'étudier précisément la qualité de l'air actuelle sur la zone d'étude, deux axes d'étude ont été investigués :

- l'identification des principales sources de pollution dans l'environnement de la zone d'étude basée sur les données et documents diffusés par Atmo Nouvelle-Aquitaine, l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air sur la région et collectées auprès de la base IREP (Registre Français des Activités Polluantes) pour le secteur industriel ;
- l'analyse des données de mesure de qualité de l'air disponible sur et à proximité de la zone d'étude sur la base des données de mesures par Atmo Nouvelle-Aquitaine et d'une campagne de mesures spécifiques réalisée par EVADIES.

Les principales sources de pollution atmosphérique à retenir sur la bande d'étude sont le secteur résidentiel / tertiaire, le transport routier et l'industrie.

Les mesures effectuées sur et autour de la zone d'étude par EVADIES ont mis en évidence des niveaux respectant la valeur limite en NO_2. La nouvelle recommandation émise par l'OMS en 2021 (10 µg/m^3) est quant à elle dépassée sur toutes les stations quelle que soit leur typologie.

L'impact du projet sur la qualité de l'air et la santé des populations a été évalué à partir de la modélisation de la dispersion des polluants dans l'atmosphère. Pour cela, les émissions des différentes substances ont été évaluées sur la base des données de trafic disponibles pour la situation actuelle d'une part, puis pour les scénarios 2027 et 2047 avec et sans réalisation du projet d'autre part. Ces émissions ainsi que la description des sources routières ont ensuite été intégrées dans le modèle de dispersion ADMS Urban. Une pollution de fond a pu être intégrée pour un certain nombre de polluants (NO_2, PM_{10}, et $PM_{2.5}$), améliorant ainsi la restitution des niveaux de concentrations et la comparaison aux valeurs réglementaires.

Globalement les niveaux de concentrations les plus élevés sont atteints sur les voies et diminuent rapidement jusqu'au niveau de fond, de part et d'autre des axes routiers. Les niveaux maximums sont atteints le long de l'autoroute A630 et, dans une moindre mesure, le long du cours de la Libération, c'est-à-dire le long des axes présentant le trafic le plus important et le long des axes structurants de la zone d'étude. Ces zones restent les plus impactées, que le projet soit réalisé ou non.

Les valeurs limites réglementaires en vigueur (issus de l'article R221-1 du Code de l'Environnement, du décret du 21 octobre 2010 et de l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant) des polluants étudiés sont tous respectés à l'exception du NO_2, des poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$.

En NO_2, on peut noter des dépassements des valeurs limites relatives aux moyennes annuelles et percentiles 99.8 horaires en 2023. Les dépassements constatés devraient se limiter aux voies de circulations. Les dépassements pourraient encore être constatés en 2027 malgré la diminution des concentrations attendues entre les deux échéances que le projet soit ou non réalisé mais disparaitre en 2047. Ces dépassements sont constatés que le projet soit réalisé ou non.

L'objectif de qualité de 10 µg/m^3 en $PM_{2.5}$ en moyenne annuelle est dépassé sur la majorité des axes de la zone d'étude en 2023 et pourrait l'être également en 2027 et 2047. Les dépassements sont principalement conditionnés par la pollution de fond estimée de 9.6 µg/m^3, valeur très proche de l'objectif de qualité. Les dépassements des valeurs réglementaires sont donc principalement conditionnés par le niveau de la pollution de fond.

Enfin, les modélisations ont montré des dépassements de certains seuils réglementaires :

- le seuil de recommandation et d'information en NO_2 de 200 µg/m^3 en maximum horaire est dépassé sur la zone d'étude sur les voies de circulations des axes routiers les plus importants et à proximité immédiate en 2023. Il devrait l'être également en 2027 mais respecté en 2047,
- le seuil d'alerte de 80 µg/m^3 en PM_{10} est atteint sur l'A630 pour les 5 scénarios étudiés. La pollution de fond représente 80% du seuil d'alerte.

Il est à noter que la pollution de fond intégrée dans l'estimation des concentrations en NO_2, PM_{10} et $PM_{2.5}$ pour les situations futures est identique à celle retenue pour l'état initial. Si les niveaux de pollution devaient diminuer dans les années à venir (comme l'indique les mesures des stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air ces dernières années), et en fonction de l'évolution réelle du parc automobile roulant dans les années à venir, les niveaux pourraient être plus faibles que ceux modélisés et les dépassements de valeurs réglementaires moins nombreux, voire inexistants.

Les modélisations ont montré également que la réalisation du BHNS aura pour effet de diminuer très légèrement les concentrations dans la zone d'étude du fait d'une diminution globale du nombre de véhicules par kilomètre parcouru.

En fonction des modifications de trafics et/ou des axes routiers observées suite à la réalisation du projet, les niveaux pourraient augmenter ou diminuer (notamment le long de la ligne du BHNS) en 2027 et en 2047. Le projet devrait globalement sur la bande d'étude avoir un faible impact hors voie de circulation, même si très localement, des écarts non négligeables ont été simulés.

L'analyse des données de population et de concentrations montre que dans le futur, le nombre d'habitants soumis à des concentrations supérieures à 18 µg/m^3 en NO_2 devrait diminuer fortement au profit des classes de concentrations inférieures à 18 µg/m^3. Ceci est en lien avec l'amélioration des rejets des véhicules en NO_2 des véhicules d'ici 2027 et 2047. Par ailleurs, la réalisation du projet devrait permettre de réduire légèrement le nombre d'habitants soumis aux plus fortes concentrations (supérieures à 14 µg/m^3 dans le cas présent) en 2047. En 2027, les deux situations (avec et sans projet) devraient être équivalentes.

Table des annexes

Annexe 1. Liste des sites vulnérables 137

Annexe 2 Présentation du modèle de dispersion ADMS Urban 140

Annexe 3 Cartographies des concentrations modélisées en PM_{10} et $PM_{2.5}$ 145

Annexe 4. Rapport de mesures (EVADIES) 156

Annexe 1. Liste des sites vulnérables

- Liste des crèches

Nom	Commune
CRECHE GRIBOUILLE	Talence
CRECHE HOSPTALIERE PERRENS	Bordeaux
Multi accueil ELEPHANT BLEU	Talence
MULTI ACCUEIL COUCOU	Bordeaux
Multi accueil JARDIN CALIN	Gradignan
Multi accueil JARDINS DECOUVERTES	Gradignan
MULTI ACCUEIL PELLEGRIN	Bordeaux
MULTI ACCUEIL PITCHOUN' LE P'TIT CAMPUS	Talence
SERVICE ACCUEIL FAMILIAL	Gradignan

- Liste des établissements scolaires

Nom	Commune
Lycée polyvalent Alfred Kastler	Talence
Ecole maternelle Béchade	Bordeaux
Ecole élementaire Jules Michelet	Talence
Lycée polyvalent hôtelier Tourisme Gascogne - Lycée des Métiers de l'Hôtellerie et du Tourisme	Talence
Ecole maternelle Pablo Picasso	Talence
Section d'enseignement professionnel du Lycée polyvalent Victor Louis	Talence
Section d'enseignement professionnel du Lycée polyvalent Hôtellerie Tourisme	Talence
Section d'enseignement général et professionnel adapté du Collège Alfred Mauguin	Gradignan
Ecole élementaire Le Pin Franc	Gradignan
Ecole élementaire Malartic	Gradignan
Ecole maternelle Jules Michelet	Talence
Collège Alfred Mauguin	Gradignan
Section d'enseignement professionnel du Lycée polyvalent A. Kastler	Talence
Ecole maternelle Le Pin Franc	Gradignan
Ecole élementaire Albert Camus	Talence
Lycée polyvalent Victor Louis	Talence
Ecole maternelle Albert Camus	Talence
Ecole maternelle Malartic	Gradignan
Ecole élementaire Loucheur	Bordeaux

- Etablissements sanitaires et sociaux

Nom	Commune
CENTRE HOSPITALIER CHARLES PERRENS	Bordeaux
CENTRE DE RESSOURCES SUR L'AUTISME	Bordeaux
CSAPA GENERALISTE BORDEAUX - CH CHARLES PERRENS	Bordeaux
GROUPT DE COOPERATION SANITAIRE IFSI AQUITAINE - ET SIEGE	Talence
CLINIQUE ESTH ├ëTIQUE AQUITAINE	Bordeaux
HOPITAL DE JOUR DE PSYCHIATRIE PERINATALE	Bordeaux
CLINIQUE D'ORNON	Villenave d'Ornon
CENTRE FORMATION SOCIALE APDHES	Bordeaux
CENTRE DE SOINS SPECIALISES POUR ADOLESCENTS	Bordeaux
GCS SANTE MENTALE-HAND.VIEILLIST-PRECARITE BX-ARCACHON-MEDOC	Bordeaux
GCS PSYCHIATRIE PUBLIQUE 33 - ET-SIEGE	Bordeaux
GROUPEMENT DE COOPERATION SANITAIRE LE BOCAPE - ET-SIEGE	Bordeaux
GCS POLE AQUITAIN DE RECOURS EN CANCEROLOGIE - ET-SIEGE	Talence
GCS SOHO - SUD-OUEST OUTRE-MER HOSPITALIER	Talence
MAH DES FAMILLES SAINT-JEAN	Bordeaux
CH CHARLES PERRENS - SITE PELLEGRIN	Bordeaux
CLINIQUE BETHANIE	Talence
IEM CHATEAU RABA	Talence
GROUPE HOSPITALIER PELLEGRIN - CHU	Bordeaux
CAMSP AUDIOLOGIE DU CHU DE BORDEAUX	Bordeaux
CENTRE DEPARTEMENTAL DE L'ENFANCE ET DE LA FAMILLE	Talence
CENTRE MEDICO-PSYCHOLOGIQUE POUR ENFANTS TALENCE	Talence
CENTRE DE PROPHYLAXIE ANTIVENERIENNE	Bordeaux
ECOLE DE SAGES FEMMES DU CHR DE BORDEAUX	Bordeaux
FOYER RESTAURANT QUINTIN	Bordeaux
EFS NOUVELLE-AQUITAINE SITE PELLEGRIN	Bordeaux
FOYER HEBERGEMENT LE PHARE DE BORDEAUX	Bordeaux
HOPITAL DE JOUR POUR ENFANTS LES DOMINOS	Talence

Annexe 2 Présentation du modèle de dispersion ADMS Urban

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur le projet de liaison A28-13, et sur l'ensemble des axes de la zone d'étude pour lesquels des données trafic étaient disponibles, a été réalisée avec le modèle de dispersion ADMS-Urban, version 5, afin d'évaluer les concentrations attendues dans l'environnement.

- **Caractéristiques techniques du modèle de dispersion ADMS-Urban**

Le système de gestion de la qualité de l'air ADMS-Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), utilisé, reconnu et validé internationalement. Il se base sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux.

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le Cambridge Environmental Reseach Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société NUMTECH, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

ADMS-Urban n'est pas un simple modèle de dispersion atmosphérique, mais bien un système de gestion de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier, de la ville ou de l'agglomération. Outre un modèle de dispersion 3D, il intègre en effet de nombreux modules permettant par exemple la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'information géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO).

Il permet par ailleurs de prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux effluents (NOx, CO, SO2, COV, particules,…), pouvant provenir de plus de 4500 sources différentes :

- les routes et les trafics associés (jusqu'à 75 000 brins peuvent être considérés) ;
- les sources industrielles ponctuelles et surfaciques ;
- les sources diffuses (utilisées sous forme de cadastres).

Les applications d'un tel système sont très diverses, puisqu'elles vont de l'étude d'impact de la construction d'une nouvelle infrastructure routière (par exemple en concentrations moyennes annuelles), jusqu'à la prévision à plusieurs jours de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier ou de l'agglomération.

Il est déjà utilisé dans de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Londres, Budapest, Rome, Shanghai…

- **Modèle mathématique de dispersion :**

ADMS intègre de nombreux modules couplés, permettant de tenir compte de tous les effets complexes sur la dispersion des effluents : topographie, effets « canyons », turbulence liée au trafic, phénomènes météorologiques complexes (inversions de température),…

En fonctionnement normal, le modèle de dispersion travaille en régime stationnaire pour une situation météorologique donnée, les situations météorologiques étant réactualisées toutes les heures. ADMS travaille en effet en mode séquentiel horaire, ce qui permet de prendre en compte l'évolution temporelle des conditions météorologiques durant la journée. L'utilisation de données statistiques annuelles donne en effet des résultats peu satisfaisants en termes de dispersion des effluents. Pour une étude de qualité de l'air à l'échelle d'une rocade, d'un quartier ou d'une agglomération, l'utilisation d'un schéma de dispersion fonctionnant en régime stationnaire pendant des échelles de temps de l'ordre de l'heure est tout à fait adéquat, car précis en terme de dispersion et relativement peu coûteux en temps de calcul. Les valeurs réglementaires font d'ailleurs référence à des échantillonnages effectués généralement à une résolution temporelle horaire.

La grille de calcul est ajustable (discrétisation du domaine), la résolution variant du mètre à quelques centaines de mètres. A noter que le système permet un maillage « intelligent », en plaçant lui-même jusqu'à 5000 points de calculs (capteurs virtuels) aux endroits ou les gradients de concentration sont importants (le long et au bord des grands axes). Il permet également de disposer des points « spécifiques » correspondant à des localisations particulières, très utiles dans le cadre d'une comparaison modèle/mesures ou dans l'élaboration de courbes d'effluents en fonction de la distance à la source.

- Echelle spatiale :

Le domaine de modélisation est choisi en fonction des spécificités et des objectifs de l'étude. Il peut s'étendre de la rue (« Canyon street »), avec une prise en compte des effets de turbulence liés au trafic et aux effets « canyons », jusqu'à l'agglomération (~ 40x40 km²), ou des phénomènes tels que la photochimie ou la formation «d'îlots de chaleur urbains» sont considérés.

- Principaux modules intégrés au système :

Outre le modèle de dispersion, le système comprend de nombreux modules permettant d'étudier la qualité de l'air à l'échelle de la rue/route, du quartier ou de l'agglomération :

- Modèle de terrain :

A partir de paramètres météorologiques moyens, le modèle d'écoulements fluides FLOWSTAR calcule en 3D tous les champs de vent (résolution de l'ordre de 100 m) et de turbulence en prenant en compte l'effet de la topographie et de la rugosité du sol ;

- Pré-processeur météorologique :

A partir de données météorologiques mesurées au sol, un pré-processeur météorologique calcule dans les 3 dimensions, les paramètres de la couche atmosphérique de dispersion (entre le sol et 2000 mètres d'altitude) ;

- Modèle de dépôt :

Calcul du dépôt sec et du lessivage par les pluies des effluents. Prise en compte de la taille des particules lors de la dispersion. Jusqu'à 10 tailles de particules peuvent être considérées, ce qui permet de prendre en compte des spectres dimensionnels de particules ;

- Modèle de trajectoire des panaches :

Pour les sources ponctuelles (cheminées industrielles…), un modèle dynamique calcule intégralement la trajectoire des panaches émis (sur-élévation) à partir des vitesses d'éjection et des températures des rejets ;

- Modèle de bâtiment :

Ce modèle dynamique permet de calculer l'influence turbulente des bâtiments proches des sources industrielles sur la dispersion, ainsi que les effets de sillage des cheminées ;

- Modèle photochimique :

ADMS intègre un code photochimique incluant la chimie des NO2, NO, O3 et COV (Schéma de 7 réactions). Il utilise notamment les données de rayonnements solaires pour calculer les taux de photolyse. Un tel module est indispensable si l'on souhaite correctement estimer les concentrations de NO2 notamment. ;

- Modèle des effets « Street Canyon » :

Prise en compte des phénomènes de re-circulations dans les rues, et de la turbulence provoquée par le passage des véhicules entre les bâtiments ;

- Module statistique :

Ce module permet notamment de faire des comparaisons directes avec les valeurs réglementaires.

- **Module FLOWSTAR**

FLOWSTAR est un module développé par le CERC, permettant de calculer les champs de vents et de turbulence dans la couche limite atmosphérique (0-2000 m) en trois dimensions. Ce module prend en compte l'impact du relief et l'occupation des sols.

FLOWSTAR est utilisé dans le modèle ADMS développé par le CERC, pour calculer les trajectoires des panaches et la dispersion atmosphérique sur les terrains complexes. Mais ses applications sont plus larges, et concernent le calcul des champs de vent en général : potentiel éolien,…

En entrée, FLOWSTAR a besoin des données de relief du domaine concerné, de l'occupation des sols (rugosité), et de la météo générale du site. Il renvoie en sortie les données de vent et de turbulence sur une grille, aux niveaux d'altitudes spécifiés par l'utilisateur. Ces données peuvent être fournies pour chaque condition météo du fichier .met d'entrée, ou peuvent être moyennées.

L'approche utilisée dans FLOWSTAR est dérivée du travail théorique de Jackson et al. Il se base sur l'hypothèse que différents processus contrôlent les flux dynamiques en couches, à différents niveaux au-dessus du sol.

Des validations du modèle (Carruthers et al), ont montré que FLOWSTAR modélisait bien les flux, notamment pour des pentes jusqu'à 1 pour 2 (pentes au vent et sommets de collines) et jusqu'à 1 pour 3 localement dans le sillage des reliefs. Les échelles spatiales supportées par le modèle vont de quelques dizaines de mètres, à plusieurs kilomètres.

- **Principales données d'entrée**

Météorologie : Données météorologiques de surface, mesurées de préférence à fréquence horaire (format Météo France) : vitesse et direction du vent, température sous abri, nébulosité, précipitations…

Paramètres d'émission : localisation des sources et tronçons, taux d'émission (horaires ou TMJA, profils quotidiens), largeur des voies et hauteur du bâti, émissions industrielles (position et caractéristiques des cheminées) et diffuses (tertiaire, COV)…

Topographie de la zone d'étude : relief et occupation des sols (milieu urbain, hauteur moyenne du bâti…),

- **Types de sorties et résultats issus de ADMS**

ADMS Urban fourni des résultats à court-terme (horaires, journaliers, études de cas) ou à long terme (moyennes annuelles, percentiles, valeurs maximales..).

La présentation des résultats sous forme de cartographies est facilitée grâce à des liens directs avec des SIG (ARCVIEW et MAPINFO) et des systèmes logiciels graphiques reconnus (SURFER).

La création de tableaux synthétiques permet une comparaison directe avec les valeurs réglementaires.

- **Validation**

Le modèle de dispersion ADMS et le système ADMS-Urban ont été validés au cours de campagnes internationales ou par comparaisons à des valeurs expérimentales (tests en soufflerie,…). Les résultats de ces tests et validations ont été publiés dans des revues scientifiques internationales, que la société NUMTECH tient à disposition. Il a récemment donné d'excellents résultats sur la ville de Londres. Il a par ailleurs fait l'objet d'une validation complète sur la ville de Toulon, en collaboration avec AirPACA, et est utilisé sur de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Paris, Lille, Nancy, La Rochelle, Lyon, Londres, Budapest, Rome, Pékin, Shanghai

Annexe 3 Cartographies des concentrations modélisées en PM_{10} et $PM_{2.5}$

Concentrations moyennes annuelle en PM_{10}

numtech

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Etat initial

Zone d'étude

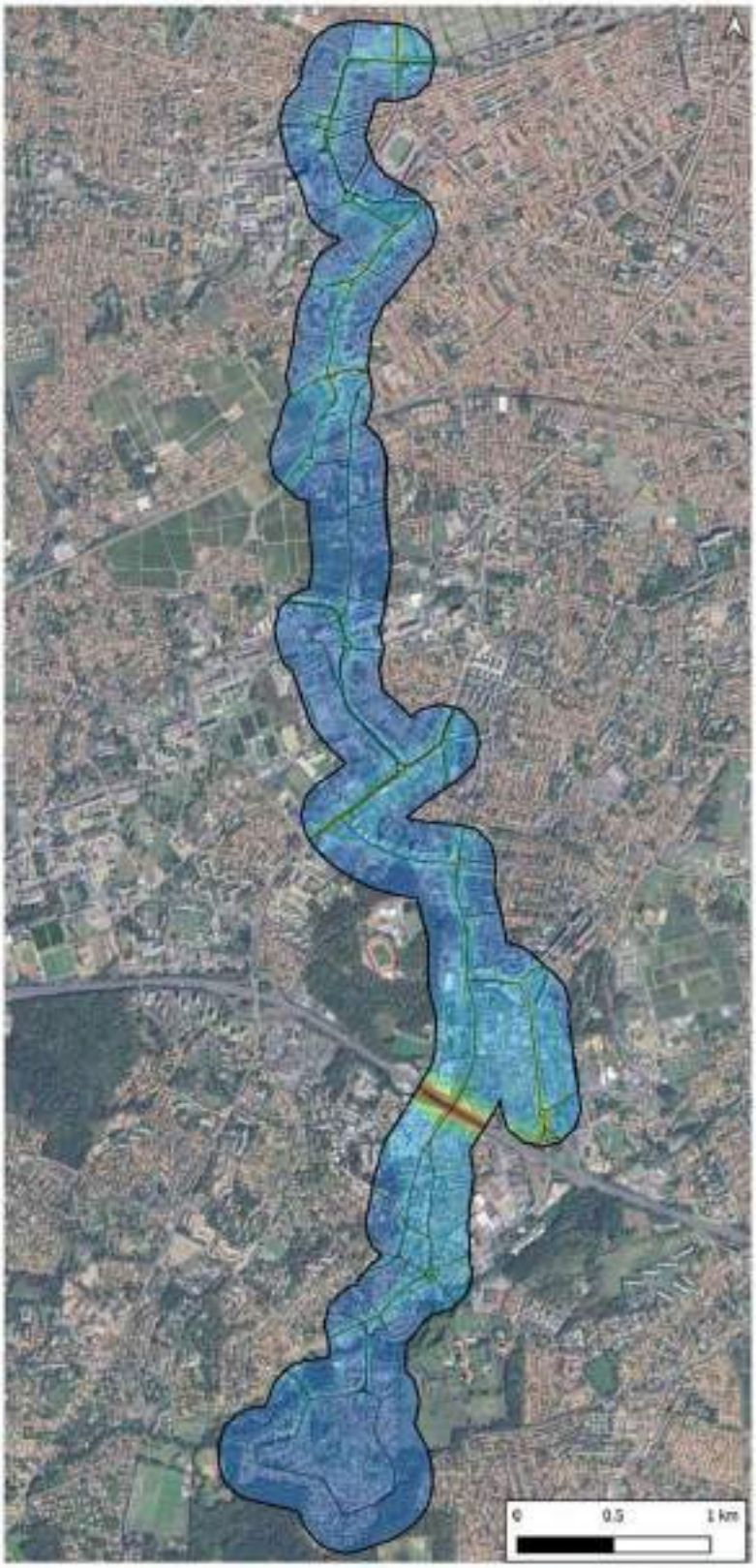
Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³

Pollution de fond : 16.7 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en PM_{10}

numtech

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation de référence 2027

Zone d'étude

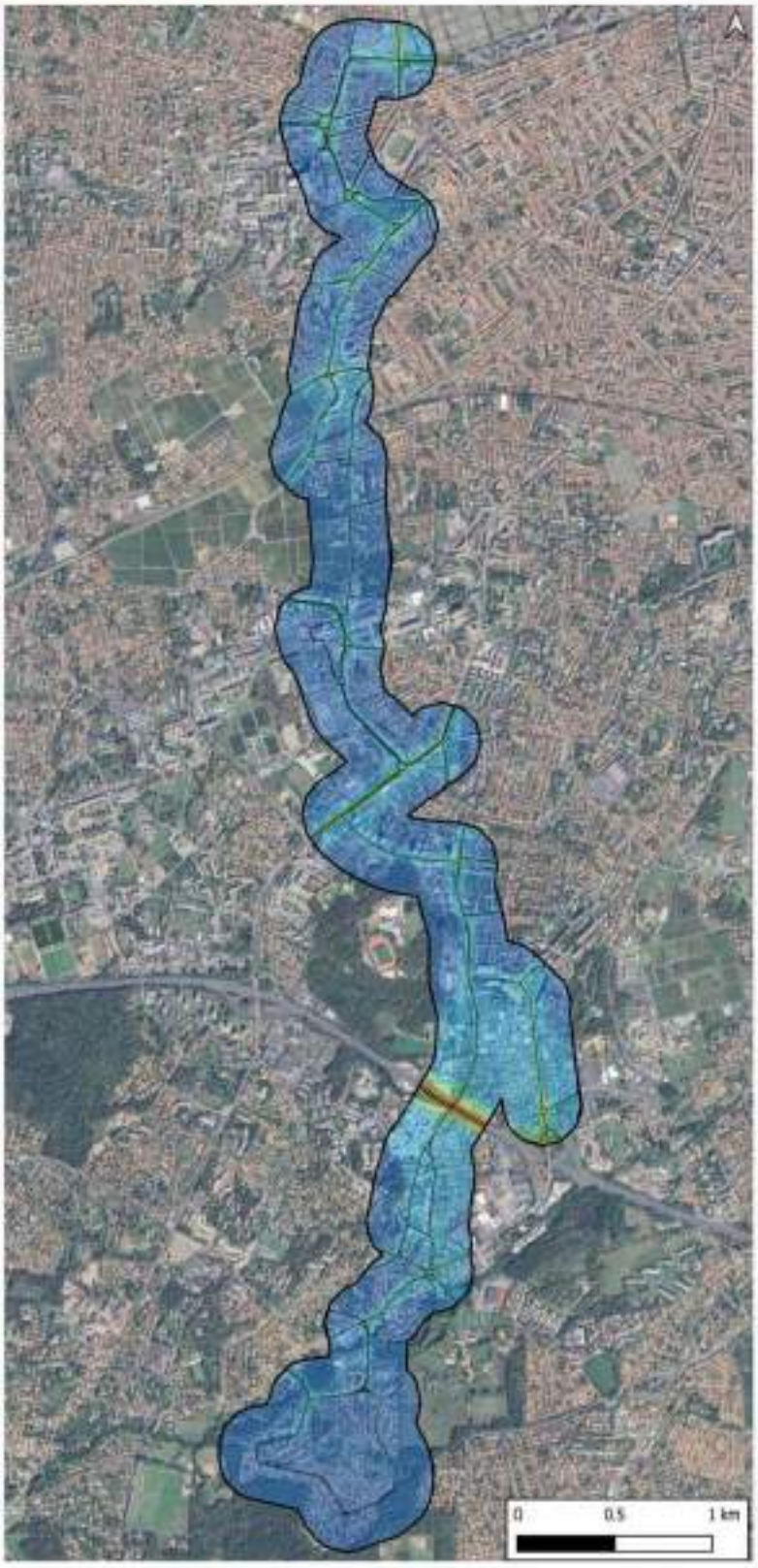
Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³

Pollution de fond : 16.7 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en PM_{10}

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation avec projet 2027

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³

Pollution de fond : 16.7 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en PM_{10}

numtech

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation de référence 2047

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³

Pollution de fond : 16.7 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en PM_{10}

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation avec projet 2047

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³

Pollution de fond : 16.7 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en $PM_{2.5}$

numtech

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Etat initial

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m³

Pollution de fond : 9.6 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en $PM_{2.5}$

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation de référence 2027

Zone d'étude

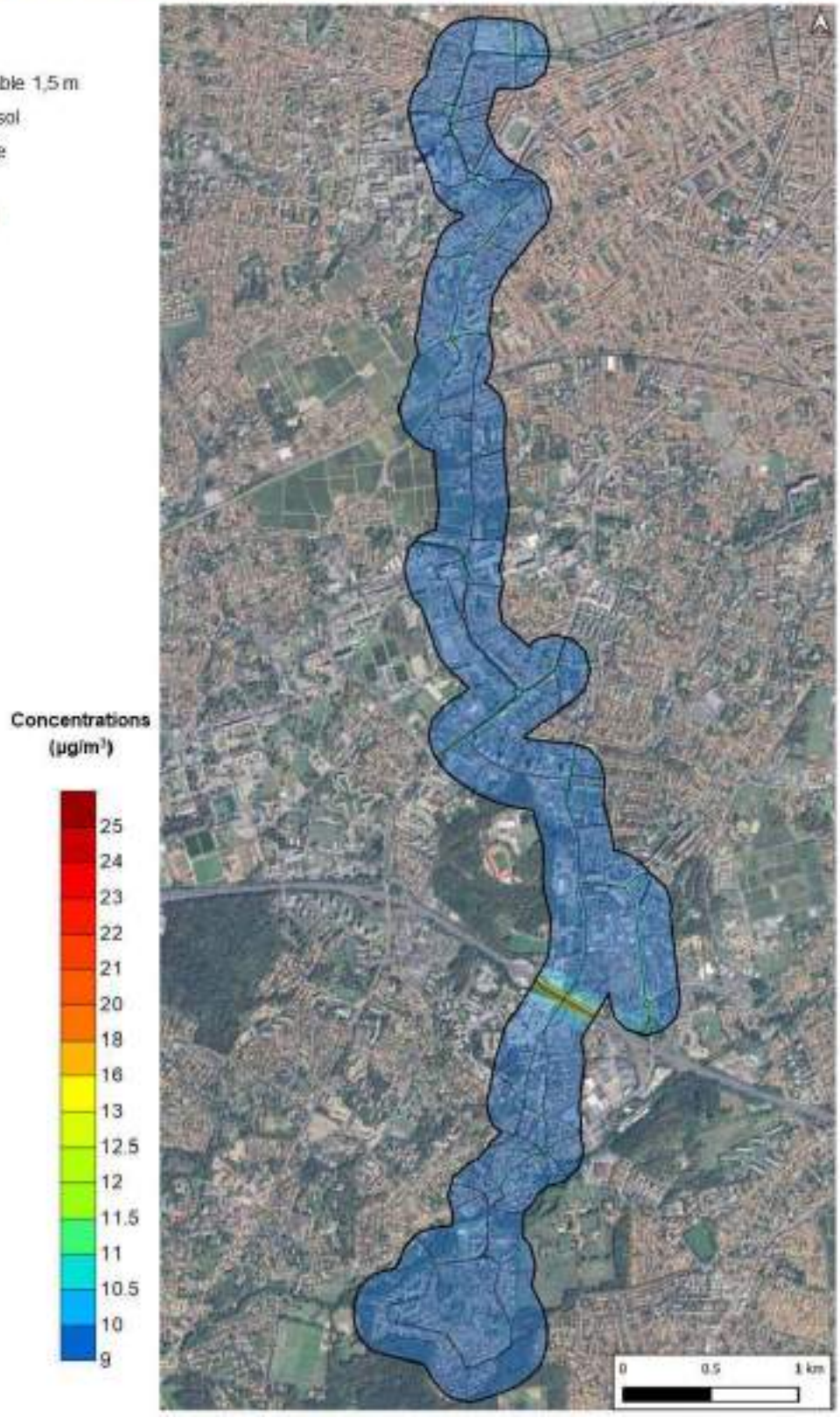
Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m³

Pollution de fond : 9.6 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en $PM_{2.5}$

numtech

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation avec projet 2027

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m³

Pollution de fond : 9.6 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en $PM_{2.5}$

numtech

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation de référence 2047

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m³

Pollution de fond : 9.6 µg/m³



Mai 2024

Concentrations moyennes annuelle en $PM_{2.5}$

Création d'une ligne de BHNS – Gradignan - Situation avec projet 2047

Zone d'étude

Réseau routier

Grille de calcul : résolution variable 1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2023, pas horaire

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m³

Pollution de fond : 9.6 µg/m³



Mai 2024

Annexe 4. Rapport de mesures (EVADIES)

numtech
INTELLIGENCE ENVIRONNEMENTALE

MARCHE DE MAITRISE D'OEUVRE POUR LA CREATION D'UNE LIGNE DE BUS A HAUT NIVEAU DE SERVICE ENTRE LES QUARTIERS DE PELLEGRIN A BORDEAUX, DE THOUARS A TALENCE ET MALARTIC A GRADIGNAN

MESURES DE QUALITE DE L'AIR

Rapport 9522 v1.0
Résultat des mesures

Décembre 2022

EVADIES
Evaluation & Diagnostic
Impact / Environnement / Santé

Bureau d'expertise en santé environnementale
EVADIES ● 8, rue principale 54 470 BOUILLONVILLE ● Tél : 09 71 06 70 81
Courriel : remi.merlen@evadies.fr
N° Siret : 821 717 501 00026 ● A.P.E. : 7120 B
SARL au capital de 10 000 €

MARCHE DE MAITRISE D'OEUVRE POUR LA CREATION D'UNE LIGNE DE BUS A HAUT NIVEAU DE SERVICE ENTRE LES QUARTIERS DE PELLEGRIN A BORDEAUX, DE THOUARS A TALENCE ET MALARTIC A GRADIGNAN

MESURES DE QUALITE DE L'AIR

RAPPORT 9522 v1.0

Destiné à Céline PESIN
Chef de projet / Pôle Qualité de l'Air

NUMTECH
6, allée Alan Turing
CS 60242
63 178 AUBIERE Cedex

celine.pesin@numtech.fr
Tél. : +33.4.73.28.75.95

Version	Date	Rédaction	Vérification	Validation
1.0	01/12/2022	S. CHAROLLAIS 	N. PANIZZOLI 	R. MERLEN 

Pour nous joindre :

Sébastien CHAROLLAIS
Tél : 03 85 91 58 12
Courriel : sebastien.charollais@evadies.fr

Rémi MERLEN
Tél : 06 64 87 93 17
Courriel : remi.merlen@evadies.fr

Avertissement
Ce rapport d'étude est la propriété du bureau d'expertise EVADIES. Il ne peut être reproduit, tout ou partie, sans l'autorisation écrite d'EVADIES. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à EVADIES. EVADIES ne saurait être tenu pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

TABLE DES MATIERES

1. Contexte et objectifs de l'étude 5
2. Référentiels techniques et règlementaires 6
3. Stratégie de mesure 6
4. Description des techniques de mesures 7
5. Choix des points de mesures 8
5.1. Stratégie 8
5.2. Critères de macro-implantation des stations 9
5.3. Critères de micro-implantation des stations 9
5.4. Carte d'identité des stations 9
6. Stratégie temporelle 10
7. Conditions météorologiques 11
7.1. Descriptif 11
7.2. Régime des vents lors des mesures dans l'air ambiant 11
8. Les critères d'interprétation des résultats 13
8.1. Modalités d'interprétation des données 13
8.2. Les critères d'appréciation pour les concentrations en NO_2 13
8.3. Comparaison des résultats aux données locales 13
9. Résultats et interprétations des mesures de NO_2 16
9.1. Validité des résultats de mesures 16
9.2. Résultats des mesures par tubes passifs 17
9.3. Cartographies des résultats 19
9.4. Décroissance des concentrations 20
10. Bilan général des mesures 22

Liste des tableaux

Tableau 1. Roses des vents et des pluies enregistrées durant les mesures 12
Tableau 2. Valeurs de gestion applicables aux concentrations mesurées dans l'air ambiant (en µg/m3) 13
Tableau 3. Caractéristiques des stations ATMO situées à proximité du projet (source : ATMO Nouvelle Aquitaine) 14
Tableau 4. Concentrations moyennes en NO_2 enregistrées sur les stations ATMO (en µg/m^3) sur la période 15
Tableau 5. Concentrations moyennes en NO_2 enregistrées sur les stations ATMO (en µg/m^3) sur la période 16
Tableau 6. Résultats des critères de qualité – Analyse des doublons sur la station 11 – Ecart en % ..17
Tableau 7. Concentrations moyennes en NO_2 (en µg/m^3) durant la campagne de mesures 17

Liste des figures

Figure 1. Localisation du site (Source : SYSTRA) 5
Figure 2. Dispositifs de mesures passifs (photo : PASSAM AG) 7
Figure 3. Caractéristiques métrologiques et analytiques des tubes passifs (source : PASSAM AG) 8
Figure 4. Localisation des points de mesures et superposition avec le projet (EVADIES) 10
Figure 5. Station ATMO la plus proche du projet (ATMO Nouvelle Aquitaine) 14
Figure 6. Valeurs moyennes annuelles en NO2 autour du BHNS en 2021 15
Figure 7. Cartographie des concentrations moyennes obtenues (Source : EVADIES) 20
Figure 8. Répartition des concentrations moyennes de NO2 sur les transects (et courbes de tendance) durant les mesures réalisées par EVADIES (en µg/m3) 21

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Dans le cadre de la réalisation des études environnementales et réglementaires du projet de création du BHNS entre Bordeaux et Gradignan, la société NUMTECH a sollicité EVADIES pour la réalisation de mesures de la qualité de l'air à l'état initial. Ces mesures sont une constituante du volet Air & Santé réalisé par NUMTECH.

Suite à la concertation réglementaire, le présent projet consiste en une création d'une ligne de BHNS « zéro émission directe » en fourche avec :

- *Un tronc commun à 5 minutes de fréquence entre le quartier de Pellegrin (Barrière St-Augustin) et l'arrêt Piscine de Thouars, avec un pourcentage de site propre important, en privilégiant un passage par la rue Dubernat et la variante passant par l'esplanade des Arts et Métiers ;*
- *Une première branche à 10 minutes de fréquence allant, via l'avenue de Thouars, vers Malartic ;*
- *Une seconde branche, elle aussi à 10 minutes de fréquence, qui irait jusqu'à l'arrêt Neruda, via la rue Arthur Rimbaud et l'avenue de Proudhon. Cette seconde branche sera l'amorce d'un futur projet de prolongement vers Bègles (Lycée Vaclav Havel/Gare de Bègles).*

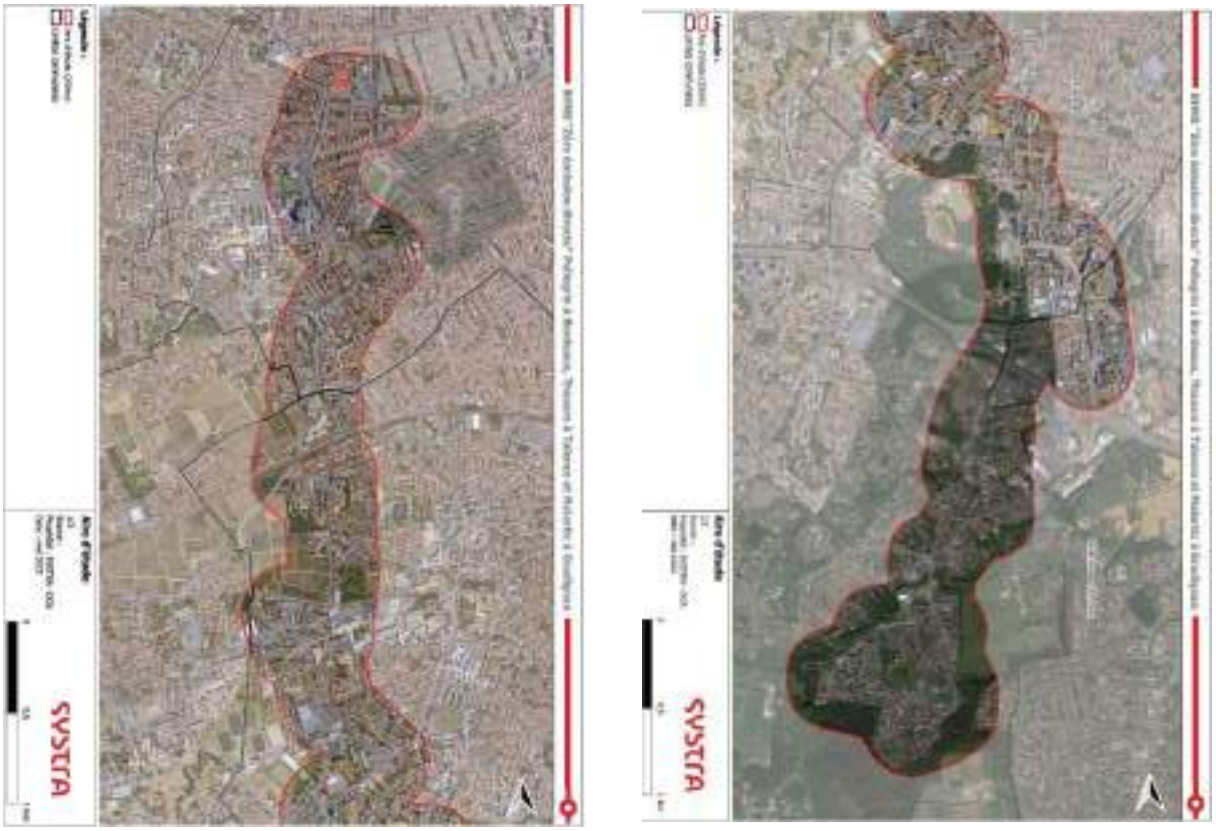


Figure 1. Localisation du site (Source : SYSTRA)

Les mesures de la qualité de l'air permettent de définir les bruits de fond locaux et de s'assurer que l'évolution des émissions routières liées aux flux générés n'engendrera pas un impact significatif par

rapport aux critères de qualité de l'état actuel des milieux. La réflexion pourra porter sur la comparaison entre les concentrations actuelles et les valeurs de gestion.

Une campagne de prélèvements fut réalisée en fin d'été 2022. Le présent rapport s'intéresse à la synthèse des résultats.

2. REFERENTIELS TECHNIQUES ET REGLEMENTAIRES

Ce document a été réalisé en se référant :

- A la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières (abrogeant la circulaire n°2005-273) ;
- Au décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- Aux dernières lignes directrices relatives à la qualité de l'air publiées par l'OMS en 2021.

3. STRATEGIE DE MESURE

Dans le cadre d'un projet routier, l'étude de la qualité de l'air est habituellement réalisée à partir :

- D'un diagnostic actuel de la qualité de l'air ;
- De l'identification des enjeux air et santé de la zone ;
- **De mesures de la qualité de l'air** ;
- D'estimations des émissions et des concentrations par modélisation des polluants ;
- D'une évaluation des indicateurs sanitaires permettant de mettre en avant les zones les plus sensibles eu égard à la qualité de l'air ;
- D'une synthèse biographique des effets de la pollution de l'air sur la santé ;
- D'une analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- D'une analyse des impacts en phase chantier ;
- Des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts.

Le présent rapport s'intéresse spécifiquement à la partie « mesures » afin de qualifier l'état initial avant la mise en place du projet. Pour ce faire un certain nombre de polluants est habituellement étudié pour caractériser l'exposition aux polluants par voie respiratoire. Ces traceurs de l'exposition sont notamment définis par le guide méthodologique de février 2019.

Dans le cadre de cette étude, les mesures de la qualité de l'air concernent le principal traceur de l'activité routière à savoir le dioxyde d'azote (NO_2). L'ensemble des autres polluants inhérents à une étude de niveau II seront déterminés par NUMTECH (calcul des émissions et/ou modélisation des concentrations).

4. DESCRIPTION DES TECHNIQUES DE MESURES

Concernant le dioxyde d'azote, une méthode passive a été privilégiée afin de multiplier le nombre de points de mesures sur le domaine d'étude et de mesurer des concentrations de l'ordre du µg/m^3 (ou ppb[1]). La méthode passive permet d'estimer les expositions moyennes rencontrées sur la durée de la mesure correspondant ici à des expositions sub-chroniques (quelques jours à plusieurs mois). On obtient une concentration par point de mesures. Les tubes ont été mis dans un abri que l'on fixe à environ 2 mètres du sol sur un poteau (figure 2). L'échantillonnage passif n'implique aucun mouvement actif de l'air.



Figure 2. Dispositifs de mesures passifs (photo : PASSAM AG)

Dans le cas du dioxyde d'azote, les concentrations en dioxyde d'azote sont déterminées à l'aide de tubes à diffusion passive contenant trois grilles en acier inoxydable imprégnées de solution de triéthanolamine (TEA). Ces grilles sont contenues dans une extrémité fermée par une capsule en polyéthylène colorée. De l'autre côté du tube translucide, l'extrémité est obturée par une seconde capsule (ou bouchon) qui est retirée lors de l'installation sur le site.

[1] ppb = partie par billion

Afin d'améliorer la qualité de la mesure, des membranes poreuses spécifiques au laboratoire PASSAM ont été utilisées afin de minimiser les turbulences dans les tubes passifs et éviter la potentielle intrusion d'insectes dans le tube. Le NO_2 pénètre donc par diffusion passive dans le tube jusqu'aux grilles où il est absorbé.

Au retrait, chaque membrane est enlevée et le tube rebouché de manière hermétique directement sur le terrain. Une fois récupérés, les tubes sont ensuite envoyés et analysés au laboratoire. Les analyses sont directement effectuées par le distributeur de ces dispositifs à savoir PASSAM AG laboratoire situé en Suisse. La figure 3 ci-après souligne les caractéristiques analytiques liées au dioxyde d'azote.

Débit de prélèvement	0.8536 ml/min à 9°C 0.7340 ml/min avec membrane modifié par LANUV Allemagne
Zone de fonctionnement normal	1 – 200 µg/m³
Durée d'échantillonnage	1 – 4 semaines
Limite de détection	0.2 µg/m³ pour une exposition mensuelle
Influences externes : vitesse du vent	l'influence < 10% pour un de vent vitesse inférieure à 4.5 m/sec avec boîte à protection route à grand traffic membrane recommendé
température	pas d'influence entre 5 et 40°C
humidité	pas d'influence entre 20 et 80%
Stockage	avant l'utilisation: 24 mois après l'utilisation: 4 mois
Interférences	pas d'interférences avec le monoxyde d'azote, le dioxyde de soufre et l'ozone. PAN interfère [4]
Incertitude élargie *	19.5 % au niveau de 40 µg/m³



Figure 3. Caractéristiques métrologiques et analytiques des tubes passifs (source : PASSAM AG)

Des critères de qualité supplémentaires sont utilisés, ainsi pour chaque campagne :

- 1 blanc de terrain est analysé pour juger de la non-contamination des supports envoyés au laboratoire d'analyses. Selon les normes NF EN 14662 et NF EN 16339 (relatives respectivement à la mesure du benzène et du dioxyde d'azote par techniques passives) les blancs pour la mesure avec des tubes passifs doivent suivre la même procédure que des tubes exposés, hormis l'exposition des tubes (cartouches gardées dans des tubes fermés hermétiquement) ;
- 1 doublon est installé afin de vérifier la répétabilité des mesures et de l'analyse.

5. CHOIX DES POINTS DE MESURES

5.1. Stratégie

Le choix des aires d'échantillonnage s'est déroulé en fonction des critères techniques nécessaires à la représentativité de la mesure, en considérant les critères de micro-implantations des stations. Les mêmes critères ont été appliqués à l'ensemble des emplacements afin de permettre une comparaison non biaisée des résultats. Les emplacements des différentes stations ont été décidés

en concertation avec la maîtrise d'ouvrage sur proposition de nos équipes. Les stations ont été implantées en fonction des niveaux d'impact potentiels et de la sensibilité de la zone.

5.2. Critères de macro-implantation des stations

La zone d'étude s'étendant sur près de 10 km de linéaire relatif au tracé du BHNS. EVADIES s'est orienté, non pas sur un échantillonnage systématique à chaque km, mais plutôt vers un échantillonnage stratégique **valorisant la qualification générale de l'état initial dans différents contextes de proximité routière. Ainsi, EVADIES a réalisé cette étude sur la base de 24 sites de mesures de NO_2.**

Ces sites furent répartis de la façon suivante :

- **3 transects de 3 points** répartis de part et d'autre du tracé du BHNS et/ou des axes principaux afin d'évaluer la décroissance des concentrations dans les secteurs les plus sensibles en matière de qualité de l'air
- **10 points isolés en proximité projet** à proximité des habitations et de certains points pouvant accueillir des personnes sensibles (aires de jeux, écoles, crèches, maisons de retraites…).
- **5 points isolés** permettant de caractériser le bruit de fond ambiant à proximité de certains lieux sensibles.

5.3. Critères de micro-implantation des stations

Les critères de choix des emplacements autour du site doivent être faits en veillant à ce que les systèmes de prélèvements soient correctement positionnés au regard des règles de l'art. Les normes de prélèvements précisent les critères d'implantation des points de prélèvements. Ces critères sont également repris dans l'annexe III de la directive 2008/50/CE.

D'autres critères ont permis de valider le choix des stations :

- Demande des autorisations lors d'installations sur des terrains publics et privés ;
- Sélection d'un support/site adéquat pour la réalisation de la mesure ;
- Absence potentielle d'un risque de dégradation du matériel de mesures.

5.4. Carte d'identité des stations

Les stations sont présentées de façon détaillée en annexe A. La carte d'identité des stations donne les informations suivantes : nom du point de mesures, sa photo et son positionnement aérien, ses coordonnées géoréférencées.

Le positionnement des stations est repris sur la figure 4 ci-après mettant en avant les positionnements de chaque station sur le domaine d'étude.

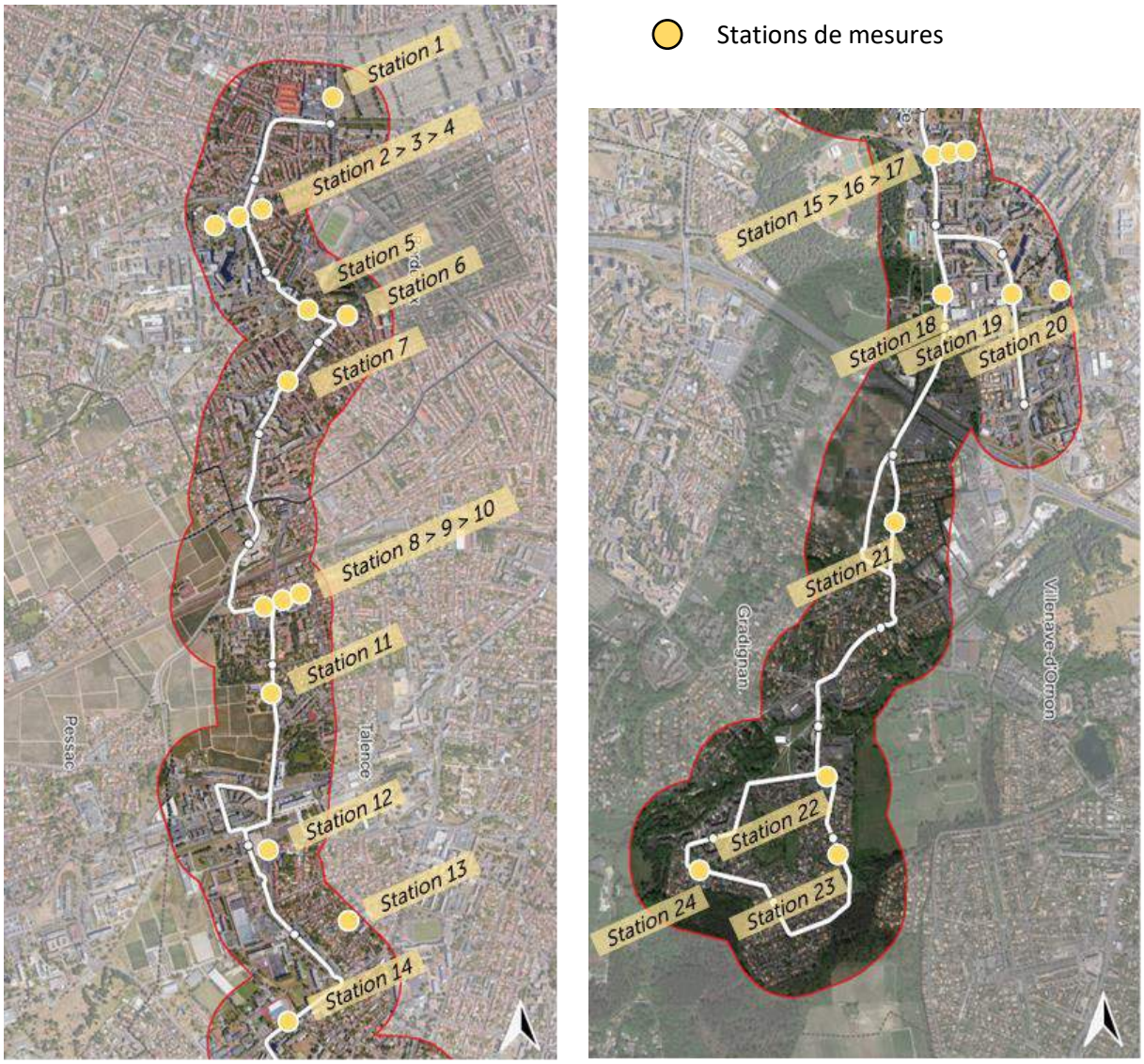


Figure 4. Localisation des points de mesures et superposition avec le projet (EVADIES)

6. STRATEGIE TEMPORELLE

La durée des campagnes de mesures est habituellement ajustée afin de couvrir une durée globale de mesures permettant de rendre les résultats représentatifs de différentes chroniques météorologiques et des variations d'activités au cours de l'année (l'objectif est alors de répondre aux exigences de la directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008).

Dans le cadre de cette étude, EVADIES a mené **1 campagne de mesures** qui permettent d'avoir une information sur la qualité de l'air au droit du projet. La mesure s'est déroulée du **20 septembre 2022 au 18 octobre 2022**. Les mesures ne sont pas représentatives de saisons contrastées mais permettent

de connaitre les concentrations dans l'air sur 1 mois d'exposition en fin d'été / début d'automne. Afin d'améliorer la représentativité, il reste toujours possible de multiplier ultérieurement le nombre de campagnes de mesures sur des saisons différentes

Les résultats des mesures réalisées seront uniquement comparés à la réglementation à titre indicatif.

7. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

7.1. Descriptif

Les conditions météorologiques sur les périodes de mesures ont été réalisées à partir des observations obtenues sur la station météorologique de Météo France « BORDEAUX-MERIGNAC » implantée sur l'aéroport de Mérignac et située à environ 10 km du projet de BHNS à l'ouest de Bordeaux. Elle a notamment enregistré la direction, la vitesse du vent et les précipitations. Les données mesurées sont présentées ci-après.

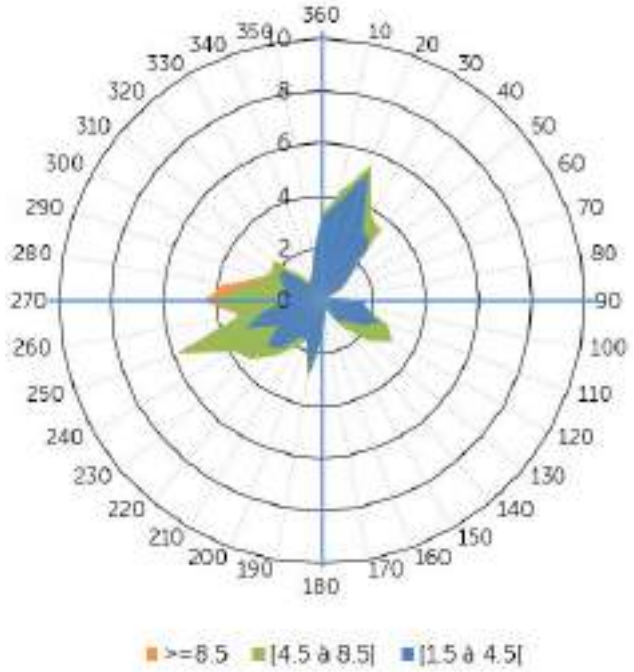
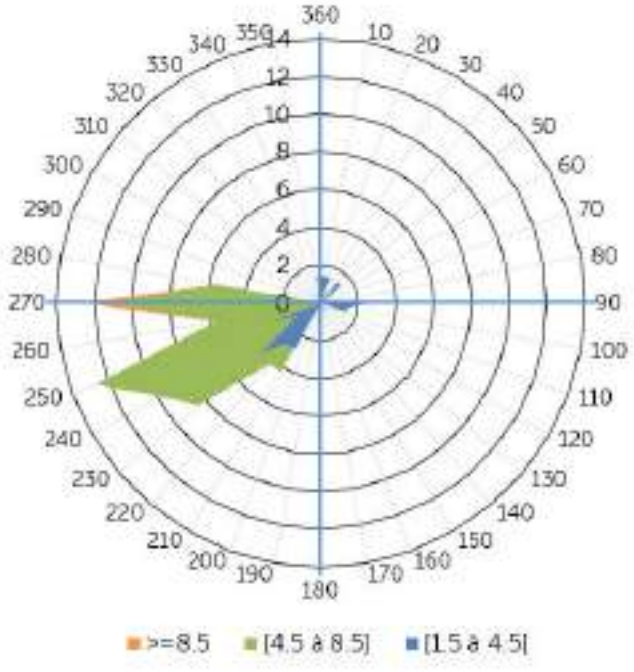
7.2. Régime des vents lors des mesures dans l'air ambiant

Les régimes des vents observés sur les périodes de mesures dans l'air ambiant sont présentés dans le tableau 1. Les roses des vents présentent la fréquence des vents en fonction de leur provenance exprimée en pourcentage et par groupes de vitesses à partir de l'enregistrement des données mesurées toutes les heures relatives à la campagne de mesures.

Len régime général des vents durant la période de mesures met en avant les vents les plus fréquents enregistrés provenant de l'ouest (côte atlantique) mais également du nord-nord-est. Les vents sont majoritairement faibles (près de 65 %) et sont très rarement forts (< 2 %). Lors des épisodes pluvieux, les vents associés aux pluies proviennent exclusivement de la façade ouest et sont principalement modérés (près de 47 % des occurrences).

Les vents non mesurables demeurent minoritaires (< 15 %) ce qui signifie que le domaine d'étude reste relativement venté dans un contexte favorable à la dispersion des polluants.

Tableau 1. Roses des vents et des pluies enregistrées durant les mesures

Semaine	Campagne de mesures 20/09/22 – 18/10/22
Rose des vents	
Rose des pluies	

8. LES CRITERES D'INTERPRETATION DES RESULTATS

8.1. Modalités d'interprétation des données

L'interprétation des résultats est réalisée successivement en :

- Considérant les conditions météorologiques lors des mesures ;
- Évaluant la dégradation éventuellement attribuable aux axes routiers grâce à la comparaison des concentrations mesurées sur les points potentiellement impactés à celles mises en évidence sur les points non impactés choisis pour être représentatifs du bruit de fond urbain local (comme les stations 13 et 20), stations les moins impactées par les tronçons composant le projet de BHNS. On fera notamment référence aux incertitudes d'analyses pour évaluer la significativité des écarts entre les valeurs.
- Comparant les concentrations mesurées avec les valeurs interprétatives européennes.

8.2. Les critères d'appréciation pour les concentrations en NO_2

Des valeurs seuils sont données dans le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air qui transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008. Ces valeurs sont données dans le tableau 2.

Tableau 2. Valeurs de gestion applicables aux concentrations mesurées dans l'air ambiant (en µg/m3)

µg/m³	Objectif de qualité (en moyenne annuelle)	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine (en moyenne annuelle)	Lignes directrices OMS-2021
NO_2	40	40	10

Les valeurs limites : c'est le niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble (R.221-1, C. env.) ;
Les objectifs de qualité : il s'agit d'un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble (R.221-1, C. env.)
Les lignes directrices : Les lignes directrices relatives à la qualité de l'air ont été publiées pour la première fois par l'OMS en 1987. Elles ont été mises à jour régulièrement jusqu'à la dernière édition actualisée en 2021. Depuis la précédente édition (2005), la quantité et la qualité des données factuelles montrant une incidence de la pollution de l'air sur la santé ont sensiblement augmenté. Les données accumulées attestent que la pollution atmosphérique a des effets néfastes sur la santé à des concentrations encore plus faibles que ce qui était admis jusqu'alors. Faisant face à ce constat, l'OMS a abaissé la quasi-totalité de ses seuils de référence dans la nouvelle édition de ses lignes directrices. L'évolution la plus marquée entre les seuils de référence de 2005 et les nouveaux de 2021 concerne le dioxyde d'azote, avec un abaissement de 40 µg/m³ à 10 µg/m³ et la création d'une valeur journalière à 25 µg/m³ (AIRPARIF).

8.3. Comparaison des résultats aux données locales

Dans le cadre de la comparaison des résultats, il est également possible d'utiliser les mesures réalisées par le réseau ATMO Nouvelle Aquitaine afin d'avoir un référentiel supplémentaire local pour interpréter les résultats.

Il existe deux stations de mesures situées à proximité du projet mesurant également le dioxyde d'azote. Elles donnent une information sur le bruit de fond urbain et la proximité trafic pour le NO_2. Les caractéristiques des stations sont présentées dans le tableau 3 et sur la figure 5.

Tableau 3. Caractéristiques des stations ATMO situées à proximité du projet (source : ATMO Nouvelle Aquitaine)

Typologie de la station	Coordonnées géoréférencées WG84 (degrés décimaux)	Adresse	Distance par rapport au tracé du BHNS
Bordeaux Gautier **TRAFIC**	Latitude : 44.833826 ° Longitude : -0.598538 °	59 Boulevard Antoine Gautier 33000 Bordeaux	0 km (le long du tracé)
Talence **FOND**	Latitude : 44.800909 ° Longitude : -0.58785 °	28 Rue du Général Bordas 33400 Talence	0,7 km (à l'est du tracé)

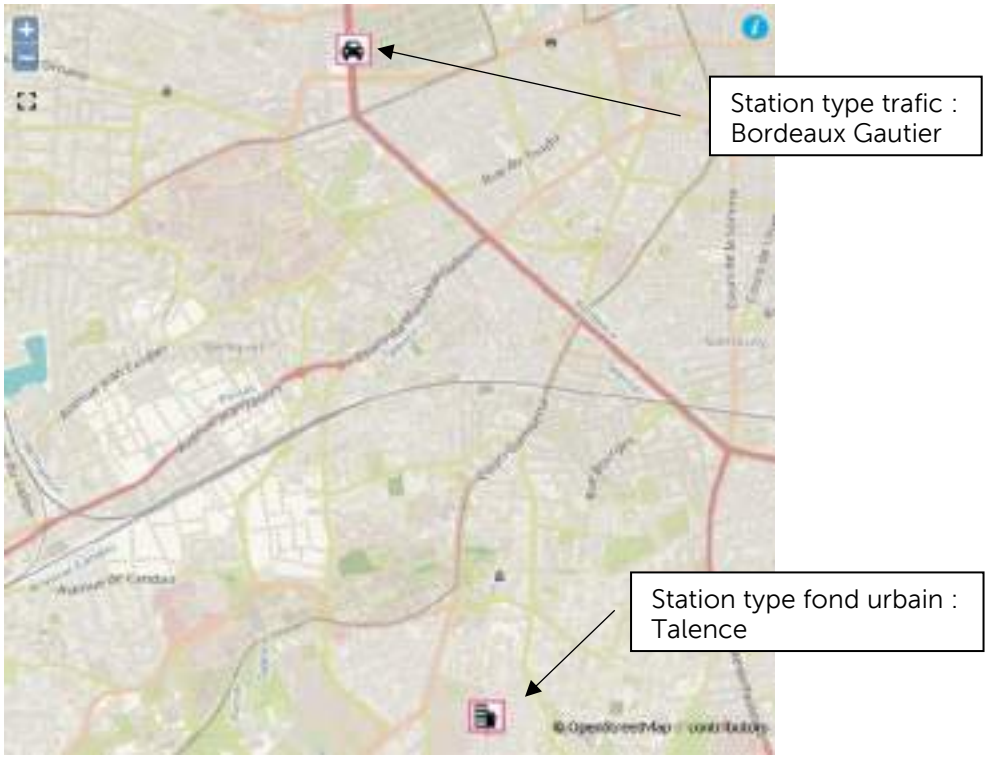


Figure 5. Station ATMO la plus proche du projet (ATMO Nouvelle Aquitaine)

Les polluants mesurés dans la bande d'étude ou à proximité du projet sont les suivants :

- Station Bordeaux Gautier : NO_2, PM10, PM2.5, benzène ;
- Station Talence[2] : NO_2, PM10, PM2.5, O_3, BaP.

A noter que d'autres polluants tels que les métaux lourds (As, Cd, Ni, Pb) ou le dioxyde de soufre sont étudiés sur des stations plus éloignées (Bassens) et permettent de renseigner la qualité de l'air sous influence industrielle.

[2] arrêt des mesures de particules PM10 et PM2,5 à partir du 24 février 2022, en raison de travaux à proximité de la station de mesure.

Le tableau ci-après récapitule les principaux résultats en dioxyde d'azote sur les stations susmentionnées. Sur l'année, la valeur limite dépassée n'est pas dépassée contrairement à la concentration définie par l'OMS comme ligne directrice.

Tableau 4. Concentrations moyennes en NO_2 enregistrées sur les stations ATMO (en µg/m^3) sur la période

Polluants	Concentration moyenne annuelle 2021 (µg/m^3)
Station Bordeaux-Gautier NO_2	31
Station Talence NO_2	13

De manière plus fine, sur la base de son réseau régional de mesures, ATMO met à disposition des cartes de modélisations annuelles notamment pour le dioxyde d'azote. La dernière modélisation disponible pour l'année 2021 permet de localiser les dépassements potentiels des valeurs limites en NO_2 (figure 6).

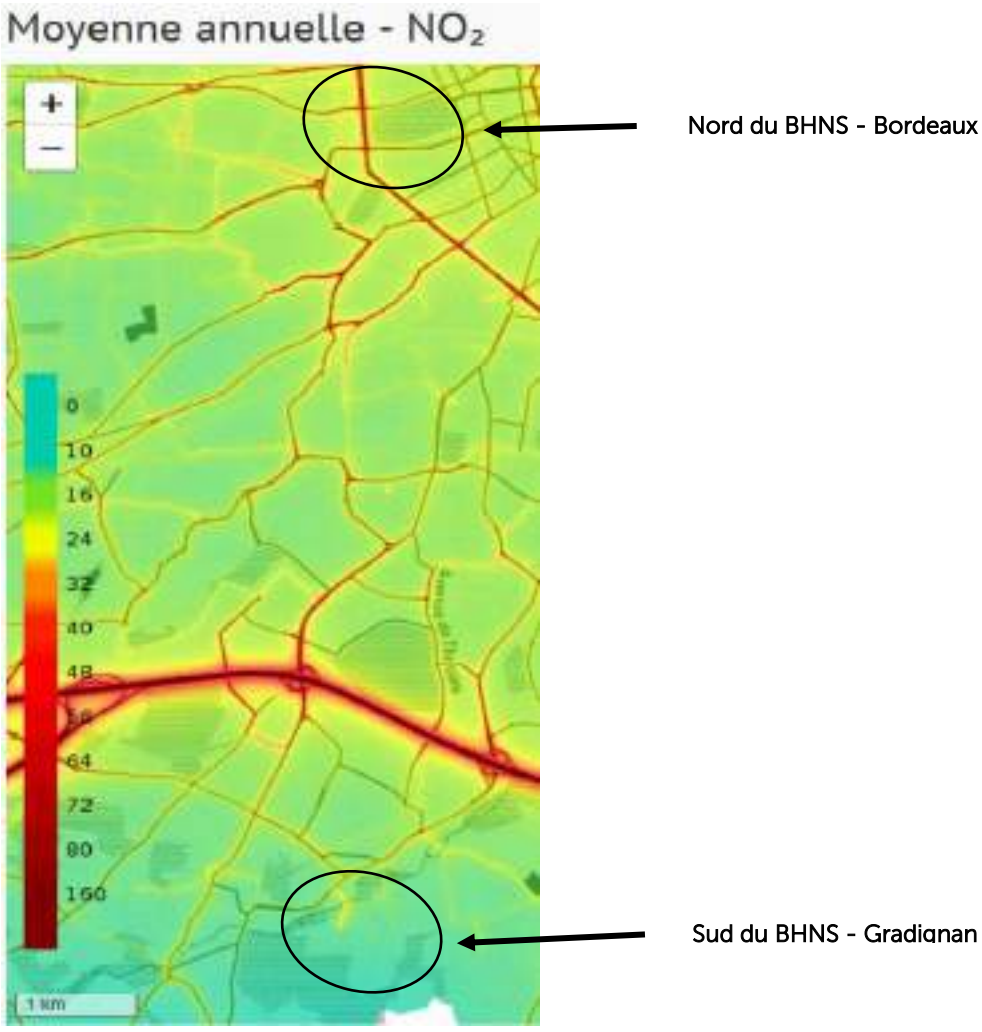


Figure 6. Valeurs moyennes annuelles en NO_2 autour du BHNS en 2021
(Source : ATMO Nouvelle Aquitaine)

Pour le NO_2, aucun dépassement de la valeur limite (moyenne annuelle) de 40 µg/m^3 n'est observé en 2021 à plus de 50 mètres autour des voies principales de circulation. A l'inverse, la valeur limite pour le dioxyde d'azote est dépassée pour la majorité des voies principales empruntées par le BHNS comme le boulevard Gautier, le boulevard Pompidou, la route de Canolle au nord du tracé mais aussi sur les segments proches de l'A630 comme la rue de Thouars.

Au vu de ces différents éléments relatifs au NO_2, traceur de l'activité routière, le secteur d'étude présente une qualité de l'air en adéquation avec le contexte du projet à savoir des concentrations représentatives d'un milieu urbain. Les concentrations sont supérieures aux préconisations de l'OMS 2021 voire supérieures aux valeurs limites au centre des voies les plus passantes.

Le tableau 5 présente les résultats obtenus pour le NO_2 sur les stations ATMO situées à proximité du projet spécifiquement sur la durée des mesures effectuées par EVADIES et qui permettent d'appuyer l'interprétation des résultats. Ainsi, les résultats présentés correspondent à la moyenne durant la campagne de mesures, calculée sur la base des valeurs journalières[3]. Ces résultats peuvent être comparés aux valeurs réglementaires à titre indicatif uniquement.

Tableau 5. Concentrations moyennes en NO_2 enregistrées sur les stations ATMO (en µg/m^3) sur la période

Polluants	Moyenne sur la période de mesures sur la station ATMO
Station Bordeaux-Gautier NO_2	28,1 *(< à l'objectif de qualité fixé à 40 µg/m3 à titre indicatif)*
Station Talence* NO_2	13,9 *(< à l'objectif de qualité fixé à 40 µg/m3 à titre indicatif)*

**Sur la période de mesures seules quelques données ont été validés par le réseau ATMO, le résultat est donc à prendre avec précaution*

En moyenne sur la période d'exposition des mesures, aucun dépassement des objectifs de qualité et par conséquent des valeurs limites pour les le NO_2 n'est observé pour le dioxyde d'azote (comparaison à titre indicatif). Les valeurs confirment la typologie de chaque station avec des valeurs plus marquées sur la station située en bordure du boulevard Gautier.

9. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES MESURES DE NO_2

9.1. Validité des résultats de mesures

Le préalable à toute interprétation des résultats est la vérification de leur représentativité. Dans le cadre de ce suivi, il s'agit aussi de s'assurer que :

[3] A noter que ces données sont issues des dernières mesures en temps réel affichées sur le site internet d'ATMO Nouvelle Aquitaine. Elles peuvent ne pas avoir été validées par les équipes techniques du réseau de surveillance (cas de Talence).

- Les supports envoyés au laboratoire n'ont pas été contaminés ;
- Les mesures sont répétables.

Concernant ces critères de qualité, un blanc de terrain a été analysé pour juger de la non-contamination des supports. **Les résultats obtenus sur le blanc sont inférieurs aux limites de quantification pour le NO_2 (< 0,3 µg/m³)**.

Afin de compléter ces critères de qualité, un dispositif a également été doublé sur la **station 14**. Ces tubes passifs ont été analysés afin de vérifier la répétabilité des mesures et de l'analyse.

La répétabilité de la mesure a été calculée selon l'équation suivante qui permet de définir l'écart relatif moyen (ERM) entre deux mesures :

$$\text{ERM (xi)} = \frac{\text{EAM (xi)}}{\text{moyenne (xi)}}$$

EAM : écart absolu moyen (µg/m³) calculé selon la formule $\text{EAM (xi)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} abs\,(xi - \overline{x})}{N}$

Tableau 6. Résultats des critères de qualité – Analyse des doublons sur la station 14 – Ecart en %

NO_2	Campagne de mesures 20/09/22 – 18/10/22	Ecart relatif
Station 14	25,9	3,5 %
	27,8	

Les données présentées montrent que l'écart relatif moyen est inférieur à l'incertitude analytique liée à ce type de mesures (de l'ordre de 20 %). L'interprétation des résultats est ainsi réalisable sans réserve eu égard à la bonne répétabilité et résultats du blanc de terrain.

9.2. Résultats des mesures par tubes passifs

Les concentrations en NO_2 sont présentées dans le tableau 7 ci-après, ainsi que les valeurs servant à l'interprétation. Les résultats obtenus par le laboratoire ont été exprimés en masse de polluants par unité de volume. Les concentrations présentées correspondent à la moyenne des teneurs observées sur la campagne de mesures.

Tableau 7. Concentrations moyennes en NO_2 (en µg/m³) durant la campagne de mesures

Stations	Localisation (selon Geoportail)	NO_2 en µg/m³
1	Bd Antoine Gautier / cabine ATMO	37,2
2	Rue de la Pelouse de Douet / transect	16,1
3	Rue de Canolle / transect	19,2
4	Rue Marceau / transect	28,8

5	Rue Léo Saignat / BHNS	30,8
6	Rue de la Berchade / fond urbain (école)	30,1
7	Rue de la Berchade / BHNS (école)	27,5
8	Rue Diderot / transect (BHNS)	16,2
9	Av de la Vieille Tour / transect (école)	19,0
10	Rue Lavoisier / transect (école)	13,7
11	Av de la Vieille Tour/ BHNS (maison retraite)	25,1
12	Av de l'Université / BHNS (clinique)	21,7
13	Rue Alfred Charlionnet / fond urbain (maison retraite)	13,3
14 (doublon)	Rue Marivaux / BHNS (stade)	26,9*
15	Av de Thouars / demi-transect (BHNS)	21,0
16	Rue Stephane Mallarmé / demi-transect (école)	17,6
17	Rue Paul Verlaine / demi-transect (école)	15,3
18	Av de Thouars / BHNS (école)	18,1
19	Rue Salvador Allende / BHNS (itinéraire bis)	24,7
20	Rue Victor Jara / fond urbain (clinique)	16,4
21	Rue Benedigues / BHNS (itinéraire bis)	17,8
22	Bd Malartic / BHNS (école)	14,0
23	Allée Montfort / BHNS (école)	11,7
24	Bb Malartic / BHNS (école)	11,3
	MIN // MAX	11,3 (station 24) // 37,2 (station 1)
	Médiane	19,0
	Moyenne	20,8
Seuil recommandé par l'OMS en 2021 (moyenne annuelle)		**10**
Objectif de qualité (en moyenne annuelle)		**40**
Valeur limite (en moyenne annuelle)		**40**

** : Moyenne des doublons*

La réalisation de ces mesures permet une comparaison des concentrations moyennes, à titre indicatif uniquement, avec les critères nationaux de la qualité de l'air. Cette comparaison souligne le respect de l'objectif de qualité et de la valeur limite en NO_2 pour la totalité des stations du réseau de mesures.

Le second constat souligne que la moyenne des concentrations pour les 24 sites de mesures échantillonnés (20,8 µg/m^3) est conforme aux mesures effectuées par le réseau ATMO.
Ainsi les concentrations en proximité de trafic sont supérieures à 30 µg/m^3, ce qui se rapproche de la moyenne enregistrée sur Bordeaux-Gautier à la même période. De la même manière, les teneurs

sur les stations représentatives du fond urbain mettent en avant des concentrations globalement inférieures à 20 µg/m^3 ce qui rejoint le constat effectué sur la station de Talence représentative du fond urbain.

En considérant l'incertitude analytique, les nouvelles recommandations faites par l'OMS en 2021 sont toutefois dépassées sur toutes les stations si l'on compare à titre indicatif les valeurs obtenues (à l'exception des stations situées sur Gradignan au sud du tracé BHNS qui enregistrent les concentrations les plus faibles durant la période et qui sont équivalentes aux valeurs de l'OMS).

9.3. Cartographies des résultats

La figure 7 ci-après met en avant une cartographie des résultats obtenus par gammes de concentrations. Les points en association 2-3-4, 8-9-10 et 15-16-17 correspondent à un transect ou demi-transect depuis le tracé du BHNS.

Les stations les plus proches du tracé du BHNS et donc des voies à plus fort trafic présentent généralement des teneurs plus élevées que les stations représentatives du bruit de fond urbain. C'est le cas des stations 1, 5, et 6 situées sur le projet de la ligne mais également dans un contexte de densité urbaine marquée. Les concentrations aux abords du boulevard Gautier et de la rue de Canolle peuvent ainsi excéder les 30 µg/m^3. A noter des teneurs légèrement plus faibles sur le sud du tracé en lien avec des flux de trafics moins soutenus et une densité du bâti plus faible qui permet une meilleure circulation de l'air et donc une meilleure dispersion des polluants routiers.

Les concentrations recensées à proximité des différents lieux sensibles comme les écoles situées à proximité du tracé du BHNS sont quant à elles représentatives d'un bruit de fond urbain élevé mais respectant les objectifs et valeurs limites de la qualité de l'air pour le NO_2 (comparaison à titre indicatif). Les recommandations de l'OMS en 2021 restent toutefois dépassées aux abords des écoles et plus particulièrement rue Berchade (station 6).

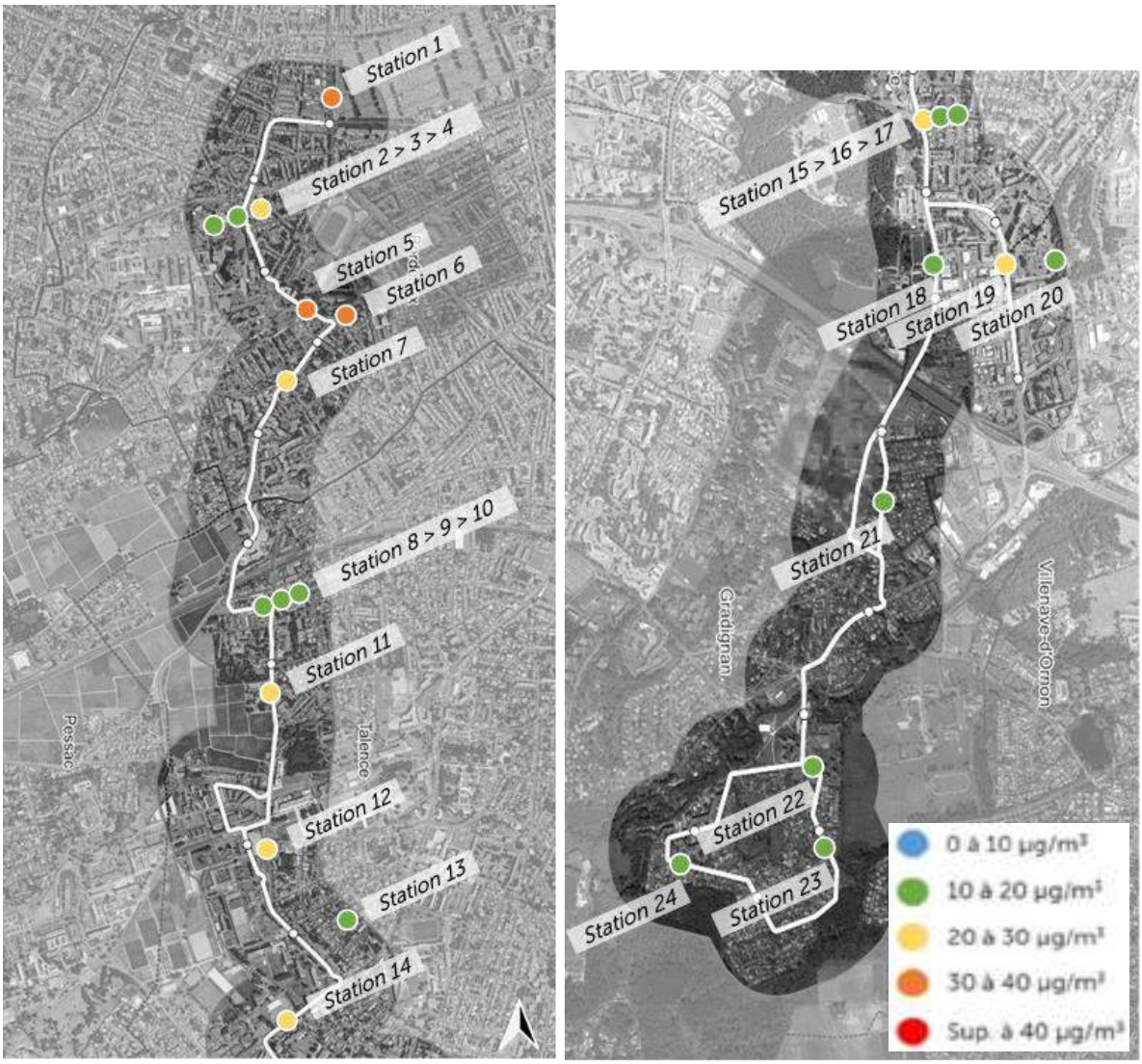


Figure 7. Cartographie des concentrations moyennes obtenues (Source : EVADIES)

9.4. Décroissance des concentrations

Après avoir comparé les résultats aux critères nationaux, la répartition spatiale des mesures permet d'étudier la décroissance des concentrations de part et d'autre du tracé du BHNS *via* plusieurs points échantillonnés représentant des transects de mesures :

- Transect au niveau du centre hospitalier situé rue de Canolle (points 2,3 et 4) ;
- Transect au niveau de l'école située rue Lavoisier (points 8, 9 et 10) ;
- Transect au niveau du groupe scolaire situé quartier Maucamp (points 15, 16 et 17).

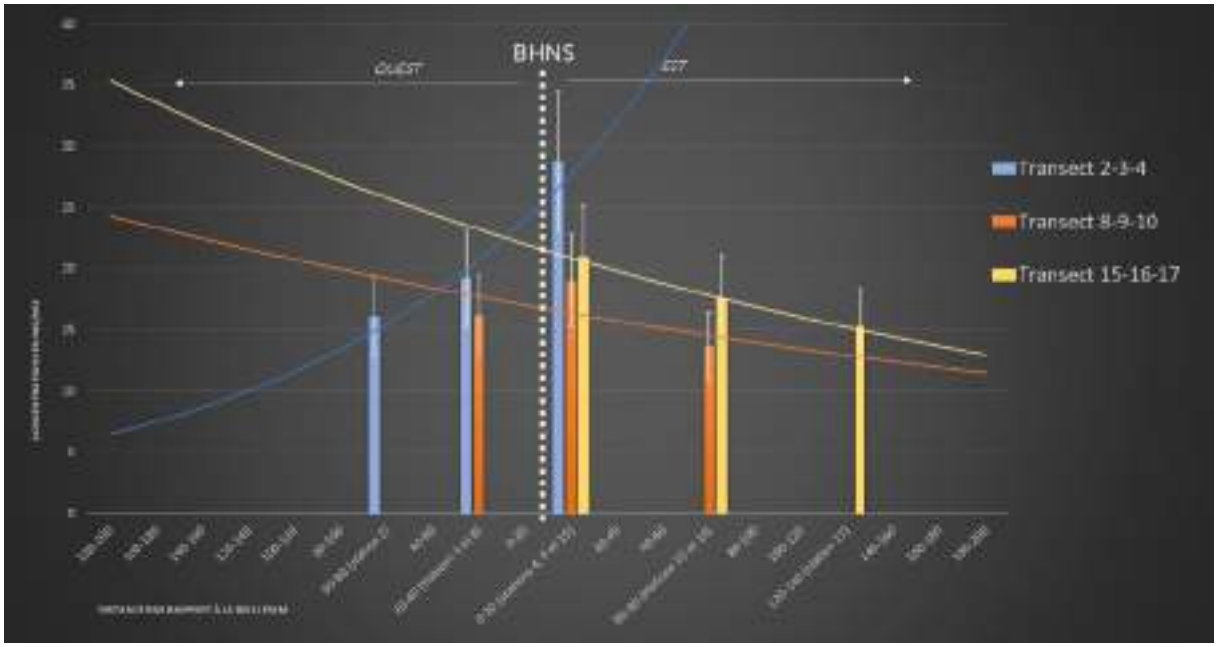


Figure 8. Répartition des concentrations moyennes de NO_2 sur les transects (et courbes de tendance) durant les mesures réalisées par EVADIES (en µg/m^3)

Un premier constat s'attache au phénomène de décroissance des concentrations de part et d'autre du tracé en fonction de la distance par rapport au centre de la voie. Cette décroissance reste particulièrement visible dans les premiers 50 à 100 mètres de part et d'autre de la voie.

Le second constat concerne alors la prise en compte de chaque transect de manière isolée. Ainsi, les mesures les plus élevées sont recensées au niveau du transect réalisé sur la route de Canolle au niveau du centre hospitalier. A titre d'exemple sur le transect effectué au niveau de l'hôpital une baisse de près d'un facteur 2 sur 80 mètres est mis en avant. Il s'agit du transect le plus marqué par la décroissance puisqu'il s'agit aussi de celui le plus influencé par le flux routier.
Concernant les autres transects les courbes de tendance mettent en avant une décroissance toujours notable mais moins importante puisque les teneurs se rapprochent du bruit de fond urbain.

A noter qu'il est important de nuancer la mise en avant de ces tendances au regard des incertitudes analytiques qui placent la plupart des concentrations dans une gamme de valeurs équivalentes. De plus, l'orientation du transect correspond à l'axe des vents (en provenance majoritairement de l'ouest durant les périodes d'exposition). Ainsi, les concentrations mesurées et la décroissance soulignée sont également à mettre en relation avec les conditions météorologiques enregistrées.

Sur la base de la campagne de mesures réalisées, le projet de BHNS s'intègre dans un contexte où les concentrations en dioxyde d'azote peuvent excéder la valeur limite réglementaire sur les axes les plus fréquentés, au centre de la voie. La décroissance des concentrations se fait toutefois très rapidement dans le 100 premiers mètres. La qualité de l'air apparaît moins dégradée au sud du tracé en direction de Talence et Gradignan en raison d'une urbanisation et de flux de trafics moins denses.

10. BILAN GENERAL DES MESURES

Dans le cadre du projet de création la ligne de BHNS entre Bordeaux et Gradignan, un volet Air & Santé est réalisé par la société NUMTECH.

La société EVADIES fut chargée de la réalisation de mesures de la qualité de l'air qui sont des éléments constitutifs de l'étude AIR dans le but de caractériser la situation actuelle.

Pour la réalisation de cette étude, la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières (abrogeant la circulaire n°2005-273) a servi de référentiel pour le choix des techniques de mesures et des paramètres à surveiller.

Ainsi, l'étude a été orientée sur les mesures de la qualité de l'air pour l'un des principaux traceurs de l'activité routière à savoir le dioxyde d'azote (NO_2). L'analyse du dioxyde d'azote a été réalisée sur l'ensemble des stations *via* l'utilisation de tubes à diffusion passive.

Au vu du contexte local, le programme relatif au suivi par tubes passifs s'est ainsi articulé autour de la mise en œuvre de mesures de NO_2 sur 24 sites de mesures répartis de la sorte :

- 3 transects de 3 points répartis de part et d'autre du tracé du BHNS des axes principaux afin d'évaluer la décroissance des concentrations dans les secteurs les plus sensibles en matière de qualité de l'air
- 10 points isolés en proximité projet à proximité des habitations et de certains points pouvant accueillir des personnes sensibles (aires de jeux, écoles, crèches, maisons de retraites…).
- 5 points isolés permettant de caractériser le bruit de fond ambiant à proximité de certains lieux sensibles.

La campagne de mesures a été réalisée en fin d'été / début de saison automnale et en dehors des vacances scolaires du 20 septembre au 18 octobre 2022.

En comparant les résultats aux valeurs réglementaires en vigueur, à titre indicatif uniquement, la majorité des concentrations demeurent inférieures à l'objectif de qualité relatif à ce composé tout en restant proche de la valeur limite réglementaire pour les points situés au nord du tracé. Ainsi, la nouvelle recommandation émise par l'OMS en 2021 (10 µg/m^3) est dépassée sur toutes les stations quelle que soit leur typologie. Les concentrations moyennes s'échelonnent de 11,3 à 37,2 µg/m^3. Les teneurs les plus élevées ont été recensées en bordure de voies, au nord du tracé du BHNS, plus spécifiquement aux abords de l'avenue Gautier et de la rue de Canolle.

L'interprétation des résultats sur des transects de mesures a d'ailleurs souligné que les teneurs les plus élevées étaient toujours recensées à proximité immédiate des axes composant le tracé du BHNS. La décroissance des concentrations est visible et significative au-delà des 50 premiers mètres.

Sur la base des mesures réalisées, le projet de création de BHNS s'intègre dans un contexte où les concentrations en dioxyde d'azote peuvent excéder la valeur limite réglementaire sur les axes les plus fréquentés, notamment au centre de Bordeaux et donc dans un milieu où la qualité de l'air peut être qualifiée de potentiellement dégradée au regard des valeurs réglementaires françaises. La partie sud du tracé en direction de Talence et Gradignan des concentrations de l'ordre du bruit de fond urbain.

Ces mesures servent de données d'entrée à la modélisation de la qualité de l'air réalisée par la société NUMTECH. Ces modélisations permettront alors de connaître les impacts futurs du projet en utilisant les résultats de mesures comme bruit de fond local. Concernant les perspectives, il serait intéressant de réaliser une seconde campagne de mesures afin :

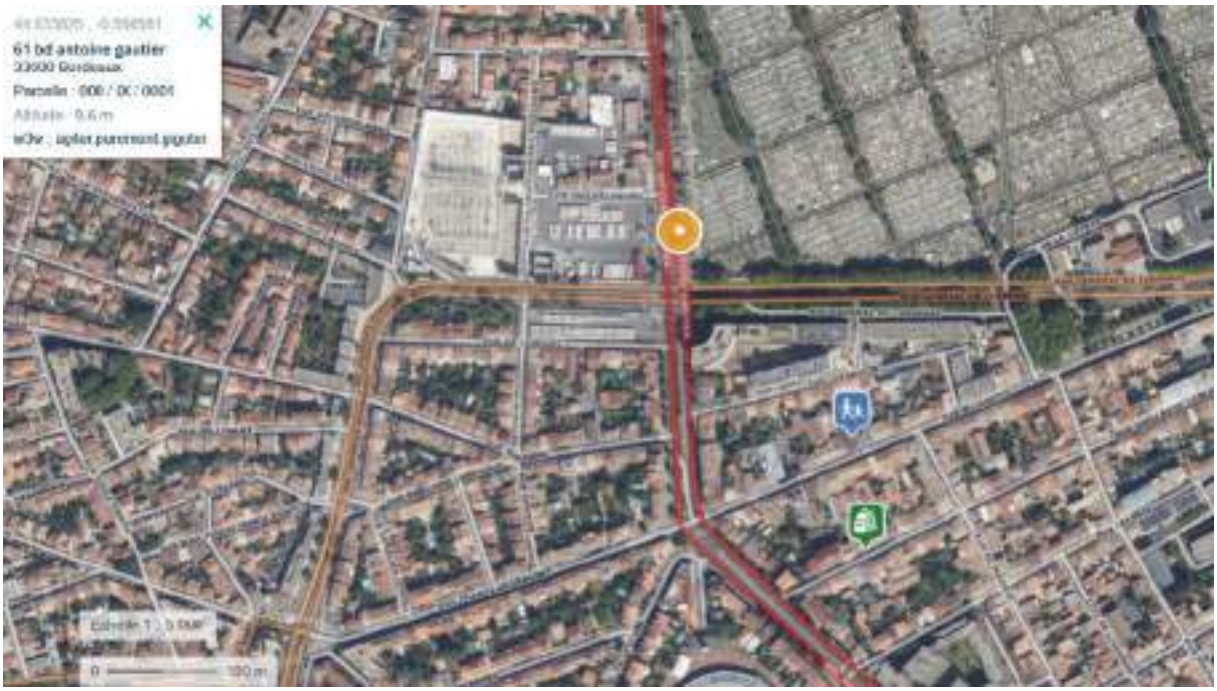
- de confirmer les bruits de fond utilisés dans la modélisation de la dispersion et ainsi confirmer les évolutions à moyen terme des concentrations ;
- de garantir une meilleure représentativité des résultats en effectuant des mesures sur des saisons contrastées.

ANNEXE A – STATIONS DE MESURES NO_2 (PHOTOS PRISES A L'INSTALLATION)

Coordonnées des stations

Coordonnées - degrés décimaux			
N° station	Coordonnées X	Coordonnées Y	Dénomination du site (selon Géoportail)
1	-0.598581	44.833825	Bd Antoine Gautier
2	-0.603853	44.828943	Rue de la Pelouse de Douet
3	-0.603509	44.82892	Rue de Canolle
4	-0.602792	44.989072	Rue Marceau
5	-0.599512	44.826061	Rue Léo Saignat
6	-0.597377	44.82604	Rue de la Berchade
7	-0.600662	44.823201	Rue de la Berchade
8	-0.60123	44.81467	Rue Diderot
9	-0.600482	44.814804	Av de la Vieille Tour
10	-0.599639	44.815063	Rue Lavoisier
11	-0.600495	44.81143	Av de la Vieille Tour
12	-0.600401	44.805627	Av de l'Université
13	-0.596104	44.802983	Rue Alfred Charlionnet
14	-0.599136	44.798734	Rue Marivaux
14bis	-0.599136	44.798734	Rue Marivaux
15	-0.591717	44.793741	Av de Thouars
16	-0.591025	44.793831	Rue Stephane Mallarmé
17	-0.590245	44.793911	Rue Paul Verlaine
18	-0.590686	44.789018	Av de Thouars
19	-0.587048	44.788649	Rue Salvador Allende
20	-0.584506	44.789378	Rue Victor Jara
21	-0.593082	44.780494	Rue Benedigues
22	-0.596573	44.771478	Bd Malartic
23	-0.595239	44.768593	Allée Montfort
24	-0.603027	44.767851	Bb Malartic
Blanc	*-0.584506*	*44.789378*	*sur station 20*

STATION 1 – cabine ATMO



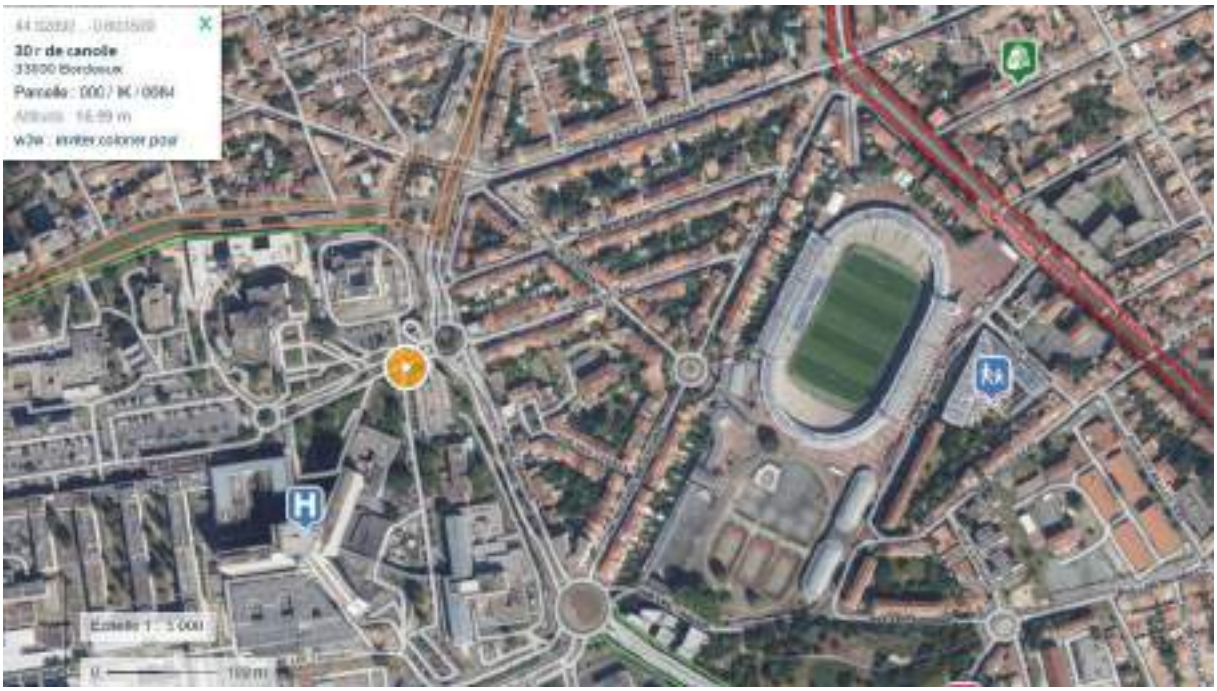


STATION 2 – hôpital (transect 1/3)



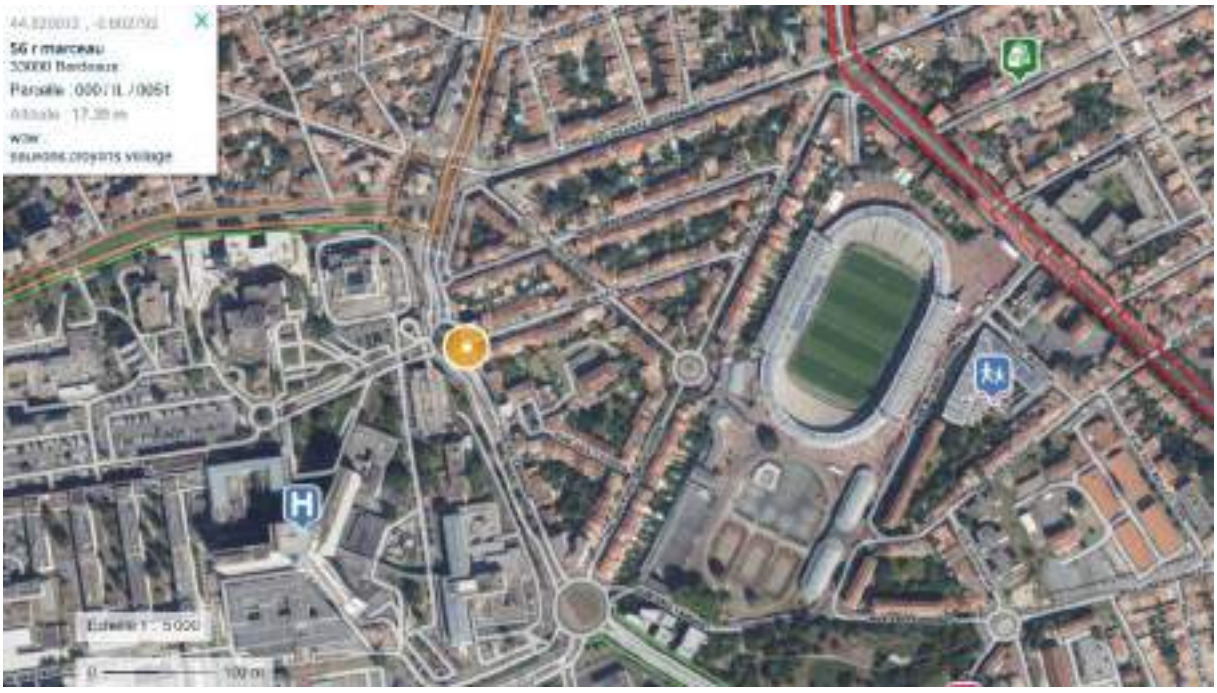


STATION 3 - entrée hôpital (transect 2/3)





STATION 4 – tracé BHNS (transect 3/3)





STATION 5 – tracé BHNS – proximité hôpital



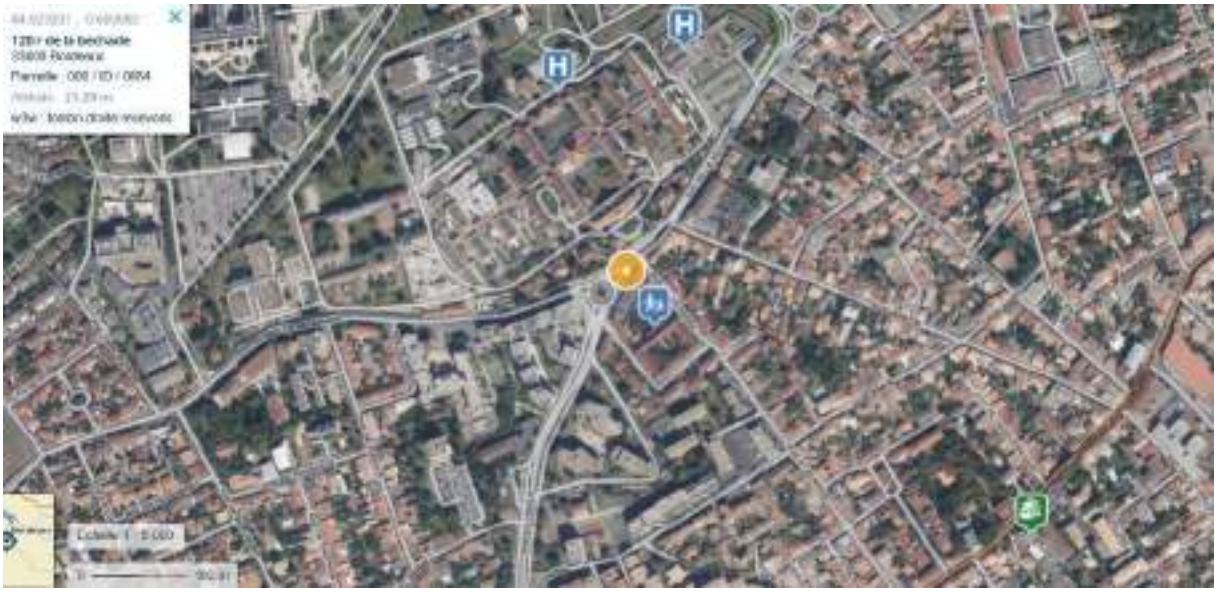


STATION 6 – proximité école – fond urbain



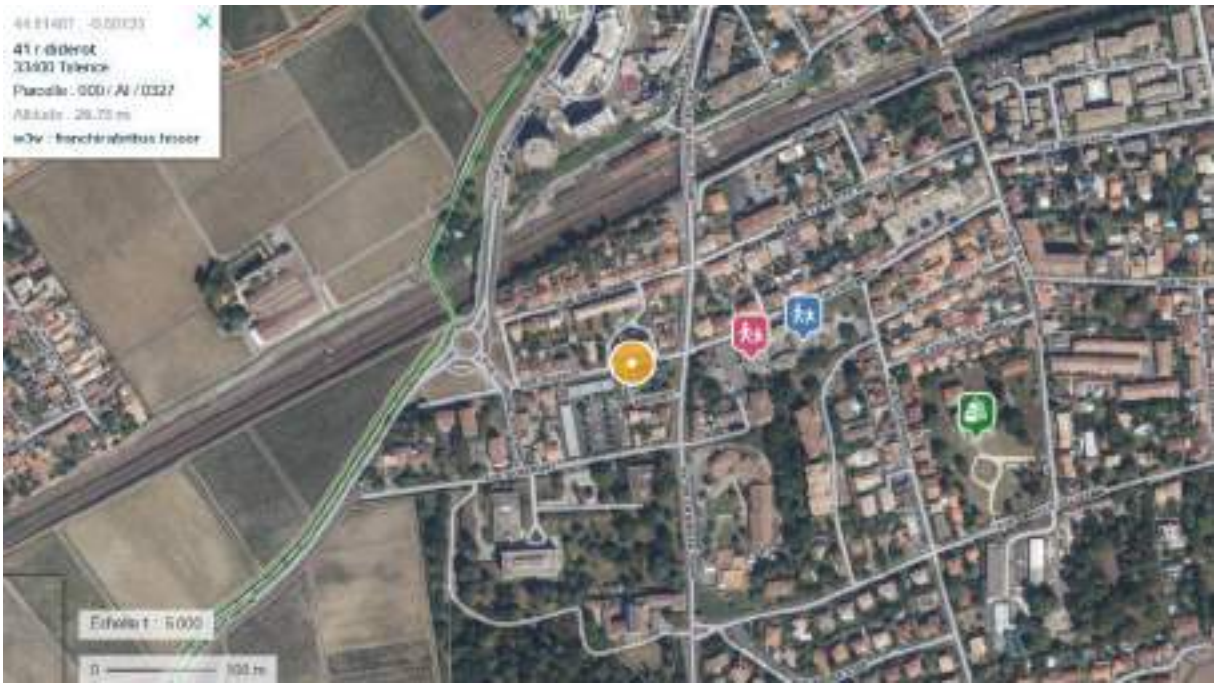


STATION 7 – tracé BHNS – proximité école



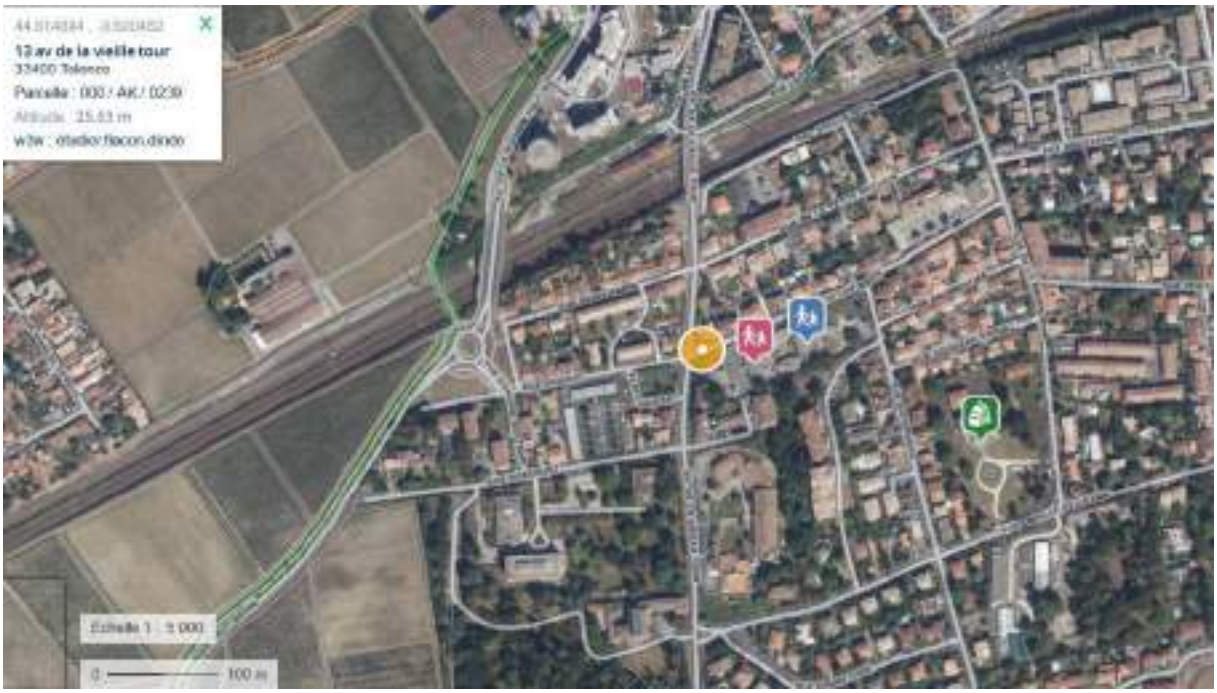


STATION 8 – tracé BHNS (transect 1/3)



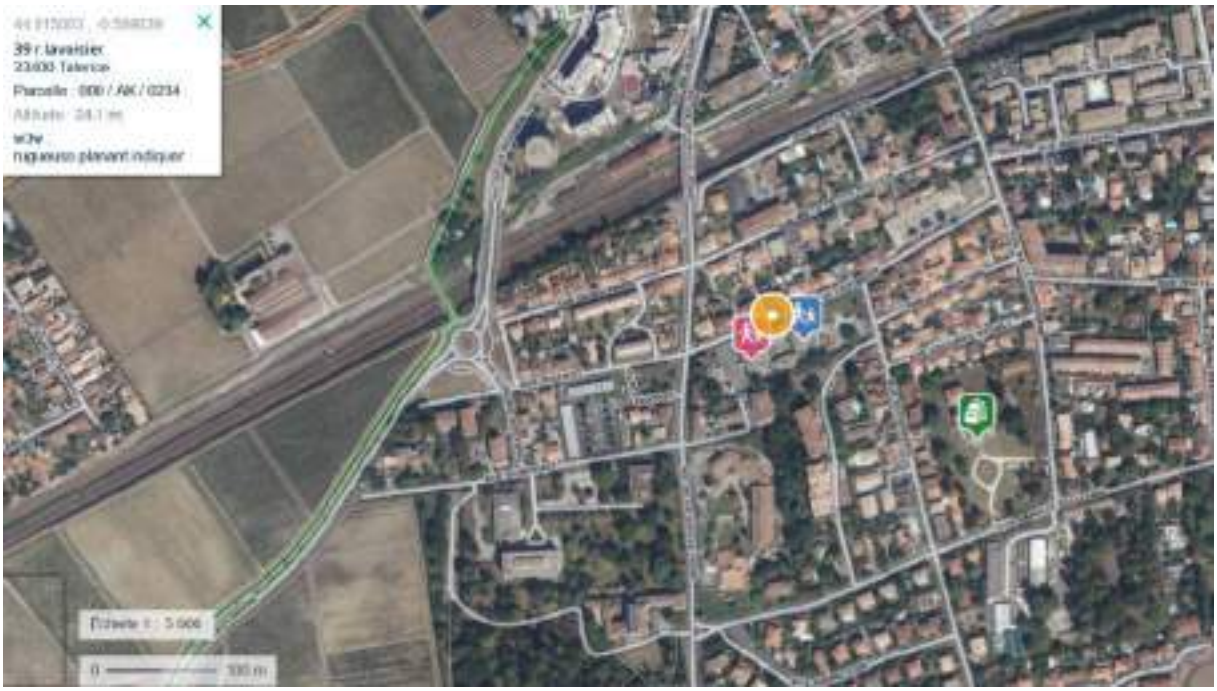


STATION 9 – proximité école (transect 2/3)





STATION 10 – proximité école (transect 3/3)





STATION 11 – tracé BHNS – proximité maison retraite





STATION 12 – tracé BHNS – proximité clinique





STATION 13 – fond urbain – proximité maison retraite





STATION 14 – tracé BHNS – proximité stade + DOUBLON





STATION 15 – tracé BHNS (demi-transect 1/3)



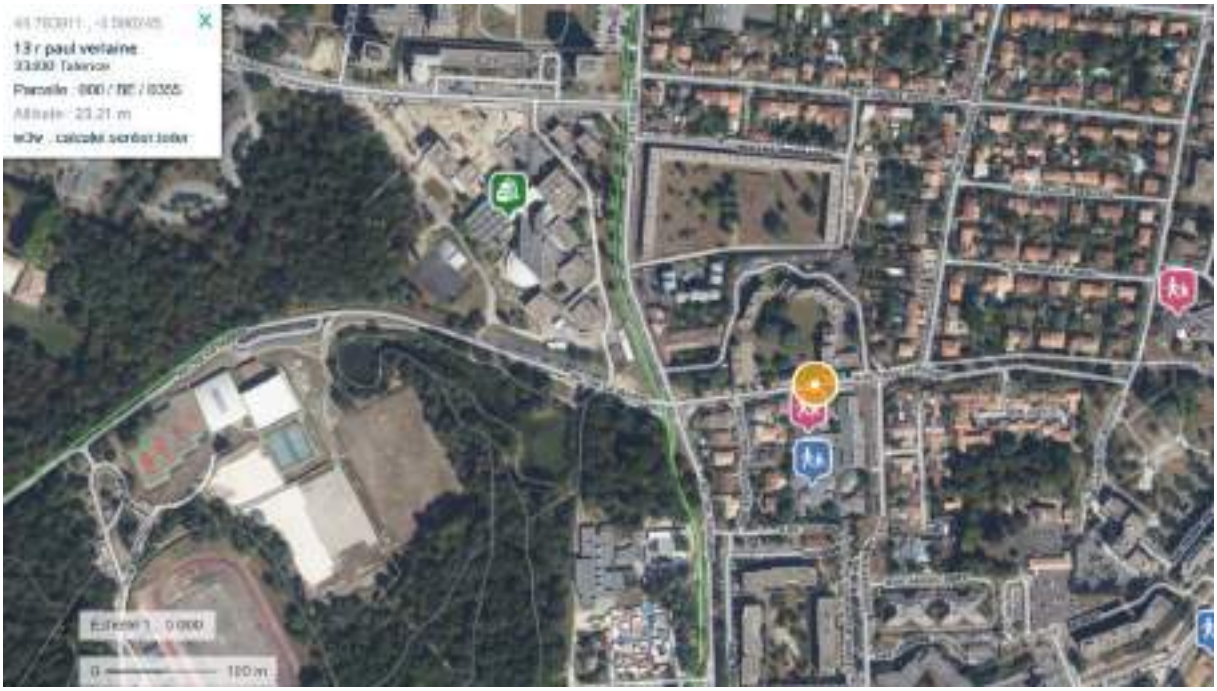


STATION 16 – proximité école (demi-transect 2/3)





STATION 17 – proximité école (demi-transect 3/3)



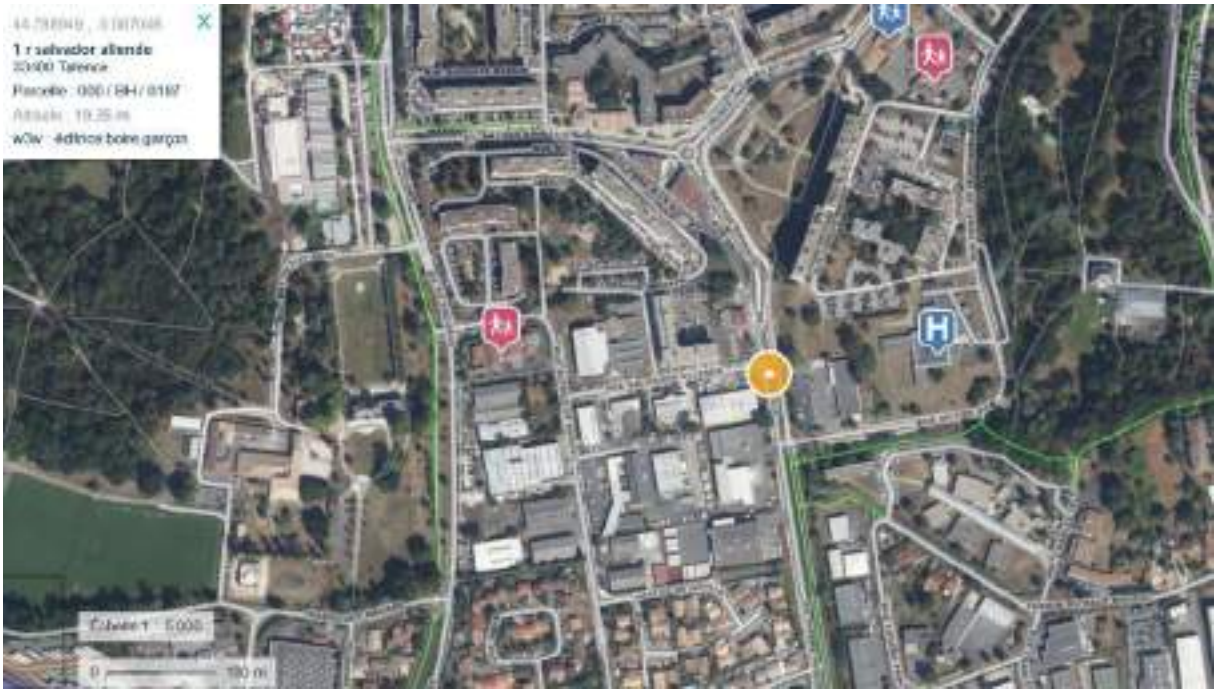


STATION 18 – tracé BHNS – proximité école





STATION 19 – tracé BHNS bis – sud station essence





STATION 20 – fond urbain – proximité clinique + BLANC



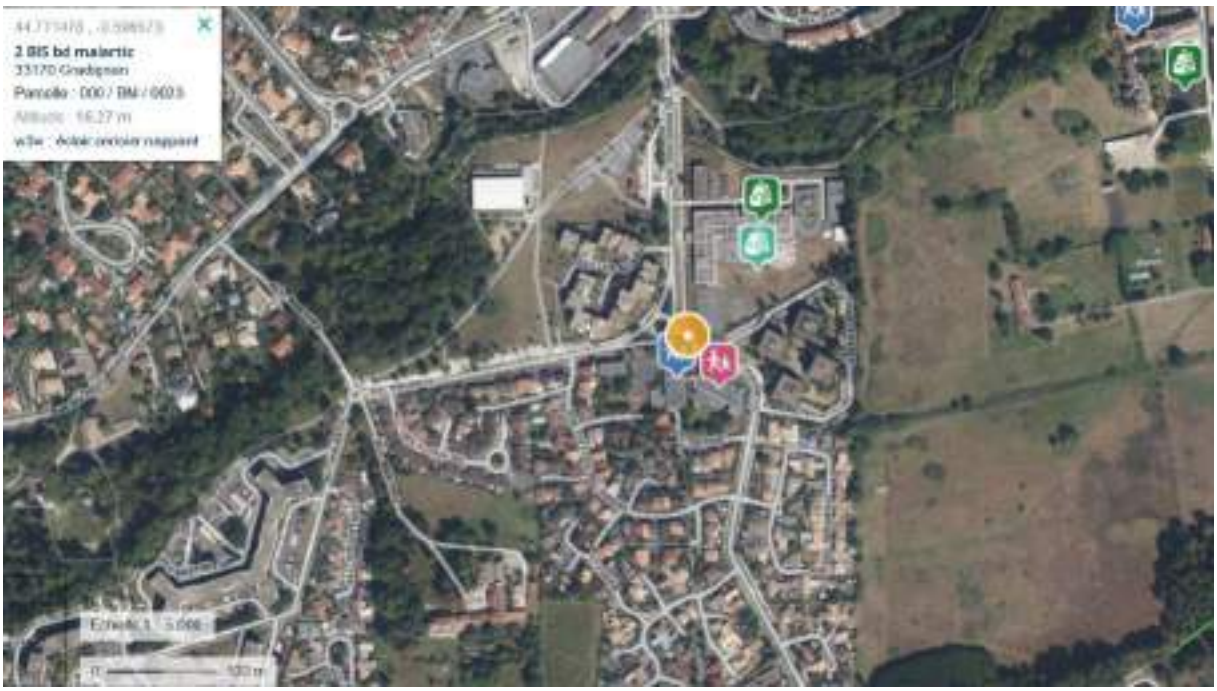


STATION 21 – tracé BHNS bis – proximité résidentiel



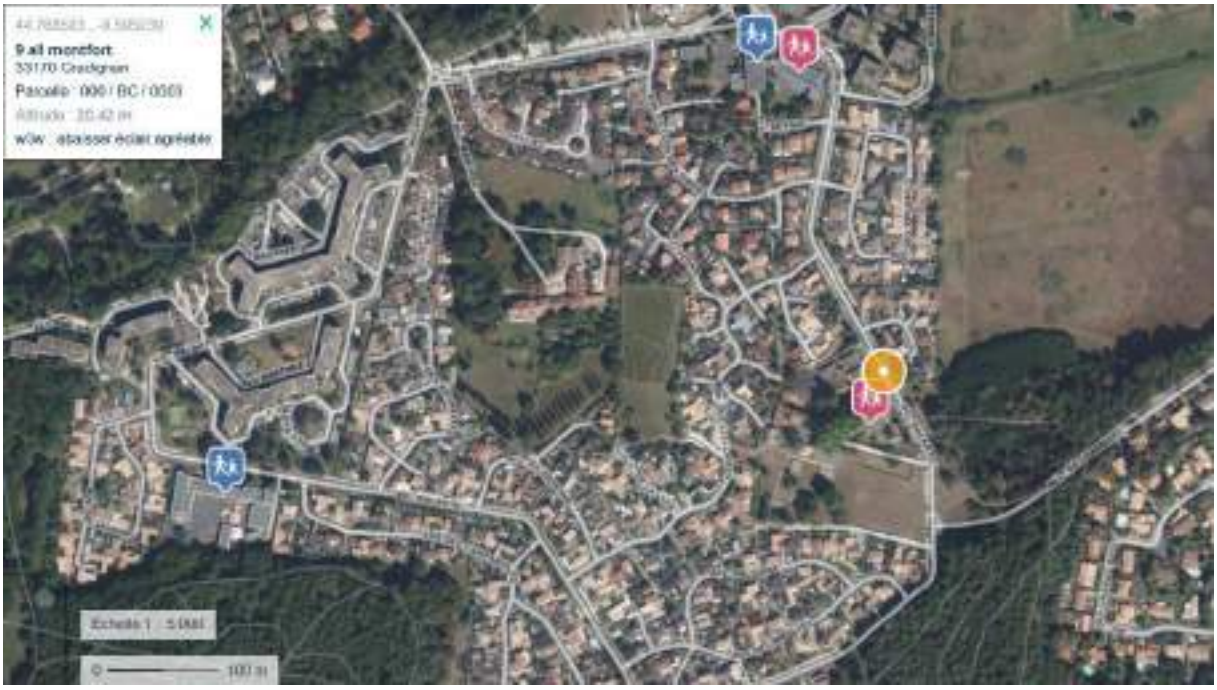


STATION 22 – tracé BHNS – proximité école





STATION 23 – tracé BHNS – proximité école





STATION 24 – tracé BHNS – proximité école





LE BUREAU D'EXPERTISE EVADIES VOUS REMERCIE DE VOTRE COLLABORATION

Ensemble préservons l'environnement de demain !

EVADIES

Evaluation & Diagnostic
Impact / Environnement / Santé

ANNEXE 5 : ETUDE AIR ET SANTE, EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES, 2025 – NUMTECH

Complément d'étude

Réf : R/QA/088.0225/ETR_v1.0 Février 2025

CREATION D'UNE LIGNE DE BUS A HAUT NIVEAU DE SERVICE ENTRE LES QUARTIERS DE PELLEGRIN A BORDEAUX, DE THOUARS A TALENCE ET MALARTIC A GRADIGNAN

Volet « Air et Santé » de l'étude d'impact

Évaluation des risques sanitaires

Pour le compte de :

SYSTRA

Intervenants

CLIENT	SYSTRA
Coordonnées	Les Bureaux de la cité - CS 81890 - 23 Parvis des Chartrons – 33075 BORDEAUX CEDEX
Contacts	Mélissa LECERF, Direction Conseil et Aménagement, Juriste - Chargée d'étude environnement

PRESTATAIRE	NUMTECH
Coordonnées	6 allée Alan Turing – CS 60242 – Parc Technologique de La Pardieu – 63178 AUBIERE cedex – + 33 4 73 28 75 95
Contacts	Céline PESIN – Cheffe de projet – celine.pesin@numtech.fr

VERSION	DATE	MODIFICATIONS
1.0	26/02/2026	Version initiale

REDACTION	VERIFICATION
Céline PESIN – Cheffe de projet – NUMTECH  Alisson GODART – Ingénieure d'étude – NUMTECH 	Céline PESIN – Cheffe de projet – NUMTECH

Table des matières

1 Présentation : Contexte, objet et cadre méthodologique 8
1.1 Origine de la demande 8
1.2 Procédure d'évaluation des risques sanitaires 9
1.3 Principes conducteurs à la réalisation de l'étude 11
1.4 Polluants étudiés 12
1.5 Scenarios étudiés 12
1.6 Les lieux vulnérables 13
2 Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence 14
2.1 Méthode 14
2.2 Sources de données 14
2.3 Choix des valeurs toxicologiques de référence 15
2.3.1 Cas génériques 15
2.3.2 Cas particuliers 17
Étape 3 : Évaluation des expositions 21
3.1 Voies et vecteurs d'exposition 21
3.1.1 Exposition par inhalation 21
3.1.2 Exposition par ingestion 21
3.1.3 Exposition par voie cutanée 21
3.2 Exposition par inhalation 22
3.2.1 Scenario d'exposition retenu 23
3.2.2 Estimation des concentrations en substances dans l'air 25
3.3 Exposition par ingestion 28
3.3.1 Définition du scénario d'exposition 29
3.3.2 Méthodologie pour l'estimation des concentrations dans les différents médias 31
Étape 4 : Caractérisation des risques sanitaires 33
4.1 Méthode 33
4.1.1 Quotients de danger pour les substances à effets à seuil de dose 33
4.1.2 Excès de risque individuel pour les substances à effets sans seuil de dose 33
4.2 Résultats pour la voie d'exposition respiratoire 35
4.2.1 Exposition aiguë 36
4.2.2 Expositions chroniques à effets à seuil de dose 37
4.2.3 Expositions chroniques à effets sans seuil de dose 39
4.3 Résultats pour la voie d'exposition digestive 40
4.3.1 Expositions chroniques à effets à seuil de dose 40
4.3.2 Expositions chroniques à effets sans seuil de dose 40

4.4 Risques cumulés 41
4.4.1 Risques cumulés à effet à seuil 41
4.4.2 Risques cumulés à effet sans seuil 41
5. Analyse des incertitudes relatives à l'ERS 42
5.1 Mélanges de substances 42
5.2 Taux d'exposition journalier 42
5.3 Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques 43
5.4 Durée d'exposition 43
5.5 Estimation des concentrations intérieures et extérieures (Ci) 43
5.6 Variables humaines d'exposition et données de consommation 43
5.7 Modélisation de la dispersion des émissions 44
5.8 Accumulation des substances dans les sols 44
5.10 Incertitude intrinsèque aux VTR 44
6. Conclusion 45
6.1 Voie d'exposition respiratoire 45
6.1.1 Exposition respiratoire aiguë 45
6.1.2 Exposition chronique à effet de seuil 45
6.1.3 Exposition chronique sans effet de seuil 46
6.2 Voie d'exposition orale 46
6.2.1 Exposition chronique à effet de seuil 46
6.2.2 Exposition chronique sans effet de seuil 46
6.3 Risques cumulés 46

Figures

Figure 1. Tracé du BHNS 9
Figure 2 – Schéma conceptuel d'exposition considéré dans le cadre de l'étude 22

Tableaux

Tableau 1. Liste des substances retenues dans l'étude d'impact (extrait de la note technique du 22 février 2019) 12
Tableau 2 - VTR aiguës pour la voie respiratoire 15
Tableau 3 - VTR chroniques non cancérigènes pour la voie respiratoire 15
Tableau 4 - VTR chroniques cancérigènes pour la voie respiratoire 16
Tableau 5 - VTR chronique non cancérigène pour la voie digestive 16
Tableau 6 - VTR chroniques cancérigènes pour la voie digestive 16
Tableau 7 – HAP et VTR retenues pour le risque chronique à seuil pour la voie digestive 18
Tableau 8 - FET des HAP pris en compte (source Ineris, 2006) 19
Tableau 9 - Synthèse des substances retenues et des VTR disponibles 20
Tableau 10 - Paramètres du scénario d'exposition 24
Tableau 11 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition aiguë – scénario « Crèche » 25
Tableau 12 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition aiguë – scénario « École » 25
Tableau 13 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition aiguë – scénario « Établissement sanitaire » 26
Tableau 14 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition chronique (µg.m-3) – scénario « Crèche » 26
Tableau 15 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition chronique (µg.m-3) – scénario « École » 26
Tableau 16 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition chronique (µg.m-3) – scénario « Établissement sanitaire » 27
Tableau 17 – Niveaux de fond estimés sur la zone d'étude 27
Tableau 18 - Dépôts totaux au sol obtenus - scénario "Crèche" (mg/m2/s) 29
Tableau 19 - Dépôts totaux au sol obtenus - scénario "École" (mg/m2/s) 29
Tableau 20 – Paramètres du scénario d'exposition par voie orale 30
Tableau 21 – DJE annuelles estimées en BaP – scenario « Crèche » (mg/kg poids corporel/j) 32
Tableau 22 – DJE annuelles estimées en BaP – scenario « Ecole » (mg/kg poids corporel/j) 32
Tableau 23 – DJE vie entière estimées pour les HAP totaux en équivalent BaP pour les deux scenario « Ecole » et « crèche » 32
Tableau 24 - CMI aigue estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « crèche » 36
Tableau 25 - CMI aigue estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « école » 36
Tableau 26 – CMI aigue estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m^3) et valeur guide – scénario « Établissement sanitaire » 36
Tableau 27- Résultats obtenus pour les QD chroniques – scénario « Crèche » 37
Tableau 28- Résultats obtenus pour les QD chroniques – scénario « École » 37
Tableau 29- Résultats obtenus pour les QD chroniques – scénario « Établissement sanitaire » 37
Tableau 30 - CMI chronique estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « crèche » 38
Tableau 31 - CMI chronique estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « école » 38
Tableau 32 – CMI chronique estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m^3) et valeur guide – scénario « Établissement sanitaire » 38

Tableau 33 - Résultats obtenus pour les ERI - scénario « Crèche » 39
Tableau 34 - Résultats obtenus pour les ERI - scénario « École » 39
Tableau 35 - Résultats obtenus pour les ERI - scénario « Établissement sanitaire» 39
Tableau 36 – Résultats obtenus pour les QD chroniques pour la voie digestive – scénario « Crèche » 40
Tableau 37 – Résultats obtenus pour les QD chroniques pour la voie digestive – scénario « École » 40
Tableau 38 - Résultats obtenus pour les ERI pour la voie digestive 40

1 PRESENTATION : CONTEXTE, OBJET ET CADRE METHODOLOGIQUE

1.1 Origine de la demande

SYSTRA a sollicité la société NUMTECH pour réaliser l'étude air et santé de l'étude d'impact du projet de création d'une ligne de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) de Gradignan (Figure 1). Le projet traversera les villes de Bordeaux, Talence, Gradignan et Villenave d'Ornon situées sur le territoire de Bordeaux Métropole. Elles sont marquées par des secteurs denses en habitations et emplois, notamment dans :

- Le quartier hospitalier de Pellegrin à Bordeaux ;
- Le quartier mixte de la Médoquine à Talence ;
- Le secteur universitaire de Talence ;
- Le secteur mixte de Thouars à Talence ;
- Le quartier d'habitation de Malartic.

Les objectifs du projet Bus Express Pellegrin – Thouars – Malartic sont les suivants :

- Améliorer les conditions de déplacements des voyageurs, en apportant une solution de transports en commun structurante à l'échelle du territoire ;
- Renforcer l'attractivité et accompagner le développement d'un territoire en mutation, grâce à une desserte plus efficace ;
- Garantir une meilleure qualité de vie et accompagner le développement des modes actifs.

NUMTECH a réalisé le volet « Air et Santé » de l'étude d'impact en mai 2024 (référence 226.0622/ETR). Une étude de niveau II a été réalisée sur l'ensemble de la zone d'étude. Suite à une demande de la MRAe, il a été décidé de réaliser une évaluation des risques sanitaires au droit des sites vulnérables présents sur la zone d'étude.

Ce document porte donc sur la conduite d'une évaluation des risques sanitaires en raison du rehaussement de l'étude de niveau II au niveau I au droit des lieux vulnérables dans la zone d'étude.

Cette évaluation des risques sanitaires s'appuie notamment sur les résultats de la modélisation décrit en détail dans le rapport relatif au volet « Air et Santé » de l'étude d'impact réalisé par NUMTECH (réf. 226.0622/ETR, 226.0622-SYSTRA-BHNS_Gradignan_V1.pdf, mai 2024).

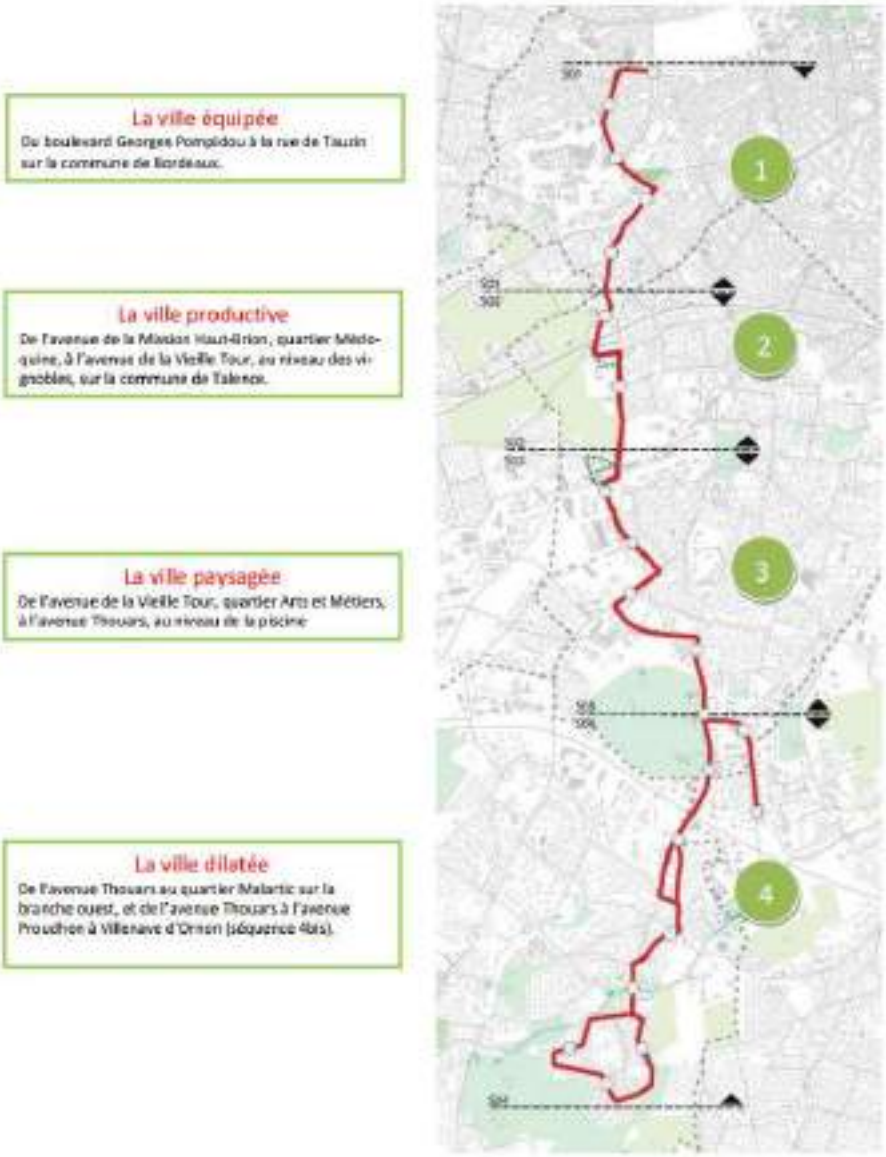


Figure 1. Tracé du BHNS

1.2 Procédure d'évaluation des risques sanitaires

L'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) est une démarche structurée élaborée par le national research council (NRC) (l'Académie des sciences nord-américaine) (NRC, 1983[1]) qui la décrit comme « […] l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou des situations dangereuses ». Cette démarche suit une méthode définie permettant de fournir aux gestionnaires des estimations des risques pour la santé, en l'état actuel des connaissances scientifiques.

[1] Risk assessment in the federal government. Managing the process. Washington DC, National Academy of Science, 191 p.

La méthodologie de l'EQRS a été retenue par l'InVS en 2000 pour répondre au volet air et santé des dossiers d'études d'impact. Concernant la méthodologie à suivre pour la réalisation d'une telle étude, deux documents font référence en France :

- le « Guide de lecture du volet sanitaire d'une étude d'impact » publié par l'InVS[2] (InVS, 2000)[3] ;
- le guide méthodologique de l'Ineris[4] « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, Impact des activités humaines sur les milieux et la santé » (Ineris, 2021)[5].

La démarche d'évaluation des risques sanitaires du volet air et santé de l'étude d'impact s'appuie sur les 4 étapes présentées ci-dessous :

- Etape 1 : l'identification des dangers qui consiste en l'identification et la description les plus exhaustives possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable, ainsi que la description de cet effet sanitaire ;
- Etape 2 : l'évaluation de la relation dose-réponse qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'incidence de l'apparition d'un effet toxique jugé critique pour l'organisme. Cette étape se caractérise par le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour chaque toxique étudié ;
- Etape 3 : l'évaluation des expositions qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci ;
- Etape 4 : la caractérisation du risque qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées.

Cette 4ème étape est suivie d'un récapitulatif des hypothèses et des incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires.

Dans la suite de ce chapitre « évaluation des risques », sont traitées les étapes qui n'ont pas encore été appréhendées dans le rapport à savoir les étapes 2 et suivantes. Pour rappel, le paragraphe 2.2 « effets sur la santé » du volet « Air et Santé » de l'étude d'impact a présenté les substances retenues dans l'étude ainsi que les dangers qui y sont associés (soit l'étape 1 de l'ERS). Le paragraphe 3.2 « caractérisation des populations et sites vulnérables » du volet « Air et Santé » de l'étude d'impact a présenté les populations qui résident dans la zone d'étude, et la localisation des sites vulnérables (soit l'étape préalable aux 4 étapes de l'ERS). Ces différentes informations sont réutilisées dans le présent document.

[2] Institut national de veille sanitaire

[3] Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2000, Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, 49 p.

[4] Institut national de l'environnement industriel et des risques

[5] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2021, Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, Impact des activités humaines sur les milieux et la santé, 102 p.

1.3 Principes conducteurs à la réalisation de l'étude

Plusieurs grands principes sont respectés dans l'ERS, conformément aux recommandations de l'InVS, de l'Ineris et de la circulaire du 17 février 1998 relative à l'application de l'article 19 de la loi LAURE[6], complétant le contenu des études d'impact des projets d'aménagement :

- la transparence : les sources de données et les méthodes utilisées, les choix réalisés et les incertitudes relevées sont explicités et référencés ;
- la cohérence : les meilleures connaissances scientifiques du moment (cohérence externe) sont utilisées de même que des règles systématiques pour recueillir et traiter l'information, choisir les méthodes et les hypothèses de calcul (cohérence interne) ;
- la spécificité : l'étude s'appuie sur les connaissances scientifiques et les données propres au site ou qui s'en rapprochent le plus ;
- la prudence scientifique : en l'absence de donnée reconnue, sont prises en compte des hypothèses raisonnablement majorantes ;
- la proportionnalité : le degré d'approfondissement doit être cohérent avec l'importance des incidences prévisibles de la pollution.

Cette étude s'appuie sur les méthodes et les connaissances disponibles au moment de la rédaction du rapport. Sa validité est donc limitée par l'évolution des outils et des connaissances des sciences utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires.

[6] Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie

1.4 Polluants étudiés

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, la liste des substances à étudier est issue de la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Le tableau ci-après synthétise les substances qui seront étudiées. Dans le cadre de cette étude, tous les polluants de la ligne « Polluants spécifiques à l'ERS (niveau I) » sont étudiés. Ce tableau indique également la nature des effets étudiés en fonction des polluants.

Polluants à prendre en compte dans les études air et santé (niveau I à IV)	Oxydes d'azote (NO_x) Particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) Monoxyde de carbone (CO) Composés organiques volatiles non méthanique (COVNM) Benzène (C_6H_6) Dioxyde de soufre (SO_2) Arsenic Nickel Benzo[a]pyrène		
Polluants spécifiques à l'ERS (niveau I)	Voie respiratoire	Effets aigus	PM_{10} et $PM_{2.5}$ Dioxyde d'azote (NO_2)
		Effets chroniques	PM_{10} et $PM_{2.5}$ Dioxyde d'azote (NO_2) Benzène (C_6H_6) 16 HAP dont le Benzo[a]pyrène 1,3 butadiène Chrome Nickel Arsenic
	Voie orale	Effets chroniques	16 HAP dont le Benzo[a]pyrène

Tableau 1. Liste des substances retenues dans l'étude d'impact (extrait de la note technique du 22 février 2019)

La liste des 16 HAP prioritaires recommandés par la note du 22 février 2019 (définie par l'US EPA) est la suivante : acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzo[a]anthracène, benzo[a]pyrène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, benzo[j]fluoranthène, chrysène, dibenzo[ah]anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno[123-cd]pyrène, phénanthrène, pyrène.

Il est à noter qu'habituellement le naphtalène est intégrée à cette liste au lieu du benzo[j]fluoranthène. Ces deux composés seront intégrés à la démarche d'évaluation, pour former une liste de 17 HAP.

1.5 Scenarios étudiés

L'évaluation des risques considérera 5 scenarios :

- Etat actuel 2023 ;
- Etat futur 2027 sans projet ;
- Etat futur 2027 avec projet ;
- Etat futur 2047 sans projet ;
- Etat futur 2047 avec projet.

1.6 Les lieux vulnérables

Dans la zone d'étude considérée, les sites appelés « sites vulnérables » ont été localisés. Ils regroupent les populations sensibles : les enfants, les personnes âgées et hospitalisées.

Les « sites vulnérables » recensés sont donc les suivants :

- les structures d'accueil des enfants en bas-âge : crèches, haltes garderies ;
- les établissements scolaires : écoles maternelles et primaires, collèges ;
- les structures d'accueil des personnes âgées et/ou handicapées : maisons de retraite, foyers pour personnes âgées ;
- les établissements hospitaliers : hôpitaux, cliniques.

La liste des sites vulnérables a été précisée en Annexe 1 du volet « Air et Santé » de l'étude d'impact.

Sur la zone d'étude, ont été identifiés :

- 9 crèches,
- 6 écoles maternelles,
- 5 écoles élémentaires ;
- 4 collèges/lycées ;
- 29 établissements sanitaires.

2 ETAPE 2 : INVENTAIRE ET CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une substance donnée sont des valeurs établissant une relation entre les niveaux d'exposition auxquels les personnes peuvent être exposées et l'incidence ou la gravité des effets associés à l'exposition.

2.1 Méthode

Les valeurs toxicologiques de référence sont distinguées en fonction de leur mécanisme d'action :

- Les toxiques à seuil de dose : Les VTR sont les valeurs en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque.
- Les toxiques sans seuil de dose : Les VTR correspondent à la probabilité, pour un individu, de développer l'effet indésirable (ex : cancer) lié à une exposition égale, en moyenne sur sa durée de vie, à une unité de dose de la substance toxique. Ces probabilités sont exprimées par la plupart des organismes par un excès de risque unitaire (ERU). Un ERU de 10^{-5} signifie qu'une personne exposée, en moyenne durant sa vie à une unité de dose, aurait une probabilité supplémentaire de 1/100 000, par rapport au risque de base, de contracter un cancer lié à cette exposition.

2.2 Sources de données

D'après la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, il est recommandé de sélectionner la VTR proposée par l'un des organismes suivants : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA.

Les recommandations de cette note d'information ont été suivies pour la sélection des valeurs toxicologiques de références dans le cadre de cette étude.

2.3 Choix des valeurs toxicologiques de référence

2.3.1 CAS GENERIQUES

Les Tableau 2 à Tableau 6 synthétisent les VTR retenues selon les recommandations de la note N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 pour chaque voie et chaque durée d'exposition retenues par la note technique du 22 février 2019.

Substances	N°CAS	VTR aiguë/VG (µg.m-3)	Durée	Système cible	Référence
NO_2*	10102-44-0	200	1h	Respiratoire	OMS, 2005
NO_2*	10102-44-0	25	24h	Respiratoire	OMS, 2021
PM_{10}*	-	45	24h	Respiratoire	OMS, 2021
$PM_{2,5}$*	-	15	24h	Respiratoire	OMS, 2021

*valeur-guide car il n'existe pas de VTR

Tableau 2 - VTR aiguës pour la voie respiratoire

Substances	N°CAS	VTR (µg.m-3)	Système cible	Référence
1,3-butadiène	106-99-0	2	Reproductif et développemental	ANSES 2023
Arsenic	7440-38-2	0,015	Nerveux, Reproductif et développemental	Expertise Ineris 2010 (OEHHA, 2008)
Benzène	71-43-2	10	Hématologique et immunitaire	Expertise Anses, 2012
Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,002	Augmentation de la mortalité embryonnaire fœtale	Expertise Ineris, 2018 (EPA, 2017)
Chrome VI	7440-47-3	0,008	Respiratoire	Expertise Ineris 2022 (EPA 2022)
Naphtalène	91-20-3	37	Respiratoire	Anses, 2013
Nickel	7440-02-0	0,018	Respiratoire	Santé Canada, 2010
NO_2	10102-44-0	10*	Respiratoire	OMS, 2021
PM_{10}	-	15*	Respiratoire	OMS, 2021
$PM_{2,5}$	-	5*	Respiratoire	OMS, 2021

*valeur-guide

Tableau 3 - VTR chroniques non cancérigènes pour la voie respiratoire

Substances	N°CAS	VTR ((µg/m3)-1)	Système cible	Référence
1,3-Butadiène	106-99-0	7.50E-07	Respiratoire	ANSES 2023
Arsenic	7440-38-2	1.5 10-4	Respiratoire	Expertise Anses 2015 (TCEQ, 2012)
Benzène	71-43-2	1.60E-06	Hématologique et immunitaire	Anses, 2024
Benzo[a]pyrène	50-32-8	6,0 10-4	Respiratoire	Expertise Ineris, 2018 (EPA, 2017)
Chrome VI	7440-47-3	4,0 10-2	Respiratoire	Expertise Ineris, 2017 (OMS, 2013)
Nickel	7440-02-0	4,8 10-4	Respiratoire	Expertise Ineris 2017 (EPA, 2011)

Tableau 4 - VTR chroniques cancérigènes pour la voie respiratoire

Substances	N°CAS	VTR (µg.kg-1j-1)	Système cible	Référence
Acénaphtène	83-32-9	60	Digestif	EPA, 1994
Anthracène	120-12-7	300	Digestif	EPA, 1993
Benzo[a]pyrène	50-32-8	0.3	Nerveux	Expertise Ineris, 2018 (EPA, 2017)
Fluoranthène	206-44-0	40	Urinaire, Digestif, Hématologique et immunitaire	EPA, 1993
Fluorène	86-73-7	40	Hématologique et immunitaire	EPA, 1990
Naphtalène	91-20-3	20	Métabolique, endocrinien et nutritionnel	Expertise Ineris 2014 (EPA, 1998)
Pyrène	129-00-0	30	Urinaire	EPA, 1993
Phénanthrène	85-01-8	40	np	RIVM, 2001

Np : non précisé par le RIVM

Tableau 5 - VTR chronique non cancérigène pour la voie digestive

Substances	N°CAS	VTR sans seuil ((µg.kg-1.j-1)-1)	Système cible	Référence
Benzo[a]pyrène	50-32-8	1,0 10-3	Digestif	EPA, 2017

Tableau 6 - VTR chroniques cancérigènes pour la voie digestive

2.3.2 CAS PARTICULIERS

Cas particulier des particules fines

Depuis septembre 2024, l'ANSES propose de nouvelles VTR relatives aux poussières fines $PM_{2.5}$. et PM_{10}. Dans son rapport d'expertise, l'ANSES indique que cette VTR doit être utilisée en complément des autres VTR caractérisant les substances présentes dans ces poussières atmosphériques. L'ANSES précise aussi qu'il n'existe pas de consensus ou recommandation sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant, contrairement à certaines substances chimiques pour lesquelles un niveau de risque de cancer de 10^{-5} ou 10^{-6} est considéré. Les $PM_{2.5}$ et les PM_{10} ne feront donc pas l'objet d'un calcul de risque (ERI). Les risques estimés seront considérés sur la base des valeurs guides de l'OMS.

Cas particulier du nickel

L'expertise de l'Ineris de 2017 propose plusieurs VTR respiratoires pour cette substance : une VTR pour l'oxyde de nickel, une autre pour le sous-sulfure de nickel et une dernière pour les autres formes de nickel.

D'après les informations relatives au calcul d'émission, environ 40% du nickel émis par le trafic en 2020 provenait de la combustion de carburant, le reste était lié à l'usure des véhicules et de la chaussée.

Compte tenu de ces différentes sources d'émission, et en l'absence d'information plus précise sur la spéciation des formes de nickel en présence, il apparait difficile de trancher sur une forme de nickel comme étant la plus représentative des 3 disponibles. Par conséquent, la VTR la plus faible a donc été retenue selon le principe de prudence scientifique. En effet, pour les effets à seuil de dose, cela correspond à une hypothèse majorante. Pour les effets sans seuil, la VTR la plus élevée a été retenue, à savoir celle relative au sulfure de nickel.

Cas particulier du Chrome

Dans l'environnement, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement le chrome III (Cr III) et le chrome VI (Cr VI), c'est la raison pour laquelle des VTR pour la voie respiratoire sont disponibles pour le chrome VI et le chrome III. De ces deux degrés d'oxydation, le chrome VI est le plus toxique, c'est pourquoi il est retenu comme représentant du chrome et de ses composés dans la présente ERS.

D'après les informations relatives au calcul d'émission, environ 5% du chrome émis par le trafic en 2020 provenait de la combustion de carburant, le reste était lié à l'usure des véhicules et de la chaussée. Les formes de chrome sont donc très probablement sous forme particulaire avant d'être sous forme d'aérosols.

Parmi les différentes sources d'émission en chrome, des informations sont exploitables pour estimer la part de chrome VI dans le chrome total pour la combustion de carburant. En effet, le guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets des raffineries de pétrole indique qu'environ « […] dix pourcents du chrome émis a été considéré comme se trouvant à la valence six, ce qui peut être considéré comme conservateur pour une émission de métal issue d'un processus de combustion ». En l'absence d'information des teneurs en chrome VI dans le chrome total émis par l'usure des équipements automobiles et des voies de circulation, il a été décidé, dans une hypothèse majorante, de considérer le chrome émis par ces deux dernières sources comme du chrome VI. Cette information permet d'encadrer légèrement la fraction de chrome VI dans le chrome total émis par les différentes sources, en considérant les autres sources d'émission comme uniquement émettrices de

chrome VI dans une hypothèse majorante : sur 1 g de chrome total émis par le trafic routier, l'hypothèse retenue conduit à considérer 0.96 g de chrome VI (1*5%*10% + 1*95% = 0.955 g).

Les hypothèses relatives au chrome sont majeures dans la mesure où l'écart de toxicité entre le chrome III et le chrome VI qui composent le chrome total est très important.

Cas particulier des hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les HAP sont considérés aussi bien pour la voie respiratoire que pour l'ingestion.

De manière générale, il est décidé de ne retenir pour la voie digestive que les HAP pour lesquels une partie significative est sous forme particulaire, en effet, compte tenu du faible taux de dépôts au sol des substances gazeuses émises à l'atmosphère, elles sont rarement considérées dans le cadre d'EQRS pour une exposition indirecte.

Pour les effets à seuil de dose, parmi les HAP pour lesquels des VTR sont disponibles, cette hypothèse revient à considérer uniquement le benzo(a)pyrène et le benzo(ghi)pérylène. A titre d'information, le tableau suivant présente l'ensemble des HAP pour lesquels des VTR à seuil sont disponibles pour la voie digestive. Il présente également la part d'émission via la combustion de carburant (le reste étant lié à l'usure, a priori principalement sous forme particulaire), ainsi que la fraction vapeur associé à la substance proposée dans la base de données HHRAP[7] de l'EPA.

Substances	N°CAS	Part émission combustion de carburant (%)	Fraction vapeur (Fv)	VTR (µg.kg-1j-1)
Naphtalène	91-20-3	100%	1	20
Phénanthrène	85-01-8	100%	0.999	40
Pyrène	129-00-0	100%	0.994	30
Fluoranthène	206-44-0	100%	0.992	40
Acénaphtène	83-32-9	100%	1	60
Fluorène	86-73-7	100%	1	40
Benzo(ghi)pérylène	191-24-2	100%	0*	30
Benzo(a)pyrène	50-32-8	95%	0.294	0,3
Anthracène	120-12-7	100%	0.998	300

*substance absente de la base de données HHRAP, hypothèse Fv retenue selon les recommandations de l'Ineris

Tableau 7 – HAP et VTR retenues pour le risque chronique à seuil pour la voie digestive

Pour les effets sans seuil de dose (par ingestion ou inhalation), un calcul consistant à considérer les facteurs d'équivalence toxique (FET) est appliqué. Pour les HAP sans VTR, ces FET permettent de calculer les VTR sans seuil qui pourraient leur être appliqués à partir de la VTR sans seuil du benzo(a)pyrène (Ineris, 2006)[8]. Les facteurs d'équivalence toxique (FET) utilisés sont ceux qui ont été retenus en France par l'Ineris à l'issu d'un travail d'analyse des différents FET disponibles dans la littérature. Les valeurs de ces FET sont présentées dans le Tableau 8.

7 HHRAP : Human Health Risk Assessment Protocol, 2005

[8] Ineris, 2006, Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) – Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : Approche substance par substance (facteur d'équivalence toxique – FET) et approche par mélanges, 64 p.

Substances	FET
Acénaphtylène	0,001
Acénaphtène	0,001
Anthracène	0,01
Benzo(a)anthracène	0,1
Benzo(a)pyrène	1
Benzo(b)fluoranthène	0,1
Benzo(g,h,i)perylène	0,01
Benzo(j)fluoranthène	0,1
Benzo(k)fluoranthène	0,1
Chrysène	0,01
Dibenzo(a,h)anthracène	1
Fluoranthène	0,001
Fluorène	0,001
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,1
Naphtalène	0,001
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001

Tableau 8 - FET des HAP pris en compte (source Ineris, 2006)

Pour ce type d'effet et la voie orale, un calcul est réalisé afin de définir un mélange de HAP dont la toxicité équivaut à celle du benzo(a)pyrène. Sont considérés les FET, les fractions vapeur (Fv) ainsi que les quantités de substances estimées comme se trouvant sous forme de dépôts atmosphériques.

Le Tableau 9 synthétise les substances retenues et les VTR associées pour chacune des voies et des durées d'exposition.

Substances	Respiratoire aiguë	Respiratoire non cancérigène	Respiratoire cancérigène	Oral non cancérigène	Oral cancérigène
1,3-butadiène	-	X	X	-	-
Acénaphtène	-	-	X*	X**	-
Acénaphtylène		-	X*	-	-
Anthracène	-		X*	X**	X*
Arsenic	-	X	X	-	-
Benzène	-	X	X	-	-
Benzo(a)anthracene	-	-	X*	-	X*
Benzo(b)fluoranthène	-	-	X*	-	X*
Benzo(ghi)pérylène	-	-	X*	-	X*
Benzo(k)fluoranthène	-	-	X*	-	X*
Benzo(j)fluoranthène	-	-	X*	-	X*
Benzo(a)pyrène	-	X	X	X	X
Chrome	-	X	X	-	-
Chrysène	-	-	X*	-	X*
Dibenzo(a,h)anthracène	-	-	X*	-	X*
Fluoranthène	-	-	X*	X**	X*
Fluorène	-	-	X*	X**	X*
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	X*	-	X*
Naphtalène	-	X	X*	X**	-
Nickel	-	X	X	-	-
NO2	X	X	-	-	-
Phénanthrène	-	-	X*	X**	X*
PM10	X	X	-	-	-
PM2,5	X	X	-	-	-
Pyrène	-	-	X*	X**	X*
SO2	X	-	-	-	-

X* : pour ces HAP, la VTR est déduite de la VTR du benzo(a)pyrène et des FET qui leur sont associés

X** : pour ces HAP, des VTR sont disponibles mais ils ne sont pas considérés car sous forme gazeuse

Tableau 9 - Synthèse des substances retenues et des VTR disponibles

ÉTAPE 3 : ÉVALUATION DES EXPOSITIONS

Dans le cadre de cette ERS, plusieurs voies d'exposition sont prises en compte pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires engendrés par le trafic routier. L'objet de ce chapitre est d'évaluer les doses auxquelles les populations humaines sont susceptibles d'être exposées. Pour calculer ces doses d'exposition en toute transparence, il est indispensable de présenter les nombreux paramètres et hypothèses nécessaires aux calculs, d'où le nombre de tableaux importants présentés dans ce chapitre.

3.1 Voies et vecteurs d'exposition

La population de la bande d'étude est exposée aux substances présentes dans son environnement essentiellement par voies respiratoire, orale et cutanée. Ce chapitre décrit les vecteurs d'exposition pris en compte pour chacune de ces 3 voies d'exposition en fonction du contexte local.

3.1.1 EXPOSITION PAR INHALATION

Les rejets du trafic routier pris en compte pour l'ERS sont exclusivement les émissions atmosphériques, aussi, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation. La pollution de fond présente dans la zone d'étude a aussi été prise en compte pour permettre de se rendre compte de la contribution des voies de circulation dans les niveaux totaux mesurés auxquels sont exposées les populations.

3.1.2 EXPOSITION PAR INGESTION

La zone d'étude correspond à une zone très urbanisée. A noter par ailleurs que la caractérisation du site a permis d'indiquer qu'aucune surface agricole n'y est recensée. Par ailleurs, la culture de fruit et de légumes et/ou l'élevage d'animaux dédiés à l'alimentation est exclu au regard des informations collectées et de la nature des sites vulnérables.

Par voie de conséquence, le seul média d'exposition appréhendé dans l'ERS correspond au sol. En effet, l'ingestion accidentelle de sol contaminé par les dépôts de polluants atmosphériques est possible. Ces dépôts peuvent souiller les mains, des objets ou des aliments portés à la bouche. Cette voie d'exposition est susceptible d'être plus importante chez les enfants qui, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes.

3.1.3 EXPOSITION PAR VOIE CUTANEE

L'absorption percutanée de substances contenues dans des gaz et particules en suspension dans l'air ne sont pas prises en compte en raison de l'absence de valeur toxicologique de référence spécifique à cette voie. L'exclusion de cette voie d'exposition amène à une sous-estimation des risques, modérée par les éléments suivants :

- La surface cutanée totale représente environ 1,7 m^2 en moyenne. Cette surface corporelle est plus de cinquante fois plus petite que la superficie interne des poumons (90 m^2). Il est donc probable que l'exposition par voie cutanée reste marginale par rapport à l'inhalation ;

- Le lavage des mains et du visage limite la durée de contact ;
- La peau agit comme une barrière de protection vis-à-vis de l'extérieur alors que les poumons ont pour rôle de favoriser les échanges gazeux intérieurs / extérieurs.

La Figure 2 présente schématiquement les différentes médias et voies d'exposition pris en compte dans cette étude :

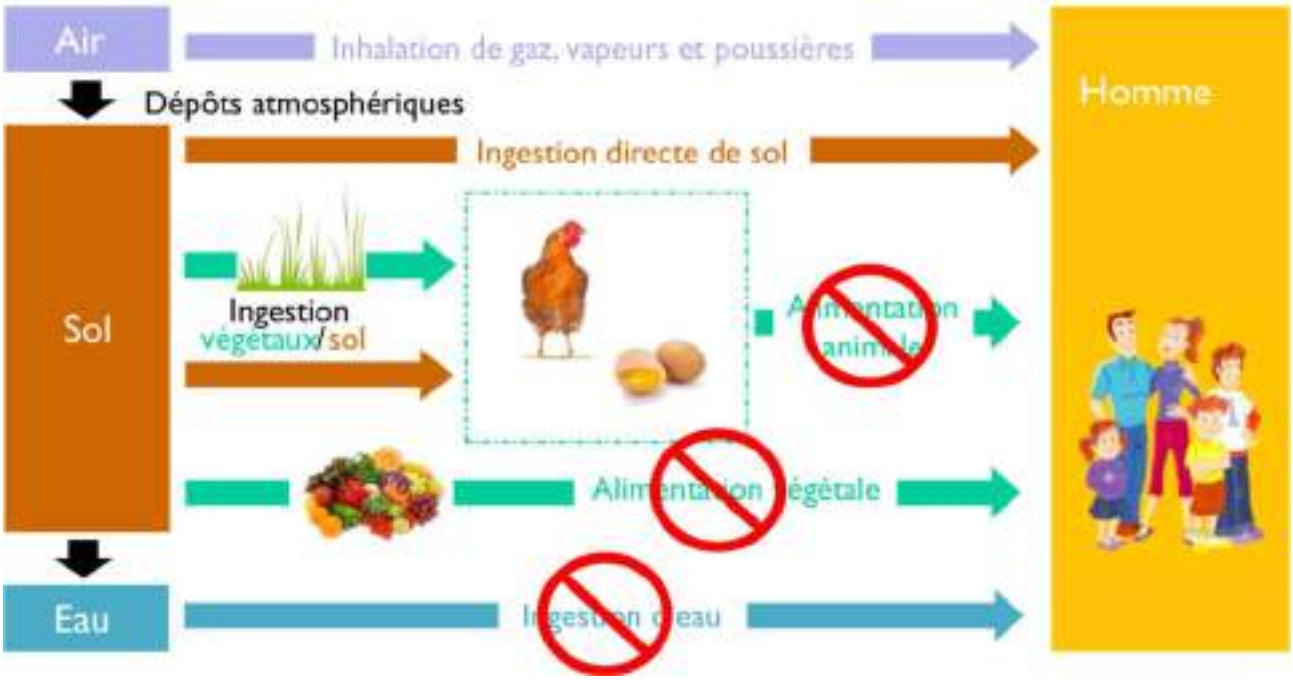


Figure 2 – Schéma conceptuel d'exposition considéré dans le cadre de l'étude

3.2 Exposition par inhalation

De manière générale, l'exposition d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) en chaque substance, selon l'équation générale suivante :

Équation 1 :

$$CMI = \sum_i (C_i \times T_i) \times F \times \left(\frac{DE}{T_m} \right)$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée (µg.m-3)

Ci : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps Ti (µg.m-3)

Ti : Taux d'exposition à la concentration Ci pendant une journée (-)

F : Fréquence ou taux d'exposition annuel (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours) (-)

DE : Durée d'exposition, intervient uniquement dans le calcul des risques des polluants sans effet de seuil (années)

Tm : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années), intervient uniquement pour les effets sans seuil où cette variable est assimilée à la durée de la vie entière (Tm est pris égal à 70 ans)

3.2.1 SCENARIO D'EXPOSITION RETENU

Dans le cadre de cette étude, les risques sont considérés en fonction du site vulnérable. Ainsi, les sites vulnérables sont classés en 3 scénarios :

- Les établissements scolaires sont associés au scénario « école » ;
- Les structures d'accueil des enfants en bas-âge (crèches, haltes garderies) sont associés au scenario « crèche » ;
- Les établissement de santé sont associés au scénario « établissements sanitaires».

3.2.1.1 Paramètres du scénario d'exposition

Taux d'exposition journalier (Ti)

Ne disposant d'aucune donnée locale sur le budget espace-(activités)-temps des populations fréquentant les sites vulnérables dans la bande d'étude, la fraction de temps Ti est appréhendée égale à 1 pour les résidents des établissements sanitaires; autrement dit, les individus sont supposés être exposés 100 % du temps aux substances retenues dans cette étude au cours de la journée :

$$\mathbf{T_{\acute{e}tablissement\ sanitaire} = 1}$$

Pour les établissements accueillant du public en journée, de l'ordre de 8 heures par jour, tels que les établissements scolaires ou les crèches, le taux d'exposition est le suivant :

$$\mathbf{T_{\acute{e}cole} = T_{cr\grave{e}che} = 0.3}\ (8/24=0.3)$$

Fréquence d'exposition annuelle (F)

Comme pour le taux d'exposition, la fréquence d'exposition annuelle est dépendante du site vulnérable considéré. Ainsi, elle peut être estimée à 1 pour les résidents des établissements sanitaires qui sont susceptibles de rester dans les établissements toute l'année.

$$\mathbf{F_{\acute{e}tablissement\ sanitaire} = 1}$$

Les établissements scolaires et les structures d'accueil des enfants restent fermés pendant les vacances scolaires (16 semaines dans l'année). Elles sont également fermées les week-ends. Ces deux paramètres permettent d'estimer une fréquence d'exposition annuelle à 0.5

$$\mathbf{F_{ecole} = F_{cr\grave{e}che} = 0.5}$$

Durée d'exposition (DE)

Lorsque l'on s'intéresse à une exposition vie entière, une durée d'exposition (DE) de 30 ans peut être prise en compte pour un scénario riverain. Cette durée est suggérée dans une étude sur le temps de

résidence des Français (basée sur la durée des abonnements privés à Electricité de France) (Nedellec *et al.*, 1998)[9]. Elle montre, que pour les données de 1993, 90 % de la population investiguée reste au plus 30 ans dans la même résidence (30 ans correspond au percentile 90 des durées d'exposition obtenues).

Lorsque l'on s'intéresse plus particulièrement aux sites vulnérables, différentes durées d'exposition peuvent être estimées.

Pour les structures d'accueil des enfants en bas-âge, la durée d'exposition sera prise égale à 3 ans.

Pour les établissements scolaires, il sera considéré de manière majorante une durée d'exposition de 8 ans si l'on considère que l'école regroupe l'école maternelle (de la petite à la grande section) et l'école élémentaire (du CP au CM2).

Pour les établissements de santé, n'ayant pas de connaissance sur la durée moyenne de résidence, il est considéré une durée d'exposition de 10 ans, notamment parce que les sites vulnérables regroupent des centres de formation.

$$\mathbf{DE_{école} = 8\ ans}$$

$$\mathbf{DE_{crèche} = 3\ ans}$$

$$\mathbf{DE_{établissement\ sanitaire} = 10\ ans}$$

Estimation des concentrations en polluants à l'intérieur et à l'extérieur des locaux (Ci)

En l'absence de données sur le taux de pénétration des substances retenues dans l'étude, nous supposons que leur concentration dans l'air (paramètre Ci de l'Équation 1) des milieux intérieurs (habitations) est la même que celle obtenue à l'extérieur.

3.2.1.2 Synthèse des paramètres du scénario d'exposition

Le Tableau 10 synthétise les paramètres relatifs au scénario d'exposition retenu :

Zone concernée pour la caractérisation du risque	Type d'exposition respiratoire	Durée d'exposition
École	Aigu, chronique	8 heures/24 181 jours/an 8 ans
Crèche	Aigu, chronique	8 heures/24 181 jours/an 3 ans
Établissement sanitaire	Aigu, chronique	24 heures/24 365 jours/an 10 ans

Tableau 10 - Paramètres du scénario d'exposition

[9] Nedellec V., Courgeau D.,Empereur-Bissonnet P., Energies santé, 1998 (vol. 9, n°4, pp. 503-515), La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués.

3.2.2 ESTIMATION DES CONCENTRATIONS EN SUBSTANCES DANS L'AIR

3.2.2.1 Les concentrations modélisées

Les niveaux en substances auxquels sont susceptibles d'être exposées les populations présentes dans la zone d'étude sont estimés par l'intermédiaire de la modélisation de la dispersion atmosphérique. Suivant le type d'exposition considéré (aiguë ou chronique), les valeurs de concentrations dans l'air Ci considérées sont les suivantes :

- pour les expositions de type chronique : les concentrations moyennes annuelles ;
- pour les expositions de type aigu : les concentrations maximales horaires ou journalières(suivant la durée d'exposition associée à la VTR aiguë ou à la valeur guide retenue).

Pour l'ensemble des substances appréhendées, les niveaux en substances sont représentatifs de la seule contribution du trafic automobile sauf pour le dioxyde d'azote et les poussières (PM_{10} et $PM_{2.5}$). En effet, pour ces dernières substances, le niveau de fond ambiant a été pris en compte en plus des niveaux induits par le trafic routier (voir chapitre 3.3.2.2)

Les tableaux suivants présentent les concentrations maximales modélisées au niveau des sites sensibles retenus d'après l'étude de dispersion pour les différents scénarios.

Dans le cas particulier des HAP, les substances présentées correspondent à celles pour lesquelles des VTR sont disponibles. Pour les effets sans seuil de dose, une concentration équivalente BaP a été estimée à partir des teneurs des différents HAP ainsi que leur facteur d'équivalence toxique respectif (déjà décrit).

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
NO_2	1,32E+02	1,15E+02	1,14E+02	1,06E+02	1,06E+02
NO_2*	4,61E+01	4,28E+01	4,27E+01	4,08E+01	4,07E+01
PM_{10}*	5,84E+01	5,83E+01	5,83E+01	5,83E+01	5,83E+01
$PM_{2.5}$*	4,80E+01	4,78E+01	4,78E+01	4,78E+01	4,78E+01

*En percentile 99 journalier

Tableau 11 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition aiguë – scénario « Crèche »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
NO_2	1,24E+02	1,11E+02	1,10E+02	1,06E+02	1,06E+02
NO_2*	4,50E+01	4,18E+01	4,16E+01	4,05E+01	4,05E+01
PM_{10}*	5,83E+01	5,83E+01	5,83E+01	5,83E+01	5,83E+01
$PM_{2.5}$*	4,78E+01	4,77E+01	4,77E+01	4,77E+01	4,77E+01

*En percentile 99 journalier

Tableau 12 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition aiguë – scénario « École »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
NO_2	1,32E+02	1,14E+02	1,13E+02	1,07E+02	1,07E+02
NO_2*	5,01E+01	4,38E+01	4,36E+01	4,11E+01	4,10E+01
PM_{10}*	5,86E+01	5,84E+01	5,86E+01	5,84E+01	5,86E+01
$PM_{2.5}$*	4,84E+01	4,81E+01	4,81E+01	4,81E+01	4,80E+01

*En percentile 99 journalier

Tableau 13 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition aiguë – scénario « Établissement sanitaire »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	1,33E-05	1,43E-05	1,42E-05	1,49E-05	1,48E-05
Benzo(a)pyrene	1,44E-05	1,11E-05	1,06E-05	6,95E-06	6,65E-06
1,3-Butadiene	1,38E-02	4,32E-03	3,72E-03	1,82E-03	1,54E-03
Benzène	1,57E-02	5,18E-03	4,90E-03	1,48E-03	1,39E-03
Chrome6	4,45E-04	4,70E-04	4,64E-04	4,81E-04	4,75E-04
Naphtalène	1,22E-02	8,58E-03	8,26E-03	4,77E-03	4,58E-03
Nickel	1,09E-04	1,04E-04	1,01E-04	9,51E-05	9,20E-05
NO2	1,71E+01	1,42E+01	1,41E+01	1,28E+01	1,27E+01
PM10	1,71E+01	1,71E+01	1,71E+01	1,71E+01	1,71E+01
PM2.5	9,78E+00	9,70E+00	9,70E+00	9,68E+00	9,68E+00
HAPtot (eqBaP)	4,18E-05	3,22E-05	3,06E-05	1,99E-05	1,89E-05

Tableau 14 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition chronique (µg.m-3) – scénario « Crèche »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	9,13E-06	9,67E-06	9,71E-06	1,01E-05	1,01E-05
Benzo(a)pyrene	9,94E-06	7,63E-06	7,27E-06	4,70E-06	4,50E-06
1,3-Butadiene	1,10E-02	2,95E-03	2,77E-03	1,28E-03	1,20E-03
Benzène	1,07E-02	3,55E-03	3,40E-03	9,91E-04	9,44E-04
Chrome6	3,05E-04	3,17E-04	3,17E-04	3,24E-04	3,24E-04
Naphtalène	8,65E-03	6,11E-03	5,90E-03	3,38E-03	3,27E-03
Nickel	7,47E-05	6,99E-05	6,88E-05	6,31E-05	6,25E-05
NO2	1,68E+01	1,40E+01	1,39E+01	1,27E+01	1,27E+01
PM10	1,70E+01	1,70E+01	1,70E+01	1,70E+01	1,70E+01
PM2.5	9,66E+00	9,60E+00	9,61E+00	9,59E+00	9,60E+00
HAPtot (eqBaP)	2,95E-05	2,26E-05	2,16E-05	1,40E-05	1,34E-05

Tableau 15 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition chronique (µg.m-3) – scénario « École »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	1,95E-05	2,01E-05	1,86E-05	2,09E-05	1,93E-05
Benzo(a)pyrene	2,12E-05	1,56E-05	1,41E-05	9,65E-06	8,73E-06
1,3-Butadiene	2,20E-02	6,27E-03	5,45E-03	2,64E-03	2,28E-03
Benzène	2,28E-02	7,17E-03	6,56E-03	2,07E-03	1,89E-03
Chrome6	6,52E-04	6,61E-04	6,11E-04	6,73E-04	6,21E-04
Naphtalène	1,70E-02	1,14E-02	1,03E-02	6,26E-03	5,70E-03
Nickel	1,60E-04	1,47E-04	1,34E-04	1,33E-04	1,22E-04
NO_2	2,06E+01	1,61E+01	1,55E+01	1,36E+01	1,33E+01
PM_{10}	1,74E+01	1,73E+01	1,73E+01	1,73E+01	1,73E+01
$PM_{2.5}$	9,95E+00	9,82E+00	9,79E+00	9,79E+00	9,76E+00
HAPtot (eqBaP)	5,99E-05	4,40E-05	3,98E-05	2,71E-05	2,44E-05

Tableau 16 - Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour l'exposition chronique (µg.m-3) – scénario « Établissement sanitaire »

3.2.2.2 Prise en compte du bruit de fond local

Comme recommandé dans la note technique de 2019, les niveaux d'exposition à prendre en compte dans l'étude correspondent aux concentrations des polluants dans les milieux avec lesquels les personnes sont en contact. Elles sont la somme de la concentration de fond avec la sur-concentration due aux émissions du trafic.

Un descriptif des concentrations mesurées à proximité de la zone d'étude a été détaillé dans le chapitre 4 du volet « Air et Santé » de l'étude d'impact. Les concentrations moyennes annuelles mesurées, pouvant donc être considérées comme des niveaux de fond ambiant dans la zone d'étude, sont rappelés dans le tableau suivant :

Polluant	Moyenne annuelle	Maximum journalier
Dioxyde d'azote (µg/m^3)	11,8	43,2
PM_{10} (µg/m^3)	16,7	64,6
$PM_{2.5}$ (µg/m^3)	9,6	58,1

Tableau 17 – Niveaux de fond estimés sur la zone d'étude

3.3 Exposition par ingestion

Pour la voie d'exposition digestive, la quantité de composé chimique administrée via un milieu donné, correspond à la dose journalière d'exposition (DJE) qui s'exprime selon l'équation suivante :

Équation 2 :

$$DJE = \left(\frac{C \cdot Q \cdot F}{P}\right) \frac{DE}{T_m}$$

Avec :

DJEi : Dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i (mg.kg-1.jour-1)

Ci : Concentration d'exposition liée au milieu i (alimentation, sol) (mg.kg-1)

F : Fréquence d'exposition : fraction du nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) sur le nombre d'unités de temps de l'année (-)

Qi : Quantité de milieu i administrée par voie orale par unité de temps d'exposition (mg/jour)

P : Masse corporelle de la cible (kg)

DE : Nombre d'années d'exposition ; facteur intervenant uniquement pour les polluants à effets sans seuil de dose (années)

Tm : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (assimilée à la durée de la vie entière) ; facteur intervenant uniquement pour les polluants à effets sans seuil de dose (années) (Tm est généralement pris égal à 70 ans)

Pour estimer les doses journalières d'exposition associées à chacun des médias retenus, il faut renseigner dans l'Équation 2, l'ensemble des paramètres d'exposition (F, P, DE, etc.) pour tenir compte des conditions d'exposition des populations considérées dans l'EQRS. Cette équation permet la prise en compte de différentes classes d'âges afin de considérer les paramètres physiologiques et les quantités d'aliments ingérées qui varient selon l'âge. Pour rappel, même si la population entière peut être exposée via l'ingestion accidentelle de sol, les enfants sont les plus concernés en particulier sur leur lieu de scolarisation.

De manière générale, le modèle MODUL'ERS de l'Ineris permet de modéliser la dispersion de substance dans la chaine alimentaire. Dans le cas présent, dans la mesure où l'on s'intéresse exclusivement à l'ingestion de sol, et que les autres médias d'exposition sont exclus (ingestion de légumes, d'œufs, etc.), une hypothèse simplificatrice et majorante est prise en compte. Elle consiste à estimer les teneurs en substance dans le sol en considérant que la substance s'accumule pendant la durée d'exposition maximale, à savoir 30 ans. Aucun phénomène de perte par dégradation biotique (dégradation de la substance au contact de la matière organique du sol) ou abiotique (ruissellement) n'est considéré.

Même si les calculs sont très limités dans le cas présent, MODUL'ERS est utilisé dans la mesure où il comprend également une base de données renseignant directement les paramètres d'exposition de la population exposée tels que le poids corporel et la quantité de sol susceptible d'être ingérée accidentellement.

3.3.1 DEFINITION DU SCENARIO D'EXPOSITION

3.3.1.1 Les dépôts modélisés

Le scénario retenu correspond à l'exposition d'un enfant qui est exposé pendant 3 ans (dans le scenario « crèche » ou 8 ans (dans le scenario « école ») aux émissions du trafic routier. Ce scénario considère également les enfants susceptibles de consommer accidentellement le sol de leur école, après 30 ans de dépôts atmosphériques induits par le trafic automobile.

Les concentrations en polluants dans le sol seront estimées à partir des dépôts obtenus par modélisation au droit des sites vulnérables fréquentés par des enfants mettant en avant les valeurs les plus élevées, à savoir au niveau de la crèche Multi accueil Eléphant Bleu et au niveau de l'école maternelle Pablo Picasso.

Dans le cas des sols, le fait de considérer un cumul de dépôts de 30 ans nécessite de considérer l'évolution des dépôts en fonction des horizons d'étude :

- Pour l'état initial 2023, le dépôt moyen est calculé en considérant le dépôt représentatif de l'état initial pendant quatre ans, de l'horizon de référence 2027 pendant 20 ans et de l'horizon de référence 2047 pendant 6 ans ;
- Pour l'horizon de référence 2027, le dépôt moyen est calculé en considérant le dépôt représentatif de l'horizon de référence 2027 pendant 20 ans et de l'horizon de référence 2047 pendant 10 ans ;
- Pour l'horizon de référence 2047, le dépôt moyen est calculé en considérant le dépôt représentatif de l'horizon de référence 2047 pendant 30 ans.

Les dépôts modélisés considérés sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Les résultats montrent que l'écart entre les dépôts particulaires associés aux HAP pour les 2 scénarios de fonctionnement (avec ou sans projet) est trop faible pour être visible sur le tableau de synthèse. Cette absence d'écart significatif conduit également à une absence d'écart en termes de niveaux d'exposition. Bien qu'il soit déjà possible d'indiquer qu'aucun écart significatif n'apparait entre les scénarios avec et sans projet, un calcul de risque est tout de même effectué pour la voie orale.

	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
HAPtot (eqBaP)	3,473E-10	3,16E-10	3,02E-10	2,20E-10	2,20E-10
B(a)P	1,75E-10	1,58E-10	1,52E-10	1,09E-10	1,09E-10

Tableau 18 - Dépôts totaux au sol obtenus - scénario "Crèche" (mg/m2/s)

	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
HAPtot (eqBaP)	1,77E-10	1,61E-10	1,57E-10	1,16E-10	1,16E-10
B(a)P	8,69E-11	7,79E-11	7,61E-11	5,46E-11	5,46E-11

Tableau 19 - Dépôts totaux au sol obtenus - scénario "École" (mg/m2/s)

3.3.1.2 Paramètres du scénario d'exposition

Ci-dessous sont présentées les valeurs paramétriques choisies pour l'application de l'Équation 2.

Fréquence d'exposition (F)

Comme dans le cas de la voie d'exposition respiratoire, on considère une fréquence qui considère que les établissements scolaires ou les crèches restent fermés pendant les vacances scolaires (16 semaines dans l'année). Elles sont également fermées les week-ends.

La fréquence d'exposition est la suivante :

$$F_{école} = F_{crèche} = 0.5 \text{ (36/52 x 5/7)}$$

Durée d'exposition (DE)

Pour la voie d'exposition orale, on retient la même durée d'exposition (DE) que pour l'inhalation, soit :

$$DE_{école} = 8 \text{ ans}$$

$$DE_{crèche} = 3 \text{ ans}$$

(pour un temps de pondération, Tm, pris égal à 70 ans) :

Valeurs humaines d'exposition

Cette catégorie rassemble les quantités de sol, ainsi que la masse corporelle des populations. Ces paramètres sont proposés par défaut dans la base de données associée à l'outil MODUL'ERS (Ineris, 2017)[10].

Le Tableau 20 synthétise les paramètres relatifs au scénario d'exposition pour l'ingestion.

Nom du scénario	Localisation du scénario	Voies d'exposition	Type d'exposition	Durée d'exposition
Ecole	Site ingestion au niveau de l'établissement accueillant des enfants le plus impacté	Ingestion	Chronique	8 ans 181 jours/an
Crèche				3 ans 181 jours/an

Tableau 20 – Paramètres du scénario d'exposition par voie orale

10 Ineris, 2017, Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, INERIS-DRC-14-141968-11173C, 56 p.

3.3.2 METHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DANS LES DIFFERENTS MEDIAS

Pour estimer les concentrations en HAP dans le sol, il est fait référence à l'outil MODUL'ERS mis au point par l'Ineris.

Comme indiqué dans le chapitre relatif au choix des VTR, pour les effets à seuil de dose et la voie orale, seul le benzo(a)pyrène est considéré.

Pour les effets sans seuil de dose, un calcul a été effectué pour assimiler l'ensemble des HAP particulaires (soit 14 HAP) à une quantité de substance dont la toxicité équivaut à celle du benzo(a)pyrène. Pour cela, des facteurs d'équivalence toxique ont été considérés, comme détaillé dans le chapitre relatif au choix des VTR.

3.3.2.1. Concentration dans le sol

Dans une hypothèse majorante, les dépôts sont supposés s'accumulés pendant 30 ans et aucune perte de substances à partir du sol par les phénomènes de ruissellement, de lixiviation[11] et de dégradation biotique et abiotique[12] n'a été considérée. Le calcul des concentrations dans le sol considère donc une accumulation de HAP dans le temps. Dans la mesure où aucune donnée disponible ne permet de se rendre compte des teneurs en HAP dans les sols de la zone d'étude, aucun niveau de fond ambiant n'a pas été considéré dans l'étude.

Le sol superficiel a été considéré comme étant situé entre la surface et 3 cm de profondeur. Cette couche est susceptible d'être "consommée" par les populations (en particulier les enfants).

Ce paragraphe présente les résultats intermédiaires obtenus pour la voie digestive suite à l'utilisation des résultats de dispersion et du modèle d'exposition MODUL'ERS.

Pour les effets sans seuil de dose, un calcul similaire a été effectué en considérant les dépôts particulaires exprimés en équivalent benzo(a)pyrène. Pour ce type d'effet, les résultats obtenus présentent les doses d'exposition vie entière, c'est-à-dire sur l'ensemble des durées d'exposition des enfants susceptibles de fréquenter une crèche (3 ans) ou une école du premier degré (8 ans).

Les résultats obtenus sont présentés dans les Tableau 21 et Tableau 22 pour les effets à seuil de dose et dans le Tableau 23 pour les effets sans seuil de dose.

11 Percolation de l'eau dans un sol

12 Dégradation d'une molécule par des organismes vivants (bactéries, champignons, etc.) ou sans aucune réaction biologique.

Classe d'âge	Durée d'exposition (années)	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
[0-1[	1	8,09E-09	7,30E-09	7,03E-09	5,03E-09	5,03E-09
[1-3[	2	8,26E-09	7,46E-09	7,18E-09	5,14E-09	5,14E-09

Tableau 21 – DJE annuelles estimées en BaP – scenario « Crèche » (mg/kg poids corporel/j)

Classe d'âge	Durée d'exposition (années)	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
[3-6[	3	2,85E-09	2,56E-09	2,50E-09	1,79E-09	1,79E-09
[6-11[	5	1,77E-09	1,59E-09	1,55E-09	1,11E-09	1,11E-09

Tableau 22 – DJE annuelles estimées en BaP – scenario « Ecole » (mg/kg poids corporel/j)

Classe d'âge	Durée d'exposition (années)	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Crèche	3	2,32E-10	2,11E-10	2,02E-10	1,47E-10	1,47E-10
Ecole	8	6,34E-11	5,75E-11	5,63E-11	4,15E-11	4,15E-11

Tableau 23 – DJE vie entière estimées pour les HAP totaux en équivalent BaP pour les deux scenario « Ecole » et « crèche »

ÉTAPE 4 : CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES

La caractérisation des risques consiste à confronter les doses auxquelles les populations sont exposées avec les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sanitaires associés à une substance sont estimés de façon différente selon la voie d'exposition (inhalation ou ingestion), la durée d'exposition (aiguë ou chronique) et selon le type d'effet qu'engendre le composé considéré (effets à seuil de dose ou sans seuil de dose).

4.1 Méthode

4.1.1 QUOTIENTS DE DANGER POUR LES SUBSTANCES A EFFETS A SEUIL DE DOSE

Pour les polluants à effets à seuil de dose (principalement des effets non cancérigènes), le dépassement de la VTR sélectionnée suite à l'exposition considérée peut entraîner l'apparition de l'effet critique associé à la VTR. Ceci peut être quantifié en faisant le rapport entre la dose d'exposition (CMI ou DJE) et la VTR associée. Ce rapport est appelé quotient de danger (QD) et s'exprime selon la relation suivante :

Équation 3 :

$$QD = \frac{CMI}{VTR}$$ voie respiratoire

$$QD = \frac{DJE}{VTR}$$ voie orale

Avec :

QD : Quotient de danger associé à la voie d'exposition considérée (-)

CMI : Concentration moyenne inhalée par la voie respiratoire (µg.m-3)

DJE : Dose journalière d'exposition pour la voie ingestion (µg.m-3)

VTR : Valeur toxicologique de référence retenue (unité : µg.m-3 pour la voie inhalation et mg.kg poids corporel-1. jour-1)

Si le QD est inférieur à 1, alors l'exposition considérée ne devrait pas entraîner l'effet toxique associé à la VTR. Un QD supérieur ou égal à 1 signifie que les personnes exposées peuvent développer l'effet sanitaire indésirable associé à la VTR.

4.1.2 EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL POUR LES SUBSTANCES A EFFETS SANS SEUIL DE DOSE

Pour les effets sans seuil de dose, on calcule un « excès de risque individuel » (ERI) de développer l'effet associé à la VTR (appelée aussi souvent ERU : excès de risque unitaire). L'ERI représente, pour les individus exposés, la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste (comme un cancer) induit par l'exposition à la substance considérée durant la vie entière.

Pour la voie d'exposition respiratoire, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi) par la concentration moyenne inhalée vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps). Pour la voie d'exposition orale, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par ingestion (ERUo) par la dose journalière d'exposition (DJE) durant la vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps).

Équation 4 :

$$ERI_i = CMI \cdot ERU_i \qquad ERI_o = DJE \cdot ERU_o$$

voie respiratoire voie orale

Avec :

ERI : Excès de risque individuel pour la voie d'exposition inhalation (-)

ERUi : Excès de risque unitaire pour la voie d'exposition inhalation (mg.m-3)-1 ou (µg.m-3)-1

ERUo : Excès de risque unitaire pour la voie orale (mg.kg-1.jour-1)-1

CMI : Concentration moyenne inhalée (mg.m-3) ou (µg.m-3)

DJE : Dose journalière d'exposition (mg.kg-1.jour-1)

Il n'existe pas un niveau d'excès de risque individuel qui permette d'écarter les risques pour les populations exposées. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10^{-5} (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) (OMS, 2004)[13].

La circulaire du 8 février 2007[14] relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque, « usuellement retenu au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5}.

A noter que dans le cadre des études de zones, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) et l'Ineris proposent des seuils d'interprétation des QD et des ERI sous forme de fourchette[15] [16]. Les seuils d'interprétation, valables aussi bien pour le respiratoire que l'ingestion sont les suivants :

[13] Organisation mondiale de la santé (OMS), 2004, Guidelines for Drinking-water Quality, third edition, Volume 1, 540 p.

[14] Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2007, Circulaire du 08/02/07 relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

[15] Haut Conseil de la Santé Publique. 2011, Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone.

[16] Ineris, 2011. Guide pour la conduit d'une étude de zone. DRC-11-115717-01555B

- Domaine d'action rapide : ERI > 10^{-4} et QD > 10
  Les risques sont jugés suffisamment préoccupants pour faire l'objet de mesures de protection « rapides » tant environnementales que sanitaires.
- Domaine de vigilance active : 10^{-5} < ERI < 10^{-4} et 1 < QD < 10
  Les niveaux de risque sont sérieux mais jugés moins préoccupants et demandent un approfondissement de l'analyse de la situation avant toute prise de décision en matière de gestion.
- Domaine de conformité : ERI < 10^{-5} et QD < 1
  Les niveaux de risques sont considérés comme non préoccupants et il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de gestion particulières, en sus de celles qui existent déjà et relevant du principe général de maitrise des émissions.

4.1.3 Estimation des risques cumules

Les risques cumulés correspondent aux effets sanitaires susceptibles d'être induits par l'exposition des populations à plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des EQRS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, Ineris) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

4.1.3.1 Risques cumulés à seuil de dose

La note technique de 2019 recommande de sommer les quotients de danger lorsque les organes-cibles sont les mêmes. Dans le cadre de cette étude, les effets critiques associés aux différentes substances retenues ont été regroupés quel que soit le système-cible. Il s'agit d'une hypothèse simplificatrice et majorante fréquemment considérée par les évaluateurs de risques.

Cette démarche de sommation de risques est appliquée uniquement pour les risques chroniques, les risques aigus n'étant pas susceptibles de se produire au même moment dans l'année compte tenu des durées d'application différentes associées aux VTR utilisées (1 heure, 1 à 14 jours).

4.1.3.2 Risques cumulés sans seuil de dose

Comme indiqué dans la note technique de 2019, tous les risques de cancer peuvent être associés entre eux quand bien même les organes cibles diffèrent, dans le but d'apprécier globalement le risque cancérigène qui pèse sur la population.

4.2 Résultats pour la voie d'exposition respiratoire

Pour chaque traceur retenu dans le cas d'exposition par inhalation, un calcul de QD ou d'ERI est effectué à partir de l'Équation 3 et de l'Équation 4 au niveau des sites sensibles retenus pour chaque scénario d'exposition étudié.

Les dépassements des seuils de conformité (CMI> VG ou QD>1 ou ERI>10^{-5}) sont présentés en orange pour les différents types de risques estimés par voie respiratoire. Les substances ou les scénarios pour lesquels aucun dépassement du seuil de conformité n'est estimé apparaissent en vert dans les tableaux de résultats.

Pour les substances pour lesquelles aucune VTR n'est disponible, une simple comparaison des doses d'exposition et des valeurs-guides est effectuée.

4.2.1 EXPOSITION AIGUË

Les Tableau 24 à Tableau 26 présentent les résultats obtenus pour une exposition aiguë. En l'absence de VTR pour les substances à considérer pour ce type d'exposition, une comparaison a été effectuée entre les niveaux d'exposition et les valeurs guides correspondantes. Pour le scenario « crèche » et « école », un taux d'exposition de 0.3 (soit 8 heures sur 24 heures) est utilisé pour les expositions journalières. Pour le scenario « établissement sanitaire », le taux d'exposition est de 1.

Ces estimations sont effectuées pour chaque scénario investigué :

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet	VG
NO_2	1,32E+02	1,15E+02	1,14E+02	1,06E+02	1,06E+02	200
NO_2*	1,38E+01	1,29E+01	1,28E+01	1,22E+01	1,22E+01	25*
PM_{10}*	1,75E+01	1,75E+01	1,75E+01	1,75E+01	1,75E+01	45*
$PM_{2.5}$*	1,44E+01	1,43E+01	1,43E+01	1,43E+01	1,43E+01	15*

*En percentile 99 journalier

Tableau 24 - CMI aigue estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « crèche »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet	VG
NO_2	1,24E+02	1,11E+02	1,10E+02	1,06E+02	1,06E+02	200
NO_2*	1,35E+01	1,25E+01	1,25E+01	1,21E+01	1,21E+01	25*
PM_{10}*	1,75E+01	1,75E+01	1,75E+01	1,75E+01	1,75E+01	45*
$PM_{2.5}$*	1,43E+01	1,43E+01	1,43E+01	1,43E+01	1,43E+01	15*

*En percentile 99 journalier

Tableau 25 - CMI aigue estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « école »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet	VG
NO_2	1,32E+02	1,14E+02	1,13E+02	1,07E+02	1,07E+02	200
NO_2*	5,01E+01	4,38E+01	4,36E+01	4,11E+01	4,10E+01	25*
PM_{10}*	5,86E+01	5,84E+01	5,86E+01	5,84E+01	5,86E+01	45*
$PM_{2.5}$*	4,84E+01	4,81E+01	4,81E+01	4,81E+01	4,80E+01	15*

*En percentile 99 journalier

Tableau 26 – CMI aigue estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m^3) et valeur guide – scénario « Établissement sanitaire »

Comme indiqué dans les tableaux précédents, les niveaux d'exposition en poussières (PM_{10} et $PM_{2.5}$) et en NO_2 en percentile 99 journalier estimés au niveau de l'établissement sanitaire sont susceptibles de dépasser les valeurs guides auxquelles ils se rapportent. Notons que ces dépassements sont principalement liés au bruit de fond qui atteint à lui seul les valeurs guides.

Aucun dépassement de valeur guide n'est observé dans le cadre des scénarios « école » et « crèche ».

La valeur guide horaire de 200 µg/m^3 associée au dioxyde d'azote n'est dépassée dans aucun des scénarios.

Aucun écart significatif n'est observé entre les scénarios avec projet ou sans projet. Aucun écart significatif n'est observé entre les différents horizons d'étude.

4.2.2 EXPOSITIONS CHRONIQUES A EFFETS A SEUIL DE DOSE

4.2.2.1 Quotient de danger

Pour chaque traceur à effet à seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul de quotient de danger (QD) est réalisé par application de l'Équation 3 pour les deux scénarios d'exposition étudiés. Les Tableau 27 à Tableau 28 indiquent les quotients de danger obtenus.

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	1,33E-04	1,43E-04	1,42E-04	1,49E-04	1,48E-04
Benzo(a)pyrene	1,08E-03	8,34E-04	7,98E-04	5,22E-04	4,99E-04
1,3-Butadiene	1,04E-03	3,24E-04	2,79E-04	1,37E-04	1,16E-04
Benzène	2,35E-04	7,77E-05	7,35E-05	2,23E-05	2,09E-05
Chrome6	8,35E-03	8,80E-03	8,70E-03	9,02E-03	8,91E-03
Naphtalène	4,96E-05	3,48E-05	3,35E-05	1,93E-05	1,86E-05
Nickel	9,09E-04	8,71E-04	8,41E-04	7,92E-04	7,66E-04

Tableau 27- Résultats obtenus pour les QD chroniques – scénario « Crèche »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	9,13E-05	9,67E-05	9,71E-05	1,01E-04	1,01E-04
Benzo(a)pyrene	7,45E-04	5,72E-04	5,45E-04	3,53E-04	3,38E-04
1,3-Butadiene	8,24E-04	2,21E-04	2,08E-04	9,62E-05	9,01E-05
Benzène	1,61E-04	5,33E-05	5,10E-05	1,49E-05	1,42E-05
Chrome6	5,71E-03	5,95E-03	5,95E-03	6,07E-03	6,08E-03
Naphtalène	3,51E-05	2,48E-05	2,39E-05	1,37E-05	1,32E-05
Nickel	6,23E-04	5,83E-04	5,74E-04	5,26E-04	5,21E-04

Tableau 28- Résultats obtenus pour les QD chroniques – scénario « École »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	1,30E-03	1,34E-03	1,24E-03	1,39E-03	1,29E-03
Benzo(a)pyrene	1,06E-02	7,78E-03	7,04E-03	4,83E-03	4,37E-03
1,3-Butadiene	1,10E-02	3,13E-03	2,72E-03	1,32E-03	1,14E-03
Benzène	2,28E-03	7,17E-04	6,56E-04	2,07E-04	1,89E-04
Chrome6	8,15E-02	8,26E-02	7,64E-02	8,41E-02	7,77E-02
Naphtalène	4,60E-04	3,07E-04	2,80E-04	1,69E-04	1,54E-04
Nickel	8,87E-03	8,18E-03	7,47E-03	7,40E-03	6,76E-03

Tableau 29- Résultats obtenus pour les QD chroniques – scénario « Établissement sanitaire »

Les calculs de QD chroniques présentés dans ces tableaux permettent d'indiquer qu'aucun dépassement de seuil sanitaire n'est estimé pour les substances considérées dans l'étude.

Dans le cadre des scénarios « Crèche » et « École », on constate une diminution du quotient de danger aux horizons futurs par rapport à la situation initiale, excepté pour l'arsenic et le chrome

conformément aux variations d'émissions sur la zone d'étude. Aucun écart significatif n'est observé entre les scénarios avec projet ou sans projet au même horizon d'étude.

Dans le cadre du scénario « Établissement sanitaire », on constate une légère diminution ou stabilisation du quotient de danger aux horizons futurs par rapport à la situation initiale pour l'arsenic et le chrome, les autres paramètres suivants les mêmes tendances que les deux autres scenarios. Aux horizons futurs, la mise en place du projet entraîne une légère diminution du quotient de danger.

Les quotients de danger dans les trois scénarios restent largement en deçà de 1.

4.2.2.2 Comparaison aux valeurs guide annuelles

Pour le dioxyde d'azote, les PM_{10} et les $PM_{2.5}$ pour lesquels des valeurs guide sont disponibles, une comparaison entre les concentrations moyennes inhalées (CMI) et la valeur guide retenue est réalisée. Les Tableau 30 à Tableau 32 présentent les résultats obtenus.

D'après ces résultats, aucun écart n'est observé entre l'état initial et les états futurs, de même les écarts entre les différents états futurs peuvent être qualifiés de négligeables.

Dans le cadre du scénario « établissement sensible », les concentrations moyennes inhalées dépassent les valeurs guides pour les trois polluants. Ceci est dû à la durée et fréquence d'exposition considérée pour ce scénario (100% du temps passé au niveau de ce site sensible) et aux bruits de fond.

Les résultats pour les scénarios « Crèche » et « École » ne montrent pas de dépassement des valeurs guides.

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet	VG
NO_2	2,56E+00	2,14E+00	2,11E+00	1,91E+00	1,90E+00	10
PM_{10}	2,57E+00	2,56E+00	2,56E+00	2,56E+00	2,56E+00	15
$PM_{2.5}$	1,47E+00	1,46E+00	1,45E+00	1,45E+00	1,45E+00	5

Tableau 30 - CMI chronique estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « crèche »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet	VG
NO_2	2,52E+00	2,10E+00	2,08E+00	1,91E+00	1,90E+00	10
PM_{10}	2,55E+00	2,54E+00	2,55E+00	2,54E+00	2,55E+00	15
$PM_{2.5}$	1,45E+00	1,44E+00	1,44E+00	1,44E+00	1,44E+00	5

Tableau 31 - CMI chronique estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m3) et valeur guide – scénario « école »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet	VG
NO_2	2,06E+01	1,61E+01	1,55E+01	1,36E+01	1,33E+01	10
PM_{10}	1,74E+01	1,73E+01	1,73E+01	1,73E+01	1,73E+01	15
$PM_{2.5}$	9,95E+00	9,82E+00	9,79E+00	9,79E+00	9,76E+00	5

Tableau 32 – CMI chronique estimées en PM10, en PM2,5 et en NO2 (µg/m^3) et valeur guide – scénario « Établissement sanitaire »

4.2.3 EXPOSITIONS CHRONIQUES A EFFETS SANS SEUIL DE DOSE

Pour chaque traceur à effet sans seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul d'ERI est effectué à partir de l'Équation 4 pour les deux scénarios d'exposition.

Les valeurs d'ERI obtenus sont présentées dans les tableaux suivants.

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	1,29E-11	1,38E-11	1,37E-11	1,44E-11	1,43E-11
1,3-Butadiene	6,66E-11	2,08E-11	1,79E-11	8,79E-12	7,43E-12
Benzène	1,61E-10	5,33E-11	5,04E-11	1,53E-11	1,43E-11
Chrome6	1,14E-07	1,21E-07	1,19E-07	1,24E-07	1,22E-07
Nickel	3,37E-10	3,22E-10	3,12E-10	2,93E-10	2,84E-10
HAP totaux (eqBaP)	1,61E-10	1,24E-10	1,18E-10	7,69E-11	7,28E-11

Tableau 33 - Résultats obtenus pour les ERI - scénario « Crèche »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	2,35E-11	2,49E-11	2,50E-11	2,59E-11	2,60E-11
1,3-Butadiene	1,41E-10	3,79E-11	3,57E-11	1,65E-11	1,54E-11
Benzène	2,94E-10	9,74E-11	9,32E-11	2,72E-11	2,59E-11
Chrome6	2,09E-07	2,17E-07	2,18E-07	2,22E-07	2,22E-07
Nickel	6,15E-10	5,75E-10	5,66E-10	5,19E-10	5,14E-10
HAP totaux (eqBaP)	3,04E-10	2,32E-10	2,22E-10	1,43E-10	1,38E-10

Tableau 34 - Résultats obtenus pour les ERI - scénario « École »

Substances	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Arsenic	4,19E-10	4,30E-10	3,99E-10	4,47E-10	4,13E-10
1,3-Butadiene	2,35E-09	6,71E-10	5,83E-10	2,83E-10	2,45E-10
Benzène	5,20E-09	1,64E-09	1,50E-09	4,73E-10	4,33E-10
Chrome6	3,73E-06	3,78E-06	3,49E-06	3,84E-06	3,55E-06
Nickel	1,09E-08	1,01E-08	9,22E-09	9,14E-09	8,34E-09
HAP totaux (eqBaP)	5,14E-09	3,77E-09	3,41E-09	2,32E-09	2,09E-09

Tableau 35 - Résultats obtenus pour les ERI - scénario « Établissement sanitaire»

Les calculs d'ERI présentés permettent d'indiquer qu'aucun dépassement de seuil sanitaire (ERI>10^{-5}) n'est estimé au niveau des populations sensibles, quel que soit le scénario d'exposition et l'horizon étudié.

4.3 Résultats pour la voie d'exposition digestive

Dans les paragraphes ci-dessous, sont présentés les risques sanitaires liés à l'exposition par ingestion de sol exposés aux retombées atmosphériques de substances émises par le trafic routier.

4.3.1 Expositions chroniques a effets a seuil de dose

Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus pour les 2 scénarios étudiés. Comme indiqué dans les tableaux suivants, les retombées atmosphériques induites par le trafic routier ne sont pas susceptibles d'induire à elles seules un dépassement du seuil de conformité pour les HAP (QD<1), et ce, quelle que soit la classe d'âge considérée.

Classe d'âge	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
[0-1[	2,70E-05	2,43E-05	2,34E-05	1,68E-05	1,68E-05
[1-3[	2,75E-05	2,49E-05	2,39E-05	1,71E-05	1,71E-05

Tableau 36 – Résultats obtenus pour les QD chroniques pour la voie digestive – scénario « Crèche »

Classe d'âge	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
[3-6[	9,50E-06	8,52E-06	8,32E-06	5,97E-06	5,97E-06
[6-11[	5,89E-06	5,28E-06	5,16E-06	3,70E-06	3,70E-06

Tableau 37 – Résultats obtenus pour les QD chroniques pour la voie digestive – scénario « École »

4.3.2 Expositions chroniques a effets sans seuil de dose

Le tableau suivant présente les résultats obtenus pour les 2 scénarios d'exposition.

Classe d'âge	Etat initial	2027 sans projet	2027 avec projet	2047 sans projet	2047 avec projet
Crèche	2,32E-10	2,11E-10	2,02E-10	1,47E-10	1,47E-10
École	6,34E-11	5,75E-11	5,63E-11	4,15E-11	4,15E-11

Tableau 38 - Résultats obtenus pour les ERI pour la voie digestive

D'après les données obtenues, les retombées atmosphériques induites par le trafic routier ne sont pas susceptibles d'induire à elles seules un dépassement du seuil de conformité (ERI < 10^{-5}) pour les HAP et leurs effets sans seuil de dose.

4.4 Risques cumulés

Les risques cumulés correspondent aux effets sanitaires susceptibles d'être induits par l'exposition des populations à plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des EQRS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, Ineris) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

4.4.1 Risques cumules a effet a seuil

Parmi les différentes VTR prises en compte dans le cadre de cette étude, plusieurs systèmes cibles sont susceptibles d'être atteints suite à une exposition à plusieurs substances aussi bien par voie respiratoire qu'orale (cf. paragraphe 2.30). Bien que la somme de risque puisse être estimée par système cible, elle a été estimée dans le cas présent sans tenir compte des systèmes cibles, globalement. Il s'agit d'une approche simplificatrice et majorante qu'il est possible de mettre en œuvre lorsque les QD sont suffisamment faibles, comme c'est le cas dans le cadre de cette étude.

La somme de QD peut donc être effectuée sans tenir compte des systèmes cibles concernés et en considérant les QD les plus élevés présentés dans les différents tableaux. Cette somme conduit à un QD cumulé inférieur à 1.

Aucun écart significatif n'apparait entre les scénarios avec et sans projet

4.4.2 Risques cumules a effet sans seuil

Les risques cumulés à effet sans seuil de dose correspondent à la somme d'ERI déterminés pour les voies respiratoire et orale. Pour rappel les ERI considérés caractérisent la probabilité d'apparition d'un cancer en considérant les différents horizons d'étude.

Les résultats obtenus ne dépassent pas la valeur de 10^{-5} recommandée par l'OMS, quel que soit le scénario considéré.

Aucun écart significatif n'apparait entre les scénarios avec et sans projet

5. ANALYSE DES INCERTITUDES RELATIVES A L'ERS

Sont listées ici les incertitudes dont on ne peut pas dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques.

5.1 Mélanges de substances

Les effets des mélanges sont encore mal appréhendés et la méthode d'évaluation des risques sanitaires actuellement disponible ne permet pas de les prendre en compte si ce n'est dans l'hypothèse d'une somme des effets des substances ayant les mêmes cibles et les mêmes mécanismes d'action (Ineris, 2003). Les effets synergiques ou antagonistes ne sont donc pas appréhendés. Comme cela est rappelé dans le rapport de l'Ineris sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques (Ineris, 2006)[17], la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'Ineris, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques françaises actuelles menées dans les études d'impact des installations classées.

5.2 Taux d'exposition journalier

Il a été fait l'hypothèse que le taux d'exposition journalier (paramètre T de l'Équation 1) était égal à 1 dans le cas du scénario « Établissement sanitaire » et à 0,3 dans le cas des scénarios « Crèche » et « École ».

Cette hypothèse majore le temps d'exposition journalier réel dans le cas du scénario « Établissement sanitaire », les individus pouvant être amenés à sortir de la bande d'étude pour des raisons personnelles (congés, week-end…). Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans la journée par les riverains sont soumis à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. En revanche, dans certains cas ou pour certaines substances, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si les riverains sont exposés, une partie de la journée dans d'autres lieux, à des concentrations plus élevées que celles étudiées dans cette étude. Ce travail a été entrepris dans une étude française et a montré que les résultats de l'ERS peuvent être minorés de 30 % par rapport à une hypothèse « 100% du temps passé au domicile » (Boudet, 1999)[18]. Toutefois, étant donné que les niveaux des substances dans les autres milieux fréquentés par les populations ne sont pas connus, il n'est donc pas possible d'estimer si ce taux d'exposition majore ou minore les risques encourus.

Dans le cas des scénarios « Crèche » et « École », l'hypothèse de 8h par jour passées au niveau de l'école est plutôt réaliste.

[17] Ineris, 2006, Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de nature chimique, Perspectives dans le cadre des études d'impact sanitaire des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées, 30 p.

[18] Boudet, Zmirou et al., 1999, Health risk assessment of a modern minicipal waste incinerator, Risk Analysis, Volume 19, No. 6, 9 p.

5.3 Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques

Il a été fait l'hypothèse que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'Équation 1) était égale à 1 dans le cas du scénario « Établissement sanitaire » et à 0,5 dans le cas des scénarios « Crèche » et « École ».

Cette hypothèse peut majorer le temps d'exposition annuel dans le cas du scénario « Établissement sanitaire ». En réalité, les riverains sont souvent amenés à sortir de la zone d'étude pour des raisons professionnelles ou personnelles (congés, week-end…). Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans l'année par les riverains sont soumis, en moyenne, à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. A contrario, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si les riverains sont exposés une partie de l'année, dans d'autres lieux, à des concentrations, en moyenne, plus élevées que celles étudiées dans cette étude.

Dans le cas des scénarios « Crèche » et « École », l'hypothèse est plutôt réaliste puisqu'elle tient compte des week-ends et des vacances scolaires.

5.4 Durée d'exposition

Dans le cadre des calculs de risques sans seuil de dose et pour le scénario « Établissement sanitaire», l'hypothèse selon laquelle les habitants sont exposés pendant 10 ans au cours de leur vie est retenue. La durée d'exposition considérée est majorante si l'on considère les individus fréquentant ce lieu pour des nécessités des soins (populations sensibles).

Pour la voie digestive, l'hypothèse selon laquelle les enfants étaient exposés pendant 8 ans ou 3 ans au sol de leur école ou de la crèche a été retenue. Il s'agit d'une hypothèse plutôt majorante qui s'ajoute à la considération d'un sol sur lequel se sont déposés des HAP induits par le trafic automobile pendant 30 ans.

5.5 Estimation des concentrations intérieures et extérieures (Ci)

Dans le cadre de cette étude, les concentrations à l'intérieur des espaces clos sont considérées comme équivalentes aux concentrations à l'extérieur des espaces clos. En réalité, le taux de pénétration des polluants dans les intérieurs n'est pas de 100 % et il est variable d'un polluant à l'autre. Pour certaines substances (dioxyde de soufre, poussières), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être inférieures aux concentrations en extérieur du fait des capacités de filtration des bâtiments (Mosqueron et Nedellec, 2001)[19].

5.6 Variables humaines d'exposition et données de consommation

Pour l'ensemble des paramètres d'exposition à renseigner pour l'estimation des concentrations moyennes inhalées et des doses journalières d'exposition, aucune donnée locale spécifique à la population du secteur du périmètre d'étude n'a été identifiée. Les paramètres d'exposition concernés sont la fréquence d'exposition, la durée d'exposition, la masse corporelle par classe d'âge, les données de consommation de sol par classe d'âge. A défaut, ce sont les données générales établies pour la population française qui ont été considérés. Ces données sont disponibles dans la base de données de l'outil MODUL'ERS.

[19] Mosqueron L. et V. Nedellec, 2001, Observatoire de la qualité de l'ai intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments, 173 p.

5.7 Modélisation de la dispersion des émissions

Les concentrations atmosphériques en substances investiguées dans cette étude proviennent de l'étude de dispersion basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants rejetés par le trafic routier. Or par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (conditions météorologiques, scénarios d'émission, etc.).

Ces sources d'incertitude sont plus importantes pour les niveaux d'exposition estimés sur de courtes périodes (risques aigus). En effet, à l'inverse des calculs de risques chroniques qui reposent sur des résultats de modélisation moyennés sur une longue période (une année), les calculs de risques aigus se basent sur des résultats ponctuels intégrés sur une heure ou une journée tout au plus. Cette période d'intégration très courte rend les résultats beaucoup plus incertains car moins robustes statistiquement (valeur ponctuelle donnée pour une condition météorologique et une heure ou une journée précise) et dépendant fortement du modèle retenu.

5.8 Accumulation des substances dans les sols

La modélisation des transferts de polluants depuis les émissions atmosphériques des voies de circulation vers le sol simplifie les phénomènes de transferts naturels qui se produisent jusqu'au sol, ce qui génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées, d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux hypothèses simplificatrices utilisées (concentrations atmosphériques et dépôts au sol estimés à partir des résultats de la modélisation de la dispersion, considération d'une simple accumulation dans les sols au cours du temps sans processus de perte).

5.10 Incertitude intrinsèque aux VTR

L'établissement de valeurs toxicologiques de référence (VTR), pour la population générale et pour une durée d'exposition aiguë ou chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit la prise en compte de facteurs d'incertitude variables, le plus couramment compris entre 3 et 1000. Ces facteurs d'incertitude s'apparentent soit à une variabilité, soit à un manque de connaissance (vraie incertitude). A titre d'exemple, les facteurs d'incertitude relatifs à la variabilité concernent la gravité ou l'occurrence des effets sanitaires pouvant être observés entre 2 espèces différentes (variabilité inter-espèce) ou au sein d'une même espèce (variabilité intra-espèce). Les facteurs d'incertitude relatifs à un manque de connaissance concernent le plus souvent un manque de données disponibles (facteur permettent l'estimation d'un NOAEL[20] à partir d'un LOAEL[21], facteur permettant de considérer un effet sanitaire qui a fait l'objet de peu d'études, etc.). Ces différents facteurs d'incertitude sont considérés (et précisés) dans les différentes VTR utilisées dans la présente étude.

[20] No Observed Advserve Effect Level : dose sans effets nocif observable

[21] Lowest Observed Adverse Effect Level : dose la plus basse avec un effet nocif observé

6. CONCLUSION

6.1 Voie d'exposition respiratoire

De manière générale, les niveaux en substances induits par le seul trafic routier ont été pris en compte pour l'estimation des risques sanitaires, sauf pour le dioxyde d'azote, les PM_{10} et les $PM_{2.5}$. Pour ces substances, le niveau de fond ambiant a été appréhendé en plus des émissions routières.

6.1.1 EXPOSITION RESPIRATOIRE AIGUË

Les niveaux d'exposition en poussières (PM_{10} et $PM_{2.5}$) estimés au niveau des établissements sensibles sont susceptibles de dépasser les valeurs guides auxquelles ils se rapportent dans le cadre du scénario « Etablissement sanitaire ». Aucun dépassement de valeur guide n'est observé dans le cadre des scénarios « Crèche » et « École ».

La valeur guide horaire de 200 µg/m^3 associée au dioxyde d'azote n'est dépassée dans aucun des scénarios.

Rappelons que les dépassements en PM_{10} et $PM_{2.5}$ sont principalement liés au bruit de fond qui atteint à lui seul les valeurs guides.

Pour cette voie et cette durée d'exposition, aucun écart significatif n'est observé entre les différents scénarios de fonctionnement considérés.

6.1.2 EXPOSITION CHRONIQUE A EFFET DE SEUIL

Concernant les expositions respiratoires chroniques aux substances à effets à seuil de dose, aucun dépassement de seuil sanitaire n'est observé, et ce, quel que soit le scénario considéré.

Pour les poussières (PM_{10} et $PM_{2,5}$) et le dioxyde d'azote, qui disposent d'une valeur guide annuelle, des dépassements de valeur guide ont été estimés dans le cadre du scénario « Établissement sanitaire ». Notons que le bruit de fond considéré atteint à lui seul les valeurs guides.

Dans le cadre des scénarios « Crèche » et « École », on constate une diminution du quotient de danger aux horizons futurs par rapport à la situation initiale, excepté pour l'arsenic et le chrome conformément aux variations d'émissions sur la zone d'étude. Aucun écart significatif n'est observé entre les scénarios avec projet ou sans projet au même horizon d'étude.

Dans le cadre du scénario « Établissement sanitaire », on constate une légère diminution ou stabilisation du quotient de danger aux horizons futurs par rapport à la situation initiale pour l'arsenic et le chrome, les autres paramètres suivants les mêmes tendances que les deux autres scenarios. Aux horizons futurs, la mise en place du projet entraîne une légère diminution du quotient de danger.

Les quotients de danger restent largement en deçà de 1.

6.1.3 EXPOSITION CHRONIQUE SANS EFFET DE SEUIL

Les calculs d'ERI permettent d'indiquer qu'aucun dépassement de seuil sanitaire (ERI>10^{-5}) n'est estimé au niveau des populations sensibles, quel que soit le scénario d'exposition et l'horizon étudié.

Les variations observées entre les scénarios avec et sans projet sont similaires aux variations des quotients de danger.

6.2 Voie d'exposition orale

Pour cette voie d'exposition, conformément à la note technique de 2019, seule une liste de 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) a été considérée. Les apports induits par le seul trafic routier ont été estimés. Les calculs réalisés ont considéré un état initial vierge de toute pollution en 2020 et une exposition de 30 ans du sol aux émissions routières.

6.2.1 EXPOSITION CHRONIQUE A EFFET DE SEUIL

Les calculs de quotients de danger par ingestion conduisent à des valeurs inférieures au seuil critique de 1, quels que soit la substance et le scénario d'étude considéré. Par conséquent, le seuil sanitaire n'est pas dépassé au niveau des sites sensibles de la zone d'étude.

6.2.2 EXPOSITION CHRONIQUE SANS EFFET DE SEUIL

Les excès de risques individuels estimés restent non préoccupants selon la terminologie de l'Ineris (ERI < 10^{-5}), bien que le scénario d'exposition retenu soit *a priori* majorant.

6.3 Risques cumulés

Les risques cumulés concernent l'action de plusieurs substances auxquelles est susceptible d'être exposée la population, aussi bien par voie respiratoire que digestive.

La somme totale de QD à l'ensemble des systèmes cibles ne conduit pas à un dépassement de la valeur seuil (QD>1), quel que soit le scénario considéré.

Les sommes d'excès de risque individuel (ERI) ont été estimées sans tenir compte du système cible concerné ou de la voie d'exposition, comme cela est recommandé pour ce type de risque. Aucun dépassement du seuil de conformité (ERI>10^{-5}) n'est obtenu au niveau des sites sensibles de la zone d'étude.

