



AtmoSud
Qualité de l'Air

Provence - Alpes - Côte d'Azur

Evaluation du PPA des Bouches-du-Rhône

Février 2021

RÉSUMÉ :

EVALUATION DU PLAN DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE DES BOUCHES-DU-RHÔNE

Février 2021

Le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône (PPA 13) est un projet porté par DREAL PACA sous l'égide du Préfet du département. **L'objectif est de mettre en place des actions en vue de limiter les émissions de polluants** et maintenir ou ramener dans la zone concernée des concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux normes à court terme (échéance 2025).

Le périmètre du PPA13 intègre **107 communes**. **6 polluants primaires** font l'objet d'une quantification des gains en émissions pour les actions évaluables du PPA : les oxydes d'azote NO_x, les particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}, les oxydes de soufre SO_x, les composés organiques volatiles non méthaniques COVNM et l'ammoniac NH₃.

Les secteurs d'activités concernés par des actions du PPA13 sont : l'aérien, l'agriculture, le ferroviaire, l'industrie, le maritime, le résidentiel-tertiaire et les transports routiers, avec un total de **23 actions notables évaluées**.

Les émissions sont calculées par action et par secteur selon les données disponibles et les hypothèses retenues.

A noter que les plans locaux sont pris en compte dans cette évaluation : PDU et PCAEM.

Les émissions sont évaluées pour les 6 polluants pour un prospectif 2025 fil de l'eau sans action du PPA et 2025 fil de l'eau avec actions du PPA. La différence permet d'évaluer le gain en émissions dû au PPA.

Selon une méthodologie mise en place au sein d'AtmoSud et partagée au niveau national avec les autres AASQA, les gains en émissions sont traduits en concentrations, permettant ainsi de cartographier la pollution en 2025 avec les actions du PPA. Le croisement de ces cartographies de concentrations avec les populations résidentielles, permet de déterminer les populations exposées au dépassement des normes.

Ce travail a été réalisé pour le NO₂ et les particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}. Seules les émissions ont été évaluées pour les autres polluants. Une analyse qualitative a été réalisée pour l'ozone.

Ce rapport décrit en détail la méthodologie utilisée et les résultats dont les éléments principaux sont décrits ci-dessous.

- **Le PPA joue le rôle d'accélérateur pour l'amélioration de la qualité de l'air**, avec pour les oxydes d'azote et les particules fines, une diminution des émissions accélérée de 1.5 à 2 fois à l'échéance 2025.

L'évaluation du gain en émission par secteur d'activité permet de mettre en évidence que le **secteur routier**, principal émetteur des NO_x et de PM₁₀ sur le département, est aussi le **secteur dont les réductions des émissions sont les plus importantes** grâce notamment à la mise en place du PDU métropolitain et de la ZFEm dans lesquels des modes de déplacements alternatifs et moins émetteurs sont favorisés.

Les actions menées sur **secteur industriel**, au niveau d'Arcelor Mittal, de la raffinerie de Fos et d'Arkema Saint Menet et sur le **secteur résidentiel**, avec des mesures relatives au chauffage et aux brûlages, **permettent de réduire significativement les émissions en PM₁₀, PM_{2.5} et COVNM**.

Pour le **secteur maritime**, les actions se portent essentiellement au niveau des ferries et des paquebots du port de Marseille et permettent d'agir au niveau des émissions de **NO_x, de PM₁₀ et de SO_x**. La diminution des émissions intervient où l'enjeu est important au plus près des populations, à l'interface port/centre-ville.

Sur le **secteur ferroviaire** (ligne MGA2), des **gains en NO_x** sont attendus. Les émissions de **NH₃** du **secteur agricole** devraient diminuer, ainsi que les émissions de particules fines avec des actions de réduction des brûlages de pailles de riz.

Des actions sont à venir sur le **secteur aérien** (limitation du temps d'utilisation des APU, performance énergétique de la centrale de production chaud/froid optimisation des phases de roulage, ...), qui n'ont pas été évaluées en raison de manque de données prévisionnelles.

- Les diminutions d'émissions à l'horizon 2025 associées aux actions du PPA 13 devraient permettre de **diminuer significativement les concentrations en NO₂ et d'assurer le respect de la valeur limite en NO₂ sur**

la quasi-totalité du territoire. Des dépassements sont toujours attendus dans les centres urbains et sur les principaux axes structurants du territoire. En 2025, moins de 500 personnes devraient résider dans une zone où la valeur limite réglementaire pour le NO₂ est dépassée (contre 30 000 en 2019).

La tendance est à l'amélioration concernant les particules fines. Bien que la valeur réglementaire soit déjà respectée sur la quasi-totalité du territoire en 2019, un grand nombre de personnes devrait rester exposé à un dépassement de la ligne directrice OMS à l'horizon 2025 après la mise en place des actions du PPA. Pour les PM₁₀, le nombre de personnes résidentes exposées à un dépassement de la ligne directrice de l'OMS devrait diminuer de plus de 10% avec 380 000 personnes vivant dans des zones où les concentrations seront supérieures à ce seuil (contre près de 440 000 en 2019).

La diminution de l'exposition des populations aux concentrations en PM_{2,5} est plus nette : une baisse de plus de 60% est attendue avec environ 165 000 personnes exposées en 2025 contre près de 440 000 en 2019. Alors que les tendances de réduction des émissions sont du même ordre de grandeur pour les PM₁₀ et PM_{2,5}, l'écart important en termes de baisse des populations exposées s'explique par un effet de seuil : bien plus de population en 2019 se situe dans une gamme de concentration beaucoup plus proche de la valeur recommandée pour les PM_{2,5} que pour les PM₁₀.

- La baisse des émissions de NOx et de COVNM, précurseurs de l'ozone, devrait permettre de réduire les contributions du territoire à la formation de ce polluant. Cependant, la baisse de la production locale d'ozone est probablement compensée par l'augmentation du niveau de fond en ozone au niveau continental/planétaire. Dans les années qui viennent les données de concentrations de fond en ozone et de population exposée à ce polluant devraient peu évoluer si une action plus globale, nationale ou supranationale n'est pas menée.

Rédaction :	Revue :	Approbation :
Benjamin Rocher benjamin.rocher@atmosud.org	Lozano Patricia patricia.lozano@atmosud.org	Laetitia Mary Laetitia.mary@atmosud.org
Damien Bouchard damien.bouchard@atmosud.org	Laetitia Mary laetitia.mary@atmosud.org	
Julien Poulidor julien.poulidor@atmosud.org		
Damien Piga damien.piga@atmosud.org		
Contact :	Date de parution :	Références :
Laetitia Mary laetitia.mary@atmosud.org	02/2021	24PPPA11

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement l'ensemble des services de l'Etat, des collectivités avec lesquels nous avons pu avoir des échanges techniques de qualité sur les hypothèses de perspectives et de calcul des actions du PPA 13.

Nous remercions également tout particulièrement M. Carlos Andrade pour la mise à disposition des résultats de perspectives énergétiques du modèle TIMES SUD PACA dans le cadre de sa thèse réalisée à MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Mathématiques Appliquées, Sophia Antipolis.

Merci à la DREAL PACA (P.-L. BERTAGNA, Y. PAMELLE), pour la mise en œuvre et le suivi.

PARTENAIRE



**PRÉFET
DE LA RÉGION
PROVENCE- ALPES-
CÔTE D'AZUR**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement**

SOMMAIRE

1. Méthodologie d'évaluation du PPA 13	9
1.1 Périmètre géographique	9
1.2 Années de référence et scénarios	10
1.2.1 Liste des polluants étudiés :	10
1.2.2 Définitions des différentes années de calcul :	11
1.2.3 Définitions et échéances des plans locaux pris en compte dans le cadre de l'évaluation du PPA 13 :	12
1.3 Méthodes d'évaluation par secteur et par scénario :	12
1.4 Méthode d'évaluation des concentrations	13
1.5 Méthode d'évaluation des populations exposées.....	13
2. Situation de référence 2017 sur le PPA 13	14
2.1 Répartition par grand secteur des émissions 2017 sur le PPA 13	14
3. Evaluation des émissions 2025 fil de l'eau	16
3.1 Tendancier et évolutions issues du PCAEM pour les secteurs agriculture et résidentiel/tertiaire.....	16
3.2 Tendancier issue du PDU AMP pour le trafic routier	17
3.2.1 Evolution nationale du trafic routier :	17
3.2.2 Perspectives d'évolution du trafic routier PDU AMP :	17
3.2.3 Evolution retenue pour le trafic routier à l'horizon 2025	18
3.3 Scénario tendancier 2017-2025 des autres transports et de l'industrie	21
3.3.1 Tendancier 2017-2025 des émissions issues de la consommation d'énergie :	21
3.3.2 Tendancier 2017-2025 des émissions non énergétiques.....	24
3.3.3 Emissions aériennes d'origine énergétique et non énergétique.....	27
3.4 Bilan des émissions du scénario tendancier 2025	27
3.4.1 Répartition par grand secteur des émissions 2025 fil de l'eau en NOx, PM ₁₀ et PM _{2,5} sur le PPA.....	28
3.4.2 Tendence des émissions de 2012 à 2025 fil de l'eau sur le PPA 13.....	28
4. Evaluation des actions du PPA	30
4.1 Fiches d'évaluation des actions	30
4.2 Prise en compte des actions du PCAEM AMP	30
4.3 Aérien	32
4.4 Agriculture et biomasse.....	32
4.4.1 Action 38 : Développer la gestion autonome des déchets verts des habitants (programme prévention des déchets verts).....	32
4.4.2 Action 39 : Accompagner le développement d'un pôle de valorisation locale de la paille de riz.....	33
4.5 Ferroviaire	34
4.5.1 Action 20 : Renouveler les flottes des opérateurs de transports publics – Ferroviaire.....	34
4.6 Industrie	35
4.6.1 Actions 28, 29 et 31 : Contrôler la mise en œuvre des actions de réduction des COV pour 14 sites industriels du pourtour de l'étang de Berre / Mettre en œuvre le projet ODAS / Mettre en œuvre les meilleures techniques disponibles dans les établissements IED	35
4.7 Maritime.....	37
4.7.1 Action 1 : Déployer les connexions électriques des navires à quai	37
4.7.2 Action 2 : Étendre la mise en œuvre de la « Charte bleue » auprès de tous les armements de croisière.....	38
4.7.3 Action 3 : Mettre en place les conditions favorables pour l'avitaillement GNL des navires	39
4.8 Résidentiel/Tertiaire.....	40
4.8.1 Action 46 : Accélérer la mise en œuvre du Fond Air Bois.....	40
4.8.2 Action 44 : Déployer la plate-forme métropolitaine de rénovation énergétique, notamment sur les enjeux "chauffage"	43
4.9 Transport routier	46

4.9.1	Action 11. Définir les opportunités d'abaissement des vitesses sur autoroutes.....	46
4.9.2	Action 19 : Aider à la conversion des flottes grand public / professionnelles.....	48
4.9.3	Action 20 : Renouveler les flottes des opérateurs de transports publics.....	51
4.9.4	Action 22. Créer les infrastructures visant au report modal vers le rail.....	52
4.9.5	Evaluation des actions intégrées au Plan de Déplacement Urbain de la Métropole AMP et mise en place une ZFEm dans le centre-ville élargi de Marseille.....	53
4.10	Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13.....	55
4.10.1	Synthèse des gains du PPA 13 par secteur.....	55
4.10.2	Synthèse des émissions du PPA 13 par polluant.....	60
4.10.3	Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13.....	67
4.10.4	Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13 au regard des objectifs nationaux et régionaux.....	69
5.	Evaluation de l'exposition des populations du PPA 13.....	71
5.1	Méthode d'affectation des variations d'émissions.....	71
5.1.1	Emission 2025 fil de l'eau.....	71
5.1.2	Emission 2025 avec actions PPA.....	71
5.2	Cartographies des concentrations et de l'exposition des populations.....	74
5.2.1	Concentrations en NO ₂	74
5.2.2	Concentrations en particules fines PM ₁₀ et PM _{2.5}	76
5.3	Bilan de l'exposition des populations du PPA 13.....	79
5.3.1	Exposition des populations au dépassement de la valeur limite pour le NO ₂	79
5.3.2	Expositions des populations au dépassement de seuils pour les particules fines.....	80
5.4	Synthèse.....	81
6.	Eléments d'analyse sur les enjeux associés à l'ozone – O₃ sur la zone du PPA 13.	82
6.1	Bilan des émissions des principaux précurseurs (NO _x , COVNM) sur le territoire du PPA 13.....	82
6.2	Bilan de la pollution en ozone chronique et de pointe sur le département des Bouches-du-Rhône.....	83
6.3	Synthèse.....	83
7.	Estimation de l'évolution des concentrations en dioxyde d'azote attendues sur les stations de référence au regard de la valeur limite.	84
8.	Conclusions.....	85
	GLOSSAIRE.....	88
	ANNEXES.....	91

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Méthode de calcul des champs de concentration de la situation de référence.....	92
ANNEXE 2	Méthode de calcul des champs de concentration pour les scénarios.....	94
ANNEXE 3	Modèle Times – SUD PACA.....	97
ANNEXE 4	Catégories d'énergie.....	101
ANNEXE 5	Analyses complémentaires AtmoSud.....	102
ANNEXE 6	Tableaux de données par polluants et par secteur.....	104
ANNEXE 7	Analyse des émissions de NH ₃ sur les 3 Plans de Protections de l'Atmosphère de la Région Provence-Alpes-Côte d'azur.....	107

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie de la zone PPA 13.....	10
Figure 2 : PPA 13 - Profil des émissions 2017 par secteur	15
Figure 3 : Tendanciel du bilan de la circulation à partir de l'évolution nationale des trafics de 2012 à 2018, Source : Bilan de la circulation d'après SDES, CCFA, Setra, Asfa, Kantar-Worldpanel, TNS-Sofres, CPDP	17
Figure 4 : Parcs roulants nationaux 2017 et 2025 urbain VP et VUL par norme EURO.....	19
Figure 5 : PPA 13 - Profil des émissions 2017 du ferroviaire	25
Figure 6 : PPA 13 - Profil des émissions 2017 de l'industrie (dont production d'énergie et déchets)	26
Figure 7 : PPA 13 - Profil des émissions 2025 fil de l'eau par secteur.....	28
Figure 8 : Tendanciel des émissions des 6 polluants étudiés sur la zone du PPA 13 avec fil de l'eau 2025.....	29
Figure 9 : Evolution des émissions de NOx sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025.....	60
Figure 10 : Evolution des émissions de PM ₁₀ sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025	62
Figure 11 : Evolution des émissions de PM _{2,5} sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025	63
Figure 12 : Evolution des émissions de SOx sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025	65
Figure 13 : Evolution des émissions de COVNM sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025.....	66
Figure 14 : Evolution des émissions de NH ₃ sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025	67
Figure 15 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en NO ₂ à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2019.....	75
Figure 16 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en NO ₂ à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA.....	75
Figure 17 : carte des différences des concentrations des moyennes annuelles en NO ₂ à l'échelle du PPA13 entre l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA et l'année 2019	76
Figure 18 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM ₁₀ à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2019	77
Figure 19 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM ₁₀ à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA.....	77
Figure 20 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM _{2,5} à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2019	78
Figure 21 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM _{2,5} à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA.....	78
Figure 22 : Répartition de la population résidente par gamme de concentrations, en moyenne annuelle de PM _{2.5} à l'échelle du PPA13 pour l'année 2019 et pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA.	80
Figure 23 : Evolution des émissions des principaux précurseurs (NOx, COVNM) de l'ozone.	82
Figure 24 : Evolution des concentrations chroniques, des concentrations de pointes et de l'exposition de la population à la valeur cible à l'ozone	83
Figure 25 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote observées de 2010 à 2019 et prospectives de 2020 à 2025 selon une situation fil de l'eau (tendancielle) ou modélisée avec actions du PPA	84
Figure 26 : Exemple de positionnement des points de calculs pour le traitement des sources linéaires (gauche) et des sources ponctuelles (droite).....	92
Figure 27 : Exemple de l'emprise des sous-domaines sur le territoire du PPA13.....	93
Figure 28 : comparaison des résultats en PM ₁₀ sur l'ensemble de la région Sud à partir de l'approche « Source- Récepteur » et de l'approche déterministe classique pour un scénario de réduction de 50% des émissions de précurseurs particuliers (gauche), un scénario de réduction de 25% des émissions de précurseurs particuliers (milieu), et un scénario de de réduction de 25% des émissions de précurseurs particuliers uniquement sur Marseille, Nice, Toulon et Aix-en-Provence	94
Figure 29 : Cartographie des communes couvertes par les périmètres TIMES et PPA 83	97
Figure 30 : Tendances et contribution des secteurs pour les émissions de NH ₃ sur le PPA 13	108

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des communes intégrées dans le PPA 13	9
Tableau 2 : hypothèses et études prises en comptes pour le PPA13	12
Tableau 3 : Emissions en NOx, PM ₁₀ , PM _{2,5} , SOx, COVNM et NH ₃ , en 2024 du PCAEM	16
Tableau 4 : rapport PDU AMP – évolution des trafics sur le réseau de la Métropole AMP 2012, 2017, 2030 avec estimation du trafic 2025	18
Tableau 5 : Emissions du transport routier sur la situation de référence 2017 et le scénario 2025 fil de l'eau	20
Tableau 6 : Evolution des consommations sur la zone PPA 13 (autres transports).....	21
Tableau 7 : Evolution des émissions énergétiques du ferroviaire	22

Tableau 8 : Evolution des émissions énergétiques du maritime	22
Tableau 9 : Evolution des consommations sur la zone PPA 13 (Industrie-Production d'énergie-Déchets)	23
Tableau 10 : Evolution des émissions énergétiques de l'industrie	24
Tableau 11 : Evolution des émissions non énergétiques du ferroviaire (PM)	25
Tableau 12 : Evolution des émissions non énergétiques de l'industrie (dont production d'énergie et déchets).....	26
Tableau 13 : Evolution des émissions de l'aérien	27
Tableau 14 : Emissions PPA 13 du scénario 2025 fil de l'eau.....	27
Tableau 15 : Gains d'émission liés aux actions du PCAEM	31
Tableau 16 : Gains d'émission liés à l'action 39.....	32
Tableau 17 : Gains d'émission liés à l'action 40.....	33
Tableau 18 : Gains d'émission liés à l'action 20 ferroviaire pour le PPA 13	34
Tableau 19 : Gains d'émission liés à l'action 32.....	36
Tableau 20 : Gains d'émission liés à l'action 1 maritime raccordement des quais pour le PPA 13	37
Tableau 21 : Gains d'émission liés à l'action 2 maritime sur la « Charte bleue » pour le PPA 13.....	38
Tableau 22 : Gains d'émission liés à l'action 3 maritime pour avitaillement GNL	39
Tableau 23 : Gains d'émission liés à l'action 51 du PPA 13	42
Tableau 24 : Gains d'émission liés à l'action 44 pour le PPA 13	45
Tableau 25 : Gains d'émission liés à l'action 11 en 2025 par rapport au fil de l'eau 2025	47
Tableau 26 : Gains d'émission liés à l'action 19 pour le PPA 13	50
Tableau 27 : Gains d'émission liés à l'action 20 du PPA 13	51
Tableau 28 : Gains d'émission liés à l'action 22 pour le PPA 13	52
Tableau 29 : Gains d'émission liés aux actions du PDU et de la ZFEm pour le PPA 13	54
Tableau 30 : Bilan des gains des actions du secteur Ferroviaire pour le PPA 13	55
Tableau 31 : Bilan des gains des actions du secteur Agriculture pour le PPA 13	56
Tableau 32 : Bilan des gains des actions du secteur Industrie pour le PPA 13	57
Tableau 33 : Bilan des gains des actions du secteur Maritime pour le PPA 13.....	57
Tableau 34 : Bilan des gains des actions du secteur Résidentiel/Tertiaire pour le PPA 13.....	58
Tableau 35 : Bilan des gains des actions du secteur Transports Routiers pour le PPA 13	59
Tableau 36 : Bilan des gains en émissions de NOx des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau.....	60
Tableau 37 : Bilan des gains en émissions de PM ₁₀ des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau.....	61
Tableau 38 : Bilan des gains en émissions de PM _{2,5} des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau.....	63
Tableau 39 : Bilan des gains en émissions de SOx des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau.....	64
Tableau 40 : Bilan des gains en émissions de COVNM des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau.....	66
Tableau 41 : Bilan des gains en émissions de NH ₃ des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau	67
Tableau 42 : Bilan du PPA 13 au regard de l'année de référence 2017 du plan d'action	67
Tableau 43 : Bilan des gains sur le tendanciel du PPA 13	68
Tableau 44 : Bilan du PPA 13 au regard des objectifs nationaux du PREPA	69
Tableau 45 : Bilan du PPA 13 au regard des objectifs régionaux du SRADDET	70
Tableau 46 : Surfaces et populations résidentes exposées à un dépassement de seuil au cours de l'année 2019 et pour la situation 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA	79
Tableau 47 : Estimation de la contribution du transport routier sur les concentrations en PM ₁₀ au niveau du site de fond urbain de Marseille / Longchamp à partir des données AE33 et de l'étude « 3 villes ».....	96
Tableau 48 : Détail des catégories d'énergie.....	101
Tableau 49 : Evolution des données de consommations de carburant du secteur maritime sur la zone PPA 13 sur l'inventaire 2017 AtmoSud	102
Tableau 50 : données prospectives économique par activité du port du GPMM	102
Tableau 51 : Contribution aux émissions de PM10 par type et mode de chauffage au bois sur la zone du PPA 13	103
Tableau 52 : Données d'émission par secteur en NOx du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13	104
Tableau 53 : Données d'émission par secteur en PM ₁₀ du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13.....	104
Tableau 54 : Données d'émission par secteur en PM _{2,5} du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13	105
Tableau 55 : Données d'émission par secteur en SOx du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13.....	105
Tableau 56 : Données d'émission par secteur en COVNM du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13	105
Tableau 57 : Données d'émission par secteur en NH ₃ du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13.....	106
Tableau 58 : Emission de NH ₃ par habitant en Europe, France et sur les territoires des PPA de la région PACA.....	107

1. Méthodologie d'évaluation du PPA 13

1.1 Périmètre géographique

Le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône (PPA 13) est un projet porté par DREAL PACA sous l'égide du Préfet du département. L'objectif est de mettre en place des actions en vue de limiter les émissions de polluants et maintenir ou ramener dans la zone concernée des concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux normes. En amont des éléments développés dans ce document, il convient de rappeler les périmètres et préciser les références utilisées pour l'évaluation du nouveau PPA.

Les communes couvertes par le PPA 13 – objectif 2025 sont les suivantes :

Communes couvertes par le PPA 13			
Aix-en-Provence	Eyguières	Marignane	Saintes-Maries-de-la-Mer
Allauch	Fontvieille	Marseille	Saint-Estève-Janson
Alleins	Fos-sur-Mer	Martigues	Saint-Étienne-du-Grès
Arles	Fuveau	Mas-Blanc-des-Alpilles	Saint-Marc-Jaumegarde
Aubagne	Gardanne	Maussane-les-Alpilles	Saint-Martin-de-Crau
Auraille	Gémenos	Meyrargues	Saint-Mitre-les-Remparts
Auriol	Gignac-la-Nerthe	Meyreuil	Saint-Paul-lès-Durance
Aurons	Grans	Mimet	Saint-Pierre-de-Mézoargues
Beaurecueil	Gréasque	Miramas	Saint-Rémy-de-Provence
Belcodène	Istres	Mouriès	Saint-Savournin
Berre-l'Étang	Jouques	Paradou	Saint-Victoret
Bouc-Bel-Air	La Barben	Pélissanne	Salon-de-Provence
Boulbon	La Bouilladisse	Peynier	Sausset-les-Pins
Cabriès	La Ciotat	Peypin	Sénas
Cadolive	La Destrousse	Peyrolles-en-Provence	Septèmes-les-Vallons
Carnoux-en-Provence	La Fare-les-Oliviers	Plan-de-Cuques	Simiane-Collongue
Carry-le-Rouet	La Penne-sur-Huveaune	Port-de-Bouc	Tarascon
Cassis	La Roque-d'Anthéron	Port-Saint-Louis-du-Rhône	Trets
Ceyreste	Lamanon	Puylobier	Vauvenargues
Charleval	Lambesc	Rognac	Velaux
Châteauneuf-le-Rouge	Lançon-Provence	Rognes	Venelles
Châteauneuf-les-Martigues	Le Puy-Sainte-Réparate	Roquefort-la-Bédoule	Ventabren
Cornillon-Confoux	Le Rove	Roquevaire	Vernègues
Coudoux	Le Tholonet	Rousset	Vitrolles
Cuges-les-Pins	Les Baux-de-Provence	Saint-Antonin-sur-Bayon	Saint-Zacharie (83)
Éguilles	Les Pennes-Mirabeau	Saint-Cannat	Pertuis (84)
Ensuès-la-Redonne	Mallemort	Saint-Chamas	

Tableau 1 : Liste des communes intégrées dans le PPA 13

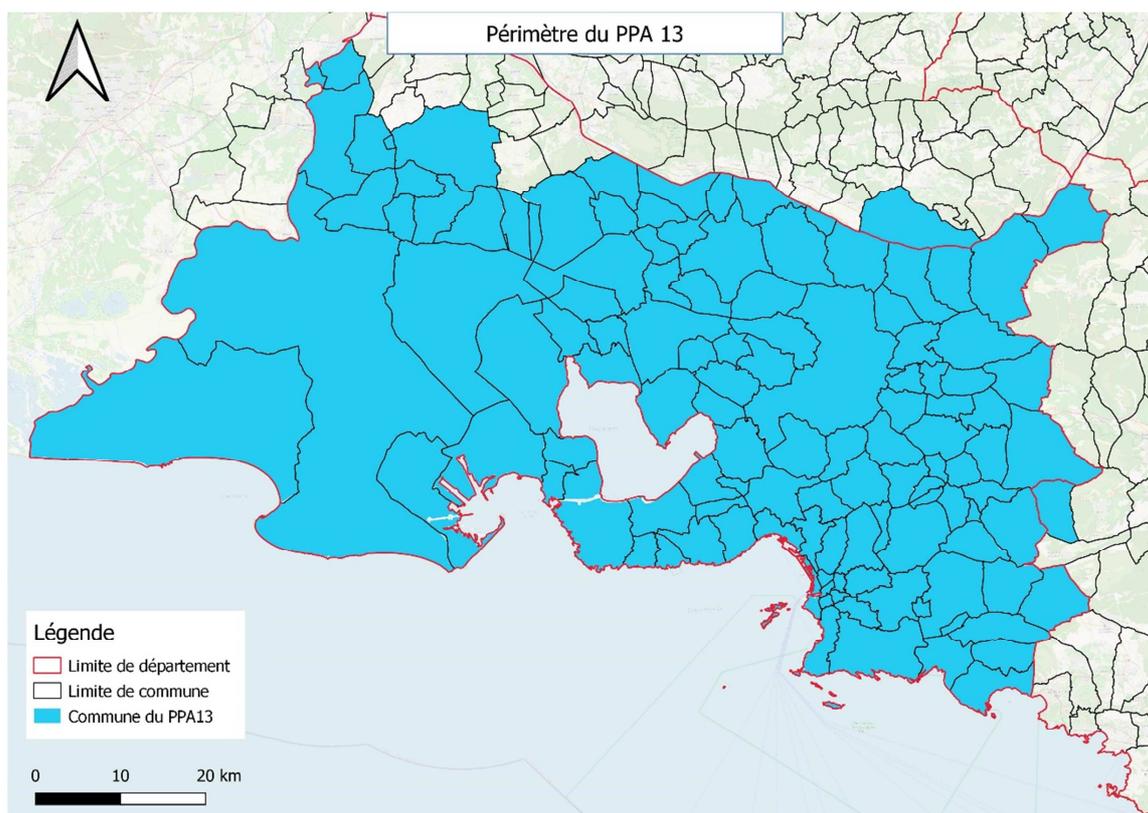


Figure 1 : Cartographie de la zone PPA 13

Dans la suite du document, le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône – objectif 2025 sera appelé « **PPA 13** ».

1.2 Années de référence et scénarios

1.2.1 Liste des polluants étudiés :

Sept polluants ou familles de composés sont étudiés dans cette évaluation.

Les 6 polluants primaires, ci-dessous, font l'objet d'une analyse de l'évolution des émissions sur le territoire à l'horizon 2025, ainsi qu'une quantification des gains pour les actions du PPA évaluables.

- Oxydes d'azote NO_x, dont le dioxyde d'azote NO₂,
- Particules fines PM₁₀,
- Particules fines PM_{2,5},
- Oxydes de Soufre SO_x,
- Composés Organiques Volatiles Non Méthaniques COVNM,
- Ammoniac NH₃

Parmi ces polluants, le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5} font l'objet d'un enjeu sanitaire en air ambiant. Une évaluation des concentrations et de l'exposition des populations à ces trois polluants est conduite dans le cadre de cette étude.

Pour l'ozone (O₃), une analyse spécifique aux enjeux de ce polluant secondaire est détaillée dans le paragraphe 6. Il n'est pas directement émis dans l'atmosphère par les activités anthropiques, mais il se forme par réaction photochimique principalement à partir d'un équilibre de concentration en NOx et en COVNM.

Pour évaluer le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône (PPA 13), il est nécessaire de se référer dans un premier temps à une situation initiale consolidée.

1.2.2 Définitions des différentes années de calcul :

► Situation de référence 2017

Pour cette étude, l'année de référence retenue est l'année 2017. Ce scénario de base est appelé « **Situation de référence 2017** » dans la suite de l'étude. Elle correspond à la dernière année disponible¹ de l'inventaire d'émission de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, réalisé par AtmoSud. Elle sert donc de référence pour évaluer l'évolution des émissions et des enjeux de qualité de l'air entre l'état 2017 et l'horizon 2025.

► Scénario 2025 fil de l'eau

Il est ensuite nécessaire de se projeter dans la situation future sans projet afin d'évaluer une situation prospective. Dans le cadre de ce plan, l'année de référence future retenue est l'année 2025.

Ce scénario tendanciel à 2025 sans la mise en place des actions du PPA13 est appelé « **Scénario 2025 fil de l'eau** » dans la suite de l'étude.

Les données tendanciennes « fil de l'eau » sont généralement issues de scénarios prospectifs.

- Pour le PPA 13, les données prospectives sont principalement issues des travaux du Plan de Déplacements Urbains (PDU) et du Plan Climat Air Energie Métropolitain (PCAEM) de la Métropole Aix-Marseille-Provence (AMP), afin notamment de garantir la cohérence entre les différentes planifications
- Pour les secteurs non évalués dans les plans existants des données de prospective énergétique issues du modèle Times Sud PACA - présenté plus loin dans ce document - permettent d'estimer l'évolution des émissions de polluants atmosphériques.

► Scénario 2025 avec les actions du PPA 13

Enfin, il est nécessaire d'évaluer ce projet dans la situation future avec la mise en place d'actions visant à réduire ou contenir les émissions de polluants atmosphériques au même horizon que pour le scénario fil de l'eau, c'est-à-dire en 2025.

Ce scénario 2025 prenant en compte des mesures supplémentaires au tendanciel à la situation actuelle est appelé « **Scénario 2025 avec actions** » dans la suite de l'étude. Ce scénario prend en compte les impacts en termes de gains d'émissions des diverses actions évaluées dans le cadre du PPA.

¹ Les inventaires d'émission nécessitent pour être produit un grand nombre de données statistiques locales et nationales, ainsi que plusieurs mois de travail par secteur d'activités. Les inventaires sont donc publiés avec un décalage de 2 ans. L'inventaire 2017 est diffusé courant 2019 et a été utilisé pour les travaux des PPA en 2020.

1.2.3 Définitions et échéances des plans locaux pris en compte dans le cadre de l'évaluation du PPA 13 :

Le Plan de Déplacements Urbains de la Métropole Aix-Marseille-Provence a pour objet de définir l'organisation des déplacements des personnes et des marchandises sur une période de dix ans. Lancé en décembre 2017, ce plan a été arrêté en décembre 2019 et comporte des actions impactant les émissions de polluants dans l'air à l'horizon 2030.

Dans la suite de cette étude, le Plan de Déplacements Urbains de la Métropole Aix-Marseille-Provence sera appelé « **PDU** ».

Le Plan Climat Air Energie Métropolitain (PCAEM) de la Métropole Aix-Marseille-Provence est un document de planification comportant des objectifs à différents horizons -2024, 2030, 2050- en termes de réduction de consommation d'énergie et d'émissions de polluants et gaz à effet de serre. Ce plan contient lui-même diverses actions sur le territoire métropolitain, dont les impacts en termes de gains d'émission de polluants ont fait l'objet d'une évaluation selon un scénario fil de l'eau et un scénario avec actions, pour les secteurs d'activité suivants : agriculture, industrie (hors production d'énergie et déchets) et résidentiel/tertiaire.

Dans la suite de cette étude, le Plan Climat Air Energie Métropolitain de la Métropole Aix-Marseille-Provence sera appelé « **PCAEM** ».

Les références à la Métropole Aix-Marseille-Provence pourront être appelées sous l'acronyme « AMP ».

1.3 Méthodes d'évaluation par secteur et par scénario :

Le tableau suivant dresse un panorama des données et méthodes appliquées par secteur, dont les détails sont présentés dans les diverses sections de ce rapport :

Secteurs	Situation de référence 2017	Scénario 2025 fil de l'eau	Scénario 2025 avec actions
Agriculture	Inventaire des émissions 2017 source AtmoSud	Energétique + non énergétique* : Données PCAEM 2024. Evolution de la zone AMP appliquée aux autres communes du PPA.	- gain des actions PCAEM 2024 - A noter, utilisation de 2024 pour 2025.
Résidentiel/Tertiaire			- évaluation actions complémentaires PPA 13
Industrie		Energétique + non énergétique* : Scénario tendanciel 2017-2025 des consommations énergétiques et des émissions de polluants (cf. modèle prospectif TIMES-SUD PACA)	Evaluations des actions complémentaires du PPA 13
Aérien			
Ferroviaire			
Maritime			
Routier		Le tendanciel d'évolution du trafic de +4.1% de trafic entre 2017 et 2025 issu du PDU AMP a été retenu. Un recalcul des émissions de ce secteur a été réalisé avec le parc roulant 2025.	- Hypothèse de tendance linéaire entre les années 2017 - 2030 permet d'estimer le gain induit par les actions du PDU. - Evaluation des actions complémentaires PPA 13

Tableau 2 : hypothèses et études prises en comptes pour le PPA13

**non énergétique : émissions non associées à une consommation directe d'énergie. Ces émissions sont intégrées dans les résultats du PCAEM pour l'agriculture et le résidentiel/tertiaire. Pour les autres secteurs, l'évolution du fil de l'eau 2025 est corrélée avec le scénario tendanciel 2017-2025 des consommations énergétiques.*

Hypothèse complémentaire : Pour les communes de la communauté d'agglomération Arles Camargue Crau Montagnette et de la communauté de communes Vallée des Baux Alpilles (à l'exception de la commune d'Eygalières), il est pris pour hypothèse que les évolutions 2017-2025 « fil de l'eau » sont similaires à celles de la Métropole AMP sur chacun des secteurs.

Les émissions après action sont également calculées par secteur : les gains d'émissions de chaque action sont calculés, en détaillant les données et hypothèses sources. La somme de tous les gains permet d'obtenir une réduction globale par secteur en 2025 à retrancher aux émissions fil de l'eau 2025.

Un comparatif des émissions par secteurs et par polluants entre la **Situation de référence 2017**, le **Scénario 2025 fil de l'eau** et le **Scénario 2025 avec actions** est détaillé dans le paragraphe « 4.10 Erreur ! Source du renvoi introuvable. ».

1.4 Méthode d'évaluation des concentrations

Les concentrations en NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} sont évaluées à l'aide d'une chaîne de modélisation développée par AtmoSud. Cette chaîne regroupe des modèles météorologiques, des modèles de chimie-transport, des modèles de dispersion et des algorithmes de traitement des données. Elle permet de calculer des champs de concentration de polluants en prenant comme données d'entrée des émissions spatialisées.

Les détails de la méthode de calcul pour la situation de référence et pour les scénarios sont donnés respectivement en ANNEXE 1 et ANNEXE 2 de ce document.

1.5 Méthode d'évaluation des populations exposées

Le calcul des champs de concentrations permet d'estimer les territoires soumis à un dépassement de normes réglementaires. Un croisement spatial est réalisé entre les zones en dépassement et la couche de bâtiments sur le territoire étudié.

Les fichiers MAJIC (fournis à l'INERIS par Direction Générale des Finances Publiques) référencent toutes les parcelles cadastrales et les locaux associés. Ils contiennent de nombreuses informations sur le bâti (usage des locaux, surfaces, type d'habitat...). La méthodologie MAJIC consiste à spatialiser la population INSEE sur les bâtiments de la BD Topo à partir d'informations des fichiers MAJIC. L'INERIS livre aux AASQA les fichiers géoréférencés donnant une estimation du nombre d'habitants par bâtiment sur la totalité du territoire. Il faut préciser qu'il s'agit d'une redistribution mathématique de la population. Des erreurs ou imprécisions peuvent être présentes ponctuellement. La population INSEE prise en compte dans ce calcul fait référence à l'année 2016, année la plus récente disponible pour cette information.

Cette couche de bâtiments contenant la population résidente est croisée spatialement avec les zones en dépassement. Ce croisement permet alors de calculer le nombre de personnes résidentes exposées à un dépassement des valeurs limites ou des valeurs recommandées par l'OMS.

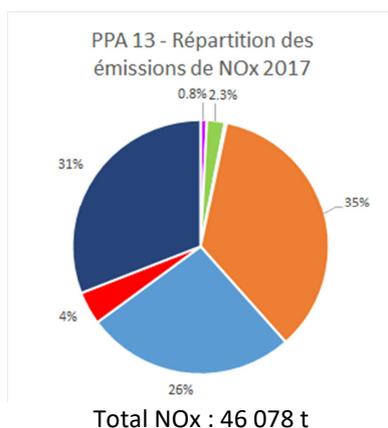
2. Situation de référence 2017 sur le PPA 13

L'année de référence retenue est l'année 2017. La « Situation de référence 2017 » est basée sur les données de l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques 2017 réalisé par AtmoSud dans le cadre de ses missions de suivi du territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Toutes les analyses de comparaison se font sur un référentiel annuel.

2.1 Répartition par grand secteur des émissions 2017 sur le PPA 13

En 2017, les contributions des émissions annuelles par polluant sur la zone PPA 13 sont les suivantes :

■ Aérien ■ Agriculture ■ Ferroviaire ■ Ind/ProdEner/Déchets ■ Maritime ■ Résidentiel/Tertiaire ■ Transports routier



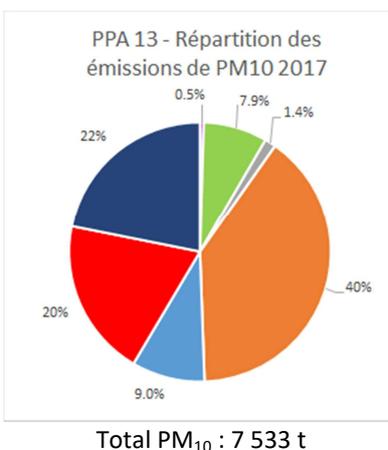
Pour les oxydes d'azote, 46 078 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

Le secteur industrie est le principal émetteur avec 35% des émissions.

Le secteur routier est le second émetteur avec 31% des émissions. 92% des émissions du routier proviennent des véhicules roulants au diesel, 52% par des véhicules particuliers, 26 % des véhicules utilitaires et 17% les poids lourds.

Le secteur maritime constitue le troisième secteur émetteur avec 26%.

Par rapport à l'enjeu d'exposition de la population au dioxyde d'azote sur ce territoire, il est important de noter que c'est la proximité des sources du trafic routier qui génère les dépassements actuels.

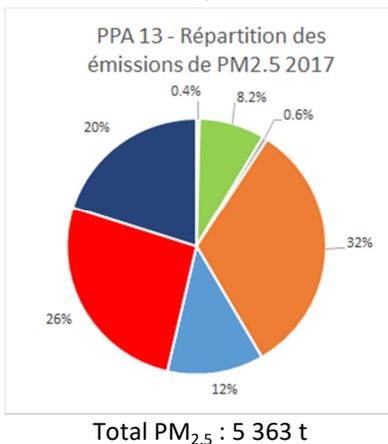


Pour les particules fines PM₁₀, 7 533 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

Le secteur industrie est le principal émetteur avec 40% des émissions. 29% des émissions de l'industrie proviennent des chaînes d'agglomération de minerai, suivi des carrières avec 20% et 13% pour les fours pour l'acier et la coulée de fonte brute.

Le secteur routier constitue avec 22% le second émetteur. Il est à souligner que près de 76% des émissions de particules fines PM₁₀ sont induites par les phénomènes d'usure et de re-suspension.

Le secteur résidentiel tertiaire constitue avec 20% le troisième émetteur. 76% des émissions de ce secteur est issu de la combustion de biomasse (chauffage au bois majoritairement).

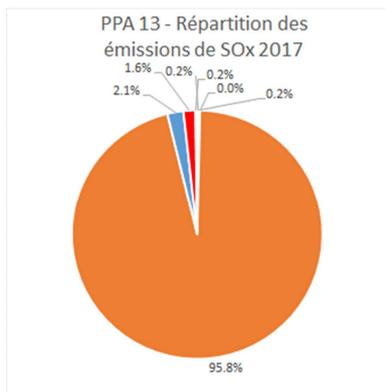


Pour les particules fines PM_{2.5}, 5 363 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

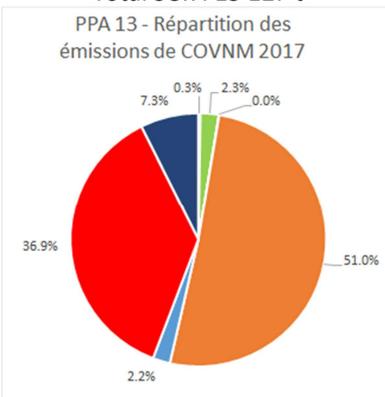
Le secteur industrie est le principal émetteur avec 32% des émissions. 35% des émissions de l'industrie proviennent des chaînes d'agglomération de minerai, 15% pour les fours pour l'acier et la coulée de fonte brute et 11% pour le recouvrement des routes par l'asphalte

Le secteur résidentiel tertiaire constitue avec 26% le second émetteur. 78% des émissions de ce secteur est issu de la combustion de biomasse (chauffage au bois majoritairement).

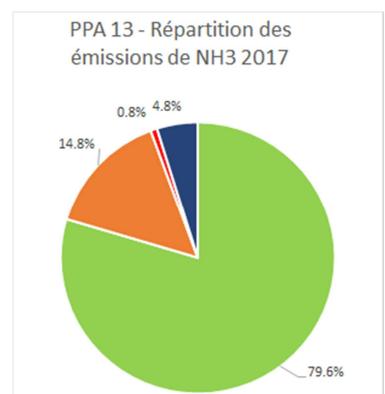
Le secteur routier constitue avec 20% le troisième émetteur. Il est également à souligner que près de 63% des émissions de particules fines PM_{2.5} sont induites par les phénomènes d'usure et de re-suspension.



Total SOx : 15 127 t



Total COVNM : 19 906 t



Total NH₃ : 2 557 t

■ Aérien ■ Agriculture ■ Ferroviaire ■ Ind/ProdEner/Dechets ■ Maritime ■ Résidentiel/Tertiaire ■ Transport routier

Figure 2 : PPA 13 - Profil des émissions 2017 par secteur

Pour les SOx, 15 127 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

Le secteur industrie est le principal émetteur avec 96% des émissions. 21% des émissions de l'industrie proviennent des chaînes d'agglomération de minerai, 20% du raffinage du pétrole, 10% des craqueur catalytique et 8% des torchères en raffinerie, les produits de recouvrement des routes représentent 8%.

Pour les COVNM, 19 906 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

Le secteur industrie est le principal émetteur avec 51% des émissions. Les principaux émetteurs sont le bâtiment et la construction (16%), les stations d'enrobages (10%) et les stations-services, stockage de produit pétrolier en raffinerie, fabrication de produit chimiques et éthylène, chacun 7%.

Le secteur résidentiel tertiaire constitue avec 37% le second émetteur, dont la majorité des émissions provient de l'utilisation domestique de solvants (48%), suivi des équipements de combustion hors chaudière tel que gazinières, fourneaux, poêle (28%) ainsi que l'utilisation de peinture (7%) et de vernis (7%).

Pour le NH₃, 2 557 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

Le secteur agriculture est le principal contributeur avec 80% des émissions sur la zone du PPA 13. La majorité des émissions sont dues à l'utilisation d'engrais : terre arable 25%, Culture permanentes 10%, Verger 10% et des rizières 11% et également déjection des moutons 13% et des bovins 9%.

En comparaison des émissions nationales, les émissions par habitant sur le PPA 13 sont 7 fois inférieures. (voir ANNEXE 7)

3. Evaluation des émissions 2025 fil de l'eau

Les émissions tendanciennes 2025 de NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, COVNM, NH₃ pour le PPA 13 sont déterminées selon différentes méthodologies, en fonction des secteurs, des données disponibles et des plans d'évaluation existants.

- Pour les transports routiers, les données 2025 sont estimées à partir du PDU de la Métropole AMP.
- Pour les secteurs agriculture et résidentiel/tertiaire, les émissions 2025 sont issues du PCAEM et extrapolées sur l'ensemble du périmètre PPA.
- Enfin, pour les secteurs non évalués dans les plans précités – aérien, ferroviaire, maritime- et pour l'industrie, les émissions 2025 sont déterminées à partir d'un modèle de prospective énergétique.

Il est à souligner que l'ensemble des travaux prospectifs utilisés ne tient pas compte des récents développements induits par la crise sanitaire du COVID19. Les hypothèses d'évolution de l'activité économique sont en conséquence assez conservatrices et potentiellement défavorables concernant l'évolution des émissions de polluants atmosphériques.

Les sections suivantes présentent en détail les hypothèses et paramètres utilisés pour ces estimations.

3.1 Tendanciel et évolutions issues du PCAEM pour les secteurs agriculture et résidentiel/tertiaire

Les données d'émissions 2024 des scénarios tendanciels du PCAEM sont réappliquées pour cette prospective, avec les paramètres suivants :

- Il est considéré que, sur AMP, la valeur d'émission 2025 du PPA 13 sera la même que la valeur 2024 du PCAEM ;
- Pour les communes du PPA hors AMP - non évaluées dans le périmètre du PCAEM - l'évolution des émissions 2017-2025 est considérée identique à celle observée sur AMP. Les émissions de ces communes sont sommées à celles de la zone AMP pour déterminer les valeurs 2025 de chaque scénario sur l'ensemble de la zone PPA ;
- Le PCAEM couvre les émissions tendanciennes des secteurs industriels (hors déchets et production d'énergie), résidentiel, tertiaire et agricole. Toutefois, les résultats du PCAEM AMP à l'horizon 2024 ne sont pas utilisés pour l'industrie du fait de différence de cohérence avec les nouveaux inventaires et l'évolution constatée pour ce secteur (voir détails dans la section Industrie)

	Emissions du scénario tendanciel 2024 en t/an	
	Résidentiel/Tertiaire	Agriculture
NO _x	1 261	337
PM ₁₀	1 251	149
PM _{2.5}	1 185	83
SO _x	262	5
COVNM	6 660	76
NH ₃	14	646

Tableau 3 : Emissions en NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, COVNM et NH₃, en 2024 du PCAEM

3.2 Tendancier issue du PDU AMP pour le trafic routier

Pour évaluer le tendancier à l'horizon 2025 du trafic routier, la méthode utilisée est de relancer le calcul de l'inventaire 2017 sur l'ensemble du réseau en appliquant une évolution du trafic constante sur l'ensemble des axes routiers des zones PPA.

Il faut cependant définir l'évolution du trafic routier à l'échéance 2025.

3.2.1 Evolution nationale du trafic routier :

Sur la base des données d'évolution nationale du bilan de la circulation du SDES présentée sur la figure ci-dessous, en fonction de la période prise en compte, la tendance varie entre 2017 et 2025 de +4.1%, +8.8% ou +10.3%.

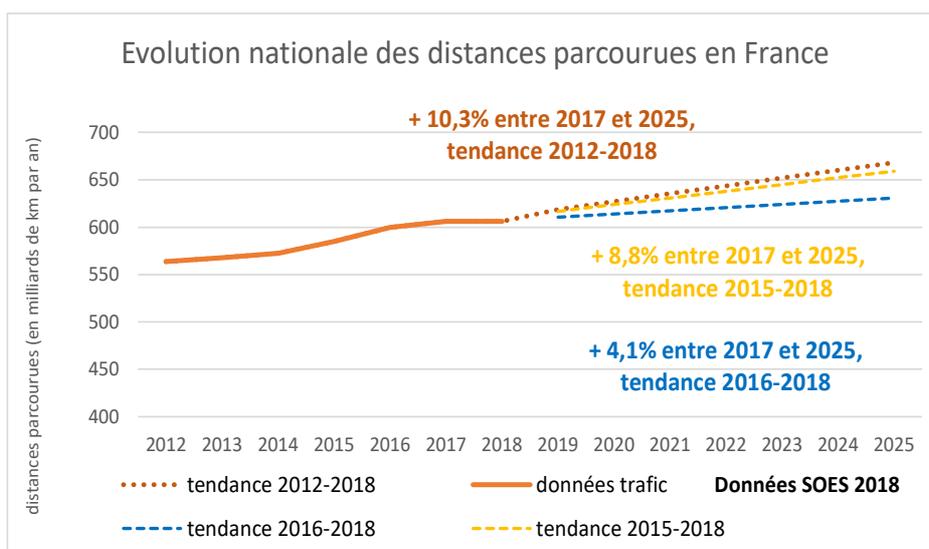


Figure 3 : Tendancier du bilan de la circulation à partir de l'évolution nationale des trafics de 2012 à 2018, Source : Bilan de la circulation d'après SDES, CCFA, Setra, Asfa, Kantar-Worldpanel, TNS-Sofres, CPDP

Une évolution sur la base des tendances des trafics totaux nationaux en fonction des années utilisées pour construire le tendancier :

- Avec la tendance 2012-2018, la variation de trafic entre 2017 et 2025 serait de +10.3%,
- Avec la tendance 2015-2018, la variation de trafic entre 2017 et 2025 serait de +8.8%,
- Avec la tendance 2016-2018, la variation de trafic entre 2017 et 2025 serait de +4.1%

3.2.2 Perspectives d'évolution du trafic routier PDU AMP :

Pour le PPA 13, un travail conséquent a déjà été réalisé dans le cadre du PDU de la Métropole AMP entre les années 2012, 2017 et 2030. Sur cette base, les évolutions d'émissions entre 2017 et 2025 ont été estimées de la façon suivante :

Trafic annuel parcouru sur les réseaux routiers sur Métropole AMP	Millions de veh.km parcourus par an			estimation PPA
	2012	2017	2030	2025 fil de l'eau
Total trafic en Millions de veh.km parcourus par an	15 503	15 676	16 742	16 332

Métropole Aix-Marseille Provence	% variation trafic total			estimation PPA
	2012	2017	2030	2025 fil de l'eau
2012		1.1%	8.0%	
2017			6.8%	4.18%
2030				
2030_PDU				

Tableau 4 : rapport PDU AMP – évolution des trafics sur le réseau de la Métropole AMP 2012, 2017, 2030 avec estimation du trafic 2025

Les données de trafic PDU sont utilisées pour estimer une évolution des émissions à l'horizon 2025. Une régression linéaire simple est appliquée entre 2017 et 2030 pour estimer l'évolution du trafic pour les scénarios 2025 fil de l'eau et 2025 avec actions du PDU.

3.2.3 Evolution retenue pour le trafic routier à l'horizon 2025

Les hypothèses retenues pour l'évolution des émissions du trafic routier à l'horizon 2025 et pour l'intégration des données du PDU AMP sont les suivantes :

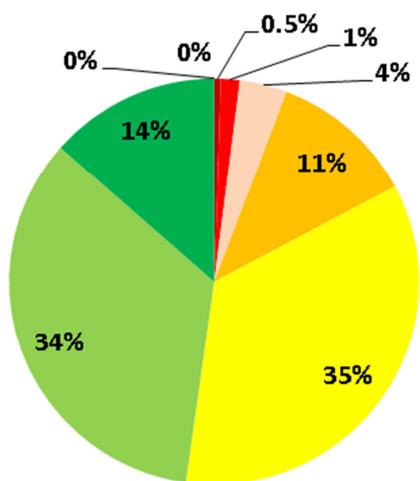
Pour le fil de l'eau 2025 : le tendanciel d'évolution du trafic du PDU AMP de +4.18% de trafic entre 2017 et 2025 a été retenu. Ce tendanciel correspond à la tendance des trafics nationaux de 2016 à 2018, pour laquelle l'augmentation du trafic semble s'être réduite par rapport aux années antérieures.

► **Parc roulant 2025 utilisé pour le calcul**

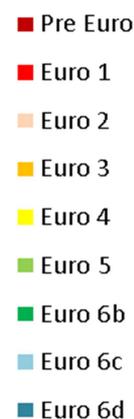
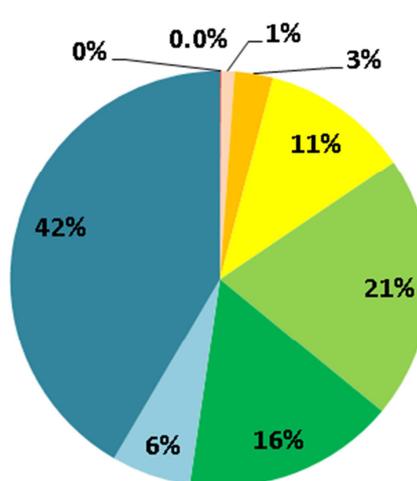
Les parcs roulants sont issus des parcs du MEEM-DGEC/CITEPA version 2018. Les données constituant les parcs roulants permettent, par an, de différencier la part du trafic par type de véhicules en fonction de leur norme EURO, cylindrée et énergie. Le nombre de véhicules utilisé par année pour les calculs d'émissions de polluants atmosphériques est d'environ 250.

Les parcs roulants urbains pour les VP et les VUL présentés ci-dessous, permettent d'illustrer l'évolution technologique du parc attendue entre l'année 2017 et 2025. Dans le calcul des émissions routières, 18 parcs roulants différents sont utilisés : les parcs sont détaillés par type de véhicules VP, VUL, PL, Car, Bus et 2 roues, ainsi que par type de réseau : autoroutier, interurbain et urbain.

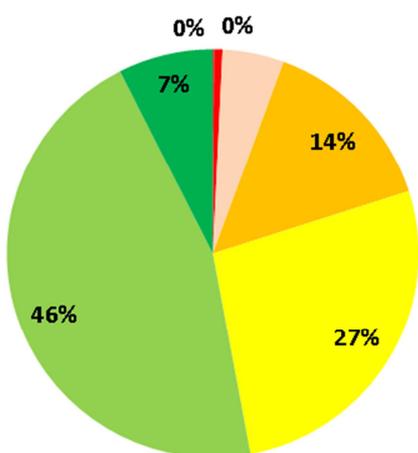
Parc roulant VP urbain 2017 Bouches-du-Rhône – par norme Euro



Parc roulant VP urbain 2025 Bouches-du-Rhône – par norme Euro



Parc roulant VUL urbain 2017 Bouches-du-Rhône – par norme Euro



Parc roulant VUL urbain 2025 Bouches-du-Rhône – par norme Euro

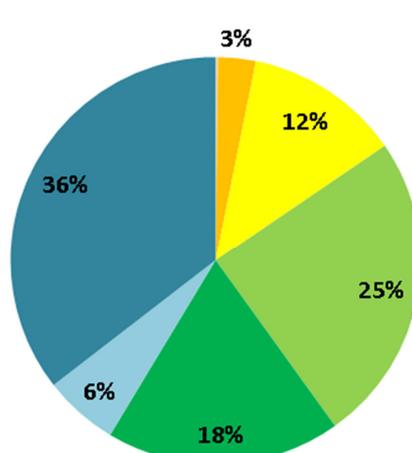


Figure 4 : Parcs roulants nationaux 2017 et 2025 urbain VP et VUL par norme EURO

► Calcul et analyse des émissions à l'horizon 2025 du scénario fil de l'eau

L'évolution du trafic routier entre 2017 et 2025 est obtenue avec la tendance 2016-2018 des trafics nationaux en cohérence avec les travaux du PDU AMP, soit une évolution totale du trafic de +4.1%.

Cette évaluation du trafic routier est appliquée à la prospective des parcs roulants urbains à 2025, afin de pouvoir estimer les émissions tendanciennes en 2025.

PPA 13	Situation de référence 2017	Scénario 2025 Fil de l'eau	Evolution 2017 référence - 2025 fil de l'eau
Distances parcourues (en millions de km/an)	19 227	20 015	4.1%
NO _x (en tonnes/an)	14 257	9 302	-34.8%
PM ₁₀ (en tonnes/an)	1 645	1 444	-12.2%
PM _{2.5} (en tonnes/an)	1 077	853	-20.8%
SO _x (en tonnes/an)	30	29	-2.2%
COVNM (en tonnes/an)	1 459	884	-39.5%
NH ₃ (en tonnes/an)	124	90	-27.5%

Tableau 5 : Emissions du transport routier sur la situation de référence 2017 et le scénario 2025 fil de l'eau.

Au niveau des calculs d'émissions de polluants atmosphériques, l'augmentation du trafic est compensée par l'amélioration technologique du parc de véhicules. Ainsi en 2025, les véhicules euro 6 représentent plus de 60% des VP et VUL alors qu'ils ne représentaient que 13% des VP et 7 % des VUL en 2017.

Ce renouvellement du parc de véhicules et la mise en place des normes EURO permettent ainsi une diminution des émissions pour les 6 polluants considérés, de -2% à -40% selon les polluants.

3.3 Scénario tendanciel 2017-2025 des autres transports et de l'industrie

La réalisation d'un scénario tendanciel sur les émissions de polluants nécessite de projeter la situation de référence sur une situation prospective. La majorité des émissions de polluants est associée à une consommation d'énergie, qui varie en fonction du type d'énergie.

Ainsi la meilleure façon de construire un scénario tendanciel des émissions de polluants est de s'appuyer sur des données de perspectives énergétiques. Le modèle TIMES SUD PACA, développé sur la région et sur des entités géographiques proche des périmètres des PPA, permet de disposer d'un scénario prospectif consolidé, tenant compte des spécificités locales de ces territoires.

Le paragraphe ci-dessous (3.3.1) détaille les variations de consommation énergétique issues du modèle TIMES SUD PACA et les émissions associées calculées en 2025.

Toutefois, certains sous-secteurs d'émission spécifiques ne sont pas associés directement à une consommation d'énergie. Afin de construire un scénario tendanciel complet des hypothèses spécifiques ont été définies pour tenir compte de ces émissions dans le scénario tendanciel 2025 (paragraphe 3.3.2).

3.3.1 Tendanciel 2017-2025 des émissions issues de la consommation d'énergie :

► Autres transports

Pour les secteurs aérien, maritime et ferroviaire du PPA, le tendanciel est calculé à partir de l'évolution des consommations par type d'énergie et par secteur entre 2016 et 2025, issue des données prospectives énergétiques Times-SUD PACA² (cf. ANNEXE 3ANNEXE 1). Les données d'évolution sont analysées sur la zone BDR1 du modèle prospectif et appliqué sur la zone du PPA 13 selon les modalités détaillées ci-dessous.

Energie	Secteur	Unité	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Prospective 2016-2025 (source modèle TIMES)	2025 estimé
Produits pétroliers	Aérien	tep	33 854	31 911	30 422	30 562	30 786	31 825	-10% ³	27 747
Electricité	Ferroviaire	tep	14 693	15 042	12 231	16 821	16 887	17 420	+25%	21 170
Produits pétroliers	Ferroviaire	tep	1 480	1 540	1 610	1 867	1 719	1 779	+15%	1 969
Produits pétroliers	Maritime	tep	138 043	132 716	133 864	141 625	163 140	155 713	+14% ⁴	185 559

Tableau 6 : Evolution des consommations sur la zone PPA 13 (autres transports)

NB : tep = tonne équivalent pétrole

Le détail des énergies et combustibles par catégorie d'énergie est disponible en ANNEXE 4

² Modèle TIMES-SUD PACA : Carlos Andrade, Sandrine Selosse et Nadia Maïzi, MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Mathématiques Appliquées, Sophia Antipolis.

³ Le secteur aérien est traité séparément au paragraphe 3.3.3, car les aspects énergétiques et non énergétiques ne sont pas dissociables dans l'inventaire AtmoSud. Cette tendance semble raisonnable au vu de l'impact moyen terme de la crise sanitaire liée à la COVID 19 sur le secteur.

⁴ Evolution basée sur le tendanciel de l'activité en limitant à 30% l'augmentation d'activité à l'horizon 2050. Cette tendance est cohérente avec la stratégie de développement des activités au sein du Grand port Maritime de Marseille, elle ne tient pas compte de l'impact du COVID.

Les émissions tendanciennes pour chacun des secteurs sont ensuite estimées à partir :

- des consommations 2025 estimées par secteur et catégorie d'énergie (cf. tableau ci-dessus)
- de facteurs d'émissions induits issus de l'inventaire AtmoSud 2017

Les données d'émission liées à la consommation d'énergie pour les transports non routiers sont présentées dans les tableaux suivants.

PPA 13	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Ferroviaire 2017 (tonnes)	111.7	2.1	2	0.035	8.49	/
Ferroviaire 2025 fil de l'eau (tonnes)	123.7	2.4	2.2	0.039	9.40	/

Tableau 7 : Evolution des émissions énergétiques du ferroviaire

Pour le secteur maritime, une analyse complémentaire a été réalisé afin de consolider l'augmentation des émissions de ce secteur attendu à l'horizon 2025. (voir ANNEXE 5)

PPA 13	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Maritime 2017 (tonnes)	12 182.6	681.2	645.3	312.2	434.6	/
Maritime 2025 fil de l'eau (tonnes)	14 517.8	811.8	769	372.0	517.9	/

Tableau 8 : Evolution des émissions énergétiques du maritime

► Industrie

Le secteur Industrie considéré ici intègre l'ensemble des sous-secteurs suivants :

- Production d'énergie (Centrales électriques, unités de valorisation, raffineries, etc.)
- Traitement des déchets (Incinération, eaux usées, etc.)
- Autres industries (Industrie manufacturière, BTP, carrières, etc.)

Les résultats du PCAEM AMP à l'horizon 2024 ne sont pas utilisés pour l'industrie du fait de différence de cohérence avec les nouveaux inventaires et l'évolution constatée pour ce secteur, l'année de référence du PCAEM étant 2012.

Les données du PCAEM prennent en compte uniquement une réduction de consommation d'énergie du secteur industriel sans détail de combustible, ce qui induit forte incertitude sur les émissions obtenues sur 2024.

L'amélioration continue des inventaires, mais surtout la spécificité du secteur industriel, dont l'activité peut subir d'importantes variations en fonction du contexte économique ou des ouvertures/fermetures de sites, sont un paramètre important à prendre en compte dans la constitution du fil de l'eau.

De même que pour les secteurs des autres transports, le calcul du tendancier 2025 pour le secteur industriel est basé sur l'évolution des consommations 2016-2025 issue du modèle Times-Sud PACA pour l'ensemble du secteur Industrie-Déchets-Production d'énergie.

Energie	Secteur	Unité	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Prospective 2016-2025 (source modèle TIMES)	2025 estimé
Autres énergies renouvelables	Industrie - Production d'énergie - Déchets	tep	166 155	152 907	151 756	165 477	152 217	133 400	-	133 400
Autres non renouvelables		tep	1 351 265	1 368 428	1 559 251	1 484 550	1 645 062	1 679 084	-33%	1 101 245
Bois-énergie		tep	30 365	26 425	29 606	35 382	28 601	32 664	-18%	23 333
Combustibles Minéraux Solides (CMS)		tep	11 470	13 432	13 950	249	93	97	-	97
Electricité		tep	532 764	538 018	542 507	535 223	542 596	528 474	+19%	645 514
Gaz Naturel		tep	649 578	665 612	687 533	723 377	672 714	675 663	+36%	913 680
Produits pétroliers		tep	2 040 841	1 981 459	1 876 364	1 962 781	2 108 359	1 402 124	-20%	1 128 439*

Tableau 9 : Evolution des consommations sur la zone PPA 13 (Industrie-Production d'énergie-Déchets)

*Pour les produits pétroliers, l'évolution 2016-2025 est appliquée à la valeur 2017 pour prendre en compte la reconversion de la raffinerie de La Mede.

Les émissions énergétiques de l'industrie sont ensuite estimées à partir :

- des consommations 2025 estimées par secteur et catégorie d'énergie (cf tableau ci-dessus)
- de facteurs d'émissions induits issus de l'inventaire AtmoSud 2017

Les données d'émission liées à la consommation d'énergie pour les transports non routiers sont présentées dans le tableau suivant.

PPA 13	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Industrie 2017 (tonnes)	5 961.1	247.9	192.7	3 701.1	1 315.8	104.6
Industrie 2025 fil de l'eau (tonnes)	5 771.4	259.2	197.1	2 887.3	1 279.8	106.6

Tableau 10 : Evolution des émissions énergétiques de l'industrie

NB : A noter qu'une donnée du modèle scénario tendanciel a été corrigée concernant la consommation de produits pétroliers. En effet, le modèle prospectif détermine une évolution 2016-2025 à partir d'une situation de référence 2016 et de paramètres d'évolution. Néanmoins, la situation prospective ne prend donc pas en compte les fluctuations du parc d'industrie après 2016 (ouverture/fermeture de sites, crise, etc.). Or en 2017 une grande raffinerie a suspendu son activité en 2017 pour reconversion. Pour ne pas induire d'incohérence, sachant que La raffinerie n'utilisera plus de produits pétroliers, la prospective de -20% est appliqué sur la donnée 2017 pour estimer les consommations 2025 fil de l'eau.

3.3.2 Tendanciel 2017-2025 des émissions non énergétiques

Certaines émissions ne résultent pas de la consommation d'un combustible, mais d'autres activités. Cela peut concerner entre autres des procédés industriels (sidérurgie, chimie), le travail du bois, l'exploitation de carrières ou encore les feux divers (liste non exhaustive).

En l'absence de scénario tendanciel sur les activités, plusieurs alternatives sont identifiées afin d'estimer les émissions 2025 :

- Effectuer une extrapolation sur la base des données 2012-2017 de l'inventaire communal AtmoSud
- Appliquer le même pourcentage d'évolution que la tendance 2017-2025 du scénario énergétique calculé dans TIMES : cela induit l'hypothèse que l'ensemble de l'activité du secteur est corrélé aux consommations énergétiques
- Reporter la valeur de l'année 2017

A noter que les émissions non énergétiques des secteurs agriculture et résidentiel/tertiaire sont déjà incluses dans les données prospectives du PCAEM, qui sont étendues à l'ensemble du PPA 13

Ainsi pour le tendanciel PPA13, seules les émissions non énergétiques des autres transports et de l'industrie sont à estimer, selon les paramètres présentés dans les tableaux ci-après.

NB : les émissions non énergétiques de l'aviation, liées notamment à l'abrasion sur les pistes, sont actuellement incluses dans les données d'émissions « énergétiques » des inventaires AtmoSud. Cela n'a pas d'incidence puisque ces données sont étroitement liées à l'activité des aéroports et donc à la consommation énergétique de kérosène, un calcul séparé de l'évolution tendancielle de ces émissions aurait donné un résultat similaire.

► Ferroviaire – émissions non énergétiques

Les particules émises de manière non énergétique pour ce secteur sont principalement liées aux à l'abrasion des freins. Ces émissions, qui représentent la quasi-totalité des émissions du secteur, ne représentent pas plus de 1% des émissions totales de particules sur une zone PPA, mais sont en évolution depuis 2012.

Les données de régression linéaire permettent d'obtenir une augmentation de ces émissions, ce qui coïncide avec l'augmentation des consommations mais sans corrélation directe. Etant donnée que l'activité ferroviaire est essentiellement liée à la circulation des trains et donc à la consommation énergétique, il a été décidé de corréler les émissions 2025 avec l'évolution des consommations sur la période 2017-2025, soit une augmentation de 21%.

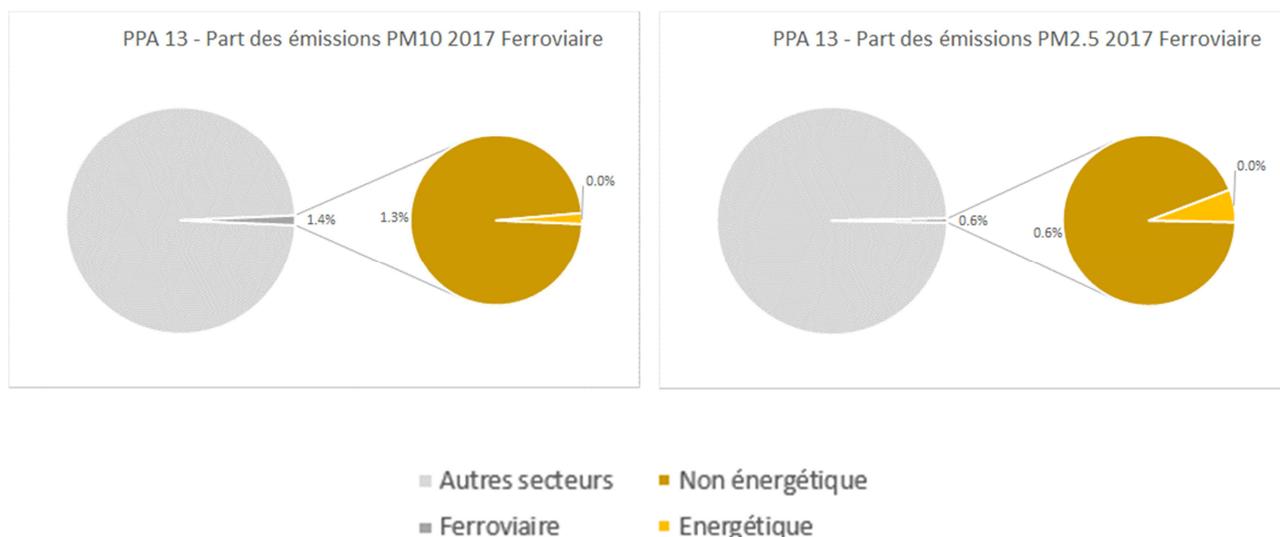


Figure 5 : PPA 13 - Profil des émissions 2017 du ferroviaire

PPA 13	PM ₁₀	PM _{2.5}
Ferroviaire non énergétique 2017 (kg)	101 438	30 939
Evolution des consommations 2017-2025 (TIMES)	+21%	
Tendancier Ferroviaire non énergétique 2025 (kg)	122 253	37 288

Tableau 11 : Evolution des émissions non énergétiques du ferroviaire (PM)

► Industrie – émissions non énergétiques

Pour le secteur industriel, les émissions non énergétiques ne sont pas liées directement à l'usage d'un combustible, mais plutôt au volume d'activité général. Néanmoins en l'absence de données sur l'évolution des activités des activités industrielles à l'horizon 2025, il a été décidé de considérer que l'évolution de l'activité et des émissions non énergétiques suit la tendance d'évolution des consommations globales du secteur. En effet, une extrapolation des émissions non énergétiques sur la base des données 2012-2017 de l'inventaire communal AtmoSud aurait abouti à une réduction sûrement surestimée des émissions à l'horizon 2025 (environ -50%), il apparaît plus réaliste de suivre la tendance légèrement baissière du modèle Times Sud PACA pour ce secteur.

L'évolution 2017-2025 des émissions non énergétiques de l'industrie (dont production d'énergie et déchets) a donc été corrélée à l'évolution de consommation toutes énergies confondues de l'ensemble du grand secteur Industrie-Déchets-Production d'énergie issue du modèle Times Sud PACA (-11% au global).



Figure 6 : PPA 13 - Profil des émissions 2017 de l'industrie (dont production d'énergie et déchets)

PPA 13	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Industrie 2017 (tonnes)	10 239.0	2 743.8	1 545.6	10 792.1	8 829.6	274.6
Evolution des consommations 2017-2025 (TIMES)	-11%					
Industrie 2025 (tonnes)	9 075.6	2 432.1	1 369.9	9 565.9	7 826.4	243.4

Tableau 12 : Evolution des émissions non énergétiques de l'industrie (dont production d'énergie et déchets)

3.3.3 Emissions aériennes d'origine énergétique et non énergétique

Pour l'aérien, les données d'émissions incluent l'énergétique et le non énergétique. Les émissions de polluants du secteur aérien affectées au territoire du PPA 13 intègre uniquement le cycle dit LTO (Landing and Take-off), soit les phases d'atterrissage, de décollage et au sol des appareils. Les émissions de particules liées au roulage ou à l'abrasion des freins sont incluses dans les données liées aux consommations énergétiques, auxquelles elles sont corrélées de toute manière. Cela provient des spécificités de l'inventaire AtmoSud dans lequel les données d'émissions sont agrégées et attribuées à la consommation de kérosène.

PPA 13	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH ₃
Aérien 2017 (tonnes)	362.9	34.3	20.0	30.9	51.5	/
Aérien 2025 fil de l'eau (tonnes)	316.4	29.9	17.5	27.0	44.9	/

Tableau 13 : Evolution des émissions de l'aérien

3.4 Bilan des émissions du scénario tendanciel 2025

Les émissions 2025 de NOx, PM₁₀ et PM_{2,5} par secteur du scénario fil de l'eau sont présentées dans le tableau suivant :

	Emissions PPA 13 2017 - tonnes			Emissions PPA 13 2025 fil de l'eau - tonnes			Evolution 2017 – 2025 fil de l'eau (%)		
	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}
Aérien	363	34	20	316	30	17	-12.8%	-12.8%	-12.8%
Agriculture	1 041	595	440	804	596	450	-22.8%	0.1%	2.3%
Ferroviaire	112	104	33	124	125	40	10.7%	20.3%	19.9%
Industrie	16 200	2 992	1 738	14 847	2 691	1 567	-8.4%	-10.0%	-9.8%
Maritime	12 183	681	645	14 518	812	769	19.2%	19.2%	19.2%
Résidentiel/Tertiaire	1 923	1 482	1 410	1 335	1 367	1 297	-30.6%	-7.8%	-8.0%
Transports routiers	14 257	1 645	1 077	9 302	1 444	853	-34.8%	-12.2%	-20.8%
TOTAL	46 078	7 533	5 363	41 246	7 064	4 992	-10.5%	-6.2%	-6.9%

	Emissions PPA 13 2017 - tonnes			Emissions PPA 13 2025 fil de l'eau - tonnes			Evolution 2017 – 2025 fil de l'eau (%)		
	SOx	COVNM	NH ₃	SOx	COVNM	NH ₃	SOx	COVNM	NH ₃
Aérien	31	52	-	27	45	-	-12.8%	-12.8%	-
Agriculture	24	461	2 036	20	409	1 561	-19.0%	-11.3%	-23.3%
Ferroviaire	0	8	-	0	9	-	10.7%	10.7%	-
Industrie	14 493	10 145	379	12 453	8 992	350	-14.1%	-11.4%	-7.8%
Maritime	312	435	-	372	516	-	19.2%	18.7%	-
Résidentiel/Tertiaire	237	7 345	19	281	7 048	15	18.7%	-4.1%	-19.6%
Transports routiers	30	1 460	123	29	843	89	-2.0%	-42.3%	-28.1%
TOTAL	15 127	19 906	2 557	13 182	17 861	2 014	-12.9%	-10.3%	-21.2%

Tableau 14 : Emissions PPA 13 du scénario 2025 fil de l'eau

3.4.1 Répartition par grand secteur des émissions 2025 fil de l'eau en NOx, PM₁₀ et PM_{2.5} sur le PPA

Dans le scénario 2025 fil de l'eau, les répartitions des émissions obtenues par secteur sur la zone PPA 13 pour les 6 polluants sont les suivants :

Le profil des émissions de NOx sur le territoire du PPA 13 évolue à l'horizon 2025, avec une diminution significative attendu sur le transport routier et une augmentation des émissions du secteur maritime. Le secteur maritime passe ainsi de 26% à 35% des contributions des émissions de NOx en 2025.

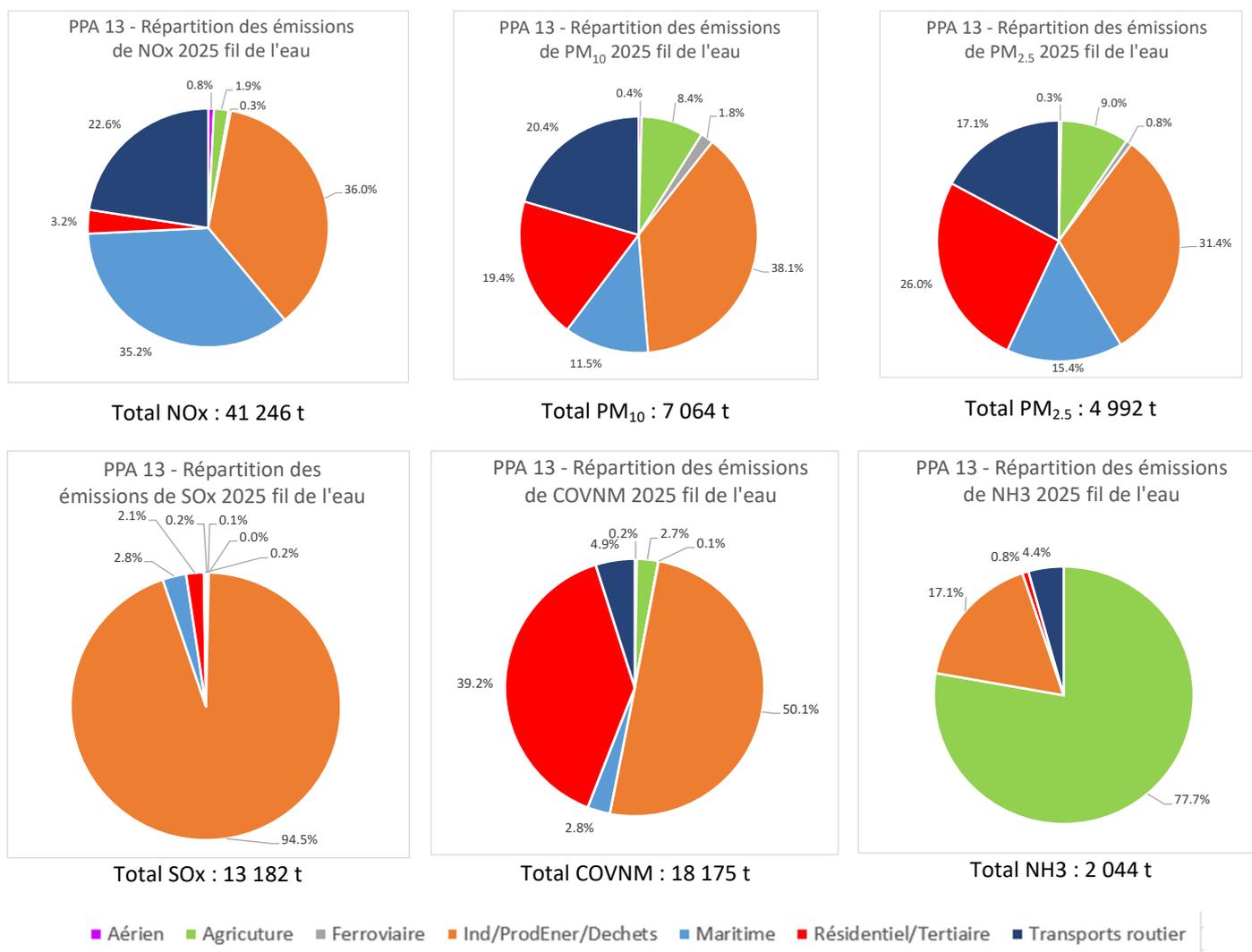


Figure 7 : PPA 13 - Profil des émissions 2025 fil de l'eau par secteur

3.4.2 Tendence des émissions de 2012 à 2025 fil de l'eau sur le PPA 13

Source des données :

- Années 2012 à 2017 : Inventaire communal des émissions de polluants atmosphériques AtmoSud v6.3
- Année 2025 : Estimation du fil de l'eau – Ensemble des hypothèses présentées dans les sections 3.1 et 0

La tendance des émissions de 2012 à 2025, illustre l'abattement réalisé ces dernières années sur les émissions industrielles notamment sur les oxydes de soufre.

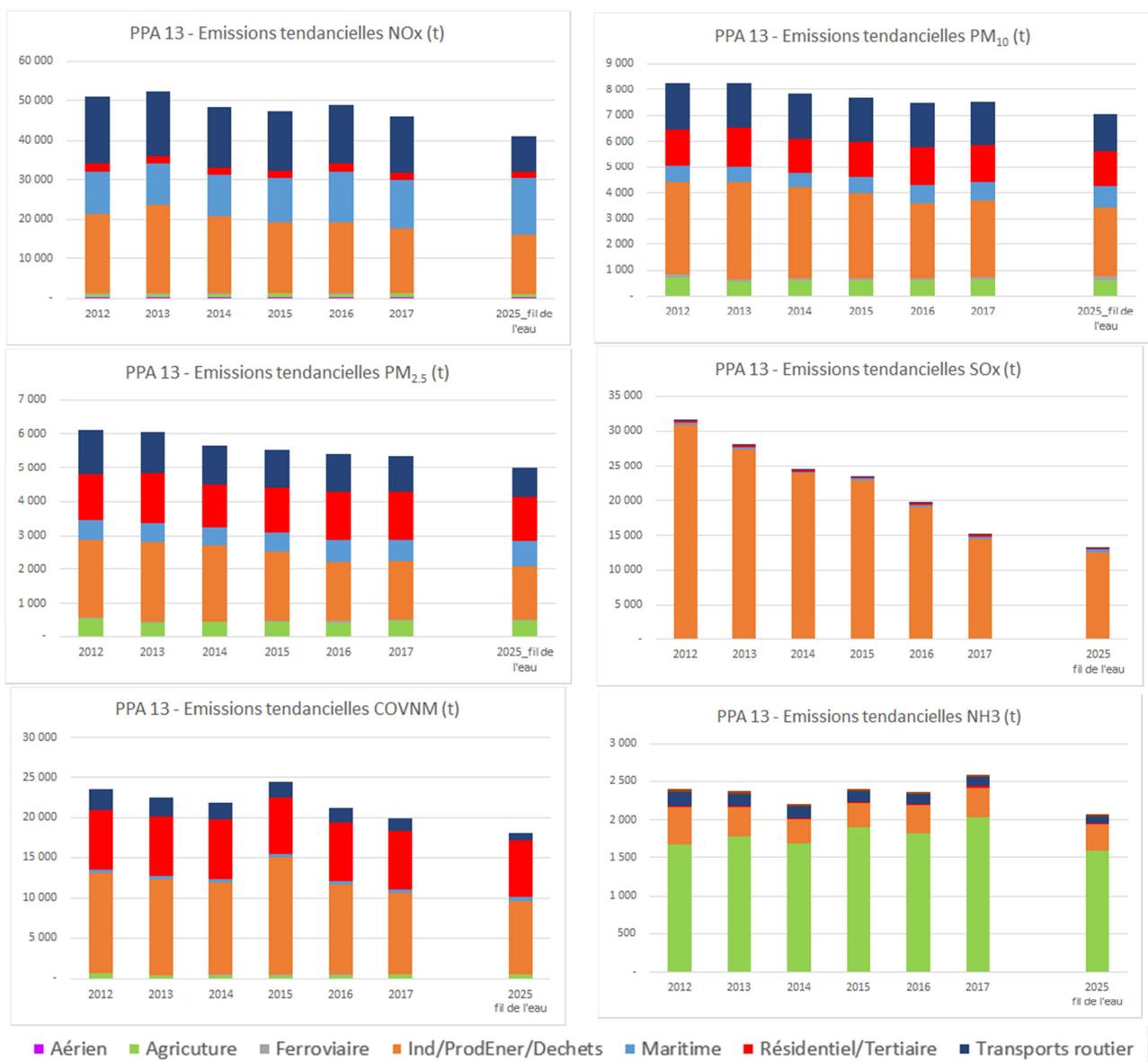


Figure 8 : Tendanciel des émissions des 6 polluants étudiés sur la zone du PPA 13 avec fil de l'eau 2025

4. Evaluation des actions du PPA

4.1 Fiches d'évaluation des actions

Les actions ont été définies lors de l'élaboration du PPA 13, avec l'estimation pour chaque action d'un objectif à atteindre en 2025, selon les hypothèses proposées. Ces objectifs, qui sont définis sous formes d'hypothèse de réduction – en absolue ou en relatif - de données d'activité ou d'émission, ont été transcrits en termes de réduction d'émissions de polluants dans des fiches d'évaluation.

Ainsi, pour chaque action définie dans le PPA 13, une fiche synthétique présente les caractéristiques et hypothèses de cette action. Ainsi les paramètres suivants seront présentés lorsque les actions sont évaluables :

- Description de l'action et des données sources
- Hypothèses de calculs
- Résultats de l'action (gains)
- Commentaires et limites

Les fiches actions sont regroupées par secteur dans les sections suivantes.

4.2 Prise en compte des actions du PCAEM AMP

► Descriptif de l'action et des données

Dans le cadre du PCAEM, des actions impactant les émissions de polluants ont été définies pour l'agriculture, l'industrie et le résidentiel/tertiaire. Par cohérence, les gains évalués pour ces actions PCAEM sont conservés pour l'évaluation du PPA, en considérant que l'année 2024 du PCAEM est similaire à l'horizon 2025 du PPA 13.

Les données utilisées dans le cadre de cette évaluation sont les suivantes :

Source	Données
PCAEM	Données d'émissions 2024 avec plan d'actions sur la zone AMP
AtmoSud	Données d'émission 2017 issues de l'inventaire communal (zone AMP + autres communes du PPA)

Sur le secteur résidentiel/tertiaire, les principales actions portent sur les travaux de rénovation globale ou de bouquets de travaux pour amélioration des performances énergétiques des maisons et des appartements. Un objectif d'évolution du mix énergétique du fioul vers le Gaz, PAC et bois est également pris en compte dans l'évaluation du PCAEM, celui-ci est d'ailleurs complémentaire de l'action du PPA relative au « coup de pouce chauffage » de l'Etat.

Sur le secteur agriculture, une réduction des consommations est obtenue par de bonnes pratiques de chauffage et de ventilation.

Sur le secteur industrie, une réduction des consommations est obtenue par la mise en place d'un système de management de l'énergie et d'action de rénovation et d'investissement dans du matériel et dans des solutions éprouvées.

► Hypothèses de calcul

Agriculture et résidentiel tertiaire

Il est considéré que les données d'émissions 2024 du PCAEM sont identiques aux émissions 2025

Les gains par polluant de l'ensemble des actions PCAEM par secteur sont obtenus à travers l'équation suivante :

$$\text{Gain 2025} = \text{PCAEM avec plan d'action 2024} - \text{PCAEM Fil de l'eau 2024}$$

L'ensemble des hypothèses et actions amenant aux données sectorielles 2024 sont détaillées dans le rapport PCAEM.

- Zone Métropole AMP – donnée PCAEM

Secteur	Polluant	Emissions (tonnes)		
		2025 fil de l'eau (=2024 PCAEM)	2025 plan d'action (=2024 PCAEM)	Gains
Agriculture	NOx	337.2	330.6	-6.7
	PM ₁₀	149.1	148.1	-0.9
	PM _{2.5}	82.9	82.1	-0.8
	SOx	4.6	4.6	-0.01
	COVNM	76.4	75.5	-1.0
	NH ₃	646.0	646.0	/
Résidentiel/Tertiaire	NOx	1 261.4	1 248.0	-13.5
	PM ₁₀	1 250.5	1 249.4	-1.1
	PM _{2.5}	1 184.7	1 183.6	-1.1
	SOx	262.4	244.0	-18.5
	COVNM	6 659.8	6 660.5	0.7
	NH ₃	14.0	14.0	0.01

Industrie

Pour rappel, pour le secteur industriel, le fil de l'eau des émissions n'est pas repris pour le scénario tendanciel du PPA, du fait des écarts avec les derniers inventaires disponibles et des fortes incertitudes du scénario fil de l'eau du PCAEM.

Néanmoins, on réutilise directement le gain calculé pour l'ensemble des actions industrie du PCAEM sur la zone AMP, à partir des fichiers de calculs du PCAEM dont dispose AtmoSud.

PCAEM AMP	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Gain Industrie (tonnes)	-103.0	-8.6	-8.2	-2.9	-7.8	-0.3

► Résultats de l'évaluation

- Gains du PCAEM

Au total, les gains estimés pour les actions PCAEM AMP sont récapitulés dans le tableau suivant :

Gains (t)	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Action PCAEM – Agriculture	-6.694	-0.943	-0.797	-0.014	-0.961	/
Action PCAEM – Industrie	-103.002	-8.551	-8.185	-2.900	-7.756	-0.257
Action PCAEM – Résidentiel/Tertiaire	-13.482	-1.110	-1.119	-18.462	+0.675	+0.012

Tableau 15 : Gains d'émission liés aux actions du PCAEM

Ces gains sont considérés uniquement sur la zone AMP et ne sont pas étendus aux autres communes du PPA.

4.3 Aérien

Plusieurs actions sont présentes dans le PPA 13 sur le secteur aérien :

- Amélioration de la performance énergétique de la centrale de production chaud/froid de l'aéroport, prévue en 2022.
- Remplacement des groupes électrogènes de secours des balises lumineuses en 2018.
- Actions prévues sur la limitation du temps d'utilisation des APU,
- Optimisation des phases de roulage

Par manque de données quantifiées ces actions n'ont cependant pas pu être valorisées dans l'évaluation des impacts du PPA 13.

Il est à noter qu'une action à l'interface du secteur aéroportuaire et des transports routiers, à savoir l'amélioration de la desserte en transports en commun de l'aéroport, constitue un enjeu important pour la réduction des émissions liées à l'activité aéroportuaire. Son évaluation est intégrée à l'évaluation globale des impacts du PDU métropolitain, présentée plus tard dans le rapport.

4.4 Agriculture et biomasse

4.4.1 Action 38 : Développer la gestion autonome des déchets verts des habitants (programme prévention des déchets verts)

► Descriptif de l'action et des données

Les données utilisées dans le cadre de cette évaluation sont les suivantes :

Source	Données
Validée en concertation avec Métropole AMP	Réduction de 600 tonnes de déchets verts brûlés par an à l'horizon 2025, grâce aux actions de broyage et compostage à domicile permettant d'éviter la pratique du brûlage (quantité estimée sur la base de l'objectif plus global du plan de prévention de la métropole qui ambitionne une réduction des quantités de déchets verts collectées de 3 000 t/an à partir de 2025)

► Hypothèses de calcul

	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	COVNM
FE moyen	850 g/t déchets	8 075 g/t déchets	7 905 g/t déchets	9 680 g/t déchets

► Résultats de l'évaluation

Gain en émission de NOx : 600 tonnes * 850 g/t = 510 000 g, soit 510 kg de NOx

Gain en émission de PM₁₀ : 600 tonnes * 8 075 g/t = 4 845 000 g, soit 4 845 kg de PM₁₀

Gain en émission de PM_{2,5} : 600 tonnes * 7 905 g/t = 4 743 000 g, soit 4 743 kg de PM_{2,5}

Gain en émission de COVNM : 600 tonnes * 9 680 g/t = 5 808 000 g, soit 5 808 kg de COVNM

Gains (t)	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH ₃
Action 38	-0.510	-4.845	-4.743	/	-5.808	/

Tableau 16 : Gains d'émission liés à l'action 39

► Commentaire et limites

Cette action est évaluée dans la limite de l'estimation de la réduction des 600 tonnes brûlées (estimation source DREAL / AMP). Cette action est affectée au secteur résidentiel tertiaire où sont comptabilisées ces émissions dans l'inventaire AtmoSud.

4.4.2 Action 39 : Accompagner le développement d'un pôle de valorisation locale de la paille de riz

► Descriptif de l'action et des données

Les données utilisées dans le cadre de cette évaluation sont les suivantes :

Source	Données
Pays d'Arles	50 000 t de gisement total de paille de riz (estimation de la profession – 2019), et environ 25 000 t/an de paille de riz exportable des champs de manière durable sur le plan technique et agronomique Activité de valorisation qui à terme a pour objectif de valoriser 12 000 t de paille de riz en panneaux isolants et donc éviter le brûlage en champ.
AtmoSud	Quantités de matières sèches de paille de riz brûlées en 2017 (estimation de 62 756 tonnes). Données d'émissions 2017 issues des évaluations de l'inventaire

► Hypothèses de calcul

Source inventaire AtmoSud : 62 756 t brûlées en 2017. Le brûlage des pailles de riz représente 66% des émissions de particules fines PM10 du secteur agriculture sur la zone du PPA 13. La seconde source avec 16% est le labour.

Hypothèse de réduction des quantités brûlées de 12 000 t, soit une réduction de 19% du total brûlé à l'horizon 2025.

Application de cette réduction aux données d'émissions 2017

► Résultats de l'évaluation

Gain en émission de NOx : $150\,614\text{ kg} * 0.19 = 28\,800\text{ kg}$, soit 28.8 t de NOx

Gain en émission de PM₁₀ : $363\,984\text{ kg} * 0.19 = 69\,600\text{ kg}$, soit 69.6 t de PM₁₀

Gain en émission de PM_{2.5} : $345\,157 * 0.19 = 66\,000\text{ kg}$, soit 66 t de PM_{2.5}

Gain en émission de SOx : $18\,827\text{ kg} * 0.19 = 3\,600\text{ kg}$, soit 3.6 t de SOx

Gain en émission de COVNM : $395\,363\text{ kg} * 0.19 = 75\,600\text{ kg}$, soit 75.6 t de COVNM

Gain en émission de NH₃ : $150\,614\text{ kg} * 0.19 = 28\,800\text{ kg}$, soit 28.8 t de NH₃

Gains (t)	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Action 39	-28.800	-69.600	-66.000	-3.600	-75.600	-28.800

Tableau 17 : Gains d'émission liés à l'action 40

► Commentaire et limites

Pas de commentaire particulier

4.5 Ferroviaire

4.5.1 Action 20 : Renouveler les flottes des opérateurs de transports publics – Ferroviaire

► Descriptif de l'action et des données

L'objectif est de quantifier la réduction des émissions liées à l'électrification de la ligne ferroviaire Marseille-Gardanne-Aix attendue à l'horizon 2023.

Pour le ferroviaire, actuellement, 2 lignes ne sont pas électrifiées sur l'aire MAMP : Aix Marseille et la Côte bleue. Elles sont circulées par du matériel bi-mode électrique/diesel qui est partiellement en électrique. La stratégie est donc d'adopter un mode d'électrification frugale en transformant le matériel roulant avec des batteries en remplacement de la traction diesel et en électrifiant certaines portions si nécessaire pour assurer un complément de charge aux batteries.

► Méthodes de calcul

Un premier travail mené par AtmoSud avec la SNCF avait permis d'actualiser l'inventaire des émissions de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sur ce secteur. (voir [191217_sncf_rapport-emissions-lignesncf-aixmarseille-vf.pdf](#))

Au printemps 2020, cette évaluation a pu être actualisée en utilisant les facteurs d'émissions spécifiques des véhicules de la SNCF, en lieu et place des facteurs OMINEA 2018 utilisés précédemment par défaut.

Les résultats ci-dessous sont issus de l'évaluation d'AtmoSud réalisé à l'été 2020, du scénario 2022 avec batteries. Ces résultats sont exploitables pour 2025 et prennent en compte la suppression des émissions liées à l'échappement des trains, hors usure caténaire et matériel roulant. Ils n'intègrent pas le report modal des voitures vers le rail, dans le cadre d'une augmentation de l'utilisation du train en termes de moyen de transport.

► Résultats de l'évaluation

Tableau 18 : Gains d'émission liés à l'action 20 ferroviaire pour le PPA 13

Action 20 - ferroviaire	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	-18.431	-0.169	-0.009	-	-	-

Les émissions de SO_x, COVNM et NH₃ n'ont pas été spécifiquement étudiées et n'ont pas pu être évaluées a posteriori.

► Commentaire et limites

Ces chiffres évaluent le gain des émissions du secteur ferroviaire mais n'intègrent pas le report modal des voitures vers le rail, dans le cadre d'une augmentation de l'utilisation du train en termes de moyen de transport.

4.6 Industrie

4.6.1 Actions 28, 29 et 31 : Contrôler la mise en œuvre des actions de réduction des COV pour 14 sites industriels du pourtour de l'étang de Berre / Mettre en œuvre le projet ODAS / Mettre en œuvre les meilleures techniques disponibles dans les établissements IED

► Descriptif de l'action et des données

Les données utilisées dans le cadre de cette évaluation sont les suivantes :

Source	Données
DREAL	Réduction des émissions de PM à la cheminée du refroidisseur --> application d'un gain de -114 t/an
DREAL	Réduction de 30% des NOx et 50% sur la raffinerie d'Esso (par rapport au tendancier 2025)
ADEME	Réduction de 100,4 t/an des émissions de COVNM pour Arkema Saint Menet
AtmoSud	Données d'émissions 2017 de NOx et SOx de la raffinerie Esso, issues de l'inventaire AtmoSud
Atmosud/Times Sud PACA	Evolution des émissions 2017-2025 par énergie pour les secteurs de la production d'énergie, déterminée à partir des données du modèle énergétique Times Sud PACA

► Hypothèses de calcul

PM₁₀ et PM_{2,5} : réduction d'émission de 114 t/an fourni par l'exploitant

NOx et SOx :

- Estimation des émissions NOx et SOx 2025 tendancielle pour la raffinerie Esso : utilisation des données inventaires 2017 auxquelles on applique le ratio d'évolution par énergie déterminé pour l'ensemble du secteur de la production d'énergie sur la zone PPA 13 (issu de l'exploitation des données du Modèles Times Sud PACA notamment).
- Application d'une réduction aux données tendancielle 2025 estimées pour la raffinerie Esso :
 - NOx : -30%
 - SOx : -50%

COVNM : Réduction d'émission de 100 406kg sur le site d'Arkema Saint Menet (données ADEME PACA, Commission Régionale des Aides) par rapport à l'année de référence 2016. Il est considéré que le gain est applicable aux données 2017.

► Résultats de l'évaluation

Gain en émission de NOx sur Esso : Emission 2017 * ratio_evol_2025_tendancier par énergie du site * 30%.

Emission 2017 : 732 539 kg ; Emission 2025 après ratio : 628 995 kg

Gain = 628 995 * 0.30 = 188 699 kg soit 188.699 tonnes

Gain en émission de SOx sur Esso : Emission 2017 * ratio_evol_2025_tendancier par énergie du site * 30%.

Emission 2017 : 1 980 847 kg ; Emission 2025 après ratio : 1 755 771 kg

Gain = 1 755 771 * 0.50 = 877 885 kg soit 877.885 tonnes

Gain en émission de PM₁₀ et PM_{2,5} sur ArcelorMittal : 114 tonnes

Gain en émission de COVNM sur Arkema Saint Menet : 106.406 tonnes

Etablissement	Action	Gain (t/an)					
		NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH3
Raffinerie Esso	Réduction des émissions en lien avec le nouvel arrêté préfectoral : -30% de NOx -50% de SOx	-188.699	/	/	-877.885	/	/
ArcelorMittal	Réduction de 114 tonnes des émissions de PM à la cheminée du refroidisseur	/	-114.000	-114.000	/	/	/
Arkema Saint Menet	Réduction de 100.4 t des émissions de COVNM, notamment en lien avec le nouvel arrêté préfectoral	/	/	/	/	-100.406	/

Gains (t)	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH3
Action 32	-188.699	-114.000	-114.000	-877.885	-106.406	/

Tableau 19 : Gains d'émission liés à l'action 32

► **Commentaire et limites**

Il est à noter que 14 arrêtés préfectoraux complémentaires ont été pris pour les principaux sites émetteurs de COV du pourtour de l'Etang de Berre. Les mesures de réductions des émissions de COV à mettre en œuvre par les industriels n'ont pas été évaluées mais elles pourront certainement induire un gain sur les émissions de COV.

4.7 Maritime

4.7.1 Action 1 : Déployer les connexions électriques des navires à quai

► Descriptif de l'action et des données

L'évaluation s'appuie le nombre d'escales en 2019 sur le port de Marseille par type de navire (ferries corse, internationaux, paquebot et réparation) et les prospectives de raccordement électrique fournies par le port de Marseille à l'horizon 2025.

Les propriétés des navires et des escales sont considérées constantes entre 2019 et 2025.

► Méthodes de calcul

	2019 nombre d'escales totales	2025 nombre d'escales électrifiés ou au GNL
Données sur le nombre d'escales fourni et du nombre de navires connectés en 2025	1100 ferries Corse 450 ferries internationaux 500 paquebots croisières 200 réparations*	800 ferries Corse connectés** 200 ferries internationaux connectés 200 paquebots croisières connectés 200 réparations* 200 hivernages* au GNL

* les réparations et hivernages GNL n'étaient pas disponibles dans l'inventaire et ne peuvent donc être comptabilisés dans les gains pour ce calcul.

** La totalité des escales ferries à destination de la corse sera électrifiée, toutefois le nombre d'escale devrait passer de 1100 en 2019 à 800 en 2025.

Les émissions moyennes respectives des paquebots et des ferries sont considérées pour définir l'abattement unitaire de chaque escale électrifiée.

► Résultats de l'évaluation

Tableau 20 : Gains d'émission liés à l'action 1 maritime raccordement des quais pour le PPA 13

Action 1	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COV	NH ₃
Gains (t)	-457.704	-25.591	-24.244	-11.661	-16.326	/

► Commentaire et limites

Les escales en hivernage et en réparation ne sont pas considérées dans l'inventaire des émissions par manque de connaissance de leurs besoins énergétiques. L'action permettra un gain supplémentaire sur ces activités, qui n'a pu être évalué dans le cadre de ce projet.

4.7.2 Action 2 : Étendre la mise en œuvre de la « Charte bleue » auprès de tous les armements de croisière

► Descriptif de l'action et des données

L'action vise à considérer que les paquebots manœuvreront avec un carburant dont la teneur en soufre sera de 0.1% à la place d'un carburant dont la teneur serait de 0.5%.

Dans cette évaluation, les impacts de la réduction de vitesse d'approche (également prévue par la charte bleue) ne sont pas estimés.

► Méthodes de calcul

L'évaluation s'appuie sur l'hypothèse que la proportion des émissions de la phase croisière des paquebots sur l'ensemble des émissions du maritime du territoire est conservée dans la prospective 2025.

La seconde hypothèse est que tous les paquebots fonctionnent avec un carburant dont la teneur en soufre est de 0.5% en 2017 durant leur phase de manœuvre et que celui-ci est remplacé par un carburant dont la teneur en soufre est de 0.1%.

Le carburant dont la teneur en soufre est de 0.5% est associé à du fioul lourd (code NAPFUE 203 dans la base de données de l'OMINEA) et le carburant dont la teneur en soufre est de 0.1% est associé à du diesel marin (code NAPFUE 205 dans la base de données de l'OMINEA).

► Résultats de l'évaluation

Tableau 21 : Gains d'émission liés à l'action 2 maritime sur la « Charte bleue » pour le PPA 13

Action 2	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	-79.715	-6.892	-6.529	-0.090	+15.788	/

► Commentaire et limites

Les facteurs d'émissions de COVNM (source OMINIA) sont plus importants pour le diesel marin que pour le fioul lourd, expliquant l'augmentation des émissions pour ces polluants. Les COVNM sont des précurseurs de la pollution photochimique. Les travaux en cours sur le projet SCIPPER, en collaboration avec des laboratoires de recherche européens, devraient permettre d'améliorer les connaissances sur ce sujet.

4.7.3 Action 3 : Mettre en place les conditions favorables pour l’avitaillement GNL des navires

► Descriptif de l’action et des données

L’évaluation s’appuie sur le nombre d’escale de paquebot de croisières qui comptent passer au GNL à l’horizon 2025.

200 paquebots croisière, + 50 escales GNL hivernage.

► Méthodes de calcul

	2019	2025
Données sur le nombre d’escales 2019 de paquebots et de paquebots au GNV en 2025	500 paquebots croisières	200 paquebots croisières au GNL

La part de chaque navire passant au GNL permet d’abattre les émissions sur les différentes phases de manœuvre et à quai en fonction de la répartition de ces 2 technologies.

► Résultats de l’évaluation

Tableau 22 : Gains d’émission liés à l’action 3 maritime pour avitaillement GNL

Action 3	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x	COV	NH ₃
Gains (t)	-128.411	-7.977	-7.557	-3.635	-1.628	/

► Commentaire et limites

Les escales en hivernage ne sont pas considérées dans l’inventaire des émissions par manque de connaissance de leurs besoins énergétiques. L’action permettra un gain supplémentaire sur cette activité, qui n’a pu être évaluée dans le cadre de ce projet.

4.8 Résidentiel/Tertiaire

4.8.1 Action 46 : Accélérer la mise en œuvre du Fond Air Bois.

► Descriptif de l'action et des données

La zone du PPA 13 compte aujourd'hui 46 960 appareils de chauffage au bois qui sont des foyers ouverts dont 12 410 sont des cheminées et 34 550 des équipements de plus de 14 ans.

17 374 logements déclarent se chauffer exclusivement (6 574) ou principalement (10 800) au bois.

L'objectif de cette action est d'évaluer le remplacement de 4 170 appareils de chauffage au bois sur la zone du PPA 13.

► Méthodes de calcul

- Appareils remplacés

Les 4 170 appareils à remplacer sur la zone PPA 13 sont répartis par type d'appareil au prorata du nombre d'appareils totaux issus de l'inventaire AtmoSud 2017, parmi les équipements à foyer ouvert ou anciens.

Type d'appareil	Part des équipements à foyer ouvert et/ou anciens	Nombre d'appareils remplacés	Emissions associées (t)					
			NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH3
Chaudière Bois bûche - Après 1996 non performant	0,4%	17	0.02	0.02	0.02	0.00	0.08	0.00
Chaudière Bois bûche - Avant 1996	0,4%	15	0.02	0.07	0.07	0.00	0.29	0.00
Cheminée / Foyer ouvert Bois bûche - Non performant	14%	577	0.58	8.32	8.14	0.11	21.76	0.07
Insert / Foyer fermé Bois bûche - Après 1996 non performant	57%	2 374	3.25	14.85	14.54	0.62	18.98	0.41
Insert / Foyer fermé Bois bûche - Avant 1996	8%	344	0.94	11.59	11.35	0.18	22.00	0.12
Poêle Bois bûche - Après 1996 non performant	11%	445	0.52	2.35	2.30	0.10	3.00	0.06
Poêle Bois bûche - Avant 1996	10%	399	0.62	7.57	7.41	0.12	14.37	0.08

Au global, les 4 170 appareils remplacés sont responsables de l'émission de **5,94 t de NOx, 44, 78 t de PM₁₀ et 43, 84 t de PM_{2,5}**, pour une consommation de 2 365 tep, soit une moyenne de 23,7 GJ par logement.

- Nouveaux équipements

En l'absence de détails sur les appareils installés et leur répartition, il a été supposé que les types d'appareils relevant du label Flamme verte 7 étoiles sont les mêmes que ceux relevant du label Flamme verte 5 étoiles. Une répartition homogène et équiprobable parmi les différentes catégories (hors biomasse agricole) a été choisie.

Les facteurs d'émission pour les particules des équipements FV 7* ont été déterminés à partir des facteurs d'émission par appareil 5* (inventaire AtmoSud) pondérés par le ratio de différence de concentration en sortie d'appareil entre les FV 5 étoiles et 7 étoiles (source : Charte de qualité « Flamme Verte » appareils de chauffage indépendants au bois - ADEME-SER, 2017) :

Appareil	FV 5	FV 7*	ratio 7*/5*
buche - PM (mg/Nm ³)	90	40	44.4%
granulés - PM (mg/Nm ³)	90	30	33.3%
Moyenne	90	35	38.9%

Les ratios buches ou granulés sont appliqués aux appareils répondant à ces critères, pour les autres c'est le ratio moyen qui est appliqué.

En l'absence de données spécifiques les facteurs d'émissions Nox, COVNM, NH₃ et SOx des équipements Flamme Verte (FV 7 étoiles, il est supposé que ceux-ci seront identiques aux facteurs d'émission des équipements Flamme verte 5 étoiles.

Ainsi, les émissions obtenues par type d'appareil Flamme verte 7 étoiles installés sont les suivantes :

Type d'appareil Flamme Verte (FV) 7 étoiles	Nb appareils	Emissions (t)					
		NOx ⁵	PM ₁₀ ⁶	PM _{2,5} ⁷	SOx ⁸	COVNM ⁹	NH3
Chaudière Bois bûche	379	0.81	0.13	0.13	0.09	0.45	0.07
Chaudière Granulés	379	0.81	0.06	0.06	0.09	0.18	0.07
Chaudière Plaquettes	379	0.81	0.08	0.08	0.09	0.18	0.07
Cuisinière Bois bûche	379	0.54	0.37	0.36	0.09	2.25	0.07
Cuisinière Granulés	379	0.54	0.16	0.16	0.09	0.18	0.07
Cuisinière Plaquettes	379	0.54	0.31	0.30	0.09	0.18	0.07
Insert / Foyer fermé Bois bûche	379	0.54	0.37	0.36	0.09	2.25	0.07

⁵ Faute de données, les FE des appareil 5 étoiles sont utilisées dans cette évaluation pour les NOx, SOx, COVNM et NH3. Il est noté que le facteur des émissions des chaudières Flamme verte 5 étoiles est plus élevé pour les oxydes d'azotes comparé aux anciens équipements.

⁶ Pour les PM₁₀ et PM_{2,5}, le FE des 5 étoiles est utilisé auquel est appliqué un ratio d'abattement entre les 2 technologies.

Insert / Foyer fermé Granulés	379	0.54	0.16	0.16	0.09	0.18	0.07
Poêle Bois bûche	379	0.54	0.37	0.36	0.09	0.18	0.07
Poêle Granulés	379	0.54	0.16	0.16	0.09	0.18	0.07
Poêle Plaquettes	379	0.54	0.31	0.30	0.09	0.18	0.07
Total	4 170	6.75	2.50	2.45	0.99	6.39	0.74

► Résultats de l'évaluation

Le remplacement de 4 170 appareils de chauffage au bois par des appareils Flamme verte 7 étoiles permet une réduction considérable des émissions de particules et des COV. Une légère augmentation des émissions de NOx est à prendre en compte, selon les données disponibles.

Tableau 23 : Gains d'émission liés à l'action 51 du PPA 13

Action 51	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	+ 0.808	-42.273	-41.388	-0.151	-74.097	0.000

► Commentaire et limites

Compte-tenu des nombreuses hypothèses concernant le parc remplacé et le parc installé, ainsi que le manque de données consolidées sur les facteurs d'émissions des nouvelles technologies, l'évaluation de cette action comporte de grandes incertitudes. Elle permet d'obtenir un ordre de grandeur de l'impact potentiel engendré par le renouvellement partiel du parc d'appareils, mais ne peut pas faire l'objet de communication spécifique et chiffrée.

4.8.2 Action 44 : Déployer la plate-forme métropolitaine de rénovation énergétique, notamment sur les enjeux "chauffage"

► Descriptif de l'action et des données

Cette action fait l'objet d'aides financières pour installer de nouveaux équipements en remplacement d'équipements au fioul ou au gaz. Les données d'entrée portent sur le nombre de travaux engagés sur 2019 par département, d'après des données fournies par l'Etat. Il est considéré que les données disponibles concernent le PPA 13.

Les renouvellements engagés sur 2019 pour le département 13 sont les suivants :

	Nombre de travaux en remplacement du fioul	Nombre de travaux en remplacement du gaz
Chaudière biomasse	35	5
Pompe à chaleur air/eau ou eau/eau	1273	392
Système solaire combiné	1	1
Pompe à chaleur hybride	13	3
Chaudière gaz THPE	52	1094

Les remplacements d'équipements au charbon ne sont pas pris en compte puisque ce type d'appareil ne figure pas dans l'inventaire des émissions AtmoSud pour les particuliers.

Néanmoins, afin de ne pas faire doublon avec les actions PCAEM qui contiennent des objectifs de renouvellement d'équipements au fioul par des équipements biomasse/gaz/PAC, on ne prendra pas la totalité des équipements pour l'évaluation de cette action sur le PPA 13 :

- Les objectifs PCAEM étant supérieurs pour les remplacements fioul par le gaz ou la biomasse (202 remplacements par an), il est supposé que l'ensemble des équipement remplacés par année pour cette mesure sont déjà pris en compte dans les gains de l'action PCAEM
- Les objectifs PCAEM sont inférieurs au nombre de renouvellements fioul vers PAC « Coup de Pouce » prévus sur une année. Ainsi les remplacements d'équipements fioul vers PAC seront pris en compte pour cette mesure, en retranchant toutefois le nombre d'appareil déjà intégrés dans les objectifs PCAEM ; soit 202 par an (1210 sur 2020-2025).

Les renouvellements pris en compte pour l'évaluation de cette action sur le PPA 13 -hors remplacements intégrés dans les objectifs PCAEM- sont les suivants :

	Nombre de travaux en remplacement du fioul	Nombre de travaux en remplacement du gaz
Chaudière biomasse	0	5
Pompe à chaleur air/eau ou eau/eau	1071	392
Système solaire combiné	1	1
Pompe à chaleur hybride	13	3
Chaudière gaz THPE	0	1094

► Méthodes de calcul

Equipements remplacés

Les émissions des appareils au fioul et au gaz remplacés sont déterminées à partir d'un facteur d'émission unitaire moyen de la région PACA recalculé à partir de l'inventaire AtmoSud sur l'année 2017.

Nouveaux équipements installés

Pour les pompes à chaleur et les systèmes solaires, il est considéré que les facteurs d'émission de polluants sont nuls.

Concernant les chaudières biomasse installées, il est considéré qu'elles correspondent à des équipements labellisés Flamme Verte 7 étoiles. Les facteurs d'émissions utilisés proviennent de la moyenne entre les données bûche/granulés/plaquette calculés pour ces appareils (cf action 46 du PPA 13).

Donnée action 46 PPA 13	Facteur d'émission – kg/logement					
Flamme Verte 7 étoiles Bois (buche/granulé/plaquette)	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH3
Moyenne	2.14	0.25	0.24	0.24	0.71	0.18

Les facteurs d'émission NOx pour les chaudières gaz THPE correspondent au facteur unitaire issu de l'inventaire 2017 pondéré par le gain de performance des nouveaux brûleurs. Ce gain est de 45% (19/42) et provient d'un calcul réalisé à partir de données présentées dans le Rapport OMINEA 2020 du CITEPA :

Une évolution temporelle des émissions de NO_x des chaudières domestiques fonctionnant au gaz naturel a été implémentée pour prendre en compte l'amélioration de la performance des brûleurs sur la période [1005].

	Période	FE NO _x (g/GJ)	Source
Chaudières domestiques au gaz naturel	1970 - 1989	70	[580]
	1990 - 2004	42	[459]
	2004 - 2018	19	[1006]

En revanche, les facteurs d'émission des particules sont constants dans le rapport OMINEA, ainsi on considère que le facteur d'émission unitaire des nouveaux équipements est le même que dans l'inventaire AtmoSud pour les chaudières au gaz. De même pour les autres polluants, on considère le FE moyen de l'inventaire.

Hypothèse sur le remplacement anticipé

Il est considéré que la mesure perdure jusqu'en 2023 et que l'aide financière permet un remplacement anticipé de 5 ans : autrement dit, sans cette mesure les équipements auraient été remplacés 5 ans plus tard.

Ainsi, à l'horizon 2025, les équipements installés en 2019 et 2020 auraient donc été remplacés même sans cette mesure, et donc le gain calculé sur ces années ne doit pas être comptabilisé.

Pour étudier le gain à l'horizon 2025, il faut donc prendre en compte les gains par année de 2021 à 2023, c'est-à-dire 2021, 2022 et 2023, soit 3 ans.

► Résultats de l'évaluation

D'après les données sur 2019, le gain du renouvellement des appareils sur une année donne les gains suivants :

Emissions en kg	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH3
Total des appareils remplacés sur 1 an	3 726	81	81	2 276	129	/
Total des appareils installés sur 1 an	155	8	8	5	17	1
Gain annuel	-3 571	-73	-73	-2 271	-112	+1

Du fait de l'hypothèse de remplacement anticipé de 5 ans et de l'arrêt de la mesure en 2023, le gain total à prendre en compte est donc de 3 fois le gain annuel, soit au final :

Emissions en kg	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH3
Gain annuel	-3 571	-73	-73	-2 271	-112	+1
Nombre d'années de gain	3					
Gain total	-10 713	-218	-219	-6813	-336	+3

Tableau 24 : Gains d'émission liés à l'action 44 pour le PPA 13

Action 44	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SOx	COVNM	NH3
Gains (t)	-10.713	-0.218	-0.219	-6.813	-0.336	+0.003

► Commentaire et limites

Ces résultats donnent un ordre de grandeur, néanmoins les données présentent quelques incertitudes notamment sur le nombre d'années du remplacement anticipé, les caractéristiques et facteurs d'émissions des nouveaux appareils.

4.9 Transport routier

Dans le cadre des évaluations des actions routières des actions 11, 19, 20 et 22, des facteurs d'émissions (FE) simplifiés sont utilisés.

Ces facteurs d'émissions simplifiés sont calculés selon le mode suivant à partir des résultats de l'inventaire des émissions 2017 ou du recalcul 2025 fil de l'eau.

$$FE \text{ simplifié}_{type\ véhicule,polluant,année,zone} = \frac{Emissions\ totales_{type\ véhicule,polluant,année,zone}}{Distances\ totales\ parcourues_{type\ véhicule,année,zone}}$$

Avec :

Emissions totales d'un polluant donné sur un territoire : en tonnes/an.

Distances totales parcourues sur ce même territoire : en millions de véhicules kilomètres.

FE simplifié : Facteur d'émission simplifiée : obtenu en g/km

L'utilisation de ces FE simplifiés a plusieurs avantages. Elle permet de ne pas relancer un calcul spécifique à chaque action en intégrant les 250 types de véhicules différents du parc roulant. Elle intègre les spécificités du territoire (type de réseau, vitesse de circulation, spécificité du parc roulant). Cette approche permet une meilleure évaluation du gain en limitant les hypothèses de calcul sur les paramètres de vitesse de circulation, de type de réseau, ...

Ainsi les FE simplifiés sont représentatifs d'une émission moyenne d'un type de véhicules sur la zone, pour un polluant et pour une année considérée. Dans certaines actions les FE simplifiés ajoutent le paramètre d'énergie pour pouvoir estimer les gains de renouvellement de flotte notamment.

4.9.1 Action 11. Définir les opportunités d'abaissement des vitesses sur autoroutes

► Descriptif de l'action et des données

Abaissement de la vitesse réglementaire, en lien avec la qualité de l'air, sur les sections urbaines du réseau autoroutier structurant.

Des sections du réseau autoroutier structurant d'agglomération ont d'ores-et-déjà fait l'objet d'un abaissement des vitesses réglementaires à 90 km/h en lieu et place des vitesses 110 et 130 km/h : ensemble des entrées autoroutières de Marseille : A7 entre Marseille et Septèmes-les-Vallons, A51 entre Septèmes-les-Vallons et Aix-en-Provence, A50 entre Marseille et Aubagne, et A55 entre Marseille et le tunnel des Treize Vents en 2012, traversée urbaine d'Aix-en-Provence sur l'A8 en 2019). Il demeure néanmoins des sections à enjeux qui n'ont pas encore été traitées, les secteurs suivants seront notamment étudiés : l'A7, secteur Vitrolles, Rognac, Marignane ; l'A7 et l'A54, sur les sections comprises au sud et à l'est de Salon-de-Provence.

► Méthodes de calcul

Hypothèses retenues d'abaissement des vitesses réglementaires :

- Des véhicules légers (VP, VUL 2 roues) à 90 km/h. utilisation des profils de vitesse par défaut correspondant à ce type d'axe pour une vitesse limite de 90 km/h.
- Les poids lourds sont maintenus à 90 km/h,

► Résultats de l'évaluation

		Polluants	A54 Salon de Provence	A7 Vitrolles	A8 Aix en 2018-2019
Longueur en km cumulé sur les 2 sens			17.1	24.4	26.1
Trafic en millions de veh.km/an			127.3	328.1	418.6
Emissions à 110 km/h (en t/an)	NOx		67.5	140.9	214.3
	PM ₁₀		10.3	22.5	30.3
	PM _{2.5}		6.1	13.3	18.1
	SOx		0.23	0.47	0.75
	COVNM		1.47	3.11	4.62
	NH ₃		0.68	1.62	2.22
Emissions à 90 km/h (en t/an)	NOx		50.2	126.6	165.3
	PM ₁₀		10.5	22.8	30.9
	PM _{2.5}		6.1	13.4	18.1
	SOx		0.21	0.46	0.70
	COVNM		1.28	2.98	4.11
	NH ₃		0.53	1.41	1.78
Gain induit par la variation de vitesse en 2025 (en t/an)	NOx		-17.31	-14.25	-48.94
	PM ₁₀		0.24	0.29	0.64
	PM _{2.5}		-0.02	0.04	-0.04
	SOx		-0.02	-0.01	-0.04
	COVNM		-0.20	-0.13	-0.51
	NH ₃		-0.14	-0.21	-0.44

Une évaluation de l'effet d'une telle mesure a été effectuée sur un tronçon de la D6, sa mise en œuvre aboutirait à une réduction d'émission en NOx de -8.6 t/an en 2025.

Tableau 25 : Gains d'émission liés à l'action 11 en 2025 par rapport au fil de l'eau 2025

Action 11	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Variation des émissions en (t)	-91.906	+1.705	+0.111	-0.074	-0.818	-1.147

► Commentaire et limites

Ce calcul constitue une première évaluation mais plusieurs données complémentaires sont nécessaires pour affiner correctement l'impact de cette mesure sur les différentes portions d'axes :

- Disposer d'un part de poids lourds consolidée
- Utilisation de profils horaires de trafic spécifiques à chaque axe avec réalisation d'une évaluation de l'impact de la mesure sur la congestion et les profils de vitesses moyennes.

4.9.2 Action 19 : Aider à la conversion des flottes grand public / professionnelles

► Descriptif de l'action et des données

Cette action fait l'objet de plusieurs dispositifs pour aider à la conversion des flottes grand public / professionnelles :

- **Prime à la conversion Etat** : 13 456 dossiers en 2018-2019 dont 6 800 en 2019 sur la MAMP. **D'ici 2025, 27 000 véhicules sont concernés sur le PPA13.**
- **Dispositif Conseil Départemental 13** : objectif de **5 000 (minimum) véhicules électriques sur 5 ans** à partir de fin 2018
- **Disposition Région sur VUL** : 1 500 VUL « convertis » d'ici 2025 sur tout le territoire régional. L'hypothèse retenue fait état de **400 véhicules par territoire PPA.**
- **Réflexion en cours pour dispositif GNV Région/ADEME/GrDF**

► Méthodes de calcul

- **Prime à la conversion Etat** :

Utilisation de données CGDD sur les résultats territorialisés de la prime à la conversion pour l'année 2019 sur les 6 800 véhicules.

« Les gains en NOx sont perçus à court terme, au cours de la période d'anticipation de l'achat du véhicule d'environ 2 ans en moyenne. Pour chacune de ces zones, les indicateurs de gains en NOx ont été estimés sur la base des données fournies par l'Agence de services et de Paiement (ASP). Ces dernières concernent les primes décidées dans le cadre de la PAC au cours de l'année 2019. Au cours de cette période, des véhicules neufs ou récents circulent à la place de vieux véhicules polluants générant ainsi des bénéfices environnementaux du fait des émissions moindres de polluants locaux et atmosphériques. »

Les hypothèses retenues sont :

- que le même nombre de primes en 2024 et 2025 soit accordé que pour 2019.
- les gains restent similaires d'une année à l'autre.

Les données du CGDD indiquent les gains des deux années d'anticipation de l'achat du véhicule. Pour obtenir les gains pendant l'année 2025 : uniquement les véhicules remplacés en 2024 et 2025 entraineront un gain. Ainsi le gain calculé par le CGDD sur le 2 ans d'anticipation des 6800 véhicules de 2019 peut être appliqué pour l'année 2025 et le renouvellement des véhicules attendu en 2024 et 2025.

Zone administrative de surveillance	Pour 6 800 primes accordées en 2019 sur les 2 ans d'achat d'anticipation	
	Gains en NOx (en t) en 2025	Gains en PM (en t) en 2025
Marseille-Aix	-88	-8

- **Dispositif du CD13** : objectif de **5 000 véhicules électriques sur 5 ans à partir de fin 2018**

Un facteur d'émission unitaire moyen pour les VP est en g/km calculé pour les NOx, PM₁₀ et PM_{2,5} à partir de l'inventaire des émissions de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cela permet d'avoir une référence sur laquelle s'appuyer.

Pour les VP électriques, un facteur d'émission unitaire est de 0 pour les NOx et pour les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5} un facteur d'émissions unitaire moyen sur les phases d'usure et de remise en suspension est utilisé.

La distance parcourue moyenne par VP à l'année est estimée à 12 500 km (source : MTES – comptes du Transport), en cohérence avec le calcul précédent.

Distance totale annuelle parcourue par les VP en 2025 (5 000 véhicules convertis * 12 500 km) : 62.5 millions de km/an			
	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}
Facteur d'émission unitaire moyen VP 2025 (en g/km)	0.34	0.06	0.04
Emissions totales VP moyen (en t)	21.06	3.98	2.35
Facteur d'émission unitaire VP électrique 2025 (en g/km)	0	0.06	0.03
Emissions totales VP électriques (en t)	0	3.75	2.02
Gains de l'action (en t)	-21.06	-0.23	-0.33

- **Disposition Région sur VUL : 400 VUL « convertis » d'ici 2025 sur le PPA 13**

Un facteur unitaire moyen pour les VUL est calculé en prenant en compte l'ensemble de la région PACA. Cela permet d'avoir une référence sur laquelle s'appuyer. Pour les VUL électriques, un facteur d'émission pour les NOx, PM₁₀, PM_{2.5} est extrait de nos bases de données. Faute de facteurs d'émissions consolidés pour des VUL GNV, l'hypothèse favorable d'une conversion à 100% des VUL en électrique a été retenue.

La distance parcourue moyenne par VUL à l'année est estimée à 13 786 km (source CITEPA 2020).

Distance totale annuelle parcourue par les VUL en 2025 (400 véhicules convertis * 13 786 km) : 5.51 millions de km/an						
	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
Facteur d'émission unitaire moyen VUL 2025 (en g/km)	0.84	0.07	0.04	0.0016	0.0126	0.0013
Emissions totales VUL moyen (en t)	4.61	0.41	0.24	0.008	0.070	0.007
Facteur d'émission unitaire VUL électrique 2025 (en g/km)	0	0.06	0.03	0	0	0
Emissions totales VUL électriques (en t)	0	0.33	0.18	0	0	0
Gains de l'action (en t)	-4.61	-0.08	-0.07	-0.008	-0.07	-0.007

- **Réflexion en cours pour dispositif GNV Région/ADEME/GrDF**

L'action vise la conversion de 100 véhicules longs roulant au GNV d'ici 2025 sur le PPA 13.

Un facteur unitaire moyen pour les véhicules longs est calculé en prenant en compte l'ensemble de la région PACA. Cela permet d'avoir une référence sur laquelle s'appuyer. Pour les véhicules GNV, un facteur d'émission pour les NOx, PM₁₀, PM_{2.5} est extrait de nos bases de données.

La distance parcourue par an et par véhicule est estimée à 40 000 km/an. (Source CITEPA 2020 : 43 000 km/an, TPM ~ 40 000 km/an).

Distance totale annuelle parcourue par les véhicules longs en 2025 (100 véhicules convertis * 40 000 km) : 4 millions de km			
	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}
Facteur d'émission unitaire moyen véhicules longs 2025 (en g/km)	3.93	0.27	0.16
Emissions totales véhicules longs moyen (en t)	15.73	1.1	0.65
Facteur d'émission unitaire véhicules longs GNV 2025 (en g/km)	0.35	0.24	0.13
Emissions totales véhicules longs GNV (en t)	1.41	0.95	0.51
Gains de l'action (en t)	-14.32	-0.14	-0.14

► Résultats de l'évaluation

Tableau 26 : Gains d'émission liés à l'action 19 pour le PPA 13

Action 19	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	-127.990	-12.450	-12.540	-0.008	-0.07	-0.007

► Commentaire et limites

Le calcul de l'action de **Prime à la conversion Etat** est légèrement maximisé, car le gain d'un véhicule converti en 2025 sera en fait moindre que celui converti en 2019.

Toutes ces actions sont légèrement maximisées, dans la mesure où il est considéré que la totalité des km parcourus le sont dans la zone du PPA 13.

Les hypothèses restent grossières et ne permettent pas une évaluation précise de chaque action. Toutefois elles permettent d'afficher un ordre de grandeur moyen du gain attendu.

En termes de présentation, il est préférable d'afficher l'ensemble du gain de l'action 19 et pas un détail par sous-partie pour ne pas sur interpréter les résultats.

4.9.3 Action 20 : Renouveler les flottes des opérateurs de transports publics

► Descriptif de l'action et des données

Cette action fait l'objet de 2 sous-actions pour renouveler les flottes des opérateurs de transports publics, dont l'une porte sur les transports en commun routiers, la seconde est traitée dans le paragraphe sur le ferroviaire.

L'objectif de l'action est de porter la totalité des bus de la RTM en électrique pour 2035, l'hypothèse retenue en 2025 s'élève à 35 % de la flotte « convertie ».

Faute de données spécifiques, il n'a pas été possible d'évaluer le renouvellement à venir des flottes TC du Pays d'Arles.

► Méthodes de calcul

La distance totale parcourue par les bus en 2017 est issue de la base de données TC du CEREMA et fait état de 24,5 millions de km. Cette distance est considérée constante sur les 2 scénarios prospectifs. Un facteur d'émissions moyen des bus issu du parc roulant 2025 (CITEPA) est utilisé pour estimer les émissions selon le fil de l'eau en 2025.

Pour l'action PPA, un facteur d'émissions est recalculé en le pondérant de la manière suivante :

- Pour 35% des bus électriques, seules les émissions dues à l'usure et à la remise en suspension des particules sont prises en compte
- Pour les 65% de bus gazole, c'est le facteur d'émissions des bus gazole Euro 6 qui est pris en compte pour les NO_x, les PM₁₀ et les PM_{2.5}

Ces 2 facteurs d'émissions permettent d'estimer une émission moyenne pour chacun des trois polluants et de comparer les émissions avec un parc moyen 2025 et un parc roulant RTM avec 35% de bus électrique.

Action 20 - 35% de la flotte de bus RTM en électrique en 2025	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Facteur d'émissions unitaire moyen bus 2025 en g/km	3.93	0.27	0.16
Emissions totales bus moyen (en t)	96.3	6.7	4
Facteur d'émissions unitaire pondéré avec 35% de bus électriques et 65% de bus gazole en g/km	2.56	0.26	0.15
Emissions totales avec 35% bus électriques et 65% bus gazole (en t)	62.6	6.4	3.7
Gains dus à l'action de l'électrification des bus RTM	-33.7	-0.3	-0.3

► Résultats de l'évaluation

Tableau 27 : Gains d'émission liés à l'action 20 du PPA 13

Action 20	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	-33.700	-0.300	-0.300	-	-	-

Le calcul n'intègre pas l'évaluation spécifique sur les SOx, COVNM et NH₃.

► Commentaire et limites

Les hypothèses retenues permettent de disposer d'un ordre de grandeur du gain attendu par cette action. Toutefois, pour pouvoir quantifier correctement ce gain, il faudrait disposer des distances parcourues par type de bus et par norme euro, à la fois sur l'état des lieux 2017 et sur le prospectif 2025. Sans ces données, l'incertitude sur le gain obtenue reste significative.

4.9.4 Action 22. Créer les infrastructures visant au report modal vers le rail

► Descriptif de l'action et des données

Hypothèse de répartition des gains en émissions, induit par la mise en place de l'infrastructure CléSud à Miramas :

75 000 UTI par an partiront par train de CléSud à Miramas, chaque UTI est estimé à 1 poids lourds de moins.

Répartition 50/50 entre les destinations suivantes depuis CléSud :

- Destination Italie : soit environ 100 km sur A8 pour quitter la zone PPA vers l'Est
- Destination nord/est France : soit 55 km sur A7 pour quitter la zone PPA vers le nord

La distance totale économisée en PL sur l'autoroute est estimée à : $75000 * (0.5 * 100 + 0.5 * 55)$ soit 5.813 millions de km parcourue par an en 2025.						
	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Facteur d'émission unitaire d'un PL moyen en 2025 sur l'autoroute dans le dep 13 (en g/km)	0.523	0.191	0.108	0.0059	0.0203	0.0035
Gains (en t)	-3.040	-1.110	-0.630	-0.034	-0.118	-0.020

► Résultats de l'évaluation

Tableau 28 : Gains d'émission liés à l'action 22 pour le PPA 13

Action 22	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	-3.040	-1.110	-0.630	-0.034	-0.118	-0.020

► Commentaire et limites

La principale limite repose sur la non prise en compte des émissions à associer au secteur ferroviaire en compensation de passage de la route vers le rail ou le fleuve.

4.9.5 Evaluation des actions intégrées au Plan de Déplacement Urbain de la Métropole AMP et mise en place une ZFEm dans le centre-ville élargi de Marseille

► Descriptif de l'action et des données

Les actions suivantes du PPA ont été évaluées dans le cadre des études relatives à la ZFEm et du PDU de la Métropole AMP, aux horizons 2025 et 2030. Les effets globaux de la mise en œuvre du PDU et de la ZFEm sont donc repris dans l'évaluation du PPA afin de traduire l'effet des actions suivantes.

Action
Action 10. Mettre en place une zone à faibles émissions mobilité dans le centre-ville élargi de Marseille
Action 12. Développer l'offre de transports en commun
Action 13. Améliorer le niveau de service des transports en commun : les voies dédiées aux bus sur autoroutes
Action 14. Développer les infrastructures essentielles à l'utilisation des transports en commun
Action 15. Augmenter la part du covoiturage
Action 16. Densifier le réseau de véhicules en autopartage
Action 17. Déployer le Plan Vélo
Action 23. Accompagner la mise en œuvre des plans de mobilité des entreprises et des zones d'activités

► Méthodes de calcul

Sur la base des résultats de l'évaluation du PDU AMP à l'horizon 2030, une estimation des gains attendus à l'horizon 2025 a été réalisée.

Considérant une mise en application linéaire du gain de l'ensemble des actions du PDU, la proportion du gain attendu en 2025 par rapport à 2017 et 2030 serait de 61.5% (8 ans/ 13 ans). Ce ratio de 61.5% est appliqué au gain obtenu dans l'évaluation du PDU entre le fil de l'eau 2030 et les actions du PDU 2030, permettant d'obtenir un ordre de grandeur du gain à l'horizon 2025.

	Métropole AMP fil de l'eau			PDU	2030 fil de l'eau / 2030 PDU	estimation du gains du PDU en 2025
	2012	2017	2030	2030		
NOx (t/an)	13 238	11 010	5 373	4 418	-17.8%	-10.9%
PM ₁₀ (t/an)	1 527	1 297	1 131	985	-12.9%	-7.9%
PM _{2.5} (t/an)	1 087	851	646	561	-13.1%	-8.0%
COVNM (t/an)	4 065	2 339	1 356	1 253	-7.6%	-4.7%

Les pourcentages de gain du PDU présentés dans le tableau précédent, sont appliqués aux émissions du trafic routier 2025 du territoire de la Métropole AMP afin d'aboutir aux gains d'émission liés au PDU présentés par la suite.

Par ailleurs, AtmoSud a évalué les effets attendus de la mise en place de la ZFEm en 2025 pour la Métropole AMP, sur la base des modélisations de trafic réalisées par SETEC à cette échéance et en tenant compte des hypothèses connues à ce stade concernant les véhicules interdits à la circulation dans la ZFEm en 2025.

Les réductions d'émissions issues des actions PDU et ZFE sont ensuite sommées afin d'aboutir au résultat global présenté ci-après.

► Résultats de l'évaluation

Tableau 29 : Gains d'émission liés aux actions du PDU et de la ZFEm pour le PPA 13

Actions PDU (10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23)	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	COVNM	NH ₃
Gains (t)	-976.677	-105.174	-63.979	/	-39.806	/

Il n'y a pas eu d'évaluation des polluants SO_x et NH₃ dans le cadre des travaux menés précédemment par AtmoSud.

La ZFEm permet de réduire les émissions dans le centre-ville de Marseille et sur les axes où l'exposition de la population à un dépassement de la valeur limite en dioxyde d'azote est aujourd'hui la plus importante.

Les actions du PDU les plus efficaces en termes de réduction des émissions de polluant sont celles permettant d'éviter les déplacements en véhicules individuels ou celles permettant un report modal vers des déplacements moins ou non polluants. (TC, mode doux, covoiturage, ...)

► Commentaire et limites

La principale limite de ce calcul repose sur l'hypothèse de linéarité des gains des actions du PDU entre 2017 et 2030.

4.10 Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13

4.10.1 Synthèse des gains du PPA 13 par secteur

► Aérien

Plusieurs actions sont présentes dans le PPA 13 sur le secteur aérien :

- Amélioration de la performance énergétique de la centrale de production chaud/froid de l'aéroport, prévue en 2022.
- Remplacement des groupes électrogènes de secours des balises lumineuses en 2018.
- Actions prévues sur la limitation du temps d'utilisation des APU,
- Optimisation des phases de roulage

Par manque de données quantifiées ces actions n'ont cependant pas pu être valorisées dans l'évaluation des impacts du PPA 13.

Il est à noter qu'une action à l'interface du secteur aéroportuaire et des transports routiers, à savoir l'amélioration de la desserte en transports en commun de l'aéroport, constitue un enjeu important pour la réduction des émissions liées à l'activité aéroportuaire. Son évaluation est intégrée à l'évaluation globale des impacts du PDU métropolitain présentée dans le rapport.

► Ferroviaire

Le tableau ci-dessous présente les gains des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 du secteur Ferroviaire. Dans le scénario 2025 fil de l'eau, ce secteur contribue à 0.3% des émissions de NOx et de 0.8 à 1.8% des émissions de particules fines.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire les émissions du secteur ferroviaire de -14.9% pour les NOx et, -0.2% pour les PM₁₀ et -0.01% pour les PM_{2.5}.

A l'échelle de l'ensemble des émissions du territoire du PPA 13, les gains obtenus sont inférieurs à 0.05% pour les 3 polluants.

Emission exprimée en tonnes/an	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
PPA 13 - Emissions 2025 Fil de l'eau secteur Ferroviaire	123.7	124.6	39.5	-	9.4	-
<i>Contribution du secteur sur la zone PPA 13</i>	<i>0.3%</i>	<i>1.8%</i>	<i>0.8%</i>	<i>0.0%</i>	<i>0.1%</i>	<i>0.0%</i>
Action 20 - Electrification de la ligne Marseille-Gardanne-Aix	-18.4	-0.2	0.01	-	-	-
PPA 13 - Emissions 2025 Ferroviaire avec actions	105.3	124.4	39.5	-	9.4	-
<i>Gain 2025 en % sur le secteur Ferroviaire du PPA 13</i>	<i>-14.9%</i>	<i>-0.1%</i>	<i>0.02%</i>	-	-	-
<i>Gain 2025 en % sur les émissions totales du PPA 13</i>	<i>-0.045%</i>	<i>-0.002%</i>	<i>0.0%</i>	-	-	-

Tableau 30 : Bilan des gains des actions du secteur Ferroviaire pour le PPA 13

► Agriculture

Le tableau ci-dessous, présente les gains des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 du secteur Agriculture. Dans le scénario 2025 fil de l'eau, l'agriculture contribue à 1.9% des émissions de NOx, de 8.4 à 9% des émissions de particules fines et 78% de l'ammoniac (NH₃)

Pour les particules fines, les brulages de résidus et écobuage de cultures céréalières (67%) sont responsables des émissions de ce secteur. La majeure partie de ces émissions est induite par les brulages de paille de riz. Le PPA prévoit une action spécifique (action 39) sur ce sujet, qui permet une réduction importante des émissions en particules fines du secteur.

Pour l'ammoniac NH₃, la majorité des émissions sont due à l'utilisation d'engrais : terre arable 25%, Culture permanentes 10%, Verger 10% et des rizières 11% et également déjection des moutons 13% et des bovins 9%. Le PPA prévoit une action visant la réduction de la volatilisation de l'ammoniac dans le cadre du développement de la filière méthanisation (action 40), mais celle-ci n'a pu être évaluée. En termes de données de contexte sur le sujet, il est à rappeler que, rapportées par habitant, les émissions de NH₃ sur le PPA des Bouches-du-Rhône sont sept fois inférieures aux émissions nationales.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire les émissions du secteur agricole de -4.4% pour les NOx et, -11.8% pour les PM₁₀ et -14.8% pour les PM_{2.5}.

A l'échelle de l'ensemble des émissions du territoire du PPA 13, les gains obtenus sont de -0.1% pour les NOx et, -1% pour les PM₁₀ et -1.3% pour les PM_{2.5}.

Emission exprimée en tonnes/an	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
PPA 13 - Emissions 2025 Fil de l'eau secteur Agriculture	803.9	595.7	449.9	20	485.5	1589.3
<i>Contribution du secteur sur la zone PPA 13</i>	1.9%	8.4%	9.0%	0.1%	2.7%	77.7%
Action 39 - Pailles de riz	-28.8	-69.6	-66.0	-3.6	-75.6	-28.8
Action Actions PCAEM	-6.7	-0.9	-0.8	0.0	-1.0	0.0
PPA 13 - Emissions 2025 Agriculture avec actions	768.4	525.2	383.1	16.0	408.9	1560.5
<i>Gain 2025 en % sur le secteur Agriculture du PPA 13</i>	-4.4%	-11.8%	-14.8%	-18.4%	-15.8%	-1.8%
<i>Gain 2025 en % sur les émissions totales du PPA 13</i>	-0.1%	-1.0%	-1.3%	0.0%	-0.4%	-1.4%

Tableau 31 : Bilan des gains des actions du secteur Agriculture pour le PPA 13

► Industrie

Le tableau ci-dessous, présente les gains des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 du secteur Industrie. Dans le scénario 2025 fil de l'eau, ce secteur contribue à 36% des émissions de NOx et de 31 à 38% des émissions de particules fines. Il est également le principal émetteur du territoire pour les oxydes de soufre (SOx) avec 95% et de COVNM avec 50%.

Un certain nombre d'actions sont prévues pour l'industrie, tel que la mise en œuvre des arrêtés COV sur le pourtour de l'étang de Berre, la réduction des émissions au niveau des secteurs industriels prochainement concernés par les rapports de conclusion des MTD au titre de la directive IED, le renforcement de l'encadrement des carrières et l'amélioration de la performance énergétique des industries électro-intensives. Pour ces actions, le suivi des émissions annuelles de l'inventaire AtmoSud permettra de suivre la réduction des émissions de ce secteur (voir évolution des COVNM et SOx Figure 13 et Figure 12), mais il n'est pas possible de quantifier les gains de ces actions dans le cadre de cette évaluation.

Les actions ayant pu être évaluées dans le PPA 13 (action 29, actions 28 et 31 de manière partielle, actions PCAEM) devraient permettre de réduire les émissions du secteur Industrie de -2.1 % pour les NOx, -4.6 % pour les PM₁₀, -7.8 % pour les PM_{2.5} et -7.1 pour les SOx.

À l'échelle de l'ensemble des émissions du territoire du PPA 13, les gains obtenus sont de -0.7% pour les NOx et, -1.7% à 2.4% pour les PM, 6.7% pour les SOx et 0.6% pour les COVNM.

Emission exprimée en tonnes/an	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
PPA 13 - Emissions 2025 Fil de l'eau secteur Industrie	14847	2691.2	1567.1	12453.2	9106.1	349.9
<i>Contribution du secteur sur la zone PPA 13</i>	36.0%	38.1%	31.4%	94.5%	50.1%	17.1%
Arcelor Mittal (PM) – action 29, raffinerie Esso (NOx et SOx) – action 31 et Arkema Saint Menet (COVNM) – action 28	-188.7	-114.0	-114.0	-877.9	-106.4	-
Actions PCAEM	-103.0	-8.6	-8.2	-2.9	-7.8	-0.3
PPA 13 - Emissions 2025 Industrie avec actions	14555.3	2568.6	1444.9	11572.4	8991.9	349.6
<i>Gain 2025 en % sur le secteur Industrie du PPA 13</i>	-2.0%	-4.6%	-7.8%	-7.1%	-1.3%	-0.1%
<i>Gain 2025 en % sur les émissions totales du PPA 13</i>	-0.7%	-1.7%	-2.4%	-6.7%	-0.6%	0.0%

Tableau 32 : Bilan des gains des actions du secteur Industrie pour le PPA 13

► Maritimes

Le tableau ci-dessous présente les gains des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 du secteur Maritime. Dans le scénario 2025 fil de l'eau, ce secteur contribue à 35% des émissions de NOx, de 12 à 15% des émissions de particules fines et 2.8% pour les SOx et les CONVM. La part devenue plus importante du secteur maritime dans le profil d'émission en NOx du territoire PPA en 2025, notamment en comparaison avec le transport routier, traduit les hypothèses de croissance du secteur, notamment portées par le Grand port Maritime de Marseille.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire les émissions du secteur Maritime de -4.6 % pour les NOx, et - 4 % pour les PM₁₀, PM_{2.5} et SOx. La concentration de certaines actions dans les bassins est de Marseille se traduit en des réductions d'émissions beaucoup plus prononcées sur cette zone.

Toutes les actions portent sur les activités paquebots et ferries. Pour ces deux types de navires sur le port de Marseille, un gain supérieur à -65% est attendu pour les 4 principaux polluants d'intérêts (NOx, PM₁₀, PM_{2.5} et SOx). Si le gain sur l'ensemble de l'activité maritime reste modéré, de l'ordre de -4%, ces réductions d'émission étant attendues au plus près des populations, elles devraient permettre une réduction des concentrations à l'interface port / centre-ville.

Une action est également en cours pour l'éco-pilotage des navires avec le syndicat des pilotes du port de Marseille Fos, AtmoSud et la DREAL. Elle permet d'agir sur la réduction des émissions en phase approche / manœuvre, de façon complémentaire à l'électrification des quais.

Enfin, une action est à venir (action 4) pour engager les acteurs du cabotage touristique dans la conversion de leur flotte, ce qui permettra également une réduction des émissions de manière plus dispersée sur le littoral.

A l'échelle de l'ensemble des émissions du territoire du PPA 13, les gains obtenus sont de -1.6% pour les NOx et, - 0.6% pour les PM₁₀ et -0.8% pour les PM_{2.5}.

Emission exprimée en tonnes/an	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
PPA 13 - Emissions 2025 Fil de l'eau secteur Maritime	14517.8	811.8	769	372	517.9	-
<i>Contribution du secteur sur la zone PPA 13</i>	35.2%	11.5%	15.4%	2.8%	2.8%	0.0%
Action 1 - connexions électriques des ferries et paquebots à quai	-457.7	-25.6	-24.2	-11.7	-16.3	-
Action 2 - Charte Bleue, carburant à 0.1% de soufre pour les paquebots en phase manœuvre	-79.7	-6.9	-6.5	-0.1	15.8	-
Action 3 - Avitaillement GNL des navires	-128.4	-8.0	-7.6	-3.6	-1.6	-
PPA 13 - Emissions 2025 Maritime avec actions	13852.0	771.3	730.7	356.6	515.7	-
<i>Gain 2025 en % sur les émissions du port de Marseille des ferries et paquebots</i>	-72.1%	-78.4%	-78.4%	-65.4%	-6.6%	-
<i>Gain 2025 en % sur le secteur Maritime du PPA 13</i>	-4.6%	-5.0%	-5.0%	-4.1%	-0.4%	-
<i>Gain 2025 en % sur les émissions totales du PPA 13</i>	-1.6%	-0.6%	-0.8%	-0.1%	0.0%	-

Tableau 33 : Bilan des gains des actions du secteur Maritime pour le PPA 13

► Résidentiel/Tertiaire

Le tableau ci-dessous présente les gains des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 du secteur Résidentiel/Tertiaire. Dans le scénario 2025 fil de l'eau, ce secteur contribue à 3% des émissions de NOx, de 19 à 26% des émissions de particules fines et 39% des émissions de COVNM.

Pour les particules fines, le principal émetteur de ce secteur est constitué de la combustion de biomasse (chauffage au bois et des brûlages des déchets verts). Ainsi 96 % de particules fines PM₁₀ du secteur résidentiel tertiaire sont émises par des appareils de chauffage considérés non performant (voir annexe), dont 49% en mode chauffage principal et 47% en appoint. Les actions 44 (conversion des systèmes de chauffage) et 46 du PPA (fond air bois) visent spécifiquement ce sujet et permettent des réductions d'émissions. L'action visant la réduction du brûlage des déchets verts par les habitants (en lien avec la gestion autonome des déchets verts, compostage et broyage) a également été évaluée.

Pour les COVNM, la majorité des émissions sur le PPA 13 de ce secteur provient de l'utilisation domestique de solvants (48%), suivi des équipements de combustion hors chaudière tel que gazinières, fourneaux, poêle (28%) ainsi que l'utilisation de peinture (7%) et de vernis (7%).

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire les émissions du secteur Résidentiel/Tertiaire de -1.8 % pour les NOx et -3.5 % pour les PM₁₀ et les PM_{2.5}.

À l'échelle de l'ensemble des émissions du territoire du PPA 13, les gains obtenus sont de -0.7% pour les PM₁₀ et -1% pour les PM_{2.5}.

Emissions exprimées en tonnes/an	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
PPA 13 - Emissions 2025 Fil de l'eau secteur Résidentiel/Tertiaire	1334.8	1367.3	1296.5	281.5	7127.2	15.5
<i>Contribution du secteur sur la zone PPA 13</i>	3.2%	19.4%	26.0%	2.1%	39.2%	0.8%
Action 38 - Diminution brûlage déchets verts	-0.5	-4.8	-4.7	-	-5.8	-
Action 44 – Remplacement des systèmes de chauffage	-10.7	-0.2	-0.2	-6.8	-0.3	0.003
Action 46 - Fond Air bois	0.8	-42.3	-41.4	-0.2	-74.1	-
Actions PCAEM	-13.5	-1.1	-1.1	-18.5	0.7	0.012
PPA 13 - Emissions 2025 Résidentiel/Tertiaire avec actions	1310.9	1318.9	1249.0	256.1	7047.6	15.5
<i>Gain 2025 en % sur le secteur Résidentiel/Tertiaire du PPA 13</i>	-1.8%	-3.5%	-3.7%	-9.0%	-1.1%	0.1%
<i>Gain 2025 en % sur les émissions totales du PPA 13</i>	-0.1%	-0.7%	-1.0%	-0.2%	-0.4%	0.0%

Tableau 34 : Bilan des gains des actions du secteur Résidentiel/Tertiaire pour le PPA 13

► Transports routiers

Le tableau ci-dessous présente les gains des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 du secteur Transports Routiers. Dans le scénario 2025 fil de l'eau, ce secteur contribue à 22.6% des émissions de NOx, de 17 à 20% des émissions de particules fines et de 4.4% à 4.9% pour le NH₃ et les COVNM. Ce secteur représente une part beaucoup moins importante en 2025 dans le profil des émissions en NOx, du fait du renouvellement du parc automobile et de la croissance simultanée des émissions issues du secteur maritime.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire les émissions du secteur Transports Routiers de -13.2 % pour les NOx et -8.1 % pour les PM₁₀ et de -9 % pour les PM_{2.5}.

Le PDU MAMP constitue l'action avec le gain le plus important, il intègre l'ensemble des actions de développement des transports en commun, covoiturage et mode doux sur la zone AMP permettant une évolution des déplacements vers des modes moins émetteur de polluants atmosphériques. De manière complémentaire, La ZFEm et les mesures d'abaissement de vitesse permettent de réduire les émissions dans le centre-ville de Marseille et sur les axes où l'exposition des populations est aujourd'hui la plus importante.

Les gains des actions « PDU MAMP et ZFEm Marseille » tiennent compte des gains attendus pour le scénario 2025 de la ZFEm et des gains de toutes les actions évaluées dans le PDU AMP rapportés à l'année 2025.

A l'échelle de l'ensemble des émissions du territoire du PPA 13, les gains obtenus sont de - 3 % pour les NOx, de - 1.7 % pour les PM₁₀ et - 1.5 % pour les PM_{2.5}.

Emissions exprimées en tonnes/an	NOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	SOx	COVNM	NH ₃
PPA 13 - Emissions 2025 Fil de l'eau secteur Transports Routiers	9302.1	1444	852.6	29	883.6	89.7
<i>Contribution du secteur sur la zone PPA 13</i>	<i>22.6%</i>	<i>20.4%</i>	<i>17.1%</i>	<i>0.2%</i>	<i>4.9%</i>	<i>4.4%</i>
Actions PDU AMP (actions 12 à 17, 23) et ZFEm Marseille (action 10)	-976.7	-105.2	-64.0	-	-39.9	-
Action 19 : Conversion flotte grand public / professionnelles	-128.0	-12.5	-12.5	-	-0.1	-
Action 11 : Définir les opportunités d'abaissement des vitesses sur autoroutes	-89.1	1.7	0.4	-0.1	-0.8	-1.1
Action 20 - Renouveler les flottes des opérateurs de transports publics	-33.7	-0.3	-0.3	-	0.0	-
Action 22 - Infrastructure report vers rail et fleuve	-3.0	-1.1	-0.6	-	-0.1	-
PPA 13 - Emissions 2025 Transports Routiers avec actions	8071.6	1326.7	775.5	28.9	842.7	88.5
<i>Gain 2025 en % sur le secteur Transports Routiers du PPA 13</i>	<i>-13.2%</i>	<i>-8.1%</i>	<i>-9.0%</i>	<i>-0.4%</i>	<i>-4.6%</i>	<i>-1.3%</i>
<i>Gain 2025 en % sur les émissions totales du PPA 13</i>	<i>-3.0%</i>	<i>-1.7%</i>	<i>-1.5%</i>	<i>0.0%</i>	<i>-0.2%</i>	<i>-0.1%</i>

Tableau 35 : Bilan des gains des actions du secteur Transports Routiers pour le PPA 13

4.10.2 Synthèse des émissions du PPA 13 par polluant

► Oxydes d'azote – NOx

Le tableau et la figure ci-dessous présentent les gains en émission des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 pour les oxydes d'azote NOx.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions de NOx de -5.5% par rapport au scénario tendanciel. Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions d'oxydes d'azote devraient décroître de - 15.4%.

Le gain le plus important avec -13.4% est induit par les actions PPA du trafic routier et au renouvellement progressif du parc roulant de véhicules. Il est à noter que les actions du secteur maritime, même si elles permettent de réduire 72% les émissions des ferries et des paquebots, ne compensent pas l'augmentation des émissions induites par la croissance de certaines activités à 2025. Enfin, comme rappelé précédemment, des actions de réductions d'émissions existent pour l'industrie (notamment action 31 relative à la mise en œuvre des meilleurs techniques disponibles), auront certainement des effets notamment pour les NOx, mais n'ont pu être évaluées faute d'objectifs quantifiés (qui seront dépendant de l'instruction des rapports de réexamen transmis par les exploitants industriels).

Par rapport à l'enjeu d'exposition de la population au dioxyde d'azote sur ce territoire, il est important de noter que c'est la proximité des sources du trafic routier qui génère les dépassements actuels. Certaines actions du PPA sur ce secteur (ZFEm, réduction des vitesses) sont spécifiquement localisées sur ces zones en dépassement et, comme cela est présenté dans la partie relative à l'exposition des populations, conduisent à les réduire significativement.

	Secteur	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA	Gain des actions	Gain des actions du	Gain des actions
					du PPA 13 en % par secteur en 2025	PPA 13 en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	du PPA 13 en % sur les émissions totales 2017
PPA 13 bilan des émissions de NOx en tonnes /an	Aérien	363	316	316	0.0%	0.0%	-0.1%
	Agriculture	1 041	804	768	-4.4%	-0.1%	-0.6%
	Ferroviaire	112	124	105	-14.9%	0.0%	0.0%
	Industrie	16 200	14 847	14 555	-2.0%	-0.7%	-3.6%
	Maritime	12 183	14 518	13 852	-4.6%	-1.6%	3.6%
	Résidentiel/Tertiaire	1 923	1 335	1 311	-1.8%	-0.1%	-1.3%
	Transports routier	14 257	9 302	8 072	-13.2%	-3.0%	-13.4%
	Total	46 078	41 246	38 980		-5.5%	-15.4%

Tableau 36 : Bilan des gains en émissions de NOx des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau

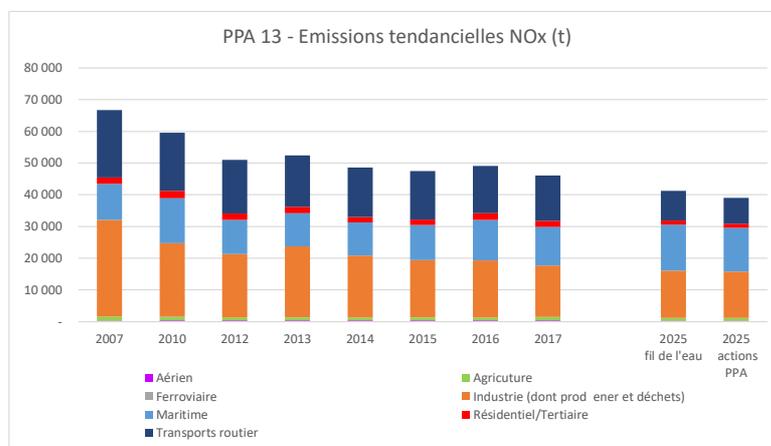


Figure 9 : Evolution des émissions de NOx sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025

► Particules fines - PM₁₀

Le tableau ci-dessous et la figure ci-contre présentent les gains en émission des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 pour les particules fines PM₁₀.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions de PM₁₀ de -5.7% par rapport au scénario tendanciel des émissions. Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions en particules fines PM₁₀ devraient décroître de -11.5%.

Les principaux gains liés aux actions PPA sont induit par la réduction des émissions d'ArcelorMittal (-114 tonnes), les actions PDU - ZFE de la Métropole (-105 tonnes), la réduction du brulage des pailles de riz (-70 tonnes) et le fond Air Bois avec -42 tonnes. Les réductions prévues d'émissions en particules fines concernent bien tous les secteurs contributeurs. Il est à noter que même si les actions liées au transport maritime permettent la réduction des émissions en PM₁₀ par rapport au scénario tendanciel, celle-ci est complètement compensée par la hausse d'activité (et donc d'émissions) prévue du secteur.

Par rapport à l'enjeu d'exposition de la population aux particules fines, la valeur limite est respectée sur le territoire du PPA 13 en 2019. Les zones en dépassement de la ligne directrice OMS sont situées dans les zones urbaines et à proximité des principaux axes de circulation. Il existe également des enjeux locaux à proximité de certaines industries. Les actions énoncées ci-avant permettent d'agir au niveau de ces différents contextes (environnement industriel, urbain dense, axes de circulation).

La réduction des émissions du trafic routier pour les particules fines est plus difficile que pour les oxydes d'azote. En effet une part de plus en plus prépondérante des émissions de ce secteur sont issues des phénomènes d'usure (pneu, frein, route).

Le principal émetteur du secteur résidentiel/tertiaire est issu de la combustion de biomasse (chauffage au bois et des brulages des déchets verts). Ainsi 96 % de particules fines PM₁₀ du secteur résidentiel tertiaire sont émises par des appareils de chauffage considérés non performant (voir annexe), dont 49% en mode chauffage principal et 47% en appoint. Les actions 44 (conversion des systèmes de chauffage) et 46 du PPA (fond air bois) visent spécifiquement ce sujet et permettent des réductions d'émissions.

	Secteur	2017	2025		Gain des actions du PPA 13 en % par secteur en 2025	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2017
			fil de l'eau	actions PPA			
PPA 13 bilan des émissions de PM ₁₀ en tonnes /an	Aérien	34	30	30	0.0%	0.0%	-0.1%
	Agriculture	595	596	525	-11.8%	-1.0%	-0.9%
	Ferroviaire	104	125	124	-0.1%	0.0%	0.3%
	Industrie	2 992	2 691	2 569	-4.6%	-1.7%	-5.6%
	Maritime	681	812	771	-5.0%	-0.6%	1.2%
	Résidentiel/Tertiaire	1 482	1 367	1 319	-3.5%	-0.7%	-2.2%
	Transports routiers	1 645	1 444	1 327	-8.1%	-1.7%	-4.2%
	Total	7 533	7 064	6 665		-5.7%	-11.5%

Tableau 37 : Bilan des gains en émissions de PM₁₀ des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau

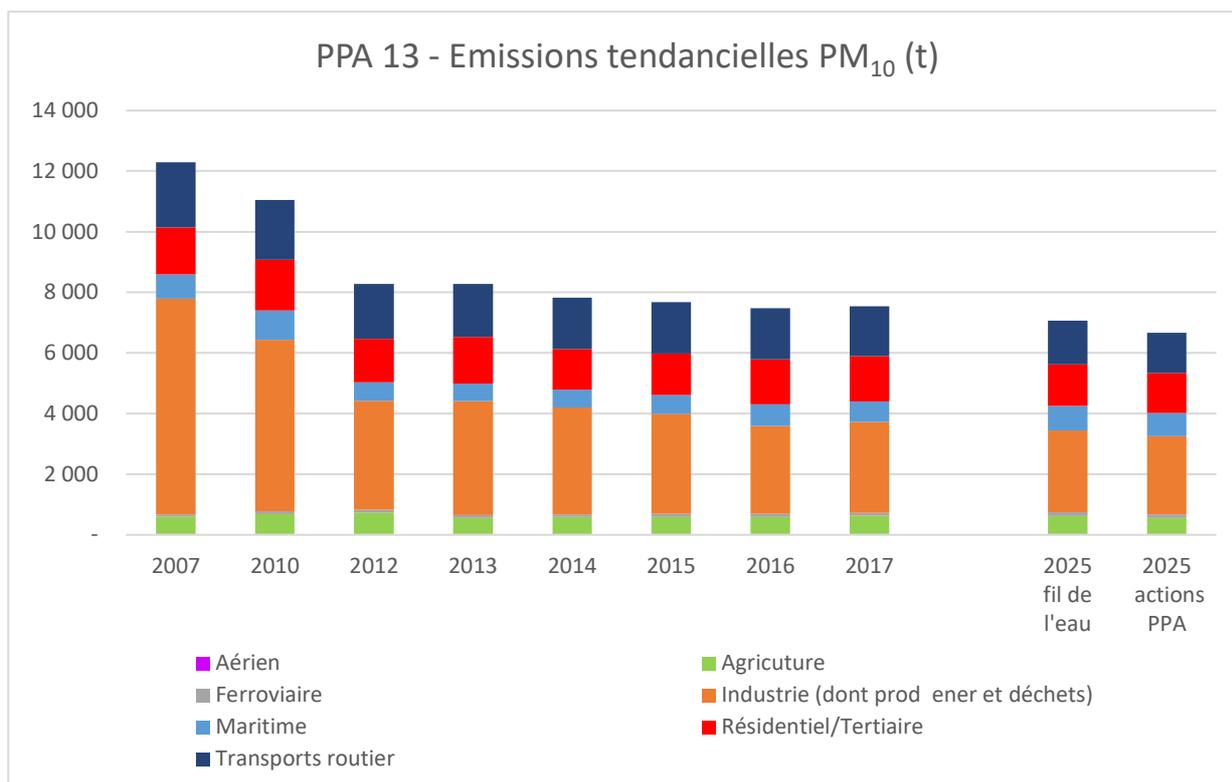


Figure 10 : Evolution des émissions de PM₁₀ sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025

► Particules fines - PM_{2.5}

Le tableau et la figure ci-dessous présentent les gains en émission des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 pour les particules fines PM_{2.5}.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions de PM_{2.5} de -7% par rapport au scénario tendanciel. Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions en particules fines PM_{2.5} devraient décroître de -13.5%.

Les principaux gains liés aux actions PPA sont induit par la réduction des émissions d'ArcelorMittal (-114 tonnes), les actions PDU - ZFE de la Métropole (-64 tonnes), la réduction du brulage des pailles de riz (-66 tonnes) et le fond Air Bois avec -41 tonnes.

Les constats sont similaires à l'analyse portée sur les PM₁₀, même s'il existe sur certain secteur tel que le routier ou les carrières des spécificités d'émissions suivant la taille des particules fines.

Par rapport à l'enjeu d'exposition de la population aux particules fines, la valeur limite est respectée sur le territoire du PPA 13 en 2019. Les zones en dépassement de la ligne directrice OMS sont situées dans les zones urbaines et à proximité des principaux axes de circulation. Il existe également des enjeux locaux à proximité de certaines industries. Les actions énoncées ci-avant permettent d'agir au niveau de ces différents contextes (environnement industriel, urbain dense, axes de circulation).

Secteur	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA	Gain des actions	Gain des actions du	Gain des actions
				du PPA 13 en % par secteur en 2025	PPA 13 en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	du PPA 13 en % sur les émissions totales 2017
Aérien	20	17	17	0.0%	0.0%	0.0%
Agriculture	440	450	383	-14.8%	-1.3%	-1.1%
Ferroviaire	33	40	40	0.0%	0.0%	0.1%
Industrie	1 738	1 567	1 445	-7.8%	-2.4%	-5.5%
Maritime	645	769	731	-5.0%	-0.8%	1.6%
Résidentiel/Tertiaire	1 410	1 297	1 249	-3.7%	-1.0%	-3.0%
Transports routier	1 077	853	775	-9.0%	-1.5%	-5.6%
						0.0%
Total	5 363	4 992	4 640		-7.0%	-13.5%

Tableau 38 : Bilan des gains en émissions de $PM_{2.5}$ des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau

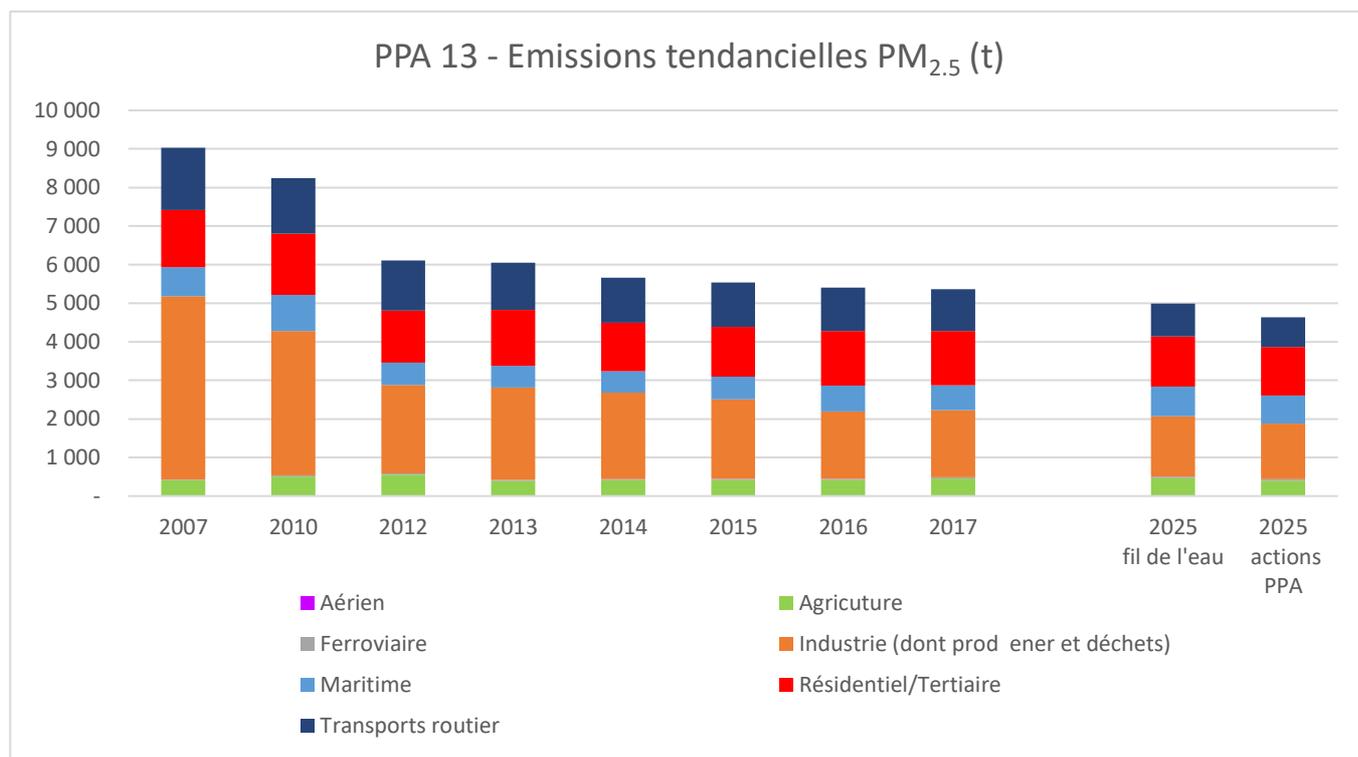


Figure 11 : Evolution des émissions de $PM_{2.5}$ sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025

► Oxydes de soufre – SOx

Le tableau et la figure ci-dessous présentent les gains en émission des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 pour les SOx.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions de SOx de -7% par rapport au scénario tendanciel. Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions de SOx devraient décroître de -19%.

Sur le secteur industrie, une seule action a pu être évaluée avec un gain de -878 tonnes, soit -6.7% de réduction pour ce secteur. D'autres actions de réduction des émissions au niveau de ce secteur sont attendues dans le cadre de la mise en œuvre des obligations issues de la directive IED (rapports de réexamen élaborés par les sites industriels, secteurs des grandes installations de combustion, de la chimie organique, de l'incinération des déchets...). Le suivi des émissions annuelles de l'inventaire AtmoSud permet de suivre la réduction des émissions de ce secteur (voir Figure 12 ci-dessous), pour lequel une diminution importante des émissions est constatée depuis 2007.

Sur le secteur maritime, les actions évaluées (électrification des quais, charte bleue, avitaillement GNL) permettent de réduire les émissions de SOx de 15 tonnes. Ce gain ne permet pas de compenser l'augmentation du scénario fil de l'eau 2025 (croissance des activités). Ces actions permettent cependant une diminution de -65% des émissions des ferries et des paquebots du port de Marseille, dont les émissions sont au plus près des populations.

	Secteur	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA	Gain des actions du PPA 13 en % par secteur en 2025	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2017
PPA 13 bilan des émissions de SOx en tonnes /an	Aérien	31	27	27	0.0%	0.00%	-0.03%
	Agriculture	24	20	16	-18.4%	0.0%	-0.1%
	Ferroviaire	0	0	0	0.0%	0.0%	0.0%
	Industrie	14 493	12 453	11 572	-7.1%	-6.7%	-19.3%
	Maritime	312	372	357	-4.1%	-0.1%	0.3%
	Résidentiel/Tertiaire	237	281	256	-9.0%	-0.2%	0.1%
	Transports routier	30	29	29	-0.4%	0.0%	0.0%
	Total	15 127	13 182	12 257		-7.0%	-19.0%

Tableau 39 : Bilan des gains en émissions de SOx des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau

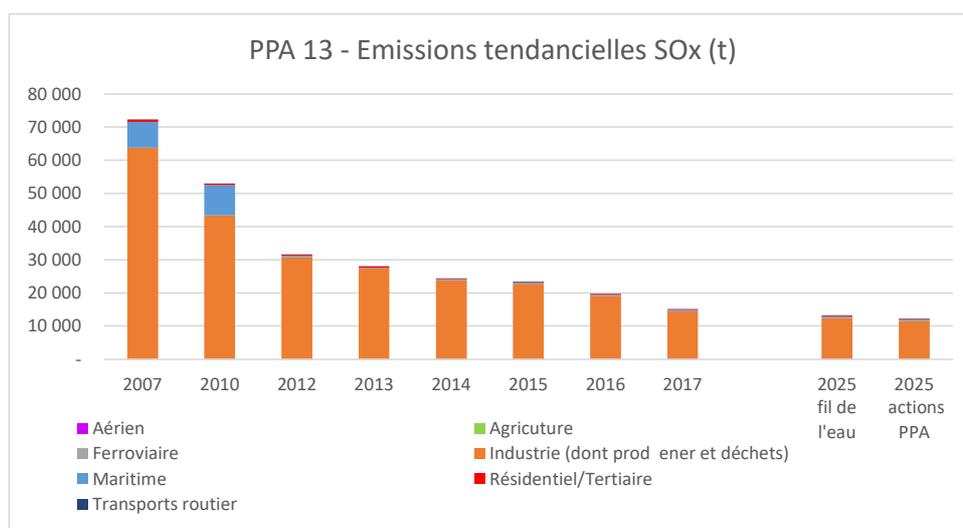


Figure 12 : Evolution des émissions de SOx sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025

► **Composés Organiques Volatiles Non Méthanique – COVNM**

Le tableau et la figure ci-dessous présentent les gains en émission des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 pour les COVNM.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions de COVNM de -1.7% par rapport au scénario tendanciel. Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions COVNM devraient décroître de -10.3%.

Sur le secteur industrie, une action a pu être évaluée avec un gain de -106 tonnes (action 28), soit -0.6% de réduction pour ce secteur. D'autres actions de réduction des émissions au niveau de ce secteur sont attendues dans le cadre de la mise en œuvre des arrêtés COV sur le pourtour de l'étang de Berre (action 28) mais n'ont pu être évaluées. Le suivi des émissions annuelles de l'inventaire AtmoSud permet de suivre la réduction des émissions de ce secteur (voir Figure 12 ci-dessous), pour lequel une diminution des émissions est observée depuis 2007.

Sur le secteur résidentiel/tertiaire, les actions permettent une réduction de - 80 tonnes, le fond Air bois (action 46) étant l'action évaluée la plus efficace sur ce polluant. Pour rappel, la majorité des émissions de COVNM sur le PPA 13 de ce secteur provient de l'utilisation domestique de solvants (48%), suivi des équipements de combustion hors chaudière tel que gazinières, fourneaux, poêle (28%) ainsi que l'utilisation de peinture (7%) et de vernis (7%).

Sur le secteur routier, le renouvellement progressif du parc de véhicules permet de réduire les émissions de COVNM de -4.6%.

	Secteur	2017	2025		Gain des actions du PPA 13 en % par secteur en 2025	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2017
			fil de l'eau	actions PPA			
PPA 13 bilan des émissions de COVNM en tonnes /an	Aérien	52	45	45	0.0%	0.0%	0.0%
	Agriculture	461	485	409	-15.8%	-0.4%	-0.3%
	Ferroviaire	8	9	9	0.0%	0.0%	0.0%
	Industrie	10 145	9 106	8 992	-1.3%	-0.6%	-5.8%
	Maritime	435	518	516	-0.4%	0.0%	0.4%
	Résidentiel/Tertiaire	7 345	7 127	7 048	-1.1%	-0.4%	-1.5%
	Transports routier	1 460	884	843	-4.6%	-0.2%	-3.1%
	Total	19 906	18 175	17 861		-1.7%	-10.3%

Tableau 40 : Bilan des gains en émissions de COVNM des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau

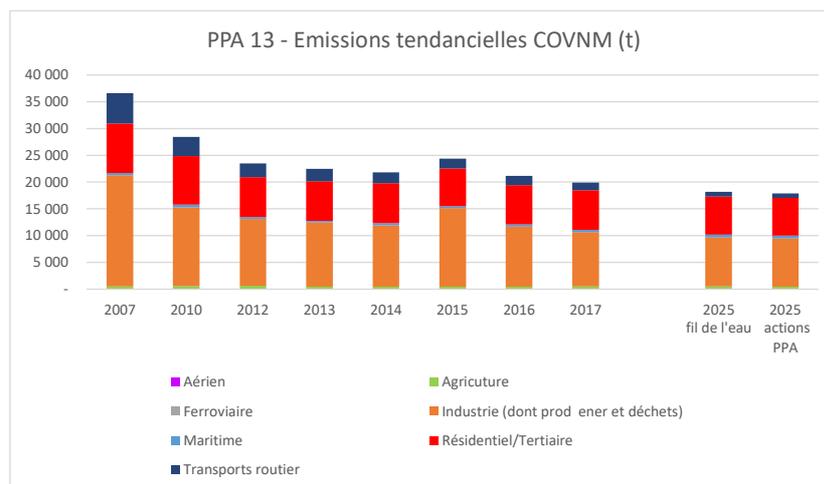


Figure 13 : Evolution des émissions de COVNM sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025

► **Ammoniac – NH₃**

Le tableau et la figure ci-dessous présentent les gains en émission des actions évaluées dans le cadre du PPA 13 pour le NH₃.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions de NH₃ de -1.5% par rapport au scénario tendanciel. Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions en NH₃ devraient décroître de -21.2%.

Le secteur agriculture est de loin le principal contributeur en NH₃ sur la zone du PPA 13. La majorité des émissions sont dues à l'utilisation d'engrais : terre arable 25%, cultures permanentes 10%, verger 10% et rizières 11% et également déjection des moutons 13% et des bovins 9%. Le PPA prévoit une action visant la réduction de la volatilisation de l'ammoniac dans le cadre du développement de la filière méthanisation et du retour au sol des digestats (action 40), mais celle-ci n'a pu être évaluée.

La variation attendue entre 2017 et 2025 (-21.2%) est principalement induite par l'hypothèse retenue dans le cadre du PCAEM du maintien des émissions de NH₃ entre 2012 et 2025 (après une hausse évaluée entre 2012 et 2017). Faute d'éléments pour affiner cette hypothèse, il a été choisi de la conserver pour cohérence entre les différents plans.

	Secteur	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA	Gain des actions du PPA 13 en % par secteur en 2025	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	Gain des actions du PPA 13 en % sur les émissions totales 2017
PPA 13 bilan des émissions de NH ₃ en tonnes /an	Aérien	-	-	-	-	0.0%	0.0%
	Agriculture	2 036	1 589	1 561	-1.8%	-1.4%	-18.6%
	Ferroviaire	-	-	-	-	0.0%	0.0%
	Industrie	379	350	350	-0.1%	0.0%	-1.2%
	Maritime	-	-	-	-	0.0%	0.0%
	Résidentiel/Tertiaire	19	15	15	0.1%	0.0%	-0.1%
	Transports routier	123	90	89	-1.3%	-0.1%	-1.4%
	Total	2 557	2 044	2 014		-1.5%	-21.2%

Tableau 41 : Bilan des gains en émissions de NH₃ des actions du PPA 13 par rapport à 2017 et 2025 fil de l'eau

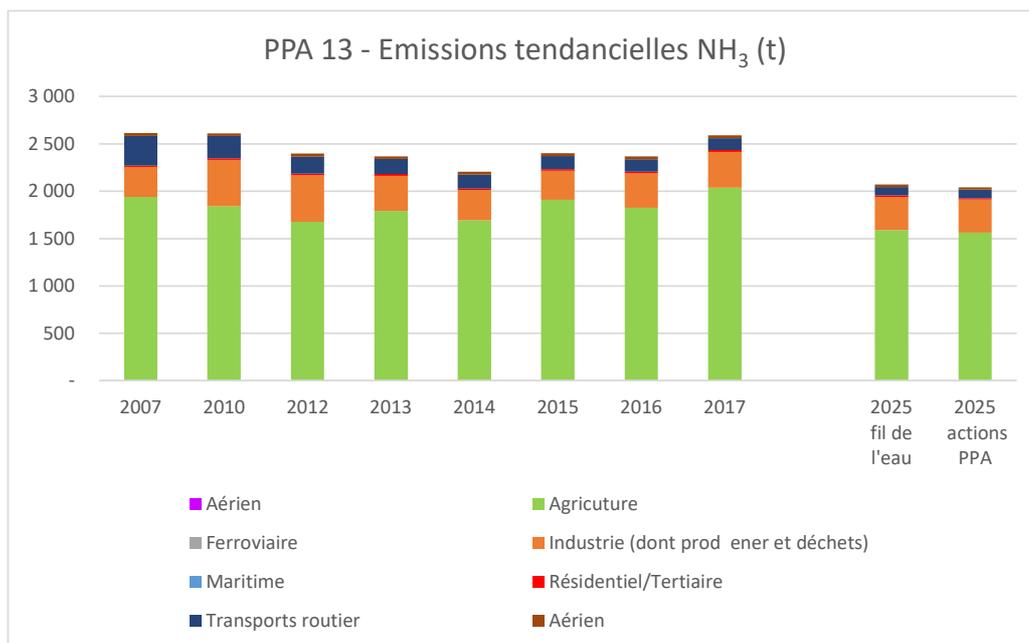


Figure 14 : Evolution des émissions de NH₃ sur la zone du PPA 13 avec les scénarios 2025

4.10.3 Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des résultats de l'évaluation des émissions du PPA 13. Il présente les gains des actions par polluants et les gains attendus entre 2017 et 2025.

Les actions intégrées dans le PPA 13 devraient permettre de réduire en 2025 les émissions entre -1.5% pour le NH₃ et -7% pour les particules fines.

Par rapport à l'état initial de 2017, les émissions devraient ainsi décroître de -10% à -21% selon les polluants.

		2017	2025 sans actions PPA	2025 actions PPA	Gain des actions en % sur les émissions totales 2025 fil de l'eau	Gain du scénario 2025 actions en % sur les émissions totales 2017
PPA 13 bilan des émissions en tonnes /an	NO _x	46 078	41 246	38 980	-5.5%	-15.4%
	PM ₁₀	7 533	7 064	6 665	-5.7%	-11.5%
	PM _{2.5}	5 363	4 992	4 640	-7.0%	-13.5%
	SO _x	15 127	13 182	12 257	-7.0%	-19.0%
	COVNM	19 906	18 175	17 861	-1.7%	-10.3%
	NH ₃	2 557	2 044	2 014	-1.5%	-21.2%

Tableau 42 : Bilan du PPA 13 au regard de l'année de référence 2017 du plan d'action

Entre 2017 et 2025, le **PPA 13 accélère** la diminution des émissions polluantes du territoire d'un facteur 1.1 pour le NH₃ et de 1.9 pour les particules fines. Pour les oxydes d'azote et les particules fines l'accélération de la diminution des émissions du PPA 13 est polluants **1.5 à 2 fois**.

Situation initiale 2017	polluants	2025 Sans PPA	2025 avec PPA	Effet PPA
PPA 13 : gain en émissions	NOx	-10.5%	-15.4%	-150%
	PM ₁₀	-6.2%	-11.5%	-190%
	PM _{2.5}	-6.9%	-13.5%	-190%
	SOx	-12.9%	-19.0%	-150%
	COVNM	-8.7%	-10.3%	-120%
	NH ₃	-20.1%	-21.2%	-110%

Tableau 43 : Bilan des gains sur le tendanciel du PPA 13

4.10.4 Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13 au regard des objectifs nationaux et régionaux

Chacun des documents cadre (SRADDET, PREPA) s'appuie sur une année de référence différente, ce qui nécessite des comparaisons et des analyses spécifiques avec le PPA. L'évaluation des actions du PPA 13 et les scénarios prospectifs 2025 ont été conçus de façon cohérente avec l'inventaire des émissions d'AtmoSud pour permettre ces comparaisons.

Il est important de rappeler que les émissions dites biogéniques tel que les embruns, les émissions de COV par la végétation ou encore les feux de forêt **ne sont pas intégrés dans le travail d'évaluation des plans d'actions** et les comparaisons aux objectifs. Seules les émissions anthropiques sont traitées.

► Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13 au regard des objectifs du PREPA

Le décret n° 2017-949 du 10 mai 2017 fixe les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques en application de l'article L. 222-9 du code de l'environnement. Les objectifs sont explicités sur la partie droite du Tableau 44. **Ces objectifs de réduction sont définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005** pour le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), l'ammoniac (NH₃) et les particules fines avec un diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM_{2.5}).

En revanche, AtmoSud ne disposant pas d'un inventaire des émissions de polluants pour l'année 2005, c'est l'année 2007, la plus proche, qui est utilisée pour l'analyse des objectifs.

		Objectifs nationaux de réduction PREPA					
		2007	2025 actions PPA	Gain du scénario 2025 actions en % sur les émissions totales 2007	2020-2024	2025-2029	A partir de 2030
PPA 13 bilan des émissions en tonnes /an	NO _x	66 746	38 980	-42%	-50%	-60%	-69%
	PM _{2.5}	9 030	4 640	-49%	-27%	-42%	-57%
	COVNM	36 616	17 861	-51%	-43%	-47%	-52%
	NH ₃	2 582	2 014	-22%	-4%	-8%	-13%
	SO _x	72 324	12 257	-83%	-55%	-66%	-77%

Tableau 44 : Bilan du PPA 13 au regard des objectifs nationaux du PREPA

	Objectif non atteint en 2025
	Objectif restant à atteindre après 2025
	Objectif atteint en 2025

Au regard des objectifs du PREPA, l'objectif de réduction pour les NO_x de 2024 n'est pas atteint dans le cadre du PPA 13. Deux éléments peuvent expliquer en partie ce pourcentage de réduction insuffisant :

- L'année 2007 est prise en compte pour l'année de référence pour les émissions en lieu et place de l'année 2005, ce qui engendre un écart automatiquement moins grand,
- La croissance prévue des activités liées au transport maritime entraîne, malgré une réduction importante des émissions sur les bassins Est notamment, une hausse mécanique globale des émissions en NO_x pour ce secteur d'activité.

Par ailleurs, les actions de réduction des émissions au niveau du secteur industriel n'ont été que très partiellement évaluées, alors qu'elles auront un effet sur les réductions d'émissions en NOx.

Pour les 4 autres polluants, les objectifs de 2020 à 2029 sont atteints en 2025. Les objectifs à atteindre à partir de 2030 sont respectés dès 2025 pour le NH₃ et les SOx.

À noter que les chiffres prospectifs utilisés pour le NH₃ sont à prendre avec précaution. (voir 4.10.2).

► Bilan de l'évaluation des émissions du PPA 13 au regard des objectifs du SRADDET

Créé par la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) du 7 août 2015, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) a pour vocation d'organiser la stratégie régionale pour l'avenir des territoires à moyen terme (2030), mais aussi à long terme (2050).

Pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Assemblée régionale a voté le SRADDET le 26 juin 2019¹⁰. Celui-ci préconise des actions multiples dans divers secteurs d'activités et propose des objectifs de réduction des émissions de polluants à différentes échéances par rapport aux émissions de l'année 2012 (voir tableau ci-dessous). Les polluants concernés sont les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines avec un diamètre inférieur à 10 micromètres (PM₁₀), les particules fines avec un diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM_{2,5}) ainsi que les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).

					Objectifs SRADDET de réduction par rapport à 2012		
		2012	2025 actions PPA	Gain du scénario 2025 actions en % sur les émissions totales 2012	2023	2025	2030
PPA 13 bilan des émissions en tonnes /an	NO _x	50 954	38 980	-23%	-54%	-56%	-58%
	PM ₁₀	8 281	6 665	-20%	-35%	-40%	-47%
	PM _{2,5}	6 108	4 640	-24%	-40%	-46%	-55%
	COVNM	23 514	17 861	-24%	-26%	-31%	-37%

Tableau 45 : Bilan du PPA 13 au regard des objectifs régionaux du SRADDET

Pour les 4 polluants évalués, les objectifs du SRADDET ne sont pas atteints. Les tendances d'évolution des réductions d'émissions sont compatibles avec ces objectifs, ils y participent.

À titre d'illustration pour les NOx, respecter l'objectif de réduction des émissions du SRADDET pour 2024 nécessiterait un effort de réduction supplémentaire de plus de 40% pour les émissions des trois grands secteurs contributeurs (industrie, transport maritime, transport terrestre).

¹⁰ Source : <https://www.maregionsud.fr/la-region-en-action/amenagement-et-developpement-durable/lavenir-de-nos-territoires-le-sraddet>

5. Evaluation de l'exposition des populations du PPA 13

5.1 Méthode d'affectation des variations d'émissions

Les évolutions en émission de polluants NO_x, PM₁₀ et PM_{2,5} calculées entre 2017, 2025 fil de l'eau et 2025 avec actions PPA ont été appliquées sur différentes zones géographiques et linéaires routier en fonction du détail des données disponibles traduisant leurs zones d'effet dans le cadre de cette évaluation.

Pour le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône les zones d'affectation des gains sont explicitées ci-après.

5.1.1 Emission 2025 fil de l'eau

Secteur	Ratio d'évolution des émissions de polluant pour le calcul de l'exposition des populations
Aérien	Pour chaque polluant et pour chaque secteur, le ratio d'évolution des émissions calculé est affecté sur l'ensemble de la zone du PPA 13.
Ferroviaire	
Industrie (dont production d'Énergie et déchets)	$Ratio_{polluant,secteur}^{2025\ fe-2017} = \frac{Emission\ 2025\ fil\ de\ l'eau_{polluant,secteur}}{Emission\ 2017_{polluant,secteur}}$
Maritime	
Résidentiel/Tertiaire	$\Delta\ Source - Récepteur_{polluant,secteur} = Emission\ 2013_{polluant,secteur} * (Ratio_{polluant,secteur}^{2025\ fe-2017} - 1)$
Agriculture	
Transports routiers	Cette variation d'émission en quantité est ainsi utilisée dans RIAT pour estimer la variation de concentration géospatialisée en fonction de l'importance des émissions de chaque secteur sur le territoire considéré.

5.1.2 Emission 2025 avec actions PPA

Pour le calcul du scénario 2025 avec actions PPA 06, le principe est identique mais un travail complémentaire est réalisé sur les actions afin de localiser les gains le plus précisément possible.

► Pour les actions et fil de l'eau portant sur l'ensemble du zonage PPA par secteur :

Les actions, ci-dessous, sont affectées sur les mailles de calcul contenant le secteur d'activité considéré de façon homogène sur l'ensemble du territoire PPA 13 :

- Les actions 1 (électrification des quais), 2 (charte bleue) et 3 (avitaillement GNL) du secteur maritime
- Action 19, conversion des flottes de véhicules
- Action 20 (électrification ligne Marseille-Gardanne-Aix-en-Provence)
- Action 38, gestion autonome des déchets verts des habitants
- Action 39, pôle de valorisation locale de la paille de riz
- Action 44, plateforme métropolitaine de rénovation énergétique, volet « renouvellement des appareils de chauffages »
- Action 46, Fond Air Bois

¹¹ L'outil méthode source récepteur est calé sur les données et cartographies 2013. Cette année de référence est utilisée dans la méthode des PPA pour estimer une variation des concentrations. L'année n'a pas d'influence sur les concentrations finales calculées.

Pour chaque polluant et pour chaque secteur, le ratio d'évolution des émissions calculé est affecté sur l'ensemble de la zone du PPA 13.

$$Ratio\ PPA13_{polluant,secteur}^{2025\ act-2017} = \frac{Emission\ 2025\ act_{polluant,secteur} + \sum_{polluant,secteur} Gain\ actions}{Emission\ 2017_{polluant,secteur}}$$

Pour les besoins du modèle RIAT utilisé dans le cadre de cette étude, ce pourcentage est converti en quantité de polluant sur la base des émissions 2013.

$$\Delta\ RIAT\ PPA\ 13_{polluant,secteur} = Emission\ 2013_{polluant,secteur} * (Ratio\ PPA13_{polluant,secteur}^{2025\ act-2017} - 1)$$

Cette variation d'émission en quantité est ainsi utilisée dans RIAT pour estimer la variation de concentration géospatialisée en fonction de l'importance des émissions de chaque secteur sur le territoire considéré.

► Pour les actions portant sur l'ensemble du territoire de la Métropole AMP :

Les actions affectées sur le territoire de la Métropole AMP sont :

- Action 20 : Renouveler les flottes des opérateurs de transports publics
- Action 28, 29, 31 : Industries
- Ensemble des actions intégrées au PDU de la Métropole AMP
- Ensemble des actions intégrées au PCAEM de la Métropole AMP

Pour chaque polluant et pour chaque secteur, le ratio d'évolution des émissions appliqué sur la zone AMP s'affranchi du gain précédent calculé sur toute la zone PPA. Ce qui permet de ne tenir compte que des gains des actions en 2025 sur ce territoire.

$$Ratio_{polluant,secteur}^{2025\ AMP} = \frac{Emission\ 2017_{polluant,secteur} * Ratio\ PPA13_{polluant,secteur}^{2025\ act-2017} + \sum_{polluant,secteur} Gain\ actions\ AMP}{Emission\ 2017_{polluant,secteur} * Ratio\ PPA13_{polluant,secteur}^{2025\ act-2017}}$$

Pour les besoins du modèle RIAT utilisé dans le cadre de cette étude, ce pourcentage est converti en quantité de polluant sur la base des émissions 2013.

$$\Delta\ RIAT\ AMP_{polluant,secteur} = Emission\ 2013_{polluant,secteur} * (Ratio_{polluant,secteur}^{2025\ AMP} - 1)$$

Cette variation d'émission en quantité est ajoutée à la précédente dans la zone AMP et est utilisée dans RIAT pour estimer la variation de concentration géospatialisée en fonction de l'importance des émissions de chaque secteur sur le territoire considéré.

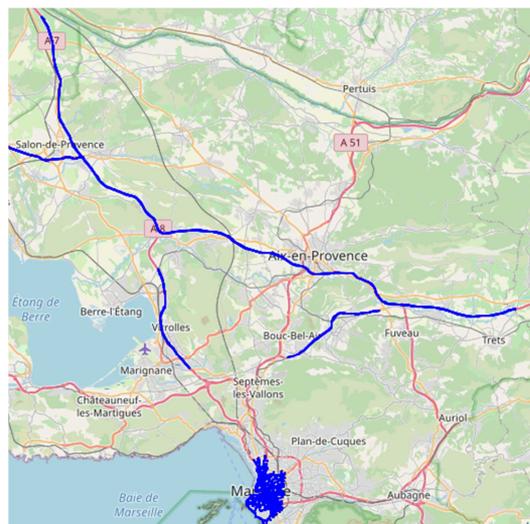
► Pour les actions portant sur des réseaux routiers spécifiques.

Les actions affectées sur des réseaux routiers spécifiques sont :

- Action 11 : Définir les opportunités d'abaissement des vitesses sur autoroutes
- Action 22 : Créer les infrastructures visant au report modal vers le rail
- Action 10 : Mettre en place une zone à faibles émissions mobilité dans le centre-ville élargi de Marseille

Sur les 2 700 axes concernés par l'une de ces actions dans l'inventaire des émissions AtmoSud, les gains attendus de ces actions en 2025 sont additionnés pour obtenir un ratio d'évolution.

Comme précédemment pour éviter un double compte des actions précédentes, le ratio est affranchi des gains précédents calculés sur toute la zone PPA et la zone AMP.



$$Ratio_{\substack{2025 \text{ axe} \\ \text{axe, polluant, secteur}}} = \frac{Emission_{2017 \text{ axe, polluant, secteur}} * Ratio_{PPA13 \text{ polluant, secteur}}^{2025 \text{ act} - 2017} * Ratio_{\text{polluant, secteur}}^{2025 \text{ AMP}} + \sum_{\text{axe, polluant, secteur}} Gain \text{ actions}}{Emission_{2017 \text{ axe, polluant, secteur}} * Ratio_{PPA13 \text{ polluant, secteur}}^{2025 \text{ act} - 2017} * Ratio_{\text{polluant, secteur}}^{2025 \text{ AMP}}}$$

Les variations d'émission ainsi calculées propres à chaque axe sont utilisées dans l'outil d'évaluation des concentrations développé par AtmoSud pour estimer les populations exposées attendues en 2025.

5.2 Cartographies des concentrations et de l'exposition des populations

Les cartographies des concentrations pour le NO₂ et les particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5}) sont calculées pour la situation de référence 2019 et la situation 2025 prenant en considération le tendancier des émissions ainsi que l'ensemble des actions intégrées au Plan de Protection de l'Atmosphère.

Alors que dans les travaux portant sur les émissions, les oxydes d'azotes sont quantifiés, pour les travaux de modélisation des concentrations et de l'exposition des populations le polluant traité est le dioxyde d'azote NO₂.

Pour résumer et simplifier, les oxydes d'azote NO_x correspondent à la somme des concentrations en NO₂ et en NO.

En émission, les NO_x sont quantifiés et non le NO₂ pour la simple raison que NO dans l'air ambiant s'oxyde progressivement en NO₂. $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

En concentration, le NO n'est pas réglementé dans l'air ambiant, l'impact sanitaire étant caractérisé pour le NO₂. Ainsi les niveaux en proximité du trafic routier ou de site de combustion ont généralement des niveaux en NO nettement plus élevé.

5.2.1 Concentrations en NO₂

Les résultats à l'échelle du domaine du PPA pour les concentrations en NO₂ sont présentés dans la Figure 15 pour l'année 2019 et Figure 16 pour l'année 2025 avec actions du PPA. La Figure 17 représente la carte des différences de concentrations moyennes annuelles en NO₂ entre l'année 2025 et l'année 2019.

Entre ces deux situations, les concentrations en NO₂ évoluent significativement avec **une baisse de la moyenne annuelle sur l'ensemble du territoire PPA**. Ces baisses sont plus marquées sur le territoire de la métropole Aix-Marseille-Provence où les actions du PPA entraînent une baisse plus importante des émissions. Les centres villes des principales agglomérations du territoire du PPA, tels que Marseille, Aix-en-Provence, Aubagne, Marignane, Salon-de-Provence, voient également leurs concentrations diminuer de manière significative. Dans ces centres-villes où des dépassements sont encore constatés pour l'année 2019, **la quasi-totalité des populations** devrait alors pouvoir résider dans des zones où **les concentrations en NO₂ respectent la valeur limite de 40 µg.m⁻³** en 2025.

Sur le centre-ville de Marseille, la diminution des concentrations en NO₂ est plus marquée que sur le reste du territoire (Figure 17) en raison du **gain supplémentaire attendu par la mise en place de la ZFEm**. Cette action devrait permettre de réduire les concentrations à proximité immédiate des grands axes ainsi que les concentrations de fond et permettre de respecter la valeur limite sur la quasi-totalité de la zone. Comme détaillé dans la section *Méthode d'affectation des variations d'émissions*, les gains de cette action sont affectés de manière homogène à l'ensemble des brins du réseau sur la zone ZFE, bien qu'il soit attendu une hétérogénéité spatiale des baisses d'émissions. Ainsi, certains axes majeurs pourraient voir leurs concentrations diminuer de manière plus significative et inversement. Le gain de cette action est ainsi évalué de manière globale sur la zone ZFE. Sur la Figure 17, les gains des actions portant sur des réseaux routiers spécifiques (diminution des vitesses, report modal vers le fer) apparaissent également plus significativement.

De manière globale, les diminutions d'émissions à l'horizon 2025 associées aux **actions du PPA 13 devraient permettre de respecter la valeur limite en NO₂** sur la quasi-totalité du territoire. Des dépassements sont toujours attendus sur les principaux axes structurant du territoire, tels que les autoroutes, mais la baisse des concentrations sur ces axes et dans leur proximité immédiate devrait permettre de préserver la quasi-totalité des populations résidentes sur le territoire du PPA 13.

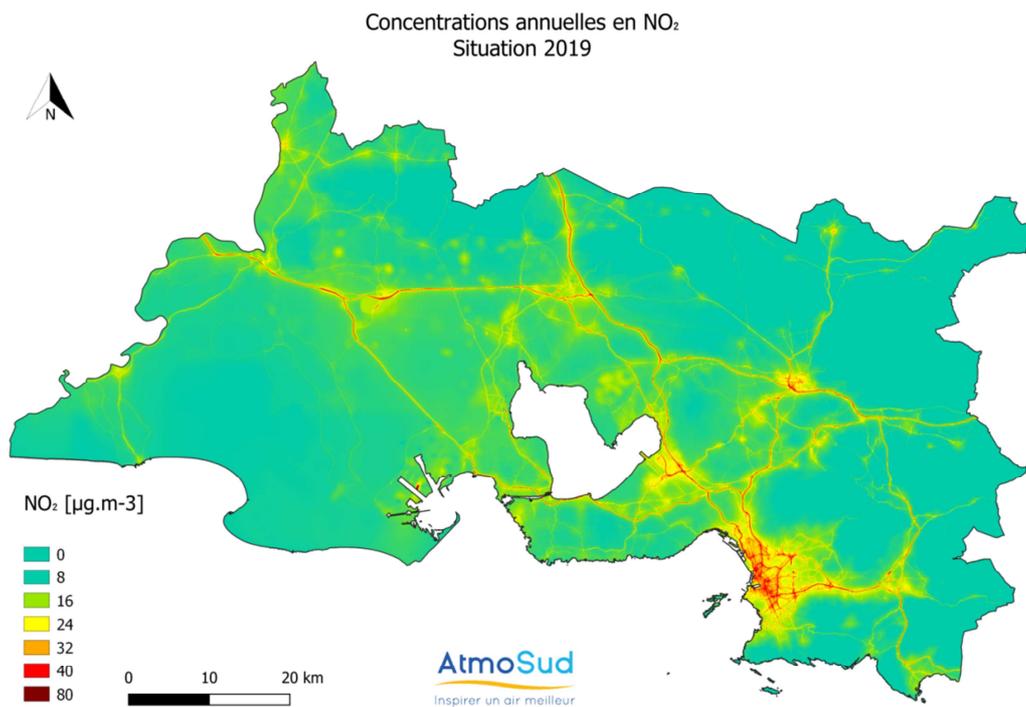


Figure 15 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en NO₂ à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2019

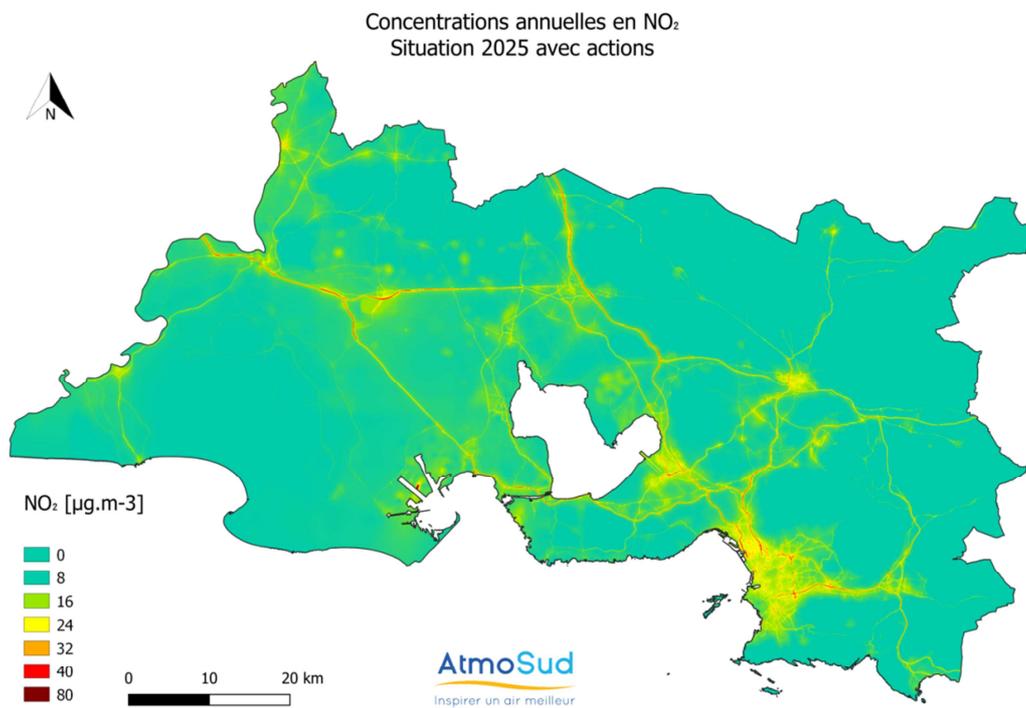


Figure 16 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en NO₂ à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA

Différence des concentrations annuelles en NO₂
Situation 2025 avec actions - 2019

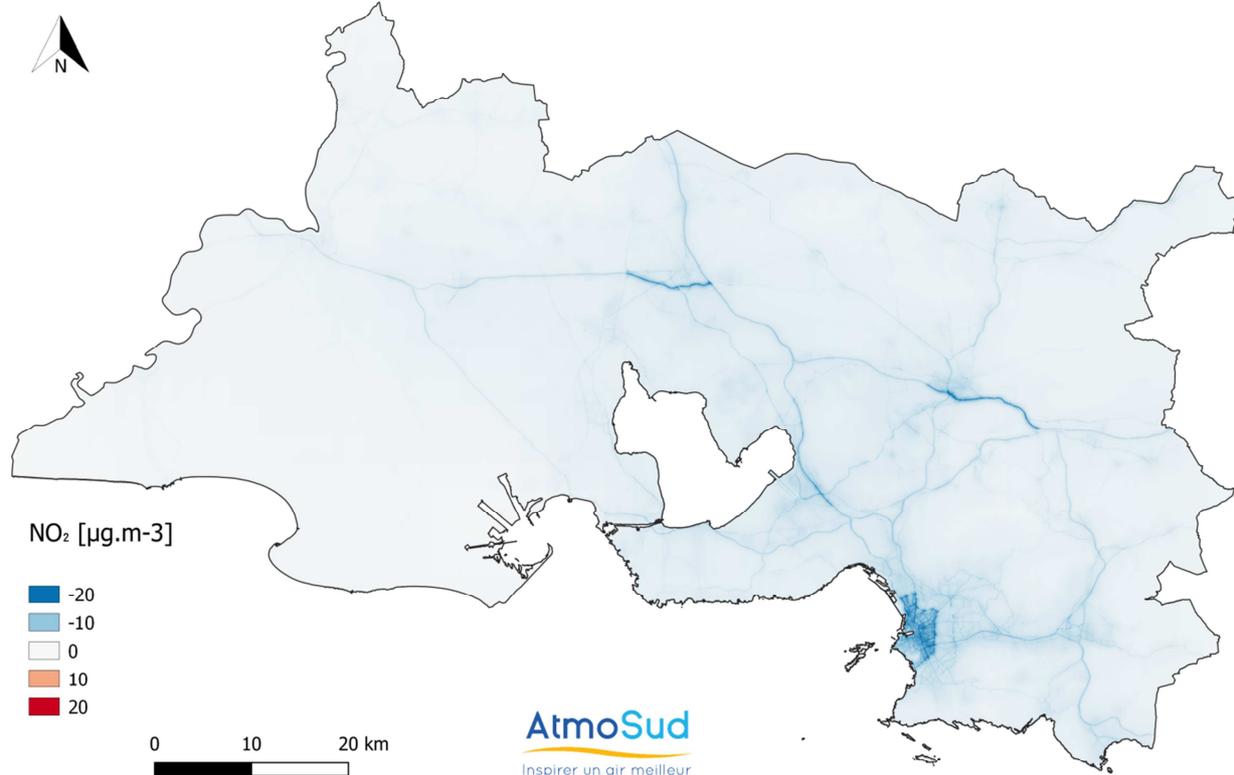


Figure 17 : carte des différences des concentrations des moyennes annuelles en NO₂ à l'échelle du PPA13 entre l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA et l'année 2019

5.2.2 Concentrations en particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}

Les résultats à l'échelle du périmètre du PPA pour les concentrations en PM₁₀ sont présentés dans la Figure 18 pour l'année 2019 et Figure 19 pour l'année 2025 avec actions du PPA.

Les résultats à l'échelle du domaine du PPA pour les concentrations en PM_{2.5} sont présentés dans la Figure 20 pour l'année 2019 et Figure 21 pour l'année 2025 avec actions du PPA

Entre 2019 et 2025, **les concentrations en particules fines n'évoluent pas significativement.**

Les diminutions attendues sont assez homogènes sur le territoire du PPA. Ainsi, même les actions localisées portant sur des réseaux routiers spécifiques n'entraînent pas de réduction significative des concentrations. Les actions du PPA 13 devraient contribuer à réduire principalement les concentrations de fond des particules fines sur l'ensemble du territoire.

Avec des variations de l'ordre du µg.m⁻³, la tendance est bien à **une diminution des concentrations en particules** mais celle-ci est **faible** et pourrait être compensée par la variabilité interannuelle des concentrations due à l'aléa climatique.

Bien que les réductions d'émissions des NO_x et de PM soient dans un ordre de grandeur proche. Les zones d'émissions et les caractéristique physico-chimiques de ces deux polluants n'induisent pas une réduction similaires des concentrations à l'horizon 2025. Les gains associés aux actions du PPA permettent un abattement plus important des populations exposées au NO₂ que pour les particules fines.

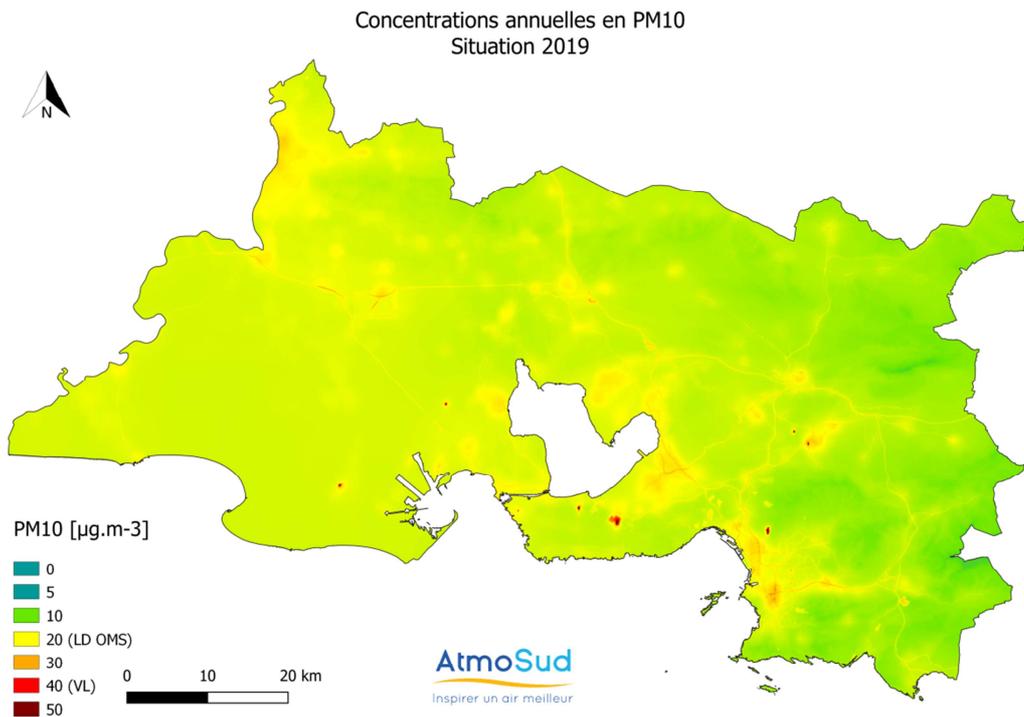


Figure 18 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM_{10} à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2019

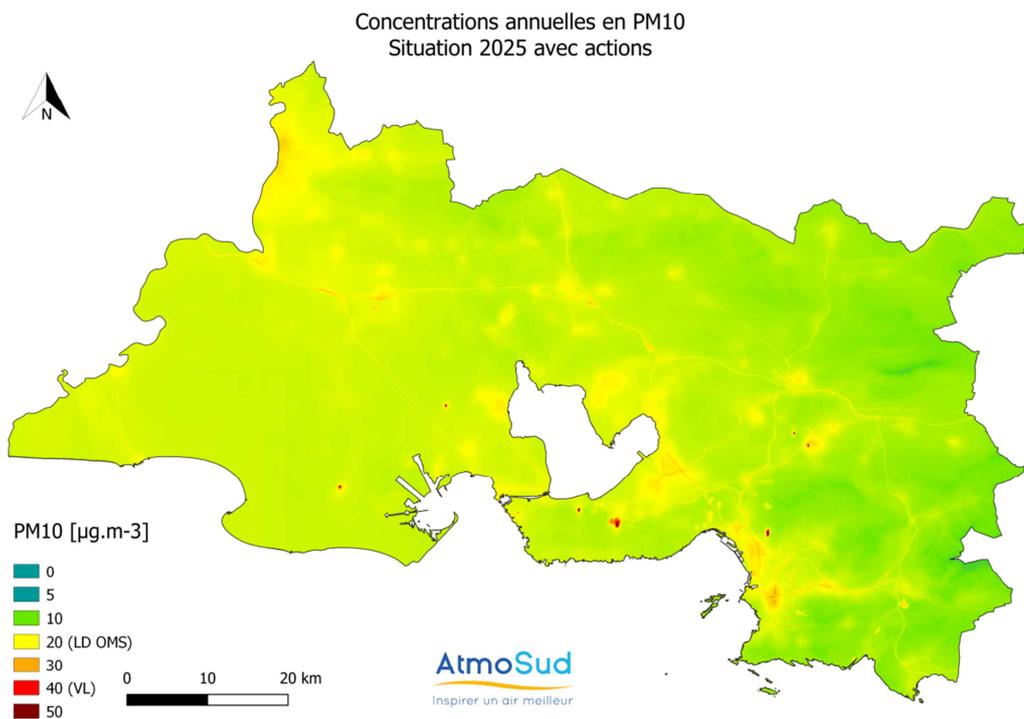


Figure 19 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM_{10} à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA

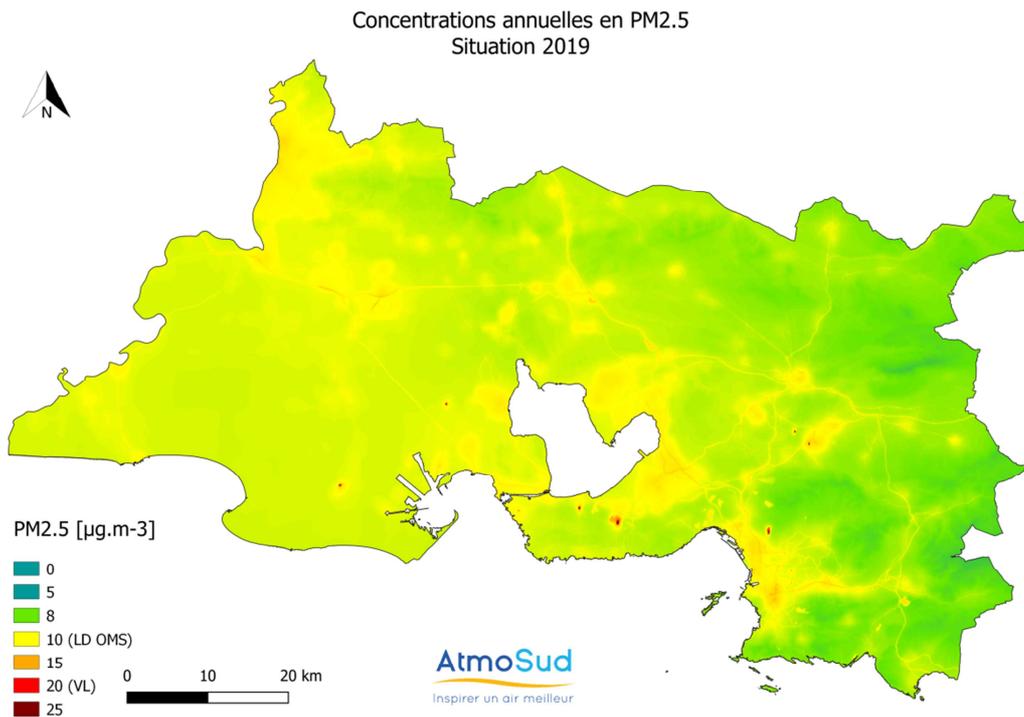


Figure 20 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM_{2.5} à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2019

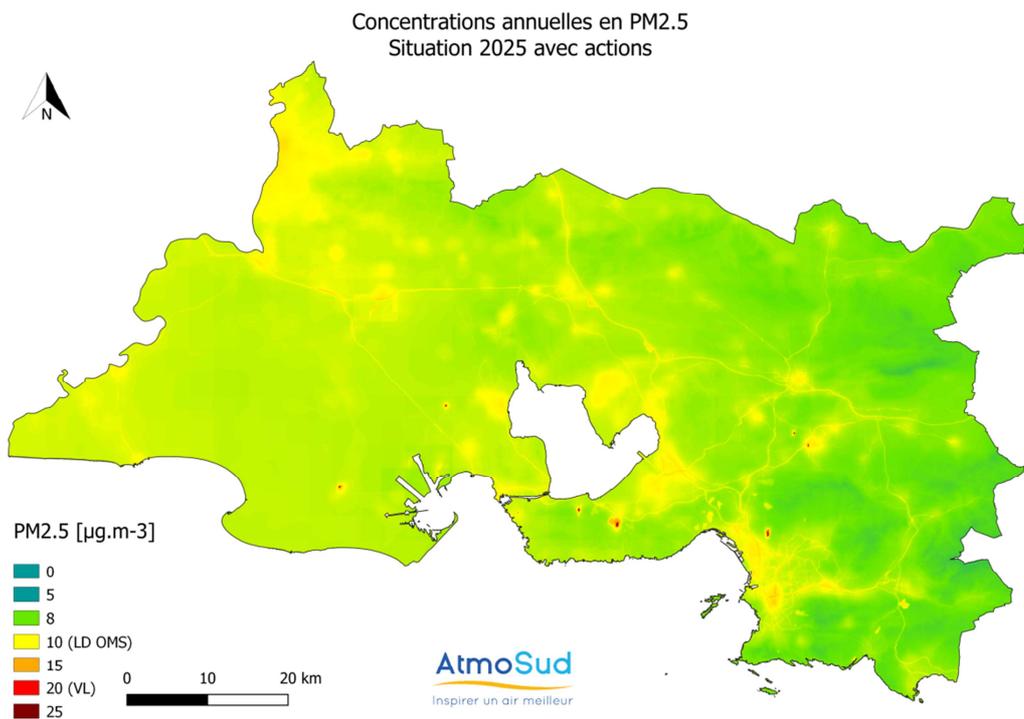


Figure 21 : Carte des concentrations des moyennes annuelles en PM_{2.5} à l'échelle du PPA 13 pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA

5.3 Bilan de l'exposition des populations du PPA 13

Le calcul des surfaces et populations exposées permet de synthétiser les gains attendus en 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA13 au regard des valeurs limites et des lignes directrices de l'OMS. Ces chiffres sont reportés dans le Tableau 46.

Tableau 46 : Surfaces et populations résidentes exposées à un dépassement de seuil au cours de l'année 2019 et pour la situation 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA

	NO ₂	PM10		PM2.5	
Valeur Limite / ligne directrice OMS [µg/m³/an]	40	40	20	25	10
Population 2025 [hab.]	< 500	< 500	380 000	0	166 000
Population 2019 [hab.]	30 000	< 500	438 000	0	442 000
Variation [%]	-99%	0%	-13%	0%	-62%
Surface 2025 [km²]	4	1	91	0	68
Surface 2019 [km²]	9	1	127	0	127
Variation [%]	-58%	-	-28%	-	-46%

5.3.1 Exposition des populations au dépassement de la valeur limite pour le NO₂

La mise en place du PPA13, associée aux gains attendus par le tendanciel, devrait permettre de respecter la valeur limite en NO₂ dans la quasi-totalité des zones résidentielles du territoire. Ainsi, **moins de 500 personnes devraient résider dans une zone où ce seuil serait encore dépassé pour ce polluant en 2025.**

En termes de surface exposée, la réduction est moins importante avec une diminution d'environ 60%. Les zones restant en dépassement sont principalement les grands axes routiers du réseau structurant et leurs proximités immédiates. Il est ainsi nécessaire de garder à l'esprit que la méthodologie de calcul d'exposition des populations ne tient pas compte de l'exposition quotidienne des individus, intégrant les temps de transports sur ces axes en dépassement ou les temps de travail dans des zones toujours en dépassement.

Toutefois, la diminution des concentrations en NO₂ attendue est notable et significative et les actions du PPA 13, associées au tendanciel à 2025, devraient permettre **une amélioration de la qualité de l'air sur ce territoire.**

5.3.2 Expositions des populations au dépassement de seuils pour les particules fines

Les calculs des expositions aux particules fines sont réalisés pour deux valeurs seuils : la valeur limite réglementaire fixée en moyenne annuelle à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ et $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ respectivement pour les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$; et la ligne directrice de l'OMS fixée en moyenne annuelle à $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ et $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ respectivement pour les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$.

La valeur limite réglementaire est déjà respectée en 2019 pour les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$ sur la quasi-totalité du territoire. Ainsi, le PPA13 n'entraînera pas d'évolution sur ce critère.

En revanche, le nombre de personnes exposées à un dépassement de la ligne directrice de l'OMS reste important pour ces deux polluants, avec près de 440 000 personnes exposées en 2019, soit plus de 22% de la population du territoire.

La mise en place du PPA13, associée aux gains attendus par le tendanciel, ne devrait pas permettre une amélioration significative des concentrations de particules fines en 2025, comme indiqué dans le chapitre précédent.

Cependant, la réduction attendue de l'ordre du microgramme peut entraîner malgré tout une baisse plus ou moins significative des populations exposées à la ligne directrice de l'OMS.

Pour les particules fines **PM_{2,5}**, cette baisse est estimée à un peu plus de 60% entre 2019 et 2025, avec environ **165 000 personnes** vivant dans des zones où les concentrations seront supérieures à ce seuil en 2025.

Cependant, comme discuté dans la section précédente, **les concentrations en PM_{2,5} sont spatialement très homogènes**. La

Figure 22 représente cette répartition sur la gamme des concentrations en $\text{PM}_{2,5}$ du territoire. Il apparaît ainsi que **la grande majorité des populations réside** dans des zones où les concentrations sont très proches de la ligne directrice de l'OMS et **dans une gamme allant de 8 à $10 \mu\text{g.m}^{-3}$** en 2019 comme en 2025. Ainsi, **une baisse de l'exposition des populations aux $\text{PM}_{2,5}$ est attendue en 2025** mais dont l'origine devrait être plus liée à un effet de seuil qu'à une amélioration significative de la qualité de l'air pour ce polluant.

Pour les PM_{10} , le nombre de personnes résidentes exposées à un dépassement de la **ligne directrice de l'OMS** ne devrait diminuer que d'environ 10% avec toujours **380 000 personnes** vivant dans des zones où les concentrations seront supérieures à ce seuil en 2025. La baisse attendue des concentrations pour ce polluant est aussi peu significative mais la répartition des concentrations est moins homogène que pour les $\text{PM}_{2,5}$ et l'effet de seuil devrait être moins marqué.

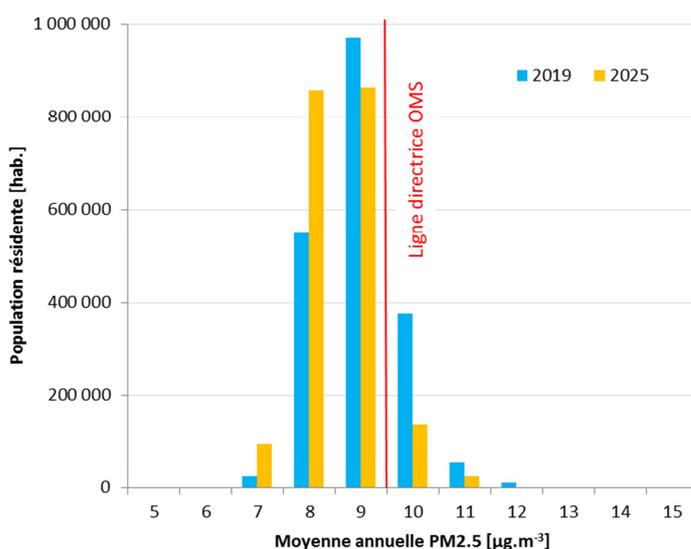


Figure 22 : Répartition de la population résidente par gamme de concentrations, en moyenne annuelle de $\text{PM}_{2,5}$ à l'échelle du PPA13 pour l'année 2019 et pour l'année 2025 avec la prise en compte du tendanciel et des actions du PPA.

5.4 Synthèse

À l'horizon 2025, avec la mise en place des actions du PPA, les concentrations en NO₂ devraient diminuer de manière significative sur l'ensemble du territoire et à proximité des principaux axes de transport routier. Ainsi, la quasi-totalité des personnes sur le territoire du PPA13 devrait résider dans des zones respectant la valeur limite en moyenne annuelle pour le NO₂.

Les concentrations en particules fines ne devraient pas réduire significativement. Bien que la valeur limite soit déjà respectée sur la quasi-totalité du territoire en 2019, un grand nombre de personnes devrait rester exposé à un dépassement de la ligne directrice OMS à l'horizon 2025 après la mise en place des actions du PPA. La diminution importante de l'exposition des populations aux concentrations en PM_{2,5} met principalement en évidence un effet de seuil, plutôt qu'une réelle amélioration de la qualité de l'air associée à ce polluant.

6. Éléments d'analyse sur les enjeux associés à l'ozone – O₃ sur la zone du PPA 13.

L'ozone (O₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution, il n'est donc pas présent à l'émission dans les gaz d'échappement des véhicules, les émissaires des industries, ...

Dans la troposphère (0 à 10 km d'altitude), où chacun d'entre nous respire quotidiennement, les taux d'ozone devraient être faibles. Cependant, certains polluants dits précurseurs, oxydes d'azote (NOx) et composés organiques volatils (COV), se transforment sous l'action du rayonnement solaire UV. Ces réactions, dites « photochimiques » donnent naissance à des composés secondaires, dont l'ozone et d'autres composés irritants. Les précurseurs proviennent principalement du trafic routier et de certains procédés et stockages industriels.

6.1 Bilan des émissions des principaux précurseurs (NOx, COVNM) sur le territoire du PPA 13

Dans le cadre de l'évaluation d'un plan d'action du type PPA, l'analyse des actions et des perspectives s'appuient sur les émissions anthropiques (dues à l'homme). Toutefois pour étudier les enjeux associés à l'ozone, issu de processus photochimique, il est nécessaire de tenir compte de la part des émissions biogéniques du territoire.

Sur le territoire du PPA 13, les émissions biogéniques de COVNM sont stables. Elles oscillent autour de 14 000 tonnes par an. Du fait de la diminution des émissions anthropiques, la contribution des émissions biogéniques¹² varie ainsi de 27% en 2007 à 44% dans le scénario 2025 du PPA 13.

Pour les NOx, la contribution des émissions biogéniques est anecdotique, < 0.7% des émissions totales. Elles sont induites principalement par les feux de forêt.

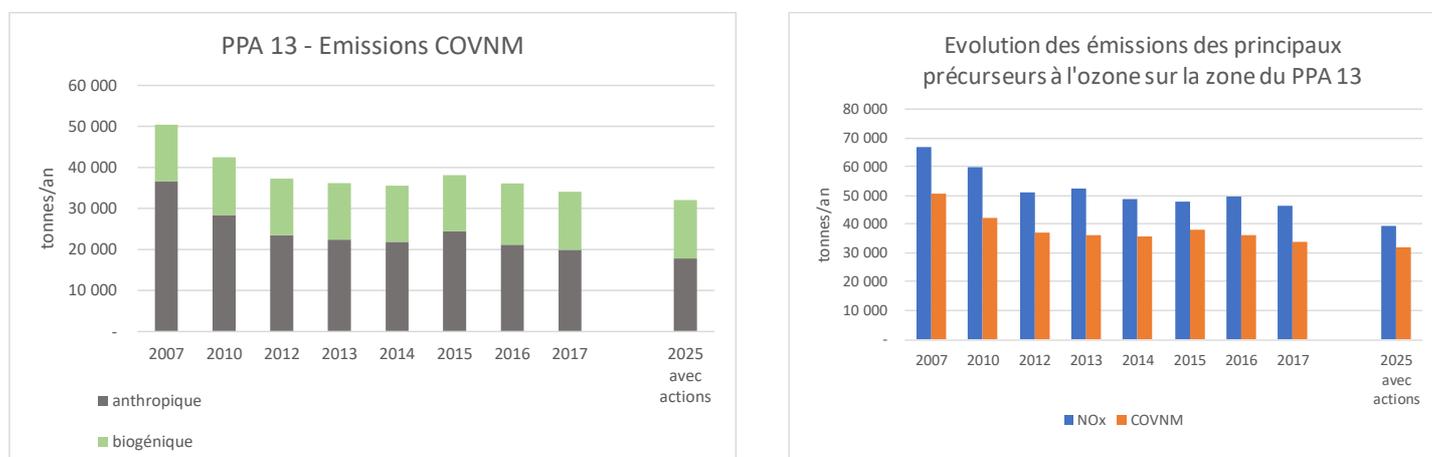


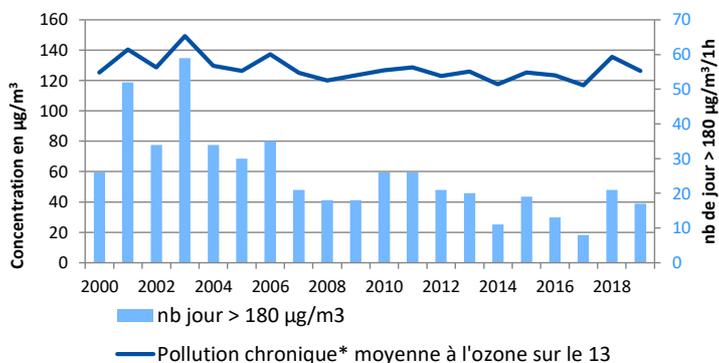
Figure 23 : Evolution des émissions des principaux précurseurs (NOx, COVNM) de l'ozone.

Sur ces dernières années, les émissions de COVNM sont stables, tandis que celles en NOx décroissent progressivement. En 2025, la réduction la plus conséquente est attendue sur les oxydes d'azote.

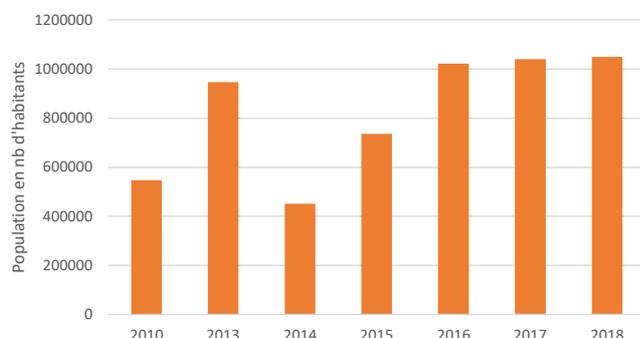
¹² ¹² Emissions biogéniques : composés émis par les plantes ou certaines fermentations.

6.2 Bilan de la pollution en ozone chronique et de pointe sur le département des Bouches-du-Rhône

Tendance d'évolution des niveaux de pollution chronique et de pointes en ozone sur les Bouches-du-Rhône



Bouches-du-Rhône - Exposition des populations au seuil annuel de la valeur cible en ozone



* La pollution chronique à l'ozone présentée ci-dessus se base sur la valeur cible du **Seuil de protection de la santé** : $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile. Cela correspond au percentile 93.2 de ces données journalières ne devant pas dépasser $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figure 24 : Evolution des concentrations chroniques, des concentrations de pointes et de l'exposition de la population à la valeur cible à l'ozone

La pollution chronique à l'ozone est relativement stable, tandis que le nombre de jours de pollution de pointe a diminué et oscille entre une vingtaine et une quarantaine de jours par an de dépassement du $180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ depuis 2014.

L'exposition des populations sur le département des Bouches-du-Rhône fluctue selon les années. Du fait de ses conditions de formation, la pollution chronique à l'ozone est plus importante en zone périurbaine et rurale. En centre-ville, les autres polluants présents conduisent à consommer l'ozone. Il y a par conséquent un effet de seuil dans les centres-urbains denses qui selon les années conduit à réduire ou augmenter sensiblement les populations exposées.

6.3 Synthèse

La formation de l'ozone étant dépendante de l'équilibre des concentrations entre les NOx et les COVNM, la baisse des émissions prévue par le PPA, principalement des NOx, devrait permettre de réduire les contributions du territoire à la formation de l'ozone troposphérique.

En l'état, même si la baisse des émissions de précurseurs ne s'est pas traduite par une baisse des concentrations de fond en ozone ces 10 dernières années, une amélioration de la pollution de pointe est constatée.

La baisse de la production locale d'ozone est probablement compensée par l'augmentation du niveau de fond en ozone au niveau continental/planétaire¹³. Dans les années qui viennent les données de concentrations de fond en ozone et de population exposée à ce polluant devraient peu évoluer si une action plus globale n'est pas menée.

A ce titre, les connaissances restent à approfondir sur les mouvements trans régionaux d'ozone afin d'avoir un diagnostic clair des concentrations de fond observées sur le périmètre du PPA. De plus, afin de pouvoir agir plus efficacement sur les sources, un travail de hiérarchisation des COVNM et du CH_4 en fonction de leur potentiel de création d'ozone pourrait être utile.

¹³ Tendence sur 10 ans de l'ozone troposphérique par continent : [Etude CNRS](#) et [mesure satellite](#)

7. Estimation de l'évolution des concentrations en dioxyde d'azote attendues sur les stations de référence au regard de la valeur limite.

Sur la base de l'analyse des données des stations en proximité du trafic (Marseille Rabatau et Aix Roy René), qui mesurent ou mesureraient jusqu'à il y a peu un dépassement de la valeur limite en dioxyde d'azote sur le territoire du PPA 13, une situation prospective tendancielle sans action a été estimée à 2025 à partir d'une régression linéaire.

Elle a été comparée à la situation prospective 2025 avec actions du PPA. Les concentrations 2025 avec actions PPA modélisées ont été extraites au niveau des stations.

Le seuil de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est respecté en 2019 sur Aix Roy René.

Dans la situation tendancielle, il devrait être respecté en 2023 sur Marseille Rabatau et le respect de la valeur limite sur 3 années consécutives seraient dès lors atteint sur Marseille Rabatau en 2025 et sur Aix Roy René en 2021.

Au regard des concentrations attendues en 2025 dans la modélisation avec actions PPA, le seuil de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pourrait être atteint dès 2022 à Marseille Rabatau. Il est également à noter que la concentration attendue à 2025 sur les deux sites pourrait être inférieure d'environ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à celle d'une situation tendancielle fil de l'eau.

A noter que cette analyse ne tient pas compte de l'effet des confinements et télétravail dus au COVID en 2020-2021.

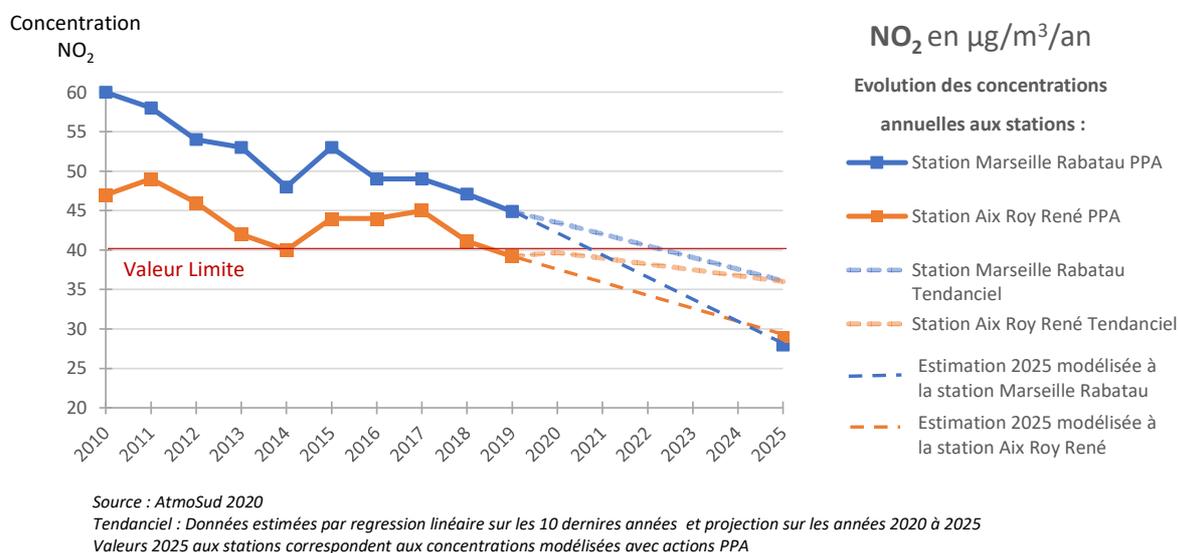


Figure 25 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote observées de 2010 à 2019 et prospectives de 2020 à 2025 selon une situation fil de l'eau (tendancielle) ou modélisée avec actions du PPA

8. Conclusions

Pour améliorer la qualité de l'air, le **Plan de Protection de l'Atmosphère** des Bouches-du-Rhône (PPA 13) définit des actions portées par les acteurs locaux, en vue de limiter les émissions de polluants et maintenir ou ramener les concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux valeurs limites dans la zone concernée. Certaines actions visent également à limiter l'exposition des populations dans les zones où la qualité de l'air est la plus dégradée (maîtrise de l'urbanisme...).

L'évaluation du PPA 13 est réalisée pour l'échéance 2025 pour les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}), les oxydes de soufre (SO_x), l'ammoniac (NH₃) et les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM). Une analyse qualitative est réalisée pour l'ozone.

Bilan de l'évaluation du PPA sur les émissions

Les secteurs d'activités concernés par des actions du PPA13 sont : les transports aérien, maritime, ferroviaire et routier, l'industrie, l'agriculture, et le résidentiel-tertiaire, avec un total de **23 actions notables évaluées**.

L'évaluation de ces actions du PPA13 permet de mettre en évidence que le **secteur routier**, principal émetteur des NO_x et de PM₁₀ sur le département, est aussi le secteur dont les réductions des émissions sont les plus importantes, avec notamment - 1 231 tonnes de NO_x, - 118 tonnes de PM₁₀, et - 77 tonnes de PM_{2,5} grâce notamment à la mise en place du PDU métropolitain et de la ZFEm dans lesquels des modes de déplacements alternatifs et moins émetteurs sont favorisés.

Les actions du **secteur industriel**, au niveau d'Arcelor Mittal, de la raffinerie de Fos et d'Arkema Saint Menet pourraient permettre de gagner 292 tonnes de NO_x, 123 tonnes de PM₁₀, 821 tonnes de SO_x et 114 tonnes de COVNM. Sur le territoire du PPA13, l'industrie est un émetteur important de PM₁₀ et NO_x et majoritaire pour les SO_x et COVNM. La mise en œuvre des arrêtés COV sur le pourtour de l'étang de Berre, la prise en compte des rapports de conclusions des meilleures techniques disponibles pour certains secteurs industriels (directive IED), ainsi que le renforcement de l'encadrement des carrières pourraient permettre un gain sur les différents polluants atmosphériques industriels, mais ces actions n'ont pas pu être évaluées par manque de données disponibles actuellement.

Pour le **secteur maritime**, les actions évaluées permettent de réduire les émissions de NO_x de 665 tonnes (polluant pour lequel le maritime est un émetteur important à hauteur de 26%), de PM₁₀ de 40 t, et de SO_x de 15 tonnes. Cependant, ces gains ne permettent pas de compenser l'augmentation du scénario fil de l'eau 2025 lié aux hypothèses de croissance de l'activité. Ils permettent cependant une diminution ciblée de -65% des émissions des ferries et des paquebots au niveau du port de Marseille (électrification, charte bleue, ...), où les émissions sont au plus près des populations, à l'interface port/centre-ville.

Ces évolutions entraînent notamment un changement important dans le profil d'émission en NO_x du territoire PPA : le secteur maritime devient prépondérant en terme d'émissions juste derrière le secteur industriel alors que la part des transports routiers diminue fortement à l'horizon 2025.

Le **secteur agricole**, notamment en réduisant les brûlages de pailles de riz, serait crédité d'un gain de 36 tonnes de NO_x, 71 tonnes de PM₁₀ et 29 tonnes de NH₃. Le secteur agricole constitue le principal contributeur en NH₃ sur le territoire du PPA 13. Le PPA prévoit une action visant la réduction de la volatilisation de l'ammoniac dans le cadre du développement de la filière méthanisation (action 40), mais celle-ci n'a pu être évaluée.

Les actions sur le **secteur résidentiel** intègrent celles du PCAEM. Concernant le chauffage (fond air bois, aide de l'état au remplacement de chauffage, objectifs de la plateforme métropolitaine de rénovation énergétique) et le brûlage de déchets verts, elles permettraient de réduire de 49 tonnes les émissions en PM₁₀, et de 47 tonnes celles des PM_{2,5}. Sur les COVNM, les actions permettent une réduction de -80 tonnes, le fond Air bois étant l'action évaluée la plus efficace sur ce polluant.

Avec la mise place de MGA2 (Ligne Marseille Gardanne Aix) avec une électrification frugale et des motrices sur batterie, le **secteur ferroviaire** pourrait gagner 18 tonnes de NO_x.

Enfin, suite à l'électrification complète des terminaux 1 et 2 (objectif du dernier PPA), plusieurs actions à venir concernent le **secteur aérien** comme l'amélioration de la performance énergétique de la centrale de production

chaud/froid de l'aéroport, la limitation du temps d'utilisation des APU, et l'optimisation des phases de roulage. Cependant, par manque de données quantifiées ces actions n'ont pas pu être valorisées dans l'évaluation des impacts du PPA 13.

Si l'on compare les gains totaux en émissions évalués à 2025 aux objectifs fixés au niveau national par le **PREPA** (Plan National de Réduction des Polluants Atmosphériques) et au niveau régional par le **SRADDET** (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires), il en ressort les éléments ci-après.

Au niveau national, l'objectif de réduction pour les NOx de 2024 n'est pas atteint. Pour les 4 autres polluants, les objectifs de 2020 à 2029 sont atteints en 2025. Les objectifs à atteindre à partir de 2030 sont respectés dès 2025 pour le NH₃ et les SOx.

Au niveau régional, les objectifs beaucoup plus ambitieux ne sont pas atteints.

Cependant, le **PPA joue le rôle d'accélérateur pour l'amélioration de la qualité de l'air**. Ainsi, entre 2017 et 2025, le PPA 13 accélère, par rapport au scénario tendanciel, la diminution des émissions polluantes du territoire de 1.5 à 2 fois pour les oxydes d'azote et les particules fines. Ce facteur se situe entre 1 et 1.5 fois pour les autres polluants évalués.

Bilan de l'évaluation du PPA sur les concentrations et les populations exposées

De manière globale, les diminutions d'émissions à l'horizon 2025 associées aux actions du PPA 13 devraient permettre de **diminuer significativement les concentrations en NO₂ et assurer le respect de la valeur limite en NO₂ sur la quasi-totalité du territoire**. Des **dépassements sont toujours attendus dans les centres urbains et sur les principaux axes structurants du territoire**, tels que les autoroutes, mais la baisse des concentrations sur ces axes et dans leur proximité immédiate devrait permettre de préserver les populations résidentes : **en 2025**, moins de 500 personnes devraient résider dans une zone où la valeur limite réglementaire pour le NO₂ est dépassée (contre 30 000 en 2019). Ces résultats s'expliquent en grande partie par la mise en œuvre d'actions ciblées dans les zones où la qualité de l'air est particulièrement dégradée (ZFE, report modal PDU, électrification des quais, abaissement vitesses...)

Les **concentrations en particules fines ne devraient pas diminuer significativement, la tendance étant toutefois à l'amélioration**. Bien que la valeur limite soit déjà respectée sur la quasi-totalité du territoire en 2019, un grand nombre de personnes devrait rester exposé à un dépassement de la ligne directrice OMS à l'horizon 2025 après la mise en place des actions du PPA. Pour les **PM₁₀**, le nombre de personnes résidentes exposées à un dépassement de la **ligne directrice de l'OMS** devrait diminuer d'environ 10% avec **380 000 personnes** vivant dans des zones où les concentrations seront supérieures à ce seuil (contre près de 440 000 en 2019), notamment dans les zones urbanisées, industrielles et au niveau des grands axes de circulation.

La diminution de l'exposition des populations aux concentrations en **PM_{2,5}** est plus nette : une baisse de plus de 60% est attendue avec environ 165 000 personnes exposées en 2025 contre près de 440 000 en 2019. Cependant, **cette baisse est plus la conséquence d'un effet de seuil, que celle d'une réelle amélioration de la qualité de l'air pour ce polluant**. En effet, l'amélioration pour les concentrations est de l'ordre du $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Synthèse ozone

L'ozone constitue une problématique persistante sur le département soumis à un ensoleillement favorable à sa formation. L'ozone est un polluant « secondaire » car il n'est pas directement émis dans l'atmosphère par une activité, et « photochimique » car la chaleur et un ensoleillement suffisant sont nécessaires pour sa formation.

La formation de l'ozone étant dépendante de l'équilibre des concentrations entre les NOx et les COVNM, la baisse des émissions prévue par le PPA, principalement des NOx, devrait permettre de réduire les contributions du territoire à la formation de l'ozone troposphérique.

En l'état, même si la baisse des émissions de précurseurs ne s'est pas traduite par une baisse des concentrations de fond en ozone ces 10 dernières années, une amélioration de la pollution de pointe est constatée.

La baisse de la production locale d'ozone est probablement compensée par l'augmentation du niveau de fond en ozone au niveau continental/planétaire. Dans les années qui viennent les données de concentrations de fond en ozone et de population exposée à ce polluant devraient ainsi rester inchangées si une action plus globale n'est pas menée.

Perspectives

Dans l'objectif de créer une dynamique collective autour du PPA 13 pour une mise en œuvre concrète des actions, AtmoSud propose d'assurer le **suivi de la trajectoire fixée**. AtmoSud gère l'inventaire des émissions sur le département et disposera des concentrations aux stations, des cartes annuelles des niveaux en polluants, et des cartes d'exposition sur les 5 prochaines années. Il s'agira de suivre également les **indicateurs propres à chaque action**. Pour cela, il sera nécessaire de collecter les données et les informations sur les actions mises en place et leur état d'avancement afin de pouvoir les évaluer. Ce **suivi d'indicateurs permettra de mesurer l'impact des actions du PPA13 sur la qualité de l'air au fil de l'eau et de donner de la visibilité sur l'état d'avancement et d'ambition du territoire**. Ce suivi sera réalisé en concertation avec la DREAL qui centralisera les données et leur collecte auprès des acteurs-

Dès 2022, une première évaluation de l'impact global des actions pourrait être fournie.

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Pollution de pointe : La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

Objectif de qualité : n niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Valeur cible : Un niveau de concentration 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 la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, 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.

Couche limite : Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief, ...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

Sigles

AASQA : Association Agréés de Surveillance de la Qualité de l'Air

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AMP : Métropole Aix-Marseille-Provence

CCFA : Comité des Constructeurs Français d'Automobile

CD 13 : Conseil départemental 13

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CGDD : Commissariat général au développement durable

CITEPA : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

CPDP : Comité Professionnel du Pétrole

CSA : Carte Stratégique Air

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

GNV : gaz naturel pour véhicules

GPMM : Grand port maritime de Marseille

IED : *Industrial Emissions Directive*

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

MOCAT : MOdèle de CA lcul des émissions du Transport routier

MTES ; Ministère de la Transition écologique

NAPFUE : Nomenclature for Air Pollution of FUEls

ODAS : O Dust at Sinter Plant

OMINEA : Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PCAEM : Plan Climat Air Energie Métropolitain de la Métropole Aix-Marseille-Provence

PDES : Plan de Déplacement établissement scolaire

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PLU : Plan local d'Urbanisme

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

PREPA : Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques

RTM : Régie des Transports de Marseille

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SDES : Service de la donnée et des études statistiques

SETEC : Société d'études techniques et économiques

SNCF : Société Nationale des Chemins de fer Français

SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires.

TC : Transport en commun

UTI : Unité de Transport intermodale

VP : Véhicules particuliers

VUL : Véhicule Utilitaire Léger

ZAS : Zone Administrative de Surveillance

ZFE-m : Zone à Faibles Emissions mobilité

ZTR : Zones à Trafic Régulé

Unité de mesures

GJ : Giga Joule

mg/m³ : milligramme par mètre cube d'air
(1 mg = 10⁻³ g = 0,001 g)

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air
(1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air
(1 ng = 10⁻⁹ g = 0,000000001 g)

tep : Tonnes Equivalent Pétrole représente la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole brut, soit 41,868 gigajoules

Polluants

COVNM : Composés organiques volatiles non méthaniques

CH₄ : Méthane

NH₃ : Ammoniac

NO_x / NO₂ : Oxydes d'azote / Dioxyde d'azote

O₃ : Ozone

PM₁₀ : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM_{2,5} : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

SO_x - SO₂ : Oxydes de soufre – dioxyde de soufre

ANNEXES

ANNEXE 1 Méthode de calcul des champs de concentration de la situation de référence

Pour calculer les concentrations de la situation de référence 2019, un calcul de dispersion complet a été mis en œuvre. Le modèle de dispersion retenu est ADMS-Urban (v3.1) [Atmospheric Dispersion Modelling System] développé par le CERC [Cambridge Environmental Research Consultant]. Il permet de reproduire le transport des polluants émis dans l'atmosphère par différents types de sources (industrielles, routières, résidentielles, ...) en fonction des conditions météorologiques. La formulation du modèle permet d'intégrer ces sources de pollution suivant différentes configurations afin de reproduire au mieux leurs impacts sur les concentrations de polluants : sources ponctuelles, linéaires, surfaciques ou volumiques. La dispersion des panaches dans le modèle est contrainte par les champs météorologiques provenant soit d'observation sur site, soit de modèle numérique. Les variables nécessaires permettent de caractériser l'état de l'atmosphère et de reproduire les mouvements de l'air dans les trois dimensions ainsi que de reproduire les phénomènes d'élimination des polluants tels que le dépôt humide par les précipitations. Le modèle permet également de considérer les différents paramètres environnementaux du domaine d'étude pouvant induire une modification de l'écoulement tels que la topographie, l'occupation du sol, la rugosité...

Sa formulation de type gaussienne est adaptée aux études réalisées à des résolutions spatiales fines en permettant une grande liberté dans le positionnement des points de calculs. Il est possible de répartir ces points à des distances plus ou moins proches des sources d'émissions pour reproduire le plus finement possible les variations de concentrations dans les zones d'intérêts (Figure 26). Pour la situation de référence, la résolution finale de restitution des champs de concentrations est de 25 mètres sur l'ensemble du domaine d'étude.



Figure 26: Exemple de positionnement des points de calculs pour le traitement des sources linéaires (gauche) et des sources ponctuelles (droite)

L'intégralité des sources d'émissions, calculée par AtmoSud dans le cadre de la réalisation annuelle de l'inventaire régional des émissions sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est intégrée dans le calcul de dispersion¹⁴. Cela comprend l'intégralité des émissions dues aux activités industrielles et à la production d'énergie, la gestion des déchets, les transports routiers et non routiers tels que le transport aérien et maritime, les activités du secteur tertiaire ainsi celles du résidentiel, les activités du secteur agricole et toutes les sources naturelles d'émissions.

Pour les études couvrant un territoire de grandes dimensions (plusieurs kilomètres), le domaine d'étude est découpé en multiples sous-domaines permettant d'intégrer des conditions météorologiques adaptées à chaque sous-domaine et pouvoir tenir compte de propriétés physiques différentes telles que la rugosité, l'albedo, ... Les sous-domaines utilisés pour le calcul de référence de cette étude sont de 6km x 6km (Figure 27)

¹⁴ AtmoSud, Les inventaires territoriaux Air-Climat-Energie, 2019 -

https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/190724_plaquette_inventaires_territoriaux_0.pdf

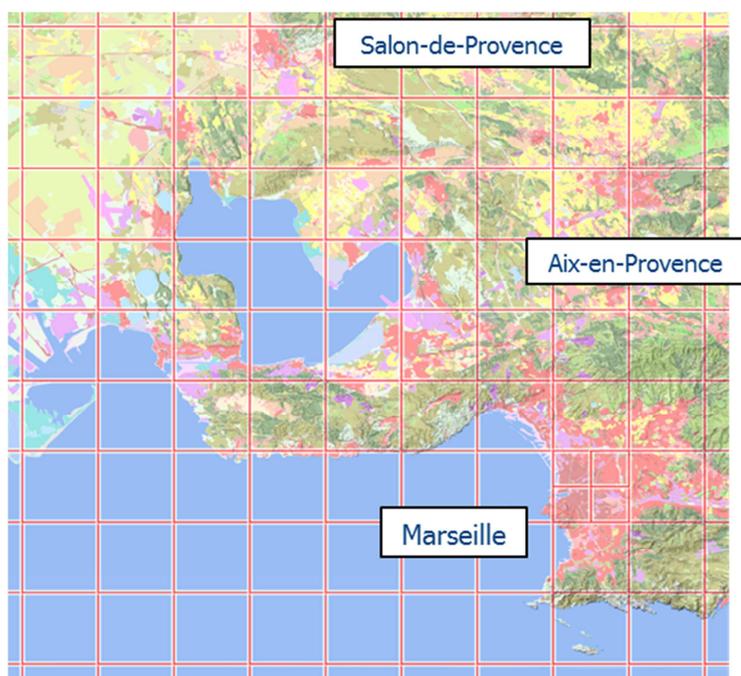


Figure 27 : Exemple de l'emprise des sous-domaines sur le territoire du PPA13

Les données d'observation des stations fixes du réseau d'observation de la qualité de l'air déployé par AtmoSud ainsi que l'ensemble des campagnes de mesures mobiles et temporaires sont assimilées aux résultats de modélisations dits « bruts ». Cette étape de correction des simulations permet de garantir la meilleure représentation des champs de concentrations en s'assurant que les résultats fournis sont conformes aux observations à l'emplacement des sites de mesures.

Une agrégation temporelle des résultats obtenus est effectuée pour chacune des mailles du domaine d'étude afin de calculer les statistiques réglementaires associées aux polluants pris en compte. Pour cette étude, les statistiques réglementaires reportées sont la moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO₂) dont la valeur limite est fixée à 40 µg/m³, le percentile 90.4 de la concentration journalière en PM₁₀, correspondant à la concentration moyenne journalière du 36^{ème} jour le plus élevé, dont la valeur limite est fixée à 50 µg/m³ et la moyenne annuelle en PM_{2.5}. La statistique réglementaire portant sur la moyenne annuelle des PM₁₀ et dont la valeur limite est fixée à 40µg/m³ n'est pas reportée dans cette étude afin d'alléger le rapport. La dynamique de ces deux statistiques étant proches, les conclusions apportées par l'étude du percentile 90.4 de la concentration journalière sont similaires à celles de la moyenne annuelle. Le critère le plus péjorant pour la qualification de la qualité de l'air a été retenu.

Cette chaîne de calculs est développée depuis plusieurs années par les équipes d'AtmoSud. Elle est utilisée dans différentes études et également pour la réalisation des cartographies annuelles. Ces sorties permettent d'estimer les surfaces et populations exposées aux dépassements des valeurs limites en dioxyde d'azote (NO₂) ainsi qu'en particules fines (PM₁₀) pour alimenter les rapports annuels au niveau européen.

ANNEXE 2 Méthode de calcul des champs de concentration pour les scénarios

Méthode d'estimation pour les variations d'émissions non spatialisées

Dans le cadre de cette évaluation, une approche innovante a été utilisée afin de réduire les temps de calculs tout en conservant une qualité de restitution. Cette approche se base sur la définition de relations entre les sources (émissions) et les récepteurs (sites où la concentration est estimée). Elle a été développée et mise en œuvre dans le cadre du projet européen CLIMAERA¹⁵ du programme ALCOTRA.

Le principe de cette méthode consiste à trouver une relation numérique entre les émissions et les concentrations de chaque maille du domaine. Pour cela, un grand nombre de scénarios de réduction d'un ou plusieurs polluants sont réalisés initialement avec un modèle déterministe de chimie-transport atmosphérique. Un algorithme d'apprentissage établit ensuite pour chaque maille « réceptrice » du domaine de calcul la différence attendue en termes de concentrations en fonction des variations d'émissions de chacune des cellules sources.

Au terme de la phase d'apprentissage, la validation de la méthode est réalisée en comparant les résultats restitués par l'approche dite « Source-Récepteur » et l'approche classique réalisant un calcul déterministe des champs de concentrations. La Figure 28 présente les résultats des tests de validation de la méthode réalisés au cours du projet CLIMAERA.

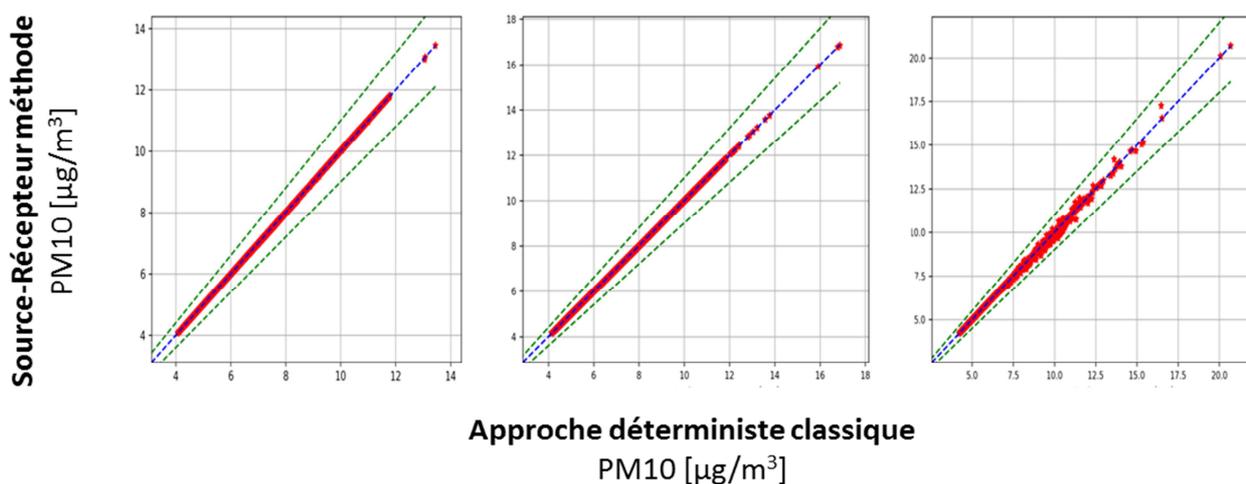


Figure 28 : comparaison des résultats en PM_{10} sur l'ensemble de la région Sud à partir de l'approche « Source-Récepteur » et de l'approche déterministe classique pour un scénario de réduction de 50% des émissions de précurseurs particuliers (gauche), un scénario de réduction de 25% des émissions de précurseurs particuliers (milieu), et un scénario de de réduction de 25% des émissions de précurseurs particuliers uniquement sur Marseille, Nice, Toulon et Aix-en-Provence

Ainsi, il apparaît très clairement que la méthode « Source-Récepteur » peut se substituer à une approche classique. Il est à noter que la qualité de cette approche est conditionnée par le nombre de scénarios initiaux réalisés ainsi que par la qualité de tests paramétriques effectués.

Dans le cadre de cette étude, les relations « Source-Récepteur » ont été configurées sur la base de scénarios réalisés avec le modèle de chimie-transport CHIMERE (chimere2017r4) utilisant des données météorologiques issues du modèle WRF (wrf-v3.9). La résolution spatiale finale des calculs est de 3km. Les émissions anthropiques utilisées par CHIMERE sont issues du cadastre 2013 calculées par AtmoSud. Au moment de l'étude, ce cadastre était le plus récent dont disposait AtmoSud dans ses chaînes de modélisation opérationnelles.

¹⁵ <https://www.climaera.eu/fr/>

Méthode d'estimation pour les variations d'émissions routières spatialisées

Dans le cadre de cette étude, une méthode spécifique d'estimation de l'évolution des champs de concentrations a été mise en œuvre. Cette méthode vise à simplifier les calculs d'impact sur les concentrations et à réduire les temps de calculs associés. Les résultats produits par cette méthode fournissent des valeurs de concentrations indicatives et ne se substituent pas à la réalisation d'une étude de dispersion complète.

L'hypothèse de base permettant la simplification du système est de considérer une relation linéaire directe au niveau de la source de rejet entre les émissions de polluants et leurs contributions à la concentration. La dispersion de cette contribution autour des axes routiers est ensuite représentée par une décroissance gaussienne, fonction de la distance à l'axe, de formulation :

$$\text{Contribution}(d) = \alpha \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{d-\mu}{\sigma}\right)^2},$$

avec : d la distance à l'axe, α le facteur d'évolution, μ et σ les paramètres d'ajustement de la fonction gaussienne.

Les données d'entrées nécessaires à la réalisation de ces calculs sont :

- la cartographie fine échelle des concentrations pour la situation de référence
- les émissions de polluants sur chaque portion d'axe pour les différents scénarios

La réalisation de plusieurs tests paramétriques a permis de définir l'ajustement des paramètres des gaussiennes (écart-type) en fonction de la distance à l'axe, du trafic associé et du polluant étudié

► Application de la méthodologie aux concentrations en NO₂

L'application de cette méthodologie aux concentrations en NO₂ est directe, c'est-à-dire qu'il est considéré que seules les émissions routières ont une contribution sur les concentrations de ce polluant au niveau des axes routiers avec pour limite la concentration de fond environnante. Ceci signifie qu'il n'est pas permis que la suppression d'un axe routier réduise les concentrations dans un niveau moindre qu'une zone non exposée à cette source d'émission.

► Application de la méthodologie aux concentrations en particules

Pour appliquer cette méthode d'estimation aux concentrations en particules, il est nécessaire au préalable d'estimer la contribution du secteur routier sur leurs concentrations dans le périmètre de l'étude. Pour cela, AtmoSud dispose de moyens de mesures permettant le suivi des particules fines PM₁₀ et PM_{2,5} en concentration massique, du carbone suie ou « Black Carbon » pour permettant d'estimer la contribution du trafic routier et de la combustion de biomasse sur les concentrations en PM₁₀.

En complément, des études sont menées en différents points du territoire pour caractériser la composition chimique des particules en suspension dans l'air ambiant et permettre de remonter aux contributions des sources émettrices. A partir de ces différents éléments, il est possible d'estimer la contribution du trafic routier aux concentrations en PM₁₀.

Le Tableau 47 présente les résultats de la contribution du transport routier sur les concentrations en PM₁₀ par deux méthodes d'estimation au niveau du site de fond urbain de Marseille / Longchamp, représentatif du fond urbain de la métropole d'Aix-Marseille-Provence, à partir des données de mesure en black carbon, permettant d'identifier la combustion de fuel et de l'étude « 3 villes »¹⁶.

16 Etude 3 ville : <https://www.airpaca.org/publications/etude-de-la-composition-chimique-des-pm10-marseille-nice-et-port-de-bouc>

Tableau 47 : Estimation de la contribution du transport routier sur les concentrations en PM_{10} au niveau du site de fond urbain de Marseille / Longchamp à partir des données AE33 et de l'étude « 3 villes ».

Estimation de la part du trafic routier sur le site de fond.	2016 et 2017– AE 33 Black Carbon	2014-2016 Etudes 3 Villes
Période froide	16.2%	16%
Période chaude	13.7%	15%
Moyenne	14.7%	15 %

Les résultats issus de deux méthodes totalement distinctes sont homogènes et permettent d'évaluer la contribution du transport routier sur les concentrations en PM_{10} de fond urbain dans la métropole d'Aix-Marseille-Provence à 15 %.

Pour l'application de cette méthode d'évaluation, il est également nécessaire d'estimer la contribution du secteur routier sur les concentrations en proximité du trafic. Cette estimation est réalisée en analysant les écarts entre les sites urbains de fond du territoire et les sites de typologie trafic routier les plus proches, ainsi qu'en analysant les contributions du trafic routier mesurées lors de campagne temporaire sur des sites sous l'influence directe du transport routier.

Ces différents résultats permettent d'évaluer la sur-contribution du transport routier sur les concentrations des sites à proximité du trafic routier à 20%.

Pour calculer l'abattement des concentrations en particules par l'application de la méthode mise en œuvre dans le cadre de cette étude, il est alors nécessaire d'appliquer tout d'abord le facteur d'abattement moyen issu du calcul des émissions proportionnellement à la contribution du transport routier sur les concentrations de fond urbains, de manière homogène sur l'ensemble du domaine d'étude. Puis l'abattement en émissions sur chacun des axes est appliqué au niveau des sources d'émissions proportionnellement à la contribution du transport routier sur les concentrations de proximité avec une décroissance gaussienne en s'éloignant de l'axe.

ANNEXE 3 Modèle Times – SUD PACA

Pour les secteurs aérien, maritime et ferroviaire du PPA, le tendanciel est calculé à partir de l'évolution des consommations par type d'énergie et par secteur entre 2016 et 2025, issue des données prospectives énergétiques Times-SUD PACA¹⁷. Les données d'évolution sont analysées sur la zone BDR1 du modèle prospectif.

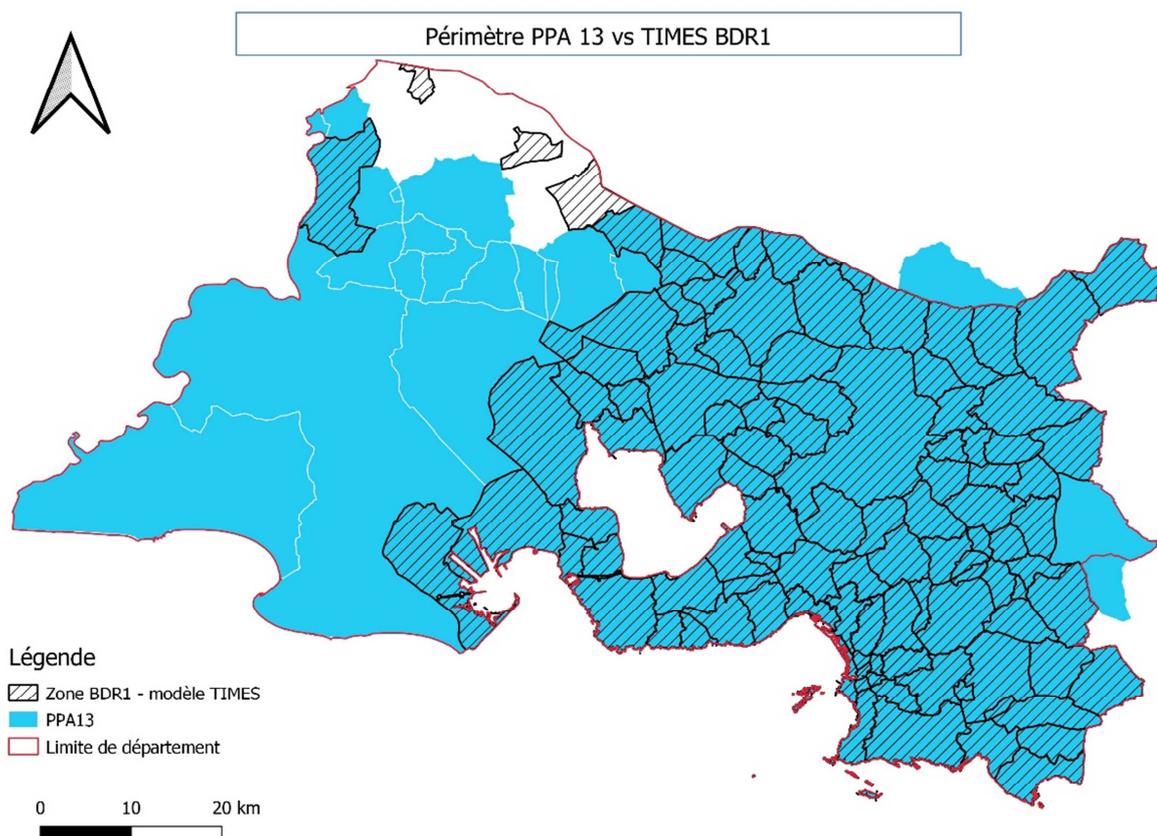


Figure 29 : Cartographie des communes couvertes par les périmètres TIMES et PPA 83

Le périmètres PPA13 et BDR1 ne sont pas tout à fait les mêmes mais cela n'a pas de grande incidence puisque ce ne sont pas les données brutes qui seront réutilisées dans l'étude mais bien la tendance d'évolution des consommations sur la zone. Cette évolution est ensuite appliquée aux données 2016 de la zone PPA du dernier inventaire communal de consommations énergétiques d'AtmoSud18, afin d'estimer les consommations 2025 pour le PPA13 pour les secteurs concernés.

¹⁷ Modèle TIMES-SUD PACA : Carlos Andrade, Sandrine Selosse et Nadia Maïzi, MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Mathématiques Appliquées, Sophia Antipolis.

¹⁸ Inventaire communal AtmoSud sur la région SUD PACA : consommations, émissions de GES et de polluants atmosphériques, v6.3

Modélisation prospective pour analyser la transition énergétique de la région SUD Provence-Alpes-Côte-D'azur

Carlos ANDRADE, Sandrine SELOSSE, Nadia MAIZI

Dans le cadre de la thèse « Prospective énergétique PACA, quelles transformations du territoire pour assurer une transition énergétique et d'économie circulaire », cofinancée par la région SUD PACA et l'ADEME et menée au Centre de Mathématiques Appliquées de MINES ParisTech à Sophia Antipolis, un modèle d'optimisation technico-économique du système énergétique de la région a été développé afin d'analyser les différents sentiers que la région pourrait suivre pour mener sa politique de transition énergétique.

Méthodologie

Ce modèle repose sur le paradigme TIMES (*The Integrated Markal-EFOM System*) largement utilisé dans le monde depuis les années 1970 pour réaliser des exercices énergétiques et environnementaux de long terme. Développé dans le cadre de la communauté internationale « *Energy Technology Systems Analysis Program* » (ETSAP) de l'Agence International de l'énergie (AIE), TIMES est un générateur de modèles combinant deux approches de modélisation de l'énergie différentes et complémentaires : une approche d'ingénierie technique et une approche économique. Ce modèle bottom-up technico-économique repose sur une représentation très détaillée de technologies et sur un programme d'optimisation linéaire visant à définir un système énergétique de moindre coût, optimisé en fonction d'un certain nombre de contraintes (techniques, environnementales, économiques et/ou politiques) définies par l'utilisateur, sur des horizons temporels de moyen à long terme et des périmètres géographiques variables, allant du monde à la ville (<https://iea-etsap.org/>).

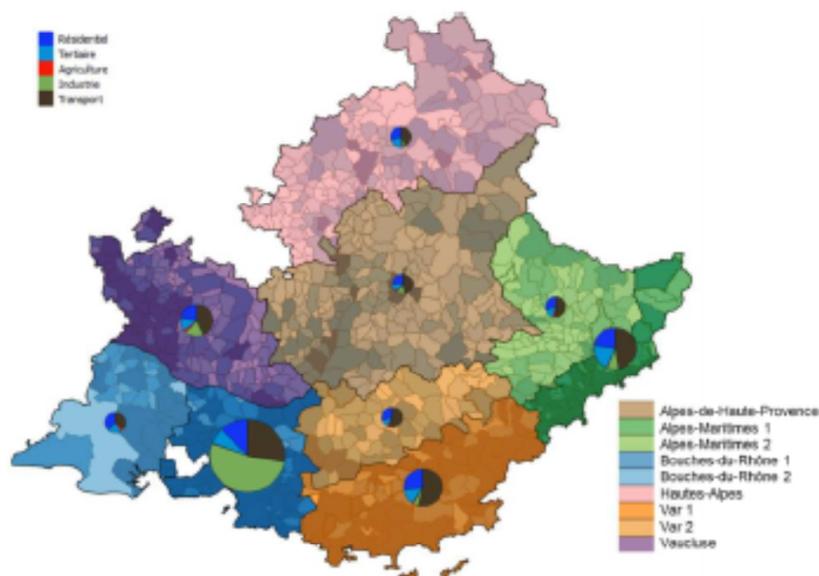
La construction du modèle TIMES débute par la représentation du système énergétique du territoire ciblé à une année de base, qui servira de référence. Cette image repose sur des données observées. Le territoire peut être décliné en différentes sous-régions. Le modélisateur renseigne ainsi toute la structure technico-économique du système énergétique qu'il souhaite étudier (allant des technologies de conversion à la consommation de services énergétiques ; de l'énergie primaire à l'énergie finale, etc.) détaillée par secteur (transport, industrie, résidentiel, etc.). Le modèle repose ainsi sur une description complète de chaque ressource énergétique (commodité) et des technologies pouvant être installées et exploitées par le modèle dans le but de satisfaire la demande. Cette dernière est exogène, c'est-à-dire que c'est l'utilisateur qui doit la renseigner pour l'ensemble de l'horizon temporel qui est lui-même déterminé par le modélisateur. Cette représentation est complétée par une série de contraintes (techniques, d'approvisionnement, etc.) et/ou de scénarios (environnementaux, économiques, politiques, etc.). Enfin, le modèle va optimiser le système en minimisant le coût total actualisé de l'ensemble du système énergétique sur l'ensemble de l'horizon temporel et pour l'ensemble des sous-régions le cas échéant, en satisfaisant la demande et les différentes contraintes.

Modèle TIMES SUD PACA

Sur cette base, le modèle TIMES SUD PACA représente d'une manière détaillée le système énergétique de la région sur un horizon temporel allant de 2016 (année de base) à 2050. La région a

été découpée en neuf zones : les départements Alpes-de-Haute-Provence (AHP), Hautes-Alpes (HA) et Vaucluse (VAUC), puis les départements des Bouches-du-Rhône (BDR), du Var et des Alpes-Maritimes (AM) qui ont été déclinées en deux zones, une zone à haute consommation et une zone à faible consommation, afin de tenir compte de la consommation énergétique davantage concentrée sur les zones littorales où se concentrent elles-mêmes les activités économiques et la population (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

Figure 1 : Découpage de la région SUD PACA dans le cadre de la modélisation prospective



Ce modèle décrit les différents moyens d’approvisionnement d’énergie primaire de la région (importations et production locale), les diverses technologies de transformation (centrales électriques, méthaniseurs, etc.) qui ont été installées jusqu’à l’année de base et les technologies qui pourront être développées par la région d’ici 2050. Il détaille aussi les différents moyens de transport des énergies (réseaux électrique et gazier, etc.) ainsi que les différents secteurs de consommation (résidentiel, tertiaire, transport, industrie et agriculture) avec ses différents services énergétiques (chauffage, cuisson, transport de personnes, etc.). Les résultats du modèle permettront des analyses et discussions sur les possibles trajectoires du paysage énergétique régional à l’horizon 2050 : comment et où développer les énergies disponibles sur la région, quel potentiel et impact de différents projets énergétiques comme HyGreen sur l’ensemble de la région, comment répondre à des objectifs de décarbonation du système énergétique, etc.

Description des scénarios

Dans le cadre du modèle TIMES SUD PACA, quelques scénarios ont été développés et plusieurs autres sont en cours de construction. Ci-dessous, est présenté le scénario tendanciel avec ses principales hypothèses et contraintes.

Tout d’abord, la demande d’énergie, pour les différents secteurs et chacune des neuf zones, a été projetée jusqu’à l’année 2050 en suivant l’évolution de la consommation énergétique de chaque service énergétique de la période (2010-2016). Les données ont été fournies par AtmoSud. De cette façon, chaque demande de service énergétique présente une évolution spécifique, qui suit les tendances des années passées. Des scénarios de sensibilité peuvent être implémentés pour faire

évoluer cette demande et discuter ainsi différents sentiers d'évolution. Les tendances passées ont également été utilisées comme base de référence pour déterminer l'évolution de la consommation de chaque énergie (électricité, gaz naturel, biomasse, produit pétroliers, etc.) pour chaque demande sectorielle, pour chaque zone et pour l'ensemble de l'horizon temporel. Des bornes maximales et minimales d'évolution ont été supposées, en considérant par exemple que si la consommation d'une énergie avait connu une baisse sur la période, le niveau de consommation de cette énergie pour ce secteur à l'année de référence constituerait la borne maximale pour toutes les périodes. A l'inverse, lorsque la consommation d'énergie pour un secteur augmente, cette dernière peut être consommée au moins au même niveau qu'à l'année de base. Par exemple, dans les Alpes-de-Haute-Provence, la consommation d'électricité dans le secteur de l'industrie a connu une hausse entre 2010 et 2016 d'environ 1 %, mais la consommation des produits pétroliers a connu une réduction d'environ 3 % dans la même période : le niveau de consommation du pétrole de l'industrie pour cette zone en 2016 constitue la borne maximale à chaque période de l'horizon temporel.

En termes de production, en 2016 la région a une production d'électricité provenant des technologies renouvelables, i.e. hydraulique, éolien, solaire photovoltaïque au sol et en toiture, et biomasse. L'électricité est également produite par des énergies fossiles, gaz naturel et produits pétroliers. Ces technologies seront aussi disponibles sur l'ensemble de l'horizon temporel mais, dans le scénario tendanciel, de nouvelles technologies (e.g. des technologies marines) ne sont pas introduites (il n'en est pas de même pour les autres scénarios). Les caractéristiques technico-économiques des différentes technologies sont par exemple les rendements, les durée de vie, les coûts d'investissement, les coûts fixe et variable, les facteurs de disponibilité, les taux d'actualisation, etc. Concernant les rythmes de développement des énergies, notamment renouvelables, des contraintes ont été fixées au regard des tendances passées et des potentiels déployables. Ces derniers ont été collectés auprès des études de potentiels faites pour la région. S'agissant du recours aux énergies fossiles dans la production d'électricité, il est soumis à une contrainte maximale au vu du niveau à l'année de base dans la mesure où il n'y a pas de projets envisageant une augmentation des capacités pour ces types d'énergies. Le modèle détermine ainsi le mix optimal sur tout l'horizon temporel suivant les besoins énergétiques et ces contraintes.

Perspective de développement du modèle

D'autres scénarios sont en cours de développement, et en premier lieu, un scénario intégrant les politiques énergétiques de la région mis en avant dans le cadre du SRADDET. L'objectif est d'analyser quels sont les effets sur le système énergétique d'une application des politiques énergétiques de la région en termes de production et de réduction de la demande et quelles sont les actions à mettre en œuvre pour y arriver. En second lieu, un scénario envisageant une hypothétique indépendance de la région PACA pourra être analysée, tout comme un scénario zéro émission en 2050. Dans ces contextes, de nouvelles contraintes et hypothèses seront déterminées, notamment concernant les technologies touchant à l'hydrogène, la filière de biogaz, les énergies marines, etc.

ANNEXE 4 Catégories d'énergie

Catégorie d'énergie	Energie	Catégorie d'énergie	Energie		
Autres énergies renouvelables (EnR)	Autres déchets agricoles solides	Chaleur et froid issus de réseau (émissions indirectes)	Chaleur		
	Bio-alcool		Chaleur issue du chauffage urbain		
	Biocarburant essence		Froid		
	Biocarburant gazole		Vapeur industrielle		
	Biocarburant pour fioul domestique		Combustibles Minéraux Solides (CMS)	Aggloméré de houille	
	Biogaz			Brique de lignite	
	Boues d'épuration			Charbon	
	Carburacteur - agro-carburant			Charbon à coke	
	Chaleur issue de la géothermie			Charbon sous-bitumineux	
	Chaleur issue du solaire thermique			Coke de gaz	
	Déchets agricoles (pailles, etc.)			Coke de houille	
	Essence aviation - agro-carburant			Coke de lignite	
	Farines animales			Combustibles dérivés de déchets	
	Gaz de décharge			Lignite	
	Gazole non routier (GNR) - agro-carburant			Schistes bitumineux	
	Kérosène - agro-carburant			Tourbe	
	Liqueur noire			Electricité	Electricité
	Miscanthus			Gaz Naturel	Gaz naturel
Ordures ménagères (organique - renouvelable)	Gaz naturel liquéfié				
	Gaz naturel pour véhicules (GNV)				
Autres non renouvelables	Autres combustibles gazeux	Produits pétroliers		Autres lubrifiants	
	Autres combustibles liquides		Autres produits pétroliers (graisses, ...)		
	Autres combustibles solides		Bitumes		
	Autres déchets liquides		Carburacteur		
	Autres solvants usagés		Cires et paraffines		
	Déchets industriels solides		Coke de pétrole		
	Gaz d'aciérie		Emulsion eau gazole (aquazole)		
	Gaz de cokerie		Essence auto		
	Gaz de haut fourneau		Essence aviation		
	Gaz d'usine à gaz		Fioul domestique		
	Gaz industriel		Fioul lourd		
	Hydrogène		Gaz de pétrole liquéfié		
	Mélange de gaz sidérurgiques		Gaz de raffinerie / pétrochimie		
	Ordures ménagères (non organique - non renouvelable)		Gazole		
	Plastiques		Gazole non routier (GNR)		
Pneumatiques	Huile de moteur à essence				
Bois-énergie (EnR)	Bois et assimilés	Huile de moteur diesel			
	Briquettes	Huile de schiste bitumineux			
	Buches	Kérosène			
	Charbon de bois	Mélange fioul / charbon			
	Déchets de bois	Naphta			
	Ecorces	Pétrole brut			
	Granulés	Produits d'alimentation des raffineries			
	Plaquettes	White spirit			
	Plaquettes industrielles				
	Sciures				

Tableau 48 : Détail des catégories d'énergie

ANNEXE 5 Analyses complémentaires AtmoSud

Éléments sur les perspectives d'émission de dioxyde d'azote sur les ports de Marseille et Fos-Sur-Mer

► **Évolution de la consommation du maritime de + 14% entre 2016 et 2025 et de +19% des émissions de NOx entre 2017 et 2025**

L'écart de +14 % correspond à la variation de consommation issu du modèle TIMES entre 2016 et 2025. Dans les évaluations et la réalisation du scénario 2025 fil de l'eau, l'analyse de l'évolution des émissions de NOx porte sur les années 2017 et 2025. L'évolution entre 2016 et 2017 étant de -5% de consommation. L'évolution sur les émissions de +19% entre 2017 et 2025 est cohérente avec l'évolution de la consommation d'énergie.

Evolution de la conso du Maritime PPA13 issue de l'inventaire :

Zone	Energie	Secteur	Unité	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PPA 13	Produits Pétroliers	Maritime	Tep/an	138 043	132 716	133 864	141 625	163 140	155 713
Evolution par rapport à l'année précédente					-3.9%	0.9%	5.8%	15.2%	-4.6%

Tableau 49 : Evolution des données de consommations de carburant du secteur maritime sur la zone PPA 13 sur l'inventaire 2017 AtmoSud

► **Éléments issus du projet stratégique 2020-2024 du GPMM**

Les données d'évolution du modèle TIMES SUD PACA pour le secteur maritime ont été vérifiées au regard des hypothèses connues de croissance de l'activité du GPMM détaillées dans les versions de travail de son plan stratégique. Elles sont cohérentes

Pour chaque type de navire, le ratio correspondant au prospective est appliqué pour estimer les émissions 2025. Pour les types de navire ne pouvant pas être fléché sur une activité, les émissions 2025 ont été estimées identiques à celle de 2017 (pêche, travaux, etc....).

	NOx 2017 - port Fos Marseille en kg/an	Nombre escale 2017	Ratio issu prospective	NOx 2025 estimé - port Fos Marseille en kg/an
Total	12 182 601			14 405 828
				18%

Tableau 50 : données prospectives économique par activité du port du GPMM

L'évolution des émissions de NOx estimée à partir de cette approche est de +18% entre 2017 et 2025 fil de l'eau.

L'estimation issue du modèle TIMES prévoyant une augmentation de +19% entre 2017 et 2025 est donc très similaire.

► **Commentaire et limite de l'exercice**

Il est important de souligner que les données utilisées ne donnent qu'un ordre de grandeur, ainsi il n'y a pas nécessairement une bonne corrélation linéaire entre les indicateurs économique d'activité et les émissions de NOx.

Pour permettre une estimation consolidée, c'est surtout le nombre d'escale et les caractéristiques des navires attendus en 2025 qui permettraient une estimation des émissions de NOx consolidées pour l'année 2025.

Éléments sur la contribution des émissions de particules fines dans le secteur résidentiel tertiaire provenant du chauffage au bois.

Sur la zone du PPA 13 on observe les éléments suivants :

Type de chauffage	Mode de chauffage	Nb logement	Émission PM10 en tonnes/an en 2017	Conso en tep de bois par an en 2017	% PM10	Conso/logement
Appareil Flamme Verte 3*	Base	10 093	24	4 173	2.1%	0.413
Appareil dit non performant	Base	50 609	543	28 697	48.7%	0.567
Appareil Flamme Verte 3*	Appoint	19 509	18	3 163	1.6%	0.162
Appareil dit performant	Appoint	97 829	529	25 353	47.5%	0.259

Tableau 51 : Contribution aux émissions de PM10 par type et mode de chauffage au bois sur la zone du PPA 13

Le ratio de consommation entre base et appoint :

Le ratio base/appoint est donné par une étude ADEME (étude chauffage domestique au bois). Les dernières données datent de 2015 (avec des études en 2008 puis 2012) avec du 46%/54% sachant qu'un logement avec une énergie de base différente du bois peut avoir un appoint au bois.

Le nombre total de logement avec chauffage au bois :

Sur le nombre de logement équipé d'un chauffage au bois, il n'y a aucune donnée disponible pour la région ni même au niveau national. L'INSEE (et la base SITADEL2) ne propose une donnée que dans une catégorie « autre énergie ». Il est attribué un chauffage au bois à une grande partie de ces logements (dans la limite de 1 appareil par logement).

Sur les parcs d'appareil :

Les parcs d'appareil au bois s'est arrêté au FV 3* parce qu'on ne dispose pas parc bois après 2015.

Ce calcul constituera le sujet central au prochain GT Résidentiel de l'outil national Prisme pour améliorer l'évaluation de ce secteur.

Éléments sur le tendancier en NH₃ du secteur agriculture

L'hypothèse du PCAEM était de maintenir les émissions de NH₃ stables entre 2012 et 2024 sur la zone AMP. Les données mentionnées présentent une valeur très proche sur la zone PPA13 entre ces deux années ce qui explique l'écart 2017 2025.

Au regard de l'évolution des émissions de l'agriculture sur ce polluant, ce choix conduit peut-être à surestimer le gain du fil de l'eau. Nous ne disposons pas d'éléments allant dans un sens ou l'autre sur ce point. Ce secteur va également faire l'objet d'une importante mise à jour dans le cadre de l'inventaire 2019 courant 2021.

ANNEXE 6 Tableaux de données par polluants et par secteur

Oxydes d'azote – NOx

Secteur	unité	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA
Aérien	t	333	348	381	362	346	348	350	363	316	316
Agriculture	t	1 231	1 130	878	913	874	936	888	1 041	804	768
Ferroviaire	t	74	85	93	97	101	117	108	112	124	105
Industrie	t	30 421	23 166	19 971	22 409	19 454	17 977	17 979	16 200	14 847	14 555
Maritime	t	11 398	14 168	10 801	10 384	10 473	11 081	12 764	12 183	14 518	13 852
Résidentiel/Tertiaire	t	1 985	2 266	1 994	2 069	1 730	1 750	2 084	1 923	1 335	1 311
Transports routier	t	21 306	18 429	16 837	16 167	15 579	15 254	14 882	14 257	9 302	8 072
Total émission NOx PPA 13	t	66 746	59 592	50 954	52 401	48 557	47 462	49 055	46 078	41 246	38 980

Tableau 52 : Données d'émission par secteur en NOx du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13

Particules fines PM₁₀

Secteur	unité	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA
Aérien	t	32	34	35	33	32	32	31	34	30	30
Agriculture	t	574	657	700	526	562	559	563	595	596	525
Ferroviaire	t	67	90	94	95	85	105	103	104	125	124
Industrie	t	7 121	5 643	3 600	3 762	3 528	3 295	2 892	2 992	2 691	2 569
Maritime	t	797	980	604	581	586	620	714	681	812	771
Résidentiel/Tertiaire	t	1 551	1 669	1 427	1 527	1 325	1 369	1 479	1 482	1 367	1 319
Transports routier	t	2 141	1 967	1 821	1 751	1 707	1 698	1 691	1 645	1 444	1 327
Total émission PM₁₀ PPA 13	t	12 283	11 041	8 281	8 275	7 824	7 677	7 472	7 533	7 064	6 665

Tableau 53 : Données d'émission par secteur en PM₁₀ du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13

Particules fines PM_{2.5}

Secteur	unité	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA
Aérien	t	19	20	21	20	19	19	18	20	17	17
Agriculture	t	401	493	542	374	401	402	400	440	450	383
Ferroviaire	t	19	28	29	30	28	33	33	33	40	40
Industrie	t	4 740	3 745	2 295	2 400	2 237	2 055	1 747	1 738	1 567	1 445
Maritime	t	755	929	572	550	555	587	676	645	769	731
Résidentiel/Tertiaire	t	1 477	1 592	1 356	1 453	1 256	1 299	1 407	1 410	1 297	1 249
Transports routier	t	1 618	1 443	1 293	1 224	1 170	1 146	1 124	1 077	853	775
Total émission PM_{2.5} PPA 13	t	9 030	8 250	6 108	6 051	5 666	5 541	5 404	5 363	4 992	4 640

Tableau 54 : Données d'émission par secteur en PM_{2.5} du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13

Oxydes de soufre – SO_x

Secteur	unité	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA
Aérien	t	29	31	33	31	30	30	30	31	27	27
Agriculture	t	52	45	30	20	22	22	22	24	20	16
Ferroviaire	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrie	t	63 651	43 247	30 840	27 346	23 785	22 763	19 054	14 493	12 453	11 572
Maritime	t	7 819	9 171	280	268	270	286	328	312	372	357
Résidentiel/Tertiaire	t	635	387	310	308	255	265	238	237	281	256
Transports routier	t	137	29	29	28	29	29	30	30	29	29
Total émission SO_x PPA 13	t	72 324	52 911	31 521	28 002	24 389	23 395	19 703	15 127	13 182	12 257

Tableau 55 : Données d'émission par secteur en SO_x du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13

Composés organiques volatiles non méthaniques – COVNM

Secteur	unité	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA
Aérien	t	55	56	56	52	50	50	50	52	45	45
Agriculture	t	458	541	581	385	415	416	411	461	485	409
Ferroviaire	t	6	6	7	7	8	9	8	8	9	9
Industrie	t	20 771	14 667	12 455	11 968	11 451	14 626	11 189	10 145	9 106	8 992
Maritime	t	388	484	385	370	374	395	455	435	518	516
Résidentiel/Tertiaire	t	9 244	9 074	7 409	7 372	7 490	7 026	7 317	7 345	7 127	7 048
Transports routier	t	5 695	3 579	2 621	2 291	2 045	1 880	1 739	1 460	884	843
Total émission COVNM PPA 13	t	36 616	28 407	23 514	22 445	21 831	24 402	21 169	19 906	18 175	17 861

Tableau 56 : Données d'émission par secteur en COVNM du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13

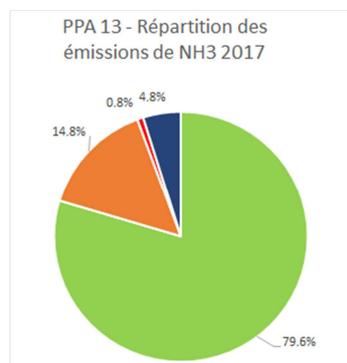
Ammoniac – NH₃

Secteur	unité	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2025 fil de l'eau	2025 actions PPA
Aérien	t	-	-							-	-
Agriculture	t	1 939	1 841	1 678	1 791	1 695	1 907	1 826	2 036	1 589	1 561
Ferroviaire	t	-	-							-	-
Industrie	t	315	489	490	370	317	308	360	379	350	350
Maritime	t	-	-							-	-
Résidentiel/Tertiaire	t	15	18	17	19	16	17	19	19	15	15
Transports routier	t	313	232	178	158	148	138	131	123	90	89
Total émission NH₃ PPA 13	t	2 582	2 580	2 362	2 338	2 176	2 369	2 336	2 557	2 044	2 014

Tableau 57 : Données d'émission par secteur en NH₃ du tendanciel et des scénarios sur le PPA 13

ANNEXE 7 Analyse des émissions de NH₃ sur le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône.

Etat des lieux des émissions de NH₃ sur les Bouches-du-Rhône



Total NH₃ : 2 557 t

PPA des Bouches-du-Rhône

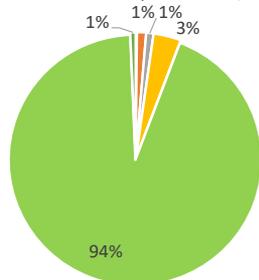
Pour le NH₃, 2 557 tonnes sont émises en 2017 sur la zone du PPA 13.

Le secteur agriculture est le principal contributeur avec 80% des émissions sur la zone du PPA 13. La majorité des émissions sont dues à l'utilisation d'engrais : terre arable 25%, Culture permanentes 10%, Verger 10% et des rizières 11% et également déjection des moutons 13% et des bovins 9%.

Contribution des zones PPA de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur par rapport aux émissions nationales

France répartition 2017 des émissions de NH₃ (source

CITEPA) : 598.8 kt/an



■ Industrie de l'énergie
■ Industrie manufacturière et construction
■ Traitement centralisé des déchets
■ Résidentiel / tertiaire
■ Agriculture
■ Transports

Emission en kgNH ₃ /habitant/an	2017
Emissions par habitant - UE-27	7.66
Emissions par habitant Métropole et Outre-mer (CITEPA)	9.26
PPA 13	1.29
PPA 83	0.60
PPA 06	0.20

Tableau 58 : Emission de NH₃ par habitant en Europe, France et sur les territoires des PPA de la région PACA

Rapporté par habitant les émissions de NH₃ sur les PPA de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sont nettement inférieur aux émissions nationales et européennes. En comparaison des émissions nationales, les émissions par habitant sont 7 fois inférieur pour le PPA 13, 16 fois inférieur pour le PPA 83 et 45 fois inférieur pour le PPA 06.

Tendance des émissions de NH₃ sur le PPA 13

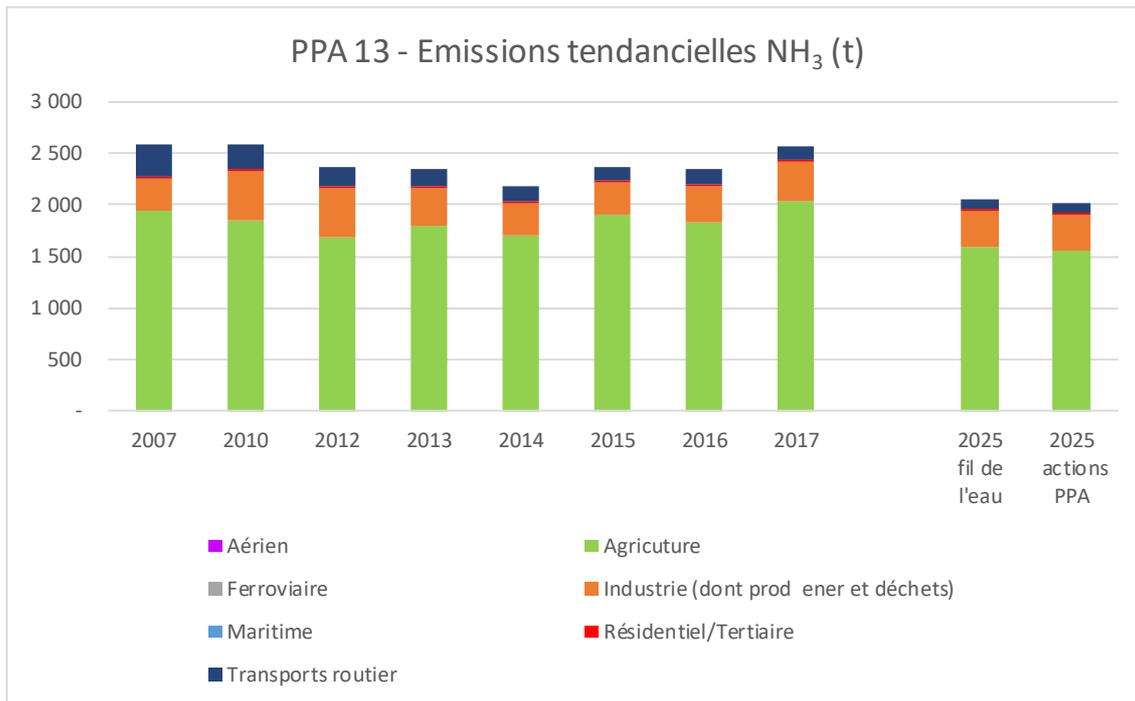


Figure 30 : Tendence et contribution des secteurs pour les émissions de NH₃ sur le PPA 13

