

CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR À PROXIMITÉ DES VOIES À GRANDE CIRCULATION

Modélisation de la pollution atmosphérique à proximité des axes routiers les plus importants d'Île-de-France : croisement des données de la qualité de l'air avec la localisation des Établissements recevant du public franciliens

Troisième volet

Décembre 2012





Surveillance de la Qualité de l'Air
en Île-de-France

CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR A PROXIMITE DES VOIES A GRANDE CIRCULATION :

- TROISIEME VOLET -

**MODELISATION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE A PROXIMITE
DES AXES ROUTIERS LES PLUS IMPORTANTS D'ILE-DE-FRANCE :
CROISEMENT DES DONNEES DE LA QUALITE DE L'AIR AVEC LA
LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC
FRANCILIENS**

DECEMBRE 2012

AIRPARIF
Surveillance de la Qualité de l'Air
en Île-de-France

CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR A PROXIMITE DES VOIES
A GRANDE CIRCULATION :

- TROISIEME VOLET -

MODELISATION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE A PROXIMITE
DES AXES ROUTIERS LES PLUS IMPORTANTS D'ILE-DE-FRANCE :
CROISEMENT DES DONNEES DE LA QUALITE DE L'AIR AVEC LA
LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC
FRANCILIENS

DECEMBRE 2012

Étude réalisée par :

AIRPARIF Surveillance de la Qualité de l'Air en Île-de-France

7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 - www.airparif.asso.fr

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| GLOSSAIRE | 4 |
| I. INTRODUCTION | 5 |
| II. METHODOLOGIE | 6 |
| II.1 MODELISATION DE LA QUALITE DE L’AIR | 6 |
| II.1.1 Les polluants étudiés : indicateur du trafic routier | 6 |
| II.1.2 Les outils de calcul des concentrations | 6 |
| II.2 LE RESEAU ROUTIER | 7 |
| II.2.1 Sélection du réseau routier principal | 8 |
| II.2.2 Calage du réseau routier principal | 10 |
| II.3 DOMAINE D’ETUDE | 12 |
| III. LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC | 13 |
| IV. CARTOGRAPHIE DE LA QUALITE DE L’AIR | 21 |
| IV. POSITIONNEMENT DES ERP RECEVANT UN PUBLIC SENSIBLE PAR RAPPORT AUX NORMES DE QUALITE DE L’AIR | 27 |
| V. CONCLUSION | 41 |

GLOSSAIRE

Généralités :

Distance d'influence / d'impact : La distance d'influence (ou d'impact) au-delà de laquelle on n'observe plus de surcroît de pollution atmosphérique dû à une ou plusieurs sources d'émissions.

Zone d'influence / d'impact : La zone d'influence (ou d'impact) représente la zone sur laquelle les teneurs de pollution atmosphérique sont supérieures au niveau de fond ambiant environnant du fait du surcroît de pollution dû à une ou plusieurs sources d'émissions.

Emissions : rejets de polluants dans l'atmosphère.

ERP : Etablissement recevant du public.

IAU : Institut d'aménagement et d'urbanisme.

Normes :

Les **objectifs de qualité (OQ)** sont définis par la réglementation française. Ils correspondent à une qualité de l'air jugée acceptable ou satisfaisante.

Les **valeurs limites (VL)** sont définies par la réglementation européenne et reprises dans la réglementation française. Elles correspondent à un niveau fixé dans le but d'éviter, de prévenir, ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint. Ce sont donc des valeurs réglementaires contraignantes. Elles doivent être respectées chaque année. Un dépassement de valeur limite doit être déclaré au niveau européen. Dans ce cas, des plans d'actions motivés doivent être mis en œuvre afin de conduire à une diminution rapide des teneurs en dessous du seuil de la valeur limite. La persistance d'un dépassement peut conduire à un contentieux avec l'Union Européenne. La plupart des valeurs limites voyaient leurs seuils diminuer d'année en année. Pour les particules PM10 et le dioxyde de soufre, les valeurs limites ont atteint leur niveau définitif en 2005. Pour le dioxyde d'azote et le benzène, le seuil des valeurs limites a achevé sa décroissance au 1^{er} janvier 2010, pour les particules PM2.5 la décroissance se poursuit jusqu'au 1^{er} janvier 2015.

Polluants :

NO₂ : Dioxyde d'azote

PM10 : Particules de diamètre inférieur à 10 µm

PM2.5 : Particules de diamètre inférieur à 2.5 µm

I. INTRODUCTION

Suite à la réflexion engagée par AIRPARIF depuis l'étude à la Porte de Bagnolet¹, le Conseil d'Administration et l'Assemblée Générale d'AIRPARIF ont décidé en 2006 la mise en route d'un vaste programme d'étude portant sur la caractérisation de la qualité de l'air aux abords des autoroutes urbaines et autres grandes voies de circulation. Ce programme d'étude répond aux préoccupations (impact et influence du trafic routier) émises par les collectivités locales et l'Association Île-de-France Environnement ; il s'inscrit également plus largement dans le Programme de surveillance de la qualité de l'air² d'Airparif, élaboré pour la période 2010-2014, qui identifie clairement les niveaux de pollution à proximité du trafic routier comme un enjeu en Ile-de-France. Le pilotage du programme est assuré par le Conseil Régional d'Île-de-France.

Le premier volet de ce programme d'étude³ a permis de compléter les enseignements sur le comportement de la pollution atmosphérique à proximité du Boulevard Périphérique sur la base de mesures de dioxyde d'azote (NO₂), de benzène et de particules (PM10 et PM2.5). La distance d'influence et l'impact du Boulevard Périphérique ont été étudiés et quantifiés pour ces différents polluants. Cela a confirmé le rôle notamment de la distance au trafic, de l'urbanisme et de la topographie, paramètres d'influence des concentrations de pollution atmosphérique.

Le second volet⁴, consacré à la modélisation, s'est attaché d'une part, à évaluer la capacité d'un modèle déterministe à reproduire les niveaux des différents polluants mesurés lors de la campagne du premier volet et d'autre part, à illustrer différentes situations types (influence des conditions de vent sur la zone et la distance de l'impact du trafic routier). Enfin, ce volet visait à tester l'impact de certaines configurations topographique et urbaines sur la qualité de l'air.

Dans le cadre du troisième volet de l'étude, Airparif a généralisé les travaux de modélisation à proximité du trafic aux axes routiers les plus importants d'Ile-de-France (les « voies à grande circulation »). Les données issues de cette modélisation de la qualité de l'air réalisée par Airparif ont été couplées à des informations géo-localisées portant sur les établissements recevant du public (ERP). Ce croisement de données a été réalisé par l'IAU (Institut d'aménagement et d'urbanisme) Île-de-France afin d'extraire les résultats de la qualité de l'air aux emplacements des ERP.

Seuls les ERP accueillant les personnes les plus sensibles, comme les jeunes enfants, les personnes âgées, les personnes hospitalisées, ont été retenus. Parmi ces établissements, plus de la moitié (55 %) sont en effet implantés à proximité immédiate des principaux axes routiers d'Ile de France, qui constitue la zone d'étude. De plus, les équipements sportifs et espaces extérieurs dédiés aux activités sportives ont également fait l'objet d'un recensement et d'un croisement avec les données de la qualité de l'air de la part de l'IAU Ile-de-France car ils peuvent également recevoir un public sensible pour lequel des efforts physiques accentuent l'impact des polluants atmosphériques sur la santé.

L'objectif de cette étude est donc de mettre en relief la localisation de crèches, écoles, structures d'hébergement des personnes âgées, hôpitaux mais aussi terrains de sport de plein-air par rapport aux niveaux de pollution, liés au trafic routier, et au respect des normes de qualité de l'air.

¹ « Caractérisation de la qualité de l'air au voisinage d'un échangeur autoroutier urbain : cas de la Porte de Bagnolet » - Décembre 2004 : <http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rapbagn.pdf>.

² « Programme de surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France – 2010-2014 » - octobre 2010 : http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/Rpsqa_2010_1010.pdf.

³ « Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grande circulation : Premier volet - Campagne de mesure portant sur le Boulevard périphérique au niveau de la porte de Gentilly » – Février 2008 : http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rgentilly_volet1.pdf.

⁴ Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grande circulation : Deuxième volet - Modélisation des niveaux de pollution au voisinage du Boulevard Périphérique au niveau de la porte de Gentilly – Mars 2010 : http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/Rgentilly_volet2.pdf.

II. METHODOLOGIE

L'estimation des niveaux de polluants à proximité du trafic routier est réalisée par Airparif, dans le cadre d'études spécifiques, des travaux d'élaboration du bilan annuel sur la situation de la qualité de l'air dans la région au regard de la réglementation et du nombre de franciliens concernés, et de rapportage au niveau national ou européen.

Le premier paragraphe (II.1) rappelle tout d'abord les outils et la méthodologie utilisés pour modéliser la qualité de l'air en tout point de la région Ile-de-France, en situation de fond et à proximité du trafic routier. Les paragraphes suivants (II.2 et II.3) présentent le réseau routier et le domaine d'étude sélectionné sur lesquels la qualité de l'air a été modélisée et les ERP recensés.

Dans le cadre de la présente étude, de nombreux paramètres, tel que le calage du réseau routier, ont fait l'objet d'un raffinement permettant la réalisation du croisement des données de la qualité de l'air issue de la modélisation et des informations géo-localisées relatives aux ERP.

II.1 Modélisation de la qualité de l'air

La modélisation de la qualité de l'air sur le domaine d'étude a été réalisée pour l'année 2011.

II.1.1 Les polluants étudiés : indicateur du trafic routier

Comme pour l'ensemble des travaux menés dans le cadre de l'étude de la qualité de l'air à proximité du trafic routier, les polluants modélisés sont ceux fortement émis par le trafic routier⁵, à savoir le dioxyde d'azote (50 % des émissions régionales sont le fait du trafic routier), les particules PM10 et PM2.5 (25 % des émissions régionales), et le benzène⁶.

II.1.2 Les outils de calcul des concentrations

A partir du calcul des émissions engendrées par le trafic routier en 2011, il est possible d'évaluer les concentrations annuelles au droit des principaux axes routiers d'Île-de-France sélectionnés dans le cadre de l'étude.

Le passage des émissions aux concentrations est réalisé à l'aide de l'outil de modélisation simplifiée qu'est le logiciel STREET⁷. Il permet d'évaluer les concentrations annuelles en polluant à proximité immédiate des axes routiers⁸.

Plusieurs paramètres doivent être renseignés dans le logiciel STREET, à savoir :

- La typologie de l'axe, schématisant le type de voie (nombre de voie...), la disposition des bâtiments, le nombre de voies, la continuité des façades, le ratio hauteur moyenne des bâtiments / largeur de la voie, la distance rue-bâtiment.

⁵ « Inventaire des émissions en Ile-de-France – Résultats – année 2008 » - Airparif février 2012 :

[http://www/ pdf/publications/Rinventaire-2008-120217.pdf](http://www.airparif.fr/pdf/publications/Rinventaire-2008-120217.pdf)

⁶ Le trafic routier contribue en 2008 à 22 % des Composés organiques volatils non méthaniques.

⁷ La version du logiciel STREET utilisée est une version adaptée par la société Targeting à AIRPARIF.

⁸ Les résultats doivent être considérés comme des ordres de grandeur des niveaux de pollution pour des rues idéalisées, de géométries considérées comme simples et uniformes. Ce logiciel ne tient pas compte des phénomènes locaux qui pourraient intervenir dans des portions complexes de rue (par exemple des décrochements dans la continuité du bâti). De même, les conditions de circulations prises en compte dans le logiciel sont les conditions moyennes de la portion de l'axe, sans prise en compte des comportements ponctuels liés par exemple à la présence de feux tricolores. Ainsi, une concentration moyenne est affectée à l'ensemble de la portion d'axe considérée. Le logiciel estime les concentrations pour chaque axe sans tenir compte des axes voisins. Par conséquent, cette méthodologie est limitée dans le cas d'un échangeur ou d'axes séparés physiquement en deux par de grands terre-pleins.

- L'orientation de la rue. Le calage géographique du réseau routier réalisé de manière fine permet une meilleure prise en compte de ce paramètre.
- Les conditions météorologiques dominantes à l'échelle annuelle. En Ile-de-France, le vent dominant à l'échelle annuelle est de secteur Sud-Ouest et de vitesse moyenne d'environ 3 m/s.

La prise en compte de ces éléments permet l'estimation de la qualité de l'air au droit des axes routiers.

Les niveaux de pollution en proximité d'un axe routier peuvent être en premier ordre considérés comme la somme de la pollution de fond (rencontrée dans les zones éloignées des sources d'émissions de polluants et représentant l'ambiance générale de pollution) et de la pollution engendrée directement par les émissions du trafic routier de l'axe considéré.

Les concentrations **en situation de fond** sont renseignées aux stations du réseau fixe d'AIRPARIF puis estimées sur l'ensemble de l'Ile-de-France à l'aide d'outils géostatistiques (tels que le co-krigeage). L'outil géostatistique constitue un moyen classiquement utilisé pour estimer, à partir des mesures issues du réseau fixe, la répartition spatiale de la pollution de l'air et produire ainsi des cartographies des polluants atmosphériques aux échelles urbaine et régionale. En complément des teneurs mesurées sur le réseau fixe d'Airparif, les sorties de la plateforme de modélisation interrégionale Esméralda⁹ sont utilisées afin d'affiner le motif des champs de polluants sur l'ensemble de l'Ile-de-France.

Les niveaux modélisés **au droit de chaque axe** sont obtenus par addition des concentrations en fond et des concentrations engendrées directement par les émissions du trafic routier de l'axe visé.

Enfin, les concentrations de polluants des **zones influencées**, intermédiaires entre la proximité immédiate et le fond urbain sont calculées par modélisation empirique de la décroissance des niveaux. Les lois de décroissance sont déterminées notamment sur la base de campagnes de mesure temporaires réalisées par Airparif au cours desquelles de nombreux transects ont été réalisées (Airparif, 2004 ; Airparif, 2006 ; Airparif, 2008a). Ce type de mesure permet de déterminer l'intensité de l'impact et la distance d'influence des émissions routières sur la qualité de l'air en instrumentant des sites perpendiculairement à un axe routier, en s'éloignant progressivement de celui-ci.

La décroissance des teneurs dépend du degré d'urbanisation. En effet, la distance d'influence des émissions du trafic routier est plus importante lorsque la densité urbaine est importante (confinement de la pollution) qu'en situation dite « ouverte » dans laquelle la dispersion des polluants atmosphériques est facilitée.

La modélisation permet de renseigner la qualité de l'air pour chaque polluant selon un maillage fin de 50 mètres sur l'ensemble de la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes routiers franciliens. On précise au chapitre suivant la méthodologie mise en œuvre pour sélectionner les principaux axes routiers franciliens.

II.2 Le réseau routier

Le réseau routier sur lequel le travail de modélisation de la qualité de l'air est réalisé correspond aux axes franciliens les plus importants. Ce réseau routier doit être le plus justement localisé (géo-référencé) notamment par rapport aux ERP afin que le croisement des informations ne soit pas faussé par un biais géographique.

⁹ <http://www.esmeralda-web.fr>.

II.2.1 Sélection du réseau routier principal

Le réseau routier principal, regroupant les axes les plus importants d'Ile-de-France, est défini en prenant en compte plusieurs critères :

- Le flux de véhicules : tous les axes du réseau dont le Trafic Moyen Journalier Annuel¹⁰ (TMJA) est supérieur à 15 000 véhicules/jour sont sélectionnés. La figure ci-dessous présente le TMJA sur le réseau régional ainsi sélectionné. Le trafic routier sur les axes autoroutiers est le plus important avec un flux quotidien dépassant 50 000 véhicules par jour (en rouge). En s'éloignant du cœur de l'agglomération parisienne, le flux diminue sur ces axes, mais reste néanmoins important avec un trafic pouvant être supérieur à 30 000 véhicules/jour.

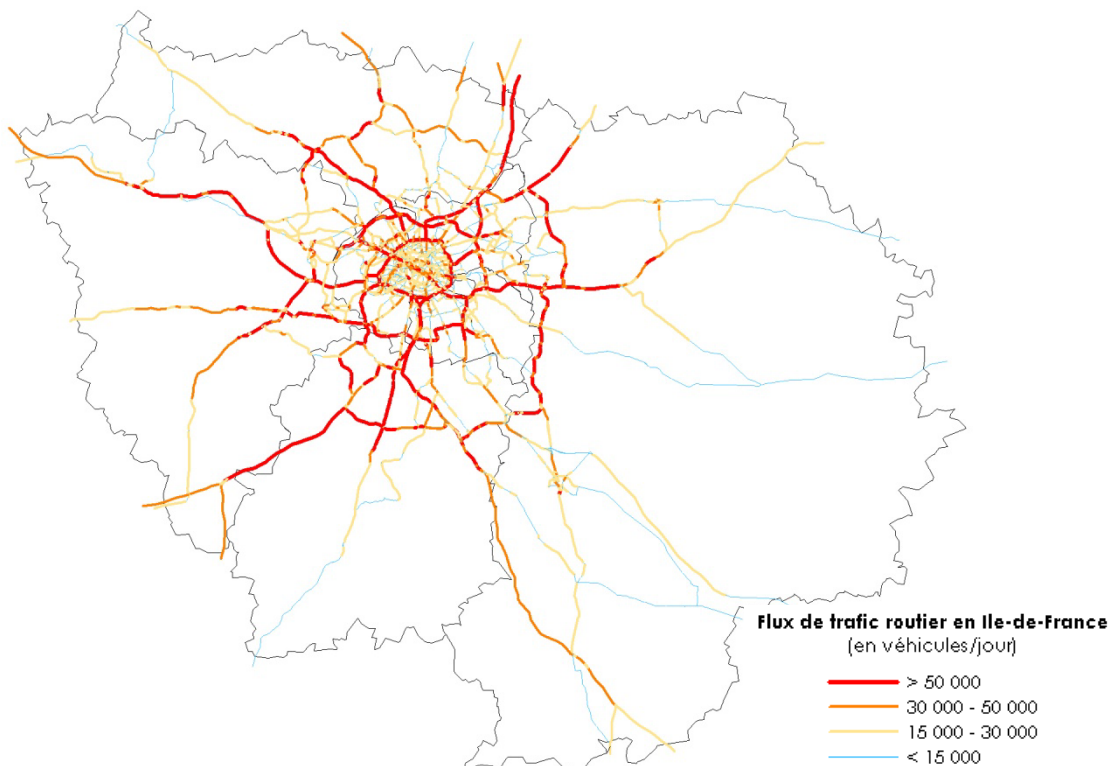


Figure 1 : Flux de trafic routier (véhicules/jour) en Ile-de-France sur le réseau routier sélectionné.

Le réseau sélectionné comporte également les anciennes routes nationales et les grands axes de desserte régionale dont le trafic est supérieur à 15 000 véhicules/jour. A Paris intra-muros, de nombreux axes routiers observent également un trafic dense, supérieur à 15 000 véhicules/jour.

Les axes les plus importants, pour lesquels le trafic routier est supérieur à 50 000 véhicules/jour, représentent 18 % du réseau principal francilien avec plus de 500 km de voirie en Ile-de-France.

- La typologie des axes : indépendamment du TMJA, l'ensemble des axes autoroutiers, du Boulevard Périphérique, des Maréchaux par exemple sont sélectionnés afin de composer le réseau d'étude présenté à la Figure 2.

¹⁰ Les valeurs de TMJA modélisées par le système HEAVEN pour l'année 2005 ont été utilisées ; ces modélisations sont redressées à l'aide de comptages réalisés quotidiennement par la Ville de Paris et la DRIEA.

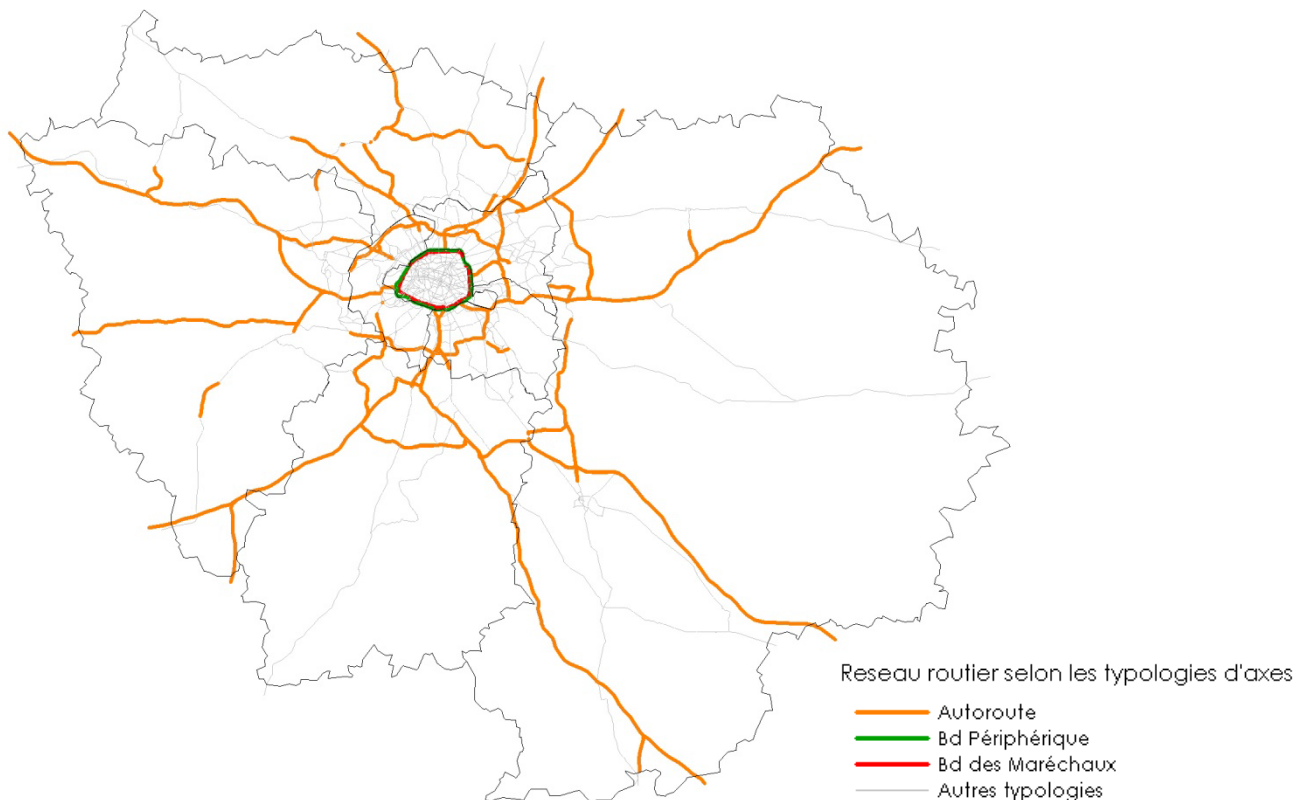


Figure 2 : Réseau routier avec exemples de typologies d'axes sur le réseau routier francilien sélectionné.

Enfin, afin d'obtenir un réseau routier sans discontinuité du fait des différents critères mis en place pour la sélection, des axes dont le TMJA est à la fois inférieur à 15 000 véhicules/jour et ne présentant pas de typologie spécifique ont été ajoutés. Ainsi, le réseau routier pris en compte dans notre étude pour la modélisation de la qualité de l'air correspond aux voies à grande circulation (VGC) du réseau structurant francilien, tout en assurant une continuité d'axes.

La Figure 3 illustre le réseau routier étudié dans le cadre de cette étude. Il correspond aux axes les plus importants d'Île-de-France (en gris) comprenant 2 968 km de voirie dont 65 km de voirie (en rouge) pour lesquels une couverture ou un tunnel composent ces axes.

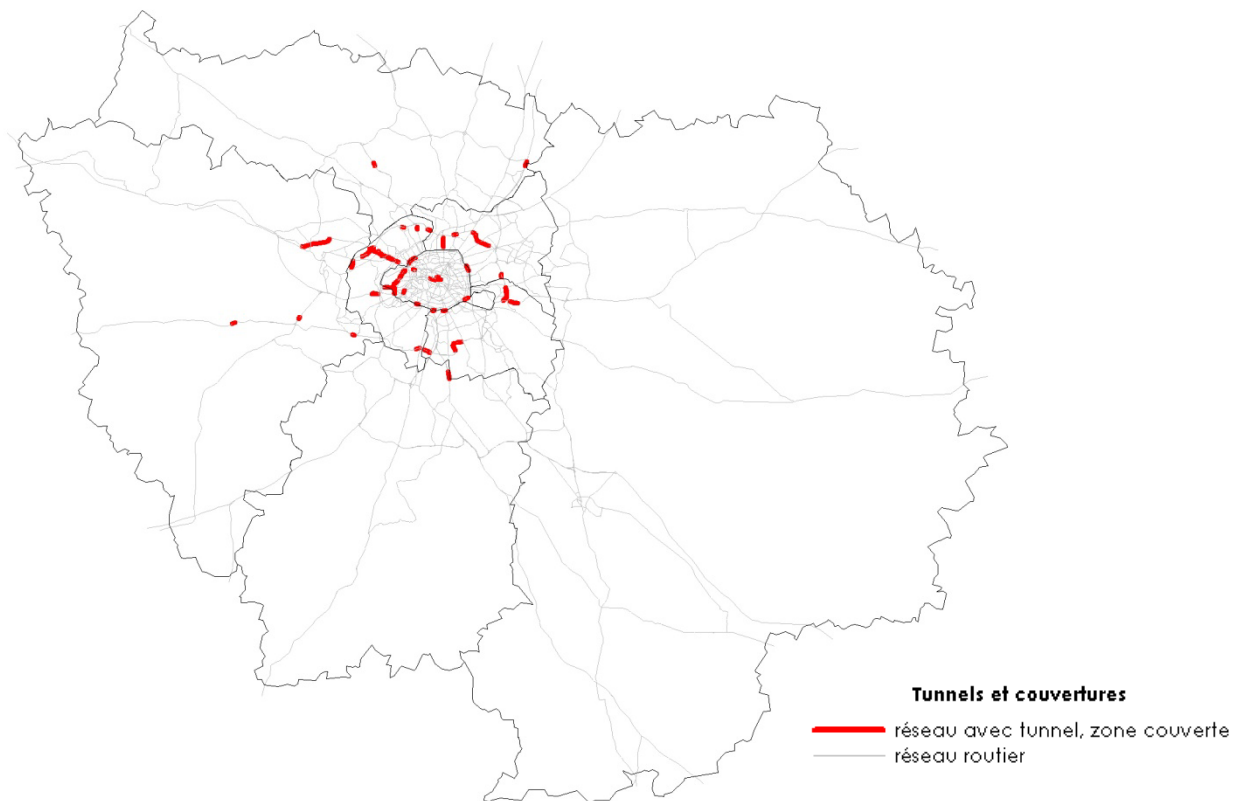


Figure 3 : Cartographie du réseau routier sélectionné dans le cadre de l'étude en précisant les axes en tunnel (ou couverture).

II.2.2 Calage du réseau routier principal

Une attention toute particulière a été portée au « calage » du réseau routier sur le réseau de voirie, afin d'être le plus précis possible quant à la localisation des axes, en ce qui concerne notamment la distance au bâti et les méandres que peuvent dessiner les axes.

En effet, ce qui a été dénommé ci-dessus « réseau routier » est en réalité le réseau utilisé pour le calcul des flux de trafic routier. Or, ce réseau n'est pas nécessairement localisé géographiquement de façon exacte. Cela n'a aucune incidence sur le calcul des flux de véhicules issu du modèle de trafic, ce calcul dépendant uniquement des liens entre brins du réseau routier les uns relativement aux autres et de leur longueur (qui est spécifiée dans le modèle de calcul pour chaque brin indépendamment de sa position).

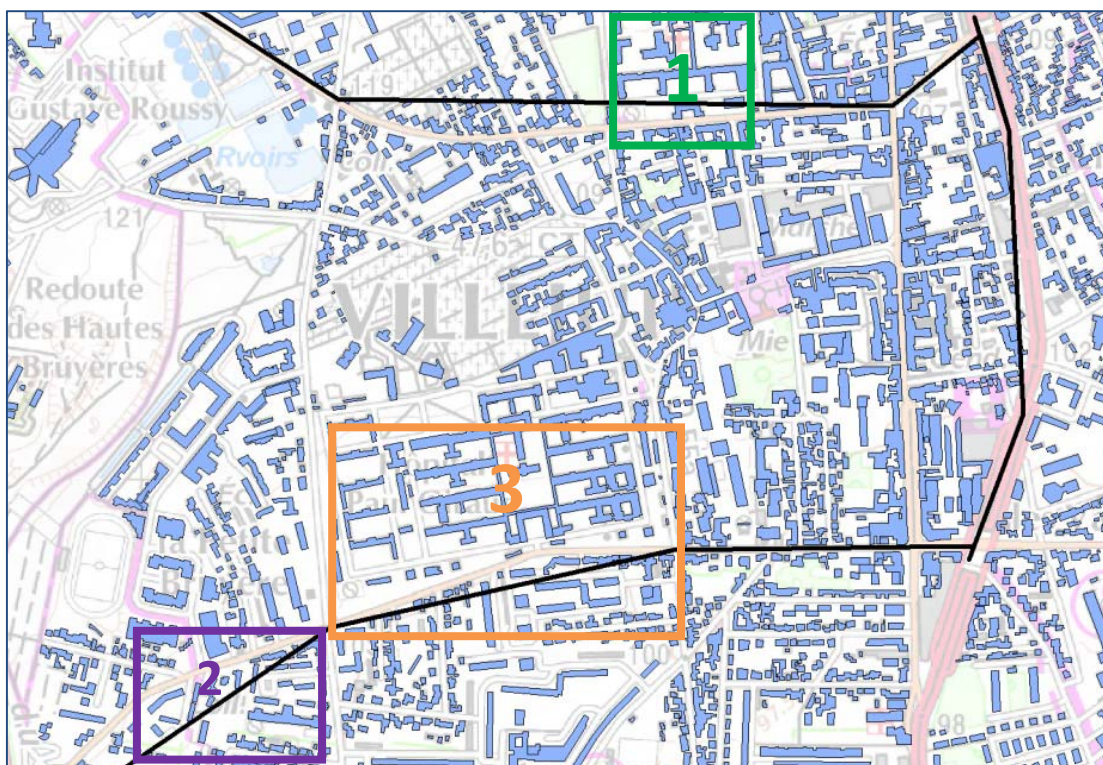


Figure 4 : Exemple de brin du réseau routier associé au modèle de trafic dont le calage n'est pas satisfaisant par rapport aux données de terrain (image Raster et base de données du bâti IGN – BD TOPO).

Comme illustré par la Figure 4, les axes issus du modèle de trafic routier (en noir) ne correspondent pas à la réalité du terrain qui est représentée au travers des fonds de cartes (images Raster - IGN) et du bâti en bleu (BD TOPO – IGN). On a dans cet exemple trois axes dont le géo-référencement (i.e. la localisation géographique) n'est pas correct, ce qui peut entraîner par la suite une interprétation faussée des données de la qualité de l'air vis-à-vis de la localisation des ERP.

En effet, sachant que les niveaux les plus élevés des polluants étudiés sont rencontrés au plus près des axes routiers :

- 1 L'axe 1 non calé issu du modèle de trafic routier traverse un centre hospitalier ; cela peut engendrer une surestimation de la qualité de l'air en son sein.
- 2 De même, pour l'axe 2 qui traverse un établissement scolaire ; les teneurs associées à cet établissement peuvent être surestimées.
- 3 A l'inverse, le centre hospitalier est en réalité plus proche de l'axe 3, ce qui entraîne ici une sous-estimation des teneurs associées à cet ERP.

Dans le cadre de notre étude, dans laquelle la distance des axes par rapport aux ERP est primordiale compte tenu de l'influence des émissions de polluants engendrées par le trafic routier sur la qualité de l'air, un calage particulièrement fin a été effectué. Ce calage permet ainsi d'être le plus précis possible par rapport à la réalité du terrain et ainsi d'identifier le plus précisément possible les teneurs des polluants au droit des ERP recensés. Au final, cela permettra de croiser les informations relatives

aux ERP avec les données modélisées de la qualité de l'air et d'étudier si ces établissements sont ou non dans une zone où les concentrations sont supérieures aux normes en vigueur.

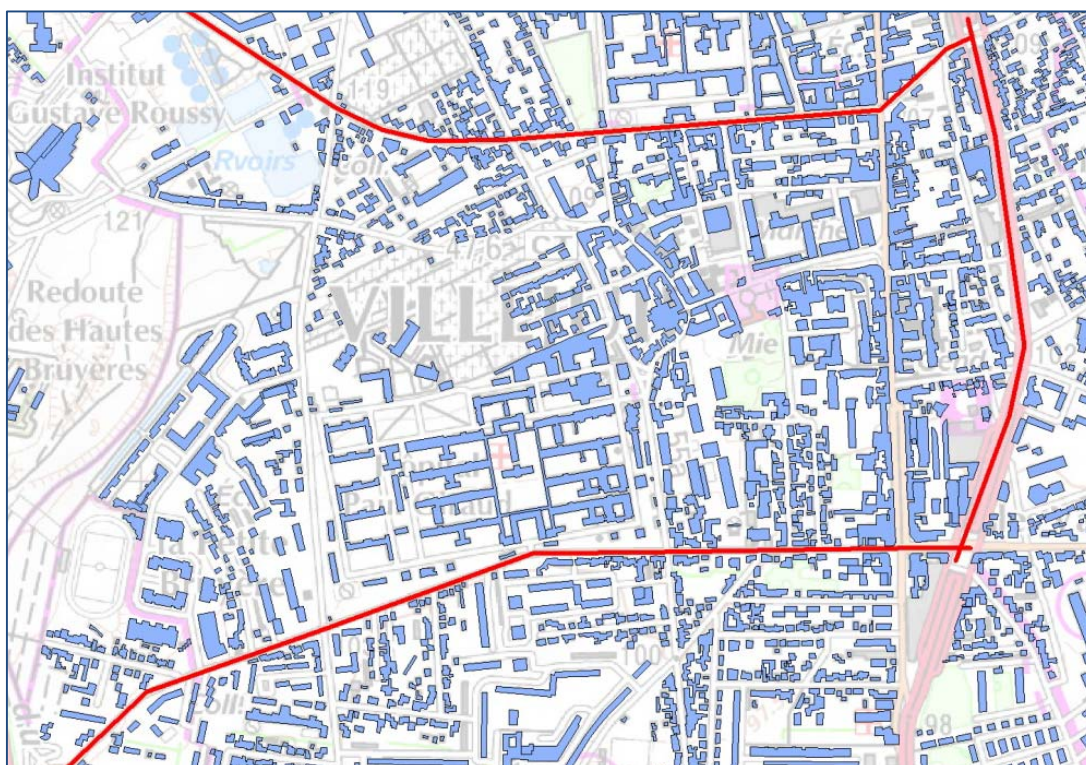


Figure 5 : Exemple de calage des axes routier sur fond d'image Raster (IGN) et sur le bâti (IGN – BD TOPO).

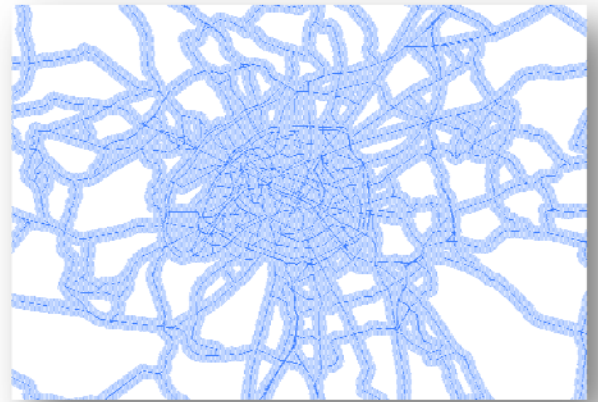
Le calage des axes routiers a été effectué à la fois à l'aide de la cartographie IGN (Image RASTER à l'échelle 1/25 000^{ème}) et de la base de données IGN concernant le bâti (BD TOPO, en bleu sur la Figure 5). A titre d'exemple, on présente en Figure 5 le calage réalisé pour les trois axes mal géo-référencés de la Figure 4 : ces axes ont été subdivisés en plusieurs axes, afin de respecter le motif du réseau de voirie.

II.3 Domaine d'étude

Le domaine d'étude correspond à une zone de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes d'Ile-de-France (zone représentée en bleu dans la Figure 6). Il couvre 15 % de la superficie régionale.

Cette « zone tampon » de 500 mètres de part et d'autre des axes permet de prendre en compte, pour tous les polluants considérés dans la présente étude, la décroissance des teneurs à partir des axes routiers et l'ensemble de la zone d'influence des émissions routières. En effet, l'influence des émissions du trafic routier de grandes voies de circulation ou d'infrastructures importantes (tels que des échangeurs routiers) sur les niveaux de dioxyde d'azote, peut aller jusqu'à 400 mètres¹¹. Pour le benzène, la diminution des concentrations au fur et à mesure que l'on s'éloigne des axes est plus rapide que pour le NO₂.

¹¹ L'impact du trafic routier de l'échangeur de la Porte de Bagnolet peut être identifiable sur les teneurs de NO₂ jusqu'à environ 400 mètres du centre de l'infrastructure à une échelle temporelle d'une semaine : <http://www/pdf/publications/Rapbagn.pdf>.



Zoom sur le cœur de l'agglomération parisienne

Figure 6 : Réseau routier retenu pour l'étude et zone de 500 mètres de part et d'autre de ce réseau routier en Ile-de-France.

Compte tenu de la densité importante des axes routiers à fort trafic au cœur de l'agglomération parisienne, l'ensemble de Paris est renseigné : aucun point de la Capitale n'est situé à plus de 500 mètres d'un axe important.

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de Paris, le réseau routier est moins dense et présente un trafic plus faible. En Grande-Couronne, la majorité des axes étudiés sont des autoroutes et des routes nationales pour lesquels le trafic routier est important.

III. LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

L'objectif de l'étude est de caractériser la qualité de l'air des ERP situés à proximité des voies de grande circulation franciliennes, c'est-à-dire sur le domaine d'étude de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes routiers franciliens. Ainsi, l'IAU Île-de-France a collaboré dans le cadre de cette étude avec Airparif et a fourni un inventaire des ERP présents au sein de cette bande de 500 m.

Tous les ERP n'ont pas été identifiés, seul les **ERP accueillant les personnes les plus sensibles** (les jeunes enfants, les personnes âgées, les personnes hospitalisées) ont été retenus par Airparif et l'IAU.

On retrouve ainsi :

- Les Hôpitaux avec le nombre de lits disponibles associés ;
- Les structures d'hébergement pour personnes âgées avec le nombre de places disponibles ;
- Les crèches et leurs nombre de places ;
- Les écoles maternelles et primaires et leurs effectifs associés.

Ces données sont issues des recensements de 2006 pour les hôpitaux, de 2007 pour les crèches, de 2009 pour les écoles maternelles et primaires et de 2010 pour les structures d'hébergement pour personnes âgées (source IAU IDF).

Outre la localisation, des éléments statistiques sont disponibles selon les types d'ERP : nombre d'élèves, nombre de places agréés pour les crèches, nombre de lits pour les hôpitaux et les hébergements pour personnes âgées.

L'Annexe 1 illustre pour l'ensemble de ces ERP pris en compte dans le cadre de l'étude les définitions de ces différents établissements en précisant notamment l'ensemble des différents types de structures regroupés sous les intitulés « Hôpitaux », « structures d'hébergement pour personnes âgées »...

Répartition régionale :

Le nombre total d'ERP recevant une population dite sensible en Ile-de-France est de 12 769 établissements. Parmi eux, plus de la moitié (55 %) sont implantées dans le domaine d'étude caractérisé par une bande de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes routiers franciliens.

Le Tableau 1 présente le nombre et les effectifs associés des ERP accueillant une population dite sensible.

La majorité de ces établissements sont des **écoles maternelles et primaires**. Elles regroupent plus de 715 500 élèves au sein du domaine d'étude soit 57 % de l'effectif régional (Cf. Tableau 2).

| Etablissements recevant du public | Nombre d'ERP en Ile-de-France | Effectif | Nombre d'ERP au sein des 500 m de part et d'autres des principaux axes routiers | Effectif |
|--|-------------------------------|--------------------------|---|-------------------------|
| Hôpitaux | 1 997 | 148 945 (lits) | 1 193 | 94 795 (lits) |
| Structure d'hébergement pour personnes âgées | 1 085 | 81 775 (lits) | 617 | 44 200 (lits) |
| Crèches | 2 804 | 107 080 (places agréées) | 1 832 | 74 055 (places agréées) |
| Ecoles maternelles et primaires | 6 883 | 1 251 000 (élèves) | 3 455 | 715 580 (élèves) |

Tableau 1 : Nombre d'ERP et effectifs en Ile-de-France et présents dans la bande de 500 mètres de part et d'autres des principaux axes routiers (source IAU IDF).

Pour l'ensemble des ERP et de leurs effectifs associés, la majorité est située dans le domaine d'étude pour lequel la modélisation de la qualité de l'air a été réalisée.

On retrouve ainsi, près de 70 % des places en crèches franciliennes localisées dans le périmètre des 500 mètres autour des principaux axes routiers.

| Etablissements recevant du public | % d'ERP au sein des 500 m de part et d'autres des principaux axes routiers | % des effectifs au sein des 500 m de part et d'autres des principaux axes routiers |
|--|--|--|
| Hôpitaux | 60% | 64% |
| Structure d'hébergement pour personnes âgées | 57% | 54% |
| Crèches | 65% | 69% |
| Ecoles maternelles et primaires | 50% | 57% |

Tableau 2 : Pourcentage d'ERP et des effectifs présents dans la bande de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes routiers franciliens (source IAU IDF).

Répartition départementale :

Néanmoins, selon les départements, le nombre d'ERP ne sont pas représentés de la même manière au sein de la zone des 500 mètres de part et d'autre des principaux axes.

En effet, compte tenu de la forte densité d'axes à fort trafic à Paris, les ERP visés par l'étude correspondent à l'ensemble des ERP parisiens. A l'inverse, en s'éloignant du cœur dense de l'agglomération parisienne, le réseau routier majeur est beaucoup moins dense ; ainsi le nombre d'ERP pris en compte - notamment en Grande-Couronne - est plus faible (environ 30 % des écoles maternelles et primaires, hormis en Seine et Marne avec un peu plus de 20 %). En Petite-Couronne c'est entre les deux-tiers (Val-de-Marne - 94) et les trois-quarts (Hauts-de-Seine - 92 et Seine-Saint-Denis - 93) des écoles qui sont localisées au sein du périmètre d'étude.

Le pourcentage des ERP accueillant une population sensible pris en compte dans la zone d'étude selon les départements est illustré ci-dessous à la Figure 7. Le nombre d'ERP correspondant est illustré à l'Annexe 3.

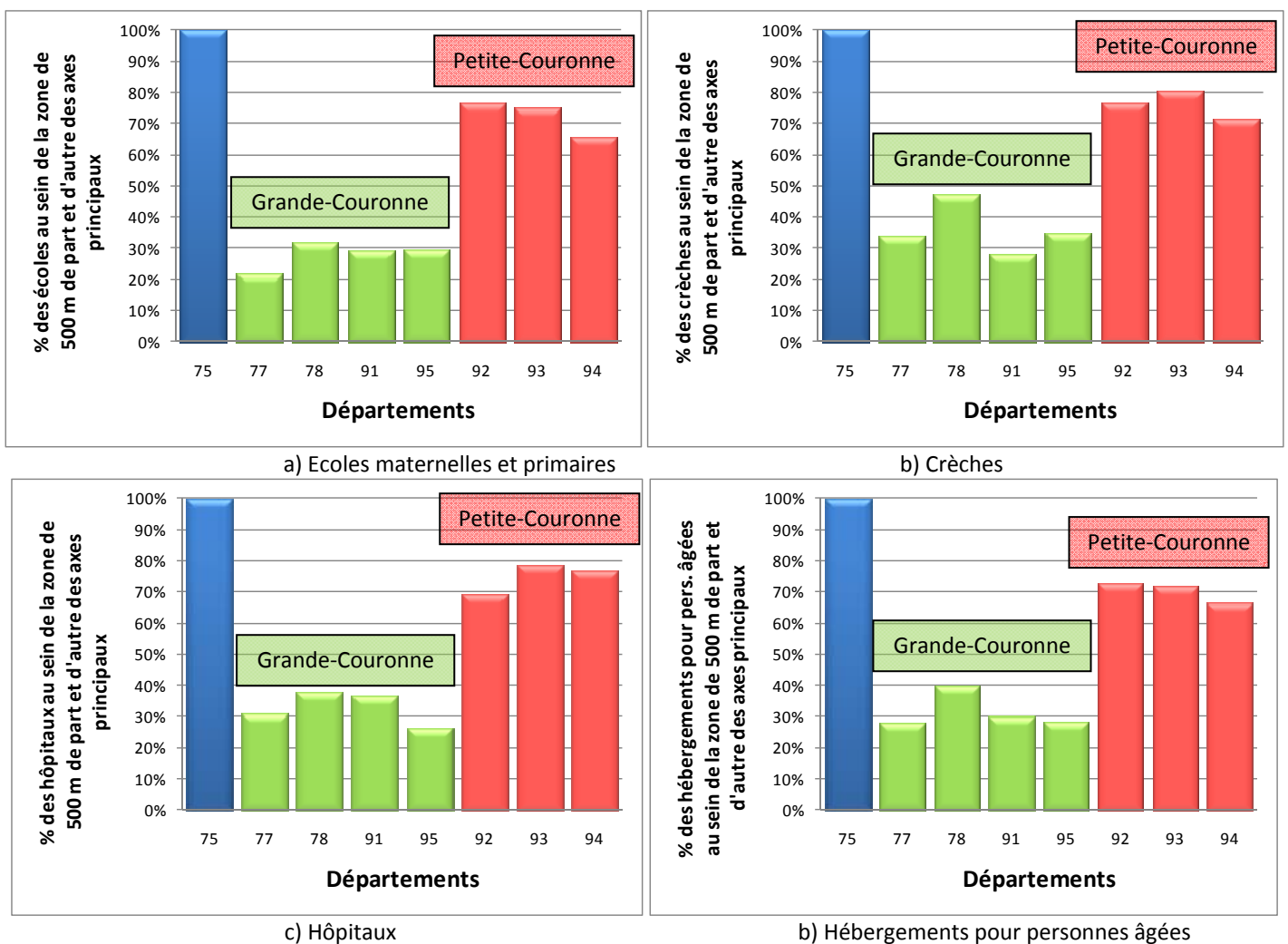


Figure 7 : Pourcentage d'ERP au sein de la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des axes franciliens les plus importants selon les départements.

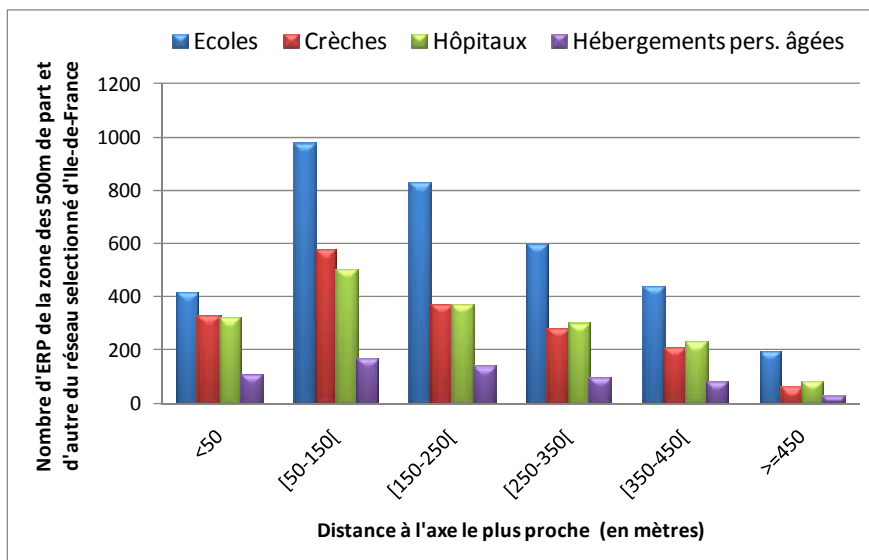
Positionnement des ERP par rapport aux Voies à grande circulation :

Les différents ERP pris en compte dans la zone d'étude sont plus ou moins proches des axes de circulation majeurs d'Ile-de-France. Le Système d'Information Géographique de l'IAU a permis d'identifier l'axe le plus proche de chaque ERP et d'en définir la distance. La Figure 8 présente la distribution des ERP en nombre (a) et en effectif (b) en fonction de leur distance aux axes routiers les

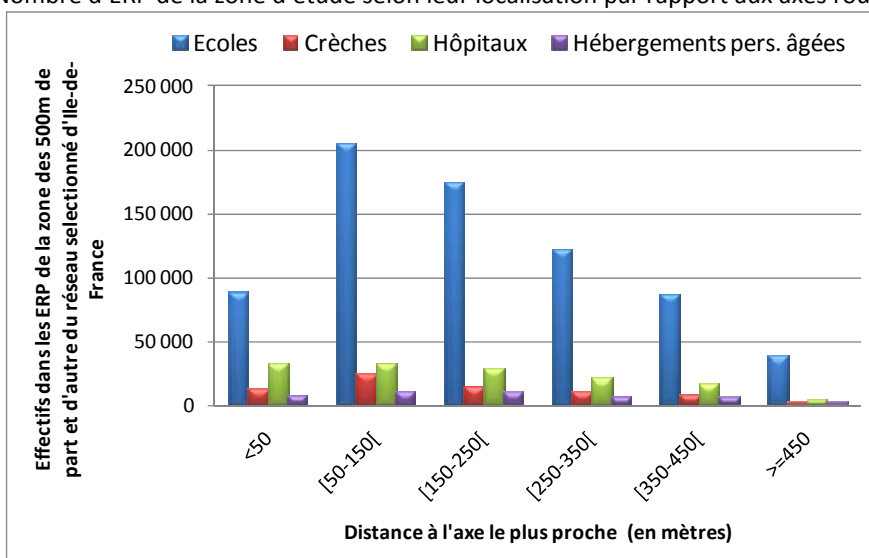
plus importants d’Île-de-France. En termes de précision géographique de l’emplacement des ERP, l’IAU considère l’adresse postale des établissements. Cela peut introduire une imprécision pour les établissements de grande emprise au sol. Dans de rares cas, certains ERP n’ont pu être géo-localisés véritablement à l’adresse, mais au centre de la rue, voire au centre de la commune quand la voie est inconnue. C’est un facteur d’incertitude supplémentaire.

Quel que soit le type d’ERP, ceux-ci sont le plus souvent implantés (localisation à l’adresse) entre 50 et 150 mètres des axes routiers majeurs. On trouve ainsi entre 27 % et 31 % des ERP - entre 24 % et 33 % des effectifs - localisés au sein du périmètre compris entre 50 et 150 mètres des principaux axes (Cf. Annexe 4). Au fur et à mesure que l’on s’éloigne de ces axes, le nombre d’ERP diminue progressivement.

Dans la zone la plus proche des axes routiers sélectionnés, autrement dit à moins de 50 mètres, le nombre d’écoles est de 415 soit près de 90 000 élèves de classes de maternelles et primaires. Cela représente 12 % des écoles et des effectifs situés au sein de la zone d’étude de 500 mètres autour des principaux axes routiers. Pour les autres types d’établissements, 18 % des crèches, hôpitaux et hébergements des personnes âgées sont localisés à une distance inférieure à 50 mètres d’un axe routier majeur ; cela représente respectivement 17 %, 24 % et 18 % des effectifs de ces ERP.



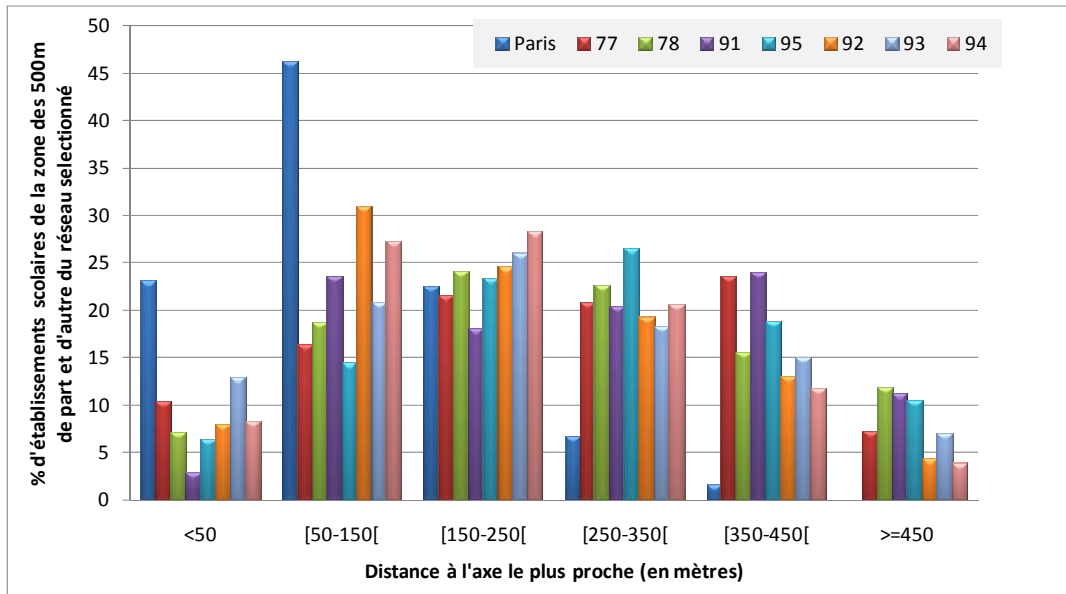
a) Nombre d’ERP de la zone d’étude selon leur localisation par rapport aux axes routiers



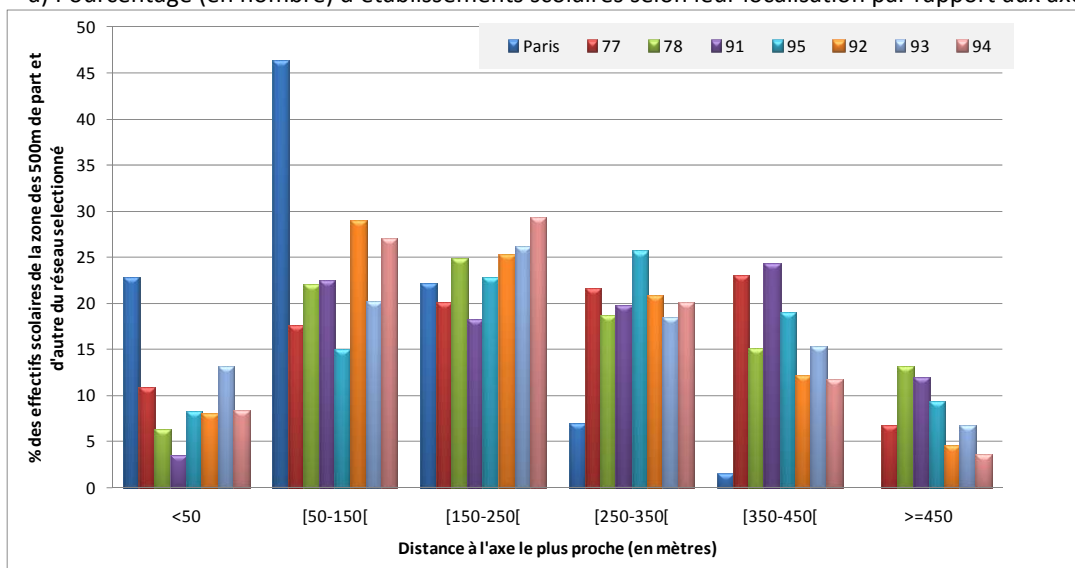
b) Effectifs des ERP de la zone d’étude selon leur localisation par rapport aux axes routiers

Figure 8 : Distance de localisation des ERP (établissements scolaires, crèches, hôpitaux, hébergements pour personnes âgées) en fonction de leur distance aux principaux axes routiers d’Île-de-France.

Si le nombre d'ERP pris en compte dans la zone d'étude est différent selon le département, cela est également vrai pour la localisation de ces établissements par rapport aux axes routiers les plus importants. Ainsi, comme la Figure 9 l'illustre pour les établissements scolaires et leurs effectifs, la proximité des établissements par rapport au réseau routier sélectionné est différente selon les départements.



a) Pourcentage (en nombre) d'établissements scolaires selon leur localisation par rapport aux axes routiers



b) Pourcentage (en effectifs) d'établissements scolaires selon leur localisation par rapport aux axes routiers

Figure 9 : Pourcentage par département des écoles maternelles et primaires de la zone d'étude en fonction de leur distance aux principaux axes routiers.

A Paris, la plus grande part (46 %) des établissements scolaires sont situés entre 50 et 150 mètres des axes routiers compte tenu de la densité importante de voies routières au cœur de l'agglomération parisienne. Seulement 9 % des écoles et des effectifs scolaires sont situés à plus de 250 mètres des axes parisiens les plus importants.

En s'éloignant de la Capitale, la distribution des écoles et de leurs effectifs selon leur situation par rapport aux axes routiers évolue : environ la moitié des établissements se situe dans la zone comprise entre 50 et 250 mètres des axes pour les départements de la Petite-Couronne (47 %, 55 % et 56 % respectivement pour la Seine-Saint-Denis, le Val-de-Marne et les Hauts-de-Seine).

En Grande-Couronne, on observe qu'au moins 50 % des établissements scolaires sont localisés à plus de 250 mètres du réseau routier sélectionné contre moins de 40 % en moyenne en Petite-Couronne et 8 % à Paris.

Ce constat est également vrai pour les autres types d'ERP accueillant une population dite sensible comme illustré en Annexe 5.

Les **équipements sportifs et espaces extérieurs dédiés aux activités sportives** ont également fait l'objet d'un recensement de la part de l'IAU Ile-de-France d'après les éléments connus en 2008. Ces ERP peuvent recevoir un public sensible pour lequel des efforts physiques accentuent l'impact des polluants atmosphériques sur la santé.

Les ERP sont localisés à l'adresse hormis pour les structure sportives de plein-air pour lesquelles la localisation correspond à l'emprise surfacique de la structure sportive sous la forme de polygones (Cf. Figure 10).

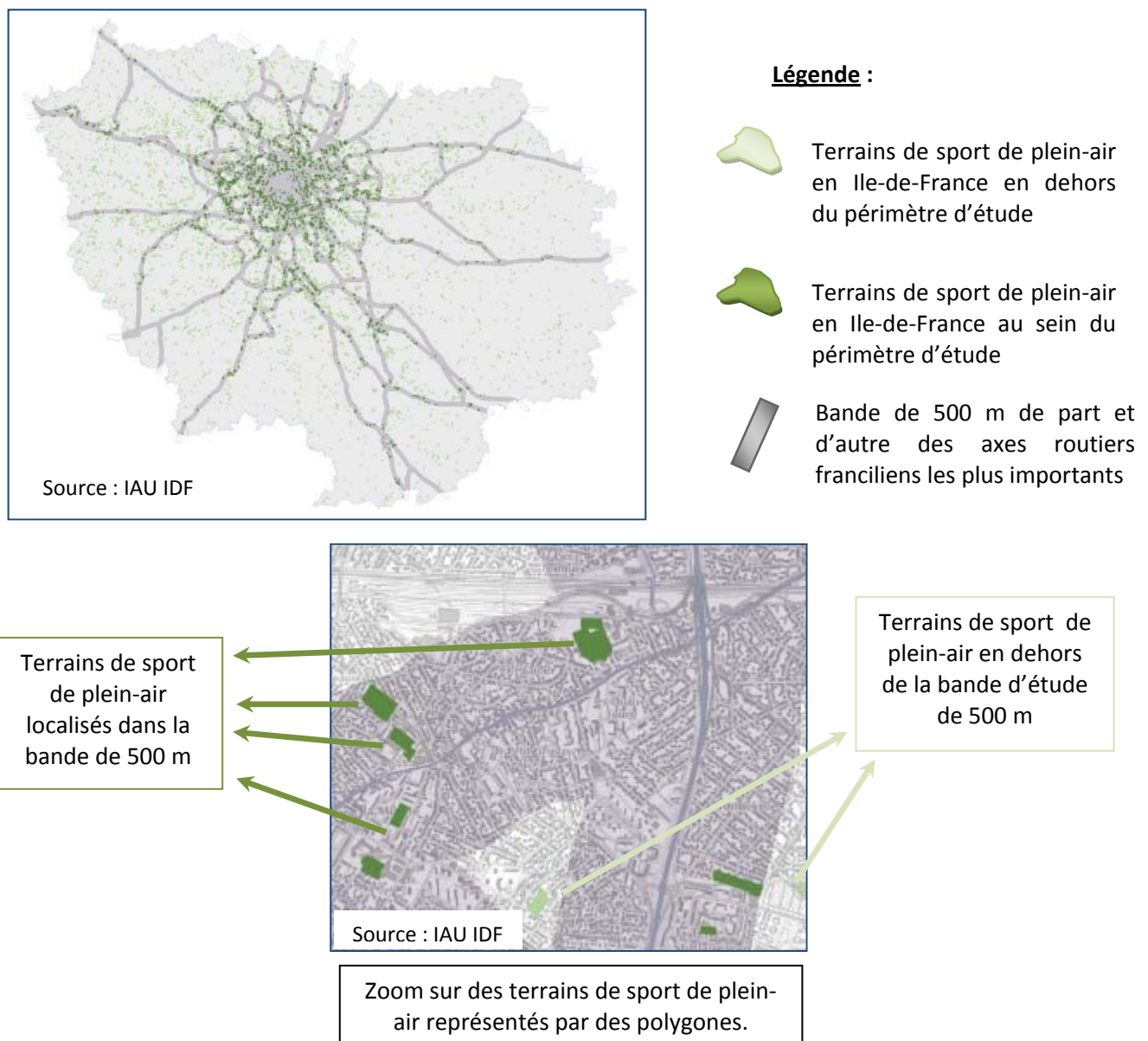


Figure 10 : Localisation des terrains de sport de plein-air en Ile-de-France selon leur emplacement par rapport à la bande de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes routiers franciliens (source IAU).

Contrairement aux autres ERP pris en compte dans cette étude, les terrains de sport de plein-air ne sont pas associés à des effectifs utilisant l'enceinte sportive. Ainsi seul le nombre de terrains de sport de plein-air est disponible avec leurs surfaces associées.

Le nombre de terrains de sport de plein-air en Île-de-France est de 2 890 couvrant une surface de près de 5 600 hectares. Au sein de la zone d'étude, on retrouve plus de la moitié (55 %) de ces terrains représentant plus du tiers (36 %) de la surface francilienne dédiée aux activités sportives de plein-air.

| Etablissements recevant du public | Nombre d'ERP en Ile-de-France | Surface en hectares | Nombre d'ERP au sein des 500 m de part et d'autres des principaux axes routiers | Surface en hectares |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|---|---------------------|
| Terrains de sport de plein-air | 2 890 | 5 596 | 1 590 | 2 031 |

Tableau 3 : Nombre de terrains de sport de plein-air et surfaces (en ha) associées en Ile-de-France et dans la bande de 500 mètres de part et d'autres des principaux axes routiers.

Le nombre et la surface des terrains de sport de plein-air présents dans la zone d'étude selon les départements sont présentés à la Figure 11.

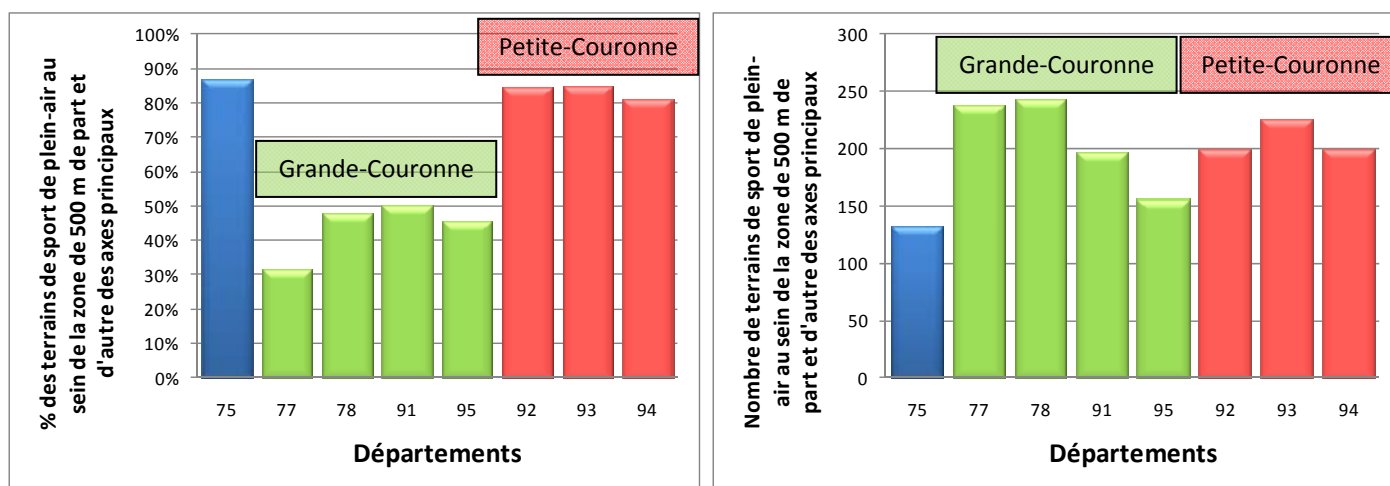


Figure 11 : Pourcentage et nombre de terrains de sport de plein-air au sein de la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des axes franciliens les plus importants selon les départements.

Contrairement aux ERP accueillant des personnes sensibles, les terrains de sport de plein-air sont plus nombreux au sein de la zone d'étude, comme sur l'ensemble de la région, en banlieue parisienne (Petite et Grande-Couronne) qu'à Paris, avec près de deux fois plus de structures notamment en Seine-et-Marne et dans les Yvelines.

A Paris plus de 85 % des terrains sont situés dans le périmètre d'étude. Il en est de même en Petite-Couronne (plus de 80 %). En Grande-Couronne, 50 % des terrains sont situés dans la bande des 500 m de part et d'autre des principaux axes routiers. La Seine-et-Marne ne présente quant à elle qu'un peu plus de 30 % des terrains de sport de plein-air au sein de la zone d'étude.

La Figure 12 illustre le nombre de terrains de sport de plein-air en fonction de leur distance aux axes routiers sélectionnés dans le cadre de l'étude. Afin d'établir ces statistiques, la distance des terrains de sport de plein-air par rapport à l'axe routier est définie par la distance la plus proche.

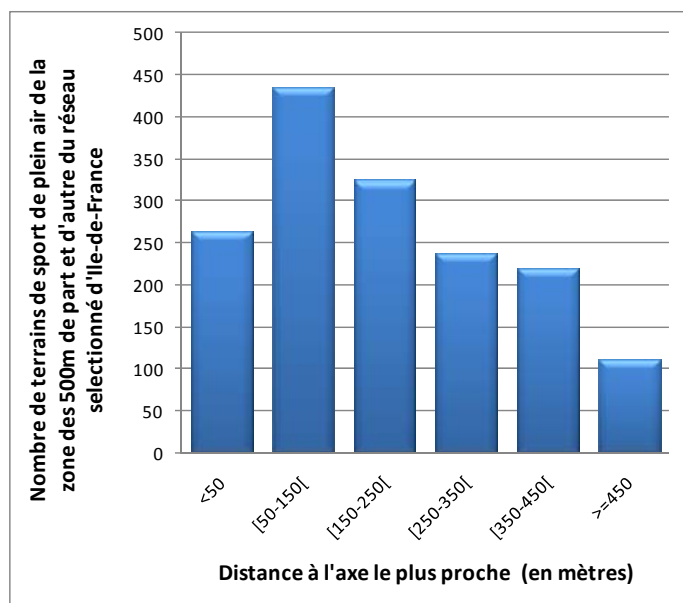


Figure 12 : Nombre de terrains de sport de plein-air en fonction de leur distance aux axes franciliens les plus importants.

La plus grande part (27 %) des terrains de sport de plein-air est située à une distance minimale comprise entre 50 et 150 mètres. En s'éloignant des axes, le nombre de terrains diminue pour ne représenter que 7 % à plus de 450 mètres des plus grandes voies de circulation franciliennes.

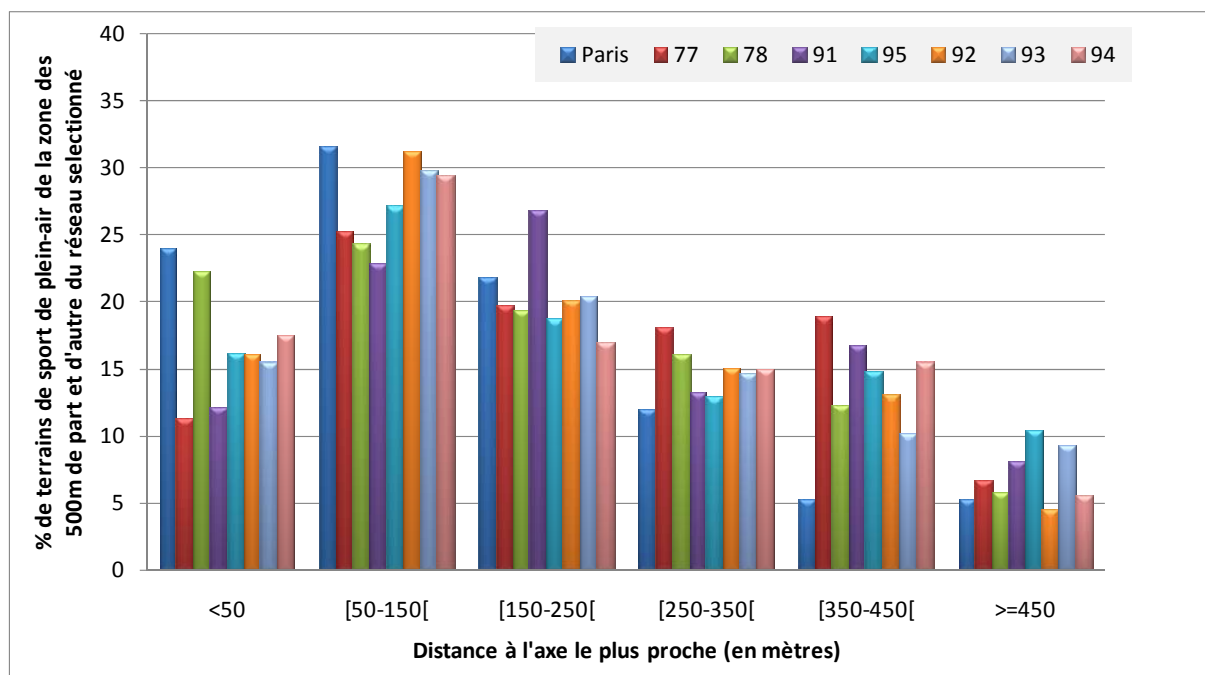


Figure 13 : Pourcentage des terrains de sport de plein-air de la zone d'étude en fonction de leur distance aux principaux axes routiers selon les départements.

A l'échelle départementale (Cf. Figure 13), la répartition des terrains de sport de plein-air est plus homogène que celle des ERP étudiés précédemment puisque ils sont le plus souvent situés à des distances comprises entre 50 et 150 mètres des axes routiers. A Paris, les terrains de sport de plein-air sont le plus souvent proche des axes routiers puisque plus de la moitié (56 %) sont situés au maximum à une distance inférieure à 150 mètres des voies de circulation.

IV. CARTOGRAPHIE DE LA QUALITE DE L'AIR

La modélisation de la qualité de l'air à l'échelle annuelle pour l'année 2011 a été réalisée sur l'ensemble de la zone couvrant les 500 mètres de part et d'autre des principaux axes franciliens pour les quatre polluants d'intérêt à savoir, le dioxyde d'azote, les particules PM10 et PM2.5 et le benzène.

La cartographie annuelle de dioxyde d'azote établie selon la méthodologie décrite au paragraphe II.1.2 est présentée à la Figure 14 (a). Un zoom sur la Petite-Couronne est également présenté (b) afin d'illustrer les teneurs de NO₂ du cœur de l'agglomération parisienne où sont situées les teneurs les plus élevées en NO₂.

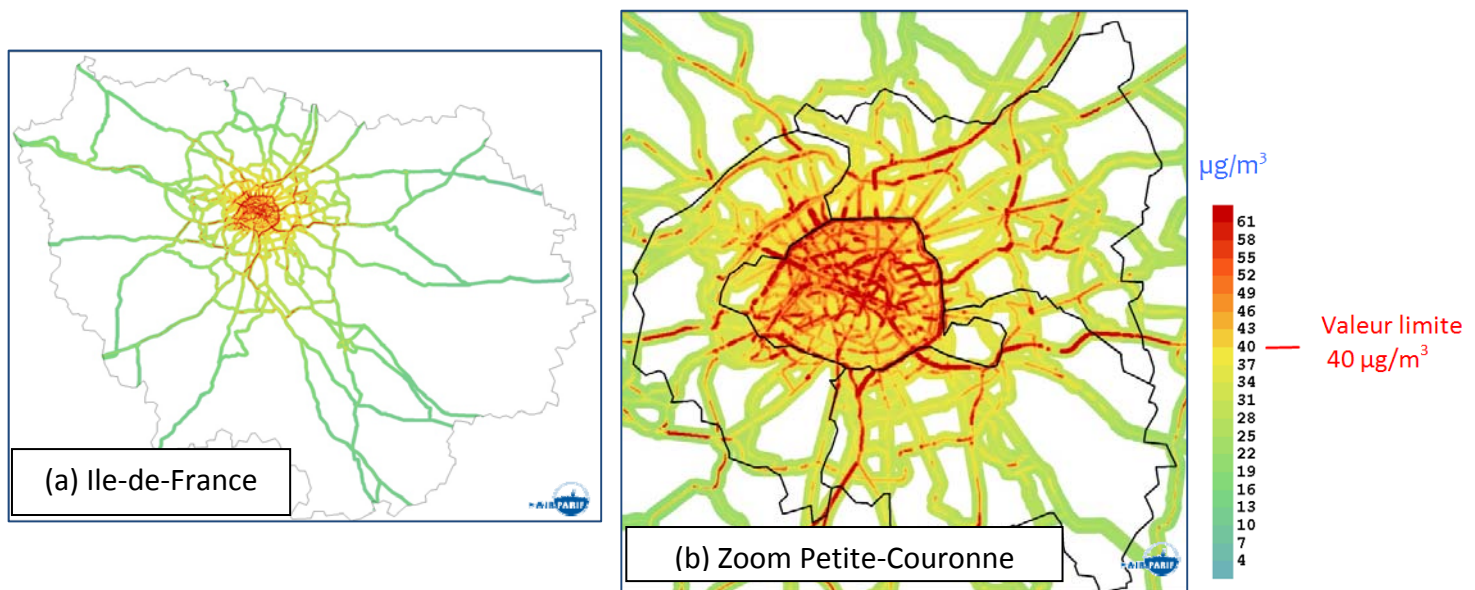


Figure 14 : Cartographie des niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote (NO₂) en 2011 le long des voies à grande circulation.

Les concentrations de dioxyde d'azote les plus importantes sont relevées dans l'agglomération parisienne au voisinage des grands axes de circulation (autoroutes, routes nationales et importantes voies départementales) et dans le nord du cœur dense de l'agglomération parisienne. En s'éloignant du trafic routier, les teneurs diminuent pour atteindre le niveau de fond urbain.

La distance d'influence du trafic routier sur la qualité de l'air est plus ou moins importante selon notamment la densité du trafic routier. Au voisinage des principaux axes, les teneurs moyennes au cours de l'année 2011 peuvent être plus de deux fois supérieures à celles relevées en situation de fond (hors influence directe de ces axes).

Dans Paris, la rive droite de la Seine est globalement plus polluée que la rive gauche, le réseau routier y étant plus dense et constitué d'axes de plus grande importance.

La valeur limite annuelle fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée au droit et au voisinage des grands axes routiers mais également en situation de fond dans le cœur de l'agglomération parisienne.

La Figure 15 illustre pour le benzène, les teneurs annuelles modélisées pour l'année 2011 dans la zone des 500 mètres de part et d'autre des grands axes routiers d'Ile-de-France.

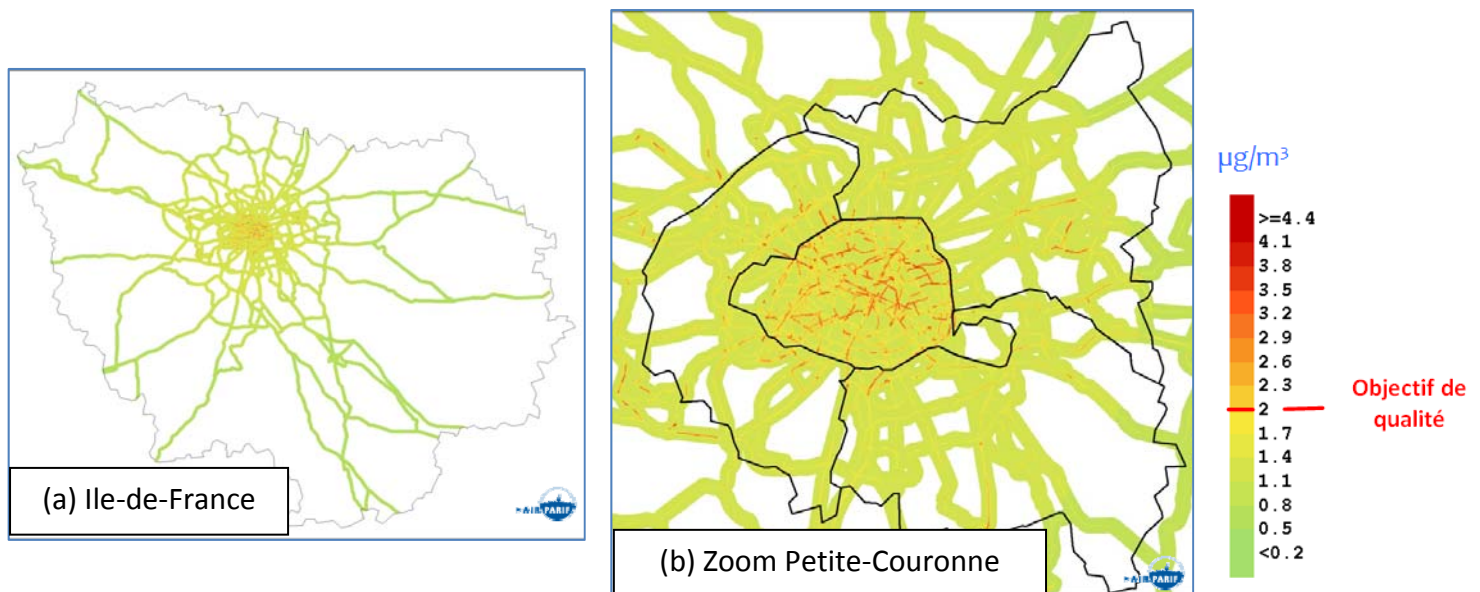


Figure 15 : Cartographie des niveaux moyens annuels de benzène en 2011 le long des voies de grande circulation.

Les concentrations en benzène les plus importantes sont relevées au droit des axes de circulation parisiens, en raison de conditions de circulation souvent congestionnées couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants (axes confinés dans le tissu urbain : effet des rues « canyon »). La valeur limite en benzène, fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, n'est toutefois pas atteinte sur le réseau routier modélisé. Néanmoins, l'objectif de qualité établi à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassé sur certains axes faisant partie de l'agglomération parisienne et plus particulièrement dans Paris.

En situation de fond, les concentrations de benzène sont légèrement plus élevées dans le cœur dense de l'agglomération parisienne sans toutefois atteindre l'objectif de qualité. En effet, la distance d'influence des émissions routières de benzène est plus réduite que pour le dioxyde d'azote. De ce fait, le dépassement de l'objectif de qualité est essentiellement localisé à proximité immédiate des axes routier. La valeur limite fixée pour le benzène n'étant pas atteinte en Ile-de-France, le croisement des teneurs annuelles avec la localisation des ERP est réalisé par rapport à l'objectif de qualité (Cf. chapitre suivant).

Les **particules PM10** ont également fait l'objet d'une cartographie des teneurs moyennes à l'échelle de l'année au sein de la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autres de principaux axes routiers franciliens (Cf. Figure 16).

Les concentrations de PM10 les plus élevées sont relevées au voisinage des principaux axes routiers régionaux et des axes parisiens, avec toutefois un écart moins important avec le fond environnant que celui observé pour le NO_2 .

La superficie concernée par un dépassement de la valeur limite annuelle en PM10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est très faible pour l'année 2011 et située seulement à proximité immédiate des principaux axes de circulation franciliens principalement localisés à Paris est en Petite-Couronne (autoroutes urbaines). Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée pour le calcul de la moyenne annuelle de PM10, tout croisement avec données relatives aux des ERP vis-à-vis de la valeur limite annuelle ne serait pas significatif.

Ainsi, le croisement des données de pollution concernant la moyenne annuelle de PM10 avec la localisation des ERP est réalisé au regard de l'objectif de qualité fixé à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Cf. chapitre suivant).

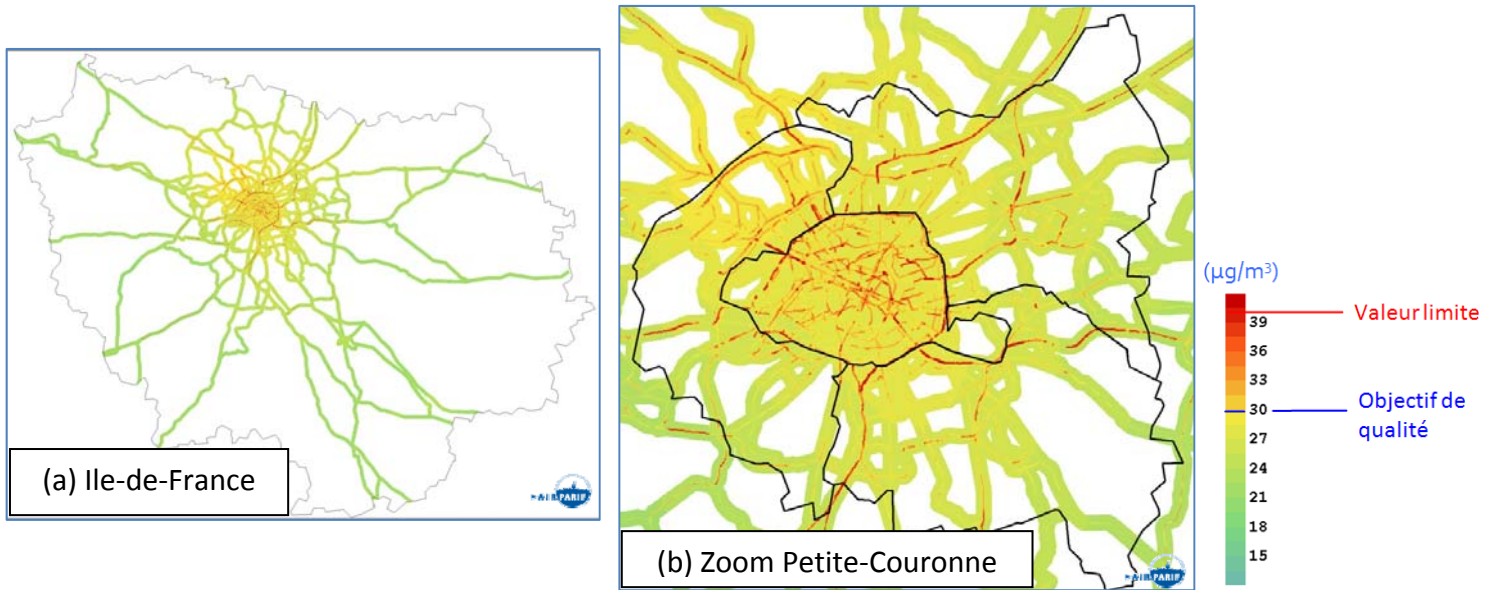


Figure 16 : Cartographie des niveaux moyens annuels de particules PM10 en 2011 le long des voies de grande circulation.

Pour les PM10, un autre indicateur a été pris en compte : la valeur limite journalière¹² (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés). Le respect ou non de la valeur limite journalière est caractérisé par le risque de dépassement des 35 jours (Cf. cartographie Figure 17).

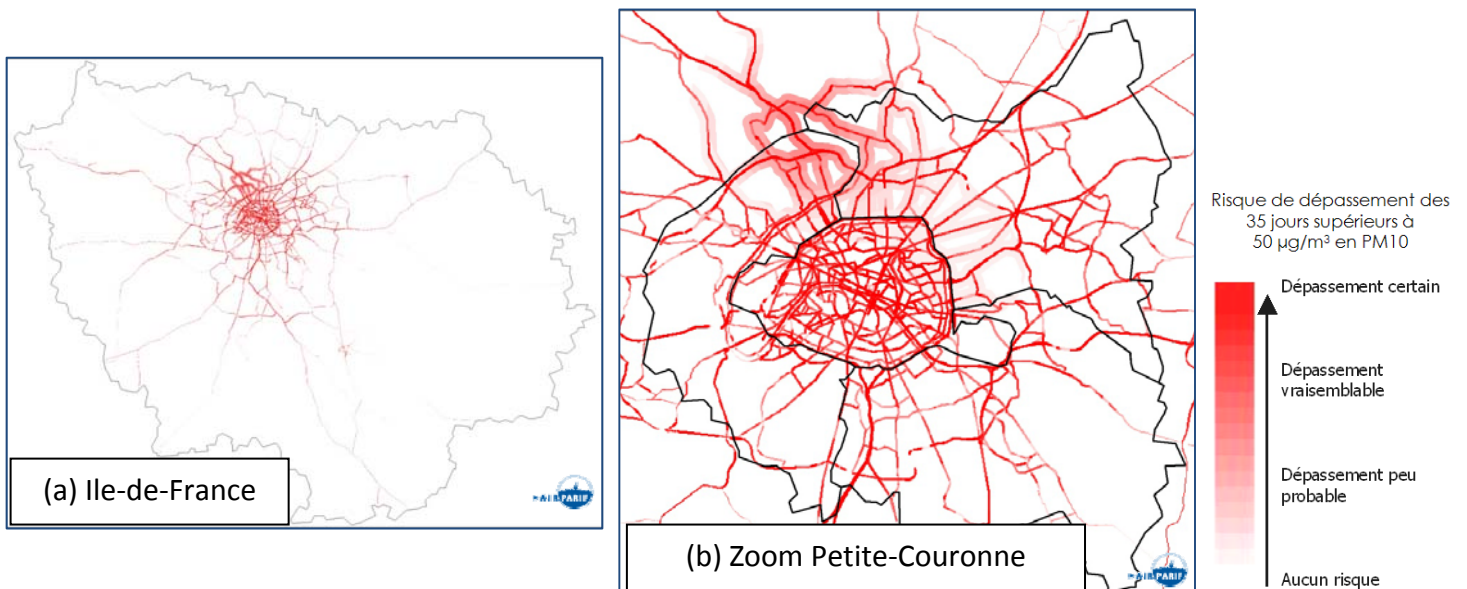


Figure 17 : Cartographie du risque de dépassement des 35 jours supérieurs à la Valeur limite journalière en PM10 (50 µg/m³) en 2011 le long des voies de grande circulation.

Le nombre de jours de dépassement en situation de fond est très proche de 35 dans le nord du cœur dense de l'agglomération parisienne. Cela entraîne un dépassement certain de la valeur limite

¹² Une relation statistique établie à partir des stations du réseau permanent permet de passer de la moyenne annuelle au nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³. Cette estimation est néanmoins plus délicate avec un degré de précision moins important que pour l'objectif de qualité. Elle a donc été traduite en carte de risque de dépassement de cette norme à partir en prenant en compte les incertitudes associées à ce calcul.

journalière le long de la majorité des axes de l'agglomération parisienne et des axes de circulation majeurs de la grande couronne, ainsi que dans leur zone d'influence.

Outre les particules PM10, les particules plus fines PM2.5 ont fait l'objet d'une modélisation de la moyenne annuelle sur l'ensemble de la zone d'étude autour des principaux axes routiers pour l'année 2011 (Cf. Figure 18).

Comme pour les autres polluants, les teneurs annuelles de PM2.5 sont les plus importantes au droit des axes de circulation. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des axes de circulation et du cœur dense des émissions de l'agglomération parisienne, les concentrations diminuent faisant apparaître le même gradient que pour les autres polluants.

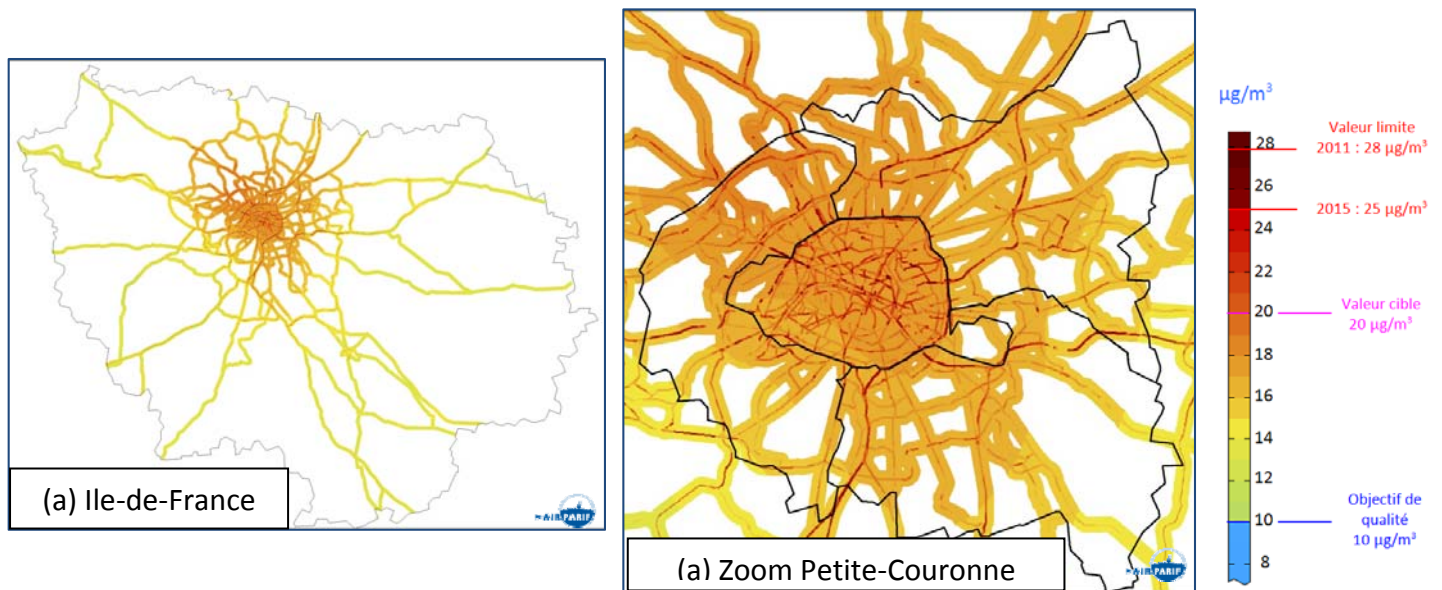


Figure 18 : Cartographie des niveaux moyens annuels de particules PM2.5 en 2011 le long des voies de grande circulation.

Néanmoins, à l'heure actuelle, les cartes de particules PM2.5 ne permettent pas de calculer avec une fiabilité suffisante le nombre d'ERP d'Ile-de-France concernés par un dépassement de la valeur cible française (20 µg/m³) et de la valeur limite européenne et française (28 µg/m³ en 2011).

En raison du nombre limité de points de mesure PM2.5 sur la région, la cartographie obtenue ne permet pas les mêmes interprétations que pour les autres polluants au regard des normes. Le Programme de surveillance de la qualité de l'air 2010-2014 d'AIRPARIF prévoit un renforcement du nombre de stations de mesure de PM2.5 qui permettront d'affiner la précision des cartes de ce polluant et de les valider avec davantage de points de mesure. Pour ce faire, le réseau de mesure en 2011 a d'ores et déjà été complété par la mise en place de mesures de particules fines sur les stations « Autoroute A1 » à Saint-Denis, ainsi que sur la RN6 à Melun.

Pour les PM2.5, la confrontation des teneurs annuelles avec l'emplacement des ERP vis-à-vis des dépassements des valeurs réglementaires ne peut donc se faire que sur les points de mesure qui constituent les stations. Les teneurs en fond sont 1,5 à 2 fois supérieures au seuil de **l'objectif de qualité** (10 µg/m³). Sur les stations trafic, les moyennes 2011 sont de 2 à plus de 3 fois supérieures à cet objectif de qualité. La totalité de l'Ile-de-France et les 11,7 millions de franciliens sont concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel.

Dans le cadre de cette étude, compte tenu des résultats cartographiques présentés ci-dessus et de l'incertitude de la modélisation concernant ce polluant, l'ensemble des ERP, comme des franciliens, est concerné en 2011 par un dépassement de l'objectif de qualité fixé à 10 µg/m³.

Remarque : De manière générale, les valeurs concernant les particules doivent être considérées comme des ordres de grandeur compte-tenu des origines multiples des particules : émissions locales, remise en suspension, chimie atmosphérique, transport longue distance, et du degré de précision associé à certains de ces paramètres pour la modélisation.

Teneurs moyennes annuelles aux emplacements des ERP étudiés selon la distance à l'axe le plus proche :

La Figure 19 illustre la décroissance des teneurs des polluants atmosphériques aux emplacements des ERP étudiés en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche.

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des axes routiers, et des émissions qui en découlent, les teneurs moyennes diminuent plus ou moins progressivement selon les polluants. Ainsi, la décroissance des teneurs annuelles de benzène est la plus rapide, avec dès les 50 premiers mètres une diminution des concentrations de 20 %.

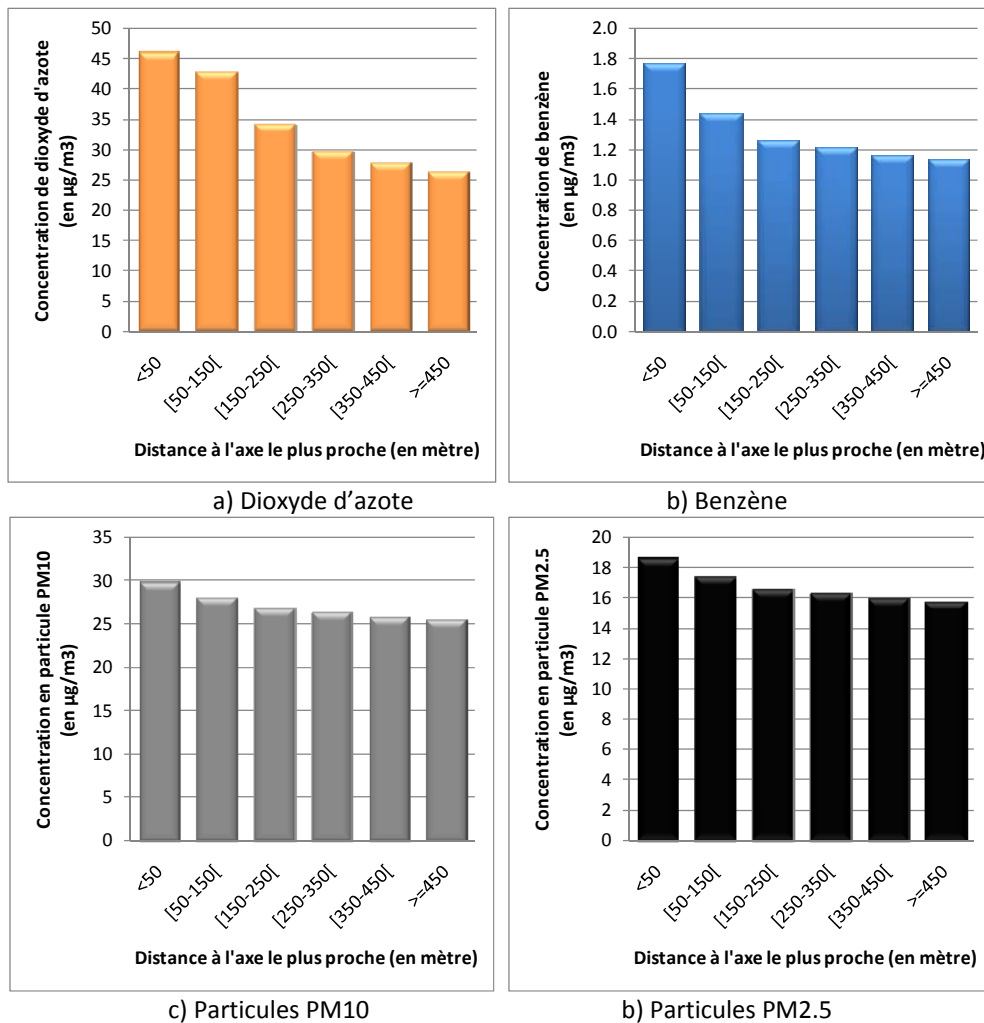


Figure 19 : Concentrations moyennes en 2011 pour l'ensemble des ERP étudiés selon la distance à l'axe le plus proche.

La Figure 20 illustre la déclinaison des teneurs moyenne de pollution où sont implantés les ERP selon la distance à l'axe le plus proche à l'échelle départementale. Il apparaît une différence importante des teneurs en fonction de la localisation géographique des ERP. Ainsi, pour le dioxyde d'azote, les teneurs moyennes à Paris sont de 53 µg/m³ pour les ERP implantés à moins de 50 mètres d'un axe majeur, contre 43 µg/m³ et 32 µg/m³ respectivement pour ceux de la Petite-Couronne et de la Grande couronne. Cette différence est similaire pour le benzène avec des teneurs inférieures de près de 40 % pour la Petite-Couronne et de 20 % pour la Grande-Couronne. Pour les particules, les

teneurs apparaissent plus homogènes avec une différence avec la Capitale de 5 % et 15 % respectivement pour les ERP de la Petite-Couronne et de la Grande-Couronne.

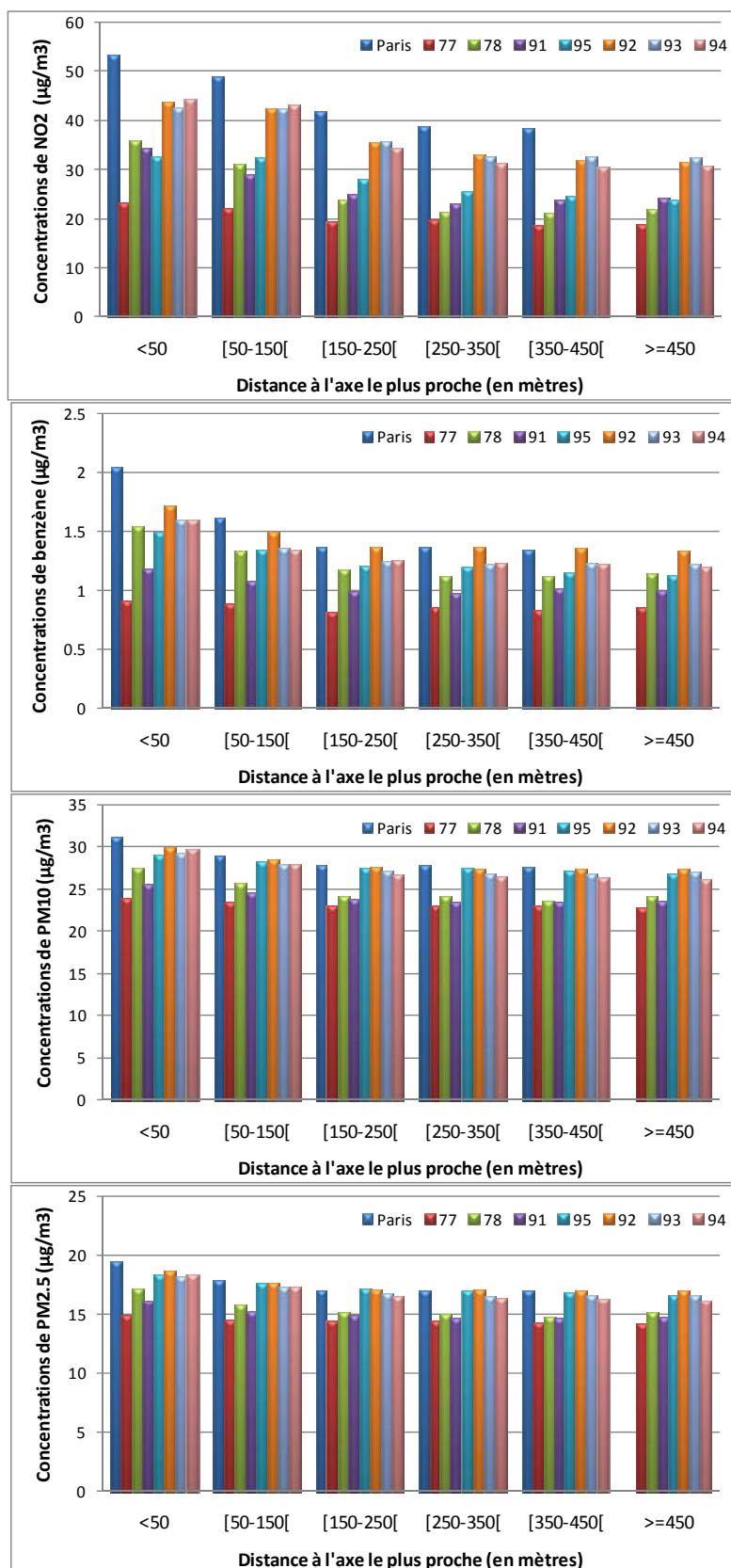


Figure 20 : Concentrations moyennes en 2011 pour l'ensemble des ERP étudiés selon la distance à l'axe le plus proche et le département francilien.

IV. Positionnement des ERP recevant un public sensible par rapport aux normes de qualité de l'air

Méthode :

Après avoir étudié séparément les caractéristiques géographiques des établissements recevant du public et les cartographies issues de la modélisation de la qualité de l'air en 2011 sur la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des axes routiers sélectionnés comme étant les plus importants (en trafic et en typologie) d'Île-de-France, on s'attache dans ce chapitre à mettre en relation ces deux informations, afin notamment de caractériser les ERP du point de vue de la qualité de l'air, et en particulier de les positionner par rapport aux normes en vigueur.

Sur la base de la localisation géographique précise (à l'adresse) des ERP accueillant une population dite sensible (crèches, école maternelles et primaires, hôpitaux et hébergements pour personnes âgées), les données de modélisation calculées pour l'air extérieur sont extraites sur ces mêmes points. Le croisement de ces données, réalisé par l'IAU, permet de confronter des ERP aux normes de la qualité de l'air afin d'établir l'exposition des personnes qui respireraient en permanence l'air extérieur des différents ERP au cours d'une année.

On peut alors étudier la distribution du nombre et des effectifs associés des ERP selon les normes en vigueur, à savoir :

- Valeur limite de NO₂ : 40 µg/m³ (en moyenne annuelle) ;
- Objectif de qualité en benzène : 2 µg/m³ en moyenne annuelle ;
- Objectif de qualité (30 µg/m³ : en moyenne annuelle) et valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³) en PM10 ;
- Objectif de qualité en PM2.5 : 10 µg/m³ (en moyenne annuelle).

La valeur limite annuelle fixée à 5 µg/m³ en benzène étant respectée sur l'ensemble de l'Île-de-France, le critère plus contraignant de l'objectif de qualité est pris en compte pour le positionnement des ERP vis-à-vis des normes pour ce polluant. De la même manière, compte tenu de la très faible étendue concernée par un dépassement de la valeur limite (40 µg/m³) établie pour les PM10, le croisement de données relatives aux ERP vis-à-vis de la valeur limite annuelle ne serait pas significatif. C'est ainsi l'objectif de qualité (30 µg/m³) qui est pris en compte pour ce polluant.

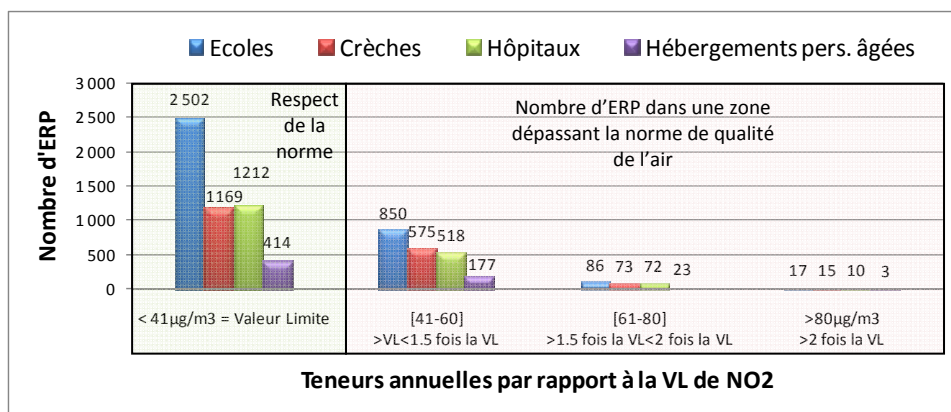
Quant aux PM2.5, l'ensemble de la région francilienne observe un dépassement de l'objectif de qualité. Ainsi, le croisement des teneurs de PM2.5 avec les ERP ne fait pas l'objet de commentaires spécifiques.

Ce croisement d'informations est également réalisé pour les terrains de sport de plein-air. Cependant, contrairement aux autres ERP pour lesquels la localisation est donnée à l'adresse, les terrains de sport de plein-air sont matérialisés géographiquement par leur surface. Ainsi, la moyenne des teneurs de pollution sur l'ensemble de la surface des terrains de sport de plein-air et la valeur maximale sur l'emprise des terrains est calculée afin de fournir l'indicateur sur le respect ou non des normes en vigueur.

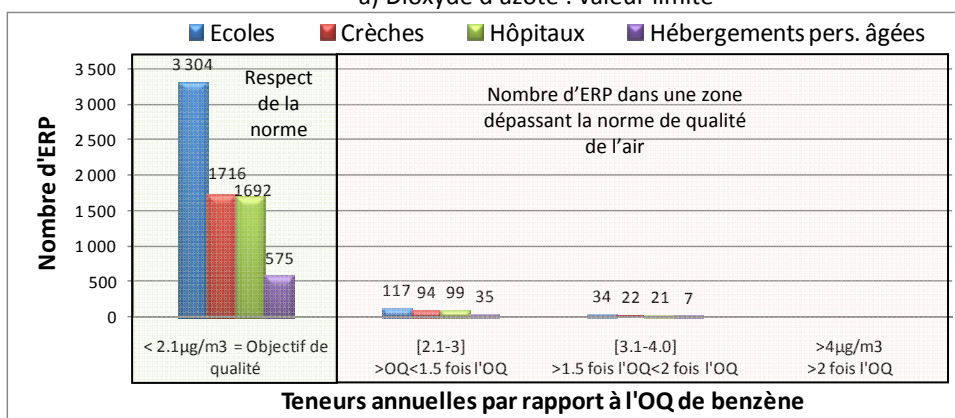
Respect et ampleur des dépassements des normes :

La Figure 21 illustre pour les ERP accueillant des personnes sensibles, le nombre d'établissements en fonction des normes établies pour les polluants modélisés, pour l'année 2011.

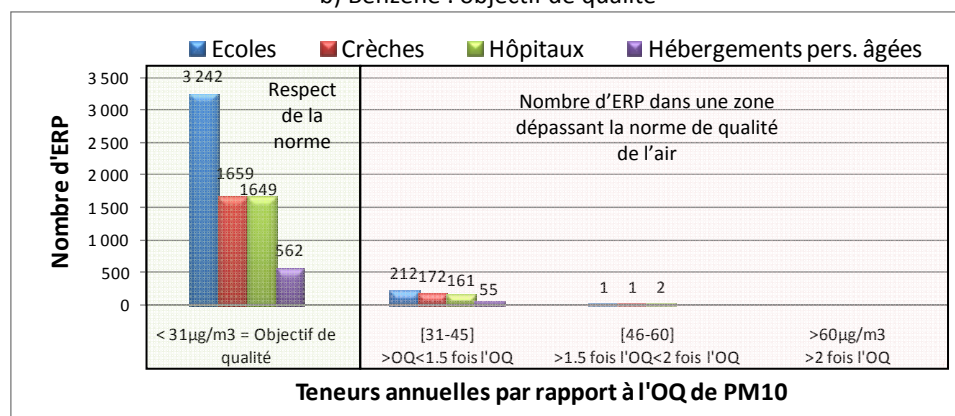
Pour les établissements concernés par les teneurs supérieures aux normes, l'ampleur du dépassement est précisée. Les Figure 21a, b et c précisent ainsi si la norme est dépassée plus ou moins largement, à savoir jusqu'à 1.5 fois la norme visée ou entre 1.5 fois et 2 fois la norme et plus largement avec des teneurs annuelles supérieures à plus de deux fois la norme.



a) Dioxyde d'azote : valeur limite



b) Benzène : objectif de qualité



c) Particules PM10 : Objectif de qualité

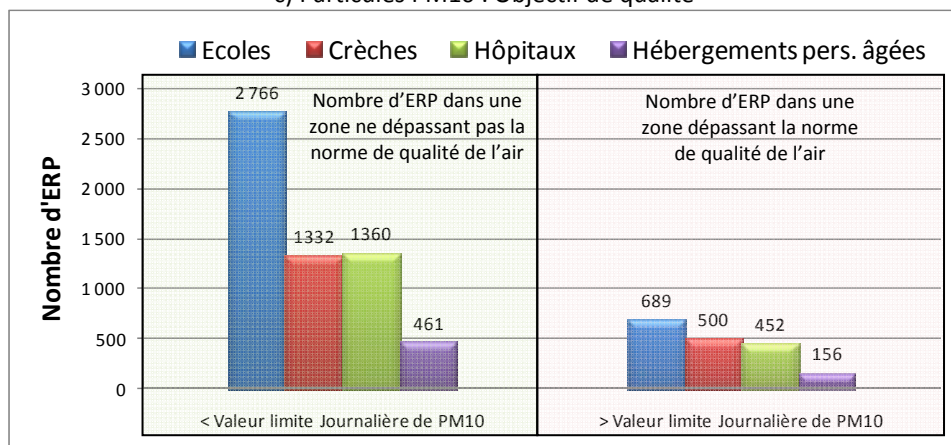


Figure 21 : Nombre d'ERP par rapport aux normes en vigueur en 2011.

Le plus grand nombre des ERP, quel que soit le polluant étudié, est localisé en des zones pour lesquelles les teneurs de pollution respectent les normes de la qualité de l'air. Ainsi plus de 90 % des ERP situés dans la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes routiers présentent (données à l'adresse) des teneurs de benzène et de particules PM10 respectant l'objectif de qualité.

Le dépassement des normes pour ces polluants concerne toutefois un nombre important d'élèves de maternelles et primaires avec 34 000 et 46 000 élèves respectivement pour l'objectif de qualité en benzène et en particules PM10 (Cf. Annexe 6). Pour ces dernières, le dépassement de la valeur limite journalière (plus de 35 jours supérieurs à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) concerne même un quart des ERP en Ile-de-France au cours de l'année 2011.

La valeur limite fixée pour le dioxyde d'azote est la norme la moins bien respectée : 32 % des ERP sont localisés en des zones pour lesquelles les teneurs moyennes en 2011 sont supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. C'est donc plus de 205 000 élèves de maternelles et primaires, 27 600 places de crèches, 35 500 lits d'hôpitaux et près de 13 000 places d'hébergement pour personnes âgées potentiellement exposés à un air extérieur ne respectant pas la norme établie pour ce polluant à l'échelle de l'année. Parmi ces établissements, la majorité est située dans des zones où les teneurs de NO_2 sont comprises entre 41 et $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, soit de 1 à 1.5 fois le dépassement de cette norme.

De plus, le NO_2 est le seul polluant pour lequel des ERP sont associées à des teneurs annuelles plus de deux fois supérieures à la valeur limite : des concentrations annuelles supérieures à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont modélisées pour 17 écoles (3 600 élèves), 15 crèches (600 places), 10 hôpitaux (430 lits) et 3 établissements d'hébergement de personnes âgées (170 places). Cependant, la majorité des teneurs extérieures des ERP supérieures à la valeur limite est comprise entre 41 et $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit moins de 1.5 fois le dépassement de cette norme.

Les effectifs associés aux ERP par rapport aux normes en vigueur en 2011 sont présentés à l'Annexe 6.

Les résultats à l'échelle départementale présentent des singularités compte tenu de la densité à la fois du réseau routier et du trafic.

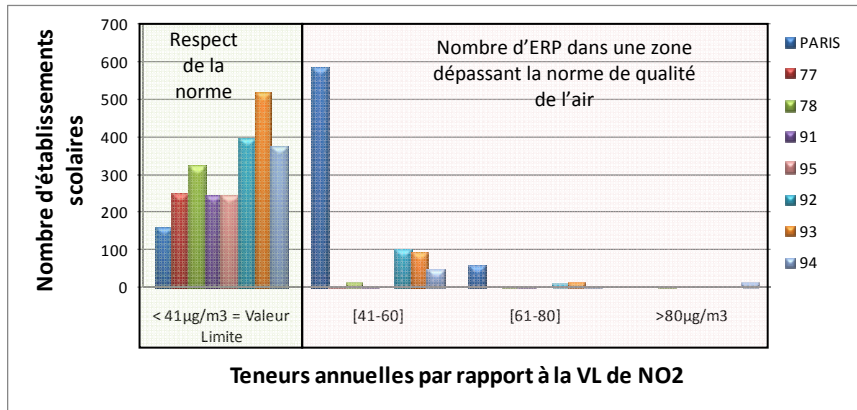
La Figure 22 illustre le nombre d'établissements scolaires (écoles maternelles et primaires) par département selon les normes établies pour les polluants étudiés, pour l'année 2011.

Le nombre de crèches, d'hôpitaux et d'hébergements pour personnes âgées à l'échelle départementale en fonction des teneurs en polluants modélisées pour l'année 2011 est présenté à l'Annexe 7. Les effectifs associés aux ERP sont illustrés à l'Annexe 8.

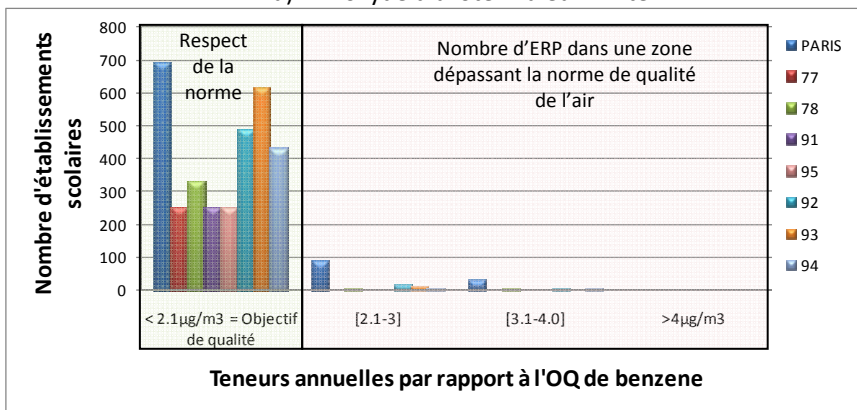
Dioxyde d'azote :

A Paris, la majorité des établissements scolaires (maternelles et primaires) sont situés dans des zones de dépassement de la valeur limite annuelle. Cela est le cas plus largement pour l'ensemble des ERP recevant du public sensible.

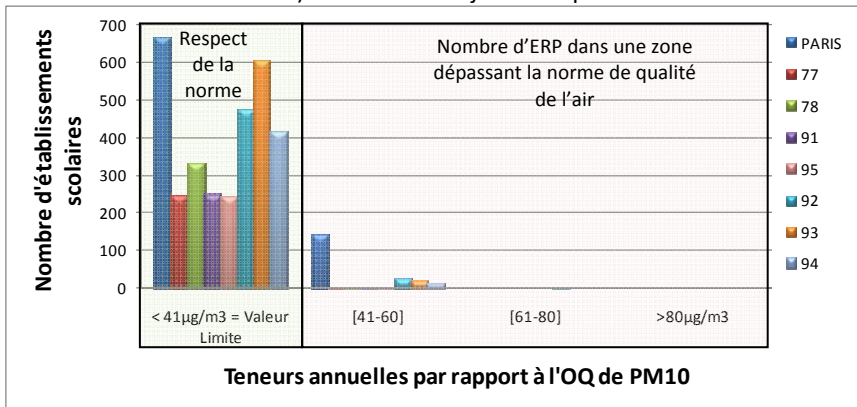
Le plus grand nombre d'établissements scolaires de maternelles et primaires situés dans une zone dépassant la valeur limite de NO_2 se trouvent ainsi à Paris avec près de 648 écoles, dont plus de 60 établissements (soit 8 % des écoles) pour lesquels les teneurs extérieures en NO_2 en 2011 sont supérieures à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit 1.5 fois la norme annuelle. L'influence directe des émissions routières couplée aux teneurs de fond supérieures à la valeur limite de NO_2 dans une partie de Paris entraîne une exposition supérieure à cette norme pour plus de 138 000 élèves de maternelles et primaires.



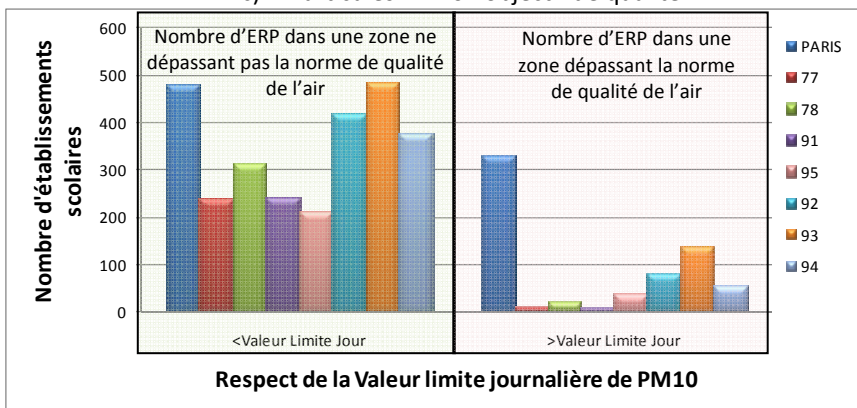
a) Dioxyde d'azote : valeur limite



b) Benzène : objectif de qualité



c) Particules PM10 : objectif de qualité



d) Particules PM10 : valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³)

Figure 22 : Nombre d'écoles maternelles et primaires de la zone d'étude par rapport aux normes en vigueur en 2011.

En Petite-Couronne (départements 92-93-94), même si l'ampleur du nombre d'écoles concernées par un dépassement de la valeur limite est moindre qu'à Paris, 270 écoles (60 000 élèves) sont situées en des zones pour lesquelles les teneurs en NO₂ dépassent la valeur limite. En Grande-Couronne (départements 77-78-91-95), 26 établissements scolaires, représentant 4 800 élèves, situés à proximité d'axes routiers importants observent, en 2011, des teneurs en NO₂ supérieures à 40 µg/m³.

Particules PM10 et benzène :

Encore plus nettement que pour le NO₂, les établissements scolaires dont les teneurs extérieures ne respectent pas les objectifs de qualité du benzène et des particules PM10 sont essentiellement situés à Paris. Ainsi, 117 écoles (resp. 142 écoles) présentent des teneurs de benzène (resp. particules PM10) supérieures à l'objectif de qualité.

Mais à Paris, en Petite et Grande-Couronne, la majorité des établissements respectent les objectifs de qualité définis pour le benzène et les particules PM10.

Les différences entre les trois entités géographiques représentées par Paris, la Petite-Couronne et la Grande-Couronne sont visibles quel que soit le polluant et les ERP étudiés puisque l'essentiel des ERP dépassant les normes sont implantés à Paris.

ERP concernés par un dépassement de l'ensemble des normes pour les trois polluants étudiés :

Certains ERP sont implantés dans des zones pour lesquelles les teneurs pour chacun des trois polluants étudiés sont supérieures à l'ensemble de leurs normes de la qualité de l'air¹³. La Figure 23 illustre, à l'échelle départementale, le nombre de ces ERP en 2011. Les effectifs des différents types d'ERP, par départements, dont les teneurs de pollution atmosphérique pour l'année 2011 sont supérieures à l'ensemble des normes visées sont présentés à l'Annexe 9.

Les ERP se situant dans une zone où toutes les normes en vigueur sont dépassées en 2011 sont implantés en moyenne à moins de 40 mètres d'un axe routier important. Certains ERP pour lesquels l'ensemble des normes est dépassé se situent à une distance maximum d'environ 130 mètres d'un axe routier important. Cela représente en Ile-de-France, 125 écoles (avec près de 28 000 élèves de maternelles et primaires), 85 crèches (3 250 places), 66 hôpitaux (6 700 lits) et 36 hébergements pour personnes âgées (2 500 places).

Une très large part des ERP régionaux « fortement exposés » est située à Paris : 80 % des écoles (21 430 élèves), des crèches (2 700 places agréées) et des hébergements pour personnes âgées (1 600 lits) et 75 % des hôpitaux (4 000 lits).

En Petite-Couronne également quelques établissements sont situés dans des zones de concentrations de pollution supérieures aux normes, en particulier dans le département des Hauts-de-Seine.

En Grande-Couronne, très peu d'ERP sont exposés à une zone de dépassement pour l'ensemble des normes de la qualité de l'air, seuls un à deux ERP sont concernés dans les Yvelines et le Val-d'Oise. Aucun ERP ne dépasse toutes les normes dans les départements de la Seine-de-Marne et de l'Essonne.

¹³ Valeur limite de NO₂ : 40µg/m³ - Objectif de qualité en benzène : 2 µg/m³ - Objectif de qualité (30 µg/m³) et valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50µg/m³) en PM10 - Objectif de qualité en PM2.5 : 10 µg/m³.

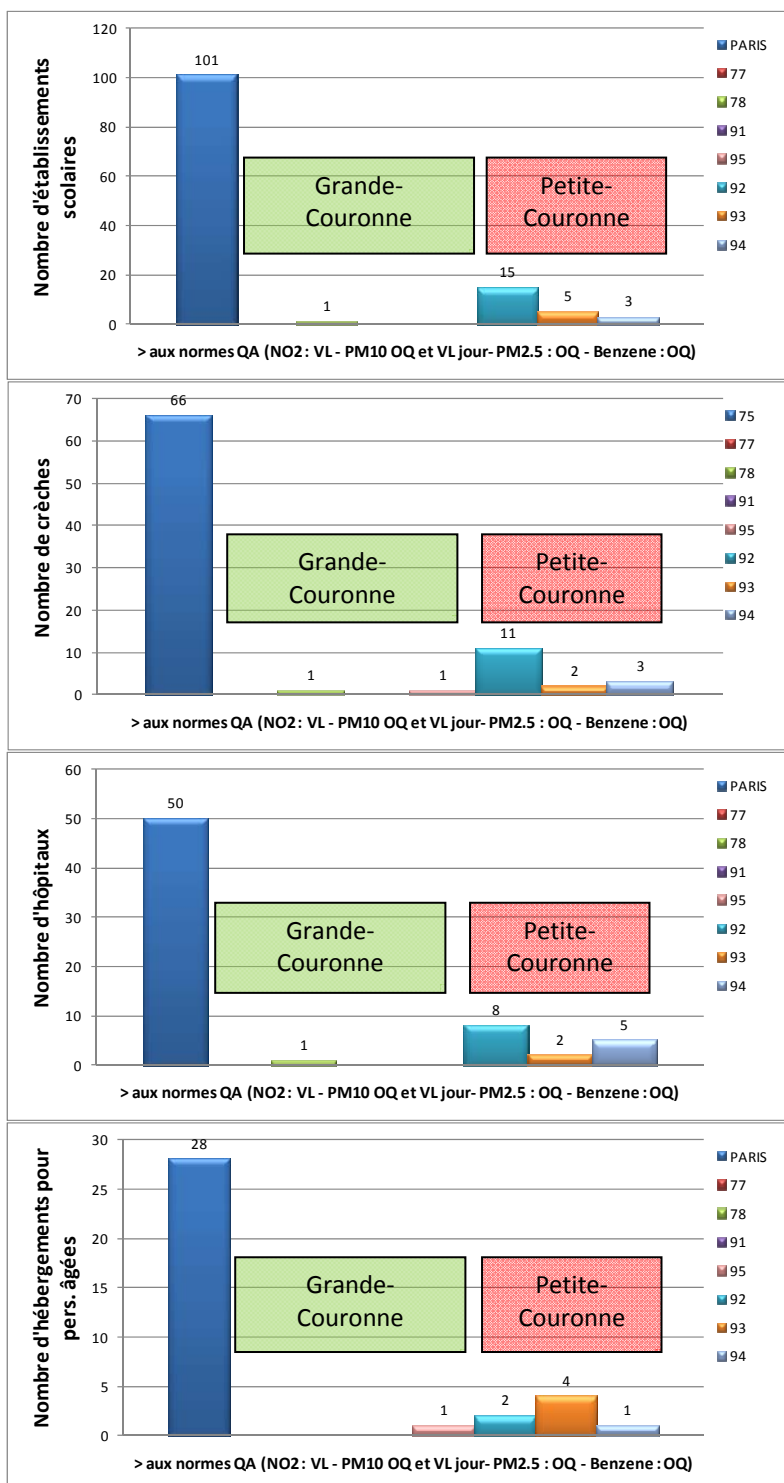


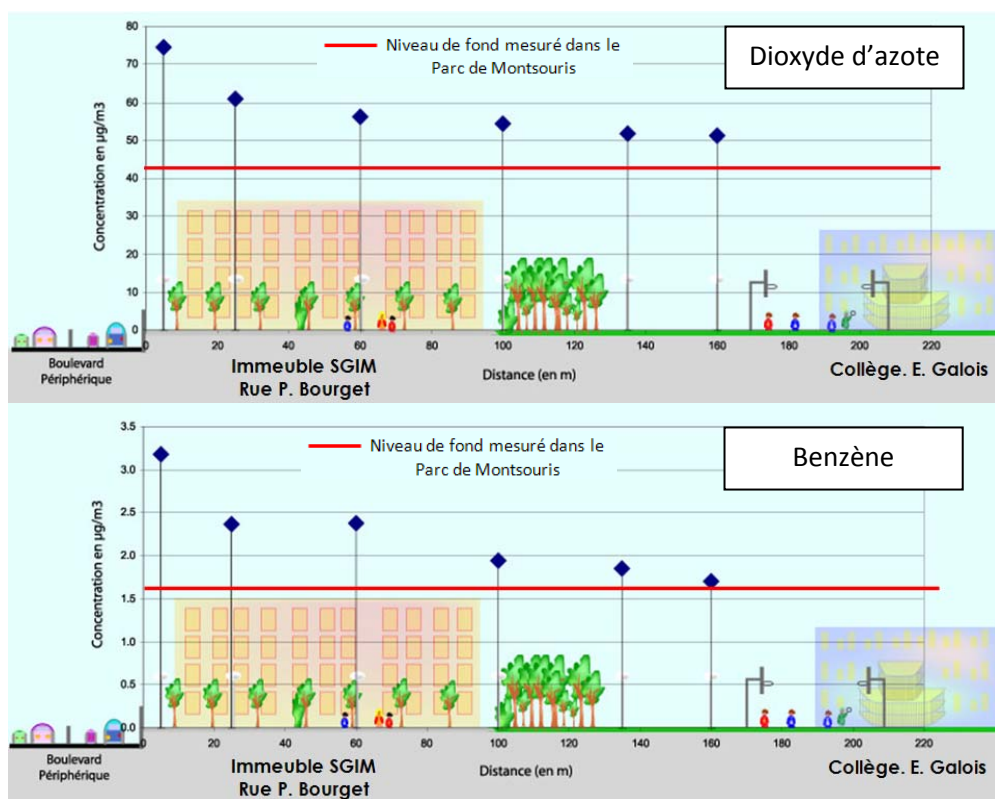
Figure 23 : Nombre d'établissement par type d'ERP pour lesquels les normes en vigueur en 2011 sont dépassées pour l'ensemble des polluants étudiés, à savoir dépassement de la valeur limite de NO₂ (40µg/m³), de l'objectif de qualité en PM10 (30 µg/m³), PM2.5 (10 µg/m³) et benzène (2 µg/m³) et de la valeur limite journalière de PM10 (35 jours supérieurs à 50µg/m³).

Influence de la distance des ERP aux axes routiers selon les polluants :

Si l'implantation géographique des ERP selon les départements engendre des différences vis-à-vis du respect des normes du fait de la plus ou moins grande proximité au cœur dense de l'agglomération parisienne et de la densité à la fois du réseau routier et du trafic, la localisation des établissements en fonction de **la distance à l'axe routier le plus proche est également un élément déterminant**. En effet, au plus près des axes routiers, l'influence des émissions dues au trafic engendre les teneurs de pollution les plus importantes (Cf. encadré ci-dessous).

Distance d'influence selon le polluant : Rappel d'après les mesures réalisées.

La mise en œuvre de sites de mesure installés perpendiculairement au Boulevard Périphérique en s'éloignant progressivement de celui-ci a permis de déterminer, pour le dioxyde d'azote et le benzène, l'impact et le rayon d'influence des émissions routières sur la qualité de l'air lors du premier volet d'étude¹⁴.



Évolution de la qualité de l'air en dioxyde d'azote et en benzène du bord du Boulevard Périphérique à plus de 150 mètres de l'axe.

La zone d'influence du Boulevard Périphérique est différentes selon le polluant. Ainsi, on observe des teneurs de benzène supérieures au niveau de fond ambiant environnant jusqu'à plus de 150 m. Pour le dioxyde d'azote, l'influence des émissions routières est plus étendue puisque à cette même distance les teneurs mesurées sont encore plus élevées de 20 % que celles observées en situation de fond. De plus, la baisse des concentrations est plus progressive alors que celle du benzène est plus rapide dès les premières dizaines de mètres.

¹⁴ « Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grande circulation : Premier volet - Campagne de mesure portant sur le Boulevard périphérique au niveau de la porte de Gentilly » – Février 2008 : http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rgentilly_volet1.pdf.

Ainsi, la Figure 24 présente la part des ERP situés dans une zone respectant la valeur limite pour le dioxyde d'azote en 2011, en fonction de leur distance à l'axe routier le plus proche, par rapport à ceux concernés par un dépassement de cette norme. Cette approche permet l'étude du risque de dépassement selon la distance d'implantation des ERP par rapport à l'axe le plus proche.

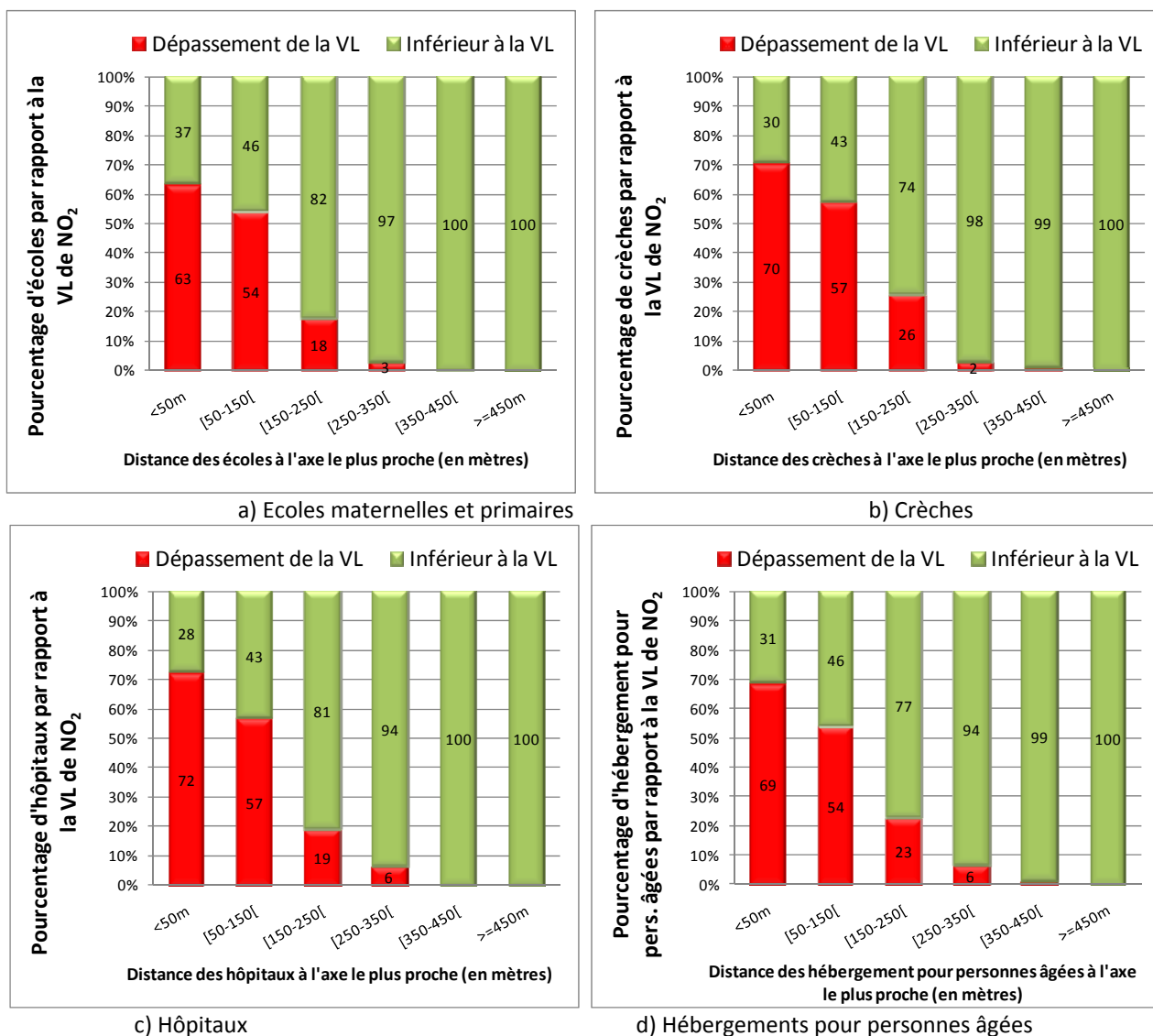


Figure 24 : Pourcentage des ERP situés dans une zone respectant la valeur limite pour le dioxyde d'azote en 2011 selon leur distance à l'axe routier le plus proche par rapport à ceux concernés par un dépassement de cette norme.

L'influence des émissions du trafic routier entraîne des teneurs importantes mais qui diminuent au fur et à mesure que l'on s'en éloigne.

Ainsi pour le dioxyde d'azote :

- entre 63 % (Ecoles maternelles et primaires) et 72 % (Hôpitaux) des ERP situés à moins de 50 mètres d'un axe routier important observent des teneurs supérieures à la valeur limite annuelle pour ce polluant.
- en moyenne un peu plus de la moitié des ERP situés entre 50 et 150 mètres des axes routiers sont concernés par des teneurs de NO₂ supérieures à la valeur limite,

- et dans le périmètre compris entre 250 et 350 mètres cette part diminue fortement pour atteindre 2 % à 6 % selon le type d'ERP
- et, la quasi totalité des ERP situés à plus de 350 mètres des axes routiers présente des concentrations annuelles de NO₂ inférieures à 40 µg/m³. Des dépassements peuvent être observés encore à une telle distance sachant que dans le cœur dense de l'agglomération parisienne la valeur limite peut être supérieure à 40 µg/m³ en situation de fond.

Pour le **benzène** (Cf. Annexe 10), la distance d'influence des émissions dues au trafic routier étant plus restreinte que pour le NO₂, puisque ce polluant est directement émis par le trafic routier et ne subit pas de modifications chimiques dans l'atmosphère. Seuls les ERP situés à moins de 150 mètres d'un axe important observent un dépassement de l'objectif de qualité. Au plus près du trafic (à moins de 50 mètres d'un axe routier), environ un quart des ERP présentent des teneurs annuelles supérieures à 2 µg/m³ de benzène.

Pour les **particules PM10** (Cf. Annexe 10), de la même manière que pour le benzène seuls les ERP situés à moins de 150 mètres d'un axe important observent un dépassement de l'objectif de qualité ; même si 1 % des crèches situées entre 150 et 250 mètres se trouvent dans une zone où l'objectif de qualité est dépassé. La valeur limite journalière établie pour les PM10 est quant à elle peut être dépassée à plus de 450 mètres d'un axe routier important comme cela est le cas pour 3 % des écoles implantées dans ce périmètre.

A l'échelle départementale - zoom sur les établissements scolaires :

La Figure 25 illustre, pour chaque département, la proportion des établissements scolaires respectant la valeur limite de dioxyde d'azote en 2011, selon la distance à l'axe routier le plus proche.

A Paris, la quasi-totalité (98 %) des établissements scolaires situés à une distance inférieure à 50 mètres d'un axe routier présentent un dépassement de la valeur limite de dioxyde d'azote. En s'éloignant de la Capitale, le fait d'être à proximité d'un axe routier majeur (moins de 50 mètres) n'engendre pas forcément un dépassement de la norme. Ainsi, en Petite-Couronne (PC), entre 33 % (Val-de-Marne) et 58 % (Hauts-de-Seine) des établissements scolaires situés à moins de 50 mètres d'un axe routier sont exposés à un dépassement de seuil. En Grande-Couronne (GC), compte tenu des niveaux plus faibles de NO₂ par rapport au cœur de l'agglomération parisienne, environ un quart des établissements sont soumis à des concentrations supérieures à 40 µg/m³ à cette même distance de l'axe.

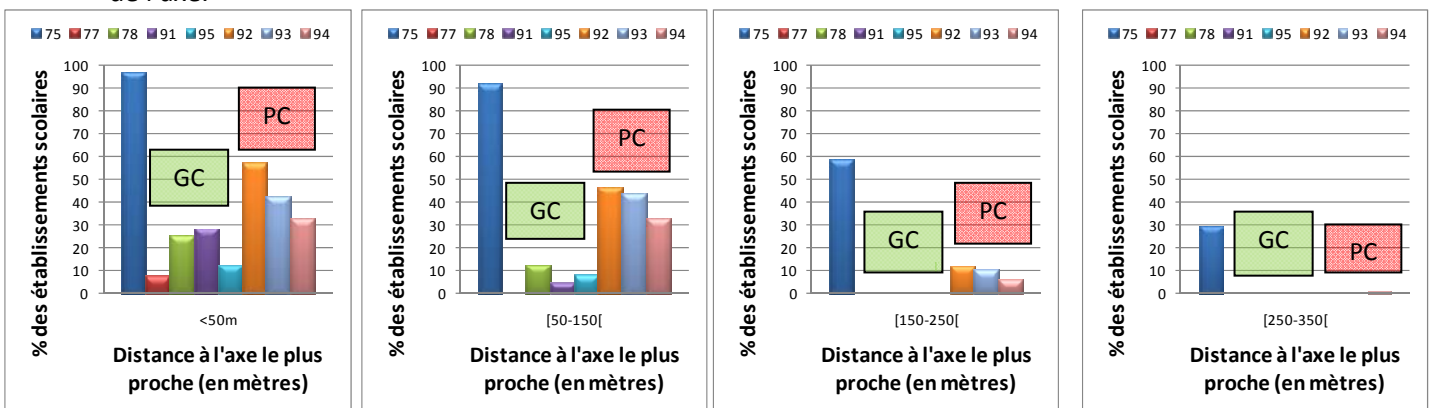


Figure 25 : Pourcentage des établissements scolaires (maternelles et primaires) dépassant la valeur limite de dioxyde d'azote en 2011 en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche à l'échelle départementale.

A une distance d'un axe routier comprise entre 50 et 150 mètres :

A Paris, la proportion d'établissements scolaires confrontés à des teneurs en dioxyde d'azote élevées reste importante même lorsque la distance au trafic routier augmente : plus de 90 % des établissements scolaires implantés entre 50 et 150 mètres observent un dépassement de seuil ; près de 60 % des établissements situés entre 150 et 250 mètres, et encore 30 % des établissements situés entre 250 et 350 mètres.

En dehors de Paris, en s'éloignant des axes routiers, la part d'établissements confrontés à un air extérieur dépassant la norme de NO₂ diminue fortement et atteint au maximum 10 % au-delà de 150 mètres et seulement 1 % au-delà de 250 mètres. Cette distance correspond à la distance maximale d'influence d'un axe routier important sur les teneurs de dioxyde d'azote à l'échelle de l'année en dehors du cœur dense de l'agglomération parisienne. A Paris, compte tenu de la densité d'axes routiers et des teneurs de fond supérieures à la valeur limite, même en s'éloignant de manière relativement importante des axes un dépassement peut toujours être constaté.

La proportion d'établissements scolaires situés en zone de dépassement de l'objectif de qualité fixé pour le **benzène** est beaucoup plus faible que pour le dioxyde d'azote, même à proximité immédiate des axes routiers (Cf. Figure 26). En effet, à Paris, moins de la moitié (40 %) des établissements situés à proximité immédiate d'un axe routier important présente des teneurs annuelles supérieures à 2 µg/m³. Polluant primaire car directement émis par le trafic routier, le benzène est plus rapidement dispersé dans l'atmosphère. Ainsi, la distance d'influence de ce polluant est beaucoup plus restreinte que celle du NO₂. De ce fait, aucun établissement scolaire situé à plus de 150 mètres d'un axe routier ne présente un dépassement de l'objectif de qualité du benzène, et ce quel que soit le département.

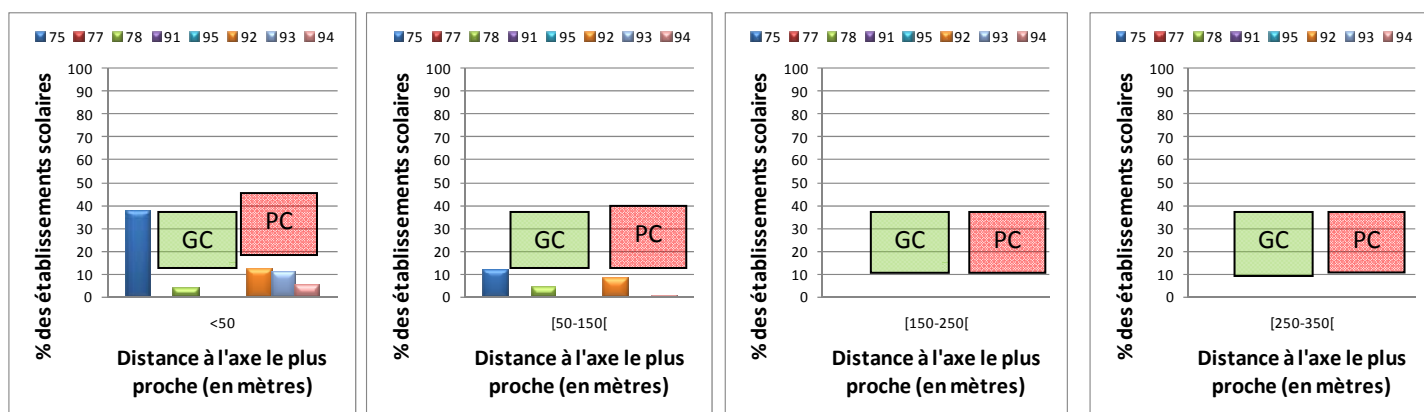


Figure 26 : Pourcentage des établissements scolaires soumis à un dépassement de l'objectif de qualité fixé pour le benzène en 2011 en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche en fonction des départements.

Ce constat est identique pour l'objectif de qualité annuel défini pour les **particules PM10** à 30 µg/m³. A partir de 150 mètres d'un axe routier, cet objectif de qualité est respecté, hormis pour 1 % des établissements scolaires parisiens situés entre 150 et 250 mètres d'un axe routier important (Cf. Figure 26).

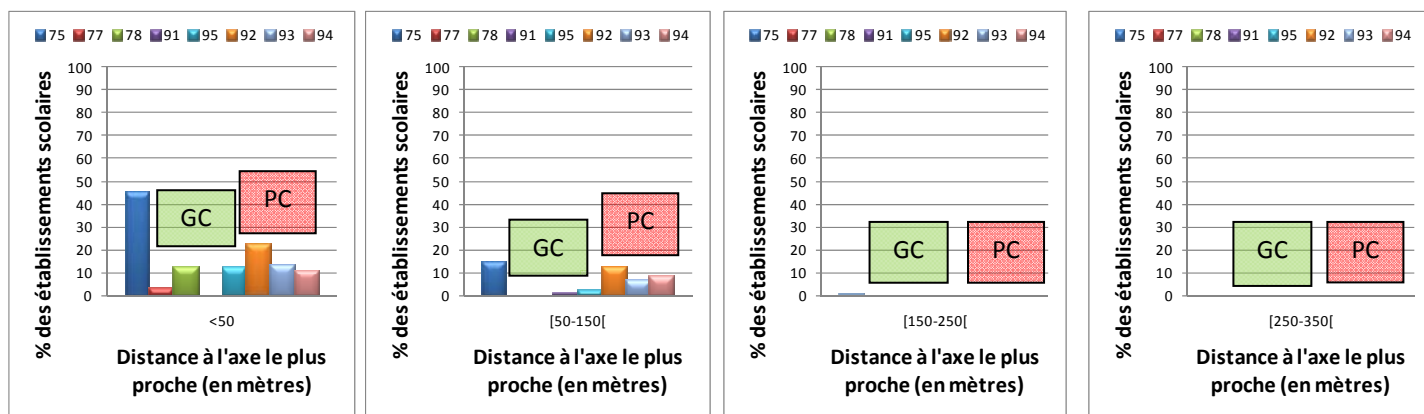


Figure 27 : Pourcentage des établissements scolaires dépassant l'objectif de qualité fixé pour les particules PM10 en 2011 en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche à l'échelle départementale.

A l'inverse, la valeur limite journalière fixée pour les particules PM10 est dépassée sur certains établissements, même à plus de 450 mètres des principaux axes routiers dans les départements du Val-d'Oise, des Hauts-de-Seine et de Seine-Saint-Denis.

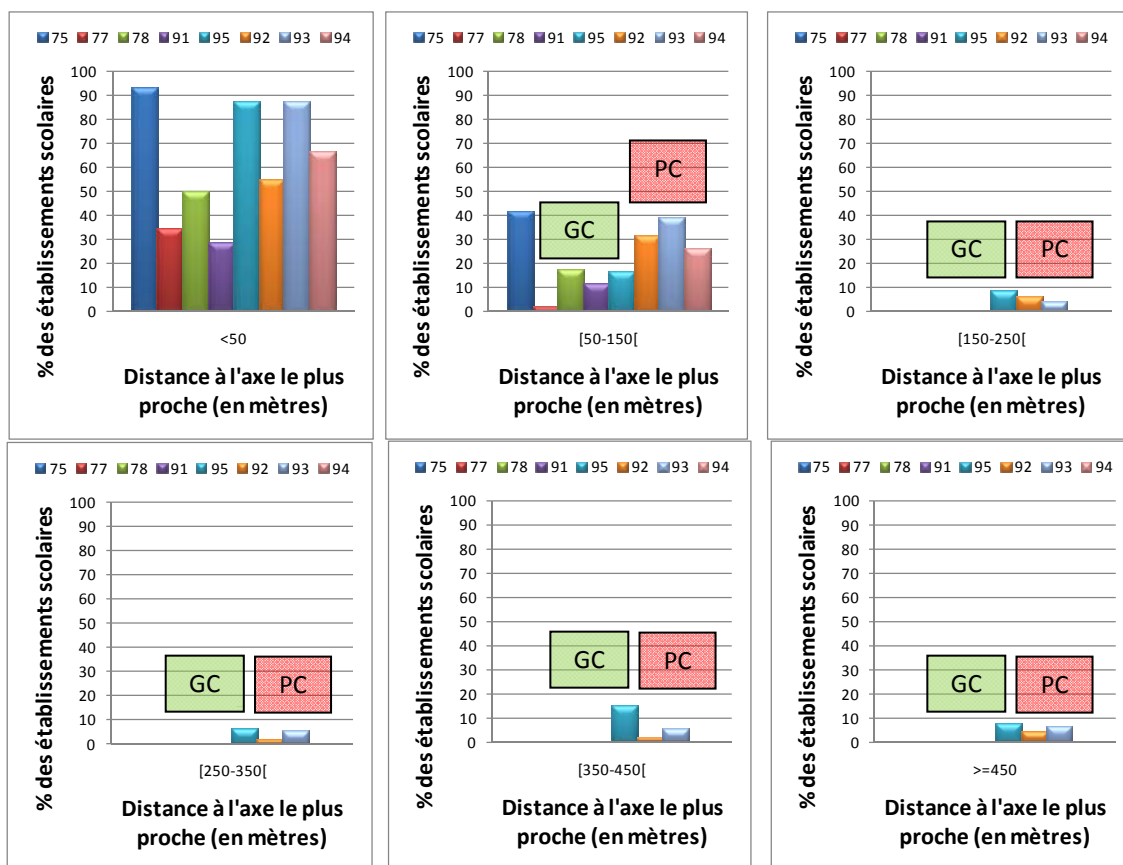


Figure 28 : Pourcentage des établissements scolaires exposés à un dépassement de la valeur limite journalière fixée pour les particules PM10 (35 jours supérieurs à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2011 en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche en fonction des départements.

On observe ainsi des dépassements de la valeur limite journalière pour un peu moins de 10 % des établissements scolaires situés à plus de 450 mètres des principaux axes. Cela est dû à la fois à l'influence directe des axes routiers les plus importants mais également au fait que le nombre de

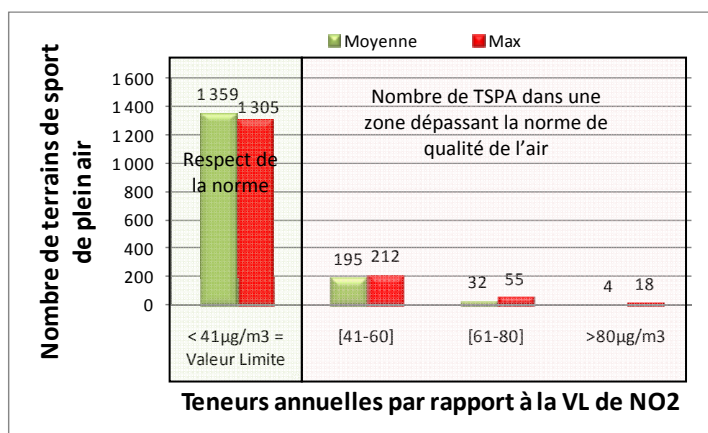
jours supérieurs à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2011 est proche de 35 en situation de fond (zone éloignée de l'influence directe de sources de pollution) dans cette partie de l'agglomération parisienne.

Les résultats départementaux pour l'ensemble des polluants et des ERP en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche sont illustrés en Annexe 11.

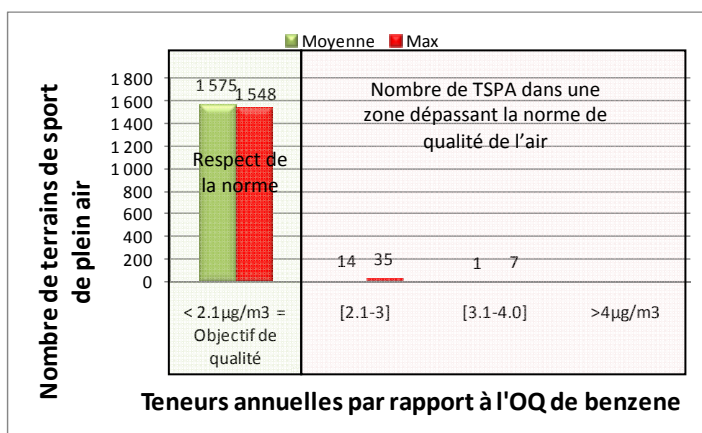
Zoom sur les terrains de sport de plein-air (TSPA) :

Contrairement aux autres ERP localisés à l'aide du point adresse, les terrains de sport de plein-air sont matérialisés par leur emprise surfacique sous la forme de polygones. L'exposition des structures sportives de plein-air aux polluants peut être estimée via le maximum et la moyenne des concentrations modélisées sur l'ensemble des terrains.

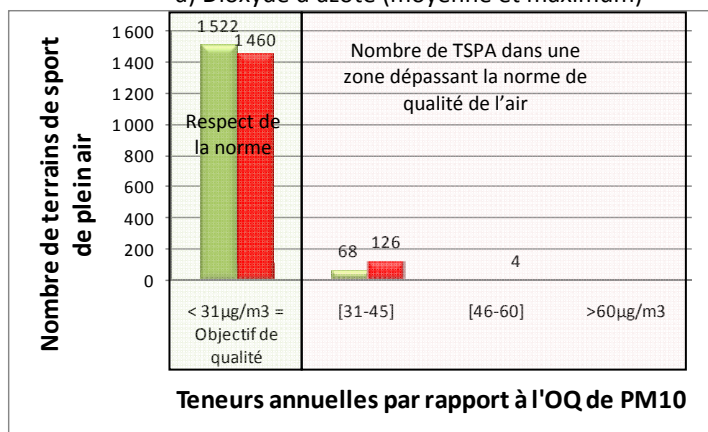
La Figure 29 présente le nombre de terrains de sport de plein-air en fonction des teneurs annuelles moyennes et maximales modélisées sur l'emprise totale des terrains. Pour la valeur limite journalière, seul le nombre de jours supérieurs à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10 est présenté. En effet, calculer une moyenne des risques de dépassement de la valeur limite journalière n'a pas de sens. La distribution (surfaces exprimées en hectares) des terrains de sport de plein-air en fonction des teneurs en polluants modélisées pour l'année 2011 est également présentée à l'Annexe 12.



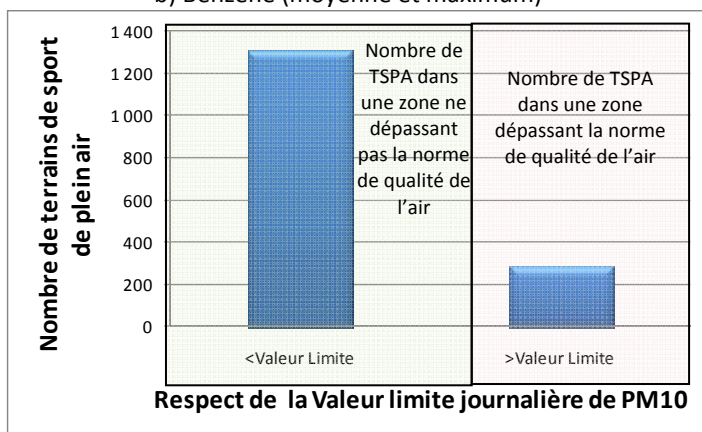
a) Dioxyde d'azote (moyenne et maximum)



b) Benzène (moyenne et maximum)



c) Particules PM10 (objectif de qualité moyenne et maximum)



d) Particules PM10 (nombre de jours max.)

Figure 29 : Nombre de terrains de sport de plein-air situés dans des zones respectant la réglementation par rapport à ceux où la qualité de l'air dépasse les normes en vigueur en 2011.

La majorité des terrains de sport de plein air est située dans des zones respectant les normes fixées puisque l'on retrouve plus de 82 %, 92 %, 82 % et 97 % de ces ERP associés à des teneurs respectivement inférieures à la valeur limite pour le NO₂, à l'objectif de qualité et la valeur limite

journalière pour les particules PM10 et l'objectif de qualité de benzène en prenant en compte la valeur modélisée maximale (en rouge) - et a *fortiori* la valeur moyenne en vert - sur l'emprise des terrains.

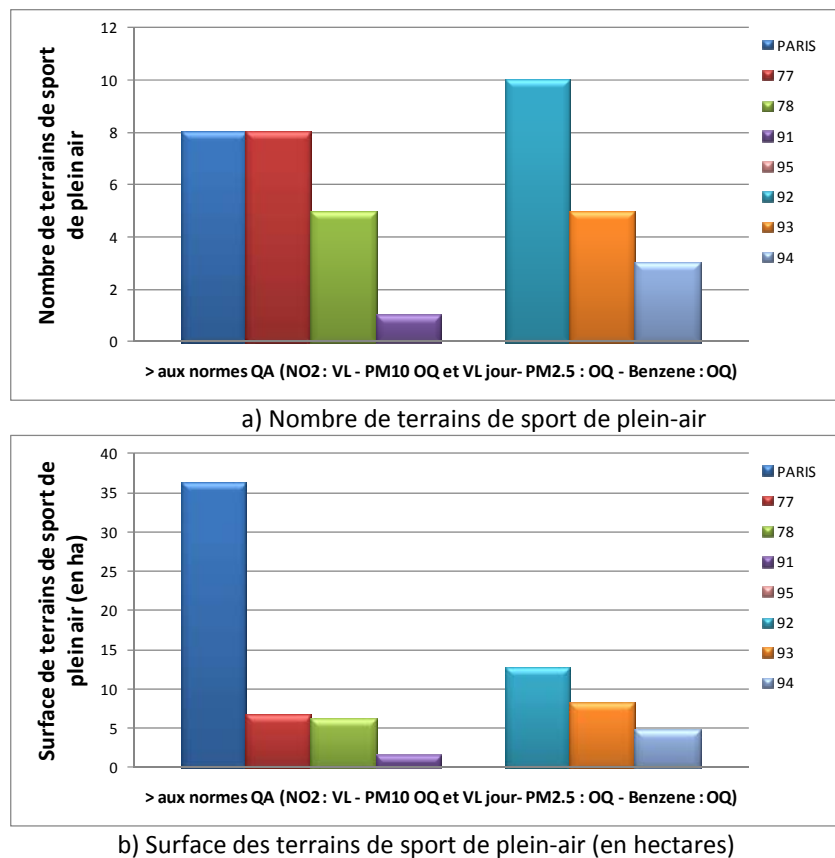


Figure 30 : Nombre de terrains de sport de plein-air (a) et surfaces associées (b) pour lesquels les normes en vigueur en 2011 sont dépassées pour l'ensemble des polluants étudiés, à savoir dépassement de la valeur limite de NO₂ (40 µg/m³), de l'objectif de qualité en PM10 (30 µg/m³), PM2.5 (10 µg/m³) et benzène (2 µg/m³) et de la valeur limite journalière de PM10 (35 jours supérieures à 50 µg/m³).

Toutefois, certains terrains de sport de plein-air sont implantés dans des zones pour lesquelles les teneurs en polluants sont supérieures à l'ensemble des normes de la qualité de l'air visées. La Figure 30 illustre, à l'échelle départementale, le nombre de terrains de sport (et les surfaces associées exprimées en hectares) pour lesquels les teneurs en polluants au cours de l'année 2011 sont supérieures à l'ensemble des normes de la qualité de l'air visées.

Au sein de la zone d'étude, 40 terrains de sport de plein-air, pour une surface de 36 hectares, présentent en leur sein au moins une zone (ou maille : modélisation de la qualité de l'air sur une superficie de 50 mètres de côté) avec des teneurs maximales supérieures à l'ensemble des normes visées pour les polluants étudiés. Lorsque l'on considère la moyenne des teneurs sur l'ensemble de la surface des terrains, - plutôt que le maximum - le bilan est moindre, à savoir 14 terrains pour une superficie de près de 19 hectares pour lesquels les différentes normes pour les trois polluants étudiés sont dépassées. Compte tenu de la décroissance des concentrations des polluants en s'éloignant des axes routiers, les enceintes sportives peuvent présenter, notamment pour les plus vastes, d'importantes différences de niveaux de pollution entre le point le plus fort situé au plus près de l'axe et le plus faible localisé au plus loin.

A l'échelle départementale (Cf. Figure 30), les Hauts-de-Seine concentrent le plus grand nombre de terrains de sport de plein-air (au nombre de 10) pour lesquels les teneurs maximales sont supérieures à l'ensemble des normes visées. Paris rassemble quant à elle la plus grande surface de terrains de sport (36 ha) pour lesquels l'ensemble des normes sont dépassées, notamment compte tenu d'une vaste structure sportive dans le 12^{ème} arrondissement.

La proximité des axes routiers par rapport à l'implantation des terrains de sport de plein-air joue un rôle important vis-à-vis des teneurs des polluants étudiés, notamment à Paris où la grande majorité des ERP situés à proximité du trafic routier (distance inférieure à 50 mètres) observent un dépassement des normes visées. En dehors de Paris, compte tenu à la fois de la baisse des teneurs de fond des polluants étudiés et de la diminution de la densité à la fois du réseau et du trafic routier, les dépassements sont beaucoup moins nombreux même à proximité du trafic routier.

V. Conclusion

Dans le cadre du troisième et dernier volet du programme pluriannuel de caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies de grande circulation en Ile-de-France, les travaux réalisés ont été consacrés d'une part à la modélisation de la qualité de l'air sur l'ensemble d'une zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des principaux axes franciliens ; d'autre part au géo-référencement fin du réseau routier, et au recensement dans la zone d'étude de cinq types d'Etablissements **Recevant du Public et accueillant les personnes les plus sensibles : hôpitaux, structures d'hébergement pour personnes âgées, crèches et écoles maternelles et primaires.**

Les **équipements sportifs et espaces extérieurs dédiés aux activités sportives** pouvant également recevoir un public sensible pour lequel des efforts physiques accentuent l'impact des polluants atmosphériques sur la santé ont également été considérés.

Le croisement des informations relatives à la qualité de l'air et celles concernant les Etablissements recevant du public (ERP) a été réalisé. Ce croisement de données permet de classer les ERP, en nombre mais aussi en effectifs associés, selon les normes en vigueur pour les polluants d'origine automobile, à savoir le dioxyde d'azote, le benzène et les particules PM10 et PM2.5.

- Respect des normes de la qualité de l'air

La valeur limite fixée pour le **dioxyde d'azote** est la norme la moins bien respectée : près d'un tiers des ERP étudiés sont localisés dans des zones pour lesquelles les teneurs en NO₂ sont supérieures à 40 µg/m³ en 2011. Certains ERP sont même implantés sur des domaines dont les teneurs en NO₂ sont plus de deux fois supérieures à la valeur limite (> 80 µg/m³).

A l'inverse, pour le **benzène et les PM10**, la distance d'influence des émissions routières étant moins importante pour ces polluants que pour le NO₂, une part plus restreinte d'ERP (moins de 10 %) est soumise à des niveaux ne respectant pas les objectifs de qualité associés à ces polluants. Cependant, compte tenu du nombre important d'ERP en Ile-de-France, cela concerne tout de même de nombreux élèves notamment pour l'objectif de qualité en particules PM10 avec plus de 46 000 élèves et 6 700 places de crèches.

Pour certains ERP, l'ensemble des normes visées sont dépassées. Cela représente en Ile-de-France, 125 écoles (avec près de 28 000 élèves de maternelles et primaires), 85 crèches (3 250 places), 66 hôpitaux (6 700 lits) et 36 hébergements pour personnes âgées (2 500 places). Il s'agit essentiellement d'ERP localisés à Paris et implantés à proximité d'un axe routier important (en moyenne à moins de 40 mètres), sous l'influence directe des émissions du trafic.

De plus, à Paris la quasi-totalité (au moins 90 %) des ERP situés à une distance inférieure à 50 mètres d'un axe routier présentent un dépassement de la valeur limite de dioxyde d'azote ainsi que de la valeur limite journalière de PM10.

Deux paramètres prépondérants expliquent le nombre d'ERP dépassant les normes en vigueur : la proximité aux axes routiers importants et leur situation par rapport au cœur dense de l'agglomération parisienne. Ainsi, compte tenu à la fois des teneurs plus élevées en situation de fond à Paris et de la densité du trafic routier, une plus grande proportion d'ERP situés dans la Capitale est soumise à des teneurs en polluants ne respectant pas les normes. En dehors de Paris, compte tenu à la fois de la baisse des teneurs de fond des polluants étudiés et de la diminution de la densité du réseau routier et du trafic, les ERP implantés dans des zones observant des dépassements de normes sont beaucoup moins nombreux, même à proximité du trafic routier.

- Complément d'étude

Les travaux réalisés dans le cadre de notre étude s'appuient sur une estimation des niveaux de pollution dans l'air ambiant extérieur. Or, pour la plupart des ERP considérés – à l'exception des terrains de sport de plein-air, l'activité des personnes les fréquentant se déroule principalement à l'intérieur des bâtiments.

Mais au travers d'études spécifiques, Airparif pénètre dans les ERP afin d'en mesurer la qualité de l'air. Ainsi, **Airparif a participé aux études nationales initiées par le projet de loi Grenelle II afin de surveiller la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches**. Via des mesures de formaldéhyde, de benzène et de dioxyde de carbone (indicateur du niveau de confinement), Airparif a testé le protocole national de mesure au sein de 20 établissements¹⁵.

De plus, le transfert « air extérieur – air intérieur » est une source importante de pollution de l'air ambiant intérieur (prépondérante dans le cas du dioxyde d'azote et du benzène) comme Airparif, en collaboration avec le LHVP, a pu le mesurer lors du premier volet de cette l'étude, notamment dans des ERP recevant une population sensible (Hébergement pour personnes âgées). Une perspective de ce travail pourrait être **d'estimer plus finement les niveaux d'exposition des populations sensibles à l'intérieur des ERP**, en intégrant les paramètres principaux dimensionnant notamment le transfert air extérieur / air intérieur. Ces travaux sont planifiés dans le cadre du Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air 2010-2014, via le **développement d'un outil d'estimation de l'exposition des franciliens à la pollution atmosphérique, prenant en compte tous les compartiments d'activité des individus (air intérieur, dans les transports¹⁶, air extérieur,...)**.

¹⁵ http://www/pdf/publications/CampagneEcolesPhaseII_Jan12.pdf.

¹⁶ « En Voiture ! » <http://www/divers/exposition-en-voiture>.

ANNEXES

Généralisation de la modélisation de la pollution atmosphérique à proximité des axes routiers les plus importants d'Ile-de-France

Annexe 1

Description des différents ERP pris en compte dans le cadre de l'étude
(Source : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région d'Ile-de-France)

- Etablissements hospitaliers

Base 2006, Ile-de-France

Géocodage à l'adresse

Etablissements hospitaliers (établissements de médecine-chirurgie-obstétrique et établissements spécialisés) ; structures d'hébergement médicalisées pour handicapés (établissements pour adultes handicapés et établissements pour enfants handicapés)

Attribut quantitatif : Nombre de lits



- Structures d'accueil pour personnes âgées

Base 2010, Ile-de-France

Géocodage à l'adresse

Logement-foyers, maisons de retraites, structures d'accueil pour personnes âgées de jour ou temporaire

Attribut quantitatif : nombre de lits



- Crèches et équipements pour la petite enfance

Base 2007, Ile-de-France

Géocodage à l'adresse

Crèches, haltes garderies, multi-accueil ; publiques et privées

Attribut quantitatif : nombre de places agréées



4 - Ecoles maternelles et primaires

Base 2009, Ile-de-France

Géocodage à l'adresse

Ecoles maternelles, écoles élémentaires et groupes scolaires (sans distinction)

Attribut quantitatif : nombre d'élèves



L. Reynaert/ IAU tdf

- **Les terrains pour l'activité sportive en plein air (TSPA)**

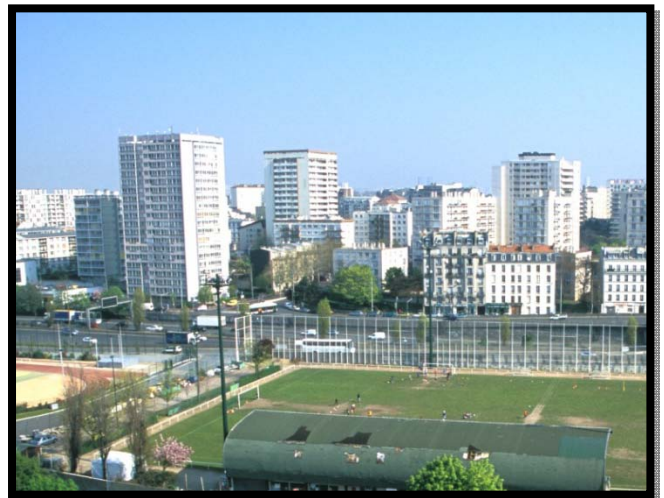
Un des moyens de pouvoir identifier les enjeux d'exposition à la pollution atmosphérique pour les populations pratiquant une activité sportive en plein-air s'obtient par l'examen de la présence des terrains de sport en plein-air aux abords des voies à grande circulation.

Le Mode d'occupation du sol 2008 de l'IAU (MOS) est une ressource pertinente qui permet d'apprécier la présence d'espaces ouverts dédiés aux activités sportives en Ile-de-France.

L'information MOS est issue de photos aériennes interprétées, de fichiers administratifs, de bulletins municipaux et de consultations de communes. Cette information a été reportée sur plans au 1/5000 et digitalisée (mode vecteur) à cette échelle. L'unité territoriale minimum représente sur le terrain 25 m x 25 m ou 625 m². La mise à jour 2008 a été réalisée directement à l'écran, à partir d'une orthophotographie numérique régionale de résolution 1 mètre. Composé d'entités surfaciques, l'usage du sol est décrit en 81 classes : 15 classes pour les espaces ouverts, 13 classes pour l'urbain non bâti et 53 classes pour l'urbain bâti.

L'IAU a sélectionné trois postes du Mode d'occupation du sol 2008 pour couvrir l'ensemble des terrains de sport en plein-air. Il s'agit :

- « **Terrains de sport en plein air** » :
Terrains en plein-air autres que terrains de tennis (terrains de football, athlétisme, rugby, etc.). Les stades communaux de tailles importantes sont classés dans ce poste.
- « **Tennis découverts** » :
Tous les terrains de tennis découverts identifiés par photo-interprétation, qu'ils soient publics ou privés.
- « **Parcs d'évolution d'équipements sportifs** » :
Il s'agit des pistes de rollers, de karting et de cross, des stands de tir découverts, des aires réservées au modélisme. Les grands stades (Stade de France, Parc des Princes...) sont référencés dans ce poste.



J.-G. Jules / AERIAL / IAU tdf

Ces trois postes ont été regroupés en une seule famille, chaque entité surfacique étant caractérisée par un attribut : la superficie dans la zone de proximité du terrain concerné.

Annexe 2

Principales normes en vigueur pour le dioxyde d'azote, les particules PM10 et PM2.5 et le benzène

Normes pour le dioxyde d'azote :

| Type de norme | Santé ou végétation | Seuil | Nombre de dépassements maximum/an |
|------------------------|---------------------|--|-----------------------------------|
| Objectif de qualité | santé | 40 µg/m ³ moyenne annuelle | |
| Valeur limite annuelle | santé | 40 µg/m ³ moyenne annuelle | |
| Valeur limite horaire | santé | 200 µg/m ³ moyenne horaire | 18 |

Depuis l'année 2010, le seuil de la valeur limite est équivalent à l'objectif de qualité français (40 µg/m³).

Normes pour les particules :

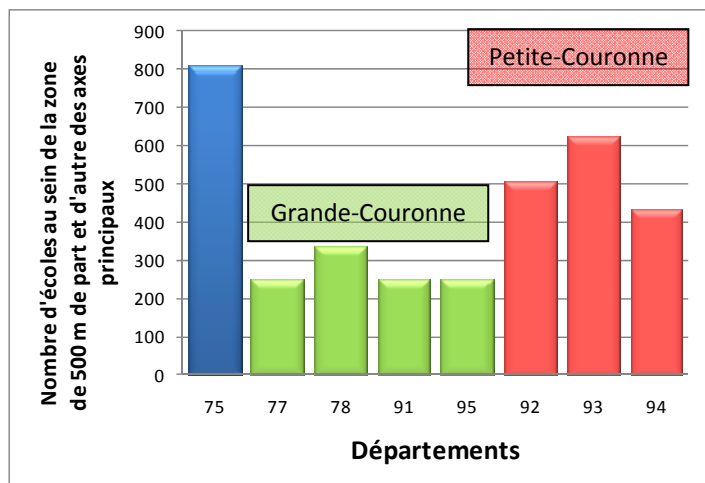
| Polluant | Type de norme | Santé ou végétation | Seuil | Nombre de dépassements maximum/an |
|----------|---------------------------|---------------------|---|-----------------------------------|
| PM10 | Objectif de qualité | santé | 30 µg/m ³ moyenne annuelle | |
| | Valeur limite annuelle | santé | 40 µg/m ³ | |
| | Valeur limite journalière | santé | 50 µg/m ³ moyenne journalière | 35 |
| PM2,5 | Valeur cible | santé | 20 µg/m ³ moyenne annuelle | |
| | Valeur limite 2009 | | 29 µg/m ³ | |
| | Valeur limite 2015 | santé | 25 µg/m ³ moyenne annuelle | |
| | Objectif de qualité | santé | 10 µg/m ³ moyenne annuelle | |

Normes pour le benzène :

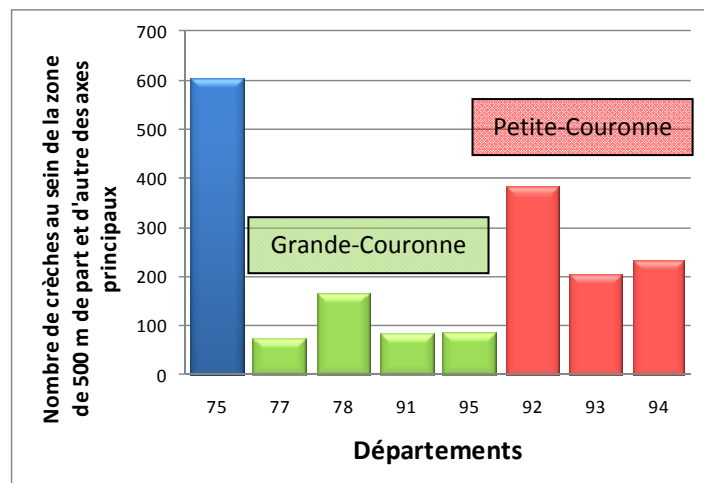
| Type de norme | Santé ou végétation | Seuil |
|---------------------|---------------------|---|
| Objectif de qualité | santé | 2 µg/m ³ moyenne annuelle |
| Valeur limite | santé | 5 µg/m ³ moyenne annuelle |

Annexe 3

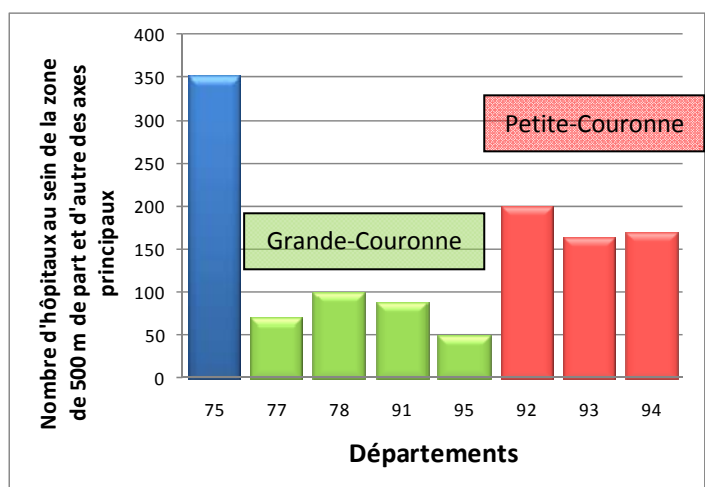
Nombre d'ERP au sein de la zone d'étude de 500 mètres de part et d'autre des axes franciliens les plus importants selon les départements.



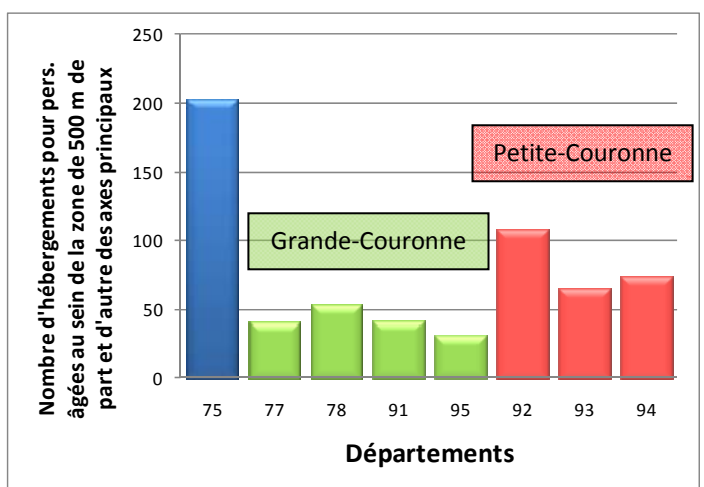
a) Ecoles maternelles et primaires



b) Crèches



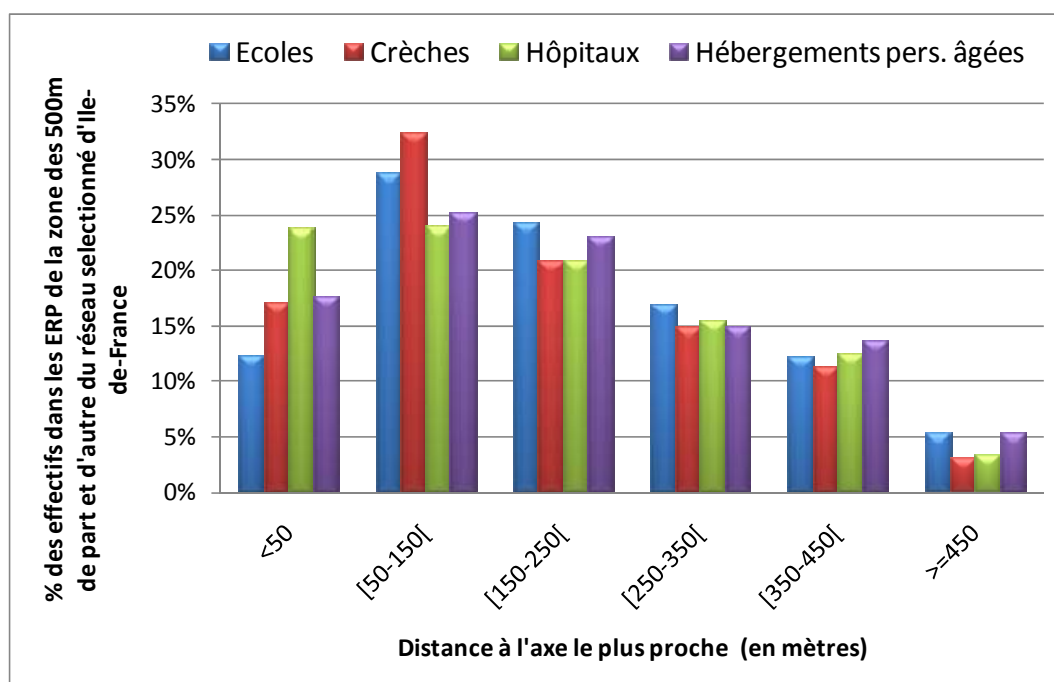
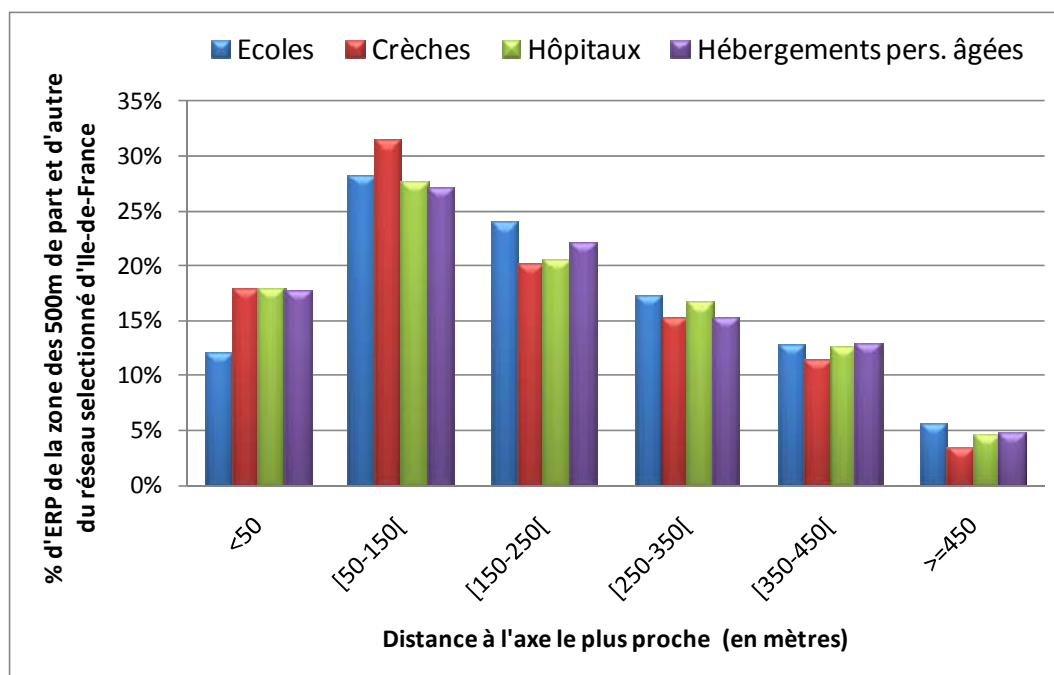
c) Hôpitaux



b) Hébergements pour personnes âgées

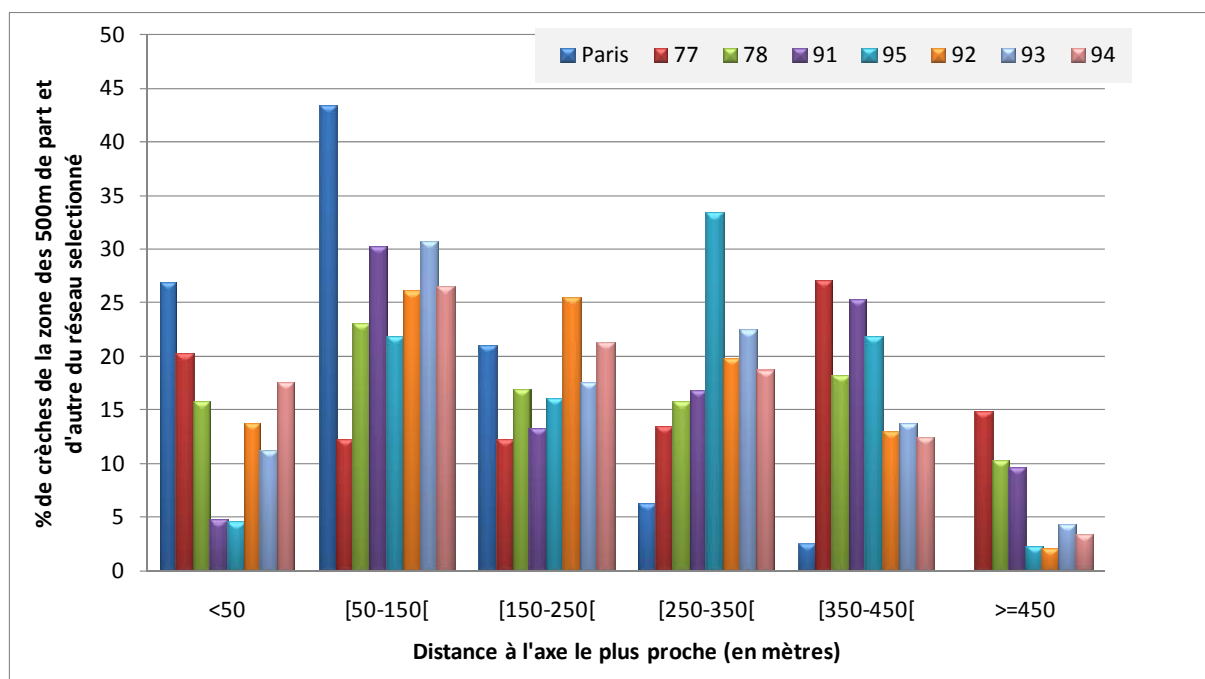
Annexe 4

Pourcentage des ERP et des effectifs associés (établissements scolaires : nombre d'élèves, crèches : nombre de place agréées en crèches agréées, hôpitaux : nombre de lits, hébergements pour personnes âgées : nombre de lits) selon la distance à l'axe routier le plus proche du réseau routier principal d'Ile-de-France.

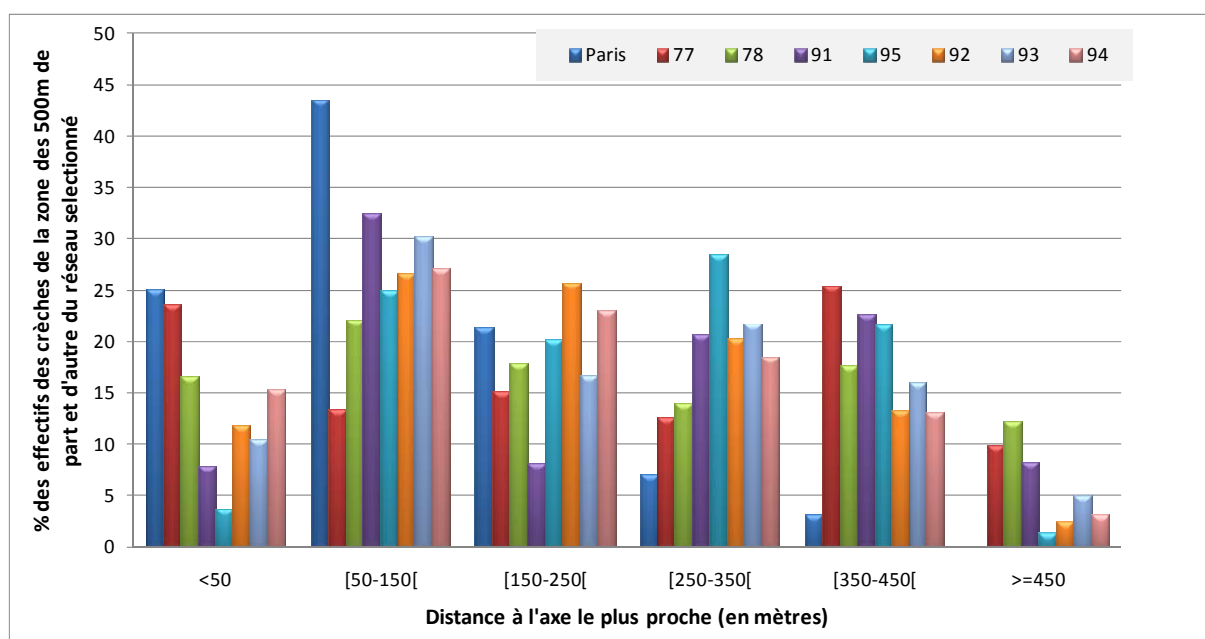


Annexe 5

Pourcentage de crèches (a), et leurs places agréées (b), de la zone d'étude en fonction de leur distance aux principaux axes routiers à l'échelle départementale



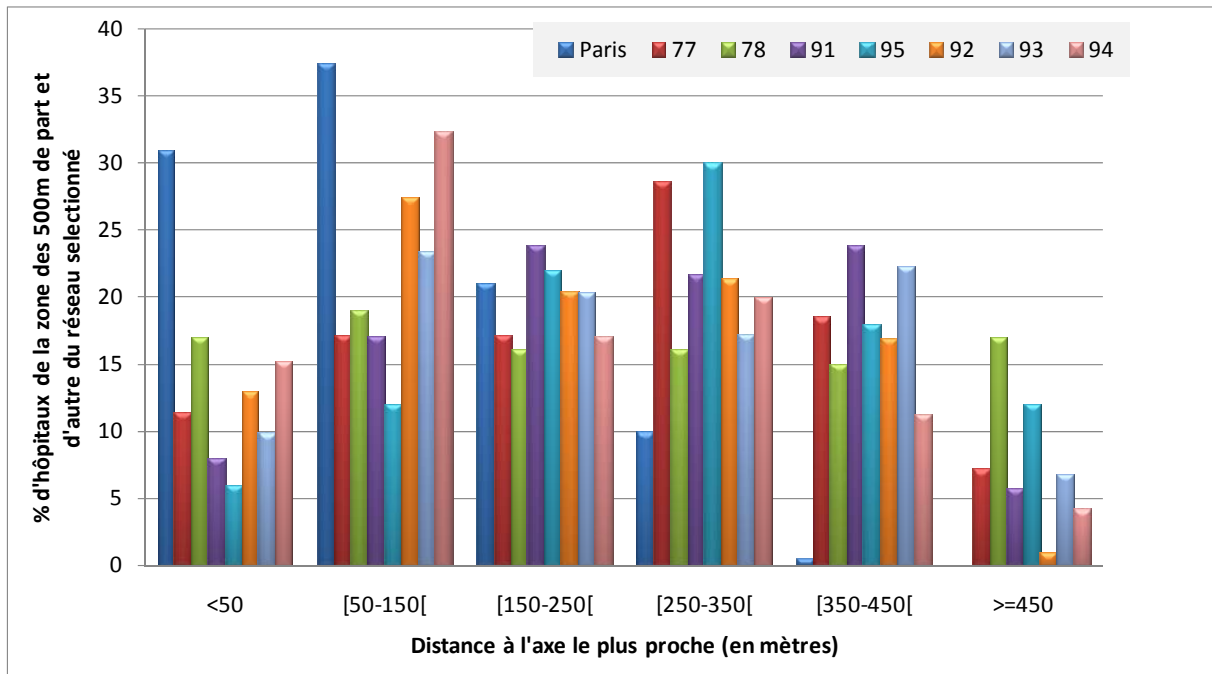
a) Pourcentage de crèches



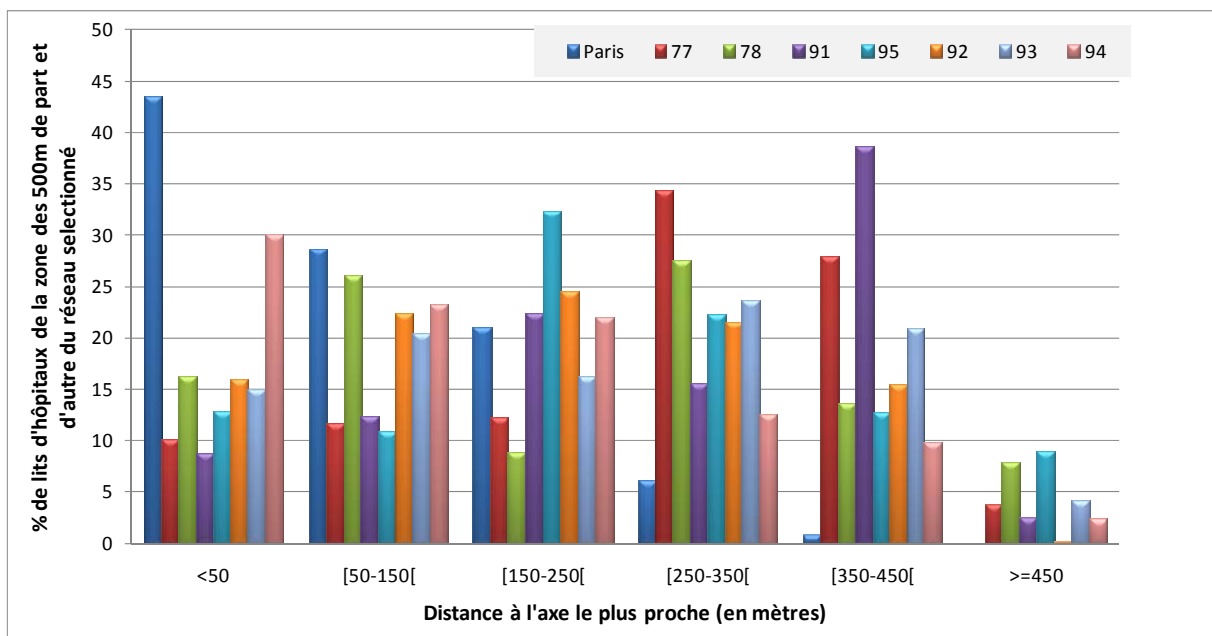
b) Pourcentage des places agréées en crèche

Annexe 5 (suite)

Pourcentage des hôpitaux (a), et le nombre de lits disponibles (b), de la zone d'étude en fonction de leur distance aux principaux axes routiers à l'échelle départementale



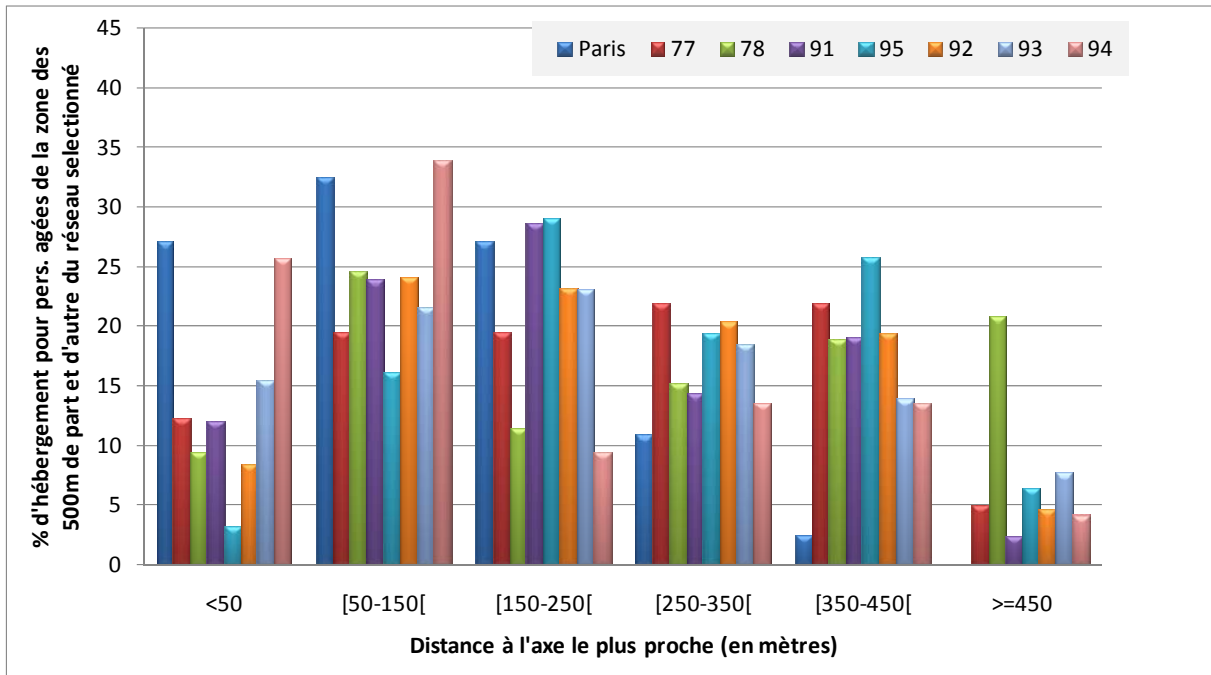
a) Pourcentage d'hôpitaux



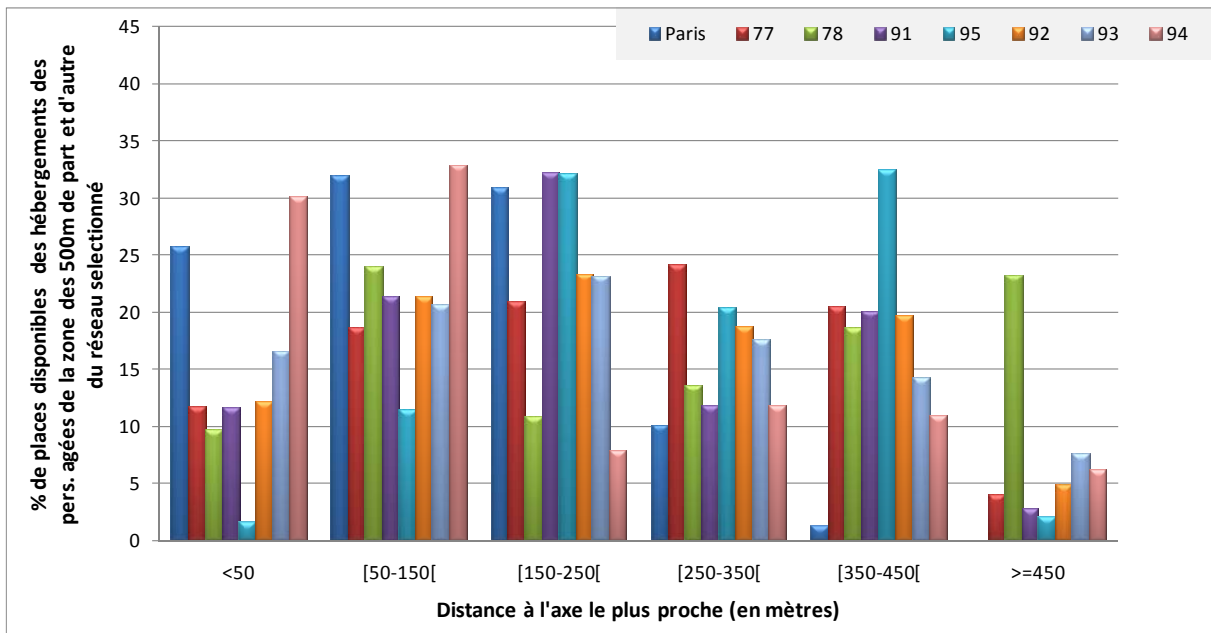
b) Pourcentage de lits disponibles au sein des hôpitaux

Annexe 5 (suite)

Pourcentage des hébergements pour personnes âgées (a), et le nombre de lits disponibles (b), de la zone d'étude en fonction de leur distance aux principaux axes routiers à l'échelle départementale



a) Pourcentage d'hébergements pour personnes âgées

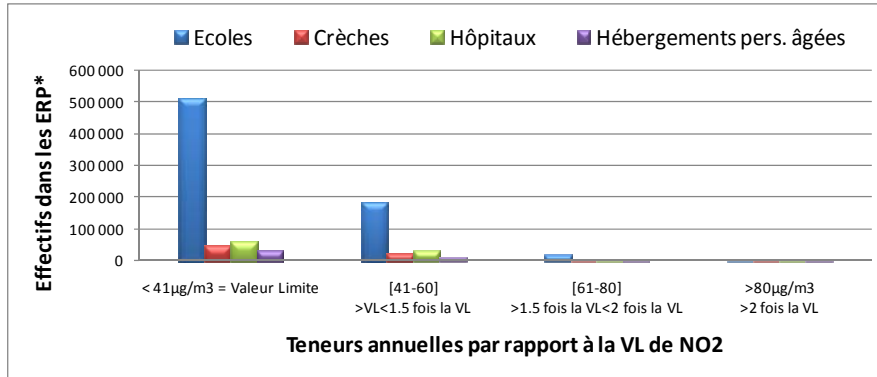


a) Pourcentage de lits disponibles dans les hébergements pour personnes âgées

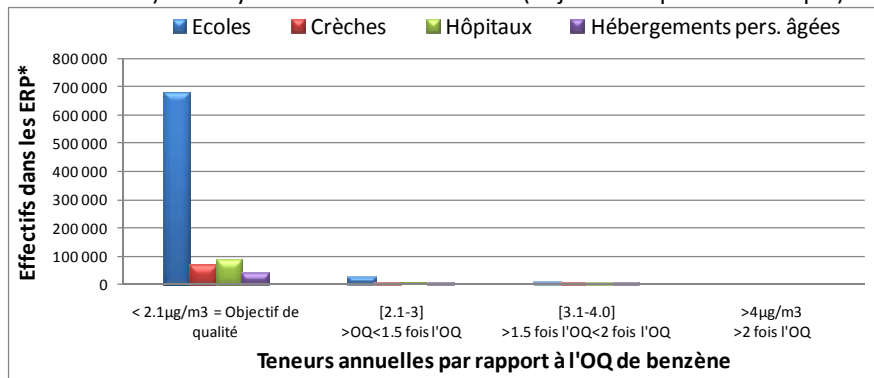
Annexe 6

Effectifs* dans les ERP par rapport aux normes en vigueur en 2011.

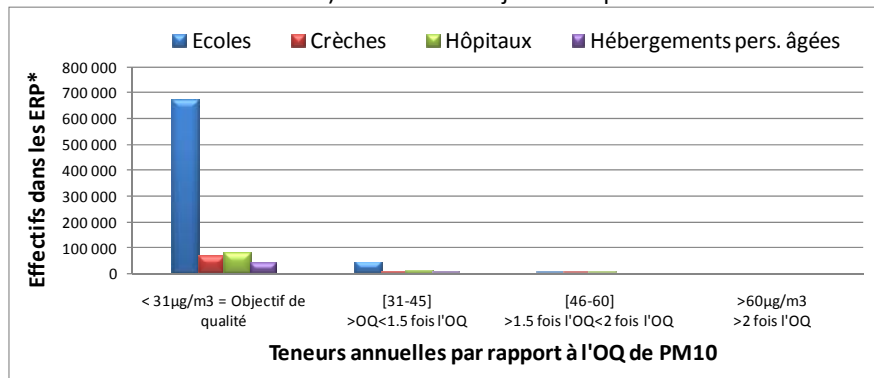
*Nombre d'élèves dans les écoles maternelles et primaires, de places agréées en crèches, nombre de lits dans les hôpitaux et dans les hébergements pour personnes âgées.



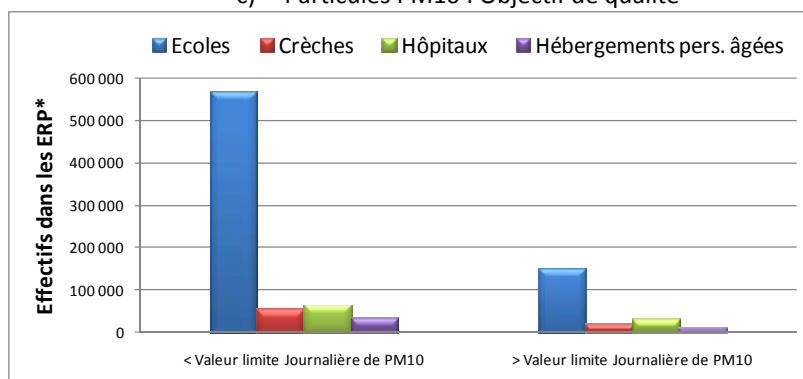
a) Dioxyde d'azote : valeur limite (objectif de qualité identique)



b) Benzène : objectif de qualité



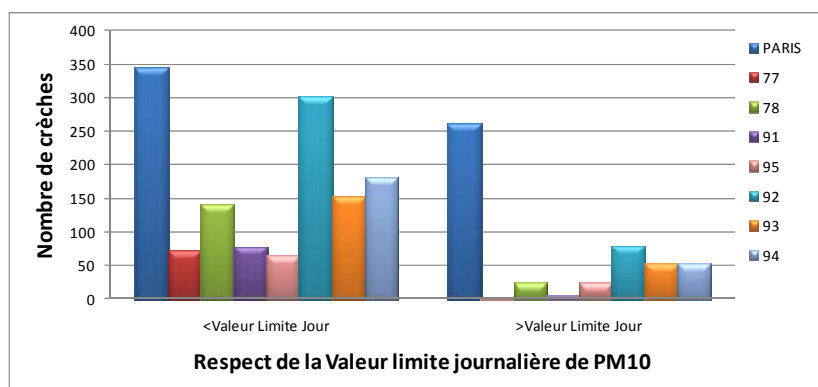
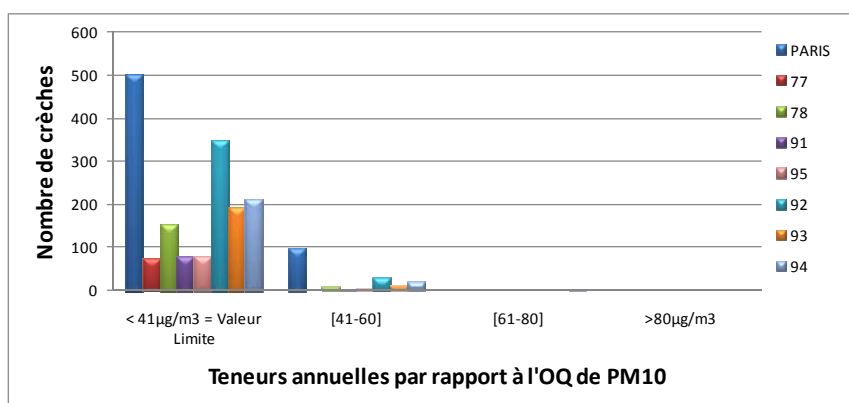
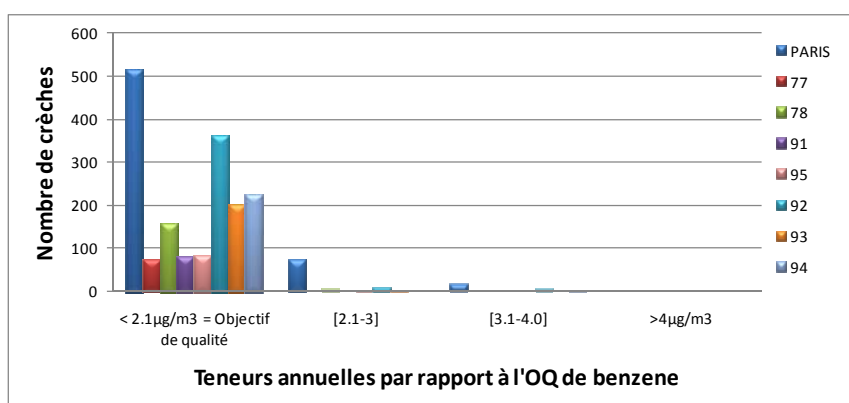
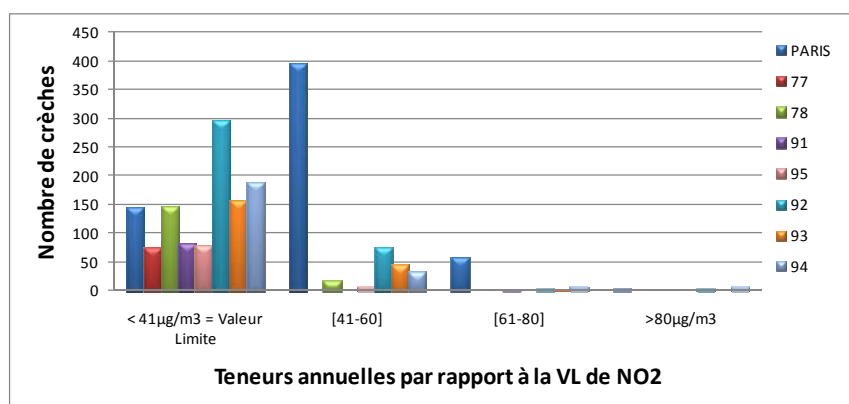
c) Particules PM10 : Objectif de qualité



d) Particules PM10 : Valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³)

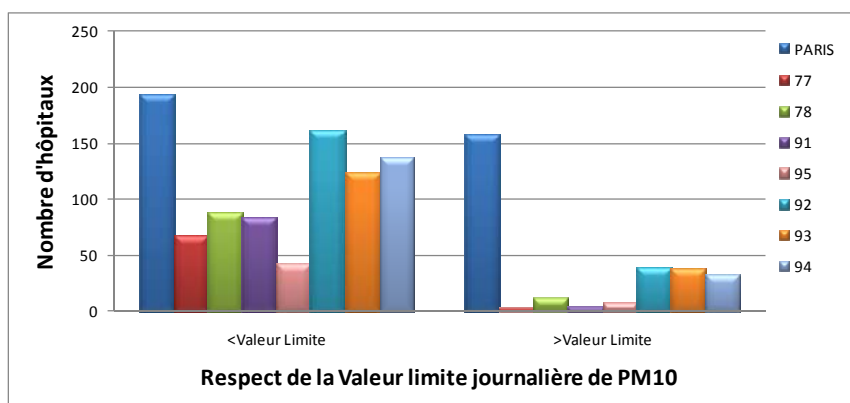
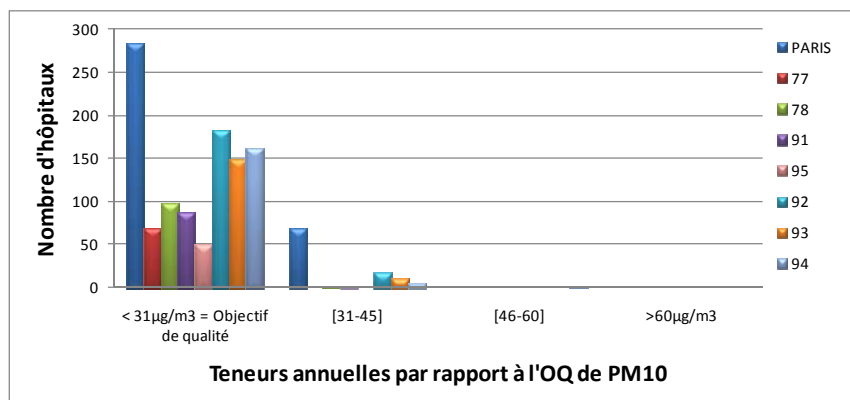
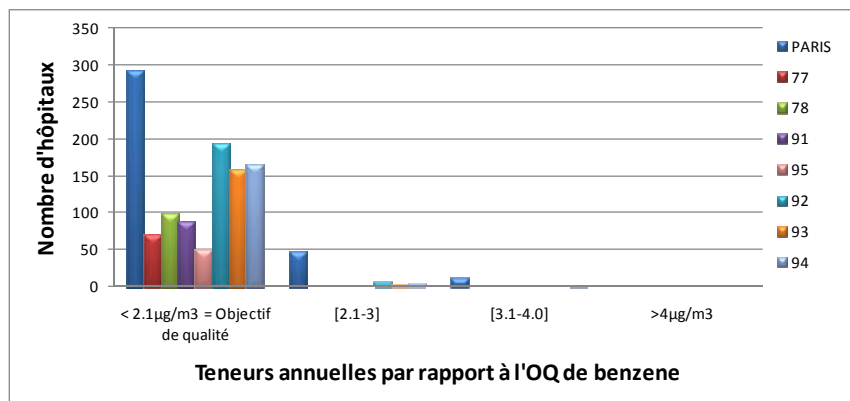
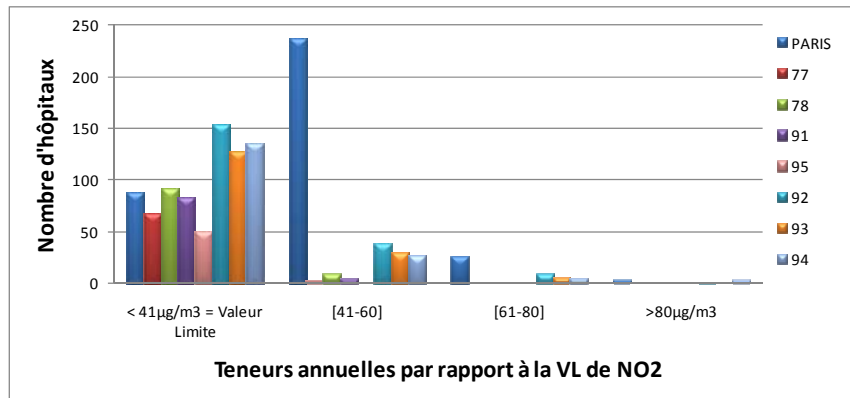
Annexe 7

Nombre de crèches par département selon les concentrations annuelles de NO₂ (a), de benzène (b), particules PM10 (c,d) modélisées pour l'année 2011.



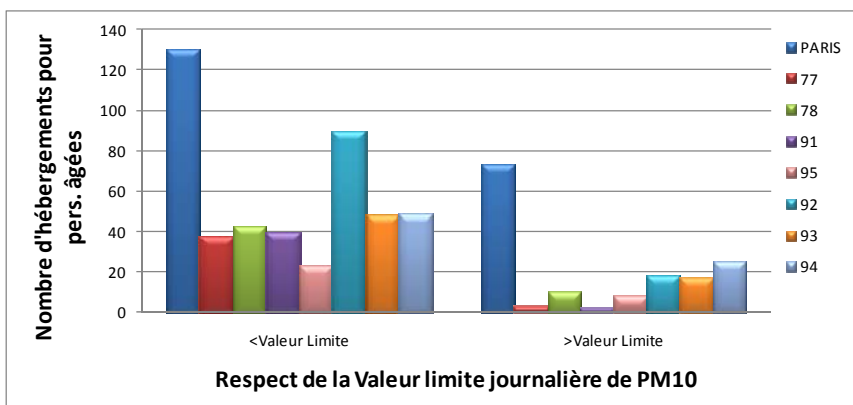
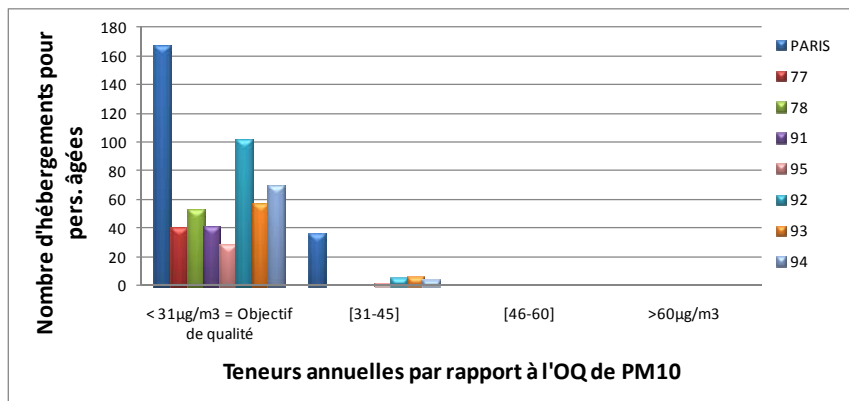
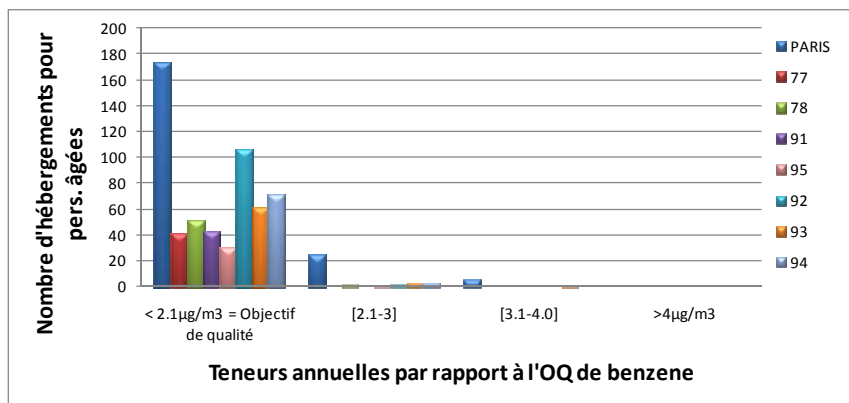
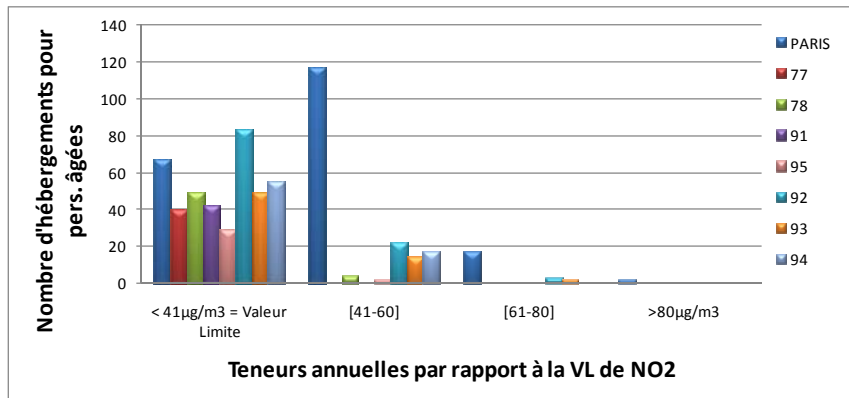
Annexe 7 (suite)

Nombre d'hôpitaux par département selon les concentrations annuelles de NO₂ (a), de benzène (b), particules PM10 (c, d) modélisées pour l'année 2011.



Annexe 7 (suite)

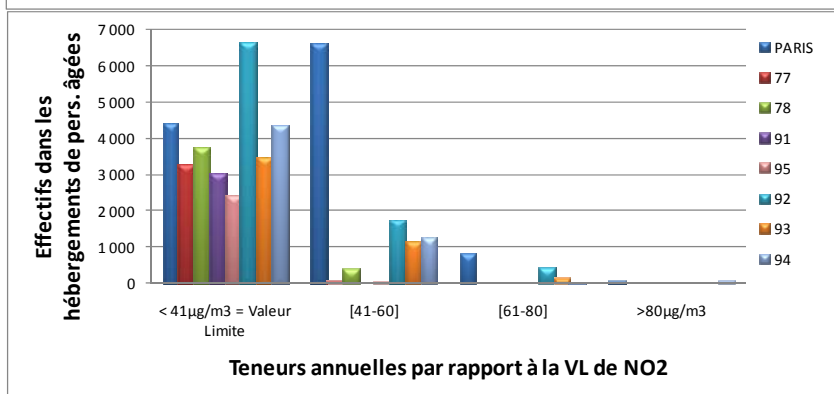
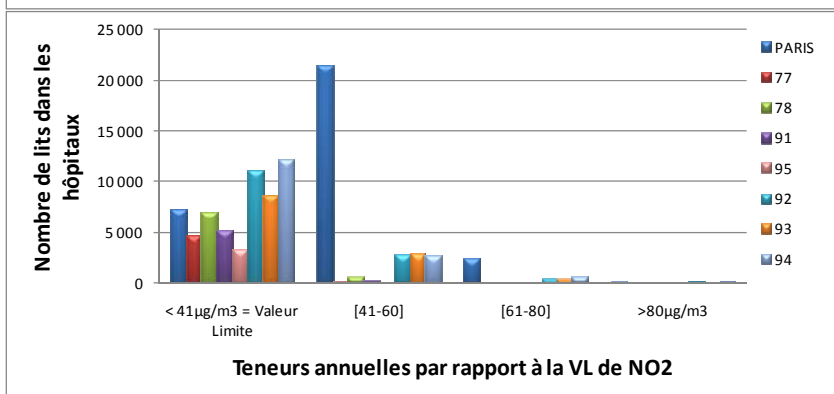
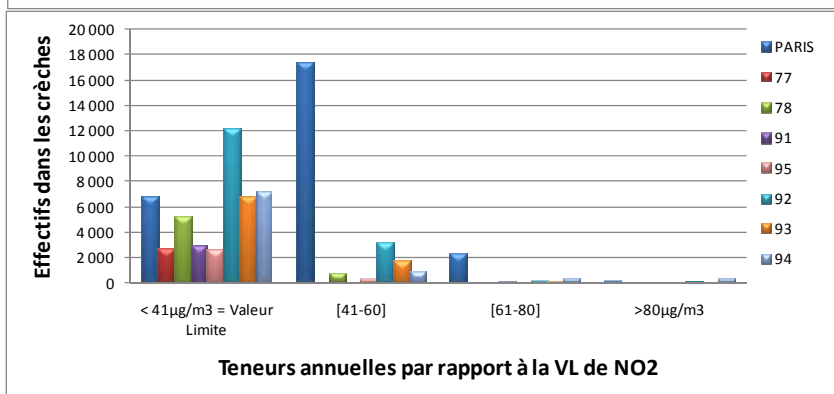
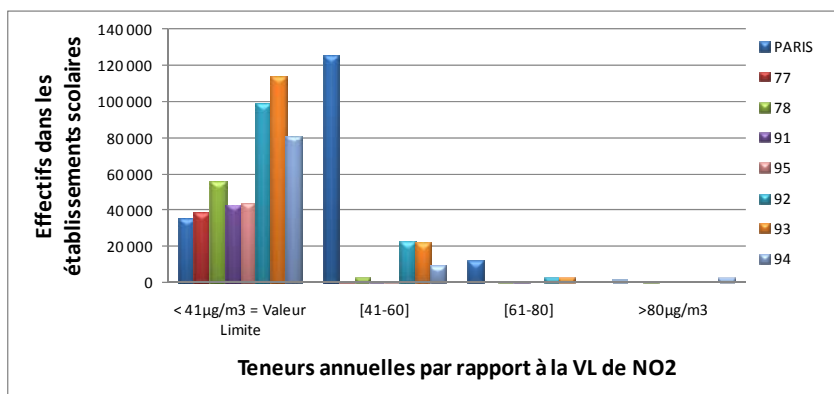
Nombre d'hébergements pour personnes âgées par département selon les concentrations annuelles de NO₂ (a), de benzène (b), particules PM10 (c,d) modélisées pour l'année 2011.



Annexe 8

Effectifs dans les écoles maternelles et primaires, les crèches, les hôpitaux et les hébergements pour personnes âgées à l'échelle départementale par rapport à la valeur limite des teneurs de NO₂ modélisées pour l'année 2011

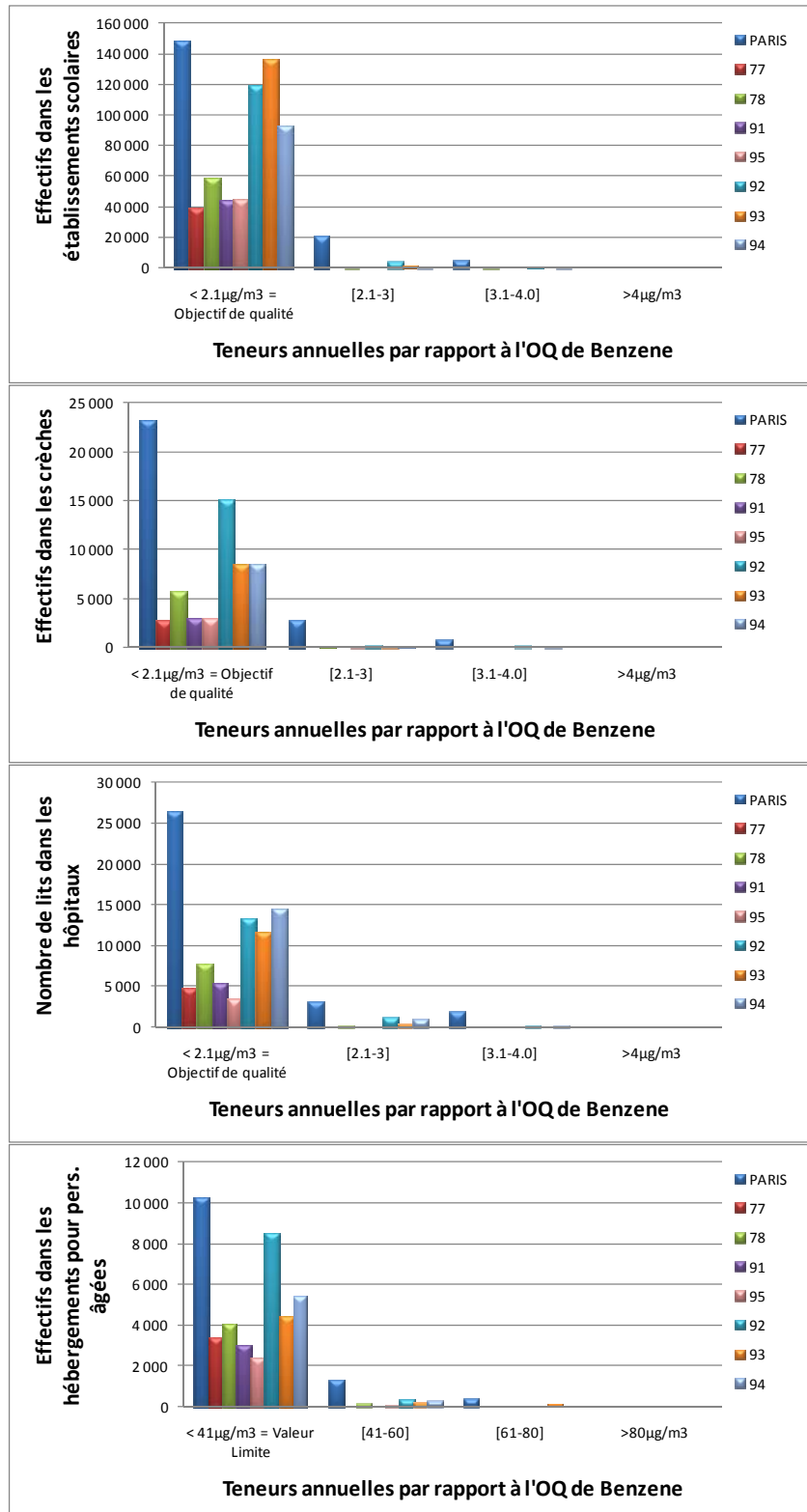
*Nombre d'élèves dans les écoles maternelles et primaires, places agréées en crèches, dans les hôpitaux (nombre de lits) et dans les hébergements pour personnes âgées (nombre de lits).



Annexe 8 (suite)

Effectifs dans les écoles maternelles et primaires, les crèches, les hôpitaux et les hébergements pour personnes âgées à l'échelle départementale par rapport à l'objectif de qualité des teneurs de benzène modélisées pour l'année 2011

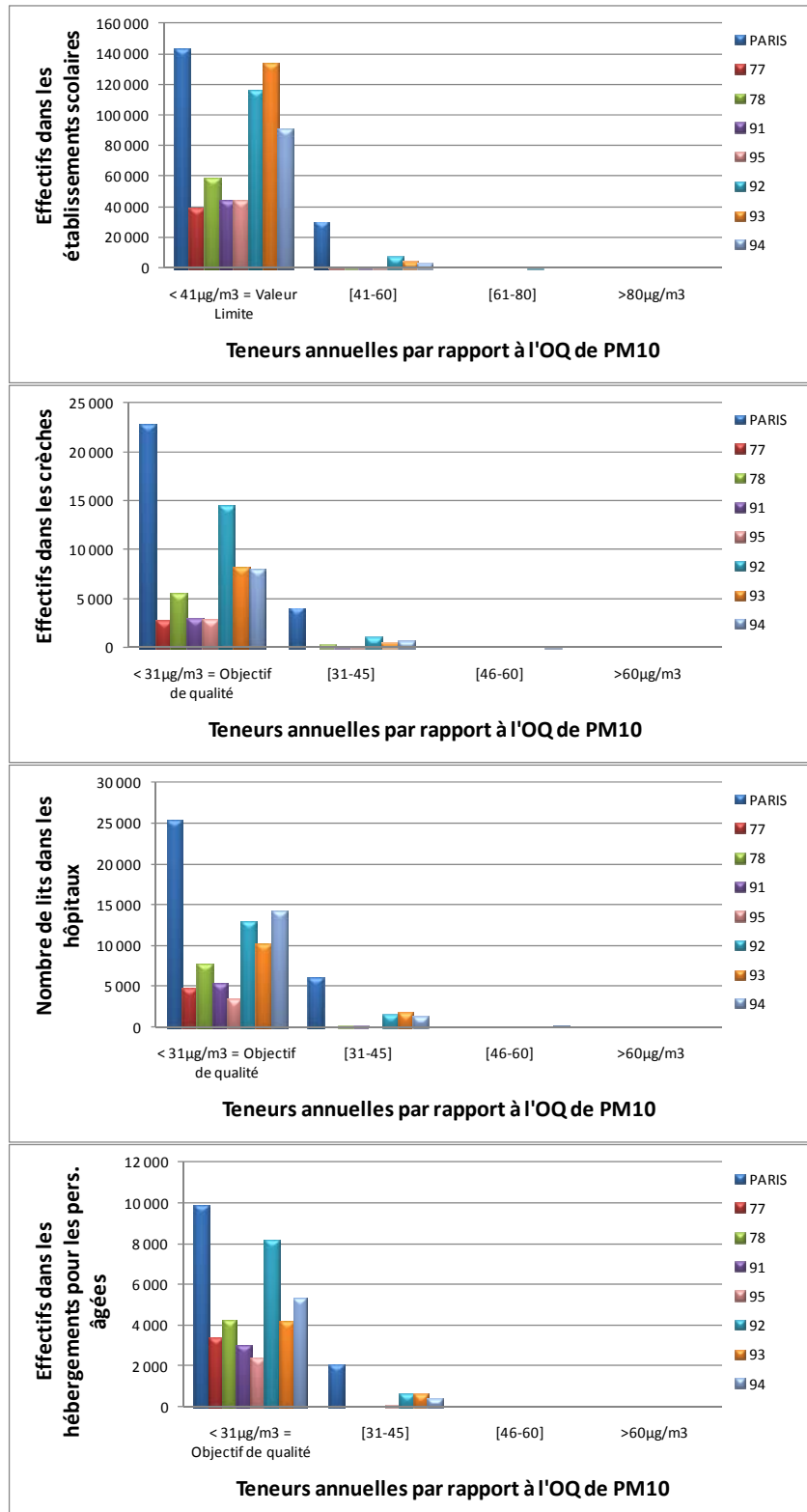
*Nombre d'élèves dans les écoles maternelles et primaires, places agréées en crèches, dans les hôpitaux (nombre de lits) et dans les hébergements pour personnes âgées (nombre de lits).



Annexe 8 (suite)

Effectifs dans les écoles maternelles et primaires, les crèches, les hôpitaux et les hébergements pour personnes âgées à l'échelle départementale par rapport à l'objectif de qualité des teneurs de PM10 modélisées pour l'année 2011

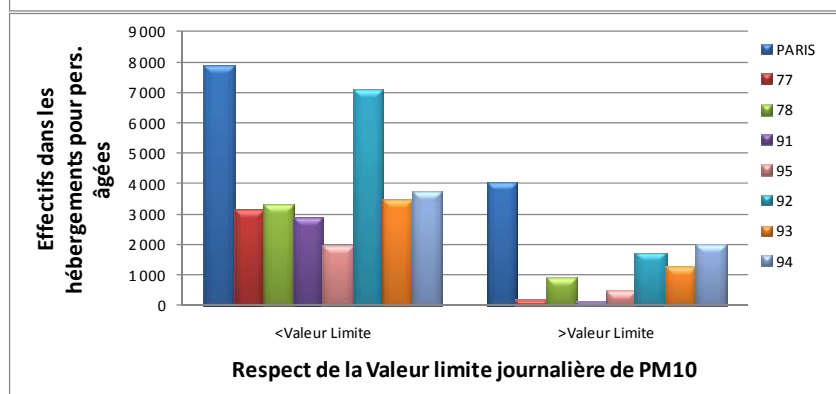
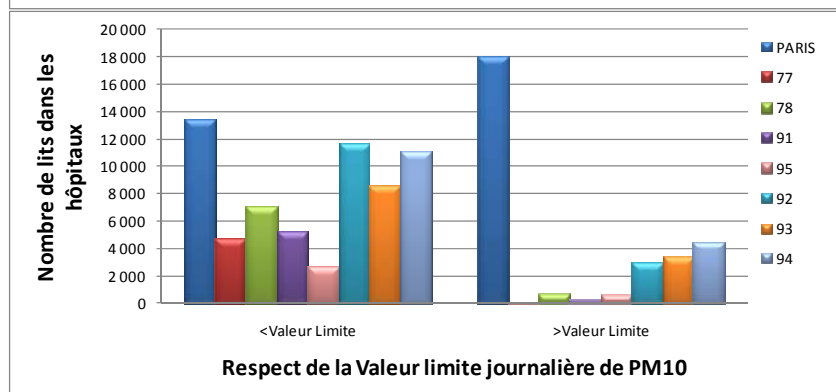
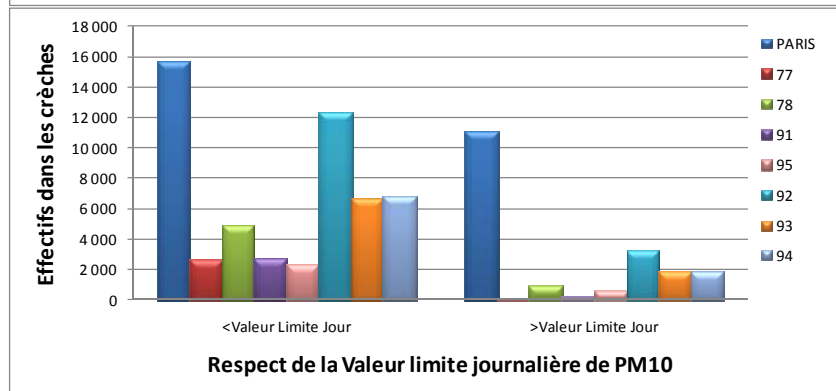
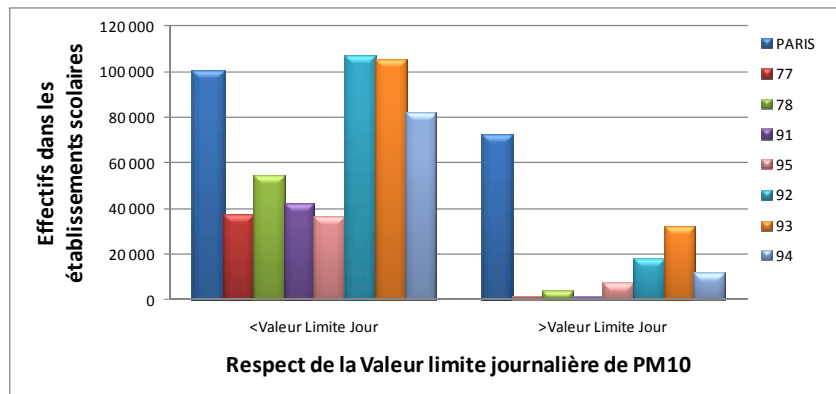
*Nombre d'élèves dans les écoles maternelles et primaires, places agréées en crèches, dans les hôpitaux (nombre de lits) et dans les hébergements pour personnes âgées (nombre de lits).



Annexe 8 (suite)

Effectifs dans les écoles maternelles et primaires, les crèches, les hôpitaux et les hébergements pour personnes âgées à l'échelle départementale par rapport à la valeur limite journalière des teneurs de PM10 modélisées pour l'année 2011

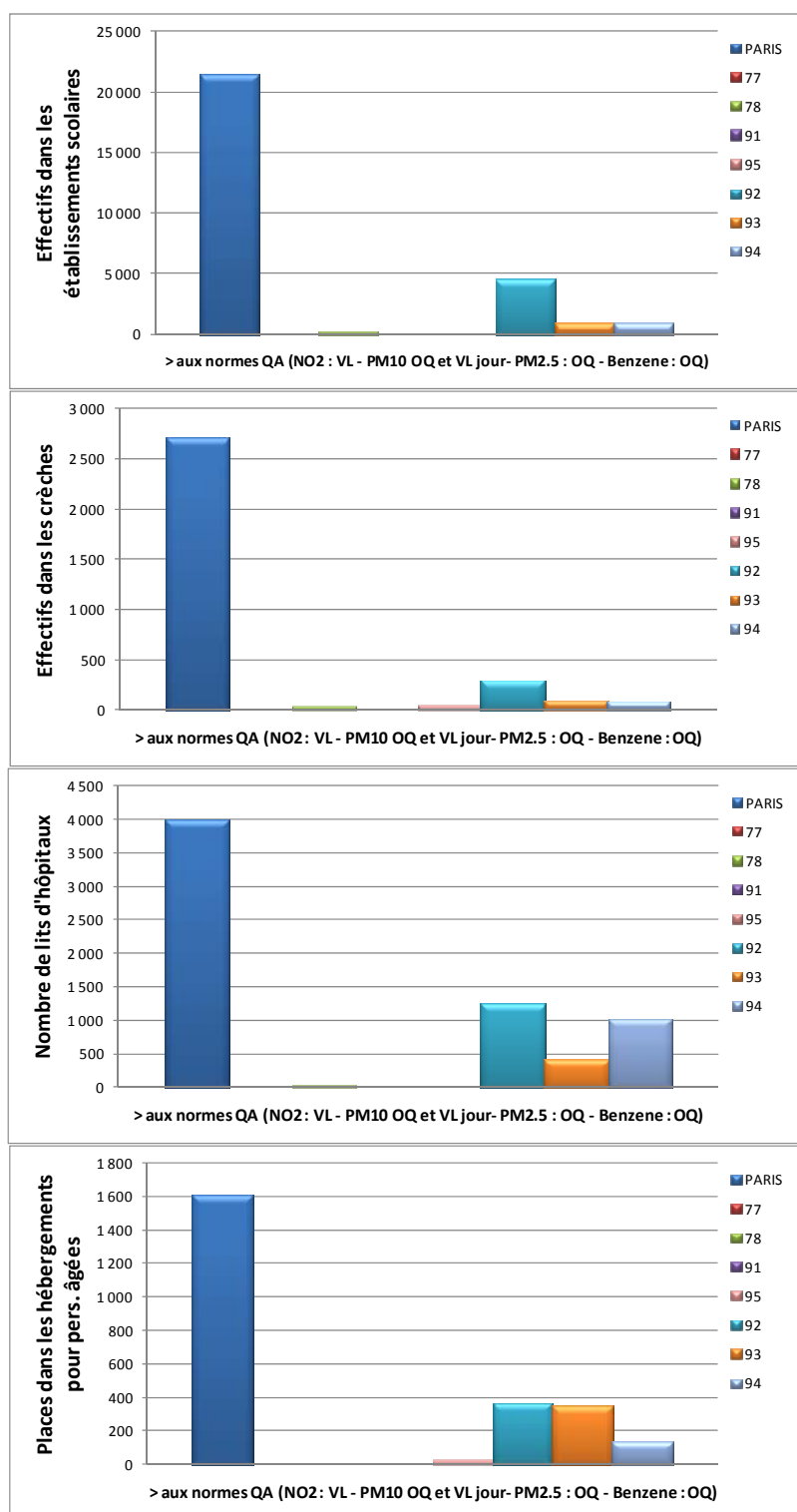
*Nombre d'élèves dans les écoles maternelles et primaires, places agréées en crèches, dans les hôpitaux (nombre de lits) et dans les hébergements pour personnes âgées (nombre de lits).



Annexe 9

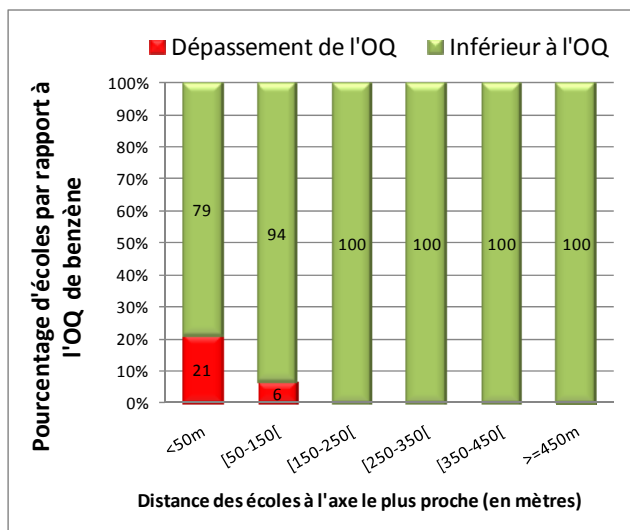
Effectifs* dans les ERP pour lesquels les normes en vigueur en 2011 sont dépassées pour l'ensemble des polluants étudiés, à savoir : valeur limite de NO₂ (40µg/m³), objectif de qualité en PM10 (30 µg/m³), PM2.5 (10 µg/m³) et benzène (2 µg/m³) et valeur limite journalière de PM10 (35 jour supérieurs à 50µg/m³)

*Nombre d'élèves dans les écoles maternelles et primaires, de places agréées en crèches, nombre de lits dans les hôpitaux et dans les hébergements pour personnes âgées.

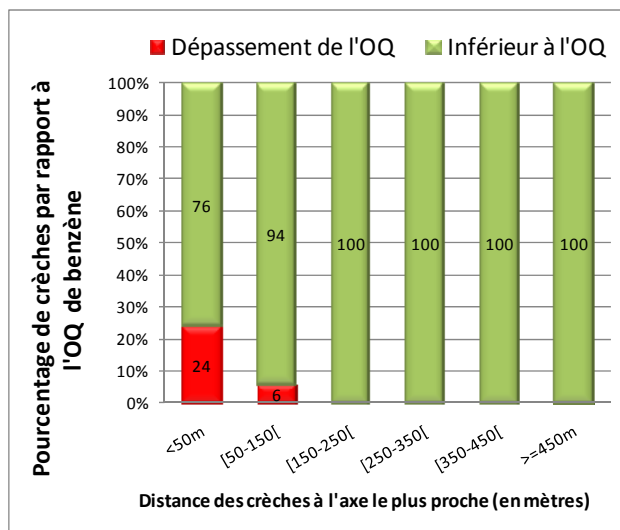


Annexe 10

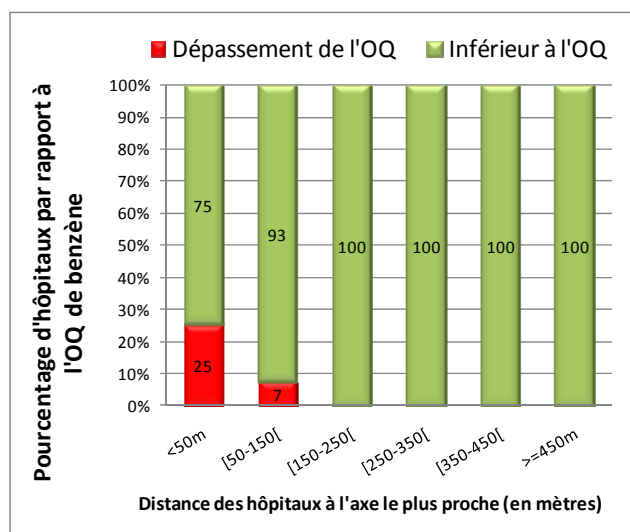
Pourcentage des ERP situés dans une zone respectant l'objectif de qualité pour le **benzène** en 2011 selon leur distance à l'axe routier le plus proche par rapport à ceux concernés par un dépassement de cette norme



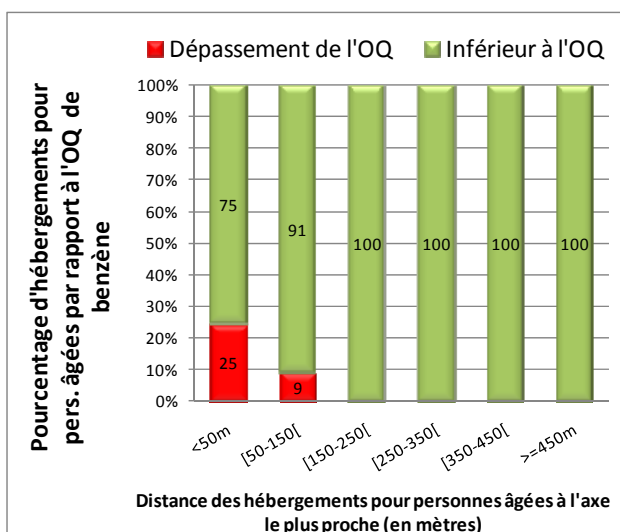
a) Ecoles maternelles et primaires



b) Crèches



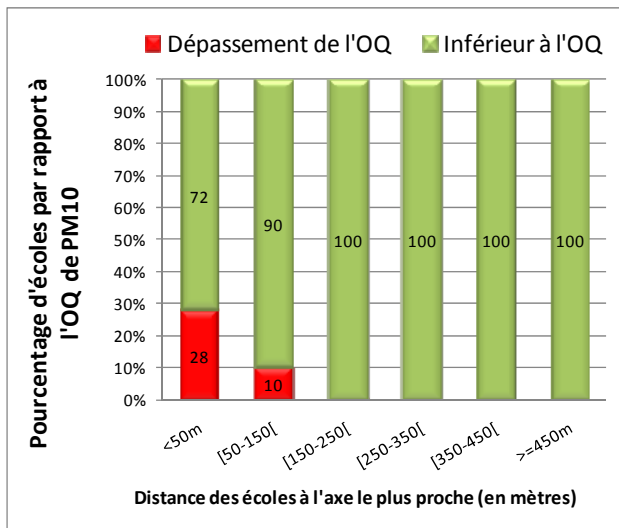
c) Hôpitaux



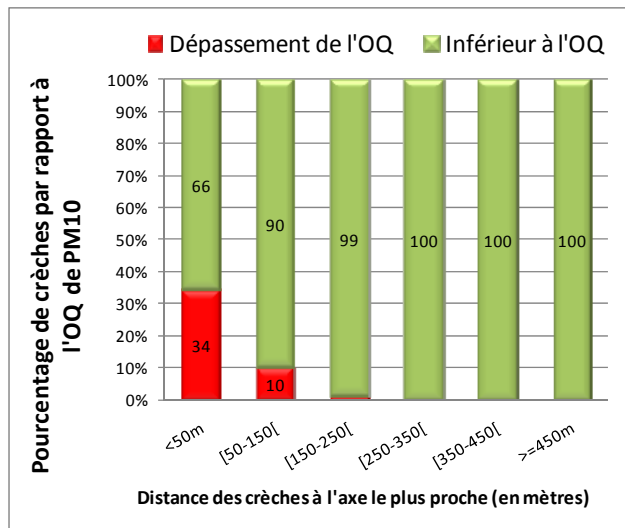
d) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 10 (suite)

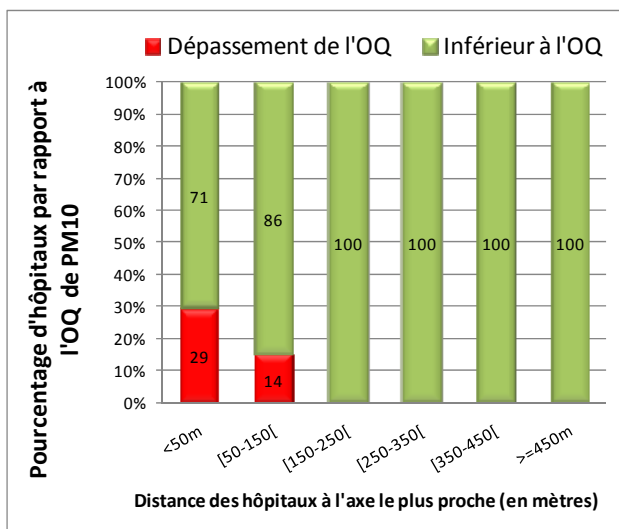
Pourcentage des ERP situés dans une zone respectant l'objectif de qualité pour **les particules PM10** en 2011 selon leur distance à l'axe routier le plus proche par rapport à ceux concernés par un dépassement de cette norme



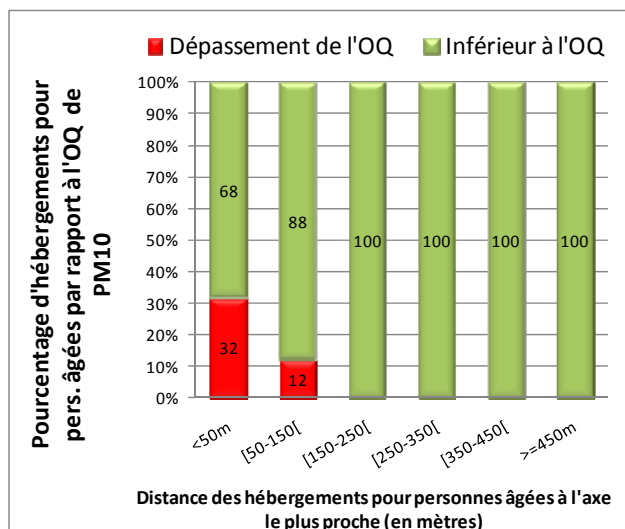
a) Ecoles maternelles et primaires



b) Crèches



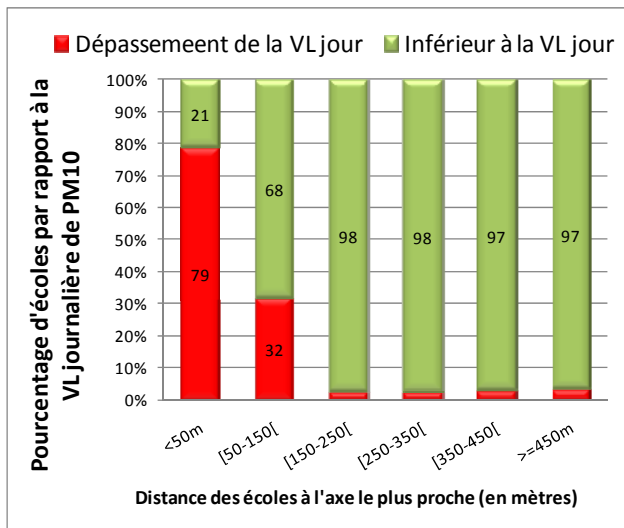
c) Hôpitaux



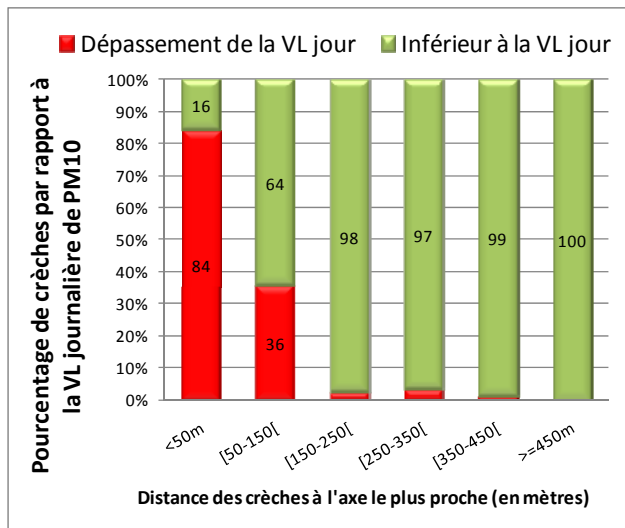
d) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 10 (suite)

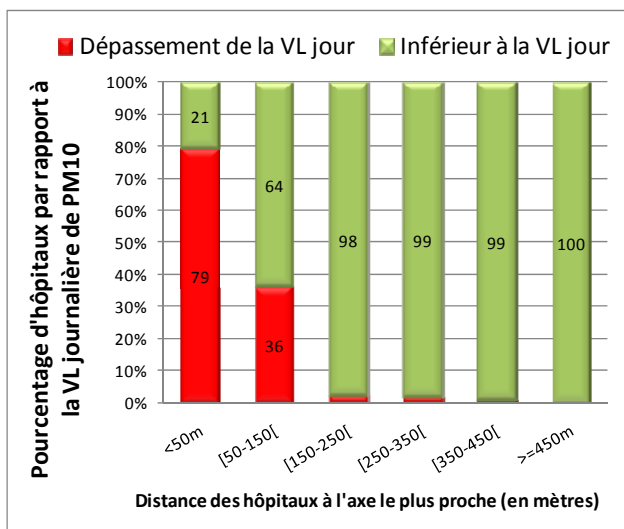
Pourcentage des ERP situés dans une zone respectant la valeur limite journalière pour les particules **PM10** en 2011 selon leur distance à l'axe routier le plus proche par rapport à ceux concernés par un dépassement de cette norme



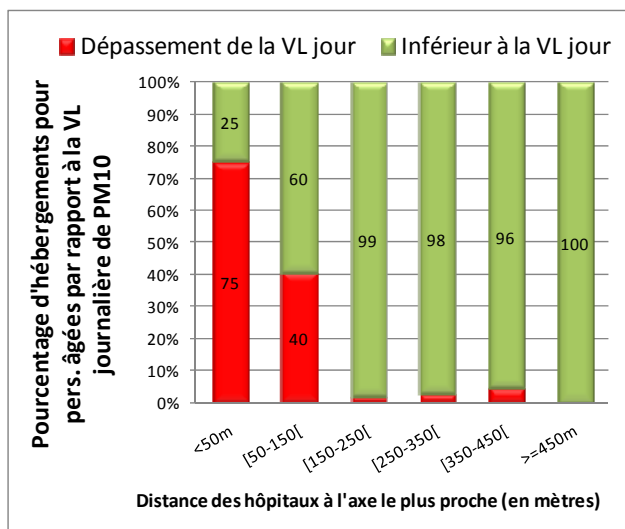
a) Ecoles maternelles et primaires



b) Crèches



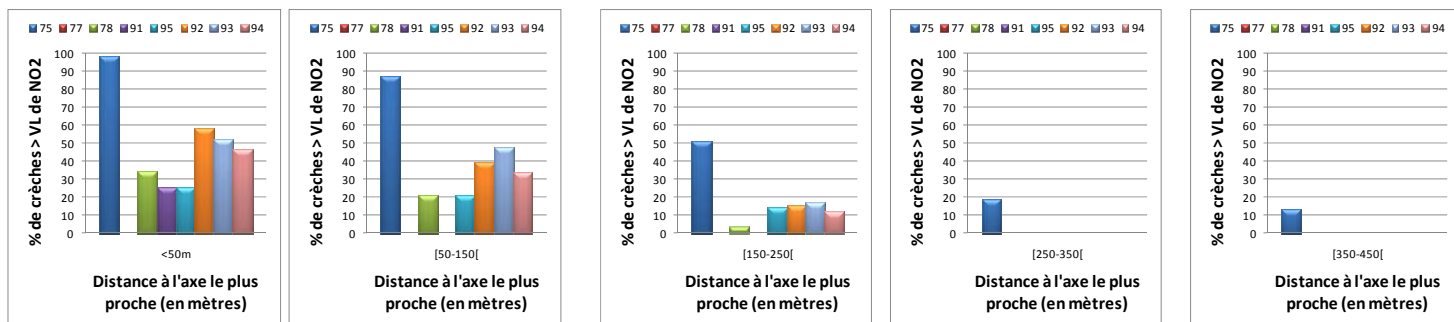
c) Hôpitaux



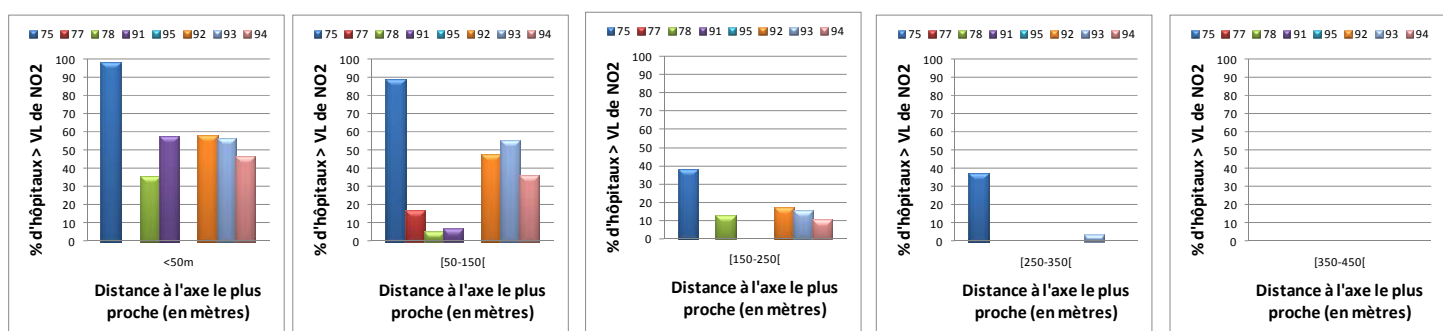
d) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 11

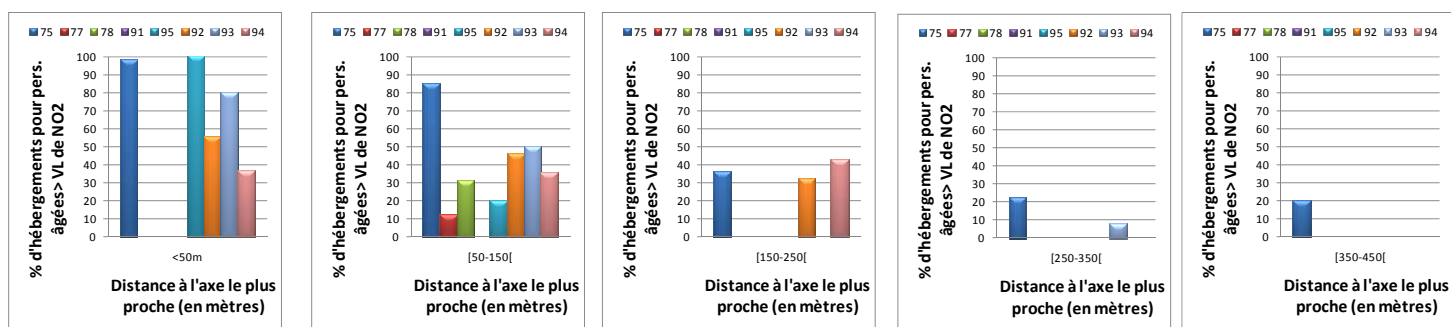
Pourcentage des ERP dépassant la valeur limite fixée pour le NO₂ en fonction de la distance à l'axe routier le plus proche à l'échelle départementale.



a) Crèches



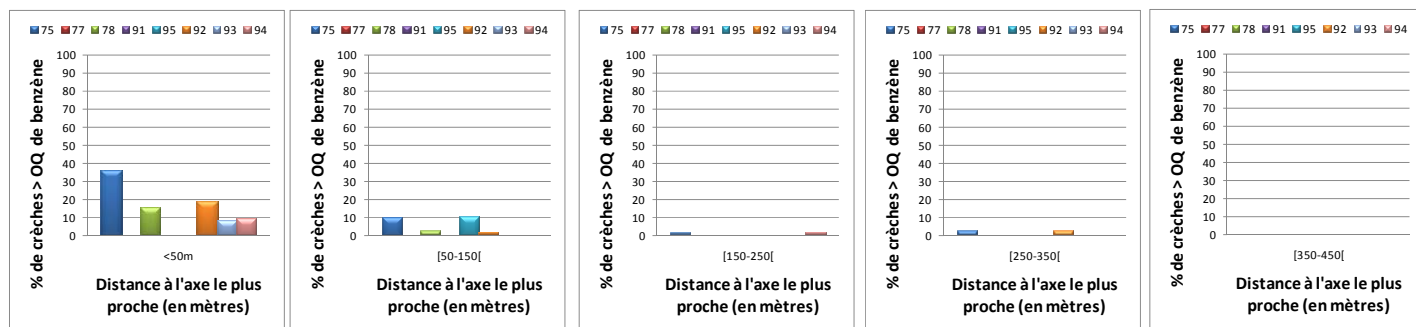
b) Hôpitaux



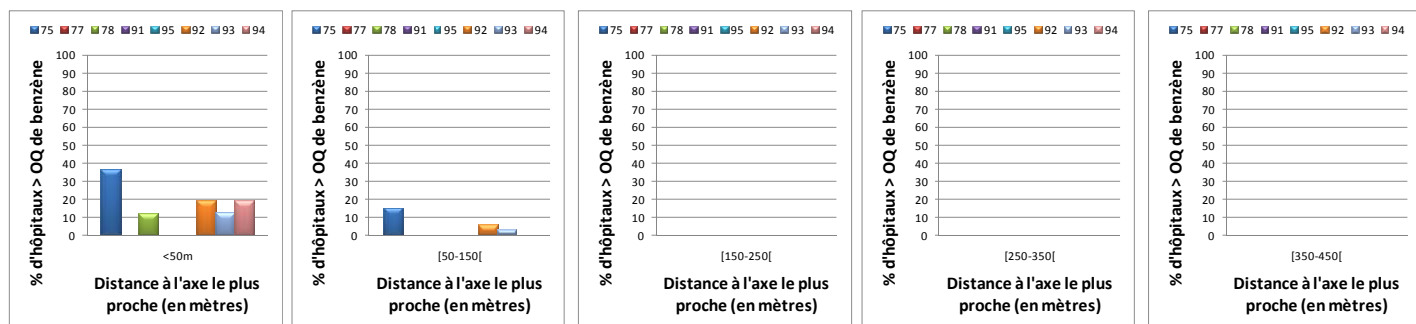
c) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 11 (suite)

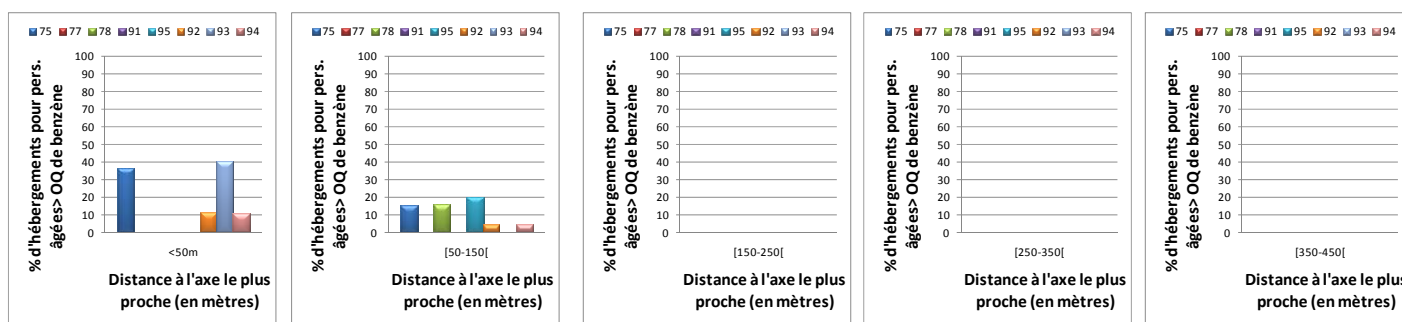
Pourcentage d'ERP dépassant l'objectif de qualité pour le benzène en fonction des distances des établissements par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.



a) Crèches



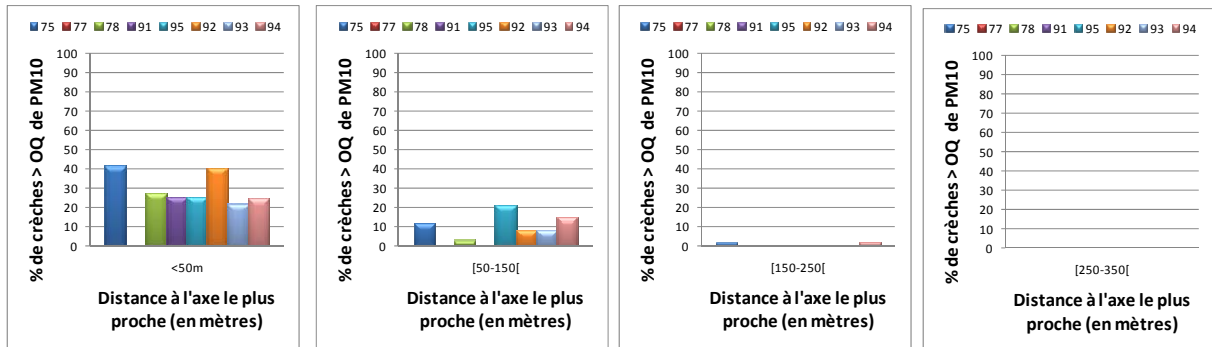
b) Hôpitaux



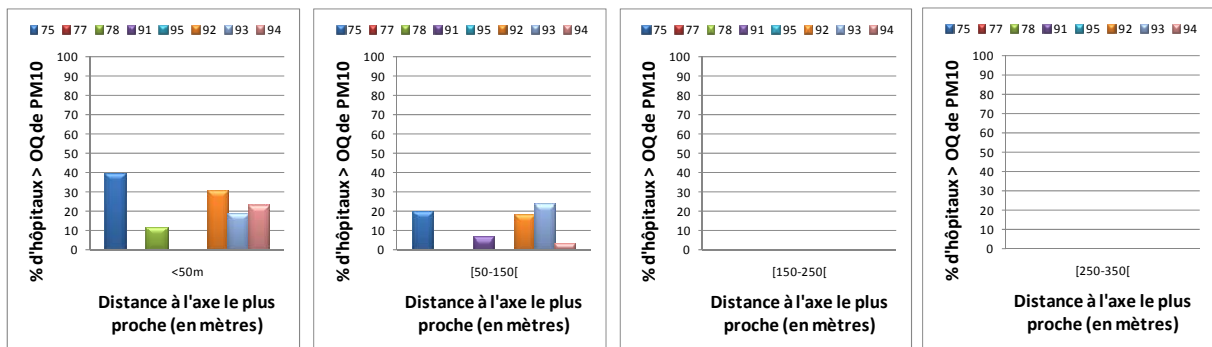
c) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 11 (suite)

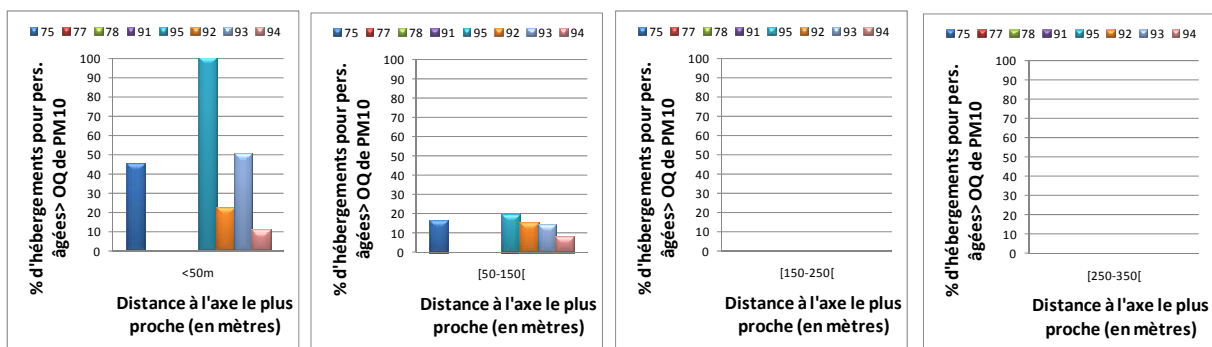
Pourcentage d'ERP dépassant l'objectif de qualité pour les particules PM10 en fonction des distances des établissements par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.



a) Crèches



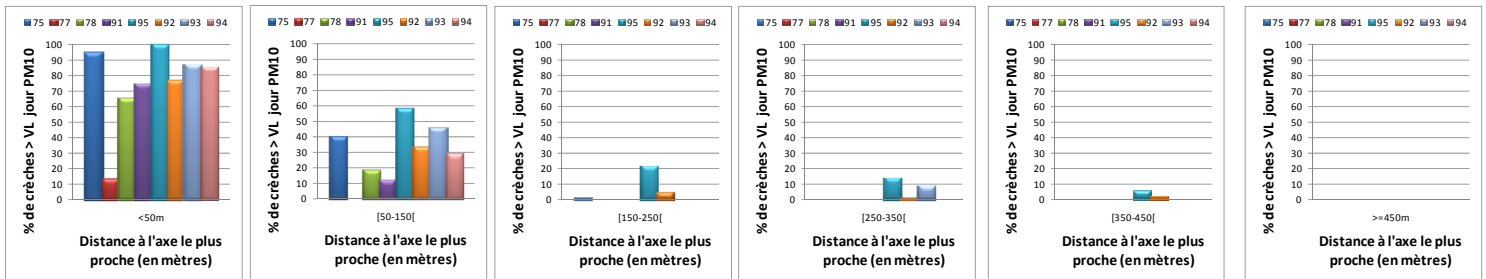
b) Hôpitaux



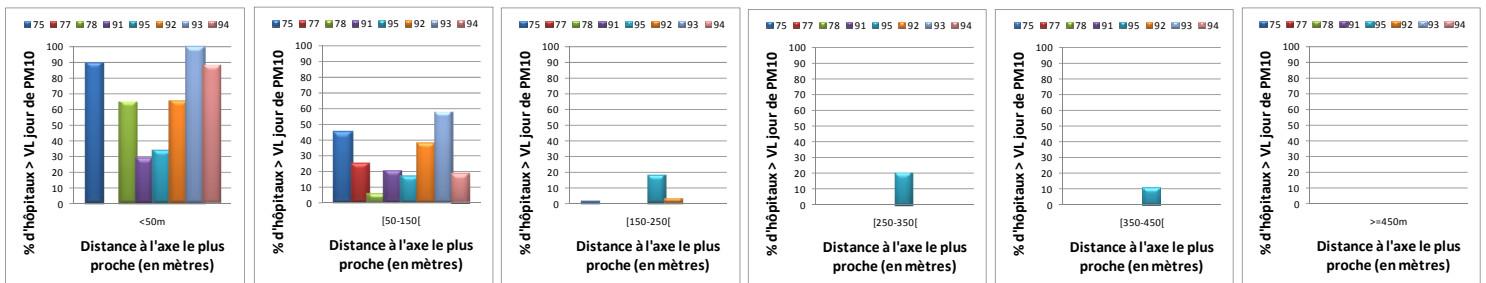
c) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 11 (suite)

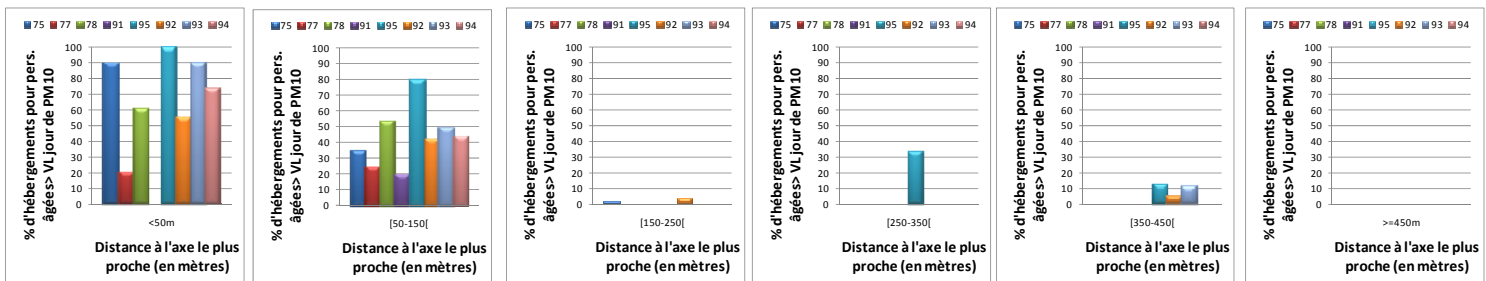
Pourcentage d'ERP dépassant la valeur limite journalière pour les particules PM10 en fonction des distances des établissements par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.



a) Crèches



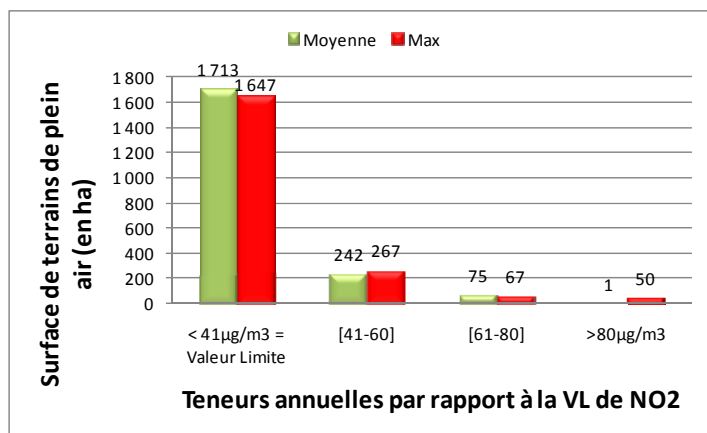
b) Hôpitaux



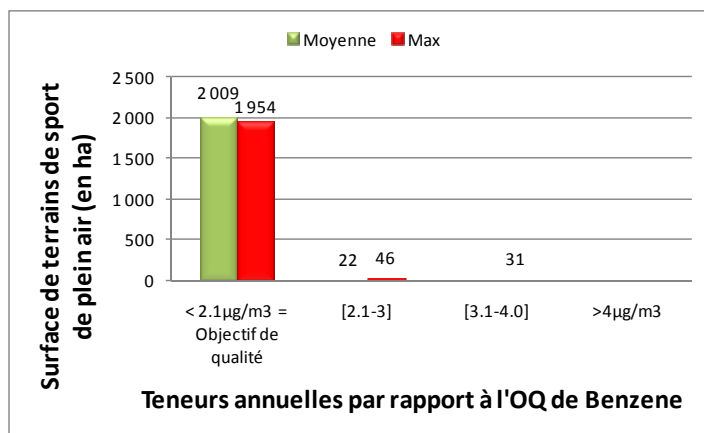
c) Hébergements pour personnes âgées

Annexe 12

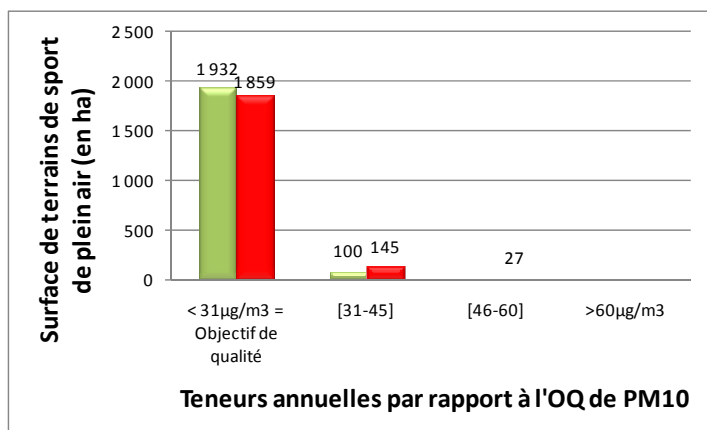
Surface (en hectares) des terrains de sport de plein-air en fonction des normes en vigueur en 2011 : Les surfaces sont calculées selon les teneurs moyennes (en vert) et maximales (en rouge) relevées sur l'emprise totale des terrains de sport de plein-air.



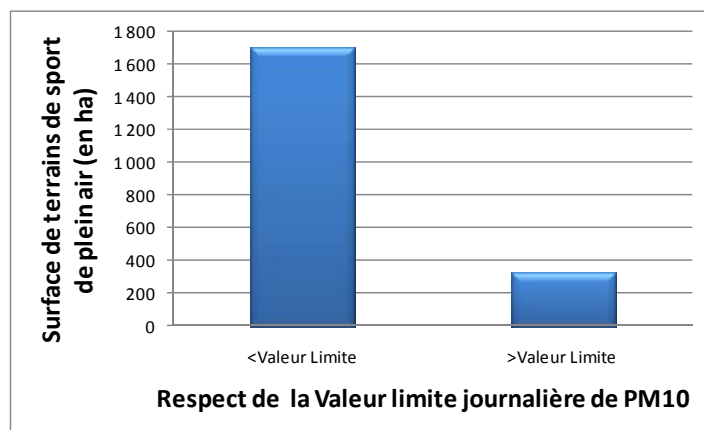
a) Dioxyde d'azote (moyenne et maximum)



b) Benzène (moyenne et maximum)



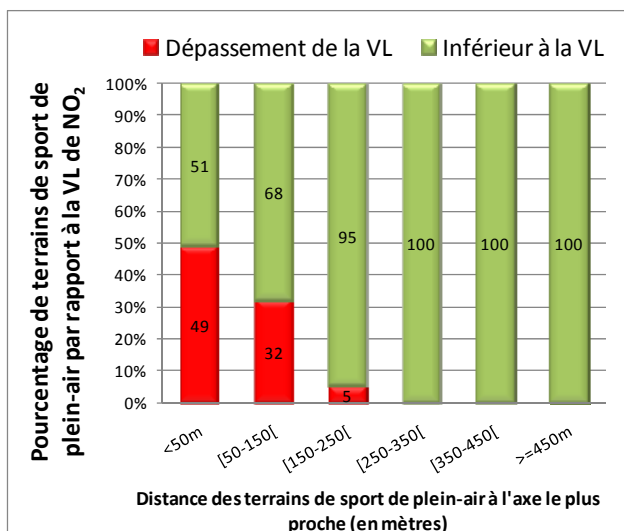
c) Particules PM10 (objectif de qualité moyenne et maximum)



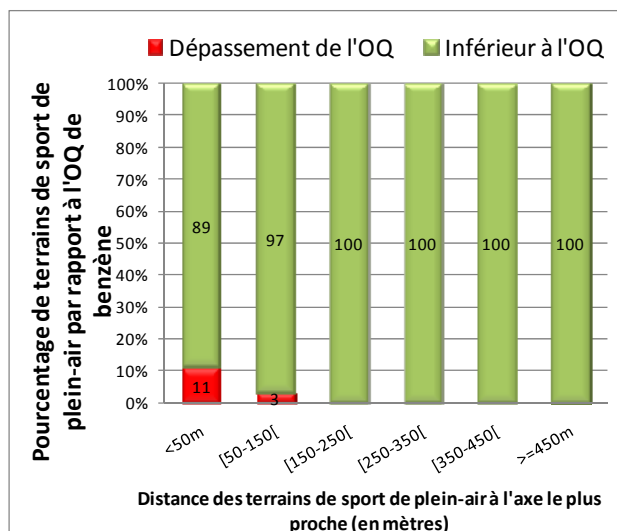
d) Particules PM10 (nombre de jours max.)

Annexe 13

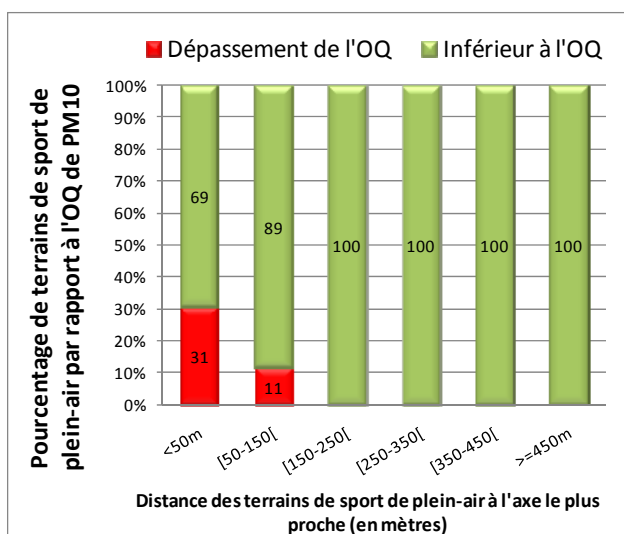
Pourcentage des ERP situés dans une zone respectant les normes pour les polluants étudiés en 2011 selon leur distance à l'axe routier le plus proche par rapport à ceux concernés par un dépassement de cette norme



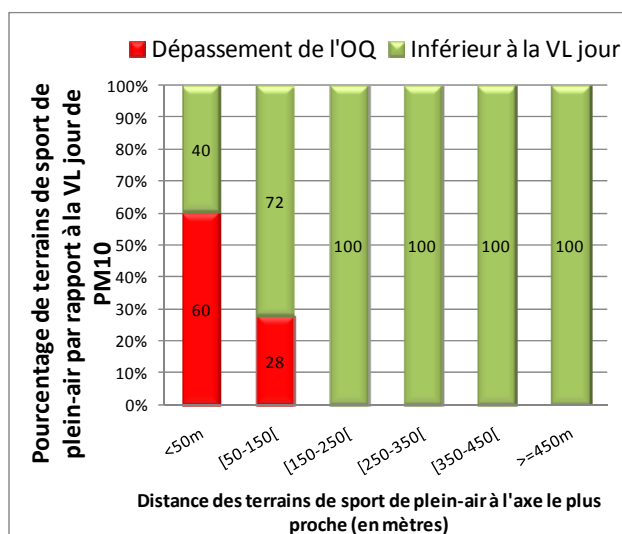
a) Valeur limite de NO₂



b) Objectif de qualité benzène



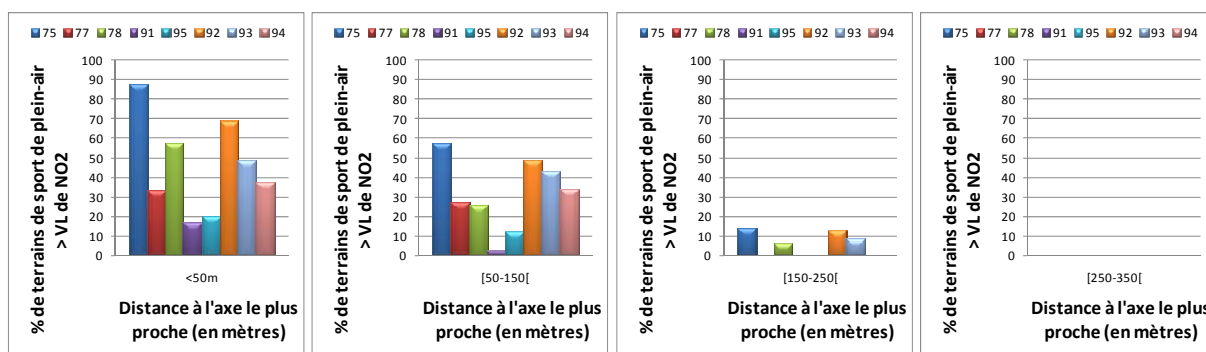
c) Objectif de qualité des PM₁₀



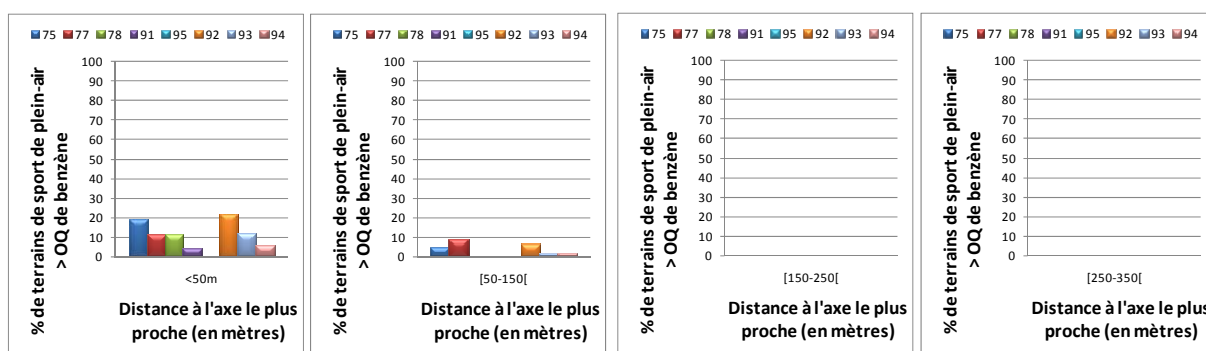
b) Valeur limite journalière des PM₁₀

Annexe 14

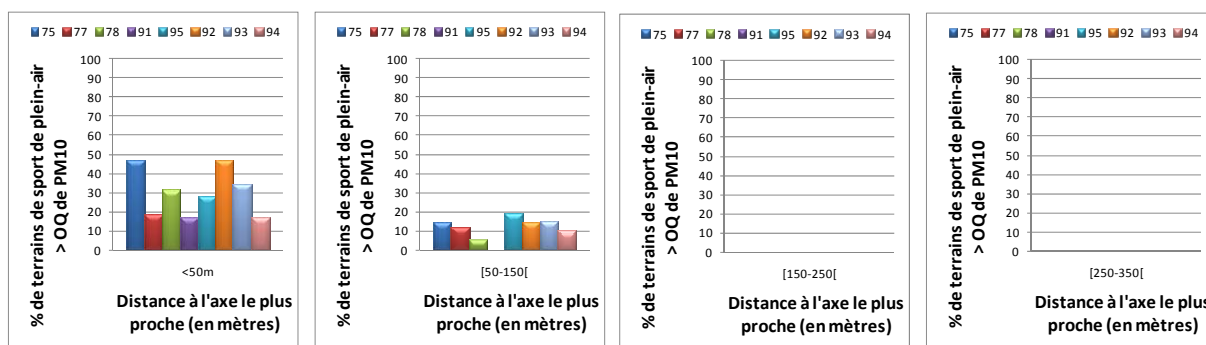
Pourcentage de terrains de sport de plein-air dépassant la valeur limite de NO₂ en fonction des distances des terrains par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.



Pourcentage de terrains de sport de plein-air dépassant l'objectif de qualité en benzène en fonction des distances des terrains par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.



Pourcentage de terrains de sport de plein-air dépassant l'objectif de qualité en PM₁₀ en fonction des distances des terrains par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.



Annexe 14 (suite)

Pourcentage de terrains de sport de plein-air dépassant la valeur limite journalière de PM10 en fonction des distances des terrains par rapport à l'axe routier sélectionné le plus proche à l'échelle départementale.

