

### Mesures de la qualité de l'air dans le cadre de la mise en service de la L2 – Résultats du 1<sup>er</sup> septembre 2016 au 31 août 2017 –

#### Ouverture de la rocade L2 à Marseille

Le projet de rocade L2, reliant l'A7 à l'A50, constitue un ouvrage majeur, structurant à terme le trafic routier et la mobilité au niveau de l'agglomération marseillaise.

L'objectif de cette autoroute urbaine, enterrée pour partie sur son tracé, est de délester le centre-ville (environ 120 000 véhicules par jour sont attendus à terme).

Cet aménagement requiert un suivi de la qualité de l'air, car les reports de trafic inhérents à cet ouvrage sont et seront de nature à modifier de façon importante la répartition géographique des émissions polluantes.

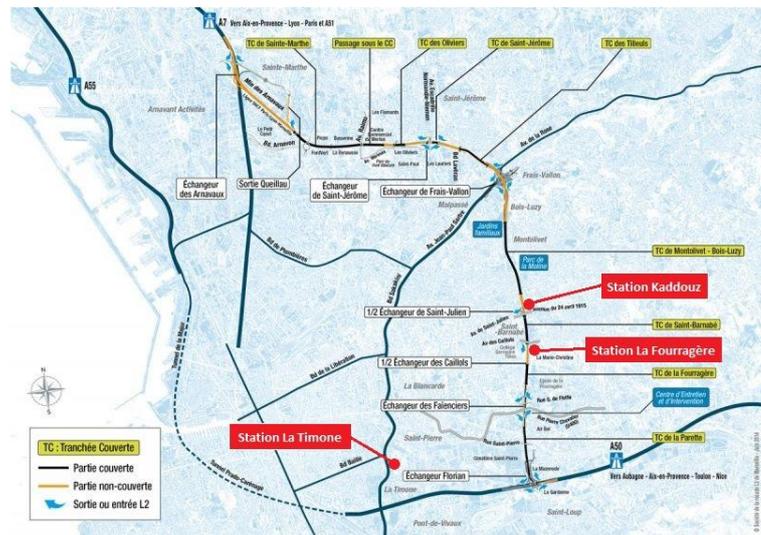


Figure 1 : Plan de la L2 et localisation des stations mobiles d'Air PACA

Afin d'évaluer l'impact de la mise en service de la rocade L2 sur la qualité de l'air, Air PACA a installé deux stations déplaçables (Figure 1) :

- une à La Timone (en mai 2016 - station La Timone) à proximité de la rocade du Jarret pour évaluer l'impact du report de trafic urbain sur la L2,
- une seconde station mobile le long de la rocade L2 en fonction de l'avancée des travaux et des ouvertures de l'axe (à partir de juin - station mobile L2) afin de quantifier l'impact de la mise en service de l'axe routier :
  - de juin 2016 à juin 2017, cette station a été implantée dans le secteur de La Fourragère, à environ 30 m de la rocade L2 et à proximité d'une tête de tunnel (station mobile La Fourragère),
  - depuis juin 2017, cette station a été déplacée à proximité du boulevard Kaddouz au niveau de la tête de tunnel Montolivet sud (station mobile Kaddouz).

Les polluants surveillés sont les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), polluants traceurs de la pollution automobile, et les particules. La station mobile de La Fourragère et Kaddouz est également équipée d'un analyseur de Black Carbon (BC), qui permet de distinguer la part de particules issues du trafic routier de celle provenant de la combustion de la biomasse. Depuis septembre 2016, le taux de fonctionnement de chaque appareil a été supérieur à 95 %, à l'exception de la station de Kaddouz pour les NO<sub>x</sub> et le BC (85 %) dont le début de ce type de mesures est très récent, le taux de fonctionnement de référence annuel étant de 85 %.

Aujourd'hui la rocade L2 n'est que partiellement mise en service. En effet, le tronçon nord depuis l'échangeur de Frais-Vallon jusqu'à l'autoroute A7 est encore en construction et son ouverture à la circulation est prévue en septembre 2018. La L2 Est a été mise en service d'abord dans le sens nord-sud le 29 novembre 2016, puis dans les deux sens le 1<sup>er</sup> décembre 2016. La rocade a été peu utilisée durant les premiers jours, voire même durant plusieurs semaines.

## Impact de l'ouverture de la L2 sur la qualité de l'air

### Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Les niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont influencés à la fois par la proximité et l'intensité des sources d'émission (trafic routier, chauffage domestique et industries) et par les conditions météorologiques. En hiver, les teneurs sont plus élevées du fait de l'augmentation des émissions mais également d'une atmosphère stable favorisant l'accumulation des polluants.

Les évolutions des concentrations en NO<sub>x</sub> sur les sites de La Fourragère (fond urbain), Kaddouz et La Timone (proximité automobile) sont comparées aux résultats obtenus sur la station pérenne de Cinq Avenues, en fond urbain, et celle de proximité automobile de Rabatau (Figure 2).

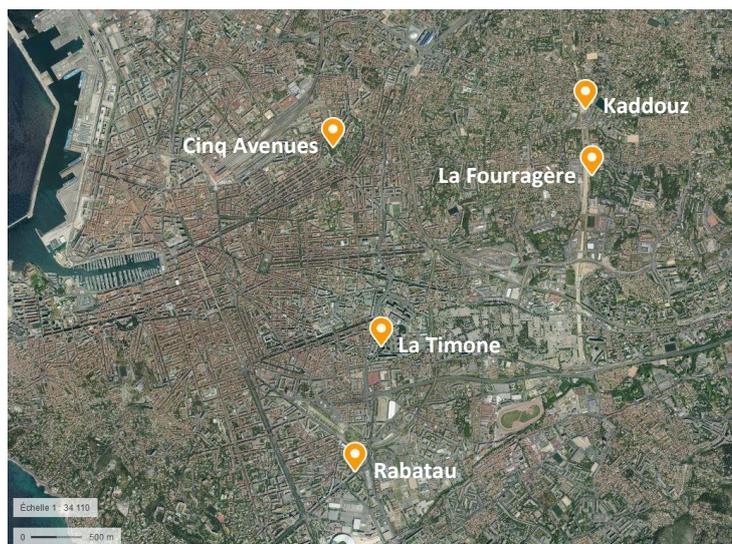


Figure 2 : Localisation des stations pérennes et mobiles d'Air PACA

Les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, mesurées avant et après la mise en service de la rocade L2, sont regroupées dans le Tableau 1. La comparaison avec les données de 2010/2011, permet d'observer une diminution des concentrations en NO<sub>2</sub> de 16 et 13 % respectivement pour les stations de Cinq Avenues et Rabatau. Les concentrations en NO<sub>2</sub> mesurées à la station Kaddouz ont plus que doublé par rapport aux données de 2011 tandis que les concentrations à La Fourragère ont été stables pour la même période de mesure entre 2011 et 2017 (mars à mai). La station de La Timone, non étudiée en 2011, a quant à elle vu sa concentration en NO<sub>2</sub> diminuer de près de 10 %, entre avant et après la mise en service de la L2 Est.

Les concentrations en NO<sub>2</sub> ont augmenté sur les stations de proximité de la L2 mais aucune valeur horaire n'a dépassé la valeur limite réglementaire de 200 µg/m<sup>3</sup>. Il en est de même pour les sites de La Timone, Rabatau et Cinq Avenues. La valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> a quant à elle été dépassée pour les sites de Rabatau et La Timone (51 µg/m<sup>3</sup> en moyenne de septembre 2016 à août 2017 pour les deux sites).

Tableau 1 : Concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>

µg/m <sup>3</sup>	L2 - La Fourragère	L2 - Kaddouz	L2 - La Timone	Cinq Avenues	Rabatau
<b>Avant mise en service (étude de 2011<sup>1</sup>)</b>	29 <i>(mars - mai 2011)</i>	14 <i>(juin - juil. 2011)</i>	-	32 <i>(sept. 2010 - août 2011)</i>	56 <i>(sept. 2010 - août 2011)</i>
<b>Avant mise en service (sept. - nov. 2016)</b>	24	-	53	29	53
<b>Après mise en service (déc. 2016 - août 2017)</b>	32 <i>(jusqu'à mai 2017)</i> 30 <i>(mars - mai 2017)</i>	34 <i>(à partir de juin 2017)</i>	48	27	49

La Figure 3, présentant l'évolution des différences de concentrations journalières en NO<sub>2</sub> entre stations mobiles et stations pérennes, permet d'observer l'influence de l'ouverture de la rocade L2 sur les différentes stations. En effet, les stations de La Fourragère et Kaddouz présentent une augmentation des concentrations en NO<sub>2</sub> (à l'exception de la période de mai 2011 à La Fourragère) tandis qu'à La Timone, aucune diminution significative n'est observée. Ces informations sont à mettre en relation avec les niveaux de trafic sur la rocade L2 ainsi que les reports observés. En effet, d'après la Société de la Rocade L2, depuis l'ouverture de la L2, celle-ci aurait vu sa fréquentation augmenter de 42 % tandis que le nombre de véhicules sur le Jarret aurait diminué de 10 à 15 %.

<sup>1</sup> [État initial de la qualité de l'air - Marseille - Rocade L2 \(Hiver - été 2011\)](#)

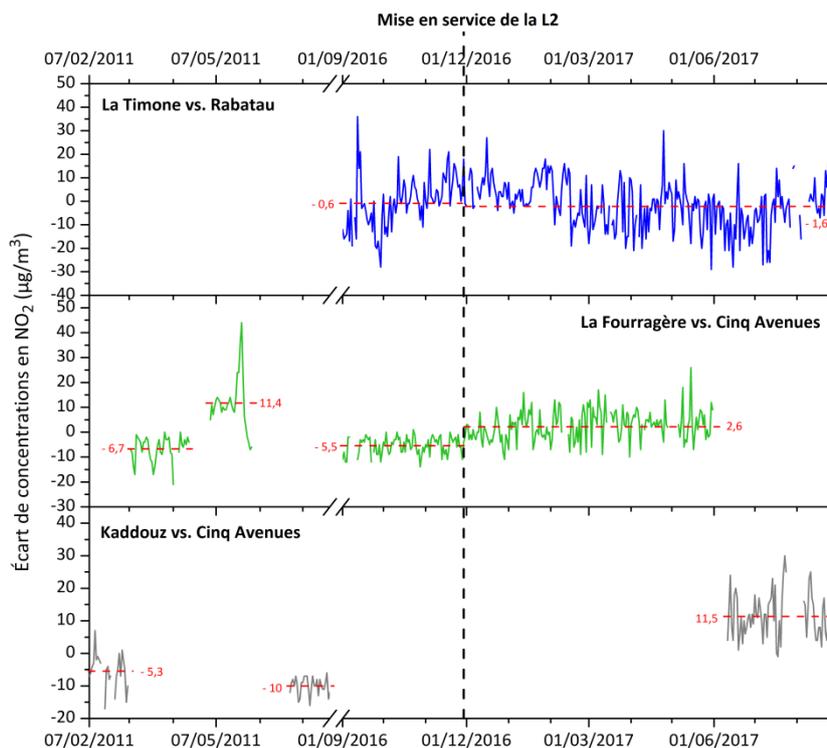


Figure 3 : Écart de concentrations en  $\text{NO}_2$  entre La Timone et Rabatau, entre La Fourragère et Cinq Avenues et entre Kaddouz et Cinq Avenues (l'écart est calculé en prenant, par exemple, la concentration en  $\text{NO}_2$  à La Timone à laquelle est soustraite la concentration en  $\text{NO}_2$  à Rabatau)

La Figure 4a, présentant le rapport entre les concentrations en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_x$  obtenues à la station de La Timone et à la station Rabatau calculé mensuellement, permet d'observer une diminution de ce rapport suite à l'ouverture de la L2 Est. Une augmentation est visible au cours des mois d'été 2017, pouvant être liée à la période de vacances scolaires.

La Figure 4b présente, quant à elle le rapport des concentrations en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_x$  obtenues sur les stations en proximité de la L2 et à la station Cinq Avenues calculé mensuellement. Concernant le  $\text{NO}_2$ , une augmentation quasi-constante est visible sur le site de La Fourragère. Le site de Kaddouz se caractérise par des concentrations en  $\text{NO}$  nettement supérieures à celles mesurées à Cinq Avenues. Ce constat s'explique car Cinq Avenues est une station de fond urbain tandis que la station Kaddouz est un site urbain trafic où le monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) est directement émis de l'échappement des véhicules, son oxydation dans l'atmosphère produit du  $\text{NO}_2$  mais celle-ci n'est pas immédiate.

Les différences de concentrations entre les stations de La Fourragère et Kaddouz montrent que l'impact des  $\text{NO}_x$  décroît rapidement avec l'éloignement à la route.

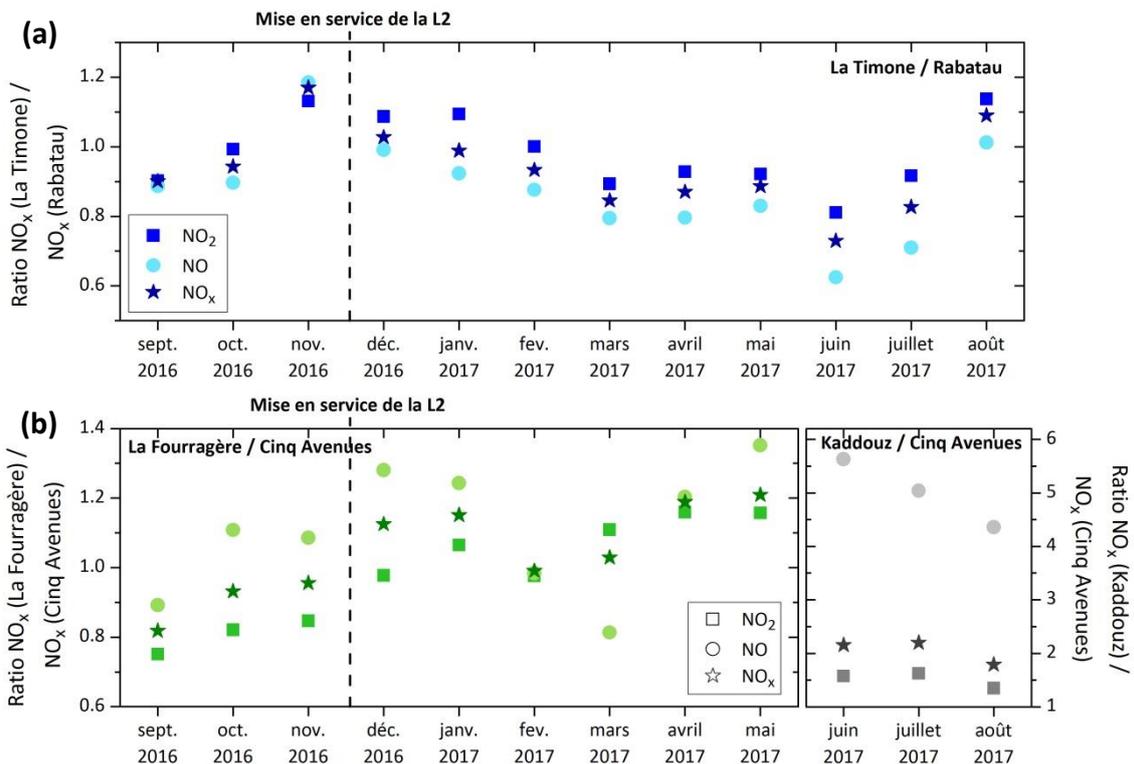


Figure 4 : Rapport mensuel des concentrations en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_x$  obtenues (a) en proximité de la L2 sur les concentrations de ces mêmes gaz obtenues à Cinq Avenues et (b) à La Timone sur les concentrations à Rabatau

## Particules et Black Carbon (BC)

En complément de l'analyseur de  $\text{NO}_x$ , les deux stations de La Timone et La Fourragère/Kaddouz sont équipées d'un analyseur de particules. La station de La Timone mesure les concentrations en  $\text{PM}_{10}$  tandis que la station de La Fourragère/Kaddouz mesure les  $\text{PM}_{10}$  et les  $\text{PM}_{2,5}$ .

Les concentrations moyennes mesurées en  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$  avant et après la mise en service de la rocade L2 Est sont regroupées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Concentrations moyennes en  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$  (moyennes à Cinq Avenues calculées sur les mêmes périodes que La Fourragère et Kaddouz)

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	L2 - La Fourragère	L2 - Kaddouz	L2 - La Timone	Cinq Avenues	Rabatau
$\text{PM}_{10}$	Avant mise en service (étude de 2011)	33 (mars - mai 2011)	40 (juin - juil. 2011)	-	28 (sept. 2010 - août 2011)	52 (sept. 2010 - août 2011)
	Avant mise en service (sept. - nov. 2016)	23	-	38	28	38
	Après mise en service (déc. 2016 - juil. 2017)	27 (jusqu'à mai 2017) 24 (mars - mai 2017)	25 (à partir de juin 2017)	37	31	34
$\text{PM}_{2,5}$	Avant mise en service (étude de 2011)	-	-	-	17 (sept. 2010 - août 2011)	23 (sept. 2010 - août 2011)
	Avant mise en service (sept. - nov. 2016)	11	-	-	14	21
	Après mise en service (déc. 2016 - juil. 2017)	13 (jusqu'à mai 2017)	11 (à partir de juin 2017)	-	11	18

Les sources de particules, d'origine naturelle ou anthropique, sont très diverses, contrairement au  $\text{NO}_x$  provenant essentiellement du trafic routier et du chauffage domestique dans le cadre de la zone d'étude. Sur tous les sites de mesure, les concentrations moyennes ont été systématiquement plus élevées lors des mesures réalisées en 2011. La mise en service de la L2 n'a eu aucun effet visible sur les concentrations moyennes en particules (concentrations

mesurées à partir de septembre 2016). Cependant, il est difficile de comparer deux périodes annuelles différentes. En effet, en période hivernale les concentrations en particules sont systématiquement plus élevées qu'au cours d'autres périodes de l'année du fait d'une stabilité atmosphérique plus importante et de sources supplémentaires telles que la combustion du bois. La période de septembre à octobre 2016 sera donc, dans la suite de l'étude, comparée à la même période en 2017.

Le site de La Timone présente les concentrations en particules les plus élevées, équivalentes aux concentrations mesurées à Rabatau. Le site de la Fourragère a, quant à lui, enregistré les concentrations les plus faibles avec une augmentation de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{10}$  et de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{2,5}$  après l'ouverture de la L2. Pour tous les sites (mobiles et fixes) les concentrations maximales ont été observées en décembre 2016 et janvier 2017 (Figure 5).

Depuis le début de la campagne (septembre 2016), le site de La Fourragère a enregistré quatre jours de dépassement du seuil réglementaire de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière de  $\text{PM}_{10}$ , le site de Kaddouz n'a jamais dépassé cette limite et le site de La Timone l'a dépassé à 65 reprises. Ces dépassements, ont eu lieu, majoritairement dans le cas de la station de La Timone et totalement dans le cas de la station de La Fourragère, lors de la période hivernale et les mêmes jours que les dépassements observés à la station Cinq Avenues (10 jours). Ces dépassement sont alors directement liés à l'augmentation des sources de particules en cette période et des conditions météorologiques. De plus, la moitié des dépassements observés hors période hivernale sur le site de la Timone correspondent aux mêmes que ceux observés sur le site de Rabatau (31 jours de dépassements ont été enregistrés à cette station depuis septembre 2016). Les dépassements observés sont donc consécutifs à des phénomènes de pollution à l'échelle de la métropole voire du département.

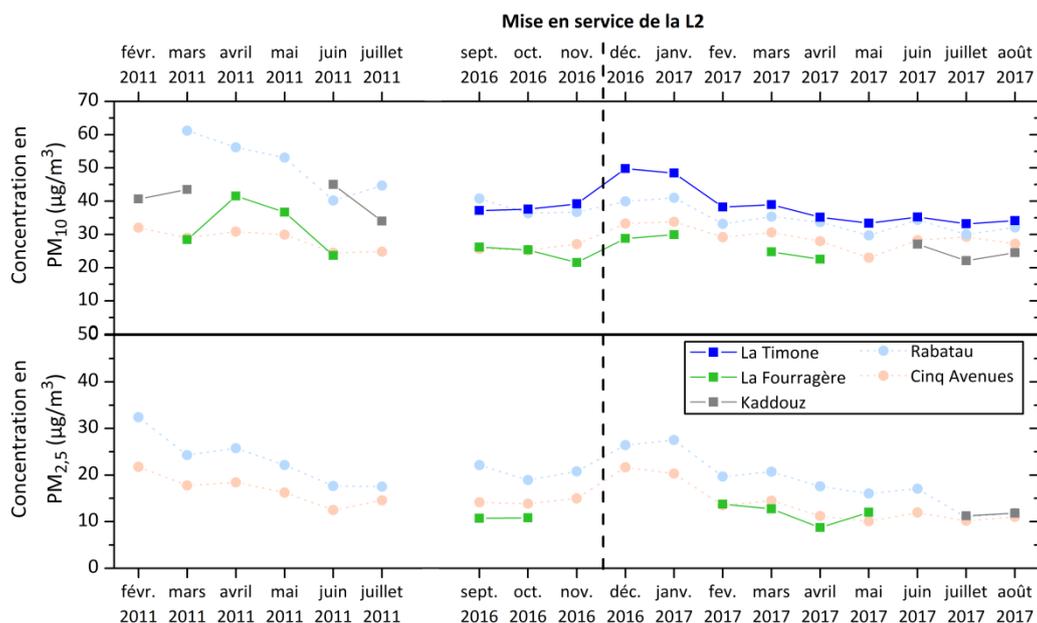


Figure 5 : Concentrations moyennes mensuelles en  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$

De plus, la station La Fourragère/Kaddouz, de proximité de la L2, est dotée d'un Aethalomètre modèle AE33 permettant la mesure en continu du carbon suie ou « Black Carbon » (BC). Cet analyseur, également implanté à la station fixe de Cinq Avenues, permet de distinguer et de quantifier deux sources de BC : la fraction issue de la combustion de la biomasse (wb) et celle issue de combustions fossiles telles que le trafic routier (ff).

À partir des mesures de BC, il est possible d'estimer, grâce à des ratios  $\text{PM}/\text{BC}$  spécifiques à chaque site, une concentration en particules issues de ces deux sources de combustion. La Figure 6 regroupe les concentrations en particules et des fractions issues de la combustion de la biomasse et de la combustion de fuel fossile.

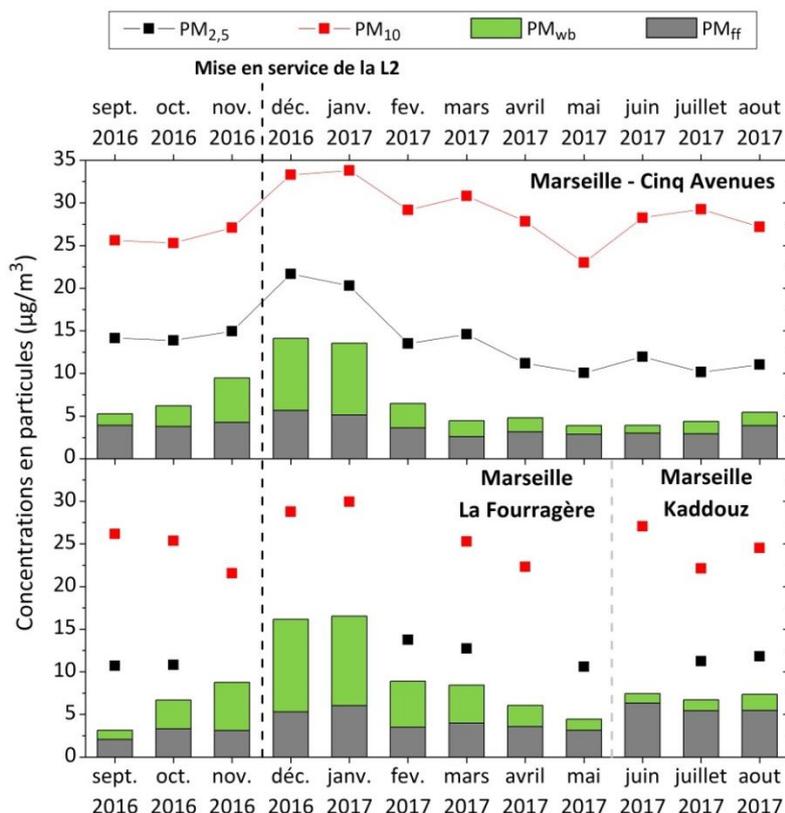


Figure 6 : Concentrations moyennes mensuelles en  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  et concentrations des parts issues de la combustion de la biomasse et du fuel fossile

La contribution de la combustion de la biomasse a un caractère saisonnier avec un maximum en hiver atteignant 38 % des  $PM_{10}$  à La Fourragère et 25 % des  $PM_{10}$  ou 39 % des  $PM_{2,5}$  à Cinq Avenues en décembre 2016. Le site de La Fourragère présente des valeurs plus élevées, liées au caractère résidentiel et pavillonnaire de cette zone. L'ouverture de la L2 n'a pas eu d'impact sur ce paramètre.

La fraction issue du trafic routier (ff) en proximité de la L2 est quant à elle dépendante de la mise en service de cet axe routier. En effet, si la contribution de la combustion de fuel fossile à la masse des  $PM_{10}$  était plus importante à Cinq Avenues qu'à La Fourragère avant l'ouverture de la L2, après son ouverture, le site de La Fourragère présente des concentrations en  $BC_{ff}$  et des contributions aux  $PM_{10}$  et aux  $PM_{2,5}$  plus importantes.

De plus, la station mobile déplacée à Kaddouz, de typologie différente de La Fourragère, présente des contributions presque deux fois plus élevées : en juin 2017, la contribution de la fraction issue du trafic routier représentait 56 % des  $PM_{2,5}$  à Kaddouz contre 31 % à La Fourragère en mai 2017. En effet, cette station est située en tête de tunnel, directement sous influence du trafic routier. Afin de s'affranchir des conditions météorologiques, le rapport entre les concentrations en  $PM_{ff}$  obtenues sur la station La Fourragère et les concentrations en  $PM_{ff}$  obtenues à la station Cinq Avenues calculé mensuellement permet d'observer une constante augmentation de la part du trafic routier (Figure 7).

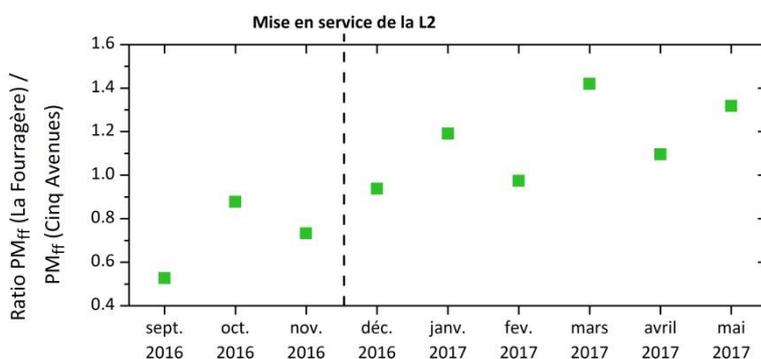


Figure 7 : Rapport mensuel des concentrations en  $PM_{ff}$  obtenues à La Fourragère sur les concentrations en  $PM_{ff}$  obtenues à Cinq Avenues

## Profils journaliers

L'effet de la mise en service de la L2 Est est non seulement visible sur les concentrations en  $\text{NO}_x$ , mais également au niveau des profils journaliers. Que ce soit sur les concentrations en  $\text{BC}_{\text{ff}}$  ou en  $\text{NO}_2$ , une augmentation est visible sur les sites de La Fourragère puis de Kaddouz (Figure 8). Cette augmentation est tout à fait normale lors des mois d'hiver (décembre 2016 à mars 2017) du fait des conditions météorologiques favorables à l'accumulation des polluants. Il est ainsi difficile de l'attribuer à l'ouverture de la L2. La période estivale à La Fourragère est caractérisée par des concentrations nocturnes identiques à celles d'avant la mise en service de la L2 et par un pic matinal davantage marqué après l'ouverture, lors des jours de semaine. De plus, en milieu de journée, les concentrations restent élevées indiquant un flux de voitures qui reste important tout au long de la journée.

En outre, la station située à Kaddouz se distingue de la Fourragère de par ses concentrations plus importantes mais également de par l'évolution journalière des concentrations. Cette station est caractérisée par un pic matinal plus important que le pic du soir, contrairement à La Fourragère. Ce pic, faiblement observé sur les données de La Fourragère lors des weekends (avant et après la mise en service de la L2), est fortement présents sur le site de Kaddouz. Ceci peut s'expliquer par la localisation de la station Kaddouz qui est plus proche de la route que la station de la Fourragère.

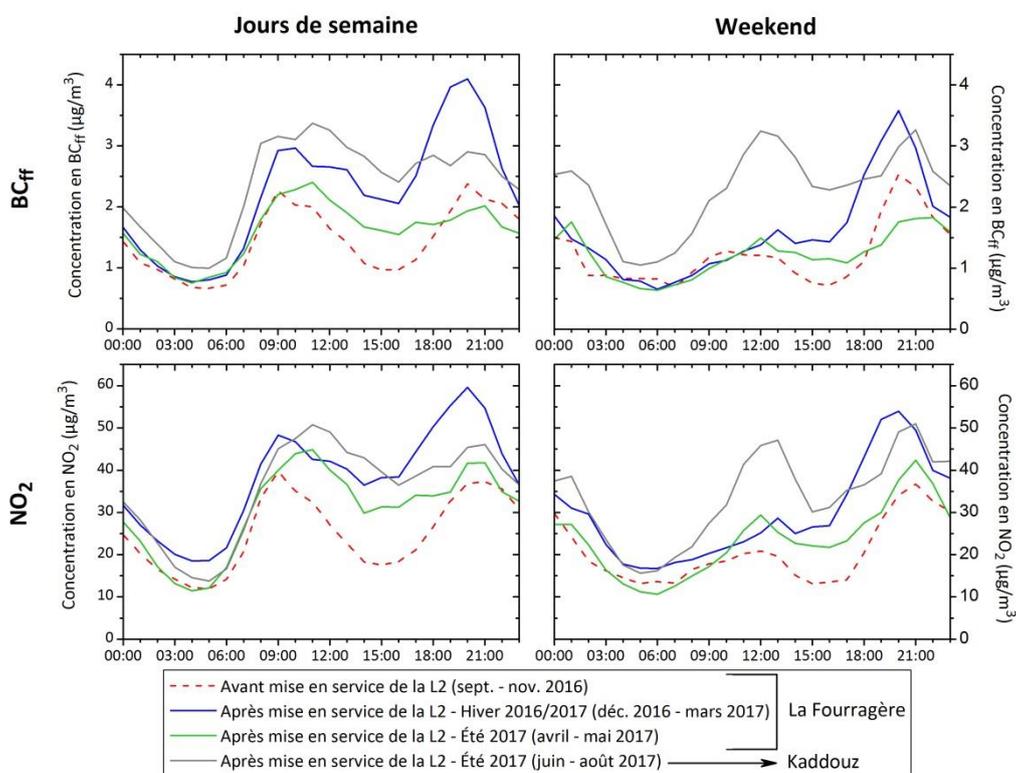


Figure 8 : Profils journaliers des concentrations en  $\text{BC}_{\text{ff}}$  et  $\text{NO}_2$  sur les sites de La Fourragère et Kaddouz (heures locales)

Les profils de concentrations en  $\text{NO}_2$  mesurées sur le site de La Timone (Figure 9) ne présentent aucun changement entre avant et après ouverture de la L2 (période hivernale), excepté la nuit les jours de semaine. Cette différence nocturne est également observée sur le site de Rabatau (non représenté sur la figure). La période estivale est quant à elle caractérisée par des concentrations plus faibles.

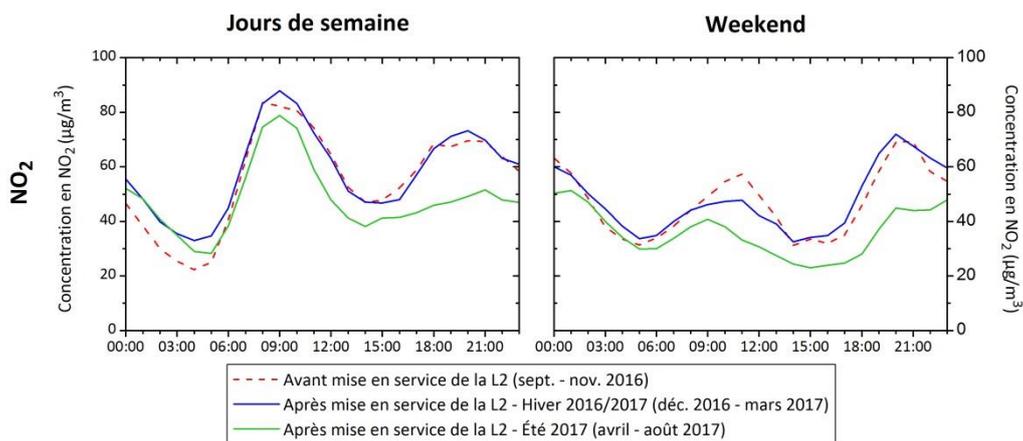


Figure 9 : Profils journaliers des concentrations en  $BC_{ff}$  et  $NO_2$  sur le site de La Timone (heures locales)

## Des concentrations liées à l'ouverture de la L2, à la saisonnalité et à la proximité de la route

Après 8 mois de mesure depuis la mise en service de la L2 Est (29 novembre 2016), le dispositif de mesure mis en place pour assurer la surveillance de l'évolution des niveaux de pollution à proximité ont déjà permis de recueillir un certain nombre d'informations :

- les concentrations en  $NO_2$ , en  $BC_{ff}$  et en  $PM_{ff}$  à la station de La Fourragère semblent directement influencées par l'ouverture de la L2 où une augmentation de plus de 20 % de  $BC_{ff}$  et  $PM_{ff}$  est visible. Ces augmentations sont également liées à la saisonnalité où les concentrations des divers polluants sont plus élevées en période hivernale du fait de conditions météorologiques plus stables.
- l'ouverture de la L2 Est n'a, pour l'instant, pas eu d'impact significatif sur les niveaux de pollution mesurés sur la station de la Timone
- le site de Kaddouz, situé au niveau d'une tête de tunnel et en prise directe sur l'axe de circulation, présente des concentrations en particules et en BC issus de combustions fossiles plus élevées qu'à La Fourragère. Les mesures réalisées pour l'ensemble des polluants montrent un impact significatif de l'ouverture de la L2 Est sans toutefois amener à des dépassements des valeurs réglementaires. En effet, sur deux mois et demi de mesures, de juin à août 2017, la moyenne en dioxyde d'azote sur Kaddouz a été de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ; pour comparaison, soit environ 15 % moins importante que celle d'une station de trafic en centre-ville, sur la même période : celle de Rabatau, avec  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De plus, pour les particules inférieures à  $10 \mu\text{m}$  ( $PM_{10}$ ), mesurées de juin à mi-juillet, le seuil journalier de la valeur limite  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par jour n'a pas été dépassé. Le maximum journalier a été de  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 16 juin 2017. La différence entre les sites de La Fourragère et Kaddouz a montré que l'impact de la pollution du trafic routier décroît rapidement avec l'éloignement à la route.

Toutefois, ces travaux sont à poursuivre car il faut prendre en compte la montée en charge du trafic sur l'axe L2 qui s'est faite progressivement et n'est pas stabilisée. Les travaux sont toujours en cours sur la rocade L2 Nord, sur l'échangeur avec l'A8 et sur les aménagements prévus sur le reste de la ville pour inciter au report vers la rocade.

Une comparaison effectuée sur la même période avant et après la mise en service de la L2 (septembre à novembre) est indispensable pour tirer des conclusions définitives sur l'impact sur la qualité de l'air de cette rocade. Cette comparaison sera effectuée dans la suite de l'étude.