



CITEPA



*Liberté • Égalité • Fraternité*  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE  
DE L'ENVIRONNEMENT,  
DE L'ÉNERGIE  
ET DE LA MER



**Évaluation ex-ante des  
émissions, concentrations et  
impacts sanitaires du projet de  
PREPA  
(Plan National de Réduction des  
Emissions de Polluants  
Atmosphériques)**

27 mars 2017



### Évaluation ex-ante des émissions

Le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) est une association à but non lucratif. Il élabore, vérifie et diffuse de manière impartiale des informations relatives aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques. Il est notamment en charge pour le compte du MEEM des inventaires nationaux d'émissions de polluants et de GES dans l'atmosphère.

Le CITEPA a été le chef de projet et rédacteur principal de l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA », étude confiée par le MEEM au groupement CITEPA, INERIS, AJBD et Energies Demain en 2015/2016. Il a été en charge du traitement des commentaires issus des phases de consultation. Le CITEPA est le rédacteur de l'évaluation ex-ante sur les émissions, il a notamment fourni les potentiels de réduction des émissions des mesures testées en 2020 et 2030 et toutes les données d'entrée des émissions alimentant la modélisation ainsi que les ratios coûts efficacité de la réduction des émissions, et ce pour les différents secteurs émetteurs.



### Évaluation ex-ante des concentrations et impacts sanitaires

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement. L'INERIS a contribué à l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA » utilisée dans ce rapport. L'INERIS a déterminé les impacts sur la qualité de l'air, l'exposition des populations et les bénéfices sanitaires associées des diverses mesures testées dans l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA » à l'aide du modèle Chimère après avoir modifié l'inventaire national spatialisé avec les données fournies par le CITEPA.



### Commanditaire et relecteur du rapport

La Direction générale de l'énergie et du climat du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer a pour mission d'élaborer et de mettre en œuvre la politique relative à l'énergie, aux matières premières énergétiques, ainsi qu'à la lutte contre le réchauffement climatique et la pollution atmosphérique.



CITEPA



# Évaluation ex-ante des émissions, concentrations et impacts sanitaires du projet de PREPA (Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques)

27 mars 2017

Marché MEEM : 1100025000 relatif à l'appui pour l'élaboration du futur programme de réduction des émissions de polluants atmosphériques – dernier livrable

Sous la responsabilité de Nadine Allemand (CITEPA) avec l'appui de Laurence Rouil et Jean-Marc Brignon (INERIS)

Auteurs :

CITEPA : Nadine Allemand, Jean-Marc André, Romain Bort, Sandra Dulhoste, Anaïs Durand, Céline Gueguen, Edith Martin, Etienne Mathias, Laetitia Nicco

INERIS : Bertrand Bessagnet, Jean-Marc Brignon, Antoine Chaux, Florian Couvidat, Jérôme Drevet, Sophie Hubin, Myriam Merad, Charline Pennequin, Elsa Real, Laurence Rouil, Simone Schucht

ENERGIES DEMAIN : Simon Mariani

AJBD : David Fayolle, Guillaume Le Clercq

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA)  
42, rue de Paradis – 75010 PARIS – Tel. 01 44 83 68 83 – Fax 01 40 22 04 83  
[www.citepa.org](http://www.citepa.org) | [infos@citepa.org](mailto:infos@citepa.org)



## Résumé

L'évaluation *ex-ante* du projet d'arrêté relatif au PREPA (Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphérique) se décompose en 3 chapitres présentant respectivement :

L'évaluation *ex-ante*, au niveau national, des réductions des émissions des polluants atmosphériques visés par le projet d'arrêté relatif au PREPA (SO<sub>2</sub>, NOx, COVNM, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub>) à horizon 2020, 2025 et 2030. L'évaluation estime les émissions à ces horizons et les compare avec les réductions que la France s'est engagée à atteindre dans le cadre de la Directive européenne 2016/2284/UE concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques.

Il s'agit d'une évaluation estimant les émissions nationale de polluants primaires en 2020, 2025 et 2030, réalisée par le CITEPA dans le cadre de sa mission d'appui technique à la réalisation du PREPA.

L'évaluation *ex-ante* de l'impact de ces niveaux d'émissions sur les concentrations en polluants. Dans ce cadre, les émissions estimées ont été spatialisées et désagrégées temporellement pour définir les impacts de la réduction des émissions sur la qualité de l'air. Les transferts de polluants sont alors pris en compte. Cette seconde phase de l'évaluation *ex-ante* permet de dire dans quelle mesure la qualité de l'air est améliorée avec le projet d'arrêté PREPA et notamment si les normes en matière de concentrations de polluants dans l'atmosphère sont respectées en tout point du territoire aux horizons étudiés.

Les bénéfices sanitaires liés à l'amélioration de la qualité de l'air estimée du projet d'arrêté PREPA.

Il est à noter que l'étude *ex-ante* du projet d'arrêté PREPA, conclut une vaste étude réalisée entre 2015 et 2016 par le groupement CITEPA /INERIS/AJBD et ENERGIES DEMAIN pour l'« Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA ».

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair#e5>

# Table des matières

1 Introduction.....	6
2 Évaluation ex-ante des émissions.....	7
2.1 Contexte.....	7
Bilan sur les émissions de polluants atmosphériques et rappel des objectifs sur lesquels la France s'est engagée.....	7
Bilan des émissions de polluants atmosphériques par secteur.....	8
2.2 Évaluation <i>ex-ante</i> du PREPA sur les émissions de polluants au regard des objectifs de réduction fixés par le projet de décret.....	10
Méthodologie.....	10
Évaluation <i>ex-ante</i> de l'impact du PREPA sur les réductions d'émissions de polluants.....	10
Analyse pour 2020.....	11
Analyse pour 2025.....	12
Analyse pour 2030.....	12
Incertitudes.....	13
2.3 Réductions permises par le scénario tendanciel et les mesures déjà adoptées.....	14
Évaluation <i>ex-ante</i> de l'impact du PREPA sur les réductions d'émissions de polluants dues au scénario tendanciel et aux mesures déjà adoptées.....	14
Hypothèses structurantes du scénario tendanciel.....	15
A propos des « mesures déjà adoptées ».....	20
2.4 Réductions permises par les mesures nouvelles de l'arrêté PREPA.....	21
Évaluation <i>ex-ante</i> des réductions d'émissions de polluants permises par les mesures nouvelles proposées par le projet de PREPA.....	21
À propos des mesures additionnelles.....	22
2.5 Pour mémoire : Mesures étudiées lors des travaux d' « aide à l'élaboration du PREPA » et leur codification.....	26
3 Évaluation ex-ante des impacts sur la qualité de l'air.....	28
3.1 Méthodologie.....	28
3.2 Évaluation des concentrations.....	30
Année de référence 2010.....	30
Concentrations prospectives : 2020 et 2030.....	34
3.3 Impact sur les dépassements des valeurs limites.....	36
Dépassement des valeurs limites (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> et NO <sub>2</sub> ) et des valeurs cibles (O <sub>3</sub> ) (valeurs de la directive 2008/50/CE).....	36
Dépassements des seuils journaliers et horaires (seuil de recommandation et d'information).....	37
3.4 Indicateur moyen d'exposition.....	37
4 Évaluation prospective des impacts sanitaires et des bénéfices sanitaires associés.....	39
4.1 Méthodologie.....	39
4.2 Résultats.....	40
5 Conclusions.....	41

# 1 Introduction

---

Un projet de décret et un projet d'arrêté PREPA sont en cours d'élaboration.

L'objet de ce rapport est d'estimer quels pourraient être les impacts sur les émissions et la qualité de l'air de ces projets.

Cette évaluation *ex-ante* présente donc :

- Les estimations de la réduction des émissions de polluants atmosphériques (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub>) aux horizons 2020, 2025 et 2030 entraînées et la comparaison avec les objectifs que la France s'est engagée à atteindre dans le cadre de la directive 2284/2016/UE concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques. Cette approche macroscopique constitue la première étape de l'évaluation *ex-ante* du projet de PREPA.
- Les impacts du projet de PREPA sur la qualité de l'air. La répartition spatiale et temporelle des émissions, les phénomènes météorologiques, des phénomènes de chimie atmosphérique et les échanges transfrontaliers de pollution sont pris en compte pour déterminer les impacts en termes de qualité de l'air du projet de PREPA. En effet l'atteinte des objectifs de réduction des émissions au niveau national peut masquer des dépassements des normes sanitaires en certains points du territoire.

Le projet de PREPA contient des mesures de plusieurs types, dont :

- Des mesures de consolidation de la réglementation existante (contrôle, accompagnement, communication, etc.) afin d'en assurer leur pleine efficacité. Ces mesures viennent renforcer la bonne application d'éléments structurants du scénario tendanciel,
- Des mesures nouvelles en faveur de qualité de l'air,
- Des projets de recherche et développement lorsque la maturité de l'enjeu ne permet pas encore d'identifier de mesures adaptées.

L'analyse fournie par ce document distingue donc la part de réduction liée au scénario tendanciel (prospective de l'évolution des émissions sans actions spécifiques nouvelles additionnelles) et celle correspondant aux mesures nouvelles spécifiquement adoptées par le futur Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA). Il s'agit d'un inventaire d'émissions prospectif.

La notion d'inventaire implique que les données présentées ici sont les meilleures disponibles actuellement pour estimer les émissions de polluants dans le futur. Les progrès en matière de connaissance sur la réalité des émissions conduisent à ajuster régulièrement les inventaires d'émissions. Il est prévu de réévaluer le PREPA d'ici 5 ans notamment pour prendre en compte l'évolution de ces connaissances mais aussi déterminer si les réductions attendues sont effectives et ainsi réajuster les mesures si nécessaire.

La notion de prospective implique que des hypothèses structurantes soient définies (on parle de « scénario ») pour estimer les émissions de polluants dans le futur. Ces hypothèses concernent par exemple le taux de croissance du PIB, l'évolution de la démographie, l'évolution du mix énergétique, du taux de rénovation des habitations ou du taux de pénétration des véhicules électriques. Le choix retenu en matière de scénario pour le PREPA a privilégié une approche conservatrice parmi 3 scénarios existants disponibles qui étaient les plus récents au moment du démarrage des travaux techniques d'appui au PREPA.

Enfin, les émissions de gaz à effet de serre sont également présentées dans ce rapport afin d'évaluer l'impact des mesures additionnelles du PREPA sur la politique de lutte contre les gaz à effet de serre.

Les parties prenantes et les membres du Conseil National de l'Air ont été consultés tout au long de cette démarche et notamment à l'automne 2015 sur les premiers rendus des travaux d'aide à l'élaboration du PREPA, et en juin 2016, sur les projets de décret et d'arrêté. Les mesures proposées ont été sélectionnées parmi une cinquantaine de mesures ayant fait l'objet d'une évaluation multicritère dans ces travaux.

## 2 Évaluation ex-ante des émissions

### 2.1 Contexte

#### Bilan sur les émissions de polluants atmosphériques et rappel des objectifs sur lesquels la France s'est engagée

Les polluants concernés par les engagements de la France sont ceux du protocole de Göteborg amendé en 2012 et de la directive 2016/2284/UE adoptée le 14 décembre 2016, remplaçant la Directive NEC, soit SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV<sub>NM</sub>, PM<sub>2,5</sub> et NH<sub>3</sub>.

Les engagements de réduction du projet de PREPA reprennent les engagements de niveau européen portés dans la Directive 2016/2284/UE. Cette dernière fixe des engagements en termes de réduction d'émissions de polluants atmosphériques pour la période 2020-2029 et à partir de 2030.

Le tableau suivant présente les émissions de ces 5 polluants en 2005 et en 2014 et rappelle les réductions d'émissions que la France s'est engagée à respecter aux horizons 2020, 2025 et 2030.

Tableau 1 : Émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV<sub>NM</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, NH<sub>3</sub> en 2005 et 2014 et engagements de réduction fixés par le projet de décret fixant les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques

	Émissions de référence <sup>1</sup>			Objectifs de réduction du projet de décret		
	2005	2014		2020	2025	2030
	kt	kt	% par rapport à 2005	% par rapport à 2005		
<b>SO<sub>2</sub></b>	467	169	-64%	-55%	-66%	-77%
<b>NO<sub>x</sub></b>	1429	886	-38%	-50%	-60%	-69%
<b>COV<sub>NM</sub></b>	1189	639	-46%	-43%	-47%	-52%
<b>NH<sub>3</sub></b>	686	708	+3%	-4%	-8%	-13%
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	255	169	-34%	-27%	-42%	-57%
<b>PM<sub>10</sub></b>	378	276	-27%	Pas d'engagements sur PM <sub>10</sub>		

Le tableau suivant présente les réductions en masse des émissions de certains polluants atmosphériques pour 2020 et 2030 nécessaires pour respecter les engagements.

Tableau 2 : Réductions des émissions à réaliser en 2020 et 2030, en référence à 2014

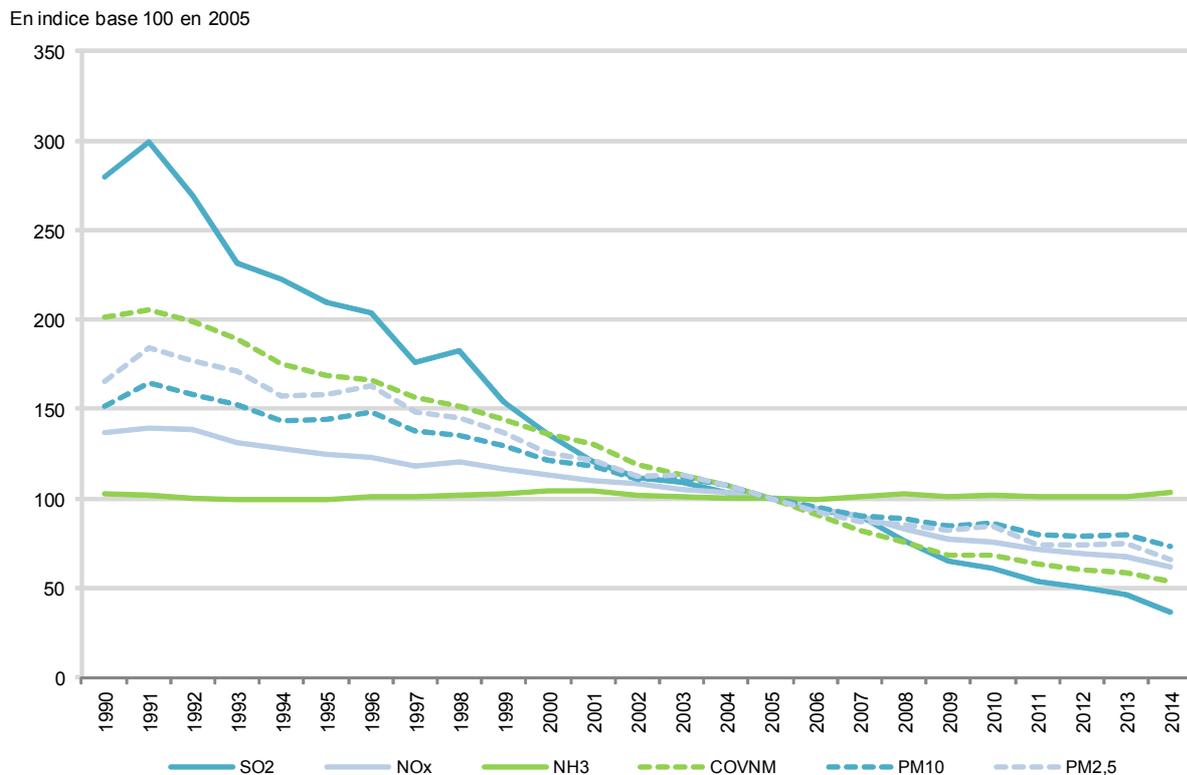
	Réduction des émissions encore nécessaire		
	2020	2025	2030
	% par rapport à 2014		
<b>SO<sub>2</sub></b>	0% car engagement 2020 atteint en 2014	-6%	-36%
<b>NO<sub>x</sub></b>	-19%	-35%	-50%
<b>COV<sub>NM</sub></b>	0% car engagement 2020 atteint en 2014	-2%	-11%
<b>NH<sub>3</sub></b>	-7%	-11%	-16%
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	0% car engagement 2020 atteint en 2014	-12%	-35%
<b>PM<sub>10</sub></b>	Pas d'engagements sur PM <sub>10</sub>		

Selon le dernier inventaire des émissions disponible, des réductions des émissions significatives ont eu lieu entre 2005 et 2014.

L'objectif fixé en 2020 par le projet de décret PREPA, est déjà atteint en 2014 pour le SO<sub>2</sub>, les COV<sub>NM</sub> et les PM<sub>2,5</sub>. Pour tous les autres polluants, de fortes réductions sont encore nécessaires en 2020. Les émissions de polluants évoluent d'année en année sous l'effet de l'évolution des niveaux d'activités, de

l'évolution du mix énergétique et des réglementations mises en place pour limiter les émissions, comme en témoigne la figure suivante issue des travaux d'inventaires des émissions nationaux<sup>2</sup>.

Graphique 1 : Evolution des émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, COVNM, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> depuis 1990, en indice base 100 en 2005



Champ : France métropolitaine  
Source : Citepa, format SECTEN, mise à jour avril 2016

## Bilan des émissions de polluants atmosphériques par secteur

En 2014, les émissions se répartissent ainsi selon les secteurs d'activités.

<sup>2</sup> CITEPA rapport national d'inventaire au format SECTEN – 2016  
<http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Substances>

Tableau 3 : Émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV<sub>NM</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, NH<sub>3</sub> en 2014 selon les catégories d'émetteurs

	Production d'énergie		Extraction et distribution combustibles fossiles		Industrie et traitement des déchets		Résidentiel tertiaire hors solvants		Transport routier et non routier (hors EMNR)		Usage des solvants résidentiel tertiaire et industrie		Agriculture		Total
	kt	%	kt	%	kt	%	Kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt
SO <sub>2</sub>	59,0	35%	0,0	0%	84,8	50%	21,0	12%	3,6	2%	0,0	0%	1,0	1%	169,4
NO <sub>x</sub>	49,6	6%	0,0	0%	114,3	13%	86,5	10%	551,1	62%	0,0	0%	84,1	9%	885,6
COV <sub>NM</sub>	5,9	1%	24,5	4%	68,3	11%	145,6	23%	75,9	12%	300,9	47%	17,9	3%	639,0
NH <sub>3</sub>	0,2	0%	0,0	0%	13,4	2%	0,3	0%	4,8	1%	0,3	0%	688,9	97%	707,5
PM <sub>2,5</sub>	2,1	1%	0,0	0%	40,5	24%	73,0	43%	33,8	20%	1,3	1%	18,0	11%	168,8
PM <sub>10</sub>	3,0	1%	0,0	0%	77,2	28%	74,6	27%	42,4	15%	1,7	1%	77,2	28%	276,0

## 2.2 Évaluation ex-ante du PREPA sur les émissions de polluants au regard des objectifs de réduction fixés par le projet de décret

### Méthodologie

L'évaluation *ex-ante* des émissions du projet de PREPA s'inscrit dans une démarche prospective basée sur des hypothèses structurantes pour l'évolution des émissions, en tenant compte :

- D'un scénario tendanciel au niveau macro-économique (taux de croissance, mix énergétique, évolution démographique, taux de pénétration des véhicules faiblement émetteurs, etc.),
- De la mise en œuvre opérationnelle de mesures trop récentes pour avoir été intégrées au scénario tendanciel mais déjà validées et annoncées au moment des travaux du PREPA (mesures existantes),
- De la mise en œuvre de mesures nouvelles spécifiques au projet de PREPA (mesures additionnelles).

Les paragraphes suivants présentent les résultats de l'évaluation *ex-ante* sur les émissions de polluants atmosphériques aux horizons 2020, 2025 et 2030, par rapport à 2005, en intégrant :

- un scénario tendanciel (prospective de l'évolution des émissions sans actions spécifiques nouvelles mais avec des mesures dont les impacts ont lieu plusieurs années après leur mise en place),
- les mesures du projet d'arrêté PREPA (actions spécifiques nouvelles de réduction d'émissions de polluants atmosphériques)<sup>3</sup>.

*N.B. : le PREPA contient en effet des mesures de plusieurs types dont :*

- *Des mesures de consolidation de la réglementation existante (contrôle, accompagnement, communication, etc.) afin d'en assurer sa pleine efficacité. Ces mesures viennent renforcer la bonne application de la trajectoire prévue par le tendanciel,*
- *Des mesures nouvelles en faveur de qualité de l'air,*
- *Des projets de recherche et développement lorsque la maturité de l'enjeu ne permet pas encore d'identifier de mesures adaptées.*

### Évaluation ex-ante de l'impact du PREPA sur les réductions d'émissions de polluants

Le tableau suivant présente les réductions des émissions obtenues avec les mesures du projet d'arrêté PREPA. Le projet d'arrêté PREPA met en place un ensemble de mesures dont un certain nombre ont été évaluées dans le cadre de l'étude « Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA » réalisée entre 2015 et 2016 par le groupement CITEPA /INERIS/AJBD et ENERGIE DEMAIN<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Le projet d'arrêté PREPA met en place un ensemble de mesures qui ont été adoptées en se basant notamment sur les prospectives chiffrées de l'étude « Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA » réalisée entre 2015 et 2016 par le groupement CITEPA /INERIS/AJBD et ENERGIES DEMAIN

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair#e5>

<sup>4</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair#e5>

Tableau 4 : émissions de polluants évitées en 2020, 2025 et 2030 par le projet d'arrêté PREPA par rapport aux émissions de 2005

<b>Émissions</b>		<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	kt	-308	-316	-324
<b>NOx</b>	kt	-817	-922	-1 027
<b>COVNM</b>	kt	-580	-591	-601
<b>NH<sub>3</sub></b>	kt	-50	-82	-115
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	kt	-132	-145	-157
<b>PM<sub>10</sub></b>	kt	-150	-161	-173

Les engagements étant exprimés en relatif par rapport à 2005, les réductions ci-dessus exprimées en masse de polluants sont équivalentes aux réductions suivantes exprimées en relatif par rapport aux émissions de référence en 2005.

Tableau 5 : évolution des émissions de polluants en 2020, 2025 et 2030 apportée par le projet d'arrêté PREPA par rapport aux émissions de 2005 et pourcentage d'atteinte des engagements de réduction des émissions de polluants en 2030

	<b>Evolution des émissions par rapport à 2005</b>			<b>Pourcentage d'atteinte de l'objectif en 2030</b>
	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2030</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	-66%	-68%	-69%	<b>90 %</b>
<b>NOx</b>	-57%	-65%	-72%	104 %
<b>COVNM</b>	-49%	-50%	-51%	<b>97 %</b>
<b>NH<sub>3</sub></b>	-4%	-8%	-13%	100%
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	-52%	-57%	-62%	108 %
<b>PM<sub>10</sub></b>	-40%	-43%	-46%	Pas d'engagement

## Analyse pour 2020

Les réductions des émissions apportées par les mesures de l'arrêté PREPA en 2020, devraient permettre d'atteindre les engagements de réduction fixés pour 2020.

Pour les particules PM<sub>2,5</sub> une incertitude persiste cependant sur certains secteurs et notamment les progrès qui seront réellement accomplis par les équipements individuels de chauffage au bois. En effet, les émissions en conditions réelles sont différentes des émissions mesurées lors des essais de conformité par exemple pour la définition des labels. Des études en cours sur les émissions des appareils les plus récents permettront de mieux connaître l'efficacité réelle et les gains obtenus en termes d'émissions par rapport à des appareils plus anciens. De plus des travaux sont actuellement menés sur les méthodes de mesures des particules et cela pourrait modifier les efficacités dans la combustion du bois comme dans d'autres secteurs tels que l'échappement des véhicules.

Pour l'ammoniac, la réduction des émissions n'est apportée que par des mesures nouvelles à adopter et à mettre en œuvre dans le cadre du projet d'arrêté PREPA.

Pour les NOx, le poids du trafic routier restant important, l'efficacité des nouvelles normes, notamment (Euro 6c) pour les véhicules diesel, sera essentielle. Dans l'industrie, la réduction des émissions apportées par la mise en place de la directive relative aux émissions industrielles (dite « IED ») contribue à limiter les émissions.

Pour les COVNM, les émissions dépendront effectivement des progrès réalisés par les

équipements individuels de chauffage au bois et dans les activités consommatrices de solvants.

### Analyse pour 2025

En 2025, les engagements de réduction devraient encore être respectés avec une marge de sécurité un peu moins importante qu'en 2020. Les mêmes remarques qu'en 2020 peuvent être faites.

Il est à noter que le chiffrage présenté pour 2025 est réalisé par moyenne des estimations d'émissions réalisées pour 2020 et 2030.

### Analyse pour 2030

En 2030, les engagements de réduction sur les émissions de SO<sub>2</sub> et des COVNM ne seraient pas totalement atteints.

On rappelle que les évaluations réalisées dans le cadre de l'étude aide à la décision pour le PREPA l'ont été sur la base d'un scénario d'évolution du mix énergétique à caractère tendanciel.

Or les émissions de SO<sub>2</sub> liées principalement à l'usage des combustibles fossiles, sont très sensibles à l'évolution des consommations. Les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre notamment inscrites dans la Stratégie Nationale Bas Carbone (adoptée après le début des travaux d'aide à la décision pour le PREPA utilisés ici et donc non prise en compte dans ce document), devraient permettre d'atteindre plus facilement l'objectif, la stratégie étant basée notamment sur l'augmentation de l'efficacité énergétique qui réduit les émissions de GES et de polluants. Une étude menée par la DGEC<sup>5</sup> met en évidence qu'un scénario correspondant à la Stratégie Nationale Bas Carbone<sup>6</sup> permet de réduire les émissions de SO<sub>2</sub> de 75%, ce qui est très proche de l'objectif du projet de décret.

La publication des Conclusions MTD<sup>7</sup> pour les grandes installations de combustion qui devrait entraîner la révision des arrêtés d'autorisation des installations concernées dans les quatre ans suivant leur publication ainsi que la transposition de la directive installations de combustion de taille moyenne devrait permettre des réductions complémentaires de SO<sub>2</sub> après 2020 qui n'ont pas été évaluées dans le cadre de l'étude « Aide à la décision pour le PREPA » car trop récentes pour être prises en compte dans l'évaluation *ex-ante*.

Le projet d'arrêté PREPA contient également des dispositions non évaluables comme la mise en place d'un fonds « air industrie » qui pourrait avoir un impact positif complémentaire pour la réduction du SO<sub>2</sub>.

En tout état de cause, l'évolution des émissions de SO<sub>2</sub> devra être suivie attentivement pour contrôler l'atteinte de l'objectif.

Pour les COVNM, l'engagement de réduction serait presque atteint. Pour consolider l'atteinte de cet engagement, des mesures complémentaires seront sans doute nécessaires. Des progrès en matière de connaissance sont nécessaires pour cela et sont prévues par le projet d'arrêté, notamment :

- « Évaluation de la réglementation ICPE pour les rubriques les plus émettrices de COV »

<sup>5</sup> ENERDATA, ENERGIE DEMAIN, ERASME, SEREUCO, CITEPA, ARMINES. Scénarios prospectifs Energie – Climat – Air de référence pour la France à l'horizon 2035. Juillet 2015

<sup>6</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone>

<sup>7</sup> Meilleures Techniques Disponibles établies à l'échelle de l'Union Européenne (dans le cadre des BREF)

- qui identifiera les leviers d'actions encore possibles,
- « Encourager les mobilités actives et les transports partagés » qui devrait permettre de limiter les émissions du trafic routier par une baisse du niveau d'activité.

Un autre bénéfice attendu du projet d'arrêté PREPA est l'impact positif des mesures sur les émissions de carbone suie et de métaux lourds. Le carbone suie est une composante des particules issue de la combustion incomplète des combustibles notamment, qui absorbe le rayonnement solaire et conduit au réchauffement de l'atmosphère.

Le Protocole de Göteborg comme la directive européenne 2016/2284 sur la réduction des émissions de polluants, demandent de prioriser les actions de réduction vers celles permettant la réduction du carbone suie. Celui-ci évoluera à la baisse suite à la réduction des émissions de particules notamment dans le transport routier et la combustion de biomasse dans les équipements domestiques individuels au bois. La baisse des émissions de particules conduit également à la baisse des émissions de métaux lourds sous forme solide.

## Incertitudes

Pour le SO<sub>2</sub>, issu principalement de l'usage de certains combustibles, il est possible de recouper les calculs par des bilans matière. Pour ce polluant, les incertitudes sur les émissions sont donc considérées comme faibles, c'est à dire inférieures ou de l'ordre de 5%.

Pour les polluants dont les émissions sont largement dépendantes des conditions opératoires (NO<sub>x</sub>, COVNM, PM etc.), les incertitudes sur les inventaires d'émissions sont généralement plus élevées. En tenant compte des contributions des différents types de source, ces incertitudes au niveau national sont estimées à environ : 13% pour les NO<sub>x</sub>, 50% pour les COVNM, 50% pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>. Les niveaux d'incertitude sont très variables d'une source à l'autre pour un même polluant. Il est évident qu'une source dont les rejets sont mesurés de façon permanente ou à intervalles réguliers présentera une évaluation plus précise.

Concernant le NH<sub>3</sub>, la diminution de ses émissions en 2020 et 2030 ne dépend que des mesures du PREPA. Il faudra donc une vigilance particulière sur le taux d'application et l'efficacité réelle de ces mesures.

En termes de projection des émissions, l'incertitude est très difficilement évaluable. Les projections des émissions sont toujours modélisées ou fondées sur des attentes hypothétiques d'événements futurs. Les émissions en 2020 et 2030 calculées, issues des travaux de l'étude « aide à la décision pour le PREPA » résultent d'un grand nombre d'hypothèses. Ces hypothèses sont par exemple liées à l'évolution future des consommations d'énergie, à des taux d'usage de combustibles, à des taux de renouvellement de véhicules... Des analyses de sensibilité peuvent être réalisées pour estimer l'impact de différentes sources de variation des hypothèses sur le résultat.

### 2.3 Réductions permises par le scénario tendanciel et les mesures déjà adoptées

*Comme tout exercice de prospective, celui présenté ici implique de faire des choix sur des hypothèses structurantes (on parle d'un « scénario ») concernant les évolutions à venir.*

*Ces hypothèses concernent par exemple le taux de croissance du PIB, l'évolution de la démographie, l'évolution du mix énergétique, du taux de rénovation des habitations ou du taux de pénétration des véhicules électriques. Pour ces hypothèses d'évolutions générales, on parle de « scénario tendanciel ».*

*D'autres hypothèses concernent le taux d'application des réglementations en faveur de la qualité de l'air déjà adoptées et dont les effets se feront ressentir ultérieurement (on parle de « mesures déjà adoptées »). À titre d'illustration, les normes concernant les émissions de polluants par les véhicules peuvent avoir été déjà adoptées, tout en rentrant en vigueur quelques mois après leur adoption et en ayant des effets concrets en matière de réduction des émissions nationales des années plus tard (car il faut que les véhicules anciens aient été remplacés par des véhicules répondant à ces nouvelles normes).*

*Le choix retenu ici en matière de scénario tendanciel a privilégié une approche précautionneuse. Il conviendra au fil de l'eau d'évaluer dans quelle mesure les évolutions effectivement réalisées conduisent à confirmer ce scénario, ou à l'inverse à envisager des mesures correctives.*

### Évaluation ex-ante de l'impact du PREPA sur les réductions d'émissions de polluants dues au scénario tendanciel et aux mesures déjà adoptées

Les tableaux suivants présentent les réductions des émissions obtenues selon un scénario tendanciel et avec les mesures déjà adoptées à divers horizons.

Tableau 6 : émissions de polluants évitées en 2020, 2025 et 2030 par le scénario tendanciel et les mesures déjà adoptées

<b>Variation des émissions en kt</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	-298	-308	-318
<b>NOx</b>	-800	-895	-991
<b>COVNM</b>	-574	-580	-587
<b>NH<sub>3</sub></b>	+18	+22	+25
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	-125	-134	-142
<b>PM<sub>10</sub></b>	-142	-149	-156

Les engagements étant exprimés en relatifs par rapport à 2005, les réductions ci-dessus exprimées en masse de polluants sont équivalentes aux réductions suivantes exprimées en relatif par rapport aux émissions de référence de 2005.

Tableau 7 : évolution des émissions de polluants en 2020, 2025 et 2030 apportée par le scénario tendanciel et les mesures déjà adoptées par rapport à 2005 et pourcentage d'atteinte des engagements de réduction des émissions de polluants en 2030

	<b>Evolution des émissions par rapport à 2005</b>			<b>Pourcentage d'atteinte de l'objectif en 2030</b>
	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2030</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	-64%	-66%	-68%	89%
<b>NOx</b>	-56%	-63%	-69%	Engagement atteint mais non dépassé
<b>COVNM</b>	-48%	-49%	-49%	95%
<b>NH<sub>3</sub></b>	3%	3%	4%	Pas de progrès le scénario tendanciel génère une hausse des émissions
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	-49%	-52%	-56%	98%
<b>PM<sub>10</sub></b>	-37%	-39%	-41%	Pas d'engagement

En 2020, les réductions des émissions apportées par les mesures du projet d'arrêté PREPA déjà adoptées permettent d'atteindre les engagements de réduction fixés par le projet de décret pour l'ensemble des polluants. Ces mesures portent le plus gros potentiel de réduction comparativement aux mesures nouvelles du projet d'arrêté (cf. paragraphe 1.4).

En 2030, ces seules mesures ne sont cependant pas suffisantes pour atteindre tous les engagements de réduction de 2030, puisque seul l'engagement NOx serait atteint. Les objectifs pour le SO<sub>2</sub>, les COVNM et les PM<sub>2,5</sub> seraient presque atteints.

En outre, il n'y aurait pas de progrès pour le NH<sub>3</sub> de 2020 à 2030, les émissions de ce polluant augmentant même.

### Hypothèses structurantes du scénario tendanciel

Les données présentées sont issues de l'étude « Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA ». Cette étude reprend le scénario prospectif dit « AME 2012 » de la DGEC. Il s'agissait alors du scénario prospectif disponible le plus récent.

Ce dernier scénario, établi en 2011/2013<sup>8</sup>, fournit notamment l'évolution des consommations d'énergie dans tous les secteurs et l'évolution des productions industrielles indispensables à la détermination des émissions de polluants en 2020 et 2030.

Pour les travaux d'« aide à la décision pour l'élaboration du PREPA », le scénario « AME 2012 » a été modifié pour l'agriculture pour mieux prendre en compte les données du ministère de l'agriculture en termes d'évolution des cheptels. Le scénario PREPA s'appuie donc sur les hypothèses suivantes :

<sup>8</sup> ENERDATA, ENERGIES DEMAIN, CITEPA, SEURECO, MINES PARIS TECH. Scénarii prospectifs Energie, Climat, Air. Rapport sur les hypothèses. MEDDE. Janvier 2013. Ces pour la scénarisation des émissions de gaz à effet de serre encadrés notamment par le règlement 525/2013 ou règlement MMR (mécanisme pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre)

## Hypothèses du scénario tendanciel sur l'évolution du PIB

Tableau 8 : évolution du PIB selon le scénario PREPA

	2015-2020	2020-2025	2025-2030
Croissance annuelle du PIB	1,6%	1,9%	1,7%

## Hypothèses du scénario tendanciel sur l'évolution de la démographie

Tableau 9 : évolution de la démographie selon le scénario PREPA

	2020	2030
Millions d'habitants en métropole	65 962	68 532

## Hypothèses du scénario tendanciel sur l'évolution du prix des énergies

Les évolutions du prix des énergies en métropole sont les suivantes:

Tableau 10 : évolution du prix des énergies selon le scénario PREPA

Prix des énergies	2010	2015	2020	2030
Pétrole €2010/bbl	65	89	98	112
Gaz €2010/Mbtu	6	8	9	11
Charbon €2010/t	83	87	91	97

## Hypothèses du scénario tendanciel sur les évolutions du prix du carbone

Tableau 11 : évolution du prix du carbone dans le scénario PREPA

	2015	2020	2030
Prix du carbone ETS <sup>9</sup> - € <sub>2010</sub> /t CO <sub>2</sub>	7	25	33
Prix du carbone hors ETS - € <sub>2010</sub> /t CO <sub>2</sub>	0	0	0

Il n'y a pas eu de prix du carbone fixé pour le secteur hors ETS dans le cas du scénario AME<sub>2012</sub>. Globalement, le scénario AME<sub>2012</sub> sur lequel sont basés les travaux « Aides à la décision pour le PREPA » s'inscrivait dans une tendance de légère augmentation des consommations énergétiques des bâtiments.

<sup>9</sup> ETS Emission Trading System = système d'échange de quotas d'émissions de gaz à effets de serre

## Hypothèses du scénario tendanciel pour les mesures relatives au résidentiel

Tableau 12 : mesures concernant le résidentiel, prises en compte dans le scénario PREPA

Mesures et objectifs	RÉSIDENTIEL			
Évolution du parc et constructions neuves	Projections issues de l'INSEE : passage de 27 millions en 2010 à 32 millions de résidences principales en 2030			
	500 000 constructions neuves annuelles en résidentiel			
Réglementations thermiques dans les bâtiments neufs	Application de la RT2012 jusqu'en 2030			
Rénovations du parc privé existant	Dynamique projetée en dehors de mesures structurantes : rénovations diffuses, changements naturels des systèmes de chauffage. CIDD + ECO-PTZ <sup>10</sup> jusqu'en 2015 aux conditions 2013 puis fin des dispositifs			
	Rénovation du bâti privé			
	Rénovations annuelles sur la période	2010-2015	Post 2015	
	Total / an	1 110 000	890 000	
	Bouquet faible	774 000	710 000	
	Bouquet moyen	160 000	130 000	
	Bouquet fort	176 000	40 000	
Rénovation du parc social	Rénovation du parc social : ECO-PLS <sup>11</sup>			
	Rénovation du bâti social			
	Rénovations annuelles sur la période	2010-2015	2015-2020	Post 2020
	TOTAL bouquet fort / an	66 000	70 000	0

## Hypothèses du scénario tendanciel pour les mesures relatives au secteur tertiaire

Tableau 13 : mesures concernant le tertiaire prises en compte dans le scénario PREPA

Mesures et objectifs	TERTIAIRE		
Évolution du parc et constructions neuves	Passage de 920 millions de m <sup>2</sup> en 2010 à 1 120 millions de m <sup>2</sup> en 2030		
Réglementations thermiques dans les bâtiments neufs	Application de la RT2012 jusqu'en 2030.		
Rénovations du parc	Dynamique projetée en dehors de mesures structurantes : rénovations diffuses, changements naturels des systèmes de chauffage. Uniquement 8 millions de m <sup>2</sup> rénovés annuellement au bouquet moyen.		

<sup>10</sup> CIDD (Crédit d'Impôt Développement Durable) et Eco-PTZ ((éco prêt à taux zéro) : aides financières pour les propriétaires occupants et locataires qui réalisent des travaux de rénovation énergétique dans leur résidence principale

<sup>11</sup> Eco prêt logement social

## Hypothèses du scénario tendanciel pour les mesures du transport

Les principales hypothèses prises en compte dans le domaine des transports sont présentées ci-après :

Tableau 14 : mesures concernant le transport prises en compte dans le PREPA

<b>TRANSPORT</b>
<b>Performance des véhicules</b>
- Règlement européen N° 510/2011 établissant des normes de performance en matière d'émissions pour les véhicules utilitaires légers neufs. - Bonus/malus et plan véhicules décarbonés pour véhicules particuliers. - Véhicules utilitaires légers neufs : Application des normes EURO. - Taux de pénétration des véhicules hybrides et électriques : supposés à 50 % des ventes en 2030.
<b>Mix énergétique</b>
- Directive ENR <sup>12</sup> (10% d'ENR en 2020 dans les transports, objectif de 7 % de biocarburants) et plan ENR <sup>13</sup> (incorporation biocarburants de 1ère génération 7% en 2020, et de 2nde génération 1 à 3% en 2020).

## Hypothèses du scénario tendanciel pour les mesures agricoles

Pour l'agriculture, les données d'activités ont été développées par le ministère en charge de l'agriculture. Les projections de cheptels et l'évolution de la fertilisation considérées pour le PREPA ont été fournies directement par ce ministère<sup>14</sup>. Les taux d'évolution utilisés pour le PREPA pour ces paramètres sont identiques à ceux d'autres études récentes réalisées par le MEEM ou par le ministère en charge de l'agriculture lui-même (base de derniers scénarii tendanciels).

La plupart des émissions de l'élevage est directement corrélée au cheptel et à sa productivité, tandis que les émissions calculées pour les cultures viennent principalement de la fertilisation minérale. L'évolution des activités utilisée est présentée dans les tableaux suivants :

<sup>12</sup> Directive 2009/28/CE (promotion des énergies renouvelables) fixe un objectif de 20 % (23 % pour la France) d'incorporation d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique.

<sup>13</sup> Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables 2009-2020 – en application de l'article 4 de la Directive 2009/28/CE

<sup>14</sup> Sur la base de données issues du Centre Commun de Recherche –CCR et de l'UNIFA (Union des industries de la fertilisation) pour la fertilisation

Tableau 15 : Évolutions des populations animales (en nombre de places) (source : MAAF/CCR)

	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Vaches laitières	3 712 082	3 641 833	3 691 721	3 691 721	3 691 721
Vaches allaitantes	4 178 610	3 808 602	3 712 085	3 709 186	3 660 894
Autres bovins	11 552 851	10 707 138	10 533 319	10 527 071	10 422 980
Truies	1 105 264	1 056 768	1 006 768	956 768	906 768
Autres porcins	13 075 463	12 660 158	12 676 394	12 661 345	12 611 776
Caprins	1 471 730	1 298 147	1 169 225	1 136 424	1 074 992
Ovins	8 881 165	7 833 677	7 055 698	6 857 759	6 487 047
Chevaux	580 143	580 143	580 143	580 143	580 143
Mules et ânes	48 786	43 032	38 758	37 671	35 635
Poules	76 828 000	70 421 385	70 421 385	70 421 385	70 421 385
Poulets	141 679 000	141 941 140	141 941 140	141 941 140	141 941 140
Autres volailles	70 375 000	70 505 211	70 505 211	70 505 211	70 505 211

Tableau 16 : Evolution du rendement laitier moyen (en kg/vache laitière/an) (source : MAAF/CCR)

	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Vaches laitières	6 454	7 000	7 400	7 800	8 200

Tableau 17 : Evolution de la fertilisation (source : MAAF/UNIFA)

	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>
Azote Total (t N)	2 171 534	2 156 775	2 142 015	2 127 256	2 112 496	2 097 737
Azote Urée (%N)	15,1	15,8	16,2	16,6	17,0	17,4

## A propos des « mesures déjà adoptées »

Les « mesures déjà adoptées » sont des mesures validées et en cours de mises en œuvre dont l'adoption a été trop récente pour être intégrée au scénario tendanciel. Le projet d'arrêté PREPA réaffirme certaines de ces mesures afin de consolider leur mise en œuvre.

### Mesures existantes

L'étude « aide à la décision » a permis d'estimer l'impact de nombreuses mesures sur les émissions. Ainsi les mesures existantes du projet d'arrêté qu'il est possible de lier directement à une mesure testée dans l'étude sont présentées ci-après. Ce sont ces mesures qui permettent d'atteindre la réduction des émissions présentées dans les tableaux précédents.

Beaucoup de mesures de l'arrêté PREPA ne sont pas évaluables sans études approfondies spécifiques mais ces mesures auront un impact (cf. le paragraphe 1.5).

<b>Mesure du projet d'arrêté</b>	<b>Mesures testées dans l'étude « aide à la décision » associées</b>
Renforcer les exigences réglementaires pour réduire les émissions polluantes issues du secteur industriel	PROC-IC1ME : Arrêté du 26 août 2013 relatif aux installations de combustion de puissance > 50 MWth
	PROC-IC2ME : Décret du 2 mai 2013 portant transposition des dispositions générales et du chapitre II de la directive IED pour les procédés énergétiques (VLE annexe V ou valeurs hautes NEA MTD)
	PROC-IC3ME : Décret du 2 mai 2013 portant transposition des dispositions générales et du chapitre II de la directive IED pour le raffinage de pétrole (valeurs hautes NEA MTD)
	PROC-IC4ME : Arrêté du 26 août 2013 pour les installations de combustion de puissance 20 à 50 MW et arrêté du 25 juillet 1997 modifié pour celles de 2 à 20 MW
Développer les infrastructures pour les carburants propres au titre du cadre national pour les carburants alternatifs	TR3 ME : Pénétration des véhicules hybrides et électriques
Encourager la conversion des véhicules les plus polluants et l'achat de véhicules plus propres	TR1 ME : Normes Euro 5 et V relatives aux véhicules légers et aux véhicules utilitaires
	TR2-ME : Normes Euro 6 et VI relatives aux véhicules légers et aux véhicules utilitaires
Réduire les pollutions liées aux engins mobiles non routiers (EMNR) et la surveillance du marché des engins mobiles non routiers	THR1ME : Phases IIIB et IV des règlements pour les EMNR de l'agriculture/sylviculture et de l'industrie
Inciter à la rénovation thermique des logements	RT1-ME : Aide au parc privé pour rénovation des systèmes de chauffage

## 2.4 Réductions permises par les mesures nouvelles de l'arrêté PREPA

Ce chapitre concerne le 2<sup>e</sup> point « les mesures nouvelles en faveur de qualité de l'air du projet de PREPA ».

Ces mesures ont été sélectionnées en s'appuyant notamment sur l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA » en fonction :

- de leur capacité à permettre l'atteinte des engagements pris par la France en matière de réduction des émissions de polluants atmosphériques *i.e.* à fournir les réductions complémentaires au tendanciel national pour atteindre cet objectif
- de leur coût, de leur bénéfice sanitaire, de leur acceptabilité, de leur praticité technique et juridique et de leur impact en termes de réduction des émissions (analyse multicritères réalisée dans l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA »).

### Évaluation *ex-ante* des réductions d'émissions de polluants permises par les mesures nouvelles proposées par le projet de PREPA

Tableau 18: émissions de polluants évitées en 2020, 2025 et 2030 par les mesures additionnelles du projet d'arrêté PREPA

Variation des émissions en kt	2020	2025	2030
SO <sub>2</sub>	-10	-7,9	-5,9
NOx	-17,2	-27	-36,7
COVNM	-6,6	-10,7	-14,8
NH <sub>3</sub>	-41,5	-68,2	-94,8
PM <sub>2,5</sub>	-7,4	-11,1	-14,8
PM <sub>10</sub>	-8,2	-12,3	-16,4

Les engagements étant exprimés en relatif par rapport à 2005, les réductions ci-dessus exprimées en masse de polluants sont équivalentes aux réductions suivantes exprimées en relatif par rapport aux émissions de référence en 2005.

Tableau 19 : évolution des émissions de polluants en 2020, 2025 et 2030 apportée par les mesures additionnelles du projet d'arrêté PREPA par rapport à 2005

Évolution par rapport à 2005	2020	2025	2030
SO <sub>2</sub>	-2,1%	-1,7%	-1,3%
NOx	-1,2%	-1,9%	-2,6%
COVNM	-0,6%	-0,9%	-1,2%
NH <sub>3</sub>	-6,1%	-9,9%	-13,8%
PM <sub>2,5</sub>	-2,9%	-4,3%	-4,4%
PM <sub>10</sub>	-2,2%	-3,3%	-4,4%

Les engagements de réduction du projet de décret présentés au tableau 1 sont atteints de la façon suivante avec les mesures additionnelles :

Tableau 20 : pourcentage d'atteinte des engagements de réduction des émissions de polluants en 2020, 2025 et 2030 apportée par les mesures additionnelles du projet d'arrêté PREPA

<b>Pourcentage d'atteinte de l'engagement de réduction</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	3,9%	2,6%	1,6%
<b>NOx</b>	2,4%	3,2%	3,7%
<b>COVNM</b>	1,3%	1,9%	2,4%
<b>NH<sub>3</sub></b>	151,4%	117,0%	106,4%
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	10,7%	10,3%	10,2%

### À propos des mesures additionnelles

Les mesures additionnelles de l'arrêté PREPA évaluées dans le cadre de l'étude « Aide à la décision » sont les suivantes pour les activités hors agriculture :

<b>Mesures du projet d'arrêté</b>	<b>Mesures testées dans l'étude « aide à la décision » associées</b>
Faire converger la fiscalité entre l'essence et le gazole	La mesure TR9MA (augmentation des taxes de carburant) supposait une augmentation de taxes de 10 % sur le gasoil et l'essence, touchant ainsi tous les véhicules. Sur les bases des informations communiquées par la DGEC, les impacts de la mesure du projet d'arrêté consistant à permettre un rattrapage gasoil / essence ont été ré-estimés, la mesure de l'étude « Aide à la décision » ne pouvant être utilisée directement
Mettre en œuvre les zones à circulation restreinte (ZCR)	La mesure a été évaluée et correspond à TR10-MA : limitation de l'accès en centres-villes aux véhicules les plus polluants (ZCR)
Contrôle les émissions réelles des véhicules routiers	La mesure est associée à TR4-MA qui correspond à l'étape Euro 6c avec prise en compte des émissions en conditions réelles

Réduire les pollutions liées aux engins mobiles non routiers (EMNR) et la surveillance du marché des engins mobiles non routiers	La mesure THR2MA (proposition de règlement pour les moteurs à combustion interne destinés aux EMNR) a été testé sur la base de la proposition de règlement relatif aux exigences concernant les limites d'émissions et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers du 25/09/2014 pour les EMNR de l'agriculture
Réduire la teneur en soufre du fioul domestique	Cette mesure non évaluée dans l'étude « Aide à la décision » a fait l'objet d'une estimation spécifique connaissant les consommations de fioul domestique en 2020 et 2030

En agriculture, le projet d'arrêté PREPA identifie 4 secteurs d'action principaux :

Mesures du projet d'arrêté	Mesures testées dans l'étude « aide à la décision » associées																		
Réduire la volatilisation de l'ammoniac liée aux épandages de matières fertilisantes	<p>Cette mesure vise deux sources d'émissions majeures, les épandages de fertilisants minéraux et les épandages de fertilisants organiques.</p> <p><b>Tableau récapitulatif des taux d'application des mesures permettant d'atteindre les objectifs en maîtrise de réduction du NH3</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gestion des lisiers / fumiers</th> <th>2010</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Injecteurs</td> <td>5%</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Pendillards</td> <td>8%</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>Incorporations immédiates (moins de 6h)</td> <td>13%</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>Incorporation sous 12h</td> <td>7%</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Incorporation sous 24h</td> <td>20%</td> <td>13%</td> </tr> </tbody> </table>	Gestion des lisiers / fumiers	2010	2030	Injecteurs	5%	13%	Pendillards	8%	22%	Incorporations immédiates (moins de 6h)	13%	45%	Incorporation sous 12h	7%	7%	Incorporation sous 24h	20%	13%
Gestion des lisiers / fumiers	2010	2030																	
Injecteurs	5%	13%																	
Pendillards	8%	22%																	
Incorporations immédiates (moins de 6h)	13%	45%																	
Incorporation sous 12h	7%	7%																	
Incorporation sous 24h	20%	13%																	
Limiter le brûlage à l'air libre des résidus agricoles par la recherche et le développement de techniques et de filières alternatives au brûlage à l'air libre des résidus agricoles, en lien avec les schémas régionaux biomasse	Un arrêt complet des pratiques de brûlage des résidus agricoles a été testé <sup>15</sup> . Cette pratique restant très limitée en France et essentiellement sur des dérogations préfectorales, cette possibilité de réduction reste très incertaine. L'assiette a été fixée à 50 % en 2020 et 100% en 2030 dans l'évaluation ex ante.																		

<sup>15</sup> Mesure AGR11-MA de l'étude « Aide à la décision »

Évaluer et réduire la présence des produits phytopharmaceutiques dans l'air	Aucune mesure associée n'a été testée dans le cadre de l'étude « Aide à la décision ». Cette problématique relevant du programme « Ecophyto »			
Accompagner le secteur agricole grâce aux politiques agricoles	Plusieurs actions <sup>16</sup> relatives à cette mesure ont été testées dans l'étude « Aide à la décision », comme les laveurs d'air, les techniques d'évacuation rapide des déjections, l'optimisation de l'alimentation porcine, les couvertures de fosses ou encore la brumisation dans les bâtiments porcins. Les assiettes envisagées dans le cadre de l'étude « Aide à la décision » ont été conservées dans l'analyse ex-ante à l'exception de la mesure sur l'évacuation fréquente – gravitaire qui a été légèrement réduite pour rester compatible avec la progression du raclage en V.			
	<b>Tableau récapitulatif des taux d'application pour les actions relative à la mesure d'accompagnement</b>			
		2010	2020	2030
	Alimentation biphasé des porcins	81% des truies 100% des post-sevrés 83% des porcs à l'engrais	100% des porcins	100% des porcins
	Lavage de l'air des bâtiments d'élevage	5% des bâtiments soit 9% des porcins	20% des porcins	30% des porcins
	Evacuation rapide des déjections - raclage en V	0,85% des porcins	15% des porcins	30% des porcins
	Evacuation rapide des déjections - évacuation gravitaire tous les 15 jours	0,85% des lisiers porcins	50% des lisiers porcins	70% des lisiers porcins
	Couvertures haute technologie	10% des fosses à lisier bovin 17% des fosses à lisier porcine 39% des fosses à lisier de volailles	15% des fosses à lisier bovin 50% des fosses à lisier de porcins et de volailles	20% des fosses à lisier bovin 90% des fosses à lisier de porcins et de volailles
	Brumisation dans les bâtiments porcins	0% des bâtiments porcins	50% des bâtiments porcins	100% des bâtiments porcins

Pour atteindre les réductions de NH<sub>3</sub> envisagées, il sera nécessaire de modifier assez fortement certaines pratiques.

Les mesures additionnelles permettent de gagner quelques points de pourcent dans la réduction des émissions de SO<sub>2</sub>, NOx, PM<sub>2,5</sub> et COVNM :

- Pour le SO<sub>2</sub>, c'est surtout la mesure réduction des concentrations de soufre du fioul domestique à 10 ppm qui impacte la réduction observée ;
- Pour les NOx, la mesure Euro 6c avec cycle de mesure en conditions réelles et la mesure convergence de la fiscalité essence diesel ont l'impact le plus significatif ;
- Pour les PM<sub>2,5</sub> et les PM<sub>10</sub>, c'est la mesure relative aux équipements de combustion au bois qui a le plus d'influence suivie du rattrapage de la fiscalité essence/diesel.

<sup>16</sup> Mesures AGRI4-MA, AGRI5-MA, AGRI6-MA, AGRI7-MA, AGRI8-MA, AGRI17-MA de l'étude « Aide à la décision »

Pour le NH<sub>3</sub>, ce sont bien les mesures additionnelles portées par le projet d'arrêté PREPA qui permettent les réductions des émissions.

#### Mesures non évaluables

De nombreuses mesures du projet d'arrêté PREPA ne sont pas évaluables sur le plan des impacts sur les émissions, bien que l'on puisse estimer qu'elles auront un impact réel sur la réduction des émissions :

- Dans l'industrie, la mesure « Augmenter le contrôle des installations classées (ICPE) dans les zones les plus polluées » et « Renforcer la TGAP sur les émissions de polluants atmosphériques ».
- Dans les mesures transport et mobilité, de nombreuses mesures nécessiteraient des études spécifiques. Les mesures visant à encourager les modes actifs sont difficilement évaluables sans études approfondies. La réduction des émissions dans le transport maritime et aérien devraient également faire l'objet d'évaluations spécifiques.
- De façon générale les mesures de sensibilisation ou d'incitation sont difficilement évaluables.
- Les mesures portant sur la mobilisation des acteurs locaux sont difficilement évaluables mais une prise de conscience la plus large possible ne peut être que bénéfique et la mobilisation des acteurs essentielle pour la définition de politiques locales d'aménagement ou de gestion des transports permettant de réduire les émissions de polluants atmosphériques.

## 2.5 Pour mémoire : Mesures étudiées lors des travaux d' « aide à l'élaboration du PREPA » et leur codification

Mesures	Code utilisé
<b>Mesures dans le secteur industriel et production d'énergie</b>	
Arrêté du 26 août 2013 relatif aux installations de combustion de puissance > 50 MWth	PROC-IC1 <sub>ME PM</sub> - SO <sub>2</sub> ou NO <sub>x</sub> (1)
Décret du 2 mai 2013 portant transposition des dispositions générales et du chapitre II de la directive IED pour les procédés énergétiques (VLE annexe V ou valeurs hautes NEA MTD)	PROC-IC2 <sub>ME PM</sub> - SO <sub>2</sub> ou NO <sub>x</sub> (1)
Décret du 2 mai 2013 portant transposition des dispositions générales et du chapitre II de la directive IED pour le raffinage de pétrole (valeurs hautes NEA MTD)	PROC-IC3 <sub>ME SO<sub>2</sub></sub> (1)
Arrêté du 26 août 2013 pour les installations de combustion de puissance 20 à 50 MW et arrêté du 25 juillet 1997 modifié pour celles de 2 à 20 MW	PROC-IC4 <sub>ME PM</sub> - SO <sub>2</sub> ou NO <sub>x</sub> (1)
Application de valeurs intermédiaires entre valeurs basses et hautes des NEA MTD pour les procédés énergétiques et le raffinage de pétrole	PROC-IC5 <sub>MA PM</sub> - SO <sub>2</sub> ou NO <sub>x</sub> (2) (3)
<b>Mesures dans les transports</b>	
Normes Euro 5 et V relatives aux véhicules légers et aux véhicules utilitaires	TR1 <sub>ME</sub> (1)
Normes Euro 6 et VI relatives aux véhicules légers et aux véhicules utilitaires	TR2 <sub>ME</sub> (1)
Pénétration des véhicules hybrides et électriques	TR3 <sub>ME</sub> (1)
Etape Euro 6c avec cycle Real Driving Conditions	TR4 <sub>MA</sub> (2) (3)
Règlement n°168/2013 du 15 janvier 2013 relatif aux véhicules à 2 ou 3 roues	TR5 <sub>MA</sub> (2) (3)
Renouvellement en véhicules à faibles émissions d'une part des véhicules des flottes publiques	TR6 <sub>MA</sub> (2) (3)
Restriction de circulation en cas de dépassement des seuils d'alerte de qualité de l'air en zones urbaines	TR7 <sub>MA</sub> (2) (3)
Promotion du développement des transports en commun urbains propres	TR8 <sub>MA</sub> (2) (3)
Augmentation des taxes sur les carburants	TR9 <sub>MA</sub> (2) (3)
Limitation de l'accès en centres villes aux véhicules les plus polluants (ZCR)	TR10 <sub>MA</sub> (2) (3)
Limitation des émissions de l'abrasion des freins	TR11 <sub>MA</sub> (2) (3)
<b>Mesures relatives au transport combiné</b>	
Développement du transport combiné rail - route	TC1 <sub>MA</sub> (2) (3)
Amélioration ou création de voies navigables nouvelles	TC2 <sub>MA</sub> (2) (3)
<b>Mesures pour les engins mobiles non routiers de l'industrie et de l'agriculture</b>	
Phases IIIB et IV des règlements engins mobiles non routiers de l'agriculture/sylviculture et de l'industrie	THR1 <sub>ME</sub> (1)
Proposition de règlement pour les moteurs à combustion interne destinés aux EMNR du 25/09/2014	THR2 <sub>MA</sub> (2) (3)
<b>Mesures pour le résidentiel et le tertiaire</b>	
Résidentiel - Aides au parc privé : rénovation et systèmes de chauffage	RT1 <sub>ME</sub> (1)
Résidentiel - Rénovation parc social	RT2 <sub>ME</sub> (1)
Résidentiel et tertiaire- Réglementations thermiques des constructions neuves	RT3 <sub>ME</sub> (1)
Tertiaire - Rénovations et changements de système tendanciel	RT4 <sub>ME</sub> (1)
Chauffage urbain - fond chaleur changement du mix énergétique	RT5 <sub>ME</sub> (1)
Nouvelles exigences Flamme verte / hypothèses basses	RT6 <sub>MA</sub> (3)
Nouvelles exigences Flamme verte / hypothèses hautes	RT7 <sub>MA</sub> (2)
Résidentiel - Obligation de rénovation thermique lors des ravalements de face et de toiture	RT8 <sub>MA</sub> (3)
Résidentiel - Rénovation de tout le parc social à horizon 2030	RT9 <sub>MA</sub> (3)
Résidentiel - Objectif de 500 000 rénovations annuelles lourdes / an	RT10 <sub>MA</sub> (2)
Tertiaire - Décret d'obligation de rénovation tertiaire à horizon 2020 et renforcement à horizon 2030	RT11 <sub>MA</sub> (3)
Tertiaire - Rénovation de l'ensemble du parc public	RT12 <sub>MA</sub> (3)
Tertiaire - Objectif de -60% de consommation du tertiaire à horizon 2050	RT13 <sub>MA</sub> (2)
<b>Mesures pour l'agriculture*</b>	
Interdiction totale du brûlage des résidus de cultures aux champs	AGRI1 <sub>MA</sub> (2) (3)
Remplacement de l'urée par d'autres engrais	AGRI2 <sub>MA</sub> (2) (3)
Augmentation du temps passé au pâturage (+20j)	AGRI3 <sub>MA</sub> (3)

Alimentation bi-phase en élevages porcins	AGRI4 <sub>MA</sub> (2)
Lavage d'air des bâtiments d'élevages porcins	AGRI5 <sub>MA</sub> (2)
Evacuation fréquente des déjections –raclage en V	AGRI6 <sub>MA</sub>
Evacuation fréquente des déjections – Evacuation gravitaire tous les 15j	AGRI7 <sub>MA</sub> (2)
Couverture des fosses à lisier haute technologie	AGRI8 <sub>MA</sub> (2)
Couverture des fosses à lisier basse technologie	AGRI9 <sub>MA</sub>
Epannage des lisiers par pendillards	AGRI10 <sub>MA</sub>
Epannage des lisiers par injection	AGRI11 <sub>MA</sub>
Incorporation post épannage des lisiers et/ou fumiers immédiate	AGRI12 <sub>MA</sub> (2)
Incorporation post épannage des lisiers et/ou fumiers dans les 12h	AGRI13 <sub>MA</sub>
Incorporation post épannage des lisiers et/ou fumiers dans les 24h	AGRI14 <sub>MA</sub>
Évacuation des fientes de poules pondeuses en cages par tapis avec séchage forcé avant stockage	AGRI15 <sub>MA</sub> (2)
Raclage des lisiers de bovins au bâtiment	AGRI16 <sub>MA</sub> (2)
Brumisation dans les bâtiments porcins	AGRI17 <sub>MA</sub> (2)
*en agriculture les mesures sont connues, leur déploiement large n'est pas réalisé, d'où la classification en mesures additionnelles. L'ensemble des mesures n'est pas additionnable (Se référer au rapport principal) : (1) mesures existantes : elles entrent dans le scénario « PREPA avec mesures existantes (évaluées) ». Ces mesures sont enlevées pour PREPA sans mesures existantes évaluées. (2) mesures additionnelles prises en compte dans MA haut. (3) mesures additionnelles prises en compte dans MA bas. Se référer rapport principal pour l'utilisation des scénarii	

## 3 Évaluation ex-ante des impacts sur la qualité de l'air

---

À partir de l'évolution des émissions il est possible d'évaluer l'évolution des concentrations de polluants à l'horizon 2020 et 2030 par rapport à l'année 2010. Cette évolution des concentrations est analysée à partir d'indicateurs réglementaires issus de la Directive européenne sur la qualité de l'air 2008/50/CE : concentrations moyennes annuelles pour lesquelles des valeurs limites sont fixées, et moyennes horaires ou journalières, également régies par des valeurs limites ou des objectifs de qualité en fonction des polluants. Pour 2020, une évaluation avait également été réalisée dans le cadre de l'étude d'« aide à la décision pour l'élaboration du PREPA ».

### 3.1 Méthodologie

Les concentrations dans l'air sont estimées à partir d'un modèle numérique de qualité de l'air (CHIMERE<sup>17</sup>) permettant de simuler, à partir des émissions primaires de polluants, les phénomènes de réactions chimiques des polluants entre eux, leur transformation physique (passage à l'état solide, agglomération des particules etc.), leur transport par les vents, leur dépôt au sol ou leur lessivage par la pluie.

Les étapes de la simulation des concentrations sont les suivantes :

- *Spatialisation des émissions sur le territoire.* Les mesures n'ont pas toutes la même portée géographique et selon la durée de vie du polluant, l'impact peut être restreint aux zones d'émissions ou avoir un impact régional, voire national. Les totaux annuels par secteur d'activité sont estimés par le CITEPA au niveau national pour les années 2010, 2020 et 2030. Mais le calcul des concentrations requiert de connaître leur répartition géographique et temporelle. À cette fin, les clefs de distribution spatio-temporelle de l'Inventaire National Spatialisé (INS), développé par le Ministère en charge de l'environnement, pour chaque secteur d'activité, sont utilisées comme indicateur géographique. Les concentrations des départements d'Outre-mer n'ont pu être modélisées, les données d'émissions fournies par le CITEPA ne concernant que la Métropole.
- *Choix des paramètres et des données d'entrée du modèle.* Outre les émissions, les concentrations estimées dépendent également des conditions météorologiques et des concentrations de polluants sur les pays européens frontaliers. L'année météorologique 2010 a été choisie comme référence pour les simulations (i.e. toutes les simulations sont effectuées avec les conditions météorologiques de 2010), et les concentrations de polluants sur l'Europe sont estimées pour chaque année (2010, 2020, 2030). Les émissions des pays européens en 2020 et 2030 sont issues des scénarios de la Directive européenne 2016/2284 révisant la Directive NEC<sup>18</sup> et on suppose donc que chaque pays respecte ses engagements de réduction d'émissions en cohérence avec cette directive.
- *Calcul des concentrations sur la France à une résolution géographique d'environ 7km sur le territoire et à un pas de temps horaire.*

---

<sup>17</sup>Modèle co-développé par le CNRS et l'INERIS, <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>

<sup>18</sup>TSAP Report #11, <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/policy/TSAP-reports.html>

- *Correction statistique des résultats* du modèle pour tenir compte des biais intrinsèques du modèle (sous-estimations des concentrations de PM<sub>10</sub> par exemple imputables aux incertitudes sur les émissions et les paramétrisations du modèle) à partir de la différence entre simulations et observations à certaines stations de mesures pour la période actuelle (2010). Cette correction permet de disposer d'une représentation cartographique simulée des concentrations plus réalistes. Elle est donc calée pour l'année de référence 2010, pour laquelle les mesures sont disponibles, et transposée aux simulations prospectives (2020 et 2030). Cette correction n'est pas appliquée pour les concentrations PM<sub>2,5</sub> sur tout le territoire car trop peu de données de stations sont disponibles en 2010. En revanche, les valeurs aux stations, utilisées par exemple pour estimer indicateurs et dépassements, sont corrigées (l'évolution simulée entre l'année future et l'année de référence est appliquée aux observations).

### 3.2 Évaluation des concentrations

Ces simulations permettent d'évaluer les évolutions des concentrations de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> en moyenne annuelle mais également d'estimer l'évolution du nombre de dépassements des valeurs limites annuelles ainsi que des seuils journaliers et horaires.

#### Année de référence 2010

##### a) PM<sub>10</sub>

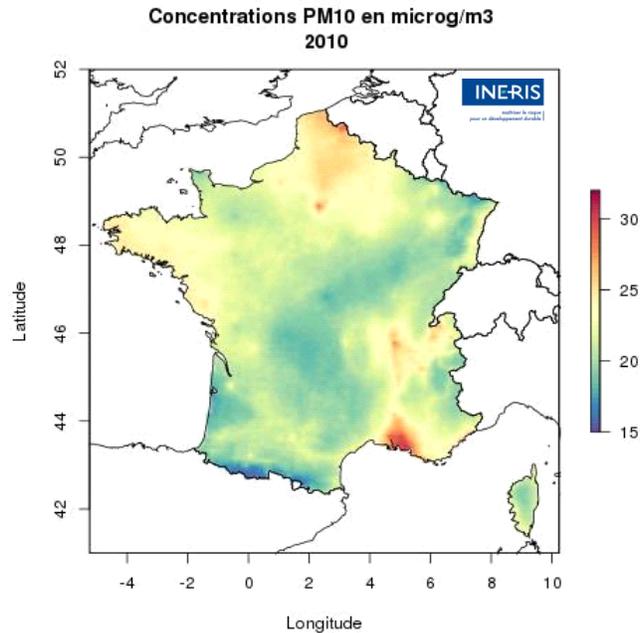
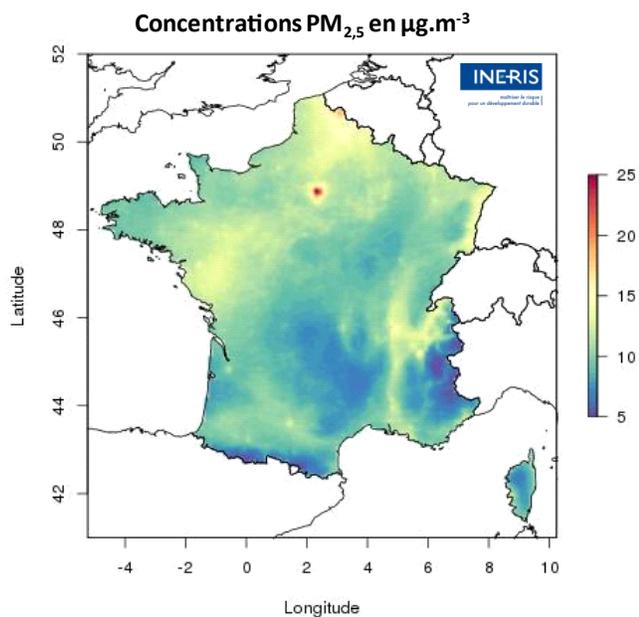


Figure 1 : Concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> simulées pour l'année de référence 2010

Les concentrations élevées de PM<sub>10</sub> se trouvent principalement près des zones fortement urbanisées. De nombreux dépassements du seuil journalier d'information et de recommandation (50 µg/m<sup>3</sup>) ont été constatés sur l'année 2010 avec 4362 dépassements enregistrés sur les 286 stations du territoire métropolitain, dont la majorité en fond urbain et en proximité trafic. La **valeur limite** (>50 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an) a été dépassée en 19 stations dont 16 en proximité trafic. Enfin, la valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> a été dépassée en 6 stations de l'Île-de-France et de la région lyonnaise (stations trafic).

**b)  $PM_{2,5}$**



*Figure 2 : Concentrations moyennes annuelles de  $PM_{2,5}$  simulées pour l'année de référence 2010*

Les concentrations élevées de  $PM_{2,5}$  se trouvent principalement dans les zones fortement urbanisées. La valeur cible de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, qui devient la valeur limite à ne pas dépasser à partir de 2020, est dépassée 18 fois sur l'ensemble des 68 stations de mesure du territoire métropolitain, notamment en Île-de-France, en Rhône-Alpes, dans le nord, le nord-est et dans la région de Cannes.

### c) $\text{NO}_2$

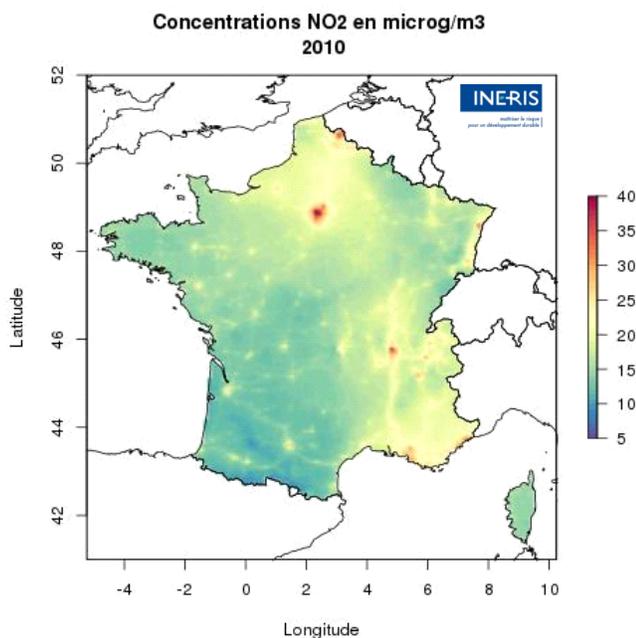


Figure 3 : Concentrations moyennes annuelles de  $\text{NO}_2$  simulées pour l'année de référence 2010

Les concentrations maximales se retrouvent dans les grandes agglomérations, le long des grands axes routiers et dans les zones fortement densifiées. En 2010, sur toute la France, il aura été constaté **1005 dépassements de la valeur seuil horaire** ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire) sur l'ensemble des stations de mesure avec une forte majorité de **stations de mesure en proximité du trafic routier (976 fois)**. La **valeur limite du seuil horaire** de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 18 fois par an a été dépassé sur 6 stations à Lyon, Paris et Toulouse. En revanche la **valeur limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  en moyenne annuelle est dépassée en **49 sites sur l'ensemble des 378 stations** de mesures du territoire métropolitain.

d) O<sub>3</sub>

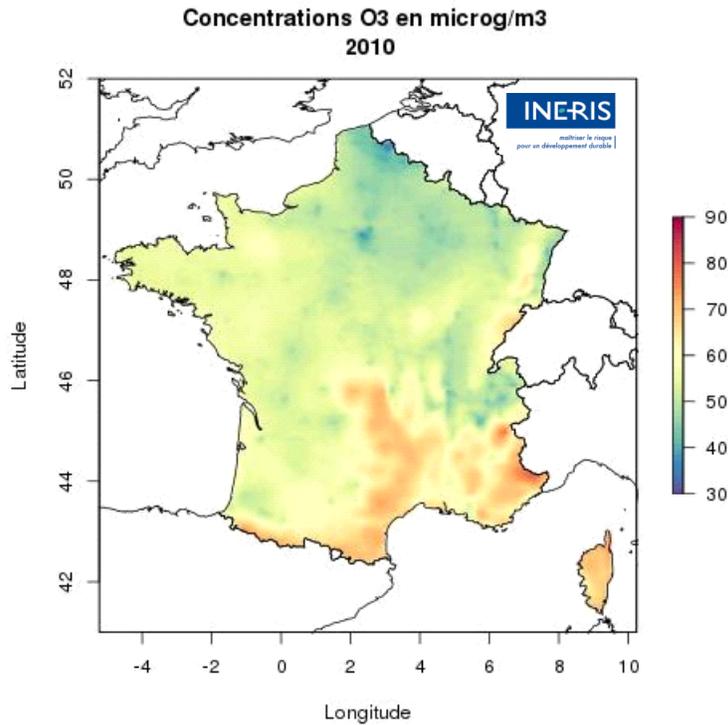


Figure 4 : Concentrations moyennes annuelles d'O<sub>3</sub> simulées pour l'année de référence 2010

Les concentrations d'O<sub>3</sub> sont plus élevées dans le sud de la France, où l'ensoleillement est lui aussi plus intense. Le seuil défini pour la protection de l'environnement (AOT40) n'est pas respecté sur environ 24 % des sites, et celui pour la protection de la santé (120 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 jour par an), sur environ 26% des sites. Les régions principalement touchées sont la région méditerranéenne, les Pyrénées, la région Auvergne Rhône-Alpes, L'Occitanie et l'Alsace.

Il est à noter que la carte ci-dessus montre les concentrations d'ozone en moyenne annuelle, l'ozone étant un polluant « d'été », il est quasi inexistant en hiver et particulièrement élevé pendant la période estivale. Il faut également noter que les pics d'O<sub>3</sub> sont généralement observés dans les zones rurales, lorsque les polluants précurseurs d'O<sub>3</sub> sont transportés loin des zones de fortes émissions de ses précurseurs. Ce comportement est lié à la chimie complexe de l'O<sub>3</sub> qui est un polluant secondaire issu de la combinaison chimique des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>=NO<sub>2</sub>+NO) et de composés organiques volatils (COV) selon des lois fortement non linéaires. Ainsi les NO<sub>x</sub> participent à la création d'ozone, mais également à sa destruction. En fonction du rapport entre concentrations de NO<sub>x</sub> et de COV, et également en fonction du rayonnement solaire, l'O<sub>3</sub> est détruit ou produit. En particulier, si le rapport NO<sub>x</sub>/COV est trop élevé, la destruction d'O<sub>3</sub> par les NO<sub>x</sub> l'emporte sur la production. C'est ce qu'il se passe en proximité des zones de trafic (phénomène de titration).

## Concentrations prospectives : 2020 et 2030

### a) $PM_{10}$

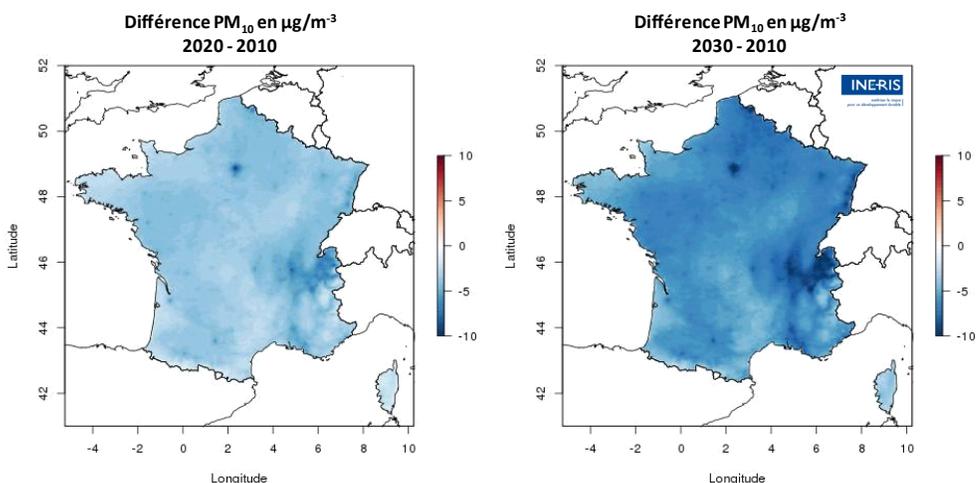


Figure 5 : Progrès en termes de concentrations moyennes annuelles de  $PM_{10}$  simulées pour 2020 et 2030

La tendance de baisse des émissions se retrouve dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles de  $PM_{10}$  en 2020, et encore plus notablement en 2030. Cette baisse est particulièrement marquée pour les régions présentant des émissions trafics et résidentielles importantes, comme l'Île-de-France, la région Auvergne Rhône-Alpes et le Nord de la France.

### b) $PM_{2,5}$

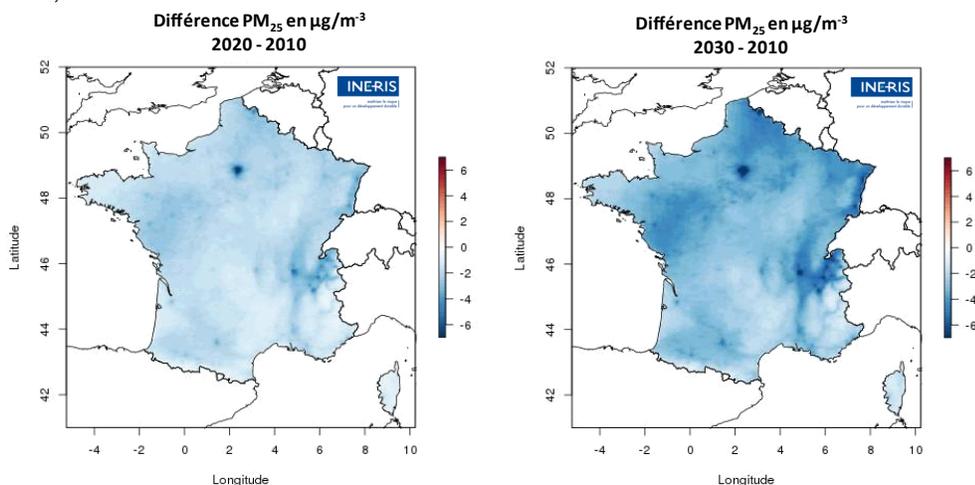


Figure 6 : Progrès en termes de concentrations moyennes annuelles de  $PM_{2,5}$  simulées pour 2020 et 2030

Comme pour les  $PM_{10}$ , la réduction des concentrations entamée en 2020 est particulièrement importante en 2030. Elle atteint plus de 40 % de réduction dans les zones fortement densifiées. Des baisses importantes sont également simulées dans des zones à prédominance agricole, comme Pays de la Loire.

### c) NO<sub>2</sub>

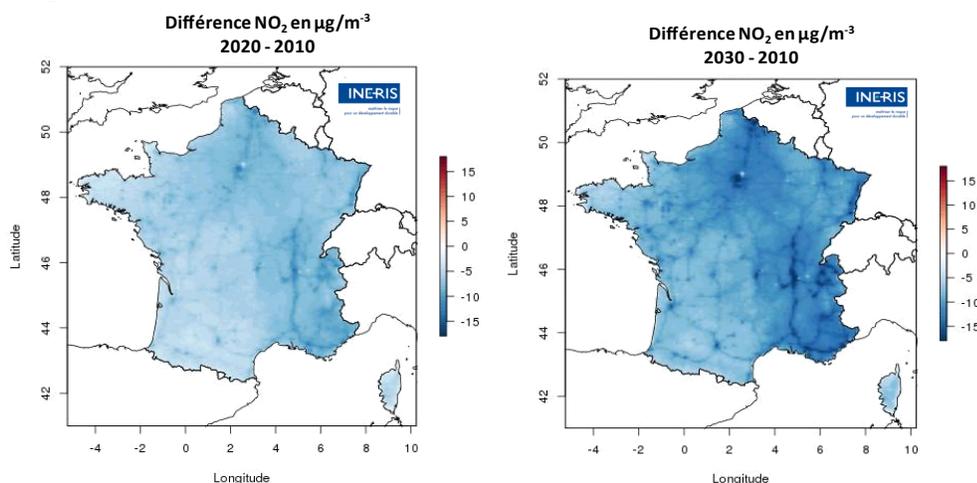


Figure 7 : Progrès en termes de concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> simulées pour 2020 et 2030

Les concentrations en NO<sub>2</sub> sont fortement réduites en proximité trafic sur tout le territoire. En 2030, cette réduction dépasse les 50 % sur les axes routiers principaux ainsi que sur les grandes agglomérations.

### d) O<sub>3</sub>

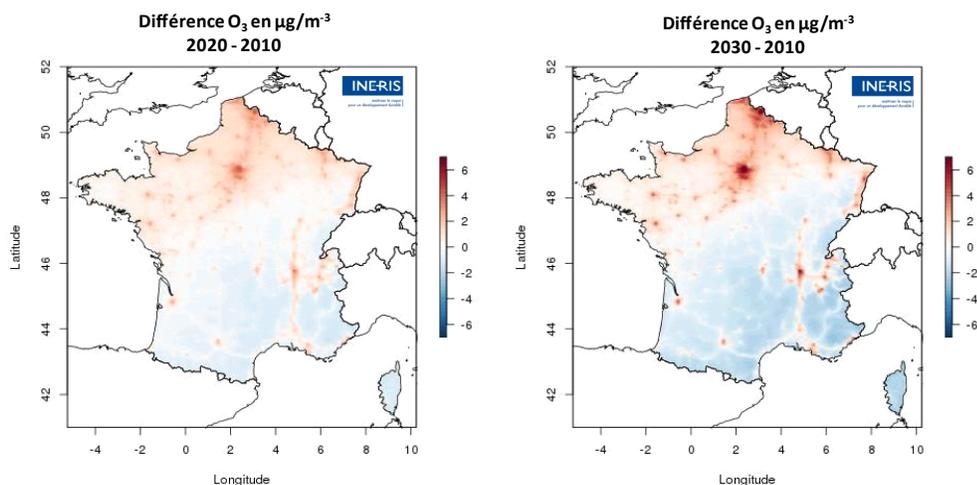


Figure 8 : Progrès en termes de concentrations moyennes annuelles d'O<sub>3</sub> simulées pour 2020 et 2030

La baisse des concentrations moyennes annuelles d'O<sub>3</sub> est moins marquée que pour les autres polluants. Les régions sur lesquelles les concentrations d'O<sub>3</sub> sont les plus importantes (principalement le sud de la France en zone rurale) voient effectivement une baisse des concentrations d'O<sub>3</sub> liée à la réduction de NO<sub>x</sub>. En revanche une hausse de ces concentrations est observée sur les zones présentant des concentrations d'O<sub>3</sub> plus faibles et qui sont plutôt dans un régime de destruction d'O<sub>3</sub>. Dans ces zones, la réduction des émissions d'oxydes d'azote peut donc induire une augmentation des niveaux d'ozone, puisque le processus de destruction d'O<sub>3</sub> par les NO<sub>x</sub> ne peut plus avoir lieu. C'est ce qui est observé sur les cartes en région parisienne, dans le Nord de la France, et à proximité directe du trafic.

Concernant les pics d'ozone, toujours observés dans les zones de forte production d'ozone

(sud de la France principalement), ils sont fortement réduits par la réduction des oxydes d'azote. Cette réduction est plus forte que celle de la moyenne annuelle, comme le montre les réductions des dépassements d'O<sub>3</sub> dans le paragraphe suivant.

### 3.3 Impact sur les dépassements des valeurs limites

#### Dépassement des valeurs limites (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et NO<sub>2</sub>) et des valeurs cibles (O<sub>3</sub>) (valeurs de la directive 2008/50/CE)

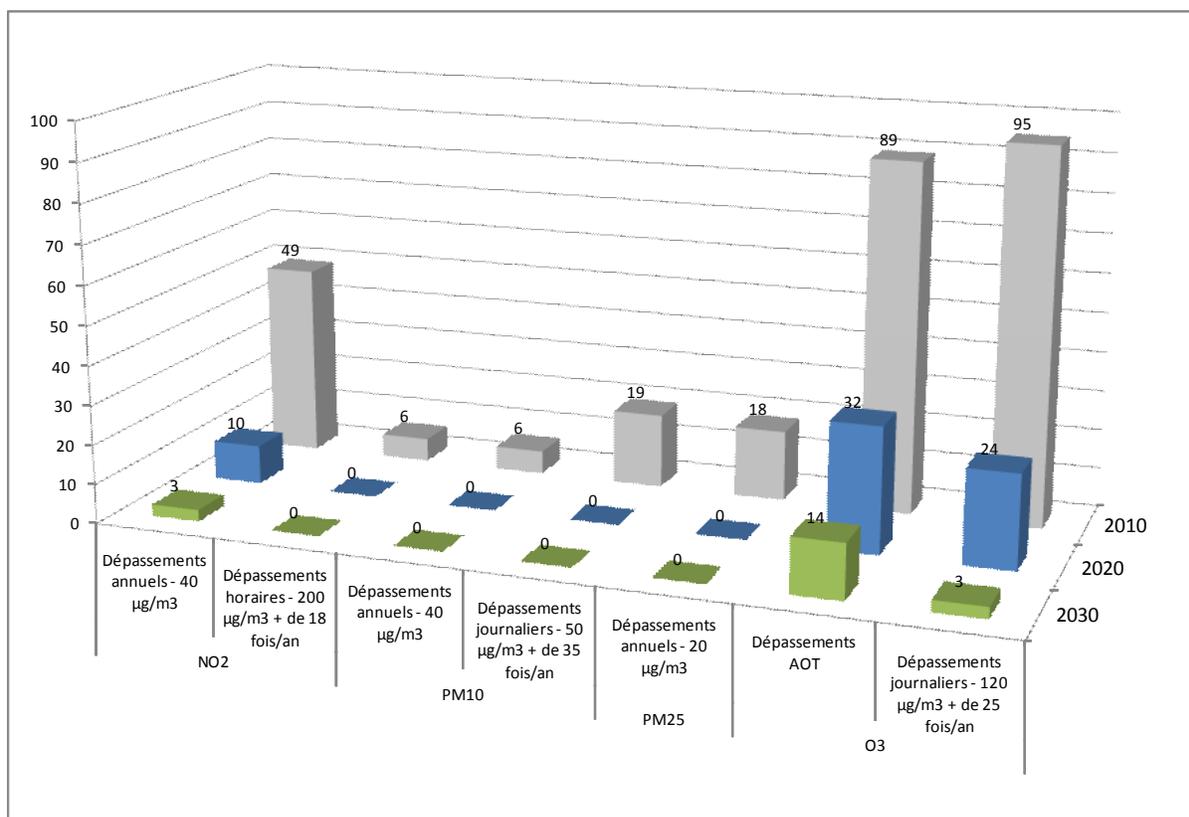


Figure 9 : dépassements des valeurs limites (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et NO<sub>2</sub>) et des valeurs cibles (O<sub>3</sub>). Concernant la valeur limite annuelle sur les concentrations de PM<sub>2,5</sub>, c'est la valeur limite de 2020 (20 µg.m<sup>-3</sup>) qui est appliquée (même en 2010).

Le graphique ci-dessus représente les dépassements des **valeurs limites** observés aux stations de mesure métropolitaine en 2010, et ceux simulés selon la méthode explicitée ci-dessus pour 2020 et 2030. Dès 2020, les valeurs limites de concentrations pour les particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) ne sont plus dépassées en métropole, alors que le nombre de stations dépassant les valeurs limites de NO<sub>2</sub> et d'O<sub>3</sub> est nettement réduit. En 2030, seules 3 stations dépassent encore la valeur limite imposée sur les dépassements annuels de NO<sub>2</sub>. Les valeurs cibles sur les concentrations d'O<sub>3</sub> sont encore dépassées, que ce soit sur l'AOT ou les dépassements journaliers mais nettement réduites par rapport à 2010.

## Dépassements des seuils journaliers et horaires (seuil de recommandation et d'information)

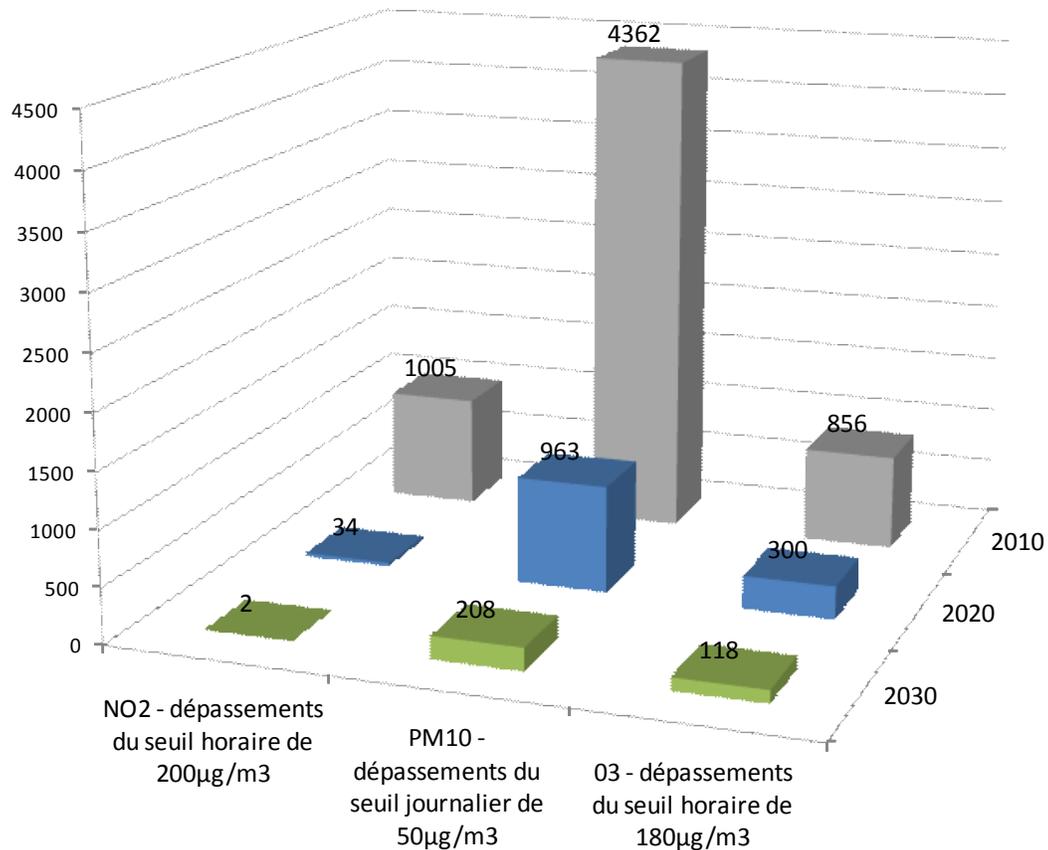


Figure 10: Dépassements des seuils horaires (200 µg.m<sup>-3</sup> pour le NO<sub>2</sub> et 180 µg.m<sup>-3</sup> pour l' O<sub>3</sub>) et journaliers (50 µg.m<sup>-3</sup> pour PM<sub>10</sub>) correspondant aux seuils d'information et de recommandation

Les seuils journaliers et horaires sont nettement réduits en 2020 et poursuivent cette réduction en 2030. Cette baisse est particulièrement marquée pour les dépassements des seuils horaires de NO<sub>2</sub> qui sont réduits de plus de 99% en 2030. Les dépassements des seuils journaliers de PM<sub>10</sub> sont réduits de plus de 95% et 86% pour les dépassements des seuils horaires d'O<sub>3</sub>.

### 3.4 Indicateur moyen d'exposition

En plus des dépassements individuels aux stations, l'indicateur moyen d'exposition (IEM) est calculé pour 2020 et 2030. Cet indicateur correspond à la moyenne annuelle des concentrations de PM<sub>2,5</sub> dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine, soit une sélection précise de stations de mesure dans les agglomérations.

Les objectifs français sur l'IEM sont des objectifs pluriannuels : la moyenne sur 3 ans ne doit pas dépasser 14,7 µg.m<sup>-3</sup> en 2020 et, selon le récent arrêté du 7 décembre 2016, l'objectif pour 2030 est de 10 µg.m<sup>-3</sup> (moyenne entre 2029 et 2031). Dans cette étude, l'IEM a été calculé pour chaque année, sans qu'il ne soit possible de moyenniser sur 3 ans. En 2020 et en 2030, l'IEM calculé est de respectivement 13,5 µg.m<sup>-3</sup> et 11,1 µg.m<sup>-3</sup>.

Il est important de noter que les simulations effectuées correspondent à l'année météorologique 2010, et sont donc représentatives de conditions météorologiques moyennes. Dans des conditions météorologiques particulièrement défavorables, il n'est pas exclu que les valeurs limites de polluants soient plus fortement dépassées que dans cette étude.

# 4 Évaluation prospective des impacts sanitaires et des bénéfices sanitaires associés

---

## 4.1 Méthodologie

Les bénéfices sanitaires d'un scénario sont définis comme les impacts sanitaires évités par sa mise en œuvre, du fait de la réduction de l'exposition de la population aux polluants atmosphériques. Ils correspondent aux différents niveaux de pollution atmosphérique associés au scénario PREPA ont été quantifiés à l'aide du modèle ARP-FR<sup>19</sup> de l'INERIS.

Ils tiennent compte de différents impacts sanitaires (différents indicateurs de morbidité et de mortalité) associés à l'exposition de la population aux particules PM<sub>2,5</sub>, à l'ozone (O<sub>3</sub>) et au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en 2020 et 2030, et décrit dans le chapitre précédent. Les particules sont traitées indépendamment de leur source et de leur composition chimique, en cohérence avec les recommandations de l'OMS.

Le modèle ARP-FR calcule les effets de ces polluants sur des critères de santé (mortalité, morbidité) par l'intermédiaire de relations doses-réponses, développées sur la base d'études épidémiologiques. Les impacts sanitaires sont quantifiés via l'exposition moyenne de la population : le croisement des concentrations de polluants avec les densités de population à haute résolution spatiale.

La multiplication des effets sanitaires (e.g. cas de bronchite, année de vie perdue ...) par leur valeur monétaire unitaire permet ensuite d'attribuer une valeur économique en € aux effets sanitaires évités par la mesure. Les bénéfices sanitaires sont ensuite calculés comme différence entre les coûts sanitaires dans l'année de base et l'année cible.

D'autres bénéfices (impacts évités sur les écosystèmes, sur les forêts et les cultures, sur le bâti, impacts macroéconomiques, etc.) ont été exclus de l'analyse car difficiles à évaluer, de même pour les co-bénéfices liés à la réduction des émissions de GES.

En réduisant les concentrations de polluants atmosphériques auxquelles la population sera exposée dans le futur, le projet d'arrêté PREPA contribuera à une réduction des impacts sanitaires. Ces réductions ont été quantifiées et monétarisées pour les deux années cibles 2020 et 2030<sup>20</sup> par rapport à l'année de référence 2010. En termes de bénéfices sanitaires, l'étude ex-ante montre une réduction supérieure à 40% de l'ensemble des impacts sanitaires en France en 2030 par rapport à 2010 (exprimés en termes monétaires).

---

<sup>19</sup>Alpha-Risk Poll France. Travaux menés en collaboration avec le consultant anglais Michael Holland (EMRC) qui conduit les analyses sur les impacts sanitaires et environnementaux pour la Commission européenne. L'outil est donc cohérent avec le modèle utilisé pour les évaluations menées dans le cadre de la Directive NEC et du Protocole de Göteborg, mais adapté aux spécificités françaises. La version d'ARP-FR initialement mise en œuvre se basait sur la méthodologie d'évaluation des impacts sanitaires utilisée dans le programme CAFE de l'Europe. En 2014 et 2015 une mise à jour a été développée et successivement améliorée pour tenir compte de la méthode plus récente validée par l'OMS/Europe sur la base de l'étude internationale HRAPIE (WHO, 2013a).

<sup>20</sup> La mise en œuvre successive du scénario PREPA aura comme effet également des bénéfices sanitaires dans les années intermédiaires. Ces bénéfices n'ont pas été évalués dans l'étude.

## 4.2 Résultats

Le projet d'arrêté PREPA permet de diminuer le nombre de morts prématurées liées à une exposition chronique aux particules fines d'environ 11 200 cas/an entre 2010 et 2030 (soit une réduction relative de -30%). Ce chiffre est cohérent avec la réduction des morts prématurées estimée pour la France au niveau européen dans les travaux de modélisation ayant alimenté la révision de la Directive réduction des émissions (TSAP Report #11 et l'analyse coût/bénéfice associée<sup>21</sup>)<sup>22</sup>. Les efforts à réaliser par chaque pays pour atteindre une diminution de moitié de la mortalité liée à la pollution atmosphérique voulue par la Directive européenne ne sont en effet pas identiques pour tous les pays.

D'un point de vue économique, cela signifie que le projet d'arrêté PREPA permet d'éviter des coûts sanitaires annuels de la pollution de l'air en 2030 par rapport à 2010 à hauteur de 17 milliards € (valeur non actualisée<sup>23</sup>). En d'autres termes : les coûts sanitaires annuels engendrés par la pollution de l'air en 2030 sont inférieurs à ceux de 2010 de 17 milliards €. En 2020, par rapport à 2010, les bénéfices sanitaires annuels s'élèvent à 11 milliards €.<sup>24</sup>

Les coûts sanitaires agrègent les coûts associés aux différents impacts sanitaires (coûts financiers médicaux, coûts d'opportunité), et en comptant pour la mortalité chronique des années de vie perdues (et non les morts prématurés) et qui sont monétarisés par la valeur d'une année de vie statistique.

		
<b>Bénéfices sanitaires (= Impacts sanitaires évités) annuels en 2020 et 2030 par rapport à 2010 (scénario PREPA)</b>		
En milliards € (en prix de 2013)	2020 par rapport à 2010	2030 par rapport à 2010
France	11	17

Bénéfice de l'année cible (2020, 2030), par rapport à la situation de référence (2010), exprimé en milliards € en prix de 2013. Il s'agit de valeurs non actualisées. Les coûts sanitaires agrègent les coûts associés aux différents impacts sanitaires, en comptant pour la mortalité chronique des années de vie perdues (et non les morts prématurées) et qui sont monétarisées par la valeur d'une année de vie statistique (VOLY). La valeur unitaire d'un VOLY utilisée est issue des travaux du programme CAFE (Clean Air for Europe) et s'élève à 66 mille euros (en prix de 2013).

<sup>21</sup><http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/policy/TSAP-reports.html>. Sur la base de scénarios d'émissions plus anciens, la réduction des morts prématurées estimée pour la France s'élève dans le rapport d'évaluation coût-bénéfice (EMRC, 2014) à environ 12.700.

<sup>22</sup>Il existe des différences méthodologiques avec le calcul de Santé Publique France (SPF) donnant 48000 morts/an, par exemple : l'année de base est à 2010 (SPF : autour 2007/2008) ; concerne la modélisation de la partie anthropogénique des PM<sub>2,5</sub> (SPF : modélisation de la totalité des PM<sub>2,5</sub> et estimation de la part non-anthropogénique sur la base de concentrations observées dans les zones peu peuplées) ; et SPF utilise une fonction concentration-réponse spécifique à la France qui vient d'être publiée (elle ne l'était pas au moment du démarrage du PREPA) et qui est plus élevée que celle préconisée pour l'Europe et appliquée dans le PREPA.

<sup>23</sup>Il a été décidé de présenter des bénéfices annuels futurs en valeurs non actualisées afin de rester comparable aux méthodes de calcul utilisées dans les évaluations par l'IIASA et l'EMRC pour la Commission Européenne.

<sup>24</sup>Fourchette basse des coûts unitaires pour la mortalité liée à la pollution atmosphérique (calcul basé sur les valeurs médianes – et non moyennes – de VOLY), donc il s'agit d'une estimation à minima pour les bénéfices.

## 5 Conclusions

---

L'évaluation *Ex-ante* du projet d'arrêté PREPA fait apparaître, sur la base des hypothèses retenues à ce stade, les tendances suivantes :

- Les objectifs de réduction des émissions à horizon 2020 sont atteints pour tous les polluants.
- Les objectifs de réduction à horizon 2030 sont respectés pour tous les polluants, sauf pour les COV<sub>NM</sub> (97% de l'objectif de réduction atteint) et le SO<sub>2</sub> (90% de l'objectif de réduction atteint) : des mesures additionnelles seront donc nécessaires d'ici là si la tendance se confirme.
- Pour les émissions d'ammoniac, le scénario tendanciel et la faiblesse des mesures existantes génèrent une hausse des émissions. Il est donc indispensable de prévoir les mesures additionnelles spécifiques prévues par le projet d'arrêté PREPA. L'atteinte des objectifs de réduction en matière de NH<sub>3</sub> dépend uniquement des mesures à adopter dans le cadre du projet d'arrêté PREPA et à mettre en œuvre effectivement et efficacement.
- La réalisation des hypothèses prévues dans le scénario tendanciel et des mesures existantes contribue significativement à l'atteinte des objectifs de réduction des émissions pour la plupart des polluants (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, COV<sub>NM</sub>). Cela suppose toutefois de s'assurer que les hypothèses retenues dans les scénarii envisagés seront effectivement réalisées. Une importance toute particulière mérite d'être accordée à la bonne application des réglementations et des politiques publiques intégrées à ce scénario prospectif. C'est pourquoi plusieurs mesures du projet d'arrêté PREPA ont vocation à garantir la mise en œuvre opérationnelle de mesures existantes. En outre, s'il apparaît que les émissions réelles observées à terme sont supérieures à celles envisagées dans le scénario tendanciel, il faudra être en mesure de prendre des mesures correctives.
- Le PREPA fera l'objet d'une évaluation d'ici 5 ans, tel que prévu dans la LTECV, pour contrôler que les émissions restent dans une dynamique à la réduction cohérente avec les réductions sur lesquelles la France est engagée notamment dans le cadre de la directive 2016/2284 de décembre 2016. De plus il est nécessaire de garder en mémoire que la connaissance des émissions de certaines sources peut encore s'améliorer et influencer les inventaires (à la hausse ou à la baisse d'ailleurs). La réalité des futures consommations d'énergie, des productions industrielles, des mesures mises en place et leur déploiement à large échelle géographique, de l'impact des mesures mises en place, sera à considérer également.

En termes d'amélioration de la qualité de l'air, des progrès significatifs peuvent être attendus pour les PM<sub>10</sub>, les PM<sub>2,5</sub> et le NO<sub>2</sub> mais moins marqués pour l'Ozone.

Dès 2020, les valeurs limites de concentrations pour les particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) ne devraient plus être dépassées en métropole, alors que le nombre de stations dépassant les valeurs limites de NO<sub>2</sub> et d'O<sub>3</sub> devrait être nettement réduit. En 2030, seules 3 stations dépassent encore la valeur limite imposée sur les dépassements annuels de NO<sub>2</sub>. Les valeurs cibles sur les concentrations d'O<sub>3</sub> sont encore dépassées, que ce soit sur l'AOT ou les dépassements journaliers mais nettement réduites par rapport à 2010.

Les seuils journaliers et horaires (seuils horaires (200 µg.m<sup>-3</sup> pour le NO<sub>2</sub> et 180 µg.m<sup>-3</sup> pour l'O<sub>3</sub>) et journaliers (50 µg.m<sup>-3</sup> pour PM<sub>10</sub>)) sont nettement réduits en 2020 et poursuivent cette

réduction en 2030. Cette baisse est particulièrement marquée pour les dépassements des seuils horaires de NO<sub>2</sub> qui sont réduits de plus de 99 % en 2030. Les dépassements des seuils journaliers de PM<sub>10</sub> sont réduits de plus de 95 % et 86 % pour les dépassements des seuils horaires d'O<sub>3</sub>.

Les objectifs français sur l'IEM sont des objectifs pluriannuels : la moyenne sur 3 ans ne doit pas dépasser 14,7 µg.m<sup>-3</sup> en 2020 et, selon le récent arrêté du 7 décembre 2016, l'objectif pour 2030 est de 10 µg.m<sup>-3</sup> (moyenne entre 2029 et 2031). Dans cette étude, l'IEM a été calculé pour chaque année, sans qu'il ne soit possible de moyenner sur 3 ans. En 2020 et en 2030, l'IEM calculé annuellement est de respectivement 13,5 µg.m<sup>-3</sup> et 11,1 µg.m<sup>-3</sup>.

Ces progrès en termes de qualité de l'air conduisent à des bénéfices sanitaires. Le projet d'arrêté PREPA permettrait de diminuer le nombre de morts prématurées liées à une exposition chronique aux particules fines d'environ 11 200 cas/an entre 2010 et 2030 (soit une réduction relative de -30%).

D'un point de vue économique, cela signifie que le projet d'arrêté PREPA permettra d'éviter des coûts sanitaires annuels de la pollution de l'air en 2030 par rapport à 2010 à hauteur de 17 milliards €. En d'autres termes : les coûts sanitaires annuels engendrés par la pollution de l'air en 2030 sont inférieurs à ceux de 2010 de 17 milliards €. En 2020, par rapport à 2010, les bénéfices sanitaires annuels s'élèvent à 11 milliards €.