"Un seul métier, L'environnement Atmosphérique"

**DECEMBRE 2018**

# SCE

# Projet d'Ecopôle de recyclage, traitement et valorisation de déchets à Nantes (44) – Etude de dispersion des émissions du trafic routier

**Références :** Rapport ARIA/2018.077

**Documents associés : -**

**Type de document** : Rapport d'études
**Avancement du document** : Version 2
**Accessibilité** : Restreint

**ARIA Technologies SA**
8-10 rue de la Ferme – 92100 Boulogne Billancourt
Tél. : +33 (0)1 46 08 68 60 – Fax : +33 (0)1 41 41 93 17 – E-mail : info@aria.fr - http://www.aria.fr
S.A au capital de 779 947 € - SIRET 379 180 474 00049 – Code APE 6201Z – RCS Nanterre B 379 180 474

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ARIA Technologies** | **Titre : Projet d'Ecopôle de recyclage, traitement et valorisation de déchets à Nantes (44) – Etude de dispersion des émissions du trafic routier** | | | | | | |
| **N° Action ARIA** | 18.229 | | | | | | |
| **N° rapport ARIA** | 18.077 | | | | | | |
| **Nombre de pages** | 69 | **Nombre de figures** | 25 | **Nombre de tableaux** | 10 | **Nombre d'annexes** | 4 |
| **Auteur(s)** | ARIA Technologies, Alisson GODART<br>Ingénieur Qualité de l'Air | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intérêt documentaire | | | Accessibilité | Confidentielle | | Libre | |
| Oui | | Non | | ARIA Technologies | | Restreinte | |

| | | |
|---|---|---|
| Etat du document | Rédacteur<br>Nom/Date | Relecteur<br>Nom/Date |
| Version V1 | Alisson GODART<br>Le 14/12/2018 | Lydia RICOLLEAU<br>Le 17/12/2018 |
| Version V2 | Alisson GODART<br>Le 20/12/2018 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Diffusion | | DESTINATAIRES | Nombre |
| Diffusion informatique | 20/12/2018 | SCE | 1 |
| Diffusion papier | - | - | - |

# SOMMAIRE

**SOMMAIRE** ..... 3

**TABLE DES ILLUSTRATIONS** ..... 4

**1. CADRE DE L'ETUDE** ..... 6

**2. DESCRIPTION DU DOMAINE D'ETUDE** ..... 7

**2.1 Domaine d'étude** ..... 7
**2.2 Trafic routier** ..... 8
**2.3 Topographie** ..... 16
**2.4 Météorologie** ..... 17
2.4.1 Données météorologiques ..... 17
2.4.2 Analyse météorologique ..... 18

**3. ESTIMATION DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC ROUTIER** ..... 22

**3.1 Méthodologie** ..... 22
**3.2 Données de trafic** ..... 22
**3.3 Répartition du parc automobile** ..... 23
**3.4 Facteurs d'émissions** ..... 26
**3.5 Résultats des émissions de polluants et de la consommation énergétique** ..... 27
3.5.1 Tableaux de résultats ..... 27
3.5.2 Cartographies ..... 28

**4. DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR** ..... 34

**4.1 Présentation du logiciel de dispersion** ..... 34
**4.2 Paramétrages du modèle de dispersion** ..... 34
4.2.1 Caractéristiques des polluants ..... 35
**4.3 Résultats des simulations** ..... 36
4.3.1 Présentation des résultats ..... 36
4.3.2 Tableaux de résultats ..... 36
4.3.3 Cartographies ..... 38
4.3.4 Comparaison entre la situation actuelle et les situations futures ..... 44

**5. SYNTHESE DE L'ETUDE** ..... 45

**ANNEXE 1 CARTES SCE AVEC LES HYPOTHESES DE TRAFICS ROUTIERS** ..... 47

**ANNEXE 2 BILAN DETAILLE PAR VOIES DES EMISSIONS ET DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES** 53

**ANNEXE 3 GENERALITES SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE** ..... 58

**ANNEXE 4 DESCRIPTION DU LOGICIEL ARIA IMPACT** ..... 64

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## TABLEAUX

Tableau 1 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues ..... 19
Tableau 2 : statistiques relatives à la pluviométrie - station de Nantes ..... 20
Tableau 3 : statistiques relatives à la température de l'air - station de Nantes ..... 21
Tableau 4 : répartition du parc roulant français pour l'année 2018 ..... 24
Tableau 5 : répartition du parc roulant français pour l'année 2030 ..... 25
Tableau 6 : bilan des émissions de polluant et de la consommation énergétique ..... 27
Tableau 7 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des espèces étudiées..... 35
Tableau 8 : concentrations en moyenne annuelle au point géographique le plus exposé du domaine d'étude ..... 36
Tableau 9 : valeurs réglementaires relatives à la qualité de l'air ..... 37
Tableau 10 : variations entre la situation actuelle et les situations futures ..... 44

# FIGURES

Figure 1 : domaine d'étude ..... 7
Figure 2 : trafic moyen journalier annuel pour la situation actuelle ..... 9
Figure 3 : trafic moyen journalier annuel pour la situation future (2031) – Plateforme nord ..... 10
Figure 4 : trafic moyen journalier annuel pour la situation future (2031) – Plateforme sud ..... 11
Figure 5 : trafic moyen journalier annuel pour la situation future (2031) – Plateformes nord et sud . 12
Figure 6 : différence de trafic moyen journalier annuel entre la situation actuelle et la situation future – plateforme nord ..... 13
Figure 7 : différence de trafic moyen journalier annuel entre la situation actuelle et la situation future – plateforme sud ..... 14
Figure 8 : différence de trafic moyen journalier annuel entre la situation actuelle et la situation future – plateformes nord et sud ..... 15
Figure 9 : représentation du relief en vue de dessus ..... 16
Figure 10 : rose des vents générale – Station Nantes – 2015 à 2017 (3 ans) ..... 18
Figure 11 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique ..... 20
Figure 12 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie (période du 01/01/2015 au 31/12/2017) ..... 21
Figure 13 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2015 au 31/12/2017) ..... 21
Figure 14 : diagramme méthodologique pour le calcul des émissions ..... 22
Figure 15 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation actuelle ..... 29
Figure 16 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation future 2031 – Plateforme nord ..... 30
Figure 17 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation future 2031 – Plateforme sud ..... 31
Figure 18 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation future 2031 – Plateformes nord et sud ..... 32
Figure 19 : différence d'émissions en NOx entre les situations futures 2031 et la situation actuelle.. 33
Figure 20 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation actuelle ..... 39
Figure 21 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation future (2031) – Plateforme nord ..... 40
Figure 22 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation future (2031) – Plateforme sud ..... 41
Figure 23 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation future (2031) – Plateformes nord et sud ..... 42
Figure 24 : différence de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ entre les situations futures (2031) et la situation actuelle ..... 43
Figure 25 : phénomène « l'effet de serre » (source : AIRPARIF) ..... 60
Figure 26 : phénomène d'acidification (source : CITEPA) ..... 61

# 1. CADRE DE L'ETUDE

Dans le cadre de l'élaboration d'un DDAE pour la création d'un écopôle de recyclage, traitement et valorisation des déchets situé à Nantes (44), la société SCE sollicite ARIA Technologies pour réaliser une étude sur la qualité de l'air du projet.

L'étude confiée à ARIA Technologies se décompose en 4 missions distinctes :

- Mission 1 : Estimation des émissions du trafic routier du site,
- Mission 2 : Etude de dispersion et évaluation des risques sanitaires pour l'activité « biopile »,
- Mission 3 : Etude de dispersion des émissions du trafic routier,
- Mission 4 : Evaluation des émissions des poids lourds et des engins du site.

Le présent rapport correspond aux missions 1 et 3 : estimation des émissions du trafic routier du site et étude de dispersion.

Afin de déterminer les effets du projet sur la qualité de l'air, quatre scénarios de trafic sont étudiés :

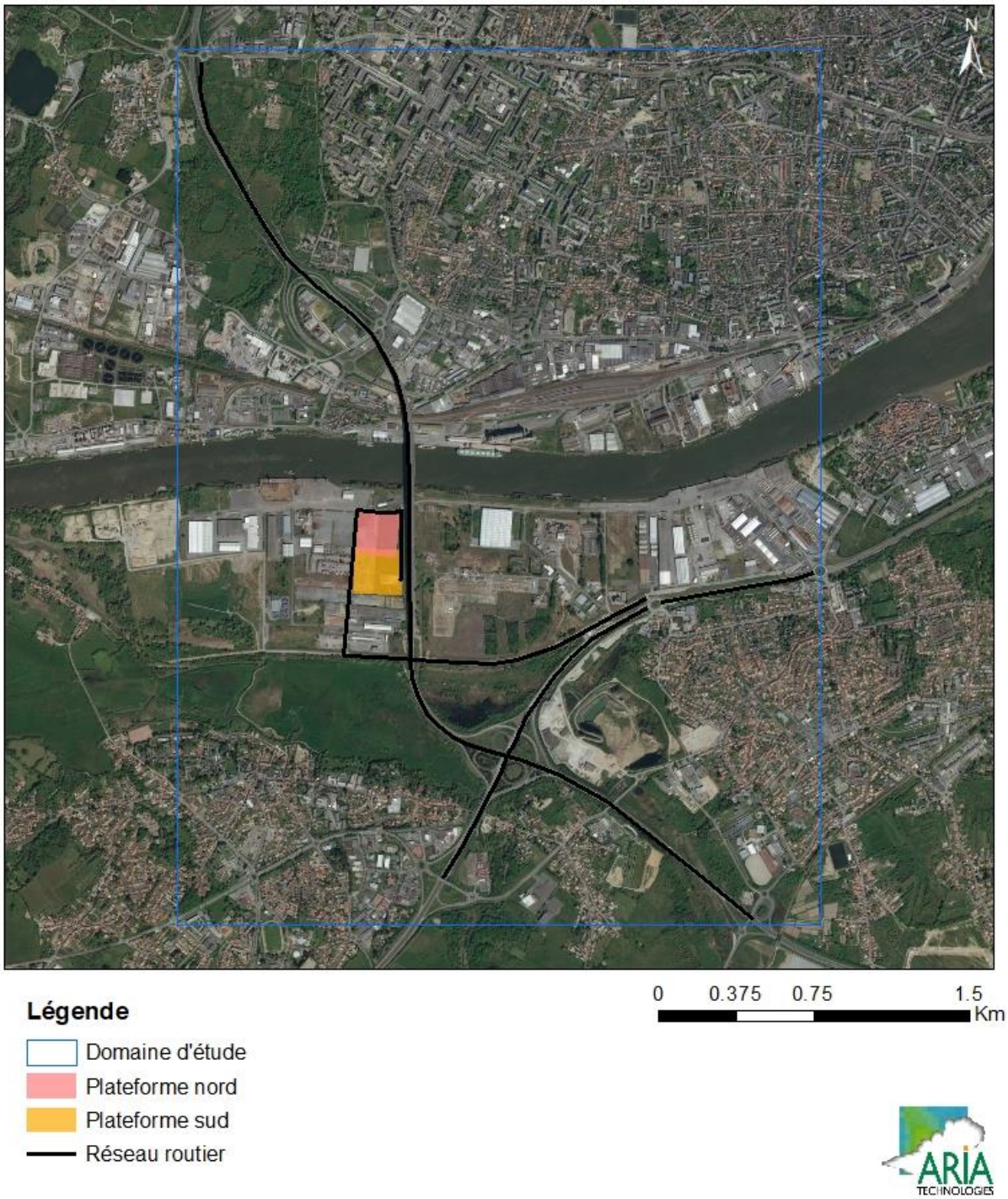
- la situation actuelle (2018)
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme nord seule ;
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme sud seule ;
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme nord et la plateforme sud.

# 2. DESCRIPTION DU DOMAINE D'ETUDE

## 2.1 DOMAINE D'ETUDE

Le domaine d'étude correspond à un rectangle de 3,1 x 4,25 km. Il comprend l'ensemble du réseau routier considéré dans cette étude. Le réseau routier est limité aux voies susceptibles d'être influencées par l'aménagement de l'Ecopôle. C'est-à-dire : certaines voies portuaires, la RD 723 et la RN 844 (Périphérique nantais).

*Figure 1 : domaine d'étude*



## 2.2 TRAFIC ROUTIER

Afin de déterminer les effets du projet sur la qualité de l'air, quatre scénarios de trafic sont étudiés :

- la situation actuelle (2018)
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme nord seule ;
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme sud seule ;
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme nord et la plateforme sud.

Les données de trafic ont été fournies par SCE. Voir en Annexe 1 les cartes avec les hypothèses retenues.

Les Figure 2 à Figure 5 présentent les volumes de trafic automobile journalier (en véhicules/jour) pour chacun des scénarios étudiés.
Les Figure 6 à Figure 8 présentent l'impact de la mise en place des plateformes sur le trafic moyen journalier par rapport à la situation actuelle.
Entre les différents scénarios, les volumes de trafic restent constants sur la RN 844. Ils évoluent sur la RD 723 et les voies portuaires considérées.

*Figure 2 : trafic moyen journalier annuel pour la situation actuelle*

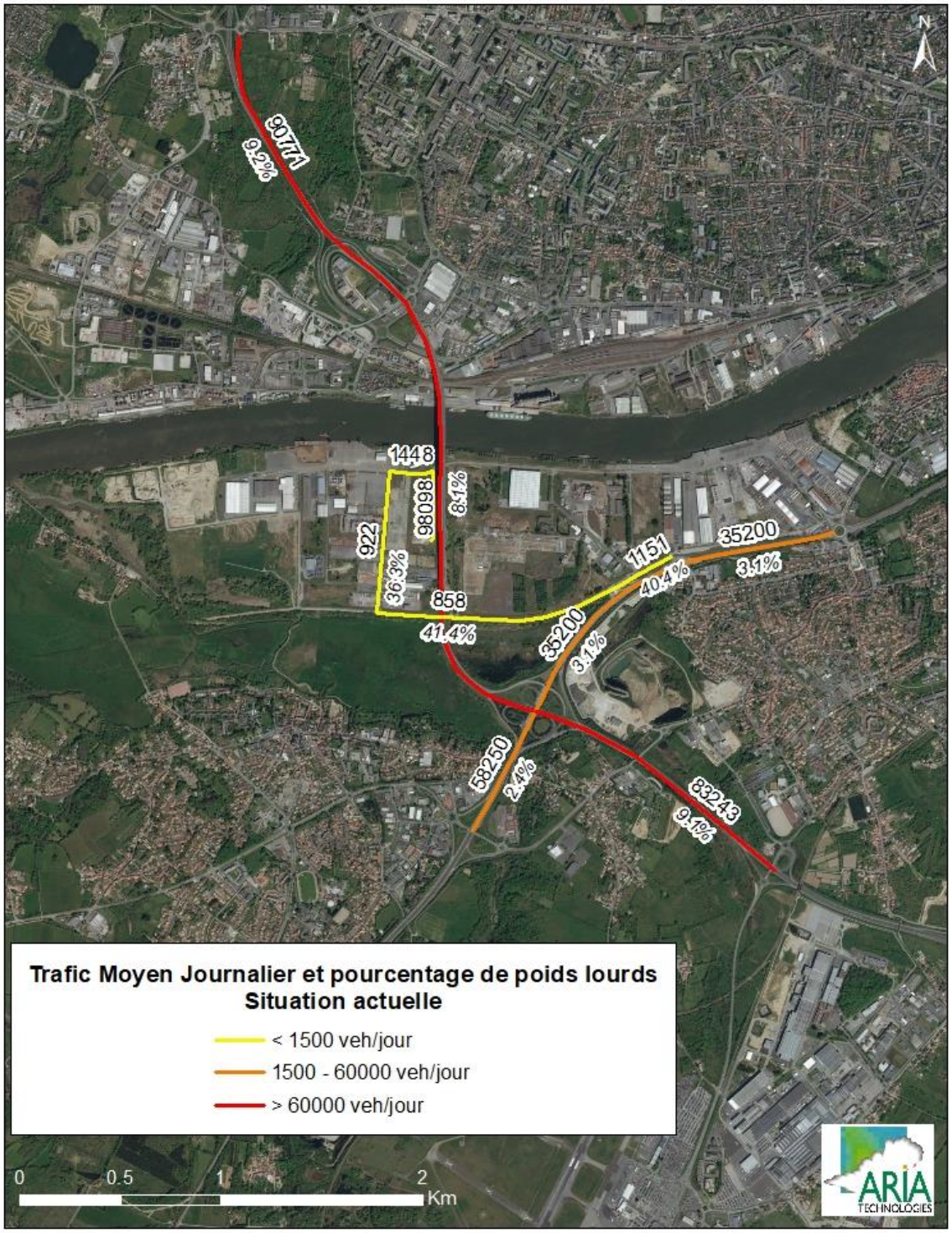


*Figure 3 : trafic moyen journalier annuel pour la situation future (2031) – Plateforme nord*

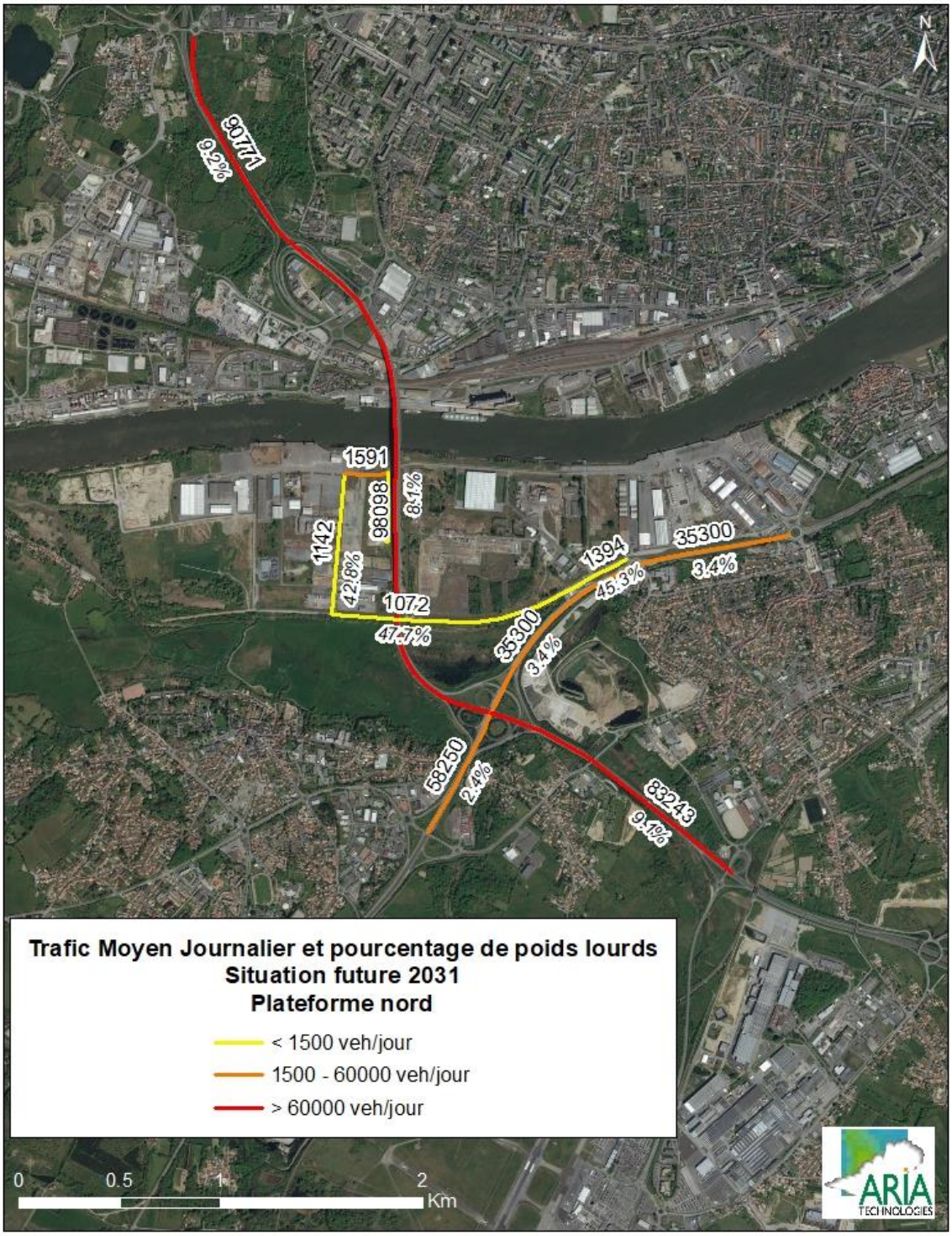


*Figure 4 : trafic moyen journalier annuel pour la situation future (2031) – Plateforme sud*

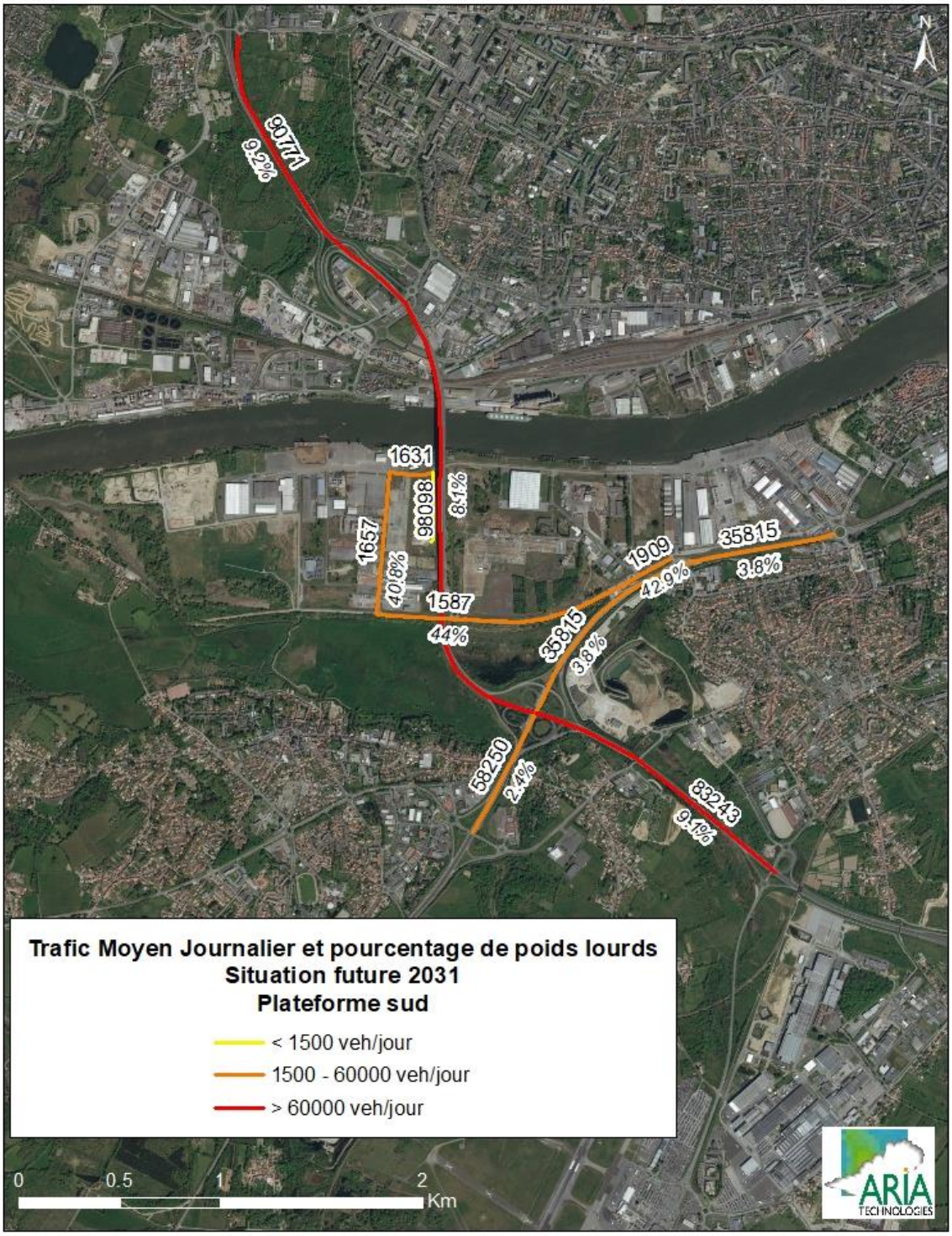


*Figure 5 : trafic moyen journalier annuel pour la situation future (2031) – Plateformes nord et sud*

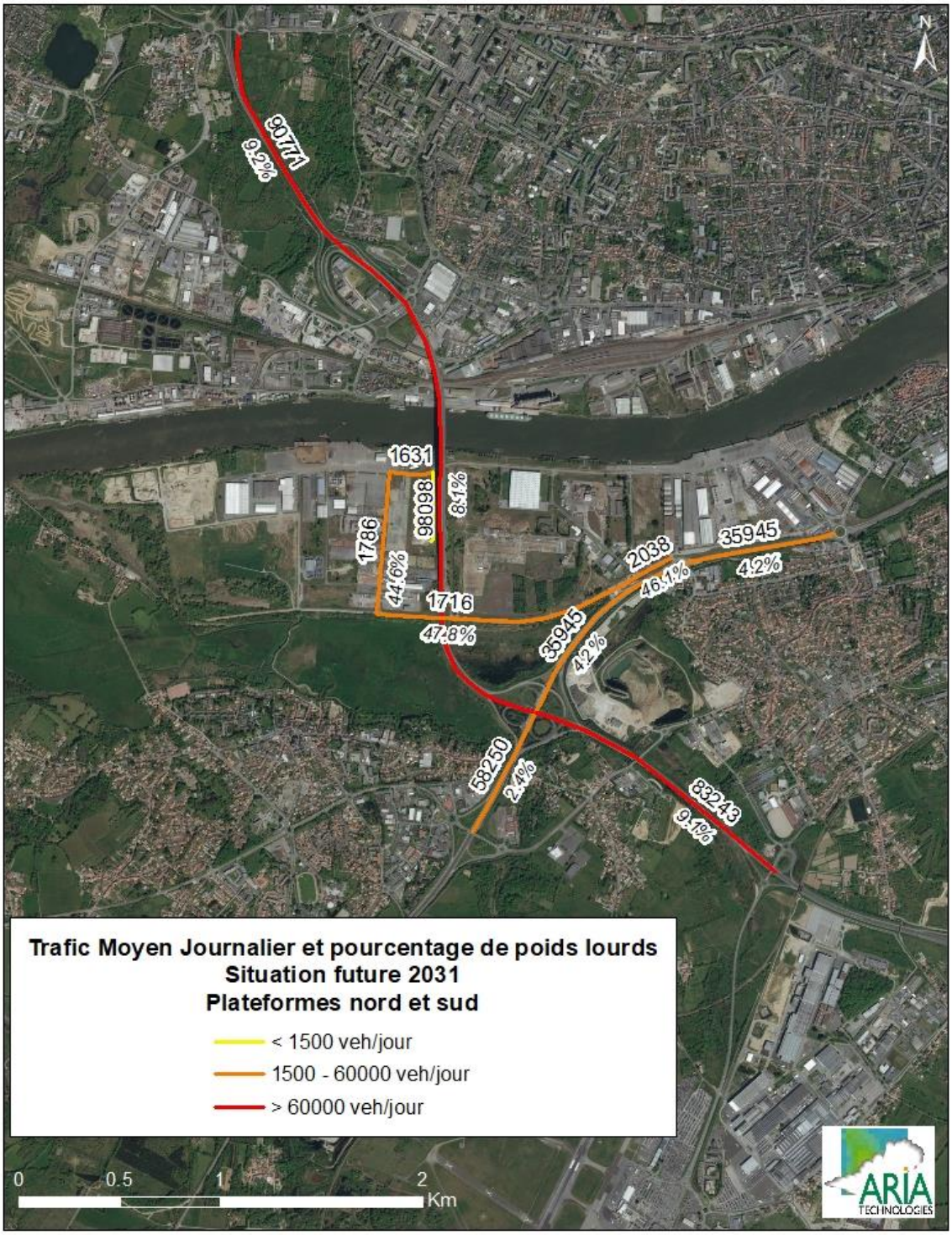


*Figure 6 : différence de trafic moyen journalier annuel entre la situation actuelle et la situation future – plateforme nord*

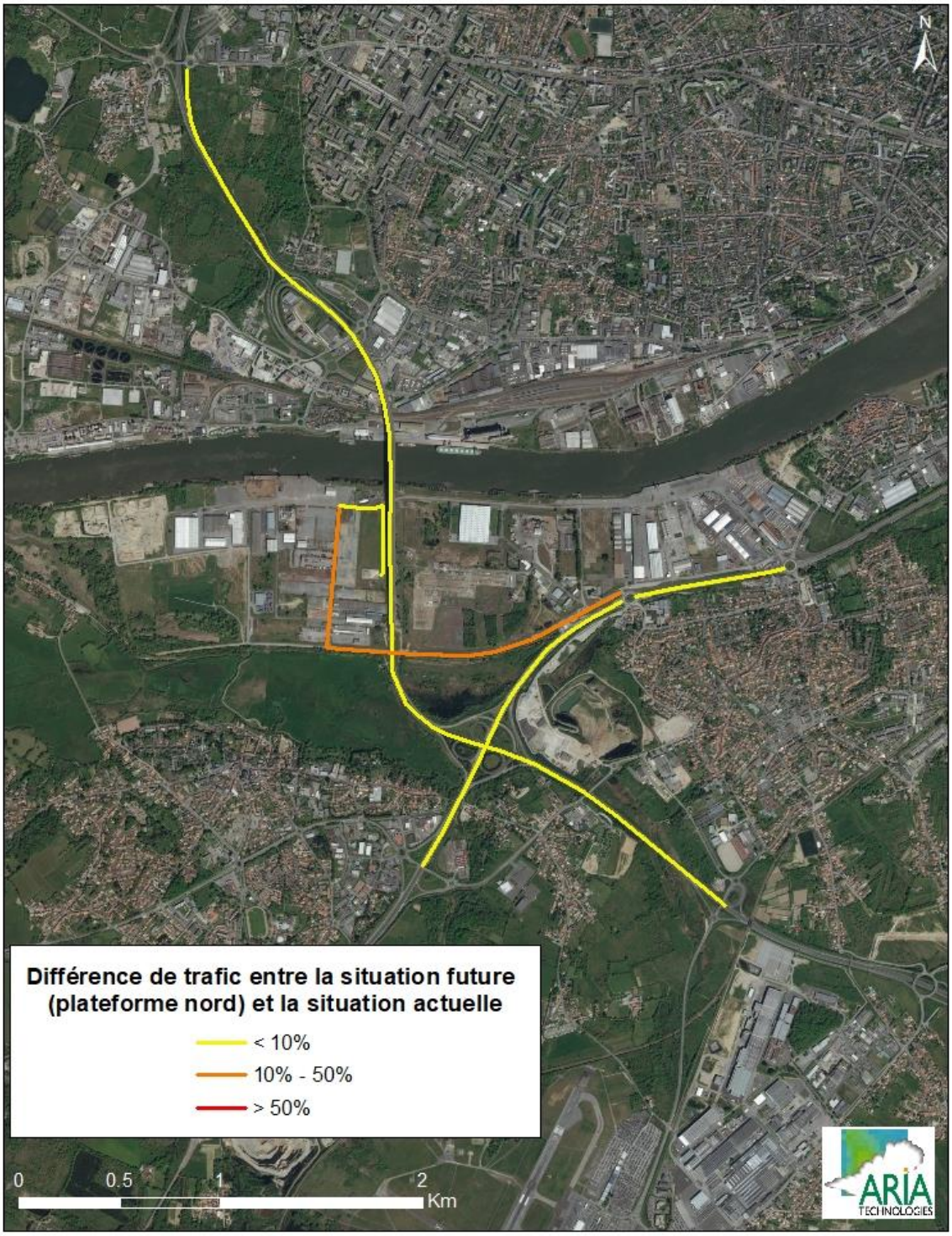


*Figure 7 : différence de trafic moyen journalier annuel entre la situation actuelle et la situation future – plateforme sud*

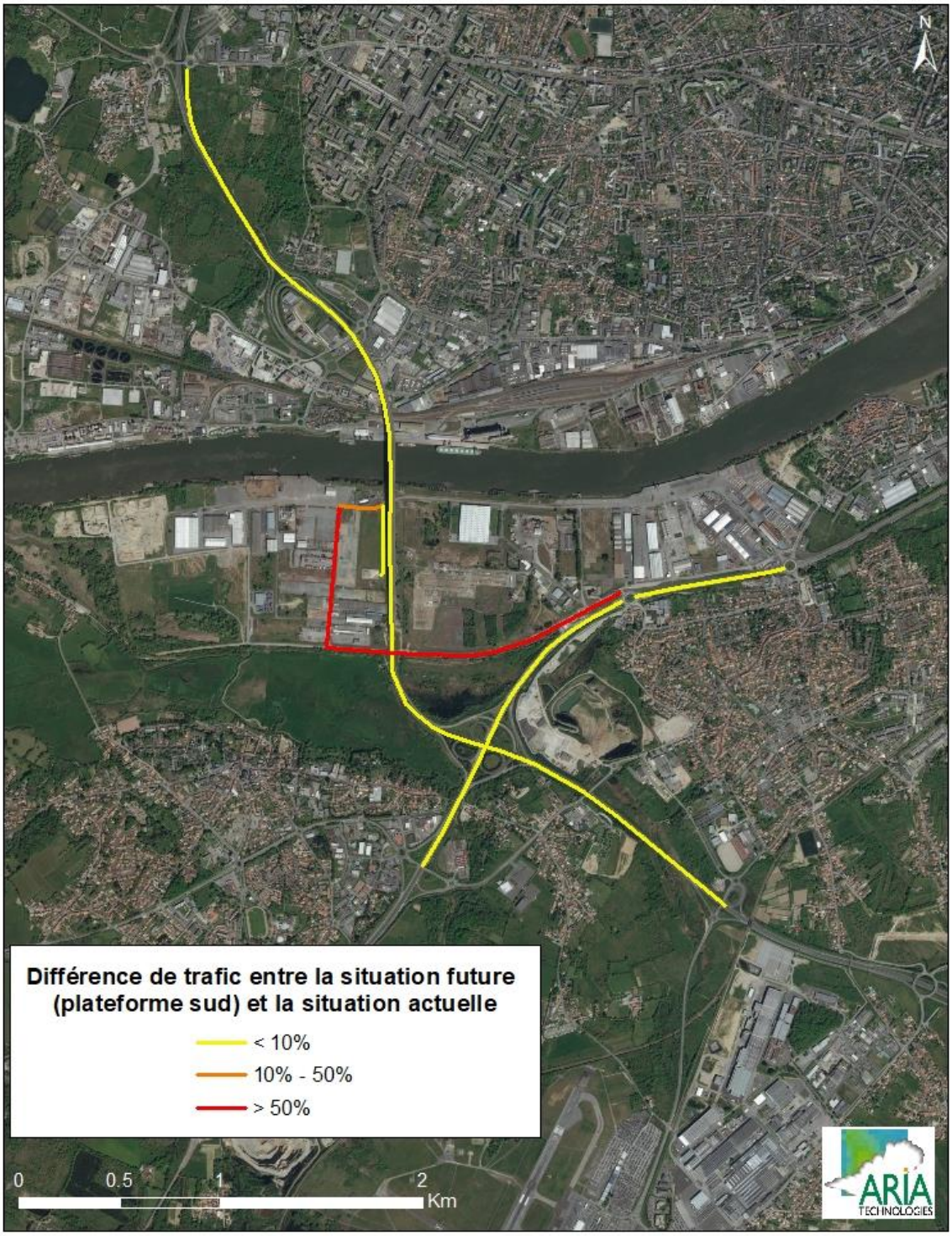
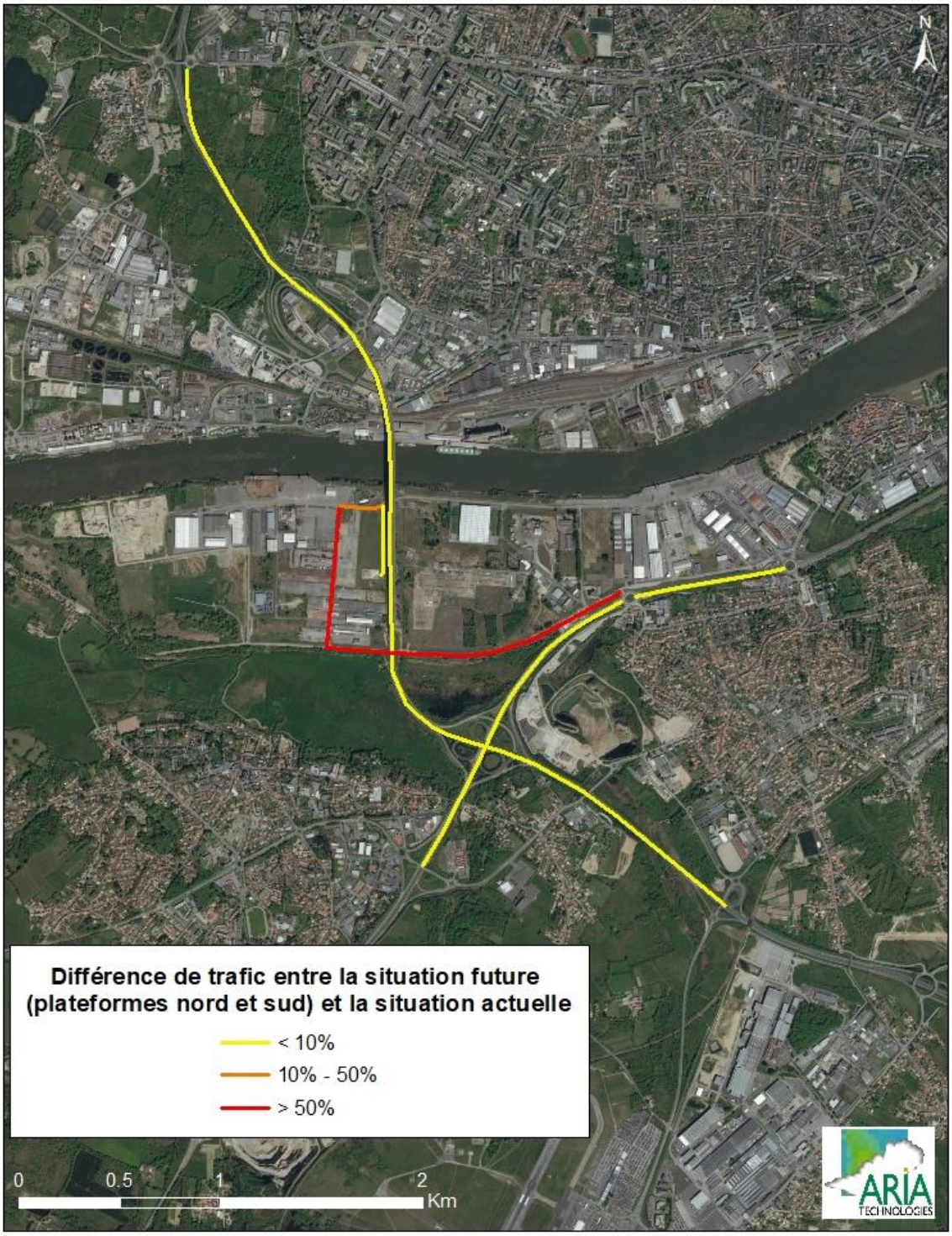


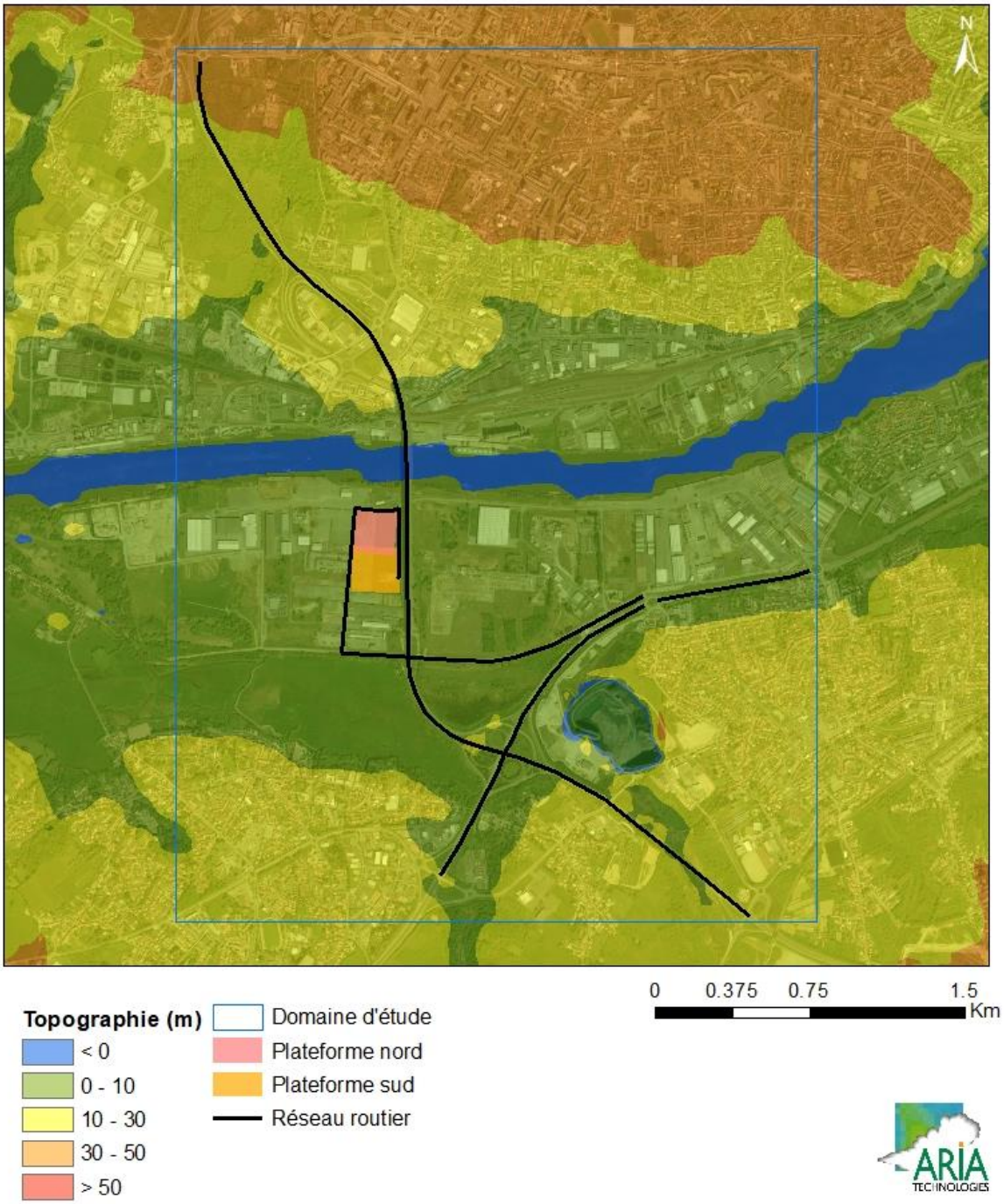
*Figure 8 : différence de trafic moyen journalier annuel entre la situation actuelle et la situation future – plateformes nord et sud*



## 2.3 TOPOGRAPHIE

La Figure 9 représente une vue 2D de la topographie du domaine d'étude. Elle est issue d'un Modèle Numérique de Terrain (Source : BDALTI® IGN) au pas de 75 mètres.
La topographie du site est peu marquée puisque l'altitude du sol varie de 0 à 49 mètres sur le domaine d'étude.

*Figure 9 : représentation du relief en vue de dessus*



## 2.4 METEOROLOGIE

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la pollution atmosphérique sont : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure, la pluviométrie, la stabilité de l'atmosphère.

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie). C'est pourquoi il est nécessaire de rechercher des chroniques météorologiques :

- suffisamment longues et complètes,
- représentatives de la climatologie du site.

### 2.4.1 Données météorologiques

Plusieurs paramètres rentrent en ligne de compte pour le choix de la station météorologique la plus représentative de la zone d'étude :

1. **sa position géographique :** la station retenue doit être la plus proche possible de l'installation et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude.
2. **la cadence d'acquisition des données météorologiques** : Météo France possède des stations où les relevés sont faits toutes les heures et d'autres tous les jours. Pour notre étude, nous avons besoin de données météorologiques suffisamment fines au niveau horaire pour avoir une bonne représentativité de la météorologie locale et pour prendre en compte les phénomènes météorologiques diurnes. Il est habituel d'utiliser des bases de données météorologiques comportant des données concernant le vent, la température et la nébulosité toutes les 3 heures pendant plusieurs années. Les stations « journalières » sont donc éliminées.
3. **la pertinence des données météorologiques.**

Les données météorologiques proviennent de la station Météo-France de Nantes pour les mesures de vent (direction et vitesse), de température, de nébulosité et de pluie. Cette station est située à environ 5 km du site.

Les données météorologiques utilisées sont des mesures horaires (1 mesure toutes les heures). Ce fichier comporte trois années de mesures : du 01/01/2015 au 31/12/2017.

## 2.4.2 Analyse météorologique

### 2.4.2.1 Définitions

Vent calme :

Les vents calmes sont des vents de vitesse nulle ou inférieure à 0,9 m/s, sans direction associée. Ils ne sont donc pas représentés sur la rose des vents.

Vent faible :

Les vents faibles sont des vents de vitesse inférieure à 2 m/s.

Classification des vents en fonction de leur vitesse :

| Vitesse du vent V | Rose des vents |
|---|---|
| 0,9 m/s ≤ V < 1,5 m/s | 1 m/s |
| 1,5 m/s ≤ V < 2,5 m/s | 2 m/s |
| 2,5 m/s ≤ V < 6,5 m/s | 3-6 m/s |
| 6,5 m/s ≤ V < 12,5 m/s | 7-12 m/s |
| V ≥ 12,5 m/s | >=13 m/s |

### 2.4.2.2 Roses des vents

La rose des vents, en un lieu donné, est la représentation graphique des fréquences des vents classées par direction et vitesse. Les intersections de la courbe avec les cercles d'une fréquence donnée fournissent les fréquences d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.
La Figure 10 présente la rose des vents générale pour la station de Nantes calculées à partir des données horaires sur la période 01/01/2015 au 31/12/2017. Le Tableau 1 synthétise les fréquences d'occurrence par classe de vitesse, toutes directions confondues.

*Figure 10 : rose des vents générale – Station Nantes – 2015 à 2017 (3 ans)*

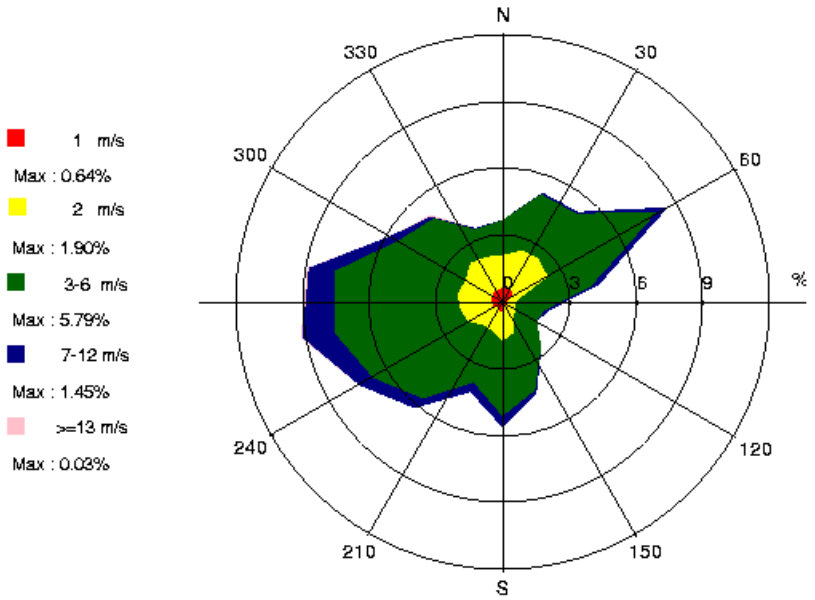


*Tableau 1 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues*

| Classe de vitesse (m/s) | calmes | 1 | 2 | 3-6 | 7-12 | >=13 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Borne de l'intervalle** | [0 ; 0,9[ | [0,9 ; 1,5[ | [1,5 ; 2,5[ | [2,5 ; 6,5[ | [6,5 ; 12,5[ | [12,5 ; ∝[ |
| **Fréquence (%)** | 6.2% | 7.3% | 22.6% | 57.0% | 6.8% | 0.1% |

Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2015 au 31/12/2017), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- les roses des vents montrent trois directions privilégiées :
  - vents de secteur **ouest** (43,6 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 220° et 320°[1]),
  - une direction secondaire : vents du **nord-est** (18,6 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 40° et 80°),
  - une direction secondaire : vents du **sud** (23,7 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 140° et 220°).
- Les vents les plus fréquents sont les vents de vitesse comprise entre 3 et 6 m/s. Ces vents proviennent principalement des secteurs ouest, sud et nord-est. Les vents ont une vitesse moyenne de 11,7 km/h (3,3 m/s).
- Les vents forts (vitesse supérieure à 7 m/s) proviennent principalement du secteur ouest.
- Les vents faibles (vitesse inférieure à 2 m/s) sont assez fréquents puisqu'ils représentent 36,1 % des observations, dont 6,2 % de vents calmes.

#### 2.4.2.3 Stabilité atmosphérique

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable.

Dans cette étude, elle a été déterminée à partir des données de gradient thermique qui conduit à distinguer six catégories de stabilité de l'atmosphère :

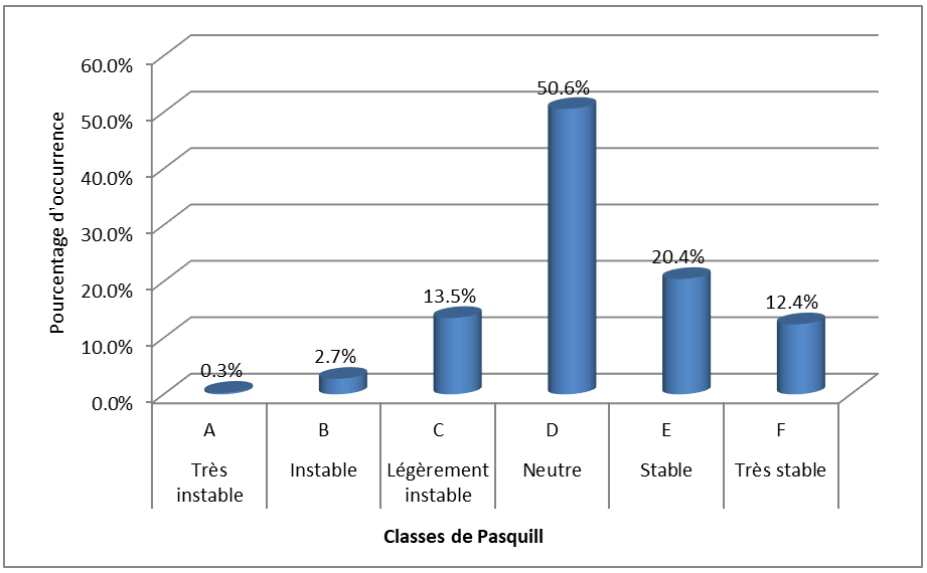
- Classe A : Très instable
- Classe B : Instable
- Classe C : Légèrement instable
- Classe D : Neutre
- Classe E : Stable
- Classe F : Très stable

Plus l'atmosphère est stable (catégories E et F), plus les conditions de dispersion sont défavorables. Ces situations freinent le déplacement des masses d'air et se retrouvent principalement par vents faibles et la nuit.

La Figure 11 présente la répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique.

[1] Les directions du vent sont données en degrés par rapport au Nord et indiquent la direction d'où vient le vent (convention météorologique internationale). Un vent de 0° est donc un vent venant du Nord, un vent de 180° est un vent venant du Sud.

*Figure 11 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique*




La classe D de Pasquill est la plus fréquemment observée (50,6 %) sur le site, ce qui est favorable pour la dispersion atmosphérique. Les conditions de dispersion sont relativement favorables puisque 67,1 % des observations présentent une atmosphère instable ou neutre.

Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 1,6 m/s en situation très stable - donc pénalisante pour la dispersion des émissions -, tandis qu'en atmosphère neutre, elle est de 3,9 m/s.

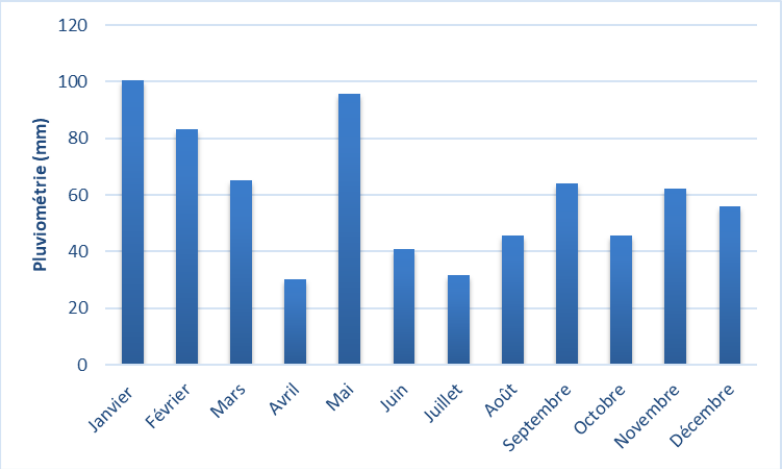
### 2.4.2.4 Pluviométrie

Dans le cadre de cette étude, nous avons tenu compte des données de pluviométrie recueillies sur la station de Nantes.

*Tableau 2 : statistiques relatives à la pluviométrie - station de Nantes*

| | Pluviométrie annuelle (mm) |
|---|---|
| **2015** | 771 |
| **2016** | 733 |
| **2017** | 661 |
| **Moyenne** | **722** |

*Figure 12 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie (période du 01/01/2015 au 31/12/2017)*




Notons qu'en moyenne sur la période étudiée (du 01/01/2015 au 31/12/2017), il est tombé environ 722 mm de pluie par an, l'année 2015 étant la plus pluvieuse des trois dernières années (cf. Tableau 2).

### 2.4.2.5 Températures

La température de l'air, dernier paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 12,6°C à la station de Nantes pour les trois années d'observations et varie peu au cours des trois années comme le montre le Tableau 3. La Figure 13 présente les variations moyennes mensuelles de la température minimale, moyenne et maximale sur la période du 01/01/2015 au 31/12/2017.

*Tableau 3 : statistiques relatives à la température de l'air - station de Nantes*

| | **Température moyenne (°C)** |
|---|---|
| 2015 | 12.8 |
| 2016 | 12.5 |
| 2017 | 12.6 |
| **Moyenne** | **12.6** |

*Figure 13 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2015 au 31/12/2017)*

# 3. ESTIMATION DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC ROUTIER

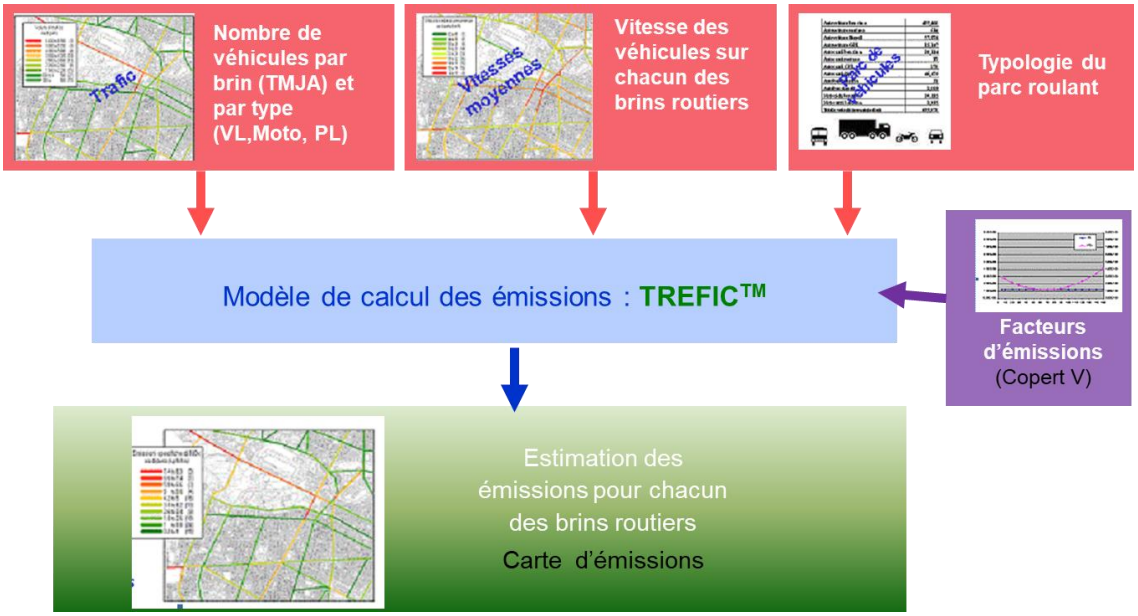
## 3.1 METHODOLOGIE

Comme le montre la Figure 14, les données nécessaires pour le calcul des émissions liées au trafic routier sont :

- le volume de trafic : il s'agit du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- les vitesses moyennes des véhicules ;
- le parc automobile ;
- les facteurs d'émissions.

Le modèle de calcul des émissions de polluants utilisé dans cette étude est le logiciel TREFIC 5.12 (TRaffic Emission Factors Improved Calculation), développé par la société italienne ARIANET, filiale d'ARIA Technologies, qui s'appuie sur la méthodologie européenne COPERT V.

*Figure 14 : diagramme méthodologique pour le calcul des émissions*




## 3.2 DONNEES DE TRAFIC

Les données de trafic ont été présentées dans le paragraphe 2.1. Les émissions sont calculées à partir des données de trafic en Trafic Moyen Journalier (TMJ).

## 3.3 REPARTITION DU PARC AUTOMOBILE

Pour les calculs d'émissions, il est nécessaire de connaître la répartition du parc roulant automobile sur chacun des brins. Le modèle de trafic ne fournit pas la composition exacte du parc roulant. La répartition du parc automobile a été déterminée en fonction des deux principales catégories de véhicules :

- véhicules légers (VP / VUL) ;
- poids lourds (PL).

Au sein de chacune de ces catégories, plusieurs sous-classes de véhicules sont définies. Ces classes dépendent du type de carburant (essence/diesel) et de la date de mise en service du véhicule par rapport aux normes sur les émissions.
Par ailleurs, une répartition par type de voie (urbain, route et autoroute) peut être appliquée. Dans cette étude, les axes routiers sont considérés de type « urbain ».

La répartition du parc roulant à l'horizon étudié est extraite des statistiques disponibles du parc français[2]. Notons qu'actuellement, aucune information concernant la répartition du parc roulant français au-delà de 2030 n'est publiée, le parc roulant de 2030 sera donc utilisé pour modéliser l'horizon 2031.

[2] « Dynamique de renouvellement du parc automobile - Projection et impact environnemental », Zéhir KOLLI, Thèse pour le doctorat en Sciences Economiques, 2012.
« Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France », Michel ANDRÉ, Anne-Laure ROCHE, Lauréline BOURCIER, Rapport Ifsttar-LTE, Janvier 2013 (révision mars 2014).

*Tableau 4 : répartition du parc roulant français pour l'année 2018*

| veh | categorie | Segment | Proportion |
|---|---|---|---|
| **pass. car** | **Diesel** | PC diesel <1,4L | 6.93% |
| | | PC diesel 1,4-<2L | 39.03% |
| | | PC diesel >=2L | 3.50% |
| | | **Total Diesel** | **49.46%** |
| | **Petrol** | PC petrol <1,4L | 19.12% |
| | | PC petrol 1,4-<2L | 4.35% |
| | | PC petrol >=2L | 0.41% |
| | | Autres | 0.56% |
| | | **Total Petrol** | **24.43%** |
| | | **Others** | **1.39%** |
| **LCV** | | Total Diesel | 14.53% |
| | | Total Petrol | 0.32% |
| | | Others | 0.11% |
| **HGV** | **RigidTrucks** | RigidTruck <7,5t | 0.06% |
| | | RigidTruck 7,5-12t | 0.11% |
| | | RigidTruck >12-14t | 0.04% |
| | | RigidTruck >14-20t | 0.24% |
| | | RigidTruck >20-26t | 0.15% |
| | | RigidTruck >26-28t | 0.00% |
| | | RigidTruck >28-32t | 0.06% |
| | | RigidTruck >32t | 0.00% |
| | | RigidTruck CNG | 0.00% |
| | | RigidTruck Electric | 0.00% |
| | | **Total RigidTrucks** | **0.67%** |
| | | **Tractors** | 0.49% |
| **urban bus** | | **Others** | 0.00% |
| | | **Midibus** | 0.01% |
| | | **Standard** | 0.05% |
| | | **Articulated** | 0.01% |
| **coach** | | **Others** | 0.00% |
| | | **Standard** | 0.12% |
| | | **Articulated** | 0.00% |
| | | **MidiCoach** | 0.04% |
| **motorcycle** | **Cyclomoteurs** | | 1.54% |
| | **Motos** | MC 2S <=150cc | 0.63% |
| | | MC 4S <=150cc | 2.33% |
| | | MC 4S 151-250cc | 0.17% |
| | | MC 4S 251-750cc | 1.98% |
| | | MC 4S >750cc | 1.72% |
| | | **Total Motos** | **6.83%** |
| **Total général** | | | **100.00%** |

*Tableau 5 : répartition du parc roulant français pour l'année 2030*

| veh | categorie | Segment | Proportion |
|---|---|---|---|
| **pass. car** | **Diesel** | PC diesel <1,4L | 5.86% |
| | | PC diesel 1,4-<2L | 26.43% |
| | | PC diesel >=2L | 0.91% |
| | | **Total Diesel** | **33.20%** |
| | **Petrol** | PC petrol <1,4L | 20.83% |
| | | PC petrol 1,4-<2L | 1.13% |
| | | PC petrol >=2L | 0.09% |
| | | Autres | 0.38% |
| | | **Total Petrol** | **22.44%** |
| | | **Others** | **20.39%** |
| **LCV** | | Total Diesel | 12.18% |
| | | Total Petrol | 0.90% |
| | | Others | 1.65% |
| **HGV** | **RigidTrucks** | RigidTruck <7,5t | 0.05% |
| | | RigidTruck 7,5-12t | 0.11% |
| | | RigidTruck >12-14t | 0.03% |
| | | RigidTruck >14-20t | 0.21% |
| | | RigidTruck >20-26t | 0.13% |
| | | RigidTruck >26-28t | 0.00% |
| | | RigidTruck >28-32t | 0.06% |
| | | RigidTruck >32t | 0.00% |
| | | RigidTruck CNG | 0.02% |
| | | RigidTruck Electric | 0.01% |
| | | **Total RigidTrucks** | **0.62%** |
| | | **Tractors** | 0.54% |
| **urban bus** | | **Others** | 0.00% |
| | | **Midibus** | 0.01% |
| | | **Standard** | 0.06% |
| | | **Articulated** | 0.01% |
| **coach** | | **Others** | 0.00% |
| | | **Standard** | 0.13% |
| | | **Articulated** | 0.00% |
| | | **MidiCoach** | 0.04% |
| **motorcycle** | **Cyclomoteurs** | | 1.57% |
| | **Motos** | MC 2S <=150cc | 0.51% |
| | | MC 4S <=150cc | 2.06% |
| | | MC 4S 151-250cc | 0.14% |
| | | MC 4S 251-750cc | 1.78% |
| | | MC 4S >750cc | 1.78% |
| | | **Total Motos** | **6.27%** |
| **Total général** | | | **100.00%** |

## 3.4 FACTEURS D'EMISSIONS

On appelle "facteur d'émission" les quantités de polluants en g/km rejetées par un véhicule. Pour la consommation, les données sont fournies en Tep/km (Tonne Equivalent Pétrole). Les facteurs d'émissions proviennent d'expérimentations sur banc d'essais ou en conditions réelles. Ils dépendent :

- de la nature des polluants ;
- du type de véhicule (essence/diesel, VP/PL,...) ;
- du "cycle" (trajet urbain, autoroute, moteur froid/chaud) ;
- de la vitesse du véhicule ;
- de la pente de la route ;
- de la température ambiante (pour les émissions à froid).

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'étude sont ceux recommandés par l'Union Européenne (UE) correspondant au programme COPERT V. Ce modèle résulte d'un consensus européen entre les principaux centres de recherche sur les transports.

Les facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une reconstitution prenant en compte l'évolution des normes pour chaque catégorie de véhicule et leur introduction dans le parc. Les données concernant les véhicules sont des paramètres d'entrée liés à la répartition du parc roulant prise en compte. La distribution du parc et des classes de vitesse a été réalisée de manière à être compatible avec les données du programme de calcul d'émissions COPERT V.

Les facteurs d'émissions moyens utilisés pour le calcul de la consommation énergétique dans cette étude sont les suivants :

| | Facteur d'émissions pour les VL (gep/km) | Facteur d'émissions pour les PL (gep/km) |
|---|---|---|
| **Horizon 2018** | 47.8 | 209.6 |
| **Horizon 2031** | 45.9 | 210 |

## 3.5 RESULTATS DES EMISSIONS DE POLLUANTS ET DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

### 3.5.1 Tableaux de résultats

Les polluants étudiés sont les suivants :

- les oxydes d'azote (NOx) ;
- le dioxyde d'azote (NO2) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- le benzène ($C_6H_6$) ;
- les particules PM10 et PM2.5 ;
- le dioxyde de soufre ($SO_2$) ;
- trois métaux lourds : le cadmium (Cd), le nickel (Ni) et le plomb.

La consommation énergétique et les émissions de $CO_2$ sont également calculées.

Le Tableau 6 donne les résultats totaux pour l'ensemble de la zone d'étude. Les émissions sont exprimées en kg/jour tandis que la consommation est exprimée en Tep (tonne équivalent pétrole)/jour. Le bilan détaillé par voies des émissions et des consommations énergétiques est présenté en Annexe 2.

*Tableau 6 : bilan des émissions de polluant et de la consommation énergétique*

| | | 2018 | 2031 – Plateforme nord | | 2031 – Plateforme sud | | 2031 – Plateforme nord et sud | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Unité | Bilan | Bilan | Diff 2018/ 2031 | Bilan | Diff. 2018/2031 | Bilan | Diff. 2018/2031 |
| **Consommation** | Tep/j | 35.5 | 35 | -2% | 35.2 | -1% | 35.4 | -1% |
| **$CO_2$** | T/j | 112.6 | 110.9 | -2% | 111.7 | -1% | 112.1 | -1% |
| **NOx** | kg/j | 328 | 105.4 | -68% | 105.9 | -68% | 106.2 | -68% |
| **NO2** | kg/j | 83 | 27.0 | -68% | 27.1 | -67% | 27.1 | -67% |
| **CO** | kg/j | 629 | 216.4 | -66% | 216.8 | -66% | 217 | -66% |
| **Benzène** | kg/j | 0.9 | 0.16 | -82% | 0.16 | -82% | 0.16 | -82% |
| **Particules PM10** | kg/j | 121.2 | 209.6 | 72% | 211.9 | 74% | 213.3 | 76% |
| **Particules PM2.5** | kg/j | 39.0 | 55.9 | 43% | 56.4 | 44% | 56.8 | 45% |
| **$SO_2$** | kg/j | 2.8 | 2.6 | -7% | 2.6 | -7% | 2.6 | -7% |
| **Nickel** | g/j | 0.081 | 0.073 | -10% | 0.074 | -9% | 0.074 | -9% |
| **Cadmium** | g/j | 0.007 | 0.0065 | -8% | 0.0065 | -8% | 0.0066 | -7% |
| **Plomb** | g/j | 0.056 | 0.052 | -9% | 0.053 | -7% | 0.053 | -7% |

Malgré l'augmentation du trafic entre 2018 et 2031, on note une diminution des émissions pour tous les polluants, excepté pour les poussières. Cette baisse est essentiellement influencée par l'évolution du parc routier et la mise en circulation de véhicules moins polluants. L'augmentation des émissions de poussières est principalement due à l'augmentation du nombre de poids lourds.

### 3.5.2 Cartographies

Les cartes qui suivent (Figure 15 à Figure 18) représentent les émissions en NOx pour la situation actuelle, et pour les scénarios à l'horizon 2031 (plateforme nord seule, plateforme sud seule et plateforme nord et sud). Pour les représentations graphiques, les NOx ont été retenus comme substance représentative de la pollution routière. La cartographie des NOx est également représentative des autres substances et montre les routes où les émissions sont les plus importantes.

Les émissions les plus importantes sont observées sur la RD723 et sur la R844.

La carte de différence d'émission (Figure 19) permet de mieux visualiser l'écart à l'horizon 2031 entre les scénarios incluant les deux plateformes et le scénario actuelle. L'ensemble des routes subissent une diminution des émissions en NOx.

*Figure 15 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation actuelle*

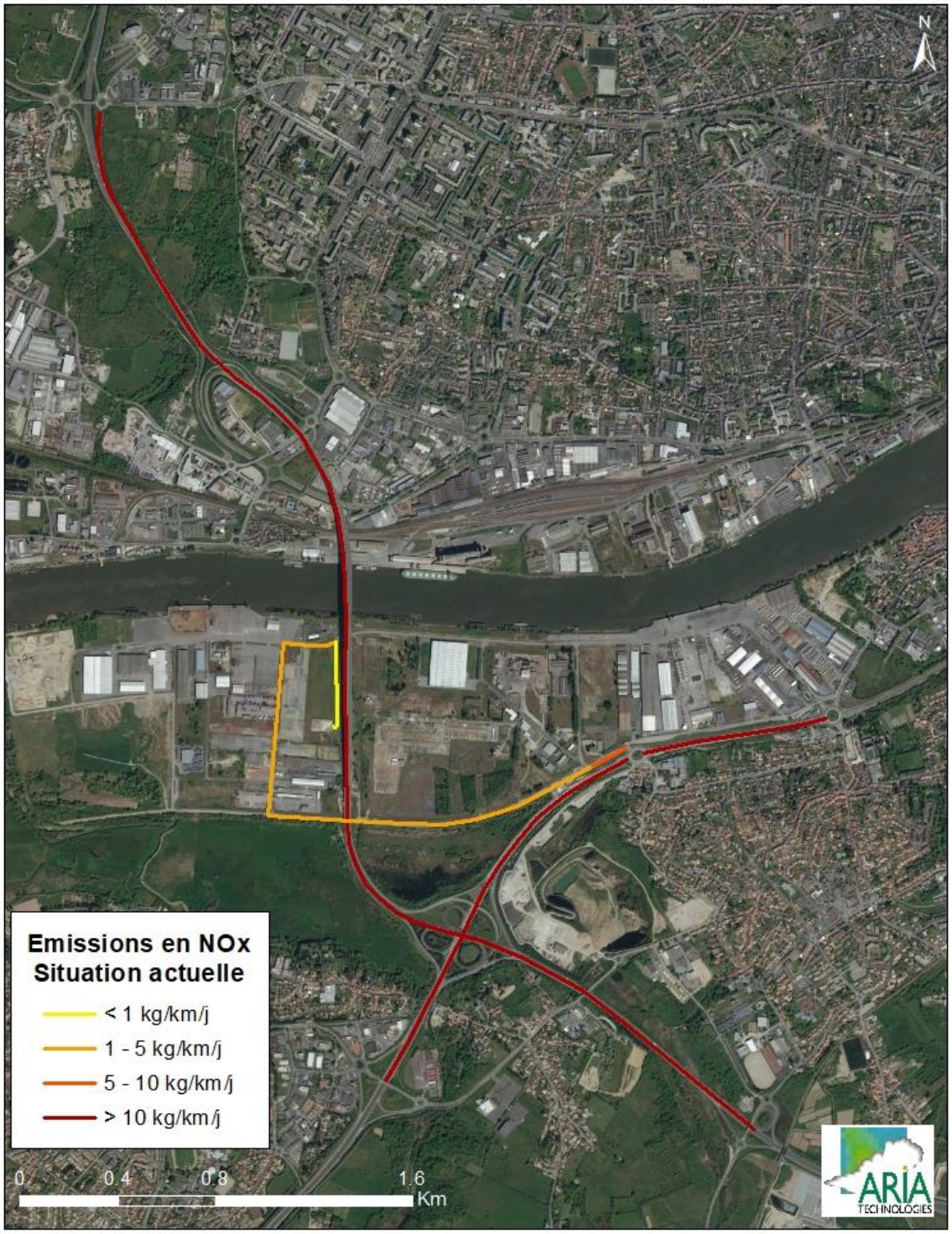


*Figure 16 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation future 2031 – Plateforme nord*

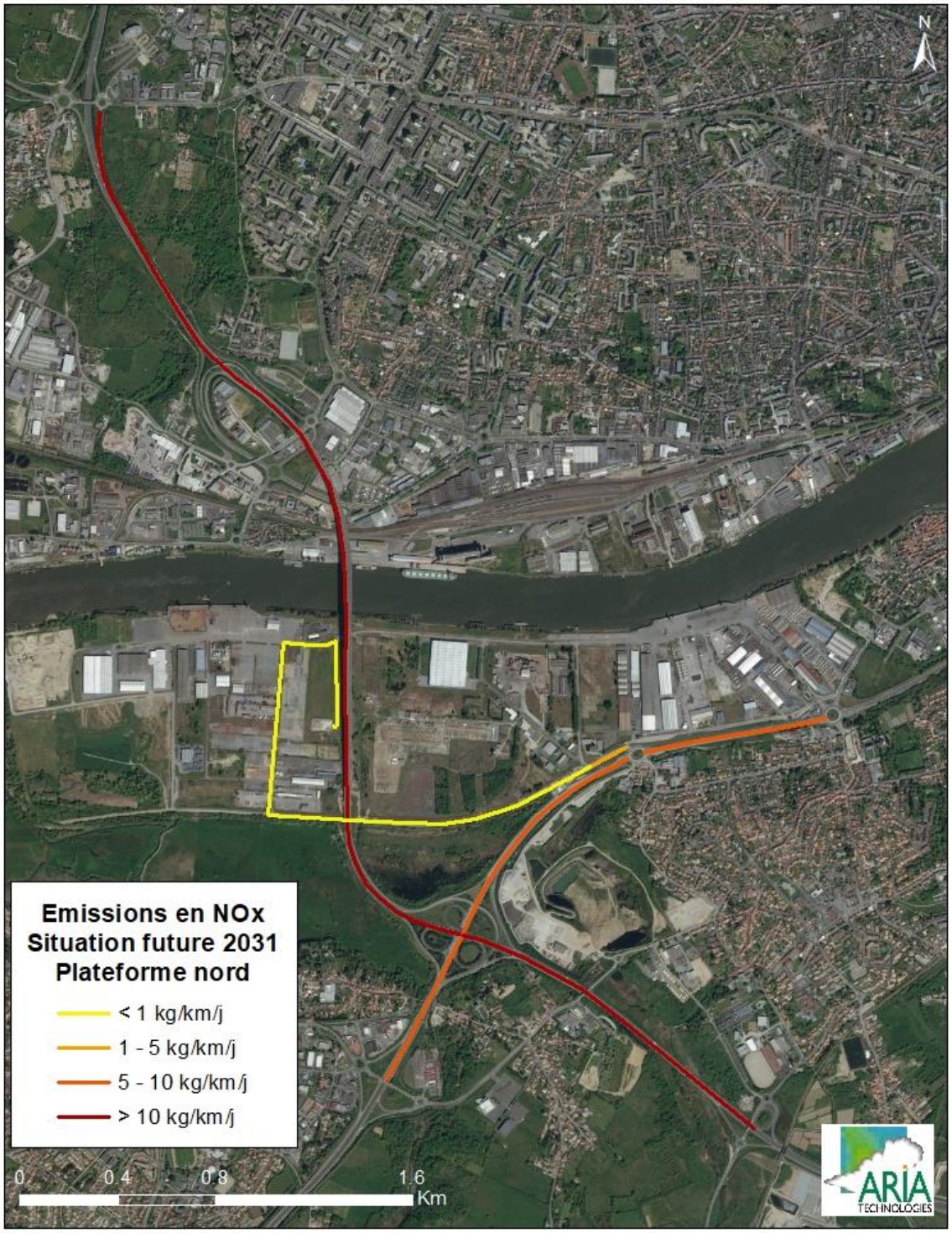


*Figure 17 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation future 2031 – Plateforme sud*

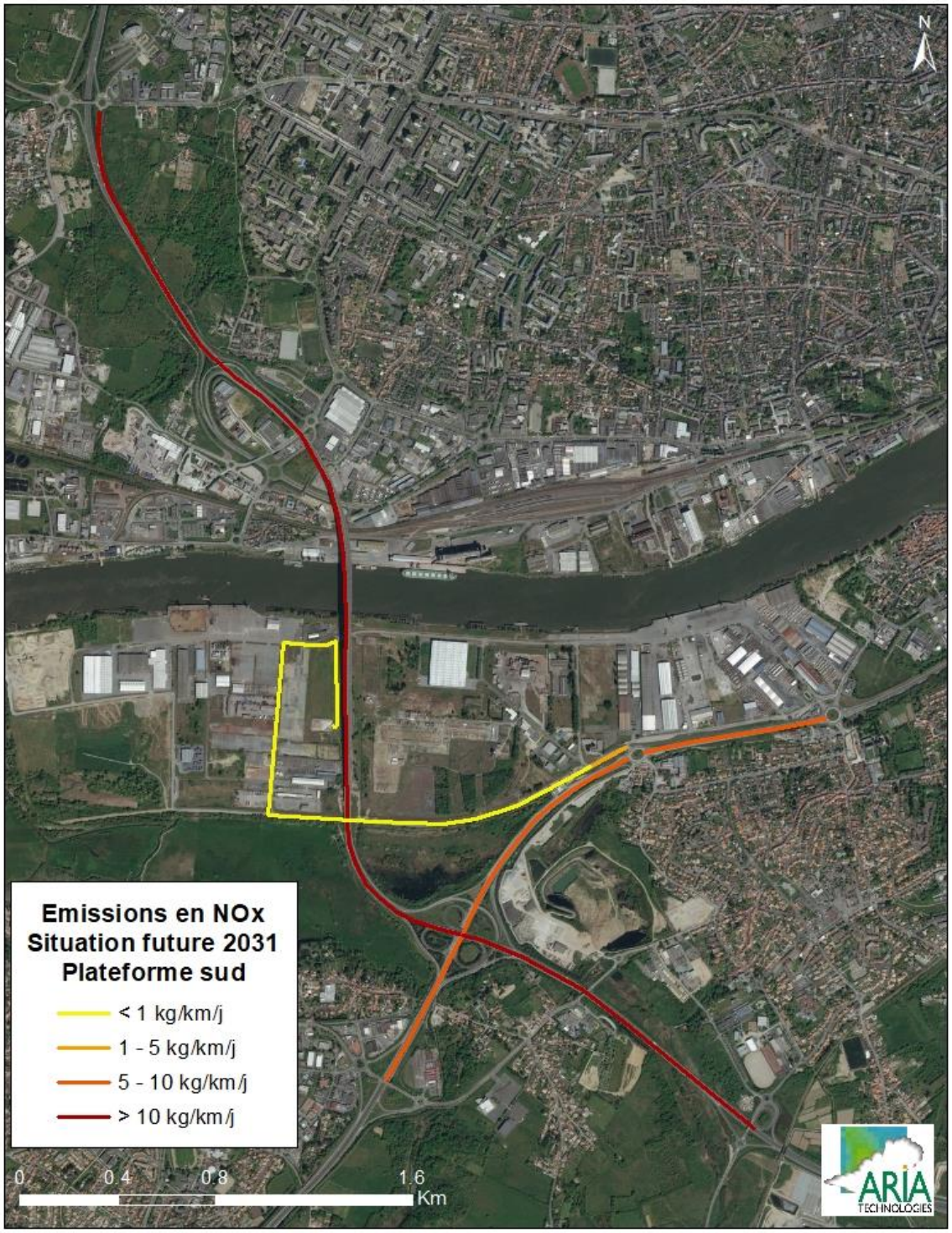


*Figure 18 : cartographie des NOx (en kg/km/j) pour la situation future 2031 – Plateformes nord et sud*

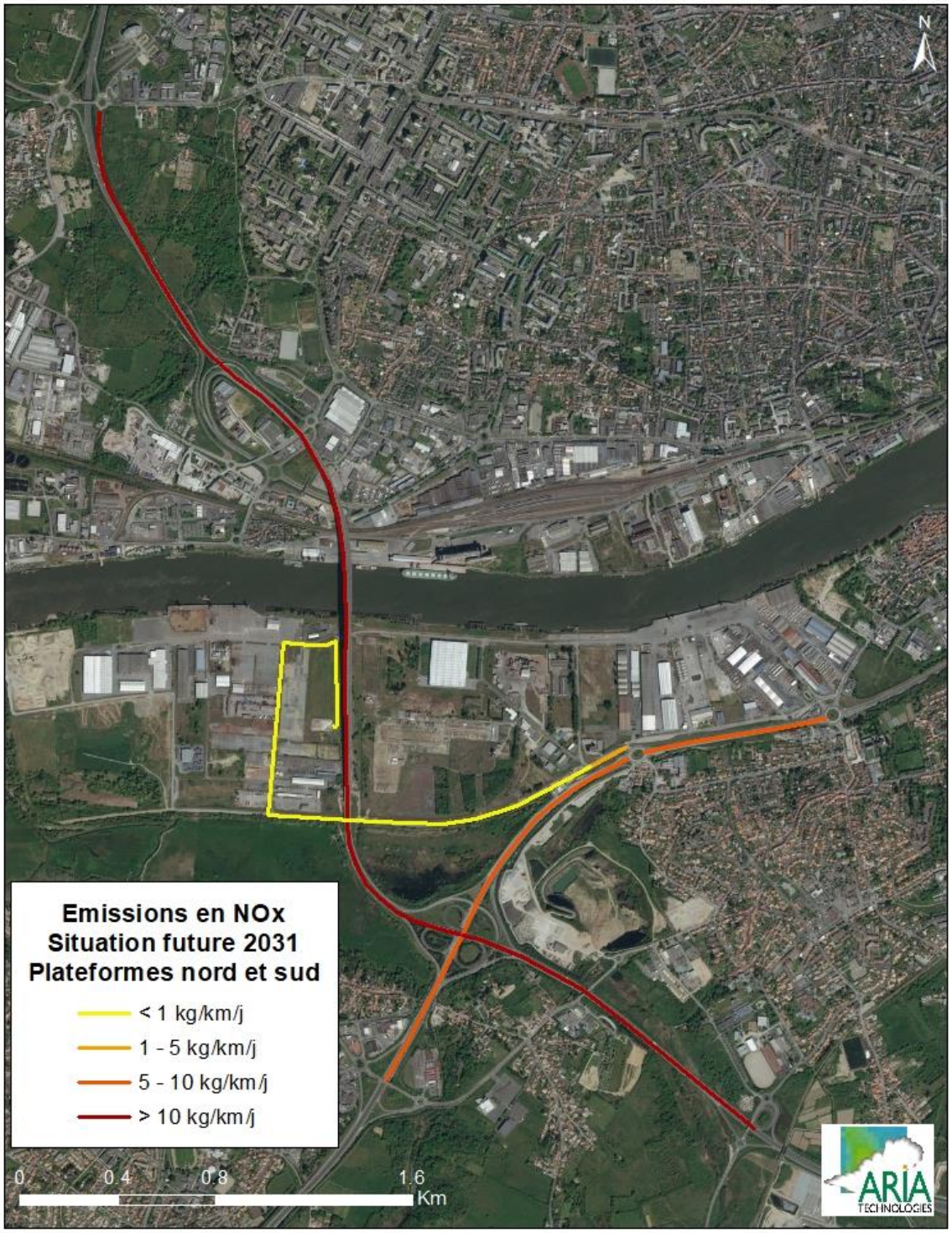
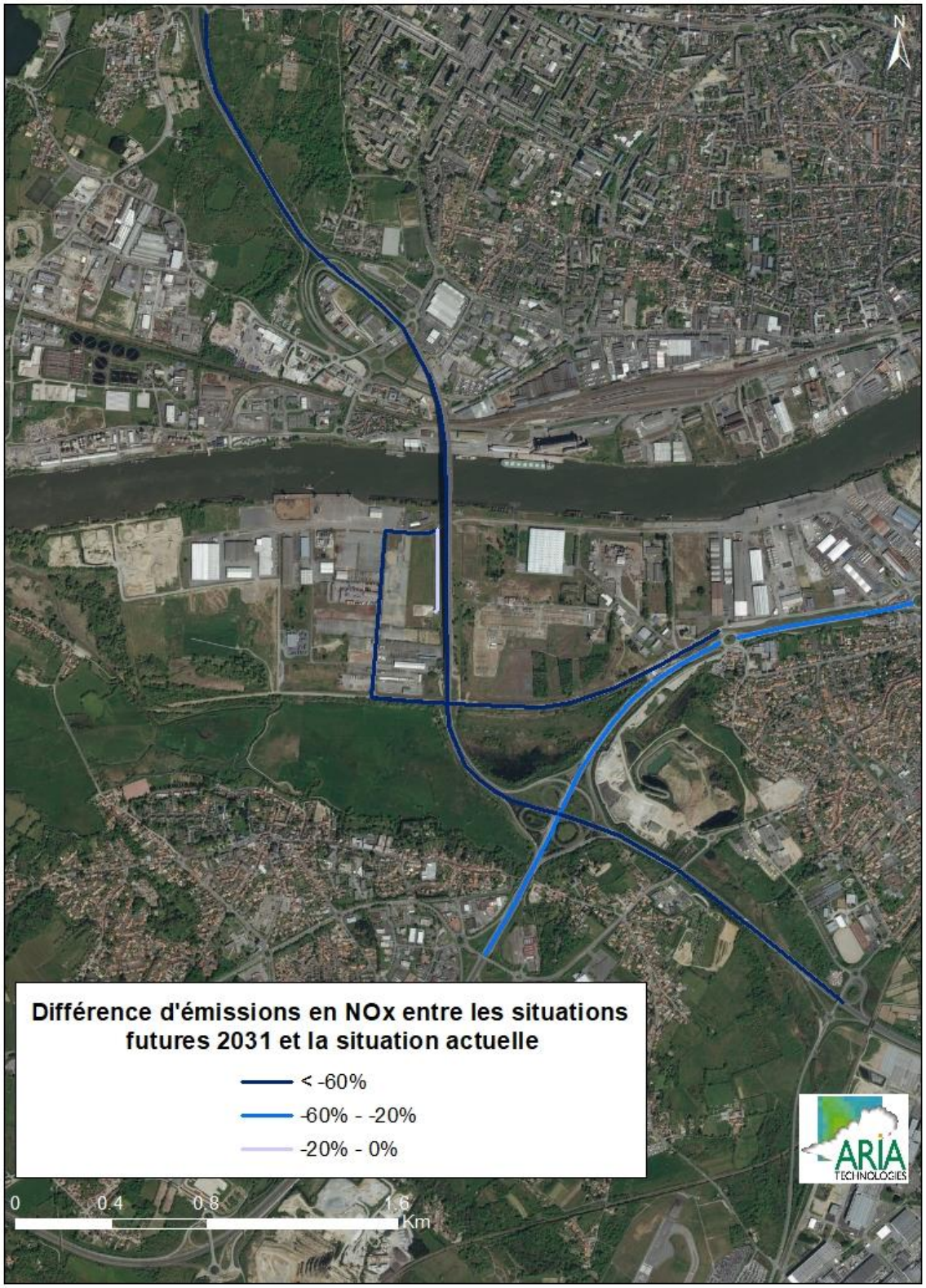


*Figure 19 : différence d'émissions en NOx entre les situations futures 2031 et la situation actuelle*



# 4. DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR

L'Annexe 3 présente certaines généralités sur la pollution atmosphérique.

## 4.1 PRESENTATION DU LOGICIEL DE DISPERSION

Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel **ARIA Impact**, version 1.8. ARIA Impact est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du guide de l'INERIS « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié en août 2013).

Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations de polluants secondaires tels que l'ozone.
Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Une description technique du logiciel est présentée en Annexe 4.

## 4.2 PARAMETRAGES DU MODELE DE DISPERSION

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- une rugosité correspondant à une zone urbaine ;
- un modèle de dispersion basé sur les écarts-types de Briggs ;
- une maille de calcul de 50 mètres ;
- les émissions liées au trafic automobile présentées au paragraphe 3.5.

### 4.2.1 Caractéristiques des polluants

Le Tableau 7 résume les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude.

*Tableau 7 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des espèces étudiées*

| Polluant | Phase du polluant | Diamètre de particules | Vitesse de dépôt sec (cm/s) | Source biblio. |
|---|---|---|---|---|
| **$NO_2$** | Gaz | - | - | [1] |
| **Benzène** | Gaz | - | - | [1] |
| **Particules PM10** | Particules | 10 µm | 1,3 | [2] |
| **Particules PM2.5** | Particules | 2.5 µm | 0,6 | [2] |

[1] « Empirical atmospheric deposition parameters – a survey », T.A. McMahon, P. J. Denison, Atmospheric Environment Vol 13 (1979), 571-585

[2] Underwood, AEA Technology, Harwell, 2001: Review of Deposition Velocity and washout coefficient

## 4.3 RESULTATS DES SIMULATIONS

### 4.3.1 Présentation des résultats

Les résultats de l'étude sont donnés sous forme de cartes et de tableaux présentant, pour chaque espèce concernée, les concentrations moyennes annuelles.

L'unité retenue pour exprimer les concentrations de polluant dans l'air est le µg/m$^3$ (microgramme par m$^3$ = 10$^{-6}$ g/m$^3$).

### 4.3.2 Tableaux de résultats

Le Tableau 8 présente les concentrations calculées en moyenne annuelle au point géographique le plus exposé du domaine d'étude, c'est-à-dire au point où les concentrations sont les plus élevées (point d'impact maximal).

Les résultats de la modélisation fournissent les concentrations liées à la pollution des routes retenues dans cette étude.

Le Tableau 9 présente les valeurs réglementaires françaises du Code de l'Environnement (Article R221-1) relatif aux objectifs de qualité de l'air et aux valeurs limites. Les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé sont également présentées. Ces valeurs réglementaires correspondent aux moyennes annuelles civiles.

*Tableau 8 : concentrations en moyenne annuelle au point géographique le plus exposé du domaine d'étude*

| POINT D'IMPACT MAX | Unité | Pollution routière | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2018 | 2031 | 2031 | 2031 |
| | | | Plateforme nord | Plateforme sud | Plateformes nord + sud |
| **$NO_2$** | µg/m$^3$ | 2,36 | 0,79 | 0,79 | 0,79 |
| **Benzène** | µg/m$^3$ | 0,026 | 0,0047 | 0,0047 | 0,0047 |
| **Poussières PM10** | µg/m$^3$ | 3,25 | 5,58 | 5,58 | 5,59 |
| **Poussières PM2.5** | µg/m$^3$ | 1,06 | 1,51 | 1,51 | 1,51 |

***Définitions :***

- **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.
- **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.
- **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.

*Tableau 9 : valeurs réglementaires relatives à la qualité de l'air*[3]

| Espèces | Unité | Réglementation française | | | Recommandations OMS |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Valeur Limite | Objectif de qualité | Valeur cible* | |
| **Poussières** | µg/m³ | PM10 : 40<br>PM2.5 : 25 | PM10 : 30<br>PM2.5 : 10 | PM2.5 : 20 | PM10 : 20<br>PM2.5 : 10 |
| **$NO_2$** | µg/m³ | 40 | 40 | - | 40 |
| **Benzène** | µg/m³ | 5 | 2 | - | - |

La comparaison des résultats du Tableau 8 avec les valeurs réglementaires montre que les concentrations moyennes annuelles sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises, quel que soit le scénario étudié. Les concentrations en PM10 représentent au maximum 19 % de l'objectif de qualité, 15% pour les PM2.5, 6% pour le $NO_2$ et 1 % pour le benzène.

[3] Code de l'environnement - Article R221-1

### 4.3.3 Cartographies

Les Figure 20 à Figure 23 présentent les courbes d'iso-concentrations pour le dioxyde d'azote pour chacun des scénarios étudiés. Ces cartes correspondent aux résultats de la modélisation et représentent donc l'impact de la pollution routière.

Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs (par exemple, les zones en "bleu clair" sur la Figure 20 correspondent à des concentrations en $NO_2$ comprises entre 0,6 µg/m$^3$ et 0,9 µg/m$^3$).

Les zones principales de pollution sont observées sur les axes ayant le trafic le plus important et plus particulièrement le long de la R844. Le point d'impact maximal est localisé au même endroit pour les quatre scénarios : en effet, la zone la plus exposée (zone en jaune sur les Figure 20 à Figure 22) se situe à l'intersection entre la RD723 et la R844. Les concentrations diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne des axes routiers.

La Figure 24 représente les différences de concentrations moyennes annuelles en $NO_2$ entre les situations futures et la situation actuelle. On constate une diminution des concentrations comprises entre -60% et -70% sur l'ensemble du domaine d'étude. Dans le cas général, cette diminution est liée à la diminution des émissions unitaires des véhicules.

*Figure 20 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation actuelle*

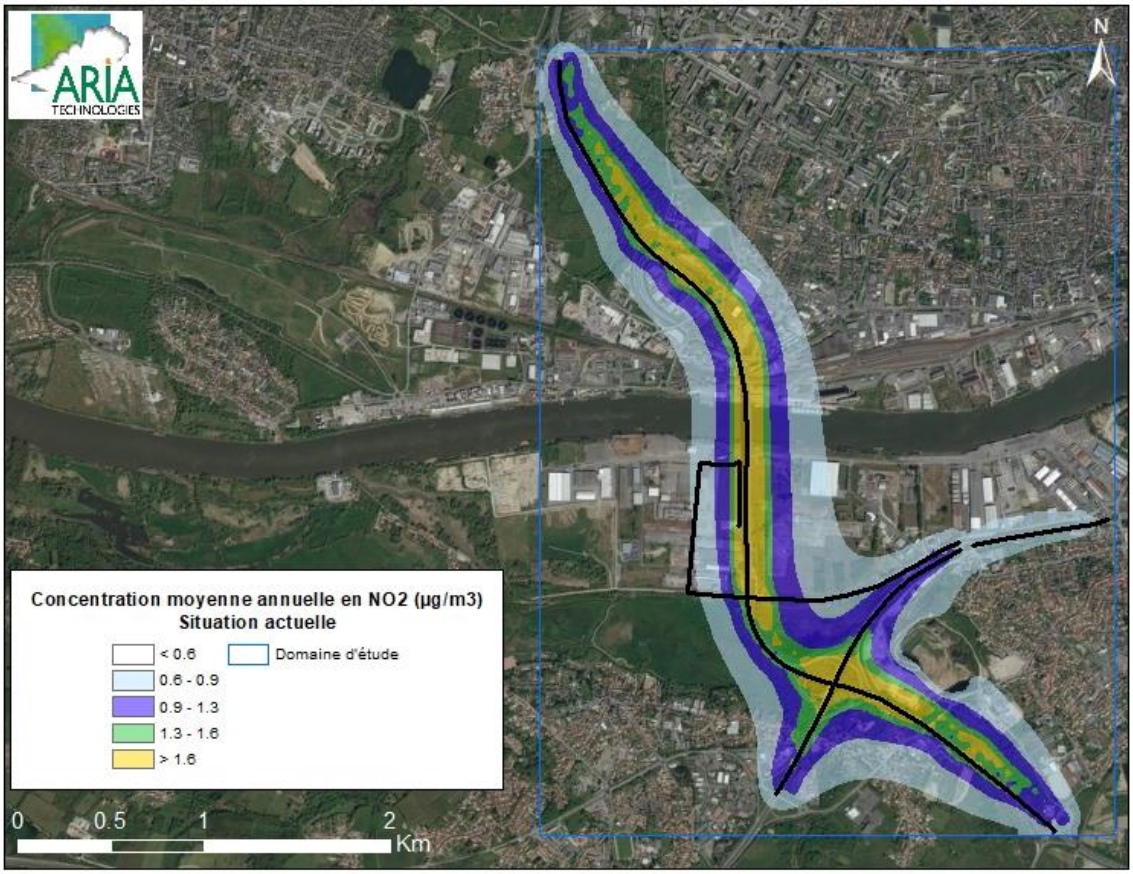


*Figure 21 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation future (2031) – Plateforme nord*

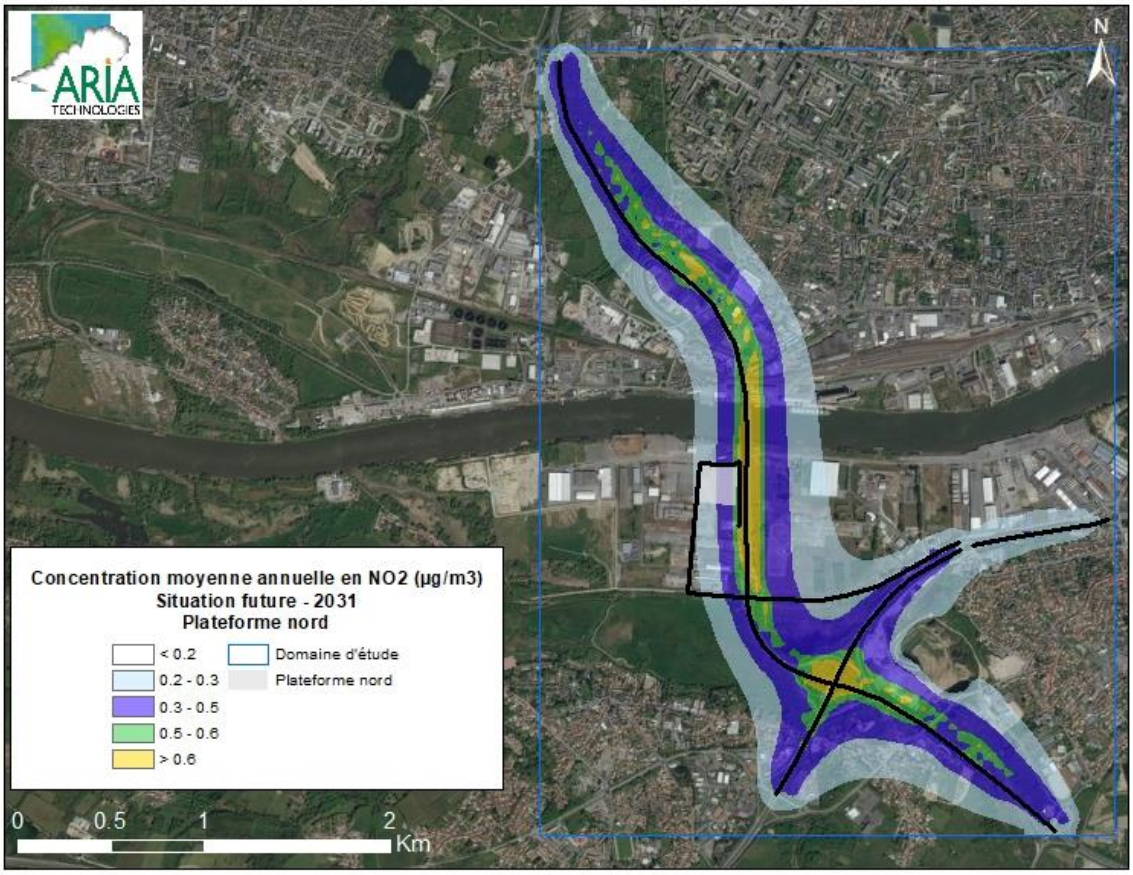


*Figure 22 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation future (2031) – Plateforme sud*

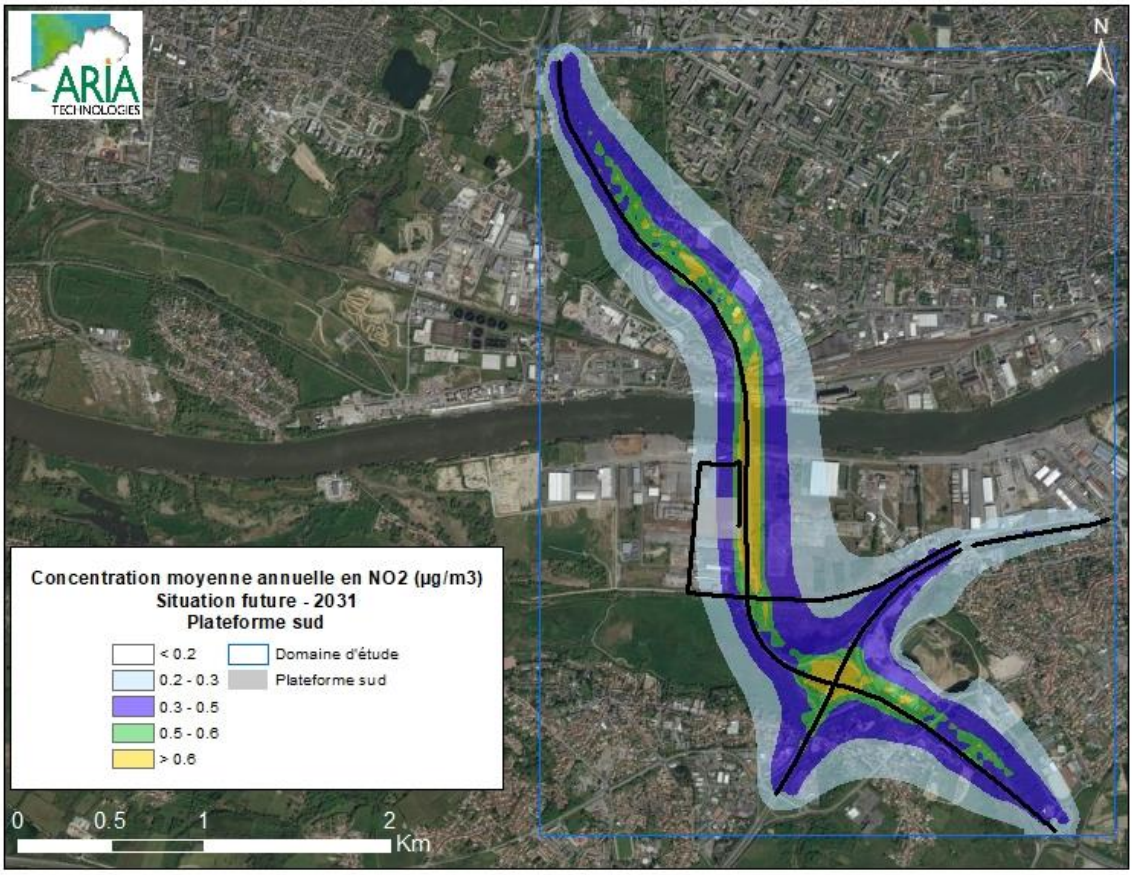


*Figure 23 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ – situation future (2031) – Plateformes nord et sud*

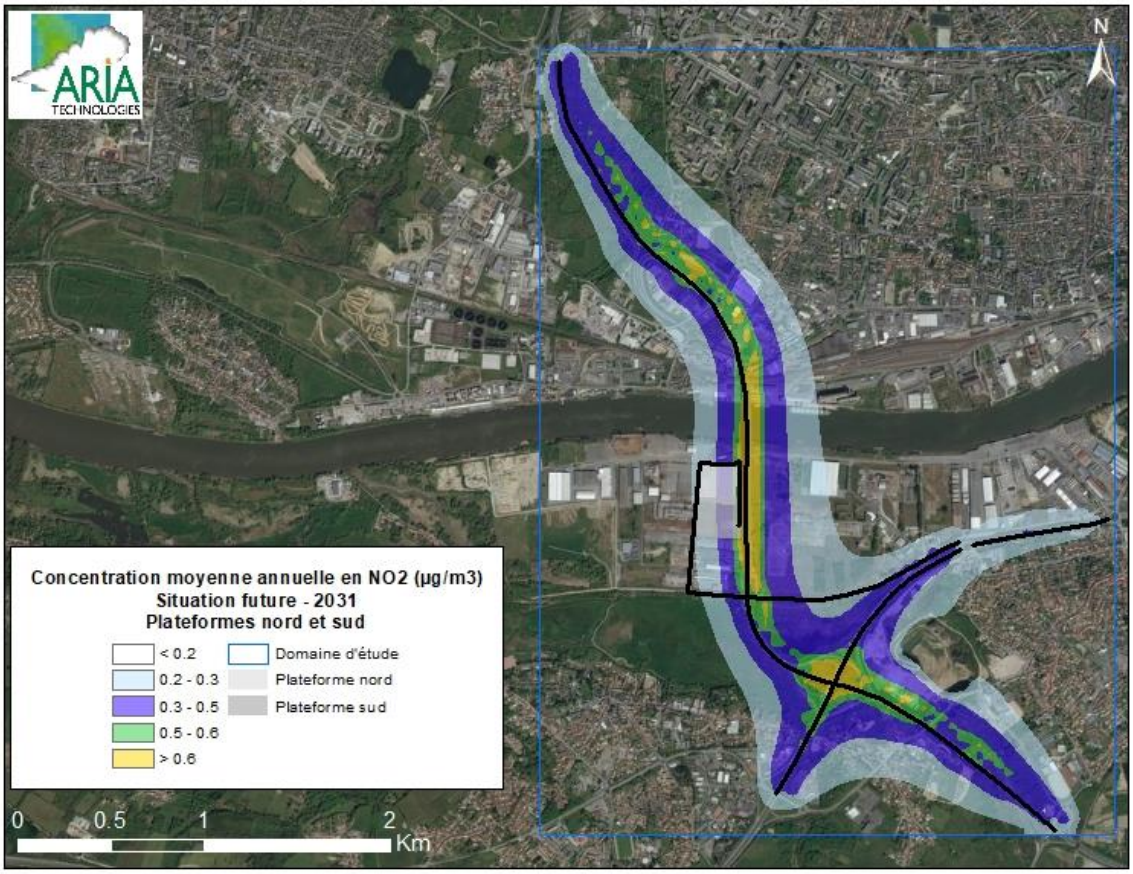
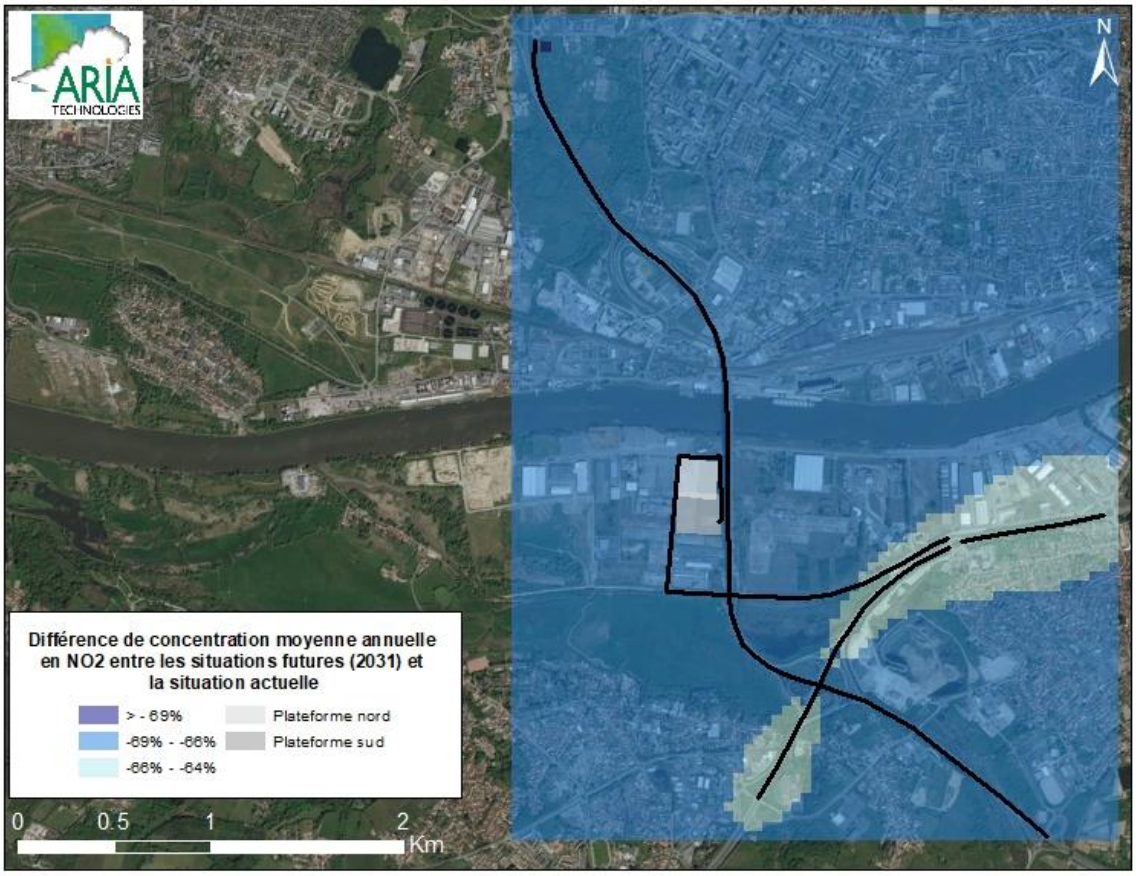


*Figure 24 : différence de concentrations moyennes annuelles pour le $NO_2$ entre les situations futures (2031) et la situation actuelle*



### 4.3.4 Comparaison entre la situation actuelle et les situations futures

Le Tableau 10 rappelle les concentrations moyennes annuelles en pollution routière obtenues au point géographique le plus exposé (cf. §4.3.2) et donne en pourcentage les écarts entre les scénarios.

*Tableau 10 : variations entre la situation actuelle et les situations futures*

| | Unité | 2018 Concentration max | 2031 – plateforme nord Concentration max | 2031 - plateforme sud Concentration max | 2031 – plateforme nord et sud Concentration max | Δ 2031/2018 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **$NO_2$** | µg/m³ | 2.36 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | -67% |
| **Benzène** | µg/m³ | 0.026 | 0.0047 | 0.0047 | 0.0047 | -82% |
| **Poussières PM10** | µg/m³ | 3.25 | 5.58 | 5.58 | 5.59 | +72% |
| **Poussières PM2.5** | µg/m3 | 1.06 | 1.51 | 1.51 | 1.51 | +42% |

Les concentrations maximales diminuent pour le NO2 et le benzène et augmente pour les poussières. Ces variations de concentrations sont cohérentes avec les variations des émissions.

# 5. SYNTHESE DE L'ETUDE

Dans le cadre de l'élaboration d'un DDAE pour la création d'un écopôle de recyclage, traitement et valorisation des déchets situé à Nantes (44), la société SCE sollicite ARIA Technologies pour réaliser une étude sur la qualité de l'air du projet.

L'étude confiée à ARIA Technologies se décompose en 4 missions distinctes :

- Mission 1 : Estimation des émissions du trafic routier du site,
- Mission 2 : Etude de dispersion et évaluation des risques sanitaires pour l'activité « biopile »,
- Mission 3 : Etude de dispersion des émissions du trafic routier,
- Mission 4 : Evaluation des émissions des poids lourds et des engins du site.

Le présent rapport correspond aux missions 1 et 3 : estimation des émissions du trafic routier du site et étude de dispersion.

Afin de déterminer les effets du projet sur la qualité de l'air, quatre scénarios de trafic sont étudiés :

- la situation actuelle (2018)
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme nord seule ;
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme sud seule ;
- la situation future (horizon 2031) avec la plateforme nord et la plateforme sud.

***Bilan des émissions de polluants dans l'air***

Malgré l'augmentation du trafic entre 2018 et 2031, on note une diminution des émissions pour tous les polluants, excepté pour les poussières. Cette baisse est influencée par l'évolution du parc routier et la mise en circulation de véhicules moins polluants. L'augmentation des émissions de poussières est principalement due à l'augmentation du nombre de poids lourds.

Les cartographies des émissions en NOx montrent que les émissions les plus importantes sont observées sur la RD723 et sur la R844. L'ensemble des routes subissent une diminution des émissions en NOx.

***Comparaison des concentrations dans l'air aux valeurs réglementaires***

**Les concentrations** moyennes annuelles induites par le trafic routier **sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises**, quel que soit le scénario étudié.

Les concentrations maximales diminuent pour le NO2 et le benzène et augmente pour les poussières. Ces variations de concentrations sont cohérentes avec les variations des émissions.

Les zones principales de pollution sont observées sur les axes ayant le trafic le plus important et plus particulièrement le long de la R844. Le point d'impact maximal est localisé au même endroit pour les quatre scénarios, il se situe à l'intersection entre la RD723 et la R844. Les concentrations diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne des axes routiers.

**Conclusion**

**La mise en place des plateformes du projet d'écopôle de recyclage, traitement et valorisation de déchets à Nantes (44) n'entraîne pas d'augmentation des concentrations en $NO_2$ et en benzène dans l'air. Seules les concentrations en poussières $PM_{10}$ et $PM_{2.5}$ augmentent à l'horizon du projet. Quel que soit le scénario considéré, les concentrations induites par le trafic routier restent inférieures aux valeurs réglementaires de la qualité de l'air.**

# ANNEXES

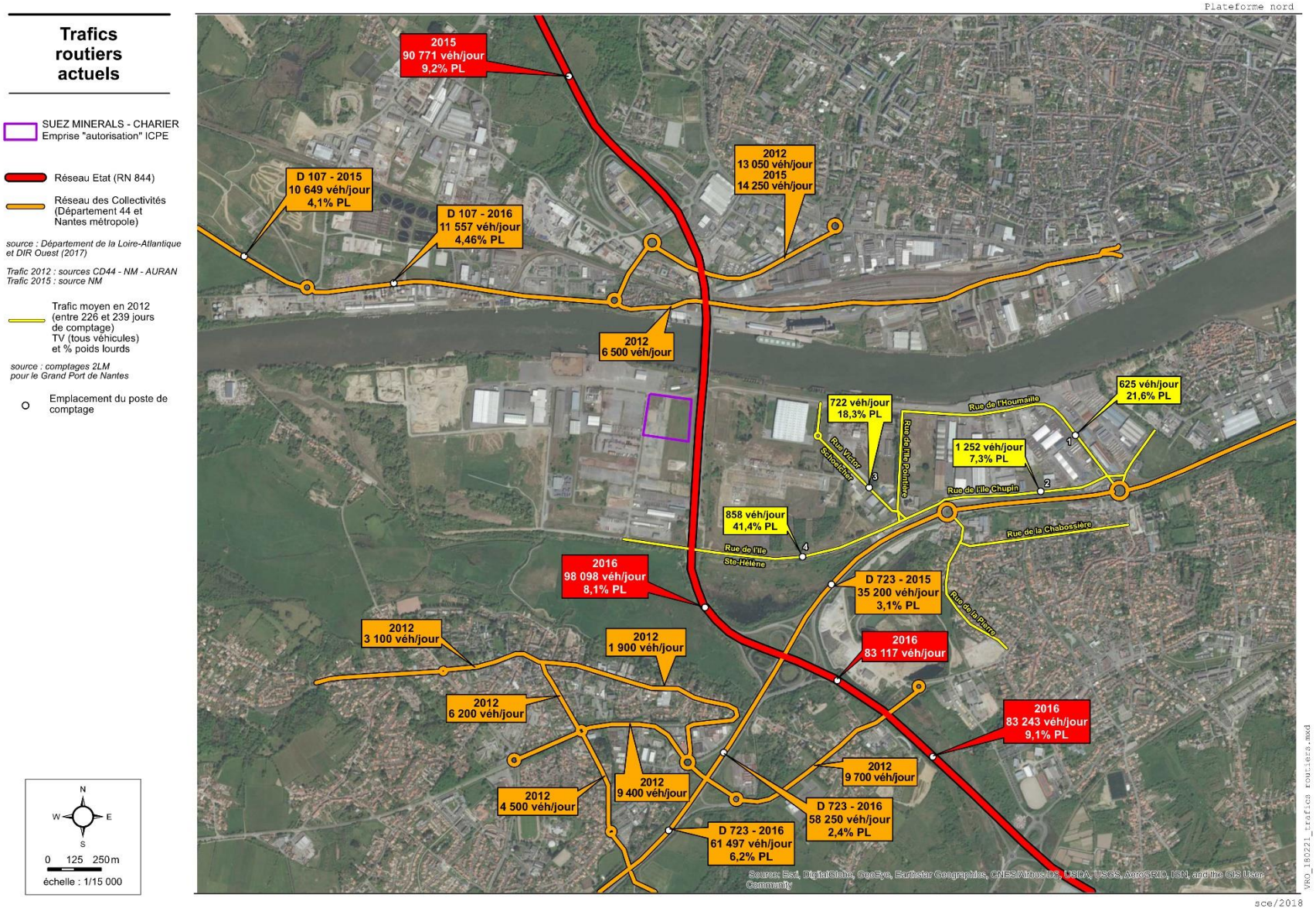
- **Annexe 1**
  Cartes SCE avec les hypothèses de trafics routier

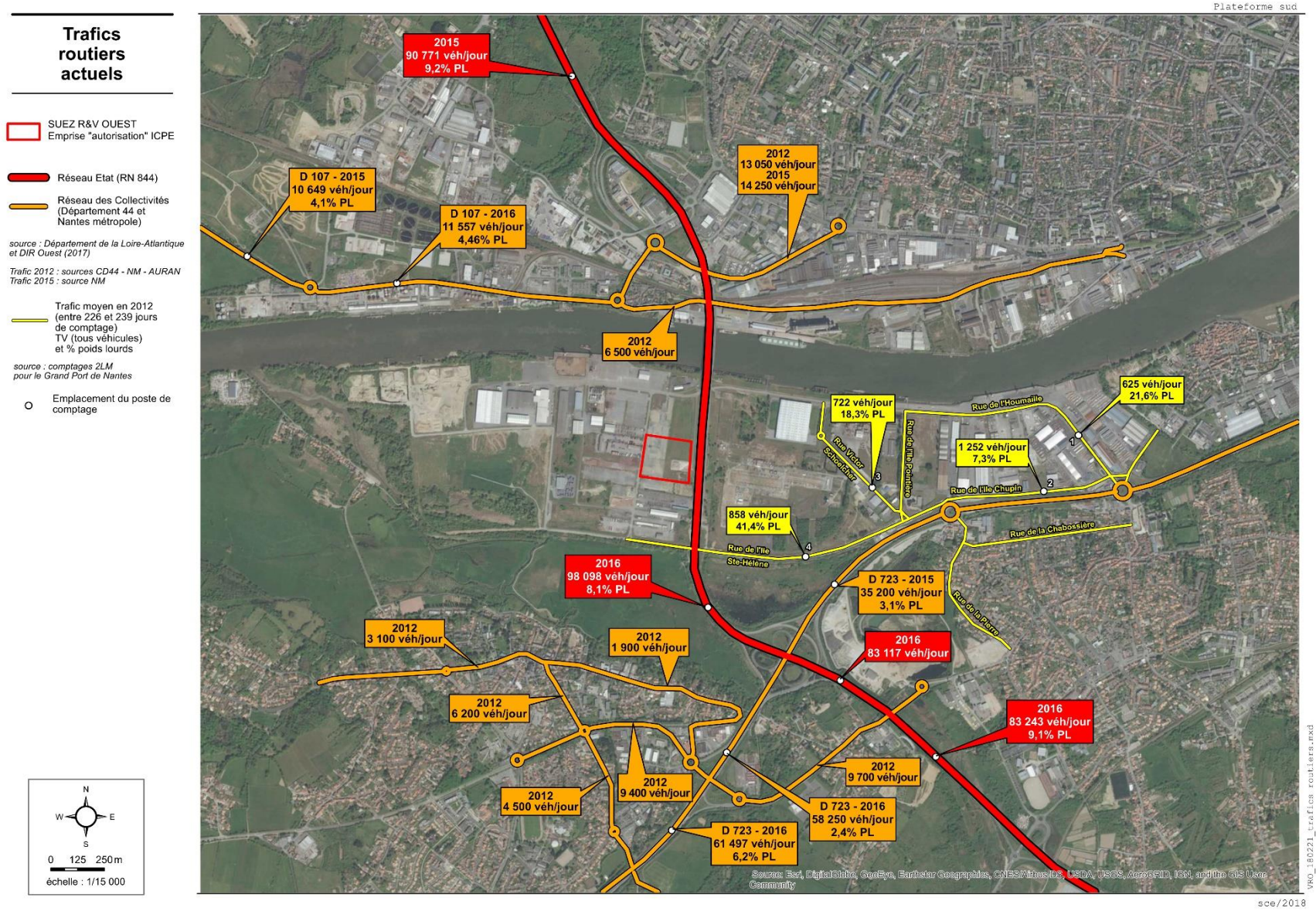
- **Annexe 2**
  Bilan détaillé par voies des émissions et des consommations énergétiques

- **Annexe 3**
  Généralités sur la pollution atmosphérique

- **Annexe 4**
  Description du logiciel ARIA Impact

# Annexe 1
# Cartes SCE avec les hypothèses de trafics routiers

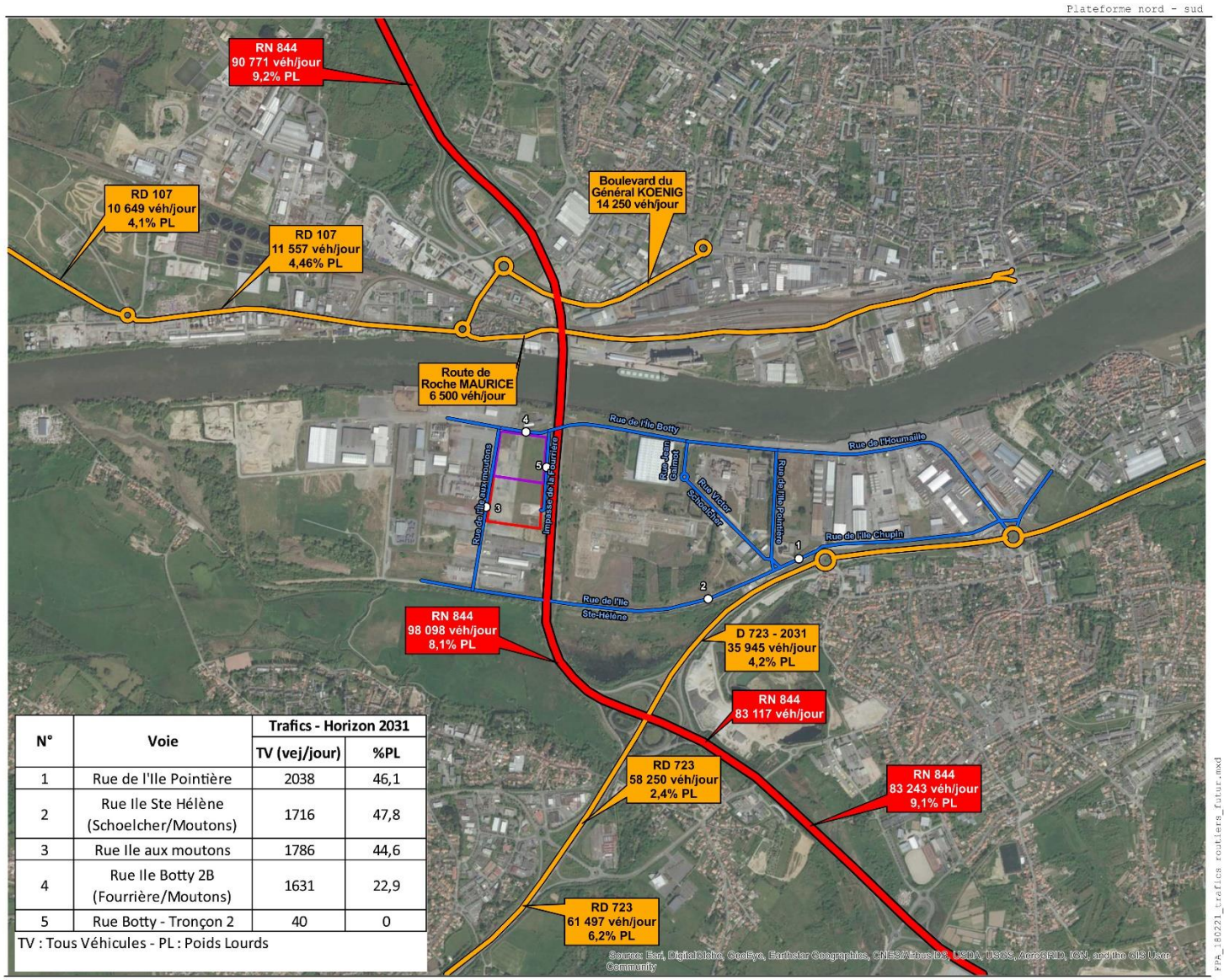

Plateforme nord
Trafics routiers actuels
SUEZ MINERALS - CHARIER
Emprise "autorisation" ICPE
Réseau Etat (RN 844)
Réseau des Collectivités (Département 44 et Nantes métropole)
source : Département de la Loire-Atlantique et DIR Ouest (2017)
Trafic 2012 : sources CD44 - NM - AURAN
Trafic 2015 : source NM
Trafic moyen en 2012 (entre 226 et 239 jours de comptage) TV (tous véhicules) et % poids lourds
source : comptages 2LM pour le Grand Port de Nantes
Emplacement du poste de comptage
2015 90 771 véh/jour 9,2% PL
D 107 - 2015 10 649 véh/jour 4,1% PL
D 107 - 2016 11 557 véh/jour 4,46% PL
2012 13 050 véh/jour 2015 14 250 véh/jour
2012 6 500 véh/jour
722 véh/jour 18,3% PL
625 véh/jour 21,6% PL
1 252 véh/jour 7,3% PL
858 véh/jour 41,4% PL
2016 98 098 véh/jour 8,1% PL
D 723 - 2015 35 200 véh/jour 3,1% PL
2016 83 117 véh/jour
2016 83 243 véh/jour 9,1% PL
2012 3 100 véh/jour
2012 1 900 véh/jour
2012 6 200 véh/jour
2012 9 400 véh/jour
2012 4 500 véh/jour
2012 9 700 véh/jour
D 723 - 2016 58 250 véh/jour 2,4% PL
D 723 - 2016 61 497 véh/jour 6,2% PL
Rue de l'Houmaille
Rue de l'île Pointière
Rue Victor Schoelcher
Rue de l'île Chupin
Rue de la Chabossière
Rue de l'île Ste-Hélène
Rue de la Pierre
N
W
E
S
0 125 250m
échelle : 1/15 000
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
VRO_180221_trafics routiers.mxd
sce/2018


Trafics routiers actuels
SUEZ R&V OUEST
Emprise "autorisation" ICPE
Réseau Etat (RN 844)
Réseau des Collectivités (Département 44 et Nantes métropole)
source : Département de la Loire-Atlantique et DIR Ouest (2017)
Trafic 2012 : sources CD44 - NM - AURAN
Trafic 2015 : source NM
Trafic moyen en 2012 (entre 226 et 239 jours de comptage) TV (tous véhicules) et % poids lourds
source : comptages 2LM pour le Grand Port de Nantes
Emplacement du poste de comptage
N
W
E
S
0 125 250m
échelle : 1/15 000
Plateforme sud
2015
90 771 véh/jour
9,2% PL
D 107 - 2015
10 649 véh/jour
4,1% PL
D 107 - 2016
11 557 véh/jour
4,46% PL
2012
13 050 véh/jour
2015
14 250 véh/jour
2012
6 500 véh/jour
722 véh/jour
18,3% PL
625 véh/jour
21,6% PL
1 252 véh/jour
7,3% PL
858 véh/jour
41,4% PL
2016
98 098 véh/jour
8,1% PL
D 723 - 2015
35 200 véh/jour
3,1% PL
2016
83 117 véh/jour
2016
83 243 véh/jour
9,1% PL
2012
3 100 véh/jour
2012
1 900 véh/jour
2012
6 200 véh/jour
2012
9 400 véh/jour
2012
4 500 véh/jour
2012
9 700 véh/jour
D 723 - 2016
58 250 véh/jour
2,4% PL
D 723 - 2016
61 497 véh/jour
6,2% PL
Rue de l'Houmaille
Rue Victor Schoelcher
Rue de l'Ile Pointière
Rue de l'Ile Chupin
Rue de la Chabossière
Rue de l'Ile Ste-Hélène
Rue de la Pierre
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
VRO_180221_trafics routiers.mxd
sce/2018

## Trafics routiers horizon futur

### Effets cumulés

- SUEZ MINERALS - CHARIER Emprise "autorisation" ICPE
- SUEZ R&V OUEST Emprise "autorisation" ICPE
- Réseau Etat (RN 844)
- Réseau des Collectivités (Département 44 et Nantes Métropole)
- Voie portuaire concernée par le projet



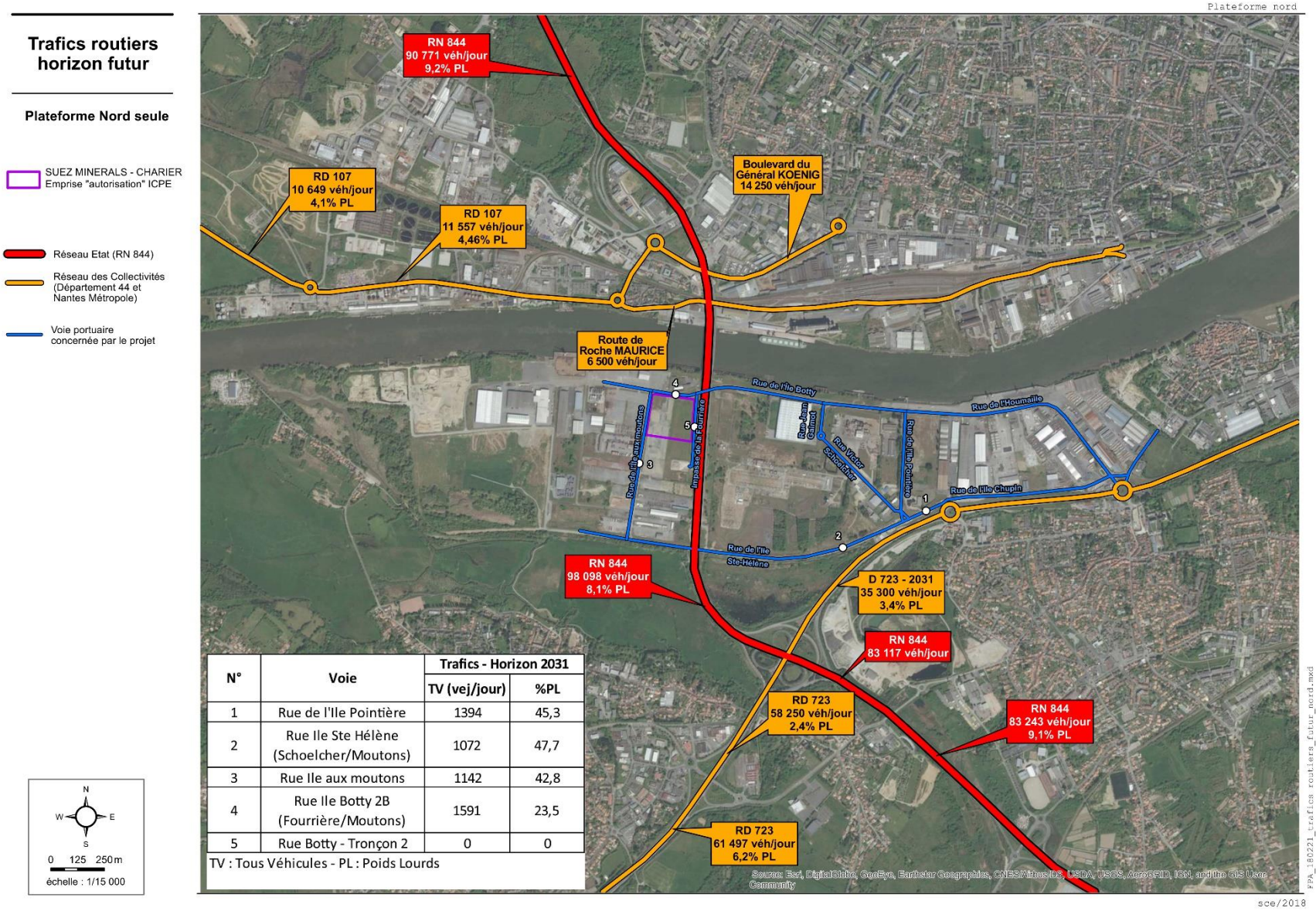

| N° | Voie | Trafics - Horizon 2031 | |
|---|---|---|---|
| | | TV (vej/jour) | %PL |
| 1 | Rue de l'Ile Pointière | 2038 | 46,1 |
| 2 | Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 1716 | 47,8 |
| 3 | Rue Ile aux moutons | 1786 | 44,6 |
| 4 | Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 1631 | 22,9 |
| 5 | Rue Botty - Tronçon 2 | 40 | 0 |

TV : Tous Véhicules - PL : Poids Lourds

N W E S

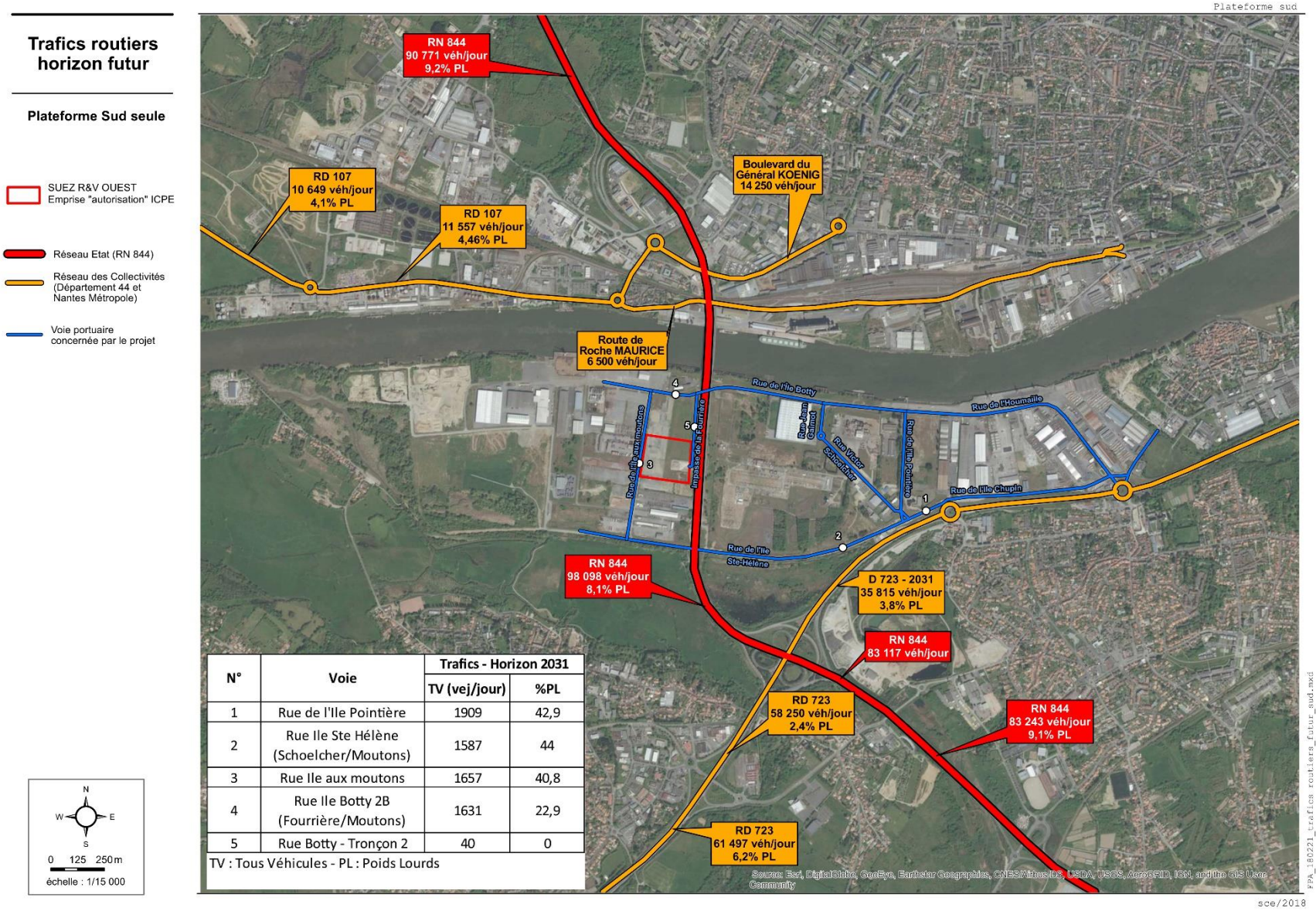
0 125 250m

échelle : 1/15 000




| N° | Voie | Trafics - Horizon 2031 | |
|---|---|---|---|
| | | TV (vej/jour) | %PL |
| 1 | Rue de l'Ile Pointière | 1394 | 45,3 |
| 2 | Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 1072 | 47,7 |
| 3 | Rue Ile aux moutons | 1142 | 42,8 |
| 4 | Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 1591 | 23,5 |
| 5 | Rue Botty - Tronçon 2 | 0 | 0 |

TV : Tous Véhicules - PL : Poids Lourds




| N° | Voie | Trafics - Horizon 2031 | |
|---|---|---|---|
| | | TV (vej/jour) | %PL |
| 1 | Rue de l'Ile Pointière | 1909 | 42,9 |
| 2 | Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 1587 | 44 |
| 3 | Rue Ile aux moutons | 1657 | 40,8 |
| 4 | Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 1631 | 22,9 |
| 5 | Rue Botty - Tronçon 2 | 40 | 0 |

TV : Tous Véhicules - PL : Poids Lourds

# Annexe 2
# Bilan détaillé par voies des émissions et des consommations énergétiques

## Situation actuelle

| Rues | Emissions (kg/j) | | | | | | | | | | GES (t/j) | Consommation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CO | NOx | SO2 | NO2 | Benzene | Plomb | Cadmium | Nickel | PM10 | PM2.5 | CO2 | (tep/j) |
| Rue de l'Ile Pointière | 1.35E-01 | 3.14E-01 | 1.86E-03 | 4.80E-02 | 1.52E-04 | 3.73E-08 | 4.66E-09 | 5.35E-08 | 1.23E-01 | 3.73E-02 | 7.40E-02 | 2.34E-02 |
| Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 8.20E-01 | 1.94E+00 | 1.14E-02 | 2.93E-01 | 9.04E-04 | 2.28E-07 | 2.85E-08 | 3.28E-07 | 7.55E-01 | 2.30E-01 | 4.53E-01 | 1.43E-01 |
| Rue Ile aux moutons | 4.43E-01 | 9.75E-01 | 5.89E-03 | 1.53E-01 | 5.42E-04 | 1.18E-07 | 1.47E-08 | 1.69E-07 | 3.78E-01 | 1.16E-01 | 2.34E-01 | 7.38E-02 |
| Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 2.00E-01 | 3.48E-01 | 2.28E-03 | 6.21E-02 | 3.10E-04 | 4.56E-08 | 5.70E-09 | 6.55E-08 | 1.31E-01 | 4.09E-02 | 9.08E-02 | 2.86E-02 |
| Impasse de la Fourrière | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| **Voies portuaires** | **1.60E+00** | **3.58E+00** | **2.14E-02** | **5.56E-01** | **1.91E-03** | **4.29E-07** | **5.36E-08** | **6.16E-07** | **1.39E+00** | **4.24E-01** | **8.52E-01** | **2.69E-01** |
| RD723 - T1 (Houmaille/Pointière) | 1.93E+01 | 1.10E+01 | 1.07E-01 | 3.17E+00 | 3.51E-02 | 2.14E-06 | 2.67E-07 | 3.07E-06 | 3.84E+00 | 1.31E+00 | 4.27E+00 | 1.35E+00 |
| RD723 - T2 (Pointière/Porte Bouguenais) | 2.61E+01 | 1.49E+01 | 1.44E-01 | 4.28E+00 | 4.75E-02 | 2.89E-06 | 3.61E-07 | 4.15E-06 | 5.19E+00 | 1.77E+00 | 5.78E+00 | 1.82E+00 |
| RD723 - T3 (Porte Bouguenais/Mandela) | 4.30E+01 | 1.66E+01 | 1.58E-01 | 4.96E+00 | 6.26E-02 | 3.17E-06 | 3.96E-07 | 4.54E-06 | 5.20E+00 | 1.77E+00 | 6.34E+00 | 2.00E+00 |
| **RD723** | **8.83E+01** | **4.25E+01** | **4.09E-01** | **1.24E+01** | **1.45E-01** | **8.20E-06** | **1.02E-06** | **1.18E-05** | **1.42E+01** | **4.85E+00** | **1.64E+01** | **5.17E+00** |
| R844 - T1 (Porte GrandLieu/Porte Bouguenais) | 1.30E+02 | 6.90E+01 | 5.81E-01 | 1.69E+01 | 1.80E-01 | 1.16E-05 | 1.45E-06 | 1.67E-05 | 2.62E+01 | 8.33E+00 | 2.32E+01 | 7.34E+00 |
| R844 - T2 (Porte Bouguenais/Porte Estuaire) | 2.98E+02 | 1.52E+02 | 1.30E+00 | 3.82E+01 | 4.17E-01 | 2.60E-05 | 3.25E-06 | 3.73E-05 | 5.65E+01 | 1.81E+01 | 5.19E+01 | 1.64E+01 |
| R844 - T3 (Porte Estuaire/Porte ST Herblain) | 1.12E+02 | 6.01E+01 | 5.06E-01 | 1.47E+01 | 1.56E-01 | 1.01E-05 | 1.27E-06 | 1.45E-05 | 2.29E+01 | 7.27E+00 | 2.02E+01 | 6.39E+00 |
| **R844** | **5.39E+02** | **2.81E+02** | **2.39E+00** | **6.98E+01** | **7.53E-01** | **4.78E-05** | **5.97E-06** | **6.85E-05** | **1.06E+02** | **3.37E+01** | **9.54E+01** | **3.01E+01** |

## Situation future – plateforme nord seule

| Rues | Emissions (kg/j) | | | | | | | | | | GES (t/j) | Consommation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CO | NOx | SO2 | NO2 | Benzene | Plomb | Cadmium | Nickel | PM10 | PM2.5 | CO2 | (tep/j) |
| Rue de l'Ile Pointière | 1.83E-01 | 2.68E-01 | 9.65E-03 | 4.39E-02 | 1.07E-04 | 1.94E-07 | 2.42E-08 | 2.77E-07 | 1.17E+00 | 3.06E-01 | 3.90E-01 | 1.23E-01 |
| Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 2.79E-01 | 4.17E-01 | 1.52E-02 | 6.67E-02 | 1.58E-04 | 3.06E-07 | 3.81E-08 | 4.37E-07 | 1.87E+00 | 4.88E-01 | 6.14E-01 | 1.94E-01 |
| Rue Ile aux moutons | 1.55E-01 | 2.22E-01 | 7.83E-03 | 3.71E-02 | 9.36E-05 | 1.57E-07 | 1.96E-08 | 2.24E-07 | 9.43E-01 | 2.46E-01 | 3.17E-01 | 9.99E-02 |
| Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 6.79E-02 | 8.12E-02 | 2.37E-03 | 1.65E-02 | 5.06E-05 | 4.78E-08 | 5.95E-09 | 6.79E-08 | 2.51E-01 | 6.63E-02 | 9.78E-02 | 3.08E-02 |
| Impasse de la Fourrière | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| **Voies portuaires** | **6.85E-01** | **9.88E-01** | **3.51E-02** | **1.64E-01** | **4.10E-04** | **7.04E-07** | **8.79E-08** | **1.01E-06** | **4.24E+00** | **1.11E+00** | **1.42E+00** | **4.47E-01** |
| RD723 - T1 (Houmaille/Pointière) | 6.86E+00 | 4.44E+00 | 9.61E-02 | 1.16E+00 | 5.66E-03 | 1.95E-06 | 2.42E-07 | 2.73E-06 | 6.57E+00 | 1.82E+00 | 4.17E+00 | 1.32E+00 |
| RD723 - T2 (Pointière/Porte Bouguenais) | 9.28E+00 | 6.01E+00 | 1.30E-01 | 1.57E+00 | 7.65E-03 | 2.64E-06 | 3.27E-07 | 3.69E-06 | 8.89E+00 | 2.46E+00 | 5.65E+00 | 1.78E+00 |
| RD723 - T3 (Porte Bouguenais/Mandela) | 1.50E+01 | 6.65E+00 | 1.41E-01 | 1.79E+00 | 1.15E-02 | 2.85E-06 | 3.54E-07 | 3.98E-06 | 8.62E+00 | 2.36E+00 | 6.18E+00 | 1.95E+00 |
| **RD723** | **3.12E+01** | **1.71E+01** | **3.67E-01** | **4.52E+00** | **2.48E-02** | **7.44E-06** | **9.23E-07** | **1.04E-05** | **2.41E+01** | **6.64E+00** | **1.60E+01** | **5.05E+00** |
| R844 - T1 (Porte GrandLieu/Porte Bouguenais) | 4.42E+01 | 2.10E+01 | 5.31E-01 | 5.35E+00 | 3.31E-02 | 1.07E-05 | 1.34E-06 | 1.51E-05 | 4.51E+01 | 1.19E+01 | 2.28E+01 | 7.19E+00 |
| R844 - T2 (Porte Bouguenais/Porte Estuaire) | 1.02E+02 | 4.80E+01 | 1.18E+00 | 1.23E+01 | 7.65E-02 | 2.39E-05 | 2.97E-06 | 3.36E-05 | 9.69E+01 | 2.57E+01 | 5.09E+01 | 1.61E+01 |
| R844 - T3 (Porte Estuaire/Porte ST Herblain) | 3.84E+01 | 1.83E+01 | 4.62E-01 | 4.64E+00 | 2.87E-02 | 9.36E-06 | 1.16E-06 | 1.31E-05 | 3.94E+01 | 1.04E+01 | 1.98E+01 | 6.26E+00 |
| **R844** | **1.85E+02** | **8.73E+01** | **2.18E+00** | **2.23E+01** | **1.38E-01** | **4.41E-05** | **5.47E-06** | **6.18E-05** | **1.81E+02** | **4.81E+01** | **9.35E+01** | **2.95E+01** |

## Situation future – plateforme sud seule

| Rues | Emissions (kg/j) | | | | | | | | | | GES (t/j) | Consommation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CO | NOx | SO2 | NO2 | Benzene | Plomb | Cadmium | Nickel | PM10 | PM2.5 | CO2 | (tep/j) |
| Rue de l'Ile Pointière | 2.52E-01 | 3.61E-01 | 1.27E-02 | 6.04E-02 | 1.52E-04 | 2.56E-07 | 3.19E-08 | 3.65E-07 | 1.54E+00 | 4.00E-01 | 5.15E-01 | 1.63E-01 |
| Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 4.14E-01 | 6.00E-01 | 2.14E-02 | 9.93E-02 | 2.47E-04 | 4.29E-07 | 5.35E-08 | 6.13E-07 | 2.59E+00 | 6.74E-01 | 8.63E-01 | 2.72E-01 |
| Rue Ile aux moutons | 2.25E-01 | 3.17E-01 | 1.10E-02 | 5.41E-02 | 1.39E-04 | 2.21E-07 | 2.76E-08 | 3.16E-07 | 1.31E+00 | 3.43E-01 | 4.46E-01 | 1.41E-01 |
| Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 6.96E-02 | 8.28E-02 | 2.40E-03 | 1.70E-02 | 5.22E-05 | 4.83E-08 | 6.02E-09 | 6.87E-08 | 2.52E-01 | 6.66E-02 | 9.90E-02 | 3.12E-02 |
| Impasse de la Fourrière | 2.83E-03 | 2.60E-03 | 4.71E-05 | 7.00E-04 | 2.58E-06 | 9.56E-10 | 1.19E-10 | 1.33E-09 | 2.46E-03 | 7.25E-04 | 2.06E-03 | 6.50E-04 |
| **Voies portuaires** | **9.63E-01** | **1.36E+00** | **4.76E-02** | **2.31E-01** | **5.93E-04** | **9.54E-07** | **1.19E-07** | **1.36E-06** | **5.69E+00** | **1.49E+00** | **1.93E+00** | **6.07E-01** |
| RD723 - T1 (Houmaille/Pointière) | 6.95E+00 | 4.52E+00 | 9.89E-02 | 1.17E+00 | 5.72E-03 | 2.00E-06 | 2.49E-07 | 2.81E-06 | 6.92E+00 | 1.91E+00 | 4.29E+00 | 1.35E+00 |
| RD723 - T2 (Pointière/Porte Bouguenais) | 9.40E+00 | 6.11E+00 | 1.34E-01 | 1.59E+00 | 7.74E-03 | 2.71E-06 | 3.36E-07 | 3.80E-06 | 9.36E+00 | 2.58E+00 | 5.80E+00 | 1.83E+00 |
| RD723 - T3 (Porte Bouguenais/Mandela) | 1.50E+01 | 6.65E+00 | 1.41E-01 | 1.79E+00 | 1.15E-02 | 2.85E-06 | 3.54E-07 | 3.98E-06 | 8.62E+00 | 2.36E+00 | 6.18E+00 | 1.95E+00 |
| **RD723** | **3.14E+01** | **1.73E+01** | **3.73E-01** | **4.56E+00** | **2.49E-02** | **7.57E-06** | **9.39E-07** | **1.06E-05** | **2.49E+01** | **6.85E+00** | **1.63E+01** | **5.13E+00** |
| R844 - T1 (Porte GrandLieu/Porte Bouguenais) | 4.42E+01 | 2.10E+01 | 5.31E-01 | 5.35E+00 | 3.31E-02 | 1.07E-05 | 1.34E-06 | 1.51E-05 | 4.51E+01 | 1.19E+01 | 2.28E+01 | 7.19E+00 |
| R844 - T2 (Porte Bouguenais/Porte Estuaire) | 1.02E+02 | 4.80E+01 | 1.18E+00 | 1.23E+01 | 7.65E-02 | 2.39E-05 | 2.97E-06 | 3.36E-05 | 9.69E+01 | 2.57E+01 | 5.09E+01 | 1.61E+01 |
| R844 - T3 (Porte Estuaire/Porte ST Herblain) | 3.84E+01 | 1.83E+01 | 4.62E-01 | 4.64E+00 | 2.87E-02 | 9.36E-06 | 1.16E-06 | 1.31E-05 | 3.94E+01 | 1.04E+01 | 1.98E+01 | 6.26E+00 |
| **R844** | **1.85E+02** | **8.73E+01** | **2.18E+00** | **2.23E+01** | **1.38E-01** | **4.41E-05** | **5.47E-06** | **6.18E-05** | **1.81E+02** | **4.81E+01** | **9.35E+01** | **2.95E+01** |

## Situation future – plateformes nord et sud

| Rues | Emissions (kg/j) | | | | | | | | | | GES (t/j) | Consommation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CO | NOx | SO2 | NO2 | Benzene | Plomb | Cadmium | Nickel | PM10 | PM2.5 | CO2 | (tep/j) |
| Rue de l'Ile Pointière | 1.79E-01 | 2.01E-01 | 5.38E-03 | 4.38E-02 | 1.41E-04 | 1.08E-07 | 1.35E-08 | 1.54E-07 | 5.26E-01 | 1.40E-01 | 2.24E-01 | 7.06E-02 |
| Rue Ile Ste Hélène (Schoelcher/Moutons) | 4.47E-01 | 6.68E-01 | 2.44E-02 | 1.07E-01 | 2.53E-04 | 4.90E-07 | 6.12E-08 | 7.01E-07 | 3.00E+00 | 7.82E-01 | 9.85E-01 | 3.11E-01 |
| Rue Ile aux moutons | 2.42E-01 | 3.52E-01 | 1.26E-02 | 5.79E-02 | 1.43E-04 | 2.52E-07 | 3.15E-08 | 3.61E-07 | 1.53E+00 | 3.98E-01 | 5.08E-01 | 1.60E-01 |
| Rue Ile Botty 2B (Fourrière/Moutons) | 6.96E-02 | 8.28E-02 | 2.40E-03 | 1.70E-02 | 5.22E-05 | 4.83E-08 | 6.02E-09 | 6.87E-08 | 2.52E-01 | 6.66E-02 | 9.90E-02 | 3.12E-02 |
| Impasse de la Fourrière | 2.83E-03 | 2.60E-03 | 4.71E-05 | 7.00E-04 | 2.58E-06 | 9.56E-10 | 1.19E-10 | 1.33E-09 | 2.46E-03 | 7.25E-04 | 2.06E-03 | 6.50E-04 |
| **Voies portuaires** | **1.03E+00** | **1.50E+00** | **5.38E-02** | **2.47E-01** | **6.06E-04** | **1.08E-06** | **1.35E-07** | **1.54E-06** | **6.53E+00** | **1.70E+00** | **2.17E+00** | **6.84E-01** |
| RD723 - T1 (Houmaille/Pointière) | 6.96E+00 | 4.55E+00 | 1.01E-01 | 1.18E+00 | 5.72E-03 | 2.04E-06 | 2.53E-07 | 2.86E-06 | 7.19E+00 | 1.98E+00 | 4.36E+00 | 1.37E+00 |
| RD723 - T2 (Pointière/Porte Bouguenais) | 9.41E+00 | 6.15E+00 | 1.36E-01 | 1.59E+00 | 7.74E-03 | 2.76E-06 | 3.42E-07 | 3.86E-06 | 9.73E+00 | 2.67E+00 | 5.90E+00 | 1.86E+00 |
| RD723 - T3 (Porte Bouguenais/Mandela) | 1.50E+01 | 6.65E+00 | 1.41E-01 | 1.79E+00 | 1.15E-02 | 2.85E-06 | 3.54E-07 | 3.98E-06 | 8.62E+00 | 2.36E+00 | 6.18E+00 | 1.95E+00 |
| **RD723** | **3.14E+01** | **1.74E+01** | **3.77E-01** | **4.56E+00** | **2.50E-02** | **7.64E-06** | **9.49E-07** | **1.07E-05** | **2.55E+01** | **7.00E+00** | **1.64E+01** | **5.19E+00** |
| R844 - T1 (Porte GrandLieu/Porte Bouguenais) | 4.42E+01 | 2.10E+01 | 5.31E-01 | 5.35E+00 | 3.31E-02 | 1.07E-05 | 1.34E-06 | 1.51E-05 | 4.51E+01 | 1.19E+01 | 2.28E+01 | 7.19E+00 |
| R844 - T2 (Porte Bouguenais/Porte Estuaire) | 1.02E+02 | 4.80E+01 | 1.18E+00 | 1.23E+01 | 7.65E-02 | 2.39E-05 | 2.97E-06 | 3.36E-05 | 9.69E+01 | 2.57E+01 | 5.09E+01 | 1.61E+01 |
| R844 - T3 (Porte Estuaire/Porte ST Herblain) | 3.84E+01 | 1.83E+01 | 4.62E-01 | 4.64E+00 | 2.87E-02 | 9.36E-06 | 1.16E-06 | 1.31E-05 | 3.94E+01 | 1.04E+01 | 1.98E+01 | 6.26E+00 |
| **R844** | **1.85E+02** | **8.74E+01** | **2.18E+00** | **2.23E+01** | **1.38E-01** | **4.41E-05** | **5.47E-06** | **6.18E-05** | **1.81E+02** | **4.81E+01** | **9.35E+01** | **2.95E+01** |

# Annexe 3
# Généralités sur la pollution atmosphérique

## Définition

La directive du 30 décembre 1996 sur la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie donne la définition suivante de la pollution atmosphérique :
*"La pollution atmosphérique est l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre la santé humaine en danger, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives."*

La directive européenne n°96/62/CE du Conseil du 27 septembre 1996 donne les définitions de termes souvent utilisés dans le domaine de la qualité de l'air :

- ***Air ambiant :*** L'air extérieur de la troposphère, à l'exclusion des lieux de travail.
- ***Polluant :*** Toute substance introduite directement ou indirectement par l'homme dans l'air ambiant et susceptible d'avoir des effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble.

## Origine de la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est d'origine très diverse. Elle peut provenir des industries, des activités domestiques ou encore du trafic routier. Il existe plusieurs types de pollution atmosphérique :

**La pollution urbaine**
Elle affecte principalement la santé humaine. En effet, l'exposition à plusieurs substances indésirables simultanément augmente leurs effets nocifs. La pollution urbaine détériore aussi les bâtiments par corrosion et salissure.

**La pollution à l'échelle régionale**
Les pluies acides : Elles sont dues à la formation d'acides nitriques et sulfuriques formés par combinaison de pluie et d'oxydes d'azote et de soufre. Ces polluants proviennent des rejets en zones urbaines. Les pluies acides sont l'une des causes du dépérissement des lacs et des forêts (par les dépôts acides, secs et humides).

**La pollution photochimique ou smog**
Elle provient principalement des véhicules. Les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les carbones organiques volatils sont à l'origine de la formation de l'ozone troposphérique (basse altitude) et du PAN (Peroxyacétylenitrate). Il y a formation de brouillard ou smog lorsque les concentrations en ozone ("mauvais ozone") dans l'air ambiant sont élevées.

**La pollution à l'échelle planétaire**
*La destruction de la couche d'ozone* : La disparition progressive de la couche d'ozone stratosphérique (à haute altitude) provient de l'action du chlore et du brome gazeux issu des activités domestiques. En s'amoindrissant, la couche d'ozone, appelée "bon ozone", pourrait engendrer des pathologies telles que des cancers de la peau, car les radiations U.V. ne sont plus filtrées par la couche.

*La modification de l'effet de serre* : L'effet de serre est causé par l'accumulation de certains gaz, ce qui entraîne un échauffement de l'atmosphère. Ce phénomène est naturel, mais une accumulation trop grande de ces gaz pourrait entraîner des modifications climatiques importantes.

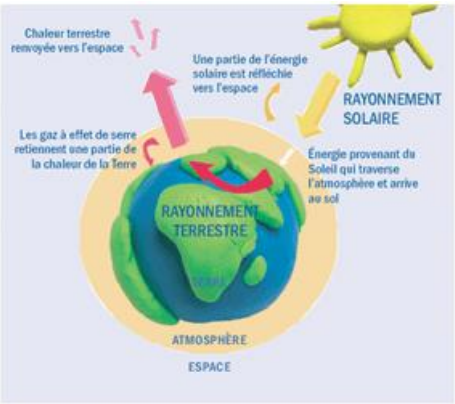
# Principaux phénomènes

## L'effet de serre

L'effet de serre naturel, qui permet à la Terre d'être habitable, est accru par certains gaz émis par les activités humaines, dits gaz à effet de serre (GES). Le réchauffement climatique observé à l'échelle de la planète en est la conséquence. Le dioxyde de carbone ($CO_2$) est le principal représentant des gaz à effet de serre, mais il n'est pas le seul : on peut aussi citer par exemple le méthane ($CH_4$) ou le protoxyde d'azote ($N_2O$).

Contrairement aux gaz à effet de serre, la pollution dans l'air a un effet local direct sur la santé et sur l'environnement. En France, elle est surveillée par des associations indépendantes comme AIRPARIF. Les principaux polluants qui posent problème en région parisienne sont le dioxyde d'azote, les particules et l'ozone.

*Figure 25 : phénomène « l'effet de serre » (source : AIRPARIF)*




## La pollution photochimique

La pollution photochimique désigne un mélange complexe de polluants formés chimiquement dans l'air, sous l'effet du rayonnement solaire, à partir de composés précurseurs émis par des sources naturelles et les activités humaines (oxydes d'azote (NOx), composés organiques volatils (COV), monoxyde de carbone (CO)). Le principal polluant photochimique est l'ozone ($O_3$).

La production photochimique résulte de la dissociation du dioxyde d'azote ($NO_2$) par le rayonnement ultraviolet, cette réaction constituant la principale source d'oxygène atomique (O) dans les basses couches de l'atmosphère :

$$NO_2 + h \cdot \nu \Rightarrow O + NO$$

l'oxygène atomique se combinant à l'oxygène moléculaire ($O_2$) pour former l'ozone :

$$O + O_2 \Rightarrow O_3$$

et la production d'ozone étant toutefois limitée par sa réaction sur le monoxyde d'azote :

$$NO + O_3 \Rightarrow NO_2 + O_2$$

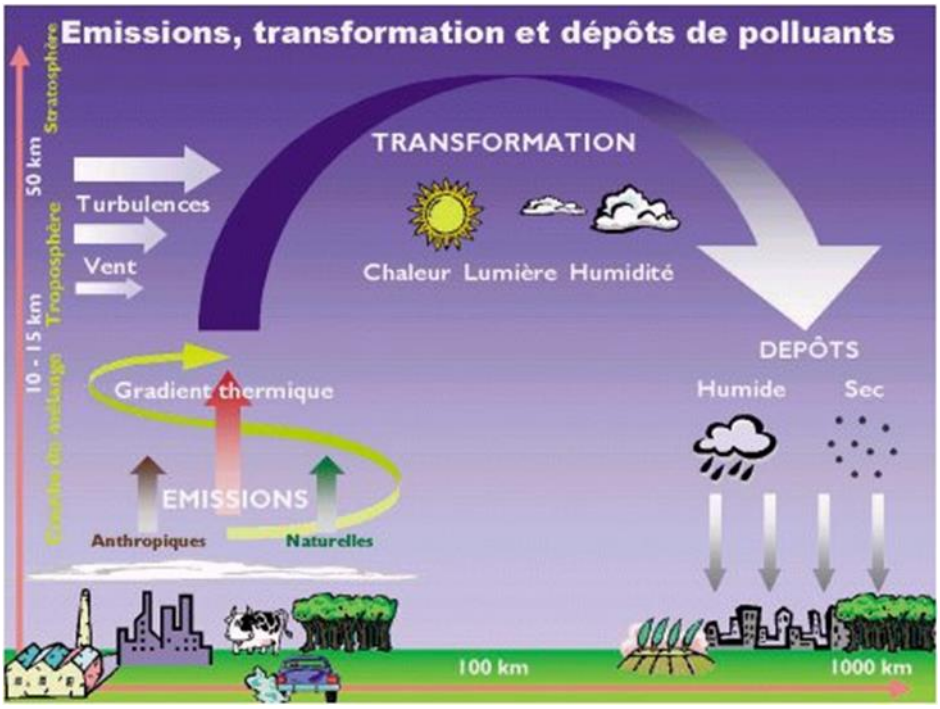
La production d'ozone est donc très dépendante de l'ensoleillement, et des conditions météorologiques, de sorte que la production des polluants photochimiques est favorisée au printemps ou en été. Le cycle photochimique chimique de formation et de destruction de l'ozone présente un caractère non linéaire d'où sa complexité. En effet une abondance des émissions des oxydes d'azote (NOx), précurseurs d'ozone, peut nuire à l'accumulation d'$O_3$, et la pollution photochimique peut se manifester plus amplement loin des émissions de précurseurs. En milieu urbain, où les émissions de (NOx) sont importantes du fait du trafic automobile et des foyers de combustion, l'ozone formé sur place peut être rapidement détruit. Ceci explique que les taux maxima de pollution sont généralement mesurés en zones périurbaines ou rurales sous le vent des panaches urbains.

## L'acidification

La pollution acide (ou pluies acides) est liée aux polluants acides ($SO_2$, NOx, $NH_3$, HCl, HF) émis par les activités humaines qui retombent en partie à proximité des sources, mais aussi à des centaines, voire des milliers de kilomètres de leurs sources émettrices. Ces polluants retombent sous forme de retombées sèches ou humides. Pendant le transport, ces polluants se transforment. $SO_2$ et NOx se transforment en sulfates ($SO_4^{2-}$) et en nitrates ($NO_3^{2-}$) dans le cas où l'atmosphère est sèche, ainsi qu'en acide sulfurique ($H_2SO_4$) et en acide nitrique ($HNO_3$) dans le cas où l'atmosphère est humide.
Les phénomènes de pollution acide à grande échelle ont été mis en évidence par l'acidification des eaux des lacs Scandinaves et Canadiens. Le pH des eaux est devenu acide entraînant des modifications importantes de la faune piscicole. Certaines pluies ont un pH compris entre 3 et 4 alors que l'eau pure a un pH de 5,6.

Les retombées acides ont des effets sur les matériaux, les écosystèmes forestiers et les écosystèmes d'eau douce.

*Figure 26 : phénomène d'acidification (source : CITEPA)*



# La dispersion des polluants atmosphériques

Les concentrations, en polluant dans l'atmosphère, peuvent fluctuer dans le temps et dans l'espace suivant :

- **l'intensité des émissions** des différentes activités qui varie dans le temps : en hiver le chauffage est important, le trafic routier est quasiment nul la nuit…
- la **topographie locale** qui peut favoriser ou non le déplacement des masses d'air,
- les **conditions météorologiques** : les vents forts peuvent entraîner un rabattement du panache des cheminées, les vents calmes limitent la dispersion des polluants,
- la **structure thermique de l'atmosphère** : une inversion thermique de température (ci-contre) limite la dispersion des polluants.

## La topographie locale

La topographie d'un site peut influencer la circulation des masses d'air. Par exemple, les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent modifier la dispersion des polluants.

***Le littoral :*** la nuit, les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens que de jour. En effet, durant la journée la brise de mer ramène les polluants sur les côtes. Mais de nuit, ce phénomène s'inverse car le sol se refroidit plus vite que la mer. La pollution est alors envoyée sur la mer.

*Le jour : brise de mer*

*La nuit : brise de terre*

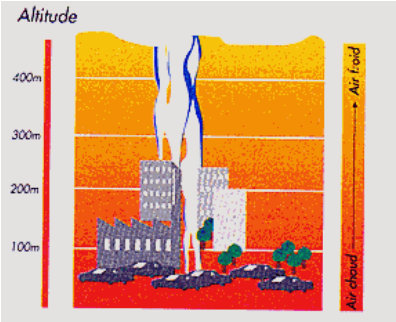
***Les vallées :*** les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens de jour et de nuit. En effet, le jour l'air s'échauffe sur les pentes et crée un courant qui remonte la vallée. Les polluants se dispersent rapidement. Mais de nuit, ce phénomène s'inverse : l'air froid s'écoule le long des pentes et s'accumule au fond de la vallée, tout en la descendant. La pollution évacuée dans la journée est alors ramenée dans la vallée la nuit.

*Le jour: brise montante*

*La nuit : brise descendante*

## La structure thermique de l'atmosphère

La structure thermique verticale de la troposphère peut varier suivant les jours et les heures.




En **situation normale de diffusion**, la température diminue avec l'altitude. La structure thermique de l'atmosphère ne freine pas la diffusion des polluants.

Parfois, à partir d'une certaine hauteur, la température peut augmenter avec l'altitude. Il y a alors **inversion thermique** : une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, est alors bloqué par cette couche d'air plus chaud qui agit comme un couvercle thermique.

Ce phénomène contribue à la pollution locale et peut conduire à la formation de dôme urbain de pollution. Il se rencontre lors de conditions météorologiques particulières :

- en début de matinée, suite à une nuit dégagée et sans vent,
- en hiver, lors de conditions anticycloniques.

# Annexe 4
# Description du logiciel ARIA Impact

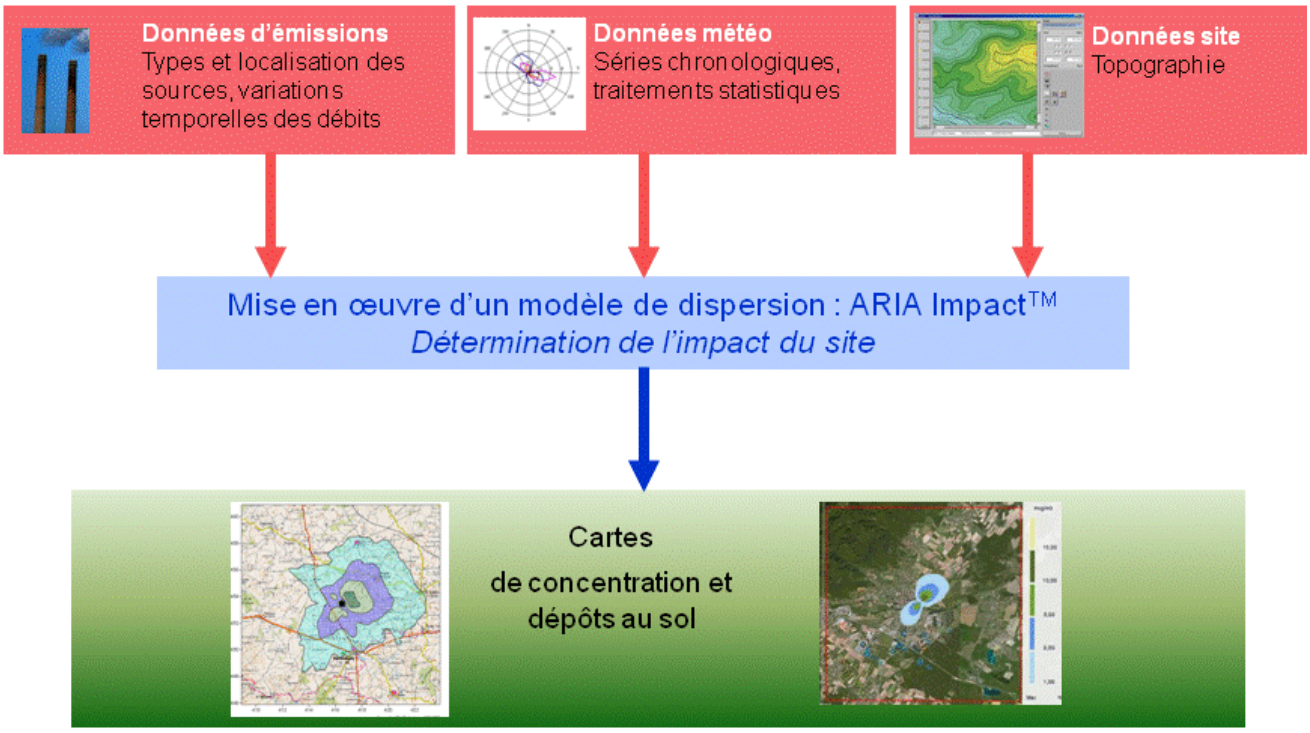
## Présentation générale

***ARIA Impact™*** est un modèle de type "gaussien", conforme aux recommandations de l'E.P.A.[4]. ARIA Impact **répond également aux prescriptions de l'INERIS** pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE). C'est un logiciel de modélisation de la pollution atmosphérique qui permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française sur la qualité de l'air et européenne, et de fournir les éléments indispensables à :

- l'évaluation des risques sanitaires d'une installation industrielle (moyenne annuelle, centiles, dépôts),
- l'évaluation de l'impact olfactif (concentration d'odeurs, fréquences de dépassement de seuil),
- l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air d'un aménagement routier (moyenne annuelle, centiles).

ARIA Impact™ permet d'étudier **l'impact à long terme** d'une installation en reconstruisant l'impact statistique des émissions à partir d'une chronique météorologique réelle de plusieurs années. Cette approche donne, sur de longues périodes, des résultats cohérents avec les observations des réseaux de la surveillance de la qualité de l'air pour des distances supérieures à 100 mètres.

Le schéma ci-dessous présente la démarche qui est mise en œuvre dans les études d'impact :




[4] Agence de l'environnement américain (Environment Protection Agency).

## Fonctionnalités techniques

**Logiciel multi-espèces et multi-sources**

ARIA Impact™ permet de modéliser la dispersion de :

- de **polluants gazeux** (NOx, $SO_2$…) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM10, métaux lourds, dioxines…) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués.
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de **polluants radioactifs**.

Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation :

- Des **sources ponctuelles** industrielles (incinérateur, centrale thermique…),
- Des **sources diffuses** ou volumiques (atelier de peinture, carrières…),
- Des **sources linéiques** (trafic automobile).

**Choix de la météorologie adaptée à la complexité de l'étude**

Plusieurs types de modélisation sont possibles avec le logiciel ARIA Impact™ :

- **Modélisation pour une situation particulière** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques pour une situation météorologique fixée par l'utilisateur (modélisation pour une vitesse de vent et une direction de vent données). Ce mode de calcul peut être utilisé par exemple pour étudier un cas de dysfonctionnement associé à une situation météorologique défavorable, une phase de démarrage, ou encore pour comparer des scénarios d'émissions entre eux.
- **Modélisation statistique depuis une rose des vents :** il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte les fréquences d'occurrence d'une rose des vents général. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, le centile 100 ou des fréquences de dépassement de seuil. Ce mode de calcul est bien adapté pour les polluants gazeux et si la marche de production et d'émissions est constante sur l'année.
- **Modélisation statistique à partir d'une base météorologique complète** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte une base complète de données météorologiques. Dans ce cas, un calcul académique est réalisé pour chaque échéance météorologique de la base de données. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, des centiles (98, 99.5 etc…) ou des fréquences de dépassement de seuil. Les statistiques sont donc réalisées à partir de la modélisation de chaque séquence météorologique horaire sur plusieurs années (8760 situations météo sur une année) ce qui permet de bien tenir compte des variations diurnes et saisonnières des concentrations.

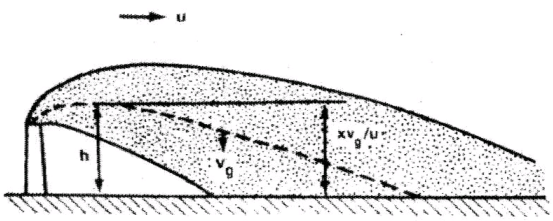
**Variation temporelle des émissions**

ARIA Impact™ permet de prendre en compte les variations temporelles des émissions. Les émissions peuvent varier en fonction de l'heure, du jour et du mois de l'année.

Il est également possible d'intégrer des périodes de fonctionnement particulières (arrêt technique, panne de fonctionnement du système de traitement des gaz…).

**Dépôts au sol**

ARIA Impact™ peut prendre en compte la chute de particules par effet gravitaire. Dans ce cas, la vitesse de chute est automatiquement calculée en fonction de la granulométrie et de la densité des particules, faisant varier l'axe d'inclinaison du panache. De plus, la vitesse de dépôt sec définie dans les caractéristiques des espèces permet de calculer les **dépôts secs**.




ARIA Impact™ permet également de prendre en compte le lessivage du panache par la pluie. Cette fonction permet de calculer les **dépôts humides** en plus des dépôts secs.

**Dispersion par vents calmes**

La prise en compte des vents calmes dans les calculs de dispersion implique l'utilisation d'un modèle plus performant (modèle 3D à bouffées gaussiennes). ARIA Impact™ intègre en standard un algorithme spécifique permettant de calculer l'impact des sources dans le cas de vents calmes, contrairement aux modèles gaussiens classiques.

Un vent est considéré calme lorsque la vitesse du vent est inférieure à 1 m/s.

**Reconstitution de profils verticaux météorologiques**

Dans le cas de cheminée, la surélévation du panache est calculée entre autres à partir de la vitesse du vent et de la température de l'air. Ces valeurs sont fournies dans la base de données météorologique. Cependant, ces données correspondent la plupart du temps à des mesures de station sol, c'est-à-dire qu'elles sont mesurées à environ 10 mètres du sol. Pourtant, les valeurs de vitesse de vent et de température observées au sommet de la cheminée peuvent varier de manière importante suivant la hauteur de celle-ci : par exemple, plus la cheminée est haute, plus la vitesse du vent est élevée au niveau du débouché.

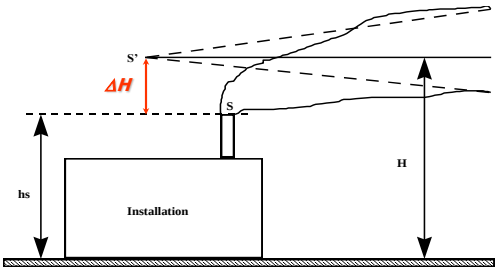
Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact™ peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures de vent au sol, de la turbulence atmosphérique et de l'occupation des sols, afin de connaître la vitesse du vent au niveau du débouché de la cheminée.

**Prise en compte de la couche de mélange**

ARIA Impact™ peut calculer la hauteur de couche de mélange à partir des données météorologiques horaires disponibles. Cette hauteur de mélange est alors prise en compte dans le calcul de dispersion par réflexion des panaches sur la couche de mélange.

**Surélévation de panache issu de cheminée**

Dans le cas de cheminée, lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surélévation du panache. En effet, les fumées de combustion vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. Tout se passe comme si l'émission des rejets se faisait à une hauteur réelle d'émission (hauteur de la cheminée) augmentée de la surhauteur due aux conditions d'éjection. ARIA Impact™ prend en compte les effets de la surélévation des fumées de cheminée. Plusieurs formulations permettant de calculer la surélévation des fumées sont codées dans ARIA Impact afin d'adapter la formule la plus adéquate au cas d'étude (Formule de Holland, Formule de Briggs, Formule de Concawe…).



**Conversion des NOx en NO et $NO_2$**

Dans le cas de la modélisation des émissions liées au trafic automobile, ARIA Impact™ contient un algorithme simple permettant de calculer les concentrations en NO et $NO_2$ à partir des concentrations en NOx, à l'aide de la formule de conversion de Middleton.

**Prise en compte simplifiée de la topographie**

ARIA Impact™ permet de prendre en compte de manière simplifiée les topographies peu marquées. Un algorithme simple permettant de prendre en compte le relief, sans faire appel à des calculs de vents tridimensionnels, peut être activé dans le module de calcul. Cet algorithme permet de rapprocher du relief l'axe du panache pour des atmosphères stables.

**Envols de poussières**

ARIA Impact™ contient un module spécifique pour le calcul des envolées de poussières fines, dans le cas d'un **stockage de poussières exposé au vent**.

Cette option permet d'estimer la quantité de poussières émises par une source surfacique en fonction de la rafale de vent, puis de modéliser la dispersion de ces poussières. Il peut s'agir par exemple d'un tas de charbon dont, par vent fort, les poussières fines vont s'envoler. Le calcul de la quantité émise de poussières passe par l'estimation du potentiel d'érosion du stockage, puis des facteurs d'émission fonction de la rafale de vent.

## Résultats

**Grandeurs calculées**

ARIA Impact™ permet de calculer les grandeurs suivantes :

- **moyennes mensuelles et/ou annuelles** de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol,
- **fréquences de dépassement de seuils** en moyennes journalières ou horaires (normes françaises et européennes),
- **centiles** 98, 99.8, 100 ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul prédéfinie (horaire, journalière, 8 heures…).

Les résultats de concentrations peuvent être exprimés en $\mu g/m^3$, $ng/m^3$, $pg/m^3$ ou $fg/m^3$ pour les polluants classiques, en $uo/m^3$ pour les odeurs et en $Bq/m^3$ pour les polluants radioactifs.

**Cartographies**

Les résultats obtenus avec ARIA Impact™ peuvent être présentés sous forme cartographique au format image, mais aussi en des formats numériques **compatibles** avec la plupart des **Systèmes d'Informations Géographiques** tels que Mapinfo, ArcView ou SURFER.

Un export des résultats vers **Google Earth** permet également de visualiser les résultats sur une photo aérienne directement avec le logiciel Google Earth.

## Validation du logiciel ARIA Impact™

L'association RECORD (Recherche coopérative sur les déchets et l'environnement) a demandé à l'Ecole Centrale de Lyon une étude sur les logiciels de modélisation utilisés dans le cadre des études d'impact air pour des industriels. Dans le cadre de cette étude, des comparaisons du modèle ARIA Impact™ ont été réalisées sur les cas-tests de l'outil européen d'évaluation « Model Validation kit ». Cet outil est utilisé pour évaluer les modèles de dispersion atmosphérique. Il s'agit d'une série de cas-tests intégrant des jeux de mesures de terrain qui sont largement référencés dans la validation des modèles. L'évaluation des modèles sur des cas-tests consiste à comparer les résultats d'un modèle à des mesures de terrain représentatives de situations simples. La synthèse du rapport rédigé par l'Ecole Centrale de Lyon est téléchargeable sur le site Internet de l'association RECORD[5].

Les résultats de cette étude ont montré que la moyenne des concentrations modélisées sur toutes les expériences est proche de la moyenne des concentrations mesurées. D'autre part, le coefficient de corrélation de 0,6 et le pourcentage de résultats dans un facteur 2 par rapport aux mesures de l'ordre de 60% sont satisfaisants. Cette étude montre également qu'ARIA Impact™ a des résultats statistiques équivalents à ceux des autres logiciels de dispersion, dont les logiciels de référence de l'US-EPA AERMOD et ISCST3.

Le logiciel ARIA Impact™ a également fait l'objet de nombreuses comparaisons mesures/calculs dans le cadre d'études spécifiques. Certaines d'entre elles sont reprises dans le dossier de validation du logiciel ARIA Impact™, disponible sur simple demande.

## Limite du modèle

ARIA Impact™ **n'est pas applicable** dans les conditions suivantes :

- **lorsque la topographie est trop importante** (zones montagneuses, reliefs pouvant modifiés la trajectoire des panaches) : ARIA Impact™ considère la trajectoire du panache rectiligne. Le module spécifique à la topographie ne permet pas au panache de contourner la montagne (il passe au-dessus), ce qui n'est pas le cas en particulier en cas d'atmosphère stable ;
- **lorsque la station météorologique n'est pas représentative de la climatologie du site** : la météorologie est considérée constante sur l'ensemble du domaine d'étude. Il n'y a pas de reconstitution 3D météorologique.

Les résultats du logiciel ARIA Impact™ ne sont pas interprétables à moins de 100 mètres des sources d'émissions.

[5] Rapport : « Modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques d'un site industriel – Vers un guide de l'utilisateur - Phase 1 : Etat de l'art, Phase 2 : Evaluation des modèles », R. PERKINS, 2005 http://www.record-net.org/record/resultetudes.php