RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ACNUSA
AUTORITÉ DE CONTRÔLE DES NUISANCES AÉROPORTUAIRES

RAPPORT
SUR LA GESTION DE LA QUALITE DE L'AIR SUR ET AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

Le 9 juin 2020

EDITO



Le présent rapport du groupe de travail, réalisé entre mi 2019 et mi 2020, sur les activités aéroportuaires et la gestion de la qualité de l'air fait un tour d'horizon complet de l'état des connaissances sur les émissions de polluants des plateformes aéroportuaires, leurs impacts sur la qualité de l'air, les polluants émergents et les moyens de réduction des émissions de ces polluants. Il vient mettre à jour un premier guide publié en 2016.

Ce rapport est le fruit d'un travail collectif qui a impliqué le pôle Qualité de l'air de l'ACNUSA, des représentants des professionnels du transport aérien, la direction générale de l'aviation civile (DGAC), la direction générale énergie et climat (DGEC) et des experts issus de l'association des ASQAA (ATMO France), du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) et du laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA).

Les associations de riverains (UFCNA), environnementalistes (FNE) et d'élus (France Urbaine, Régions de France et Alliance des collectivités pour la qualité de l'air) ont été associées à ces travaux et ont pu faire part de leurs observations et recommandations. En tant que Présidente du groupe de travail mis en place, je tiens à remercier tous les participants et notamment le Pôle qualité de l'air de l'ACNUSA pour le travail accompli et les échanges fructueux.

Les gestionnaires des aéroports disposent maintenant d'une source d'informations de référence et d'un guide opérationnel pour agir, car au travers de ce rapport le collège de l'ACNUSA a voulu que ces derniers s'inscrivent dans une démarche de limitation des impacts de leurs activités sur la qualité de l'air comme beaucoup d'autres émetteurs et informent de la manière la plus transparente possible, sur les niveaux d'émissions et les concentrations en polluants sur et autour des plateformes.

Les enjeux en termes de qualité de l'air restent en effet importants. Les valeurs limites en concentrations de NO_2 et PM10 ne sont toujours pas respectées en tout lieu du territoire et la France a été condamnée le 24 octobre 2019, par la Cour de Justice de l'UE (CJUE) pour non-respect de la directive 2008/50/CE relative à la qualité de l'air ambiant, et plus spécifiquement pour "dépassement de manière systématique et persistent" des valeurs limites de concentration pour le NO_2 qui devraient être respectées depuis 2010. Ces concentrations trop élevées entraînent encore des impacts sanitaires et des impacts sur les écosystèmes.

Il importe de renforcer les actions de maîtrise des émissions, la surveillance de la qualité de l'air et l'information du public.

Les actions des sociétés d'exploitation aéroportuaire contribueront à renforcer les actions engagées au travers des plans de protection de l'atmosphère et plus globalement les programmes de réduction des émissions pilotés au niveau national par la Direction Générale de l'Energie et du Climat.

Nadine Allemand,
Membre du collège de l'ACNUSA
Le 9 juin 2020

SOMMAIRE

I. Etat des lieux 11
A. La qualité de l'air sur et autour des aéroports 11
1. Les principaux polluants et les sources de polluants 11
2. La surveillance de la qualité de l'air en France et autour des aéroports français 13
B. Sources d'émissions sur les plateformes aéroportuaires 14
1. Les émissions des aéronefs 16
a) Les réacteurs 16
b) APU – Auxiliary Power Unit 19
c) Les essais moteurs 19
2. Les émissions au sol sur la plateforme aéroportuaire 20
a) Engins de piste et assistance en escale 20
b) Les émissions à l'escale (APU et moyens de substitution) 25
C. La politique française de réduction des émissions de polluants 29
1. Les plans et programmes de réduction des émissions 29
2. Mesures de réduction des émissions en cas d'épisode de pollution dans le secteur aérien 34
D. Informations sur quelques phénomènes liés à l'aviation 37
1. Le délestage de carburant - les traînées de condensation 37
2. Les dépôts de suie 37
3. Les odeurs de kérosène 38
4. Hauteur de couche limite atmosphérique & Cycle LTO 38
II. Surveillance de la qualité de l'air sur et autour des aéroports 40
A. Objectifs de la mise en place d'une surveillance de la qualité de l'air 40
B. Propositions du groupe de travail 40
1. Polluants 40
2. Moyens de surveillance 42
3. Campagnes de mesure : dimensionnement et fréquence 42
4. Procédures 43
5. Les polluants émergents 43
a) Les Particules ultrafines 43
b) Le Carbone suie 46
c) 1,3 butadiène 50
6. La modélisation 51
III. Inventaires d'émissions 55
A. Pourquoi réaliser un inventaire d'émissions 55
B. Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques 56
1. Les émissions des aéronefs 56
2. Les émissions au sol 59
C. Plateforme de calcul TARMAAC 61
D. Etude « Estimation des émissions de polluants et de gaz à effet de serre sur les plateformes aéroportuaires », janvier 2020 62
E. Programme Airport Carbon Accreditation 62
F. Propositions du groupe de travail 63
1. Polluants 64
2. Sources à prendre en compte 64
3. Méthodologie 65
4. Fréquence de réalisation 65
5. Procédure 65
IV. Indicateurs de suivi 66

A. Indicateurs de pression 66
B. Indicateurs d'impact direct 68
C. Indicateurs des effets des politiques de gestion 68
V. Information du public 70
VI. Perspectives pour diminuer l'impact des activités aéroportuaires 72
A. Evolutions technologiques 72
1. Les technologies futures pour les moteurs à faibles niveaux d'émissions 72
2. Les biocarburants 76
B. Voies de réduction de la pollution atmosphérique sur la plateforme 80
1. Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques 80
2. Mise en place d'un système incitatif à l'utilisation des moteurs les moins émissifs en oxydes d'azote 84
3. Le roulage 85
4. Les moteurs auxiliaires de puissance (APU) 88
5. Les engins de piste 91
6. L'accessibilité à la plateforme aéroportuaire 94
Glossaire 98
Annexe 1 – liste des participants et des acteurs sollicités dans le cadre des travaux du groupe de travail 100
Annexe 2 - Dates et ordre du jour des réunions du groupe de travail 101
Annexe 3 - Tableau des valeurs réglementaires 103
Annexe 4 - Suivi de la qualité de l'air sur les grands aéroports relevant de la compétence de l'acnusa 104
Annexe 5 - Etude sur le temps d'utilisation des APU en Ile-de-France (histogrammes) 112
Annexe 6 – Exemples de mesures de réduction de polluants prises en cas d'épisode de pollution par les gestionnaires d'aéroports 113
Annexe 7 – Les polluants émergents 116
Annexe 8 - Indicateurs et incertitudes 122
Annexe 9 –Airport Carbon Accreditation (ACA) 126
Annexe 10 - Biocarburants 128
Annexe 11 - Recommandation ECAC/27-4 - NOx Emission Classification Schéme 129

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux polluants et sources d'émissions....12
Tableau 2 : Phases du cycle LTO, durée moyenne et régime moteur associés....17
Tableau 3 : Famille d'engins de piste présentes côté piste, leur fonction, leur puissance et temps d'utilisation....21
Tableau 4 : Nombre de PV reçus depuis 2014 sur Paris – CDG, Paris – Orly et Paris - Le Bourget (ACNUSA)....26
Tableau 5 : Temps d'utilisation de l'APU en minutes pour l'arrivée....27
Tableau 6 : Temps d'utilisation de l'APU en minutes pour le départ....27
Tableau 7 : Temps d'utilisation de l'APU pour les aéroports de Nantes – Atlantique, Toulouse – Blagnac et Nice – Côte-d'Azur....28
Tableau 8 : Objectifs de réduction fixés pour la France (exprimés en % par rapport à 2005) 31
Tableau 9 : Extrait de concentrations mesurées en carbone suie et des facteurs d'émissions sur des aéroports (source : Shirmohammadi et al., 2016). 49
Tableau 10 : Comptabilisation des émissions du trafic aérien au titre de la CCNUCC et CCE-NU/CE (Source : Citepa)....59
Tableau 11 : durée d'utilisation et facteurs d'émissions pour les APU des court/moyen-courrier et long courrier (source : Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère des APU, Citepa, 2007)....60
Tableau 12 : Indicateurs de pression et leur fréquence de suivi....67
Tableau 13 : Indicateurs d'impact et leur fréquence de suivi....68
Tableau 14 : Indicateurs des effets de politique de gestion et leur fréquence de suivi....68
Tableau 15 : Informations à mettre à disposition du grand public, délai de mise à disposition et fréquence d'actualisation....71
Tableau 16 : Evolution des normes CAEP....74
Tableau 17 : Coûts d'investissement et opératoires....89
Tableau 18 : Etat des lieux des véhicules et engins de piste considérés comme propres....91

Liste des figures

Figure 1: Le cycle de la pollution atmosphérique....11
Figure 2 : les sources d'émissions polluantes aéroportuaires....15
Figure 3 : Répartition des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines PM10 sur l'aéroport de Paris - Charles –de – Gaulle pour l'année 2018 (Source : Aéroports de Paris)16
Figure 4: Répartition des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines PM10 sur l'aéroport de Toulouse – Blagnac pour l'année 2017(Source : rapport annuel 2017, ATMO Occitanie)....16
Figure 5 : le cycle LTO ("Landing- Take-Off")....17
Figure 6 : Evolution des indices d'émission (g/kg fuel) des hydrocarbures imbrulés (UHC), du monoxyde de carbone (CO), des oxydes d'azote (NOx) et du Smoke Number (SN) en fonction du % de poussée maximum pour le CFM56-5B (fourni par Safran-ae à partir données certification CFM56-5B)....18
Figure 7 : L'évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (Source : Inventaire Citepa 2018 et scénario SNBC révisée)....30
Figure 8 : plans régionaux et locaux déclinant les objectifs nationaux (Source : ADEME, – Elus, l'essentiel à connaître sur les PCAET, 2016)....32
Figure 9 : zones couvertes par un PPA et grands aéroports français....33

Figure 10 : répartition en taille du carbone suie 47
Figure 11 : caractéristiques en taille des émissions de carbone suie (Zhang et al., 2019) 48
Figure 12 : Concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO_2) en 2017 autour des aéroports Paris – Charles-de-Gaulle et Paris – Le Bourget 52
Figure 13 : Contribution (en %) des sources aéroportuaires en oxydes d'azote (à gauche) et en particules primaires PM10 (à droite) sur le domaine Paris – Charles de Gaulle/Paris – Le Bourget pour l'année 2017 52
Figure 14 : Contributions (en %) du trafic routier en oxydes d'azote (à gauche) et en particules primaires PM10 (à droite) sur le domaine Paris – Charles-de-Gaulle/Paris – Le Bourget pour l'année 2017 53
Figure 15 : Coupe des concentrations en oxydes d'azote (NOx) entre la ville de Gonesse (point A) et la commune de Compans (point E). La contribution des activités aéroportuaires et du trafic routier associée aux teneurs en NOx sont représentées 53
Figure 16 : Répartition du dioxyde d'azote dans l'environnement et aux abords de l'aéroport Toulouse – Blagnac en 2017 54
Figure 17 : Principales étapes de calcul des émissions liées aux avions (source : guide PCIT – juin 2018) 58
Figure 18: Schéma d'un moteur conventionnel et les différentes zones de production des polluants 72
Figure 19: Graphique des émissions de NO_x pendant le cycle LTO par rapport aux différentes normes CAEP 75
Figure 20: Les carburants utilisés actuellement dans le secteur aérien 78
Figure 21: représentativité spatiale du NO_2 à l'aéroport de Bâle Mulhouse en 2016 (Source : Atmo Grand Est) 108
Figure 22: Carte de la concentration en NO_2 109
Figure 23: Carte de la concentration en PM10 109
Figure 24: Concentration en moyenne annuelle en NO_2 (l'aéroport est symbolisé par une étoile) 110
Figure 25: Concentration en moyenne annuelle en NO_2 (l'aéroport de Nantes-Atlantique est entouré) 111

LISTE DES PROPOSITIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

Proposition n°1 relative aux polluants à surveiller : Doivent être mesurées à minima les concentrations pour les polluants suivants :
- de façon systématique : PM10, PM2,5 et NOx ;
- selon la configuration de chaque site aéroportuaire et ses activités, d'autres polluants pourront aussi être utilement surveillés, tels que les COV à proximité des zones de stockage des carburants ou des ateliers d'entretien d'avion, etc.

Proposition n°2 relative aux campagnes de mesure : Le groupe de travail préconise la réalisation de campagnes de mesures systématiques permettant une évaluation des concentrations sur et autour de la plateforme aussi bien pour les plateformes équipées de stations de mesure permanentes que pour les autres plateformes.

Proposition n°3 relative à la fréquence des campagnes de mesure : le groupe de travail propose qu'une campagne de mesure suivant les principes du guide soit organisée a minima tous les 5 ans (fréquence en cohérence avec les différents plans sur la qualité de l'air type SRCAE/SRADET, PPA) pour l'ensemble des aéroports (possédant ou non une ou plusieurs stations de mesure permanentes). La fréquence doit permettre un suivi régulier dans le temps de la qualité de l'air. Quelle que soit la fréquence retenue, des mesures ponctuelles plus régulières devront bien sur pouvoir être menées en fonction du contexte (par exemple : augmentation du trafic aérien, nouvelle centrale de production d'énergie, ...), de la performance environnementale visée par le gestionnaire d'aéroport dans l'agglomération dans laquelle il opère.

Proposition n°4 relative aux cahiers des charges des campagnes de mesure : Les cahiers des charges seront soumis pour information et observations éventuelles à l'ACNUSA afin de permettre un suivi et des contrôles cohérents ainsi qu'à la CCE. Une représentation cartographique de la qualité de l'air sur et autour des aéroports sur la base de la campagne de mesure devra être également incluse dans cette étude.

Proposition n°5 relative aux études (exploratoires) relatives aux des particules ultrafines : Le groupe de travail ne peut qu'encourager ces études sur les aéroports français dans l'attente des prescriptions qui pourraient être faites un jour au niveau national pour tous les types d'activités émettrices.Si un aéroport souhaite réaliser ce type d'étude, il devra dans un premier temps bien identifier et définir l'objectif recherché. En effet, pour évaluer l'impact sanitaire des PUF, l'information importante à rechercher est la concentration en nombre total de particules. Si on souhaite identifier une source, la répartition granulométrique doit être également analysée. Dans le cadre des problématiques aéroportuaires, ces 2 objectifs sont classiquement recherchés et un couplage MPSS et CPC pourra répondre à ces 2 points.

Proposition n°6 relative à la surveillance du carbone suie : Le groupe de travail propose d'encourager les études relatives au carbone suie sur et autour des aéroports français.

Proposition n°7 relative au temps d'utilisation des APU : Le groupe de travail propose, dans le cadre des inventaires d'émissions, de prendre en compte un temps moyen d'utilisation de l'APU lors d'une escale de 25 minutes pour les court- et moyen- courriers plus réaliste que les temps préconisés par l'OACI et cela à défaut d'avoir les temps d'utilisation réels de la plateforme.

Proposition n°8 destinée aux constructeurs d'APU et relative à leurs facteurs d'émissions : Le groupe de travail propose de mener des études afin de disposer de facteurs d'émissions pour APU « validés » voire « certifiés » car actuellement ces derniers sont donnés par les constructeurs d'APU ou issus d'une seule étude.

Proposition n°9 relative à la base de données des émissions: Chaque gestionnaire d'aéroport se chargera de recueillir l'ensemble des données nécessaires à l'inventaire d'émissions en mettant en place un système organisationnel adapté.

Proposition n°10 relative aux polluants à inventorier : Les polluants à considérer dans les inventaires d'émissions des aéroports sont les suivants :
- NOx
- PM10
- PM2,5
- COV
- SO_2

Proposition n°11 relative aux sources d'émissions à inventorier : Pour chacune des sources, les émissions de PM10, PM2.5, NOx, COV et SO_2 seront calculées :
- avion ;
- APU ;
- véhicules et engins de piste ;
- trafic routier ;
- centrales de production d'énergie.

Concernant les deux sources suivantes, seules les émissions de COV seront calculées :
- stockage et distribution de carburant ;
- ateliers de maintenance.

Proposition n°12 relative à la connaissance des émissions du trafic routier induit : Les connaissances sur le trafic routier induit par la plateforme doivent être améliorées. Cela pourra être réalisé grâce à la réalisation d'enquêtes « origine ou destination » des passagers, des salariés et leur moyen de transport. La même démarche est recommandée pour le fret.

Proposition n°13 relative à la fréquence des inventaires d'émissions : Un inventaire d'émissions complet sera réalisé tous les 2 ans et les émissions liées aux avions seront quant à elles calculées tous les ans. La fréquence d'un inventaire d'émissions complet pourra être réduite en justifiant qu'aucun changement notable n'a eu lieu sur la plateforme concernée, mais sans être inférieure à un inventaire tous les 5 ans.

Proposition n°14 relative à la transparence de l'information : Dans un souci de transparence et d'information, il est important que ces indicateurs d'évaluation d'impact environnemental soient présentés au grand public (cf. partie V). De plus, ces indicateurs devront être également transmis à l'ACNUSA dans le cadre de ses missions de contrôle mais aussi afin de lui permettre d'assurer son devoir d'information et de transparence vis-à-vis des collectivités et des populations impactées.

Proposition n° 15 relative au roulage n-1 moteurs à destination de la DGAC : Une évaluation de l'éventuelle mise en place d'une procédure de roulage sollicitant seulement un moteur sur deux pourrait être réalisée. Cette évaluation précisera le niveau de nuisances évitées (nuisances sonores et émissions de polluants), les risques associés (notamment par types avions), l'impact des spécificités locales (cheminements, contrôle), ainsi que les besoins en formation des équipages. L'évaluation contiendra un comparatif avec les procédures alternatives de roulage moins polluantes (tracteurs externes, moteurs électriques de roulage montés sur les avions). Enfin, l'évaluation identifiera les conditions techniques et juridiques permettant d'envisager la mise en œuvre à grande échelle de ces moyens.

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU GROUPE DE TRAVAIL

Le collège de l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA) a décidé début 2019, de revoir le guide à destination des aéroports, initié en 2013 et publié en 2016. Ce premier guide disponible sur le site internet de l'ACNUSA[1] a permis de commencer à objectiver l'impact des activités liées à la vie de l'aéroport sur la qualité de l'air aux niveaux local et régional, mais également de disposer d'une information qualitative pour en mesurer l'évolution.

Au regard de la prise de conscience des effets des émissions atmosphériques sur la qualité de l'air et le climat ainsi que leurs conséquences sur la santé humaine et les écosystèmes et dans un contexte où notre pays est condamné par la Cour européenne de justice pour dépassement des valeurs limites de dioxyde d'azote (NO_2) dans plusieurs de ses principales métropoles, le collège de l'ACNUSA a mis en place un groupe de travail présidé par Nadine Allemand, membre du collège et dont le secrétariat technique a été confié à Nathalie Guitard, chef du pôle qualité de l'air et des milieux au sein de l'équipe permanente. Ce groupe de travail a été chargé d'actualiser les connaissances sur un certain nombre de thèmes, avec l'aide des parties prenantes, en tenant compte des évolutions législatives et règlementaires intervenues ou en cours, en matière de pollution atmosphérique et de gaz à effet de serre (GES) :

- loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) ;
- plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) ;
- plans climat air énergie territoriaux (PCAET) ;
- plans de protection de l'atmosphère (PPA).

La deuxième Stratégie nationale bas carbone (SNBC) a été formellement adoptée par le décret n°2020-457 du 21 avril 2020. Ce décret fixe notamment les trois prochains budgets carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033.

Les objectifs poursuivis par l'Autorité sont les suivants :

- inscrire les plateformes aéroportuaires dans l'effort collectif de réduction des émissions de polluants atmosphériques ;
- limiter l'impact des activités aéroportuaires sur la santé et le climat ;
- améliorer la transparence et l'information ;
- améliorer les synergies entre les acteurs ;
- donner confiance à toutes les parties prenantes et au grand public dans les données et informations communiquées.

Les travaux avaient pour but d'éclairer le collège de l'Autorité pour donner un caractère plus opératoire aux propositions/recommandations du guide et la définition des modalités de suivi et de contrôle. A l'issue, le collège a mis au point un document de prescriptions.

[1] Pour consulter le « Guide méthodologique à destination des aéroports pour évaluer leur impact sur la qualité de l'air locale » de 2016 : https://www.acnusa.fr/web/uploads/media/default/0001/02/1049_acnusa-gt-air-synthese-vfinale.pdf

GOUVERNANCE ET MODALITÉS

Les parties prenantes ont été sollicitées au travers :

- Des réunions techniques avec des représentants des professionnels du transport aérien, de la direction générale de l'aviation civile (DGAC) et la direction générale énergie et climat (DGEC) et d'experts issus de l'association des ASQAA (ATMO France), du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) et du laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) ;
- Des réunions « miroirs » permettant de présenter les travaux issus des réunions techniques aux associations de riverains (UFNCA) et environnementalistes (FNE) et d'élus (France Urbaine, Régions de France et Alliance des collectivités pour la qualité de l'air) afin de recueillir leurs observations.

Les acteurs et experts ayant participé ou ayant été sollicité dans le cadre de ce travail sont présentés en Annexe 1. Le groupe de travail s'est réuni à 5 reprises et une consultation du groupe « miroir » s'est tenue par voie électronique. Les dates et ordres du jour de ces réunions sont présentés en Annexe 2.

Le rapport rend compte des travaux du groupe de travail. Il présente un état des lieux des connaissances et des pratiques relatives aux différents thèmes abordés puis en seconde partie les propositions du groupe de travail sur les trois axes de travail : indicateurs, inventaires d'émissions et surveillance de la qualité de l'air.

I. ETAT DES LIEUX

A. LA QUALITE DE L'AIR SUR ET AUTOUR DES AEROPORTS

Les zones aéroportuaires concentrent de nombreuses activités émettrices de polluants atmosphériques : non seulement le trafic aérien, mais aussi le trafic routier, les divers engins et véhicules de piste, les véhicules de transport en commun, les installations de chauffage, de climatisation et de production d'énergie, les ateliers de maintenance et encore bien d'autres sources. Les aéroports sont généralement insérés dans un tissu urbain, ce dernier contribue également à la qualité de l'air autour des aéroports comme toute autre activité émettrice de polluants. Lorsque que l'on veut caractériser la pollution, on peut parler soit d'émission soit de concentration dans l'air ambiant. Les émissions représentent des quantités de polluants émises dans l'atmosphère tandis que les concentrations, l'air que l'on respire, expriment une quantité de polluants dans un volume d'air ambiant fini. Ci-dessous, la figure présente le cycle de la pollution atmosphérique.

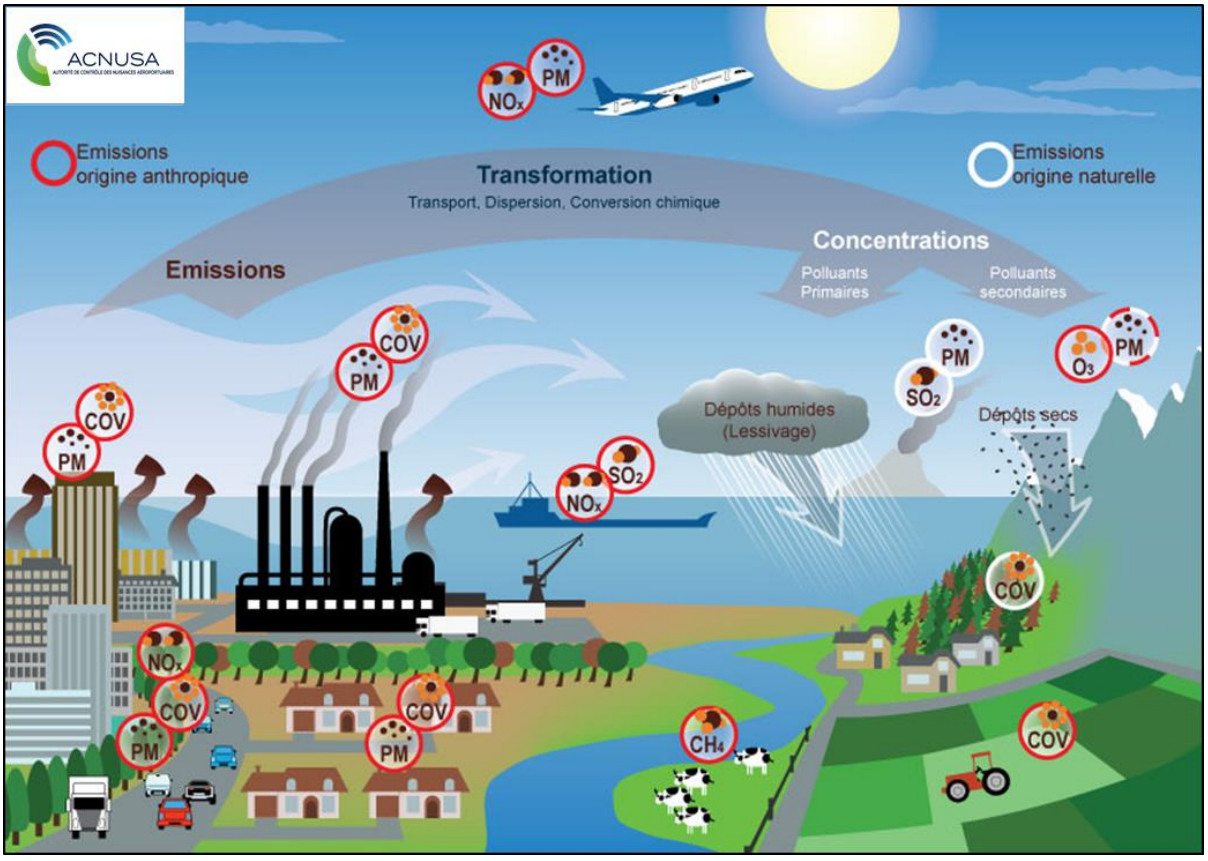


Figure 1: Le cycle de la pollution atmosphérique

1. LES PRINCIPAUX POLLUANTS ET LES SOURCES DE POLLUANTS

On distingue deux types de polluants : les polluants primaires et les polluants secondaires. Les polluants primaires sont directement émis dans l'atmosphère par diverses sources anthropiques ou naturelles tandis que les polluants secondaires sont issus de la transformation chimique des polluants primaires. Par exemple le monoxyde d'azote (NO) est un polluant primaire directement issu de la combustion, tandis que l'ozone (O_3) qui résulte de réactions photochimiques entre les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV) est un polluant secondaire. Les polluants primaires ont différentes sources. Elles peuvent être de nature anthropique (liées à l'activité humaine) ou bien

naturelle (issues de la végétation, du volcanisme, de l'érosion des sols…). En agissant sur les émissions des polluants primaires, on influe sur les polluants secondaires mais les relations ne sont pas univoques et la chimie de l'atmosphère complexe.
Les polluants primaires ou secondaires :

- primaires : NO, NO_2, COV, SO_2 (dioxyde de soufre) …
- secondaires : NO_2, O_3…
- les particules peuvent être des deux types.

Le tableau ci-dessous présente les sources d'émissions des principaux polluants.

Tableau 1 : Principaux polluants et sources d'émissions

Polluant	NO_2 (dioxyde d'azote)	O_3 (ozone)	PM10 et PM2,5 (particules inférieures à 10µm et 2,5µm)	SO_2 (dioxyde de soufre)	COV (composés organiques volatils)
Origines et sources	Anthropique : combustion et procédés (industrie, production d'énergie, trafic routier, aérien…)	Formé par réactions entre les NOx et les COV en présence de rayonnement solaire	Anthropique : (particules primaires) : transport, résidentiel (chauffage au bois), chantiers, agriculture, industrie Naturelle : érosion des sols, sables, volcans…	Anthropique : Combustion des combustibles fossiles contenant du soufre Naturelle : volcan	Anthropique : utilisations de peintures et solvants, transport, résidentiel, industrie Naturelle : végétation Les COV regroupent les familles des hydrocarbures aliphatiques, aromatiques (benzène, toluène…), des composés oxygénés…
Temps de vie	Minutes à heures	Jours à semaines	Minutes à jours	Heures à jours	Minutes à mois (en fonction de la réactivité du composé)

Ces polluants peuvent avoir un impact à différentes échelles. En effet, selon le temps de vie d'un polluant et sa capacité à être transporté, il pourra avoir un impact à une échelle globale, régionale ou locale. On considère que si le polluant à un temps de vie supérieur à un mois, il peut se mélanger au sein d'un hémisphère, il a donc un impact global. Si le polluant à un temps de vie de l'ordre du jour ou de quelques minutes alors il aura respectivement un impact régional ou local. Les polluants ont des impacts sanitaires, sur les écosystèmes et les bâtiments (dépôt de poussière…). Pour les gaz à effet de serre, on parle d'impacts globaux car leur durée de vie est grande. Les polluants ont aussi un impact dans le changement climatique que l'on caractérise par leur forçage radiatif[2]. Certains polluants ont un forçage

[2] Le forçage radiatif (W/m^2) est défini comme toute variation de l'énergie rayonnante nette transmise, propre au système Terre-atmosphère. (IPCC, 1999)

radiatif négatif, c'est-à-dire qu'ils contribuent à refroidir l'atmosphère. C'est le cas du SO_2 par exemple. L'ozone de la troposphère présente un forçage radiatif positif. Il contribue à réchauffer l'atmosphère.

Enfin, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), des mesures fermes pour réduire les émissions de ces polluants permettraient de ralentir le réchauffement climatique de 0,5° C dans les prochaines décennies. Ces mesures visant à réduire les polluants à courte durée de vie complètent, mais ne remplaceront pas, celles nécessaires à la réduction des émissions de CO_2 à durée de vie plus longue pour stabiliser le climat[3].

2. La surveillance de la qualite de l'air en France et autour des aeroports français

La surveillance de la qualité de l'air en France est confiée par l'Etat aux associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) dans le cadre de la loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996. Leur gouvernance est quadripartite (Etat, collectivités locales, entreprises, associations et personnalités qualifiées santé/environnement). Les outils de surveillance sont :

- plus de 600 stations fixes de mesure implantées sur le territoire français ;
- des systèmes mobiles de prélèvement et d'analyse utilisés lors de campagnes de mesure dans des zones non couvertes par les stations permanentes ;
- des outils de modélisation[4] qui permettent de cartographier, de scénariser et de prévoir, à court et moyen terme l'évolution de la qualité de l'air. Ces outils sont déclinés aux échelles nationale (Prev'Air par exemple) et locales (plateformes urbaines ou régionales, ...).
-

Les polluants faisant l'objet d'une réglementation au titre de la loi sur l'air ou des directives européennes sont les suivants : SO_2, NO_2, NO_x, O_3, benzène (C_6H_6), particules (PM10 et PM2,5), CO, plomb, arsenic, cadmium, nickel, mercure et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les normes de qualité de l'air sont exprimées en concentrations horaires, en concentrations journalières, en concentrations sur 8 heures ou en concentrations moyennes annuelles (voir annexe 3) selon les impacts des polluants à court ou moyen terme sur la santé.

Sur et autour les grands aéroports, la surveillance est réalisée soit par le gestionnaire de l'aéroport, soit par l'AASQA locale, soit les deux.
La surveillance s'effectue par différents moyens :

- des mesures en continu via des analyseurs automatiques (camion laboratoire ou station de mesure fixe) ;
- des mesures par capteurs actifs (avec pompe aspirante) ou passifs (tubes à diffusion gazeuse) et analyses en laboratoire (mesures sur des périodes au moins d'une semaine) pouvant être associées à des cartographies des niveaux en polluants ;
- un système de modélisation ;
- des cartographies des principaux polluants.

[3] https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/climate-reducing-health-risks-faq/fr/
[4] La pollution atmosphérique provient d'un ensemble de phénomènes complexes. La modélisation, basée sur des outils informatiques permet de décrire et de prendre en compte simultanément les différents paramètres intervenant dans la formation et le devenir de la pollution atmosphérique : émissions locales et régionales de polluants, conditions météorologiques, transport et transformation des polluants dans l'air...

Les polluants fréquemment surveillés sont le NO_2, O_3, PM10 et PM2,5, benzène et les COV. Actuellement, aucun traceur spécifique des activités aéroportuaires ou du trafic aérien n'a été identifié.
Les aéroports suivants bénéficient d'un dispositif de surveillance permanent :

- Beauvais - Tillé (1 station de mesure : NO_2, PM10 et PM2,5) à l'entrée de l'aéroport ;
- Lyon – Saint - Exupéry (1 station de mesure : NO_2, PM10 et O_3) à proximité de l'aéroport ;
- Nice Côte-d'Azur (1 station de mesure : NO_2, PM10, PM2,5 et O_3) sur la plateforme ;
- Paris - Orly (2 stations de mesure : NO_2, PM10, PM2,5 sur la plateforme et un dispositif de modélisation opérationnel autour) ;
- Paris – Charles – de - Gaulle (2 stations de mesure : NO_2, PM10, PM2,5 sur la plateforme et un dispositif de modélisation opérationnel autour) ;
- Toulouse - Blagnac (2 stations de mesure : NO_2, PM10 et benzène) sur l'aéroport coté piste et coté route (parcs de stationnement).

Les concentrations moyennes annuelles pour l'année 2018 sur les aéroports ayant un dispositif de surveillance permanent et les derniers résultats des campagnes de mesure pour les autres grands aéroports relevant de la compétence de l'ACNUSA, sont reportés en Annexe 4.

On constate qu'autour des grands aéroports, les niveaux de pollution respectent généralement les différents seuils, valeurs limites et objectifs de qualité de l'air définis au niveau communautaire et que les concentrations sont de l'ordre de celles mesurées sur les stations de fond urbaines[5] ou des stations périurbaines[2]. Sur les grandes plateformes, les concentrations les plus élevées sont mesurées soit en zone de stationnement des avions, soit à proximité immédiate du trafic routier et des parkings[6].

B. SOURCES D'EMISSIONS SUR LES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

Les sources d'émissions sur une plateforme aéroportuaire sont multiples. Les zones aéroportuaires concentrent de nombreuses activités émettrices de polluants atmosphériques (voir Figure 2), non seulement celles **liées au trafic aérien**, mais aussi (liste non exhaustive) :

- les véhicules arrivant et repartant de la plateforme – trafic routier induit ;
- les véhicules des services de l'Etat, du type police aux frontières, Gendarmerie du transport aérien (GTA), douane en zone réservée ;
- les divers engins et véhicules de piste ;
- les installations de chauffage, de climatisation et de production d'énergie ;
- les ateliers de maintenance ;
- le dégivrage des aéronefs en hiver ;
- la distribution de kérosène ;
- les essais moteurs ;
- et d'autres sources.

[5] Station dite « de fond » permettant le suivi de l'exposition minimale de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique sur un secteur donné. Ce type de station n'est pas directement influencé par une source spécifique (trafic routier ou source industrielle). Ces stations peuvent être implantées en milieu urbain, périurbain ou rural.
[6] Evaluation de la qualité de l'air sur la plateforme aéroportuaire Bâle-Mulhouse et dans les communes voisines, ATMO Grand Est, 2019 http://www.atmo-grandest.eu/document/1836



Les sources d'émissions polluantes (aéroportuaires)

1	Cycle LTO (décollage, montée et atterrissage)	5	Ateliers de maintenance	9	Engins de piste (GPU et ACU)
2	Cycle LTO (roulage)	6	Stockage d'hydrocarbures	10	Engins de piste (escaliers, tapis des bagages, engins de tractage…)
3	APU	7	Centrale d'énergie		
4	Essais moteur	8	Trafic routier		

Figure 2 : les sources d'émissions polluantes aéroportuaires

Les avions (cycle LTO - Landing and Take-Off) représentent la première source d'émissions (près de 90 %) aussi bien en oxydes d'azote qu'en particules sur une plateforme aéroportuaire, hors trafic routier induit (cf. Figure 3 et 4). Viennent ensuite les émissions des APU (*Auxiliary power unit*) et des engins de piste[7].

[7] La part relative des émissions des APU varie fortement entre les aéroports de Paris- Charles –de – Gaulle et Toulouse-Blagnac. Cette différence s'explique par la méthodologie employée pour l'estimation des émissions des APU en termes de facteurs d'émission et de temps d'utilisation (pour Paris-CDG, les temps d'utilisation de l'APU sont ceux de l'arrêté de restriction d'Ile-de-France qui sont bien supérieurs à ceux indiqués dans le manuel de l'OACI mais également bien supérieurs aux temps observés (voir partie I.B.2.b) .

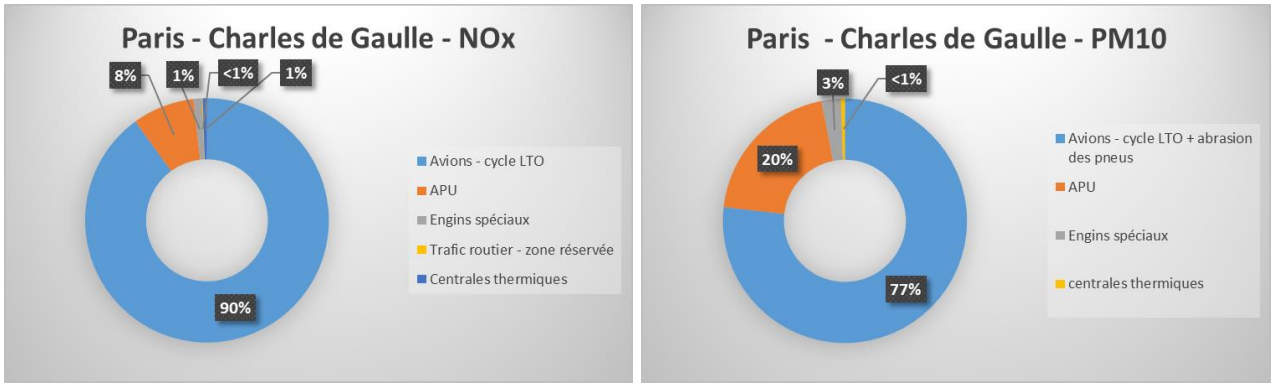


Figure 3 : Répartition des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines PM10 sur l'aéroport de Paris - Charles –de – Gaulle pour l'année 2018 (Source : Aéroports de Paris)

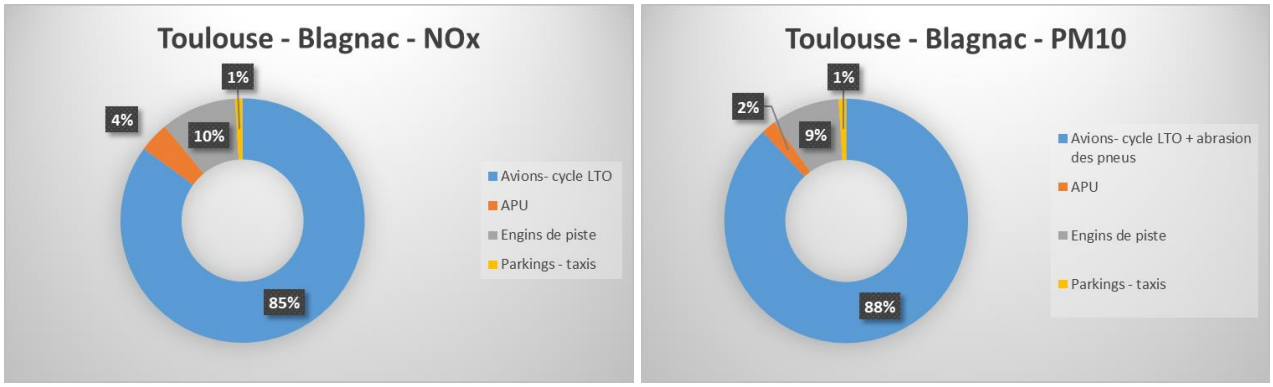


Figure 4: Répartition des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines PM10 sur l'aéroport de Toulouse – Blagnac pour l'année 2017 (Source : rapport annuel 2017, ATMO Occitanie)

1. LES EMISSIONS DES AERONEFS

a) Les réacteurs

Les moteurs d'aéronefs émettent des polluants lors des différentes phases de vol (roulage au sol, décollage, atterrissage, croisière…). Quand il s'agit de pollution de l'air locale, les émissions lors de la phase croisière ne sont pas prises en compte car elles sont émises en dehors de la couche limite et ne participent pas directement à la pollution locale. En revanche, elles ont un impact à l'échelle planétaire (notamment en raison des émissions de gaz à effet de serre). Ainsi, ne sont considérées que les émissions pendant le cycle LTO (cycle « Landing-Take-Off » ; voir Figure 5 ci-dessous), entre 0 et 3 000 pieds (915 m), hauteur correspondant à la hauteur de couche limite[8] moyenne annuelle.

[8] La Couche Limite Atmosphérique est définie comme la partie de la troposphère directement soumise à l'influence de la surface terrestre (terres, mers, lacs,…) à l'échelle de la journée. C'est la couche d'atmosphère comprise entre la surface et environ 1 km d'altitude en moyenne mais son épaisseur est très variable.

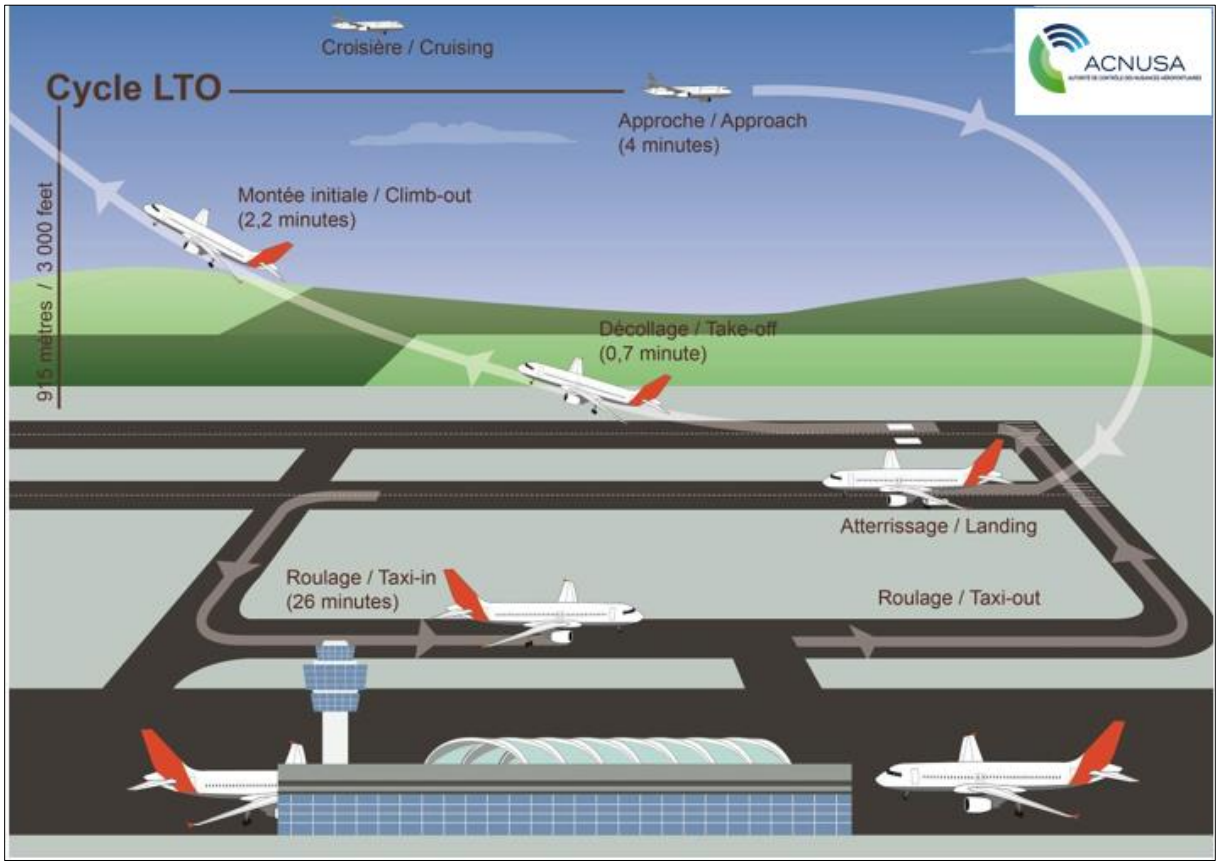


Figure 5 : le cycle LTO ("Landing- Take-Off")

Les émissions des moteurs d'avions sont calculées à partir des facteurs d'émissions fournis par l'OACI[9] pour le cycle LTO. En effet, chaque moteur d'aéronef dont la poussée nominale au décollage est supérieure à 26,7kN et qui va entrer sur le marché subit des tests sur un banc moteur afin de déterminer ces facteurs d'émissions et de vérifier que les moteurs respectent bien la réglementation en vigueur. Une base de données de l'OACI[10] répertorie les indices d'émissions (g polluant /kg de fuel brulé) pour trois polluants (HC (hydrocarbures imbrûlés), CO, NOx) ainsi que les fumées noires (smoke number) et le débit carburant (pour obtenir la consommation de fioul) et cela, pour les quatre phases de « vol » dans la couche atmosphérique comprise entre 0 et 3 000 ft (915 m) : roulage, décollage, montée et approche. En première approximation, les hydrocarbures imbrulés émis par les aéronefs sont assimilés aux composés organiques volatils totaux.

Des facteurs d'émission (g polluant /s) sont déduits des indices d'émission et du débit carburant. A chaque phase du cycle LTO sont associés un régime moteur et sa durée (voir Tableau 2).

Tableau 2 : Phases du cycle LTO, durée moyenne et régime moteur associés

Phases du cycle LTO	Durée (minutes)	Régime du moteur (%)
Approche	4	30
Roulage	26	7
Décollage	0,7	100
Montée	2,2	85

[9] OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale
[10] http://easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank

Le groupe de travail souligne que pour la phase de roulage, la durée de 26 minutes par défaut du manuel OACI est très surestimée pour la plus grande majorité des aéroports français. En 2018, sur l'aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle, les temps de roulage sont estimés à 25,5 minutes et sur l'aéroport de Paris – Orly à 17,5 minutes[11].

Le groupe de travail propose de suivre et de prendre en compte le temps de roulage réel sur chacun des aéroports dans le calcul des émissions des aéronefs lors du cycle LTO.

En fonction du régime moteur, les indices d'émissions en NOx, HC et CO vont varier (lors de la circulation au sol et au ralenti par exemple, les indices d'émissions en CO vont être plus importants que lors des phases de décollage ou de montée (voir Figure 6 ci-dessous).

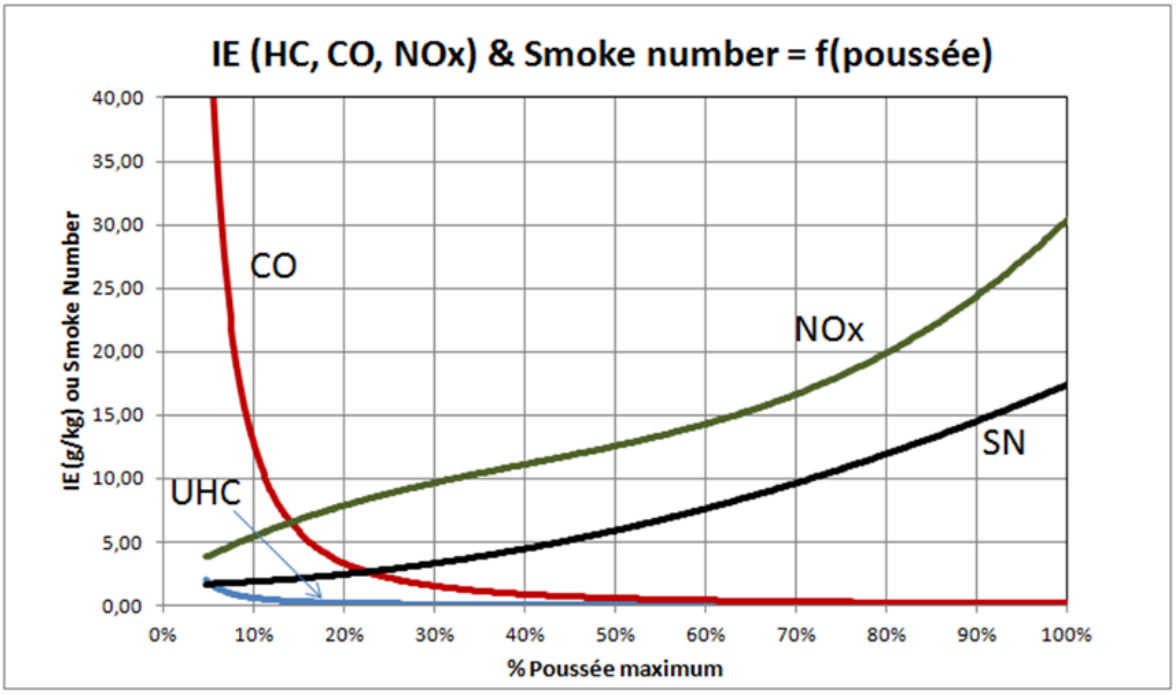


Figure 6 : Evolution des indices d'émission (g/kg fuel) des hydrocarbures imbrulés (UHC), du monoxyde de carbone (CO), des oxydes d'azote (NOx) et du Smoke Number (SN) en fonction du % de poussée maximum pour le CFM56-5B (fourni par Safran-ae à partir données certification CFM56-5B)

Le « *smoke number* » (fumées noires) est également déterminé lors des certifications sur les bancs-moteurs mais il n'est pas très représentatif puisqu'il ne renseigne que sur l'opacité de la tache produite sur un papier filtre et ne donne pas d'indication sur les émissions de particules actuellement réglementées (PM10 et PM2,5).

STANDARDS OACI POUR LES PARTICULES FINES NON VOLATILES (NVPM) ET LE CO_2

PARTICULES FINES NON VOLATILES

En février 2019, le Comité de la protection de l'environnement en aviation (CAEP), comité technique émanant du Conseil de l'OACI, a adopté une norme limitant les émissions de particules non volatiles des moteurs des aéronefs. Cette norme s'appliquera à la fois aux nouveaux moteurs et ceux en production à partir du 1er janvier 2023. L'OACI a validé un premier standard basé sur la concentration en masse de particules fines non volatiles. Il

[11] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Emissions_gazeusesVF.pdf

s'applique à tous les moteurs en production à partir du 1er janvier 2020 de poussée F_{00} > à 26.7kN. Un second standard a également été validé lors de CAEP11 (février 2019), basé sur le cycle LTO et la métrique $DP/F_{00}=f(F_{00})$[12] et s'appliquera à tous les nouveaux moteurs dont la demande de certificat type sera faite après le 1er janvier 2023. Un standard plus tolérant s'appliquera également à cette date à tous les moteurs en production. A partir de 2020, une base de données présentant les indices d'émissions des nvPM en nombre et en masse sera disponible pour l'ensemble des moteurs en production. Cette base de données permettra une estimation plus fiable des émissions de particules fines non volatiles.

Le manuel Qualité de l'air (doc 9889) de l'OACI est en cours de révision notamment concernant la méthodologie pour estimer les émissions de particules ultrafines non volatiles (nvPM). La méthode FOA3.0 va être remplacée par la FOA4.0 qui permettra d'estimer les émissions de nvPM en masse et en nombre, et cela à partir du smoke number.

DIOXYDE DE CARBONE

En 2017, l'OACI a adopté une norme sur les émissions de CO_2 des aéronefs. Elle s'appliquera, à partir de 2020, aux nouvelles conceptions de types d'avions et, à partir de 2023, aux conceptions de types d'avions qui sont déjà en production. Les avions en production qui ne satisfont pas à la norme à partir de 2028 ne pourront plus être produits, à moins que leurs conceptions soient suffisamment modifiées.

b) APU – Auxiliary Power Unit

L'APU, unité de puissance auxiliaire, est un petit turboréacteur embarqué, situé en général à l'arrière du fuselage, qui permet à l'avion d'être autonome, lors de l'escale, pour l'air (compresseur haute pression) et l'électricité (génératrice courant alternatif 115 V 400 Hz).
L'APU fournit :

- au sol, l'air pour la mise en route des réacteurs et pour le système de climatisation ou de chauffage, et l'énergie électrique nécessaire à l'avion ;
- au décollage, le conditionnement d'air en soulageant les moteurs lorsque des performances optimales sont requises ;
- en vol, un secours en énergie électrique, en conditionnement d'air et une assistance au redémarrage moteur en cas d'arrêt accidentel.

Les émissions de l'APU ont principalement lieu au sol et sont explicitées dans les paragraphes I.2.b) et III.B.

c) Les essais moteurs

Les zones d'essais moteurs dans les aéroports sont celles où l'on effectue des tests sur les réacteurs d'avions après une maintenance, en cas d'avarie ou de panne. On réalise ces tests pour s'assurer du bon fonctionnement des réacteurs. Ces tests s'effectuent toujours dans la même zone de l'aéroport, c'est pour cela que l'on peut considérer les émissions de cette source, comme une source au sol fixe[13]. Ces zones réservées aux essais moteurs ne sont pas présentes sur toutes les plateformes aéroportuaires. En France, par exemple, on peut trouver une zone d'essaies moteurs sur la plateforme de Toulouse – Blagnac dans la zone d'activité d'Airbus, une zone sur l'aéroport de Paris – le Bourget et Bâle – Mulhouse.

[12] Avec DP : masse de polluant émis au cours du cycle LTO et F_{00} la poussée nominale
[13] Rapport inventaire des émissions atmosphériques sur la plate-forme aéroportuaire de l'Euroairport – ASPA 2005

2. LES EMISSIONS AU SOL SUR LA PLATEFORME AEROPORTUAIRE

a) Engins de piste et assistance en escale

Sur l'aéroport, côté tarmac, les engins de piste sont des véhicules ou engins spéciaux intervenant pour assister les avions et les passagers durant les escales et minimiser le temps d'utilisation des moteurs de l'avion au sol.

Concernant l'assistance des avions au sol, les engins de piste permettent :

- de charger et décharger les avions (bagages, fret, plateaux repas catering…) ;
- d'embarquer les passagers ;
- d'alimenter l'avion (en électricité, chauffage ou climatisation, kérosène et en eau potable) ;
- d'entretenir la cabine (nettoyage, vidange eaux usées) ;
- de réaliser des opérations de maintenance ;
- de tracter les avions vers leur zone d'entretien ou de repousser les avions du point de parking.

Concernant l'assistance aux passagers, les véhicules et engins de piste permettent :

- de transporter les passagers et les équipages entre les aérogares et les avions ;
- de transporter des personnes à mobilité réduite prêts à l'embarquement ;
- d'embarquer les passagers.

Ces véhicules engins de piste sont donc très diversifiés et spécifiques à l'usage aéroportuaire. La plupart des engins de piste n'opèrent qu'en zone réservée de l'aéroport et ne sont, à ce titre, pas immatriculés. Les véhicules (camions, voitures, bus) sont quant à eux amenés à sortir aux alentours de la plateforme et sont pour la plupart immatriculés.

Il existe près d'une vingtaine de types d'engins différents, avec pour chacun des émissions associées à leurs caractéristiques et leurs niveaux d'activités. L'inventaire complet des parcs des engins de piste (Ground Support Equipment - GSE) peut être complexe, car de nombreuses sociétés interviennent sur piste. De plus, le temps d'intervention de ces GSE est dépendant de leurs fonctions mais également du type de poste où l'avion est stationné (au contact de la passerelle ou au large) et du type avion (petit, moyen ou gros porteur). Le tableau suivant recense les familles d'engins les plus couramment rencontrés côté piste, leurs différentes fonctions , leurs puissances et leurs temps d'utilisation moyen selon l'OACI[14].

[14] Doc 9889 OACI (2011) : https://www.icao.int/publications/Documents/9889_cons_en.pdf

Tableau 3 : Famille d'engins de piste présentes côté piste, leur fonction, leur puissance et temps d'utilisation

Noms des engins	Fonction	Puissance OACI (kW)	Norme d'émission	Temps d'utilisation par rotation (source ; OACI)	Facteur de charge du moteur (source : OACI)	Types de motorisation existante et commentaires
Groupe auxiliaire de puissance GPU	Produit de l'énergie électrique à l'avion en remplacement de l'APU et si branchement au terminal impossible	100-150	EMNR[15]	Equivalent au temps partiel ou complet de l'escale	15%-50%	Thermique et depuis peu électrique (en version mobile) D'autres moyens de substituions fixes aux APU existent comme du 400 Hz en réseau pour les postes avions aux contacts ou des convertisseurs 50 Hz
Unité de démarrage à air ASU	Produit un flux d'air haute pression pour aider au démarrage des moteurs	150	EMNR	3-5 min	90%	Thermique. Peu utilisé si l'avion est équipé d'APU
Unité de climatisation ACU	Produit de l'air climatisé ou chauffé qui alimente la cabine de l'avion (substitut de l'APU)	150	EMNR	En fonction de la température et du temps d'escale	50%	Electrique/ Thermique Utilisation dépend de la météo
Repousseur avion	Aide l'avion à sortir du parking en le repoussant et en le remorquant sur pistes	95-400	EMNR	5-10 min Tractage : 30 à 45 min	25%	Electrique/ Thermique

[15] Règlement (UE) 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers, modifiant les règlements (UE) n° 1024/2012 et (UE) n° 167/2013 et modifiant et abrogeant la directive 97/68/CE (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

Noms des engins	Fonction	Puissance OACI (kW)	Norme d'émission	Temps d'utilisation par rotation (source ; OACI)	Facteur de charge du moteur (source : OACI)	Types de motorisation existante et commentaires
Escaliers Passager	Permet la descente ou la montés de passagers dans l'avion en cas d'absence de passerelles	30-65	EMNR	2-10 min	25%	Electrique/ Thermique Peu utilisés sur les postes au contact relié directement au terminal par des passerelles
Chargeur de cargaison et de conteneur	Soulève les cargaisons et les conteneurs lourds jusqu'à la soute	60	EMNR	10-50 min	25%	Electrique/ Thermique
Livreur de cargo	Transfert les cargaisons et les conteneurs du tracteur au chargeur.	30	EMNR	10-50 min	25%	Electrique/ Thermique
Camion de restauration ou camion de nettoyage	Charge et décharge tout ce qui est destiné à la restauration pendant les vols (plateau repas) ou permet l'accès des équipes ménages à la cabine	85-130	EURO[16]	10-30 min	10-25%	Thermique
Bus équipage/ passager	Permet de faire la navette entre l'avion et le terminal pour les passagers et les personnels navigants (si passerelle indisponible)	100	EURO	-	25%	Thermique Electrique GNV
Tapis bagage	Permet de charger les bagages en soutes depuis les tracteurs.	33	EMNR	10-50 min	25%	Electrique/ Thermique

[16] Règlement n° 595/2009 du Parlement européen et du Conseil du 18 juin 2009, Règlement n°2016/1718 de la Commission européenne du 20 septembre 2016 et Arrêté du 21 juin 2016 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques en application de l'article R. 318-2 du code de la route

Noms des engins	Fonction	Puissance OACI (kW)	Norme d'émission	Temps d'utilisation par rotation (source ; OACI)	Facteur de charge du moteur (source : OACI)	Types de motorisation existante et commentaires
Camion de dégivrage	Permet de lancer du glycol sur les ails afin de dégivrer les avions avant le décollage (Utilisation hivernale)	180	EMNR	5-15 min	10-60%	Thermique
Tracteur de cargaison et de conteneur	Tracteur qui transporte les conteneurs du terminal jusqu'à l'avion	45	EMNR	10-50 min	25%	Thermique
Tracteur bagages	Tracteur qui transporte les bagages du terminal jusqu'à l'avion	30	EMNR	10-50 min	50%	Electrique / thermique
Camion maintenance	Permet de faire les opérations de maintenance/ mécaniques	70-120	EURO	-	25%	Thermique
Camion de ravitaillement	Permet de ravitailler l'avion en carburant (en se branchant sur le réseau hydrants)	70-110	EURO	10-40 min	10-50%	Thermique
Camion-citerne	Permet de ravitailler l'avion en carburant	200	EURO	10-40 min	10-50%	Thermique
Camion poids lourd		90	EURO	-	25%	Thermique
Camion eau sale ou d'eau potable	Vide les réserves d'eau usées de l'avion ou remplit les réserves d'eau potable de l'avion	120	EURO	5-20 min	25%	Thermique

Les facteurs de charge reportés dans le tableau ci-dessus sont issus du document 9889 : Manuel sur la qualité de l'air aux aéroports de l'OACI[17] et sont présentés à titre indicatif.

La différence d'équipement entre les postes « au large » et « au contact » se situe principalement sur l'utilisation ou non d'escaliers, de bus et de GPU.

[17] https://www.icao.int/publications/Documents/9889_cons_en.pdf

Une étude est en cours par le Laboratoire du Groupe ADP pour estimer les émissions des engins de piste. Elle est basée sur l'analyse des données du parc d'assistance en escale de Paris – Charles de Gaulle en 2017, composés de près 3660 engins. Les temps d'utilisation des engins au poste avion ont pu être relevés durant une campagne terrain en 2018. Cette campagne représente près de 100 rotations observés, réparties par type de poste et type avion et est représentative du trafic rencontré sur la plateforme de Paris-Charles de Gaulle. L'exploitation de ces résultats est en cours. Mais en première approche, le Laboratoire du Groupe ADP a pu observer des différences significatives pour certains engins, que ce soit en puissance moyenne ou en temps d'utilisation, (pouvant varier d'un facteur 2) par rapport aux informations indiquées dans le document 9889 de l'OACI[17].

Les premiers résultats de cette étude ont mis en évidence une variabilité des temps d'utilisation et des types d'engins utilisés fortement corrélée au type avion. En effet, en fonction du type avion, la durée des opérations au sol durant une rotation peut fortement varier, en lien avec le nombre de passagers, le volume de la soute, le type de vol (long/moyen/court courrier), la quantité de fret… Par exemple, le temps d'action, pour les activités suivantes seront nécessairement plus longs pour un avion de type gros porteur que pour un avion de type petit porteur :

- ravitaillement en carburant ;
- déchargement / chargement de la soute ;
- chargement du catering ;
- nettoyage de l'avion.

En France, sur les aéroports, entre 60 et 95 % de ces engins de piste seraient thermiques et leur durée de vie moyenne est d'environ de 10-12 ans (voire 15 ans).

Le renouvellement des véhicules et engins de piste au profit d'apparaux moins polluants (essentiellement électriques) est une tendance en cours chez les assistants en escale. Les nouveaux équipements thermiques sont moins émetteurs puisque la nouvelle règlementation relative aux engins mobiles non routiers s'applique aux moteurs équipant ces engins mobiles depuis 2016[18].

La maturité des technologies de substitution électrique est hétérogène en fonction des familles d'engins de piste. Plus l'engin de piste est puissant, plus il est difficile à électrifier et plus son coût est important par rapport à une version thermique (+20% à 50% en moyenne). Toutefois ce surcoût doit être relativisé sur la durée de vie des véhicules, les coûts d'exploitation pouvant être plus faible que pour un engin thermique.

Toutes les parties convenant de la nécessité du renouvellement des véhicules et engins de piste au profit d'équipements moins polluants, le groupe de travail propose de mettre en place localement ou nationalement des dispositifs d'incitations tels que la mise en place de groupes de travail sur les meilleures technologies disponibles, la dissémination de bonnes pratiques, l'évaluation du retour sur investissement, les gains financiers à un renouvellement (exonérations, certificat d'économie d'énergie, etc.) et éventuellement des soutiens financiers à l'achat de nouveaux engins moins polluants et de développer des infrastructures de recharge adaptées (localisation, puissance) sur les aéroports.

[18] Regulation (EU) 2016/1628 of the European Parliament and of the Council of 14 September 2016 on requirements relating to gaseous and particulate pollutant emission limits and type-approval for internal combustion engines for non-road mobile machinery, amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and amending and repealing Directive 97/68/EC

L'article 60 de la Loi de Finances pour 2020 a instauré un nouveau dispositif de suramortissement permettant d'agir en ce sens. Ce dispositif concerne notamment les exploitants aéroportuaires[19] qui investissent dans des engins non routiers fonctionnant aux énergies alternatives ou qui renouvellent leur parc de matériel fonctionnant au GNR (gasoil non routier) avec des engins moins polluants répondant à certaines limites d'émissions. Ce dispositif doit encore faire l'objet d'un décret et d'une instruction fiscale qui en détailleront les modalités d'application.

b) Les émissions à l'escale (APU et moyens de substitution)

Lorsqu'un avion est au sol après un atterrissage ou avant son décollage, l'APU est un élément qui peut assurer la ventilation de l'avionique, la fourniture d'électricité et, selon les besoins, la climatisation ou le chauffage. Pour ce faire, il consomme du kérosène et est une source d'émissions de polluants. Néanmoins, il existe des moyens de substitution aux APU moins émetteurs qui sont les prises 400 Hz (fournissant l'électricité à l'avion) et la PCA (unité de préconditionnement d'air). Le GPU est également un moyen de substitution qui permet de fournir l'électricité à l'avion. Ce type d'engins a souvent une motorisation thermique, donc se révèle plus émetteur du point de vue des polluants que les prises 400 Hz, mais moins que l'APU. En revanche, le GPU ne fournit que l'électricité à bord des avions, et pas la climatisation ou le chauffage (qui sont assurés par des ACU – Air Conditioning Unit – mobiles). C'est pourquoi, lorsque qu'aucun moyen de substitution fixe n'existe ou s'il est défaillant, le GPU (pour l'électricité) et l'APU (à régime réduit pour la climatisation ou le chauffage) peuvent dans certains cas être utilisés en simultané.

En 2018, les émissions des APU représentaient 8 % des émissions en NOx des activités et 20 % des émissions de PM10 sur la plateforme de Paris – Charles-de-Gaulle (hors émissions liées au trafic routier induit) – voir Figure 3, représentant ainsi la deuxième et troisième source d'émissions après les émissions des aéronefs pendant le cycle LTO.

Une étude statistique sur le temps d'utilisation de l'APU sur les trois grands aéroports d'Ile-de-France (Paris – Orly, Paris – Charles de Gaulle et Paris – Le Bourget) a été menée par l'ACNUSA. Les données de base sont issues des procès – verbaux (PV) administratifs[20] relevés entre juillet 2014 et fin décembre 2019 lors des contrôles effectués par la GTA dans le cadre de l'arrêté du 27 juillet 2012 sur la restriction de l'utilisation de l'APU[21].

[19] L'article concerne « Les entreprises de bâtiment et de travaux publics, celles produisant des substances minérales solides, les exploitants aéroportuaires ainsi que les exploitants de remontées mécaniques et de domaines skiables »
[20] Procès-verbal ayant caractérisé un manquement ou non.
[21] https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026257685&categorieLien=id

Le tableau suivant présente le nombre de PV reçus depuis 2014 pour chaque aéroport :

Tableau 4 : Nombre de PV reçus depuis 2014 sur Paris – CDG, Paris – Orly et Paris - Le Bourget (ACNUSA)

Nombre de PV exploités	Paris - CDG	Paris - Orly	Paris - Le Bourget	Total
2014	11	0	4	15
2015	29	0	6	35
2016	36	74	7	117
2017	74	67	43	184
2018	63	135	34	232
2019	117	498	76	691
Total	330	774	170	1274

Plus de 1200 PV ont été analysés pour les trois aéroports confondus. Depuis 2014, le nombre de PV n'a cessé d'augmenter : d'une part grâce au travail de sensibilisation de l'ACNUSA, mais aussi à travers la révision du Plan National de l'Aviation Civile (PNAC) menée en 2017 par la DGAC[22]. Il est stipulé dans ce plan que le contrôle de l'utilisation de l'APU par la GTA doit être renforcé lors d'un épisode de pollution dès lors que le niveau d'alerte ou la persistance de l'épisode de pollution sont prévus pour le lendemain.

Les temps médians[23] ainsi que les temps minimum et maximum d'utilisation des APU sont reportés dans les tableaux suivants. Deux types d'aéronefs : court/moyen-courrier et long courrier sont distingués dans ces tableaux, de même que les temps d'utilisation à l'arrivée et au départ. Sur les 1274 procès-verbaux analysés, seuls 42 ont été établis pour des avions stationnés à des postes entièrement équipés en moyens de substitution entrainant des temps d'utilisation restreints à 5 et 10 min respectivement à l'arrivée et au départ.

[22] Direction Générale de l'Aviation Civile

[23] Médiane : Nombre séparant les valeurs prises par un caractère quantitatif, rangées par ordre croissant, en deux groupes tels que les sommes des effectifs y soient égales. (Larousse)

Tableau 5 : Temps d'utilisation de l'APU en minutes pour l'arrivée

Nombre d'échantillons	Arrivée	Temps d'utilisation de l'APU en minutes			Temps autorisé par l'arrêté avec ou sans moyens de substitution
		Orly	CDG	Le Bourget	
Orly: 555 CDG: 109 LBG: 73	**Court- et moyen courrier**	médiane: 7 max: 60 min: 1	médiane: 6 max: 30 min: 1	médiane: 22 max: 109 min: 1	5 min ou 30 min
Orly: 114 CDG: 100 LBG: 0	**Long courrier**	médiane: 18 max: 79 min: 2	médiane: 11 max: 153 min: 1	-	5 min ou 30 min
Orly: 669 CDG: 209 LBG: 73	**Tout aéronef**	8	8	22	5 min ou 30 min

Tableau 6 : Temps d'utilisation de l'APU en minutes pour le départ

Nombre d'échantillons	Départ	Temps d'utilisation de l'APU en minutes			Temps autorisé par l'arrêté avec ou sans moyens de substitution
		Orly	CDG	Le Bourget	
Orly: 76 CDG: 32 LBG: 96	**Court- et moyen courrier**	médiane: 16 max: 138 min: 2	médiane: 22 max: 79 min: 3	médiane: 55 max: 155 min: 10	10 min ou 60 min
Orly: 29 CDG: 89 LBG: 1	**Long courrier**	médiane: 63 max: 133 min: 15	médiane: 46 max: 158 min: 3	médiane: 87	10 min ou 80 min
Orly: 105 CDG: 121 LBG: 97	**Tout aéronef**	27	36	55	10 min ou 60/80 min

A noter qu'il arrive que l'intervention des gendarmes pour le contrôle du temps d'utilisation de l'APU incite le pilote à arrêter l'APU avec pour résultat une durée d'utilisation de l'APU réduite. Il faut également prendre en compte le fait que les temps d'utilisation de l'APU au départ peuvent être sous -estimés car dans certains cas, l'APU est déjà en fonctionnement à l'arrivée des gendarmes. Par exemple, en 2018, sur l'aéroport de Paris – Le Bourget, les gendarmes ont constaté que l'APU était déjà en fonctionnement à leur arrivée à 11 reprises

sur les 13 contrôles effectués (en 2019, 6 cas sur 48 départs). Sur l'aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle, seulement 1 cas a été relevé en 2018 et un en 2019, sur 22 et 27 départs respectivement. Sur l'aéroport de Paris – Orly, il a été enregistré 1 cas sur 21 départs en 2018 et 5 sur 32 départs en 2019.

A l'arrivée, les temps d'utilisation relevés sont de l'ordre de 8 minutes environ. Au départ, on observe plus de disparités, notamment entre les longs et court- et moyen-courriers : en effet, pour les court- et moyen-courriers, en Ile-de-France les temps médians sont de l'ordre de quinze à une vingtaine de minutes tandis que les temps observés des long-courriers sont de 46 à 63 minutes, respectivement sur Paris – Charles-de-Gaulle et Paris – Orly.

En annexe 5 sont reportés des histogrammes des temps d'utilisation de l'APU sur les 3 principaux aéroports d'Ile-de-France. On peut donc observer la répartition des temps d'utilisation. Sur les aéroports de Paris – Orly et Paris – Charles-de-Gaulle, à l'arrivée, on obtient des profils similaires, les temps d'utilisation sont de l'ordre de 5 à 10 minutes. Pour les départs, dans ces deux aéroports, les profils sont plus dispersés, on observe tout de même que pour Paris – Orly on a un pic pour les départs autour de 10 minutes.

Sur l'aéroport de Paris – Le Bourget, les temps d'utilisation de l'APU aussi bien à l'arrivée qu'au départ sont bien supérieurs à ceux observés sur les deux autres plateformes parisiennes. Cela peut s'expliquer en partie par la spécificité de la plateforme de Paris – Le Bourget qui accueille exclusivement l'aviation d'affaires et n'est dotée d'aucun poste équipé en 400 Hz ou PCA. Le comportement des utilisateurs diffère de ceux de l'aviation commerciale notamment par des horaires de départ très flexibles et moins prévisibles que pour l'aviation commerciale. De plus, il n'existe pas de poste de stationnement « avion » fixe et le trafic est très hétérogène en termes de taille de module avion. Cela peut rendre difficile pour les sociétés d'assistance la mise en place d'un parc d'engins de piste répondant à tous les types « avions » présents sur la plateforme.

Des études d'observation de terrain ont été réalisées sur ce sujet notamment sur les aéroports de Nantes –Atlantique, Toulouse – Blagnac et Nice – Côte-d'Azur.
Le tableau suivant présente les temps d'utilisation observés :

Tableau 7 : Temps d'utilisation de l'APU pour les aéroports de Nantes – Atlantique, Toulouse – Blagnac et Nice – Côte-d'Azur

Temps médian d'utilisation de l'APU (min)	Arrivée	Départ	Arrivée et départ
Nantes – Atlantique (2015)	6	17	23
Toulouse –Blagnac (2013)	6	16	22
Nice - Côte d'Azur (2015)	4	18	22

Pour les 3 aéroports de région, le temps d'utilisation lors d'une escale est autour de 22 - 23 minutes environ.

En Ile-de-France, lors de l'escale, les différentes campagnes d'observation montrent des temps d'utilisation de l'ordre de 23 minutes également pour les court- et moyen- courriers pour Paris – Orly et de 28 minutes pour l'aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle. Pour les long-courriers, les temps médians sont de 57 minutes à Paris – Charles-de-Gaulle et de 81 minutes à Paris – Orly.

Pour les court-courriers, ces temps sont bien inférieurs aux temps d'utilisation préconisés par l'OACI de 45 minutes (75 minutes pour les longs courriers) et aux temps autorisés par l'arrêté réglementant l'usage de l'APU d'Ile de France (90 ou 110 minutes pour les long-courriers pour les postes partiellement ou non équipés).

Dans le cadre des inventaires d'émissions, à défaut d'avoir les temps d'utilisation réels des moteurs auxiliaires de puissance sur toutes les plateformes, la prise en compte d'un temps moyen d'utilisation de l'APU lors d'une escale de 25 minutes pour les court- et moyen-courriers semble plus réaliste que les temps préconisés par l'OACI.

En raison du faible nombre d'échantillons analysés concernant les temps d'utilisation de l'APU pour les long-courriers, et en l'absence d'information sur le projet d'arrêté ministériel en cours d'élaboration, aucune préconisation n'est faite en matière de mesures au-delà de celle d'utiliser les temps réels observés sur la plateforme ou ceux préconisés par l'OACI. Cette question devra être revue dès lors qu'une action plus volontaire sera demandée aux opérateurs pour investir dans les moyens de substitution et limiter plus strictement qu'aujourd'hui l'usage de ces moteurs lorsque les aéronefs sont en escale.

La réduction de l'utilisation des APU passe également par la mise à disposition, par les gestionnaires et assistants en escale, de moyens de substitution à l'APU (électricité, climatisation et chauffage) performants en terme environnemental.

L'équipement des postes « avions » en moyens de substitution aux APU doit s'accélérer et les gestionnaires équiper leur plateforme en :
- 400 Hz (fourniture d'électricité) pour l'ensemble des postes avions
- PCA (fourniture de climatisation –chauffage) pour les postes « gros porteurs ».

C. LA POLITIQUE FRANÇAISE DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS

1. LES PLANS ET PROGRAMMES DE REDUCTION DES EMISSIONS

La loi 2015-992 du 17 août 2015 de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) a introduit la stratégie nationale bas carbone (SNBC) et le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA). La loi 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat est venue renforcer les objectifs en matière de gaz à effet de serre en fixant un objectif de neutralité carbone en 2050. La SNBC et le PREPA sont deux programmes essentiels pour la lutte contre le changement climatique et l'amélioration de la qualité de l'air en France.

LA STRATEGIE NATIONALE BAS CRABONE

La loi 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat fixe un objectif de neutralité carbone en 2050. Elle est venue renforcer la LTECV qui ne visait que le facteur 4 en 2050. La SNBC définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 et fixe des objectifs à court et moyen termes : les budgets carbone. Elle fixe 45 orientations pour y parvenir couvrant la gouvernance aux échelles nationale et territoriale, tous les secteurs d'activité et des sujets transversaux (empreinte carbone, investissements, aménagement du territoire, R&D, éducation et formation). Elle définit le cadre pour engager la transition bas-carbone en France dès aujourd'hui. Les décideurs publics doivent la prendre en compte.

L'évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (en MtCO2eq) est présentée sur la figure ci-dessous.

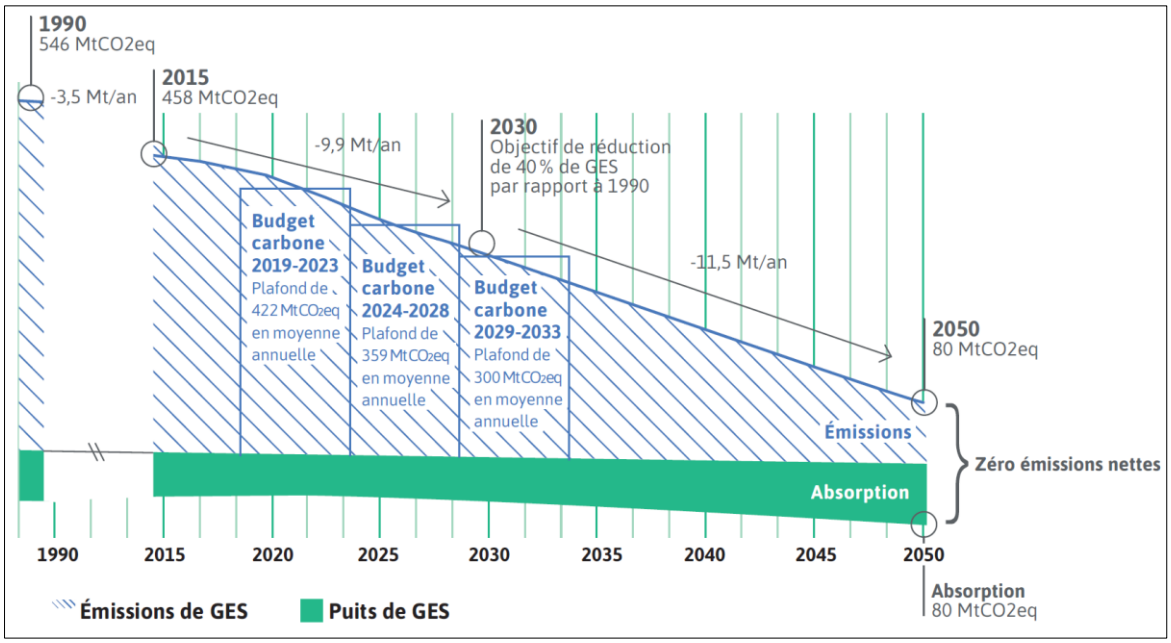


Figure 7 : L'évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (Source : Inventaire Citepa 2018 et scénario SNBC révisée[24])

LE PLAN NATIONAL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

La directive européenne 2016/2284 relative à la réduction des émissions de certains polluants a fixé les réductions des émissions de SO_2, NOx, PM2,5, NH_3 (ammoniac) et COV à atteindre par chaque Etat membre en 2020 et 2030. Avec ces réductions des émissions, la Commission européenne ambitionne de réduire les impacts sanitaires de la pollution de 52% entre 2005 et 2030[25]. La Directive exige selon son article 6, que chaque Etat membre mette au point d'un programme national de contrôle de la pollution de l'air (National Air Pollution Control Programme) avant le 1 avril 2019.

La France a publié son Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques en 2017[26]. Le PRÉPA fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. C'est l'un des outils de déclinaison de la politique climat-air-énergie. Il combine les différents outils de politique publique : réglementations sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances. Le PREPA est un plan d'action interministériel, il est suivi par le Conseil National de l'Air (CNA) au moins une fois par an et sera révisé au moins tous les cinq ans.

Tels que prévu par l'article 64 de la LTECV, le PREPA est composé :

- du décret N° 2017-949 du 10 mai 2017 fixant des objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2025 et 2030 atmosphériques
- d'un arrêté établissant pour la période 2017-2021, les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir : Arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants.

[24] Projet de stratégie national bas carbone, résumé en 4 pages https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc#e0
[25] https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/FR/COM-2018-446-F1-FR-MAIN-PART-1.PDF
[26] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/06-2_PREPA_Rapport_principal.pdf

Les réductions des émissions à atteindre sont les suivantes[27] :

Tableau 8 : Objectifs de réduction fixés pour la France (exprimés en % par rapport à 2005)

	SO_2	NOx	COVNM	$PM_{2.5}$	NH_3
Emissions en 2005	460 kt	1420 kt	1175 kt	260 kt	605 kt
Objectif de réduction 2020 / 2005	55 %	50 %	43 %	27 %	4 %
Plafond d'émissions en 2020	207 kt	710 kt	670 kt	190 kt	581 kt
Objectif de réduction 2030/ 2005	77 %	69%	52%	57%	13%
Plafond d'émissions en 2030	106 kt	440 kt	564 kt	112 kt	526 kt

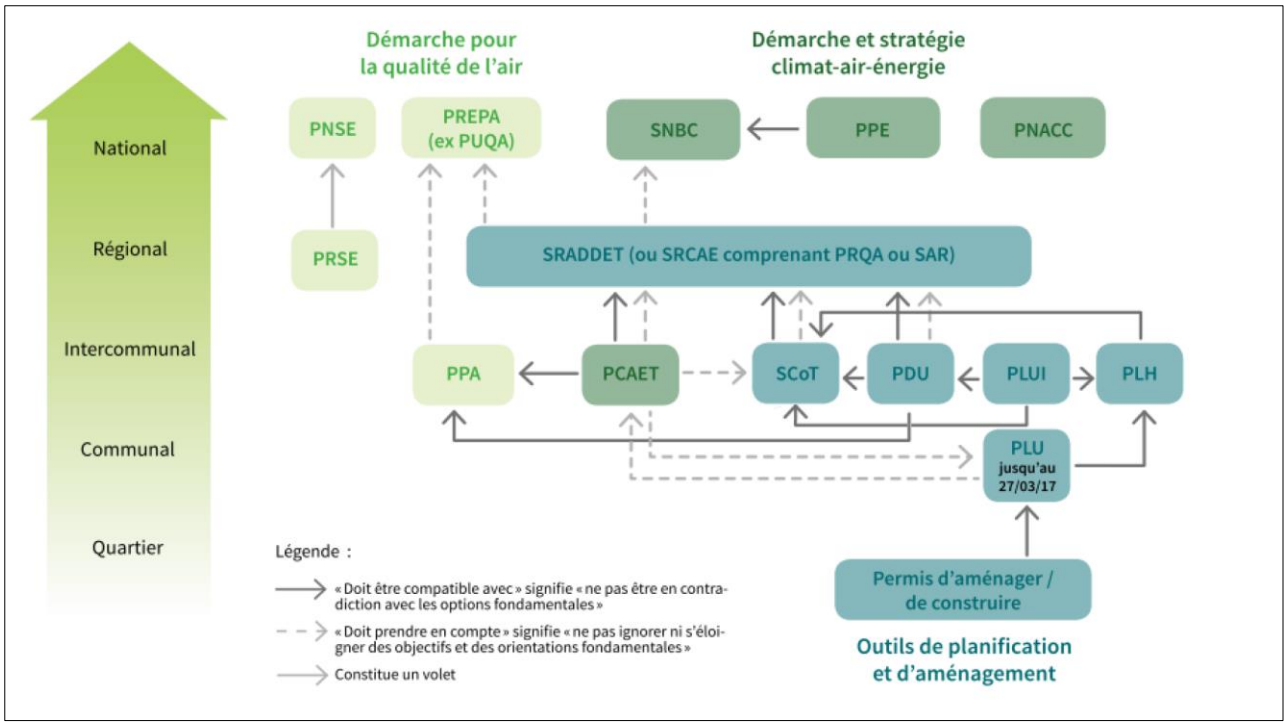
kt : Kilotonnes

LA DECLINAISON DES PROGRAMMES NATIONAUX DANS LES PLANS TERRITORIAUX ET LOCAUX.

La figure suivante[28] présente l'ensemble des plans régionaux et locaux déclinant les objectifs nationaux. En matière de pollution atmosphérique et de qualité de l'air, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET) et les PPA doivent prendre en compte le PREPA. Les PCAET en tiennent compte aussi un peu plus indirectement.

[27] Données 2005 issues du rapport SECTEN 2019, Citepa. https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/Citepa_Secten-2019_Rapport_Completv3.pdf

[28] DREAL Auvergne-Rhône-Alpes avec la collaboration du CEREMA. Elément de cadrage pour les PCAET



Glossaire des sigles

PNSE Plan National Santé-Environnement

PPA Plan de Protection de l'Atmosphère

PREPA Plan de Réduction des Polluants Atmosphériques

PRSE Plan Regional Santé-Environnement

PUQA Plan d'Urgence pour la Qualité de l'Air

PCAET Plan Climat-Air-Énergie Territorial

PNACC Plan National d'Adaptation au Changement Climatique

PPE Programmation Pluriannuelle de l'Énergie

SNBC Stratégie Nationale Bas-Carbone

PDU Plan de Déplacements Urbains

PLH Programme Local de l'Habitat

PLU Plan Local d'Urbanisme

PLUI Plan Local d'Urbanisme Intercommunal

PRQA Plan régional de la Qualité de l'Air

SAR Schéma d'aménagement régional

SCoT Schéma de Cohérence Territoriale

SRCAE Schéma Régional Climat-Air-Énergie

SRADDET Schéma régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires

Figure 8 : plans régionaux et locaux déclinant les objectifs nationaux (Source : ADEME, – Elus, l'essentiel à connaître sur les PCAET, 2016)

Le SRADDET a été créé par la Loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (Loi Notre)[29]. Son élaboration est confiée aux régions. Il doit respecter[30] les règles générales d'aménagement et d'urbanisme à caractère obligatoire ainsi que les servitudes d'utilité publique affectant l'utilisation des sols. Il doit être compatible avec les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), ainsi qu'avec les plans de gestion des risques inondations. Il doit prendre en compte les projets d'intérêt général, une gestion équilibrée de la ressource en eau, les infrastructures et équipements en projet et les activités économiques, les chartes des parcs nationaux sans oublier les schémas de développement de massif. Il se substitue ainsi aux schémas préexistants tels que le schéma régional climat air énergie, le schéma régional de l'intermodalité, et le plan régional de prévention et de gestion des déchets, le schéma régional de cohérence écologique. Les objectifs du

[29] https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030985460&categorieLien=id
[30]http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/schema-regional-d-amenagement-de-developpement-r4032.html

SRADDET s'imposent aux documents locaux d'urbanisme (Schéma de cohérence territoriale (SCoT) et, à défaut, des plans locaux d'urbanisme, des cartes communales, des plans de déplacements urbains, des plans climat-énergie territoriaux et des chartes de parcs naturels régionaux) dans un rapport de prise en compte, alors que ces mêmes documents doivent être compatibles avec les règles générales du SRADDET.

Les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) ont été introduits par la loi LAURE en 1996. Le document est régi par le Code de l'environnement (articles L. 222-4 à L. 222-7 et R. 222-13 à R. 222-36). Il concerne les agglomérations de plus de 250 000 habitants et les zones où les valeurs limites de concentration de polluant sont dépassées ou risquent de l'être. Il est arrêté par le Préfet.

Le PPA met en place des actions locales pour améliorer la qualité de l'air sur un territoire. Il définit des objectifs à atteindre ainsi que les mesures, réglementaires ou portées par les acteurs locaux, qui permettent de ramener les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées par l'Union Européenne.

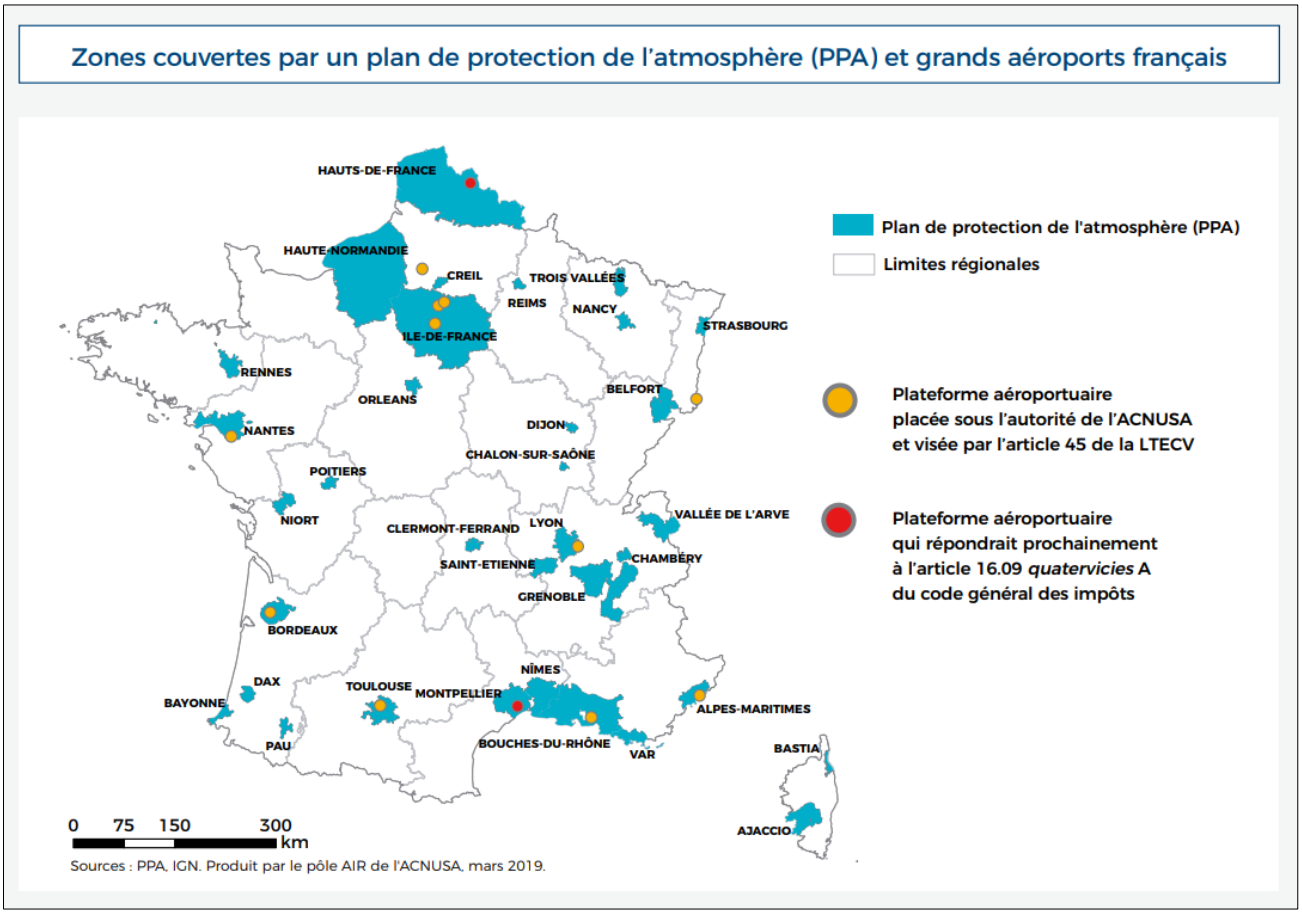


Figure 9 : zones couvertes par un PPA et grands aéroports français

Le Plan climat air énergie territorial (PCAET) est issu de l'ancien Plan climat énergies territorial (PCET) modifié par la LTECV (art 188). Son contenu et modalités d'élaboration sont précisés par le décret n°2016-849 du 28 juin 2016 et l'arrêté du 4 août 2016 relatif au plan climat air énergie territorial. Le PCAET est un outil opérationnel de coordination de la transition énergétique sur le territoire. Il comprend un diagnostic notamment en termes de qualité de l'air, une stratégie territoriale, un programme d'actions et un dispositif de suivi et d'évaluation.

Le PCAET est une démarche de planification, à la fois stratégique et opérationnelle. Il concerne tous les secteurs d'activité, sous l'impulsion et la coordination de l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI). Le contenu du PCAET est défini aux articles R. 229-51 à R. 229-56 du Code de l'environnement. Ainsi le programme d'actions porte sur les secteurs d'activité définis par l'arrêté. Il définit des actions à mettre en œuvre par les collectivités territoriales concernées et l'ensemble des acteurs socio-économiques, y compris les actions de communication, de sensibilisation et d'animation en direction des différents publics et acteurs concernés. Il précise les moyens à mettre en œuvre, les publics concernés, les partenariats souhaités et les résultats attendus pour les principales actions envisagées.

Lorsque l'EPCI exerce les compétences mentionnées à l'article L. 2224-37 du Code général des collectivités territoriales, le volet relatif aux transports détaille les actions dédiées au développement de la mobilité sobre, décarbonée et faiblement émettrice de polluants atmosphériques, précise le calendrier prévisionnel de déploiement des infrastructures correspondantes, notamment les infrastructures de recharge nécessaires à l'usage des véhicules électriques ou hybrides rechargeables et de recharge en hydrogène ou en biogaz pour les véhicules utilisant ces motorisations, et identifie les acteurs susceptibles de mener l'ensemble de ces actions.

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) concerne dans son article 45 spécifiquement les gestionnaires exploitant un aérodrome défini aux deux premiers alinéas du I de l'article 1609 quatervicies A du code général des impôts. Il leur a été demandé d'établir avant la fin 2016 un programme d'action pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques liés aux activités directes au sol de la plateforme aéroportuaire (notamment s'agissant du roulage des avions et de la circulation de véhicules sur la plateforme). Les objectifs de réduction des intensités d'émissions en gaz à effet de serre et en polluants ont été fixés à 10 % et 20% respectivement pour les années 2020 et 2025, par rapport à l'année 2010 prise comme année de référence. Selon l'article 45 : « Ces objectifs s'appliquent à l'ensemble constitué par les onze aérodromes » et non pour chaque aéroport pris individuellement. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a été chargée d'établir un premier bilan national sur la mise en place de ces plans. Son rapport rendu en mai 2018 fait apparaître que, au vu des actions engagées, les onze aéroports analysés devraient pouvoir respecter globalement les objectifs fixés.

2. MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS EN CAS D'EPISODE DE POLLUTION DANS LE SECTEUR AERIEN

En plus de l'objectif global de réduction des émissions de polluants, le dispositif français de lutte contre la pollution atmosphérique s'appuie aussi sur des mesures en cas d'épisodes de pollution pour en limiter l'intensité et la durée[31]. On parle de pic (ou d'épisode) de pollution de l'air lorsqu'est dépassé, ou risque d'être dépassé, le seuil d'information et de recommandation ou le seuil d'alerte définis par la réglementation nationale pour les quatre polluants atmosphériques suivants : PM10, O_3, NO_2 et SO_2. Au niveau local, le dépassement, ou le risque de dépassement, de l'un de ces seuils conduit au déclenchement de procédures préfectorales pour la mise en œuvre de diverses mesures.

[31] https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033069766&categorieLien=id

MESURES PRISES PAR L'ETAT (DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE) EN CAS D'EPISODE DE POLLUTION

Dans ce cadre réglementaire, la DGAC a défini en 2012 un Plan national d'action de l'aviation civile (PNAC) en cas de pics de pollution prolongé. Ce plan a par la suite été révisé pour être mis en cohérence avec l'arrêté modifié du 7 avril 2016. Le PNAC est mis en œuvre localement lors des pics de pollution à l'ozone, aux NO_x et aux particules fines (PM10) pouvant intervenir à différentes périodes de l'année.

Ses mesures consistent en l'interdiction des essais moteurs dont l'objectif n'est pas d'entreprendre un vol et l'interdiction des tours de piste d'entrainement. Ces mesures restrictives sont déclenchées par le représentant de l'Etat dans le département après consultation d'un comité d'experts regroupant les services déconcentrés concernés. Elles sont mises en œuvre par les Directions de la sécurité de l'aviation civile interrégionales.

De manière synthétique, les actions décrites dans le PNAC sont les suivantes :

- **En l'absence de décision de circulation différenciée :**

Jour J		Jour J+1
Information/recommandation prévue pour le jour J+1	⇨	Pas de mise en œuvre du PNAC
Alerte ou persistance de l'épisode de pollution (au sens de l'arrêté du 7 avril 2016) prévue pour le jour J+1	⇨	- Le cas échéant, rappel des exigences concernant la durée d'utilisation des moteurs auxiliaires de puissance (APU) par NOTAM[32], - Contrôles renforcés par la Gendarmerie des Transports Aériens de l'utilisation des APU sur les aéroports dotés d'arrêtés limitant leur durée d'utilisation.

- En cas de décision de circulation différenciée :

Jour J		Jour J+1
Décision de circulation différenciée pour le jour J+1	⇨	- Interdiction des tours de piste d'entraînement des aéronefs, à l'exception de ceux réalisés dans le cadre d'une formation initiale dispensée par un organisme déclaré, approuvé ou certifié, avec présence à bord ou supervision d'un instructeur, - Interdiction des essais moteurs des aéronefs dont l'objectif n'est pas d'entreprendre un vol, - Le cas échéant, mise en place de mesures concernant les services de la DGAC.
Pic prolongé (plus de 3 jours)	⇨	- Des restrictions d'exploitation visant la seule aviation générale (hors formation et contrôles de compétences réglementaires) peuvent être appliquées. Cette restriction n'est pas mise en œuvre de manière automatique mais évaluée selon la situation.

[32] Notice To AirMen : avis aux navigateurs aériens. C'est un avis diffusé par télécommunication donnant UNE information essentielle sur l'état ou la modification d'un moyen ou d'un service ou d'un danger pour la navigation aérienne. Les Notam complètent et actualisent les AIP. L'information émise est de caractère temporaire et de courte durée (de 12 heures à 90 jours voire 1 an).

MESURES PRISES PAR LES EXPLOITANTS D'AEROPORTS

En cas d'épisode de pollution, les aéroports mettent en général en place une palette de mesures. Il s'agit d'information et recommandations aux salariés et/ou usagers ainsi que de consignes de bonne conduite que ce soit pour les intervenants sur site ou les salariés de l'aéroport.

L'information des usagers est assurée via les sites internet des aéroports, sur twitter ou encore sur les panneaux routiers. L'information des salariés et intervenants est assurée via l'intranet, la messagerie ou encore par la mise en ligne sur différents médias. Le gestionnaire transmet alors l'information concernant l'épisode de pollution (quel polluant, quel niveau) et incite à l'utilisation de transport en commun, le covoiturage, la réduction de vitesse, etc.

D'autres mesures peuvent être utilement mises en place notamment le report des déplacements professionnels, le report ou la réduction des activités génératrices de poussières et COV telles que les chantiers ou des travaux de peinture, la réduction de l'utilisation de groupes électrogènes, la mise en œuvre des prescriptions particulières prévues dans l'autorisation d'exploitation des ICPE (Installation classée pour la protection de l'environnement) ; des consignes opérationnelles pour le traitement des vols (utilisation privilégiée des postes équipés en 400Hz, éviter l'usage des bus, décaler la partie pratique des formations permis pistes…).

En annexe 6 sont reportés des exemples d'actions mises en place par les gestionnaires d'Aéroports de Paris, de Lyon – Saint-Exupéry, Nice – Côte-d'Azur et Lille – Lesquin.

D. INFORMATIONS SUR QUELQUES PHENOMENES LIES A L'AVIATION

1. LE DELESTAGE DE CARBURANT - LES TRAINEES DE CONDENSATION

La vidange de carburant, couramment appelée délestage de carburant, est une opération exceptionnelle. Seuls les avions effectuant des vols dits long-courrier, qui emportent du carburant pour des vols de plus de 10 heures, sont susceptibles d'être concernés par ce type d'opération.

Elle est réalisée sur décision du commandant de bord uniquement dans des circonstances où la sécurité du vol (raisons techniques ou urgence médicale) exige un allégement de la masse de l'appareil pour l'atterrissage afin d'éviter tout dommage sur la structure de l'appareil lors du toucher des roues. Conformément aux recommandations de l'OACI, ces opérations ne doivent s'effectuer qu'à une hauteur supérieure à 1 800 mètres et à l'écart des villes et des agglomérations[33]. L'évaluation récente de l'Agence fédérale allemande de l'Environnement allemand (UBA) concernant l'ampleur et les effets des rejets de kérosène sur l'environnement et la santé (modélisation des résidus de kérosène arrivant au sol, études toxicologiques environnementales) n'a pas relevé d'effets environnementaux critiques du relargage de carburant sur le sol, les eaux souterraines, l'air et la santé humaine[34].
Le délestage de carburant ne doit pas être confondu avec les traînées blanches qui peuvent apparaitre à l'extrémité des ailes à l'atterrissage, au décollage ou bien en croisière et qui ne sont en aucune façon des vidanges de carburant. Il s'agit en effet de traînées de condensation de vapeur d'eau :

- Au décollage ou à l'atterrissage, ces traînées de condensation sont générées par le phénomène naturel de forte compression/détente d'un air à taux d'humidité important, à l'arrière des ailes, lorsque les volets sont abaissés.
- De la même manière, la formation des traînées de condensation observées en croisière n'est pas liée au délestage de carburant mais à un phénomène naturel dépendant des conditions de température et d'humidité de l'atmosphère. Dans le cas où l'atmosphère est très sèche, aucune traînée de condensation ne se forme. Si l'atmosphère est très humide, des traînées de condensation pourront se former à cause des perturbations occasionnées par un avion, soit en raison des variations de pression à l'arrière des réacteurs, des bouts d'ailes et du fuselage, soit par l'injection de vapeur d'eau supplémentaire ou encore dans une moindre mesure d'aérosols et particules de suie. Les traînées, qui sont donc le résultat de la vapeur d'eau transformée en particules de glace, vont se dissiper plus ou moins rapidement.

Les traînées de condensation ont à peu près le même effet que les cirrus naturels. Elles ont un impact sur la température de l'air près du sol : une baisse de la température pendant la journée et une augmentation pendant la nuit. A l'échelle globale, l'effet radiatif des traînées augmente l'effet de serre et provoque un réchauffement des températures moyennes. La modification moyenne du rayonnement liée à la présence de ces traînées est autour de 0,2% au niveau mondial mais peut atteindre jusqu'à 5% dans les régions de fort trafic[35].

2. LES DEPOTS DE SUIE

Concernant la question fréquemment soulevée sur les dépôts de suies autour des aéroports (dépôts noirâtres sur les rebords des fenêtres, sur le linge qui sèche à l'extérieur ou sur le mobilier de jardin…), des études ont cherché à démontrer s'il existait un lien entre

[33] https://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/sites/default/files/delestage_et_environnement_2_mars_2020.pdf
[34] Treibstoffschnellablass aus Luftfahrzeugen: Wirkungen auf Umwelt und Gesundheit, Position mai 2019, Umwelt Bundesamt
[35] François Bouttier - Météo-France, Traînées de condensation et chemtrails (février 2014)

l'importance et la nature des salissures et la proximité d'un trafic aérien notable. Les résultats de l'étude menée par Airparif en 2006[36] autour de Paris – Charles-de-Gaulle et Paris – Orly et celle menée par l'INERIS[37] (Institut national de l'environnement industriel et des risques) en 2002 autour de l'aéroport de Nice n'ont pas permis d'établir un lien direct entre ces dépôts et le trafic aérien ou de discriminer le trafic aérien par rapport au trafic routier. Il reste que ce sujet mérite une attention certaine et des prélèvements peuvent être nécessaires en cas de signalement. C'est ce que l'aéroport de Lyon Saint Exupéry a mis en place en mobilisant un bureau d'études spécialisés capable de faire et d'analyser des prélèvements en cas de suspicion de pollution de l'eau à proximité de l'aéroport.

3. Les odeurs de kerosene

Aujourd'hui peu d'études existent sur ce sujet des nuisances olfactives liées à l'activité aéroportuaire. Dans la thèse de C. Puente-Lelievre de 2009[38], les études existantes[39] sur le sujet ont été recensées (aéroports d'Amsterdam, Boston, Hambourg, Copenhague). De ces études, il ressort que deux types d'odeurs de kérosène existent, l'un est l'odeur générée par les vapeurs du kérosène et l'autre est l'odeur associée à la combustion par les avions. Ces odeurs peuvent être générées par des composés aromatiques, des phénols ou bien des aldéhydes.

Les odeurs de kérosène peuvent être détectées autour de la zone aéroportuaire et ce, jusqu'à 8 km de l'aéroport (Aéroport d'Amsterdam). Il a été également démontré qu'en fonction du régime moteur et du carburant consommé les émissions olfactives varient : régime bas (ex : le roulage) – plus d'émissions.

4. Hauteur de couche limite atmospherique & Cycle LTO

La couche limite atmosphérique est la couche d'air sous influence de la surface de la terre. Elle joue un rôle important dans les échanges de chaleur, d'humidité, ainsi que sur la concentration de polluants. L'épaisseur de la couche limite est très variable, avec une forte influence du cycle diurne[40] :

- de jour, elle varie de 1 à 2 km, en fonction de l'ensoleillement et de la saison. Elle est plus basse en hiver qu'en été ;
- de nuit, elle varie entre 100 et 300m, en fonction du vent et du refroidissement en surface.
-

Les polluants émis dans la couche limite atmosphérique impactent directement la qualité de l'air locale et ceux émis au-dessus participe à la pollution globale.

Les émissions annuelles des aéronefs ayant un impact sur la qualité de l'air local sont estimées à partir du cycle LTO pour lequel la hauteur de couche limite moyenne à l'échelle d'une année est considérée être égale à 915 mètres (cf. partie B.1).

La question de la validité de cette hypothèse (prise en compte de la hauteur de couche limite moyenne annuelle) est régulièrement remise en question.

[36] Étude des retombées de suies sur les matériaux en sites péri-aéroportuaires comparaison avec des sites urbains et ruraux, Airparif, 2006
[37] Campagne de prélèvement et d'analyse de dépôts de suies prélevés dans la zone d'emprise de l'aéroport de Nice Côte-d'Azur et de Cannes-Mandelieu, 2002, INERIS
[38] Céline Puente-Lelievre – Thèse de doctorat : La qualité de l'air en milieu aéroportuaire : étude sur l'aéroport Paris-Charles-De-Gaulle (2009)
[39] Scherer, 1996 ; Franssen et al., 2002 ; Winther et al., 2006 ; Fenger et al., 2006
[40] https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article430

Dans les années 2000, pour la plateforme Paris – Charles-de-Gaulle, Airparif avait calculé les émissions annuelles des aéronefs pour, d'une part, le cycle LTO (hauteur de couche limite moyenne de 915 mètres) et d'autre part, la hauteur de couche limite réelle jour par jour. La comparaison entre les deux résultats présentait un écart de l'ordre de 4 % pour les émissions d'oxydes d'azote. Au regard de ce faible écart, il avait été considéré que ce faible écart validait le calcul des émissions avec la moyenne annuelle de la couche limite de 3 000 pieds. Cette étude étant relativement ancienne et la hauteur de couche limite atmosphérique variant également géographiquement, il parait raisonnable et pertinent qu'une étude soit menée localement sur la comparaison hauteur de couche limite moyenne et réelle afin de confirmer la pertinence d'utiliser la valeur référence de 915 mètres pour estimer les émissions annuelles des aéronefs du cycle LTO.

Le groupe de travail propose que des études soient menées de façon régulière sur la comparaison hauteur de couche limite moyenne et réelle afin de confirmer la pertinence d'utiliser la valeur référence de 915 mètres pour estimer les émissions annuelles des aéronefs du cycle LTO permettant d'évaluer la variabilité géographique. Il rappelle que la prise en compte de la hauteur de couche limite réelle reste essentielle dans l'évaluation des émissions journalières.

II. SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR ET AUTOUR DES AEROPORTS

A. OBJECTIFS DE LA MISE EN PLACE D'UNE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

Les principaux objectifs d'une surveillance de la qualité de l'air sont :

- le suivi des concentrations de polluants et la vérification du respect des seuils de qualité de l'air réglementaires[41] ;
- l'évaluation des populations exposées aux concentrations de polluants ;
- l'information au travers de sites adaptés (internet/portail des aéroports ou d'autres vecteurs) des concentrations observées ;
- la sensibilisation du public aux enjeux de la qualité de l'air.

Les différents moyens pour atteindre ces objectifs sont :

- l'installation de stations de mesure permanentes, qui permettent une information temporelle fine, la détection d'évènements ponctuels, un rapportage vers l'UE le cas échéant tout en permettant une incertitude faible et connue (inférieure à 15 % pour la majorité des polluants) ;
- les campagnes de mesure, permettant des mesures spatiales sur une zone plus large, pour identifier les variabilités de niveaux sur une zone ou la détection des « points noirs ». L'incertitude est plus élevée que les sites permanents ;
- la modélisation, moins précise qu'une station fixe, qui fournit des informations spatialisées sur tout le domaine, permettant d'établir des cartographies, d'évaluer la contribution des différentes sources de polluants, l'impact de plans d'action, la simulation de différents scénarii.

B. PROPOSITIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

Le groupe de travail propose de définir une base commune a minima applicable à tous les aéroports. Il s'agit d'évaluer les concentrations de polluants dans l'air ambiant sur et autour des aéroports et de suivre l'évolution vis-à-vis du respect des différents seuils et valeurs réglementaires ou références. Après réexamen des propositions formulées en 2016, il est apparu aux membres du groupe de travail que celles-ci étaient toujours pertinentes et qu'elles pouvaient être conservées en l'état.

1. POLLUANTS

***Proposition n°1 relative aux polluants à surveiller** : Doivent être mesurées à minima les concentrations pour les polluants suivants :*
- de façon systématique : PM10, PM2,5 et NOx ;
- selon la configuration de chaque site aéroportuaire et ses activités, d'autres polluants pourront aussi être utilement surveillés, tels que les COV à proximité des zones de stockage des carburants ou des ateliers d'entretien d'avion, etc.

La liste des polluants complémentaires sera définie par la direction de l'aéroport et transmise à la Commission consultative de l'environnement de la plateforme et à l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires pour information et observations éventuelles.

[41] https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000022964539&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20101024

Le CO n'ait pas apparu comme devant faire l'objet de mesures systématiques. Les dernières campagnes de mesure sur les aéroports de Bâle – Mulhouse (2011), Nantes – Atlantique (2014) et Marseille – Provence (2011) ont en effet montré des concentrations en CO très inférieures aux valeurs réglementaires. Ce composé fait néanmoins l'objet d'une réglementation et devra donc être surveillé en fonction du contexte local.

Les HAP ne sont également pas apparus comme devant faire l'objet de mesures systématiques. Une étude réalisée sur l'aéroport de Bordeaux (Campagne de mesures : Evaluation des niveaux de HAP sur l'Aéroport de Bordeaux – Mérignac, année 2012 (rapport n°ET/HAP/13/02, Airaq[42]) a en effet permis de suivre en 2012 les concentrations des 7 HAP cités dans la directive 2004/107/CE[43]. Les niveaux moyens et le profil des 7 HAP observés sur l'aéroport se rapprochent des niveaux et profils observés sur les sites ruraux en France. Ces composés font néanmoins l'objet d'une réglementation et devront donc être surveillés en fonction du contexte local de chaque aéroport.

Les métaux lourds ne font également pas partie des polluants apparaissant au groupe de travail comme devant être surveillés de façon systématique, en raison des faibles concentrations mesurées dans l'environnement, généralement éloignées des valeurs cibles (voir le bilan de la qualité de l'air en France en 2018 et principales tendances observées au cours de la période 2000-2018[44]).

Le SO_2 a également été écarté de la liste des polluants à suivre systématiquement. Les mesures réalisées sur les aéroports ont montré des concentrations bien inférieures aux normes. De plus, les concentrations moyennes annuelles de fond en SO_2 ont fortement baissé pour atteindre des niveaux proches de 0 depuis plusieurs années[45].

La question de la surveillance de la concentration en ozone afin d'évaluer l'impact de l'activité aéroportuaire sur ces concentrations a été examinée par le groupe de travail. L'ozone est un polluant secondaire qui peut se former très loin des sources d'émission de ses précurseurs (NOx et COV). Il est donc difficile d'isoler la contribution des activités aéroportuaires aux niveaux d'ozone à l'échelle régionale, voire nationale ; des approches de modélisation ont été testées sur des sources très importantes (du type raffinage au Moyen-Orient) pour évaluer l'impact de ces dernières sur les concentrations en ozone dans la région, mais ce sont des approches complexes, dont les résultats restent assez peu convaincants. De fait, pour des sources plus petites, l'exercice ne semble pas se justifier.

[42] http://www.airaq.asso.fr/fileadmin/user_upload/redacteur/Rapport_HAP_Aeroport_2012.pdf
[43] Directive 2004/107/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant
[44] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-01/datalab-61-bilan-qualite-air-exterieur-france-2018-novembre2019_0.pdf
[45] "https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-11/datalab-61-bilan-qualite-air-exterieur-france-2018-novembre2019.pdf

2. MOYENS DE SURVEILLANCE

Le groupe de travail considère que les aéroports possédant déjà des stations de mesure permanentes doivent les conserver et en assurer la maintenance et l'exploitation. Pour les autres aéroports, il ne propose pas l'installation de nouvelles stations permanentes, si ce n'est dans un cadre partenarial particulier à l'échelle de la métropole où ils sont installés.

***Proposition n°2 relative aux campagnes de mesure** : Le groupe de travail préconise la réalisation de campagnes de mesures systématiques permettant une évaluation des concentrations sur et autour de la plateforme aussi bien pour les plateformes équipées de stations de mesure permanentes que pour les autres plateformes.*

Les objectifs de la campagne de mesure devront bien être définis et les différents critères relatifs à la campagne définis en conséquence.

L'implantation des sites de mesure et les campagnes de mesure mises en place doivent respecter les recommandations de la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe modifiée sur certains points techniques par la Directive (UE) 2015/1480, en termes de :

- temps de mesure à respecter pour que la campagne de mesure soit représentative ;
- méthodes de mesure pour les différents polluants ;
- critères d'implantation.

Une flexibilité pourrait être autorisée par rapport aux recommandations de la directive, flexibilité devant être explicitement justifiée par l'objectif de la campagne de mesure (efficacité d'une action de réduction par exemple).

Le LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) a rédigé différents guides reprenant ces éléments disponibles sous le lien suivant :
https://www.lcsqa.org/fr/rapports?field_referentiel_technique_nati_value=1&field_rapport_type_value=All

3. CAMPAGNES DE MESURE : DIMENSIONNEMENT ET FREQUENCE

Plusieurs critères apparaissent devoir être croisés pour dimensionner la campagne de mesure :

- l'activité de l'aéroport (nombre de mouvements) ;
- l'importance de la pollution de l'air dans l'agglomération considérée ;
- la densité de population sur et autour de l'aéroport (dans les 10 km).

Concernant le critère « importance de la pollution », il sera déterminé par rapport à l'homogénéité ou l'hétérogénéité des niveaux de pollution autour de l'aéroport et à l'échelle des agglomérations considérées. Dans le cas des agglomérations où les valeurs limites sont dépassées, les campagnes de mesure sont d'autant plus nécessaires.

<u>Proposition n°3 relative à la fréquence des campagnes de mesure</u> : le groupe de travail propose qu'une campagne de mesure suivant les principes du guide soit organisée a minima tous les 5 ans (fréquence en cohérence avec les différents plans sur la qualité de l'air type SRCAE/SRADET, PPA) pour l'ensemble des aéroports (possédant ou non une ou plusieurs stations de mesure permanentes). La fréquence doit permettre un suivi régulier dans le temps de la qualité de l'air.

Quelle que soit la fréquence retenue, des mesures ponctuelles plus régulières devront bien sur pouvoir être menées en fonction du contexte (par exemple : augmentation du trafic aérien, nouvelle centrale de production d'énergie, …), de la performance environnementale visée par le gestionnaire d'aéroport dans l'agglomération dans laquelle il opère.

4. PROCEDURES

<u>Proposition n°4 relative aux cahiers des charges des campagnes de mesure</u> : Les cahiers des charges seront soumis pour information et observations éventuelles à l'ACNUSA afin de permettre un suivi et des contrôles cohérents ainsi qu'à la CCE.

Une représentation cartographique de la qualité de l'air sur et autour des aéroports sur la base de la campagne de mesure devra être également incluse dans cette étude.

Le cahier des charges sera établi par l'aéroport, seul ou avec son conseil, et sera ensuite transmis à l'ACNUSA pour validation. Le rapport de campagne sera également adressé à l'ACNUSA pour information et observations éventuelles.

5. LES POLLUANTS EMERGENTS

En 2018, l'Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES) a préconisé la mise en place d'une surveillance réglementaire pour treize nouvelles substances dont les particules ultrafines, le carbone suie et le 1,3 butadiène.[46] L'ANSES « confirme avec des niveaux de preuve forts, les effets sur la santé (atteintes respiratoires et cardiovasculaires et décès anticipés) liés à certaines composantes des particules de l'air ambiant dont les particules ultrafines, le carbone suie et le carbone organique ».

a) Les Particules ultrafines

Les particules ultrafines sont les particules de diamètre <0,1µm et sont notamment générées à des températures très élevées comme dans les processus de combustion (feux de bois, processus industriels, combustion des moteurs, fumées de cuisson…). Des éléments complémentaires sont détaillés en annexe 7, tels que la nature des particules ultrafines (PUF), leur surveillance et leurs concentrations mesurées dans l'environnement.

SOURCES

Différentes sources sur un aéroport émettent des PUF, on peut citer notamment[47] :

- les avions (moteurs principaux, APU, frein et usure des pneus) ;
- les engins de piste et les véhicules ;
- les installations de production d'énergie, de maintenance des aéronefs…

[46] https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf

[47] Ultrafine Particles at Airport, Discussion and assessment of ultrafine particles in aviation and at airports in 2012, Airports Council International - https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=7

Les particules des moteurs d'avion émises sont principalement des particules ultrafines de suie (particules ultrafines non-volatiles)[48].

SURVEILLANCE ET CERTIFICATION

Si pour les PM10 et PM2,5, les mesures de concentrations sont bien harmonisées et maitrisées à l'échelle européenne, pour les particules ultrafines, il est encore nécessaire de travailler sur le dispositif de surveillance[49].

Aujourd'hui, il n'existe qu'une méthode internationale normalisée pour la mesure de concentration moyenne des particules ultrafines (XP CEN/TS 16976 - Air ambiant – Détermination de la concentration en nombre de particules de l'aérosol atmosphérique, 2016). Les travaux sont en cours au niveau national au sein du LCSQA pour la définition de la stratégie nationale de surveillance des PUF (livrable attendue fin 2020). En 2019, à la suite de la publication de l'ANSES sur les polluants émergents, le LCSQA a publié une note technique « Mesure des particules ultrafines au sein du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ».[50] Les trois grands types d'analyseurs de particules ultrafines actuellement utilisés au sein du dispositif national sont :

- CPC (compteur de particules – mesure de la concentration en nombre total de particules – gamme : 7 nm – 1 µm)
- UFP3031 (mesure de la concentration en nombre de particules (selon 6 classes de taille) – la résolution est un peu moindre – gamme : 20 à 800 nm)
- MPSS (répartition granulométrique- 64 canaux dans la gamme : 10 – 800 nm)

Depuis le début des années 2000, plusieurs études et campagnes de mesure ont été menées sur la thématique des particules d'échappement d'aéronefs qui incluent également la fraction de particules ultrafines.

Comme pour la surveillance des autres polluants, le type et la configuration des dispositifs de mesure des particules ultrafines jouent un rôle important sur les résultats, notamment la fréquence de la mesure ou la distance entre l'entrée d'air et le point de mesure. Ces paramètres peuvent influencer les résultats d'un facteur 1 à 2 même si les mesures sont effectuées exactement au même endroit et dans des conditions ambiantes identiques (étude de l'Airport Council International (ACI) Europe sur les PUF, 2018). Tout résultat d'étude doit donc être replacé dans le contexte des caractéristiques de mesure et il faut rester prudent lors de la comparaison des résultats de différentes études. De plus, vu la sensibilité des résultats aux conditions expérimentales (emplacement, météo, etc.), les mesures à court terme à des endroits uniques peuvent considérablement sur- ou sous-estimer les concentrations moyennes de PUF. Seules les campagnes de mesure à long terme (permettant de couvrir un échantillon représentatif de l'activité aéroportuaire et des conditions météorologiques) comportant plusieurs sites de mesures sur un aéroport peuvent fournir un résultat solide sur le comportement des PUF sur un aéroport.[51]

Deux standards ont été validés au sein de l'OACI pour les particules fines non volatiles. Le premier s'applique à partir du 1er janvier 2020 à tous les moteurs en production de poussée F_{00} > à 26.7kN, et le deuxième s'appliquera à partir du 1er janvier 2023 à tous les nouveaux moteurs dont la demande de certificat type sera faite après cette date (voir page I.B.1).

[48] 2016- Environmental Report, OACI http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx
[49] The European project FORUM on Aviation and Emissions (& Environment), Work-package 1 - impact http://www.forum-ae.eu/workshops/impact
[50] https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA_Note_technique_PUF_09avril2019.pdf
[51] Ultrafine particles at airports, ACI Europe report 2018 - https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=7

Avec la mise en place du Règlement Européen 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016[52] concernant les émissions des moteurs des engins mobiles non routiers et la nouvelle norme nvPM de l'OACI, la plupart des sources d'émissions de combustion associées aux activités aéroportuaires seront réglementées pour la masse et le nombre de particules, à l'exception des APU et les moteurs des petits d'aéronefs (< poussée de 26,7 kN).

ETAT DES CONNAISSANCES

Les particules ultrafines émises lors des différentes phases du cycle LTO ont des diamètres compris entre 4 et 100 nm[53]. La distribution en taille des particules dépend de différents facteurs tels la motorisation de l'aéronef, le kérosène utilisé, la poussée « moteur » et les conditions environnementales[54]. Les taux d'émissions en PUF augmentent avec la poussée « moteur » et la phase du cycle LTO qui émet le plus de PUF est la montée (poussée et durée de la phase importante)[55].

En comparant les émissions « avion » et les émissions d'autres sources de combustion (véhicules et machines à combustion de combustibles fossiles), les moteurs d'aéronefs ont tendance à émettre des PUF de plus petite taille et de plus grandes concentrations en nombre. Par conséquent, plusieurs études indiquent une association entre les décollages et les atterrissages d'aéronefs et les concentrations élevées de PUF dans le voisinage de l'aéroport. Cependant, l'étude récente de l'ACI Europe a pointé le fait que ces concentrations élevées ont tendance à diminuer rapidement avec la distance croissante de l'aéroport. Au contraire, les PUF provenant d'autres sources de combustion ont tendance à être de plus grande taille, et à des concentrations plus faibles comme le montrent par exemple les études de cas de Londres Heathrow et de l'aéroport de Zurich. Les résultats de certaines études sont présentés en annexe 7.

Les différentes études menées sur et autour des aéroports en Europe et aux Etats-Unis montrent que[56] :

- les concentrations moyennes en particules ultrafines ont tendance à être relativement élevées sur les aéroports (30 000 à 100 000 particules par cm^3) [57]. Toutefois il existe une variabilité des concentrations en nombre et en tailles de particules ;
- les PUF émises par les moteurs d'avion auraient tendance en moyenne à être plus petites (diamètre moyen compris entre 10-16 nm) que celles émises par les moteurs à combustion diesel / essence standard (diamètre moyen compris 10-300 nm) et plus élevées en nombre ;
- l'emplacement des stations de mesures (et leur nombre) et les conditions météorologiques ont un impact important sur les résultats (vent, proximité des sources, etc.).

[52] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32016R1628
[53] Mazaheri et al. (2008) – Particle and gaseous emissions from commercial aircraft et each stage of the LTO
[54] Masiol & Harrison (2014) – Aircraft engine exhaust emissions and other airport related contributions to ambient air pollution
[55] Mazaheri et al (2011) – An inventory of particle and gaseous emissions from large aircraft thrust engine operations at an airport
[56] Ultrafine Particles at Airport, Discussion and assessment of ultrafine particles in aviation and at airports in 2012, Airports Council International
[57] Comme indiqué dans le rapport de l'ACI, suivant les études, les mesures de concentrations ont été faites sur des temps relativement de quelques heures pour certaines et pour d'autres sur des périodes plus longues. Les concentrations ont été enregistrées selon différents pas de temps allant de la seconde à la demi-heure.

Cette dernière décennie, les études concernant les PUF se sont multipliées mais des travaux complémentaires restent nécessaires pour confirmer ces résultats sur d'autres aéroports et pour affiner les connaissances sur la composition chimique des PUF.

Proposition n°5 relative aux études (exploratoires) relatives aux des particules ultrafines : *Le groupe de travail ne peut qu'encourager ces études sur les aéroports français dans l'attente des prescriptions qui pourraient être faites un jour au niveau national pour tous les types d'activités émettrices.*

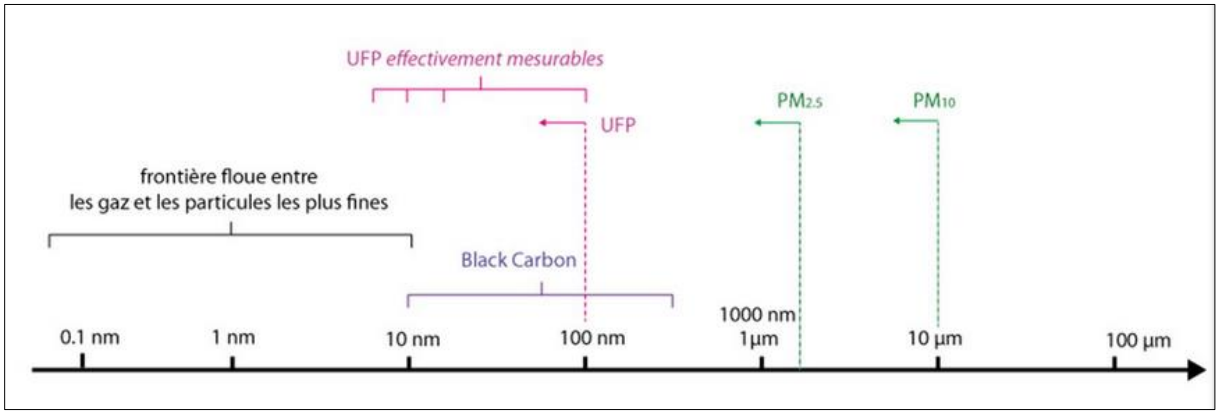
Si un aéroport souhaite réaliser ce type d'étude, il devra dans un premier temps bien identifier et définir l'objectif recherché. En effet, pour évaluer l'impact sanitaire des PUF, l'information importante à rechercher est la concentration en nombre total de particules. Si on souhaite identifier une source, la répartition granulométrique doit être également analysée. Dans le cadre des problématiques aéroportuaires, ces 2 objectifs sont classiquement recherchés et un couplage MPSS et CPC pourra répondre à ces 2 points.

Un groupe de travail national sur les particules ultrafines en zone péri-aéroportuaire a été mis en place début 2020. Ce groupe de travail, piloté par ATMO France et les AASQA, est constitué de représentants des AASQA, de la DGAC, du LCSQA et de l'ACNUSA. L'objectif de ce groupe de travail est de mettre en perspectives les différentes initiatives en cours sur des aéroports français, de comparer les méthodologies retenues et d'établir des premiers éléments de compréhension des niveaux de particules ultrafines en zones péri-aéroportuaires et leur répartition granulométrique. **Les acteurs souhaitant mettre en place une surveillance des particules ultrafines sur et autour d'un aéroport peuvent se rapprocher de ce groupe de travail afin de bénéficier de ses travaux.**

b) Le Carbone suie

Le carbone suie est un composé constitué quasi-exclusivement d'atomes de carbone et qui absorbe le rayonnement lumineux. Il est également très peu volatil. Cette double caractéristique physique est à l'origine d'une dénomination différente (carbone élémentaire vs. *black carbon*) du carbone suie selon la façon dont il est mesuré. Le carbone élémentaire - EC - représente la partie réfractaire (jusqu'à 600-800 °C selon le taux d'oxygène) de l'aérosol carboné émis par combustion, alors que le black carbon (BC) représente la fraction (la plus) absorbante de ces émissions[58].

Le carbone suie se trouve principalement dans la fraction la plus fine des PM_{10}, les PM_1 (dont le diamètre aérodynamique est égal ou inférieur à 1 µm).



[58] https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2012/ineris/arbone-elementaire-ou-black-carbon

Figure 10 : répartition en taille du carbone suie

C'est un polluant émis lors des processus de combustion, notamment incomplète (diesel essentiellement, chauffage au bois, etc.).[59,60]

SURVEILLANCE DU CARBONE SUIE

Aujourd'hui, le carbone suie n'est pas réglementé dans l'Union européenne. La directive européenne (2008/50/EC) demande seulement un suivi de carbone organique et du carbone élémentaire afin de surveiller la pollution transfrontalière, mais sans fixer de seuils. Les mesures de carbone suie sont effectuées par analyse optique en continu soit de l'absorption d'aérosols prélevés sur un ruban filtrant (analyseurs de type aethalomètre ou MAAP, par exemple), soit directement en phase aérosol (analyseurs du type incandescence induite par laser (LII, SP2) ou photo acoustique (*micro soot sensor*, PAX))[61].

Le LCSQA a publié un guide méthodologique pour la mesure du carbone suie par aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant[62]. Sur le territoire, ce polluant est surveillé de façon permanente sur plusieurs sites.

Le Protocole de Göteborg amendé en 2012[63], quant-à-lui, recommande de focaliser les actions de réduction des émissions de particules sur les activités les plus fortement émettrices de BC.

CARBONE SUIE ET AERONEFS

Différentes sources sur un aéroport vont émettre de carbone suie. On peut citer notamment :

- les avions (les réacteurs, les APU) ;
- les engins de piste et les véhicules ;
- les installations de production d'énergie.

L'article de Zhang et al. (2019) « *A number-based inventory of size-resolved black carbon particle emissions by global civil aviation* » présente les résultats d'un inventaire d'émission développé récemment pour le carbone suie, en répondant à la demande concernant les connaissances des émissions de ce polluant (la majorité des inventaires d'émissions du secteur de l'aviation ne considère pas le carbone suie mais seulement des polluants atmosphériques « classiques » comme le HC, le CO et les NOx ou font seulement une corrélation entre le *smoke number* – SN et les émissions de carbone suie en masse). Le travail de Zhang et son équipe reprend les connaissances les plus récentes sur ce polluant afin de produire un inventaire pour estimer le nombre de particules BC par fraction de taille.

Toujours selon cette étude, les particules de carbone suie émises absorbent la lumière solaire et peuvent également augmenter la nébulosité au travers des cirrus et modifier l'épaisseur optique des cirrus déjà existants (cf. partie I.D.1)[64].

[59] www.atmosud.fr/glossaire
[60] https://environnement.brussels/thematiques/air-climat/qualite-de-lair/cartographie-de-la-pollution/le-black-carbon
[61] https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf
[62] https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2016/ineris/guide-methodologique-mesure-black-carbon-aethalometre-multi-longueur-onde-ae33-a
[63] https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/eb/ECE.EB.AIR.114_FRE.pdf
[64] Zhang et al. A number-based inventory of size-resolved black carbon particle emissions by global civil aviation (2019)

Le nombre de particules de carbone suie émises par l'aviation mondiale est d'environ (10,9 ± 2,1) × 10^{25} par an, avec un facteur d'émission moyen de (6,06 ± 1,18) × 10^{14} par kg de carburant brûlé, ce qui correspond à environ 1,3% des émissions anthropiques totales au sol et à 3,6% des émissions du transport routier (années références : 2010 pour les émissions au sol et 2005 pour les émissions « avions »). La part pour le cycle LTO est égale à 1,1 x 10^{25} ce qui correspond à 10,2% du total des émissions de l'aviation mondiale.

Les particules de carbone suie émises par l'aviation mondiale suivent une distribution log-normale avec un diamètre moyen géométrique (GMD) de 31,99 ± 0,8 nm.

Les graphes suivants présentent les caractéristiques en taille des émissions de carbone suie :

a) Répartition granulométrique globale du carbone suie au cours des cycles LTO
b) Distribution de la taille des particules de carbone suie pendant les phases CCD (montée, croisière et descente)
c) Indice d'émission en nombre de particules de carbone suie (EIn), GMD et écarts-types géométriques GSD des sept sous-phases de vols.

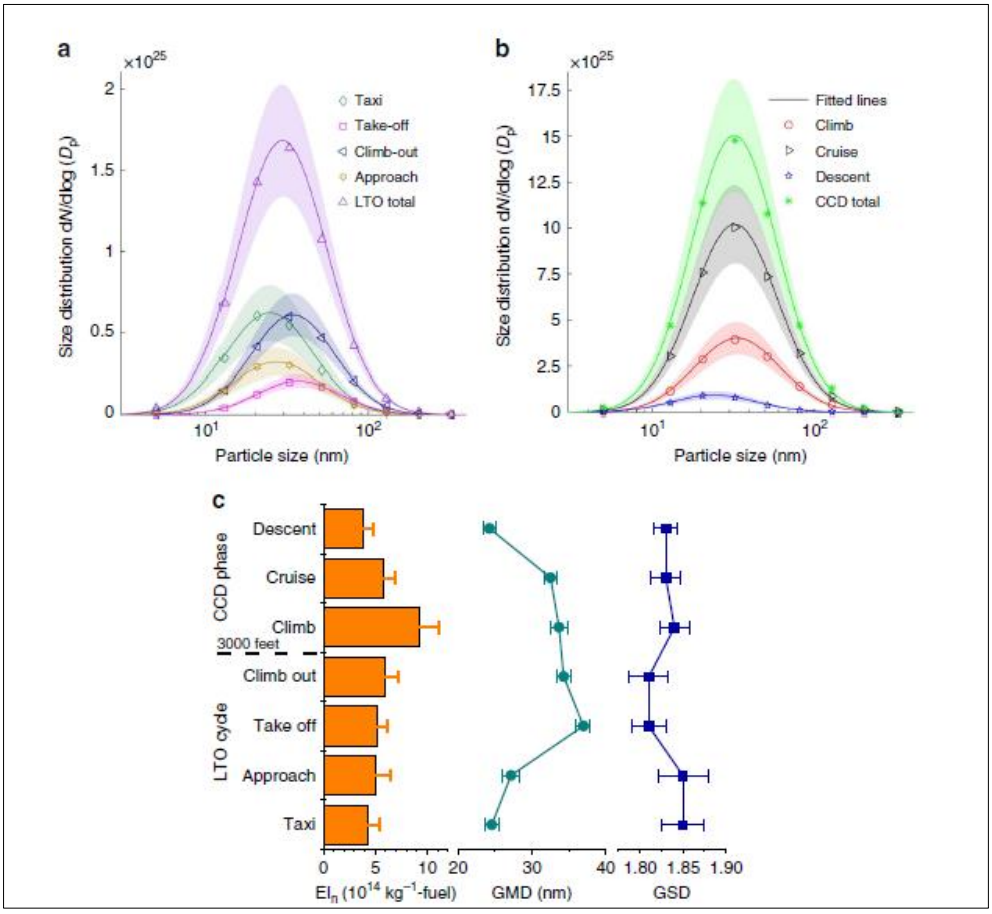


Figure 11 : caractéristiques en taille des émissions de carbone suie (Zhang et al., 2019)

CARBONE SUIE ET AEROPORTS

L'étude de Shirmohammadi et al. (2016) présente les résultats d'une campagne de mesure autour de l'aéroport de Los Angeles (LAX), notamment pour le carbone suie afin de voir l'impact des activités aéroportuaires sur la qualité de l'air à Los Angeles.

Les mesures ont été réalisées à 150 m sous les vents des pistes Sud de l'aéroport et également par un camion laboratoire à proximité des 3 autoroutes principales afin de comparer la contribution de chaque source.

Le facteur d'émission (FE) du carbone suie a été évalué à 0,12 ± 0,02 g par kg de carburant au décollage et 0,11 ± 0,01 g par kg de carburant à l'atterrissage. D'autres études (Anderson et al. 2005, Wey et al. 2007, Kinsey et al. 2011) ont démontré que le FE dépend de la poussée de moteur et donc de la phase du cycle LTO. De plus, l'étude de Stettler et al. (2013) a estimé que les émissions de carbone suie du cycle LTO sont égales à 14% du total des émissions totale d'un aéronef.

Les concentrations en carbone suie dans cette étude variaient selon les environnements, avec une moyenne de 2,87 ± 0,03 µg/m^3. Bien que les augmentations des concentrations de carbone suie n'aient pas été aussi importantes que le nombre de particules PM2,5, une augmentation de 2,59 ± 0,03 µg/m^3 a été tout de même observée par rapport au niveau de fond au cours de la période d'échantillonnage. Des données de référence de concentrations typiques en fonction de différentes typologies de campagne de mesure se trouvent en annexe 7.

Dans le tableau suivant, un extrait de l'étude compare les FE et des concentrations mesurées dans d'autres études réalisées entre 2005 et 2016. Une grande variation peut être observée au niveau des FE et de la concentration également.

Tableau 9 : Extrait de concentrations mesurées en carbone suie et des facteurs d'émissions sur des aéroports (source : Shirmohammadi et al., 2016).

Table 2
Summary of the results reported by previous studies for pollutants' concentrations and emission factors (EF) at different airports.

Study	Airport	Take-off/ Landing	Particle size range (nm)	Particle number (particles/cm^3)	BC (µg/m^3)	$PM_{2.5}$ (µg/m^3)	EF Number (particles/kg fuel)	EF BC (g/kg fuel)	EF $PM_{2.5}$ (g/kg fuel)
Herndon et al., 2005	John F. Kennedy International Airport, New York, USA	Takeoff	7–2500	–	–	–	$(1.0\pm0.7)\times10^{14}$	–	–
Herndon et al., 2005	Logan International Airport, Boston, USA	Takeoff	7–2500	–	–	–	$(8.8\pm7.6)\times10^{15}$	–	–
Westerdahl et al., 2008	Los Angeles International Airport, USA	Takeoff/ Landing	7–350	$2\times10^4-5.8\times10^5$	1.8–3.8	–	–	–	–
Fanning et al., 2007	Los Angeles International Airport, USA	Takeoff	10–100	$1.4\times10^5-1.4\times10^6$	13.9 ± 14.3 & 14.0 ± 10.2	32–42	–	–	–
Herndon et al., 2008	Hartsfield Jackson Atlanta International Airport, USA	Takeoff	7–2500	–	–	–	$1.8\times10^{15}-5.6\times10^{15}$	0.2–1.5	–
Hu et al., 2009	Santa Monica Airport, CA, USA	Takeoff	5.6–560	$1\times10^4-3\times10^5$	0.7–2.7	-	5×10^{16}	-	-
Mazaheri et al., 2009	Brisbane Airport, Australia	Takeoff	4–710	–	–	–	$2.1\times10^{16}-5.4\times10^{16}$	–	0.2–0.3
		Landing					$7.7\times10^{15}-4.3\times10^{16}$	–	0.3–0.5
Zhu et al., 2011	Los Angeles International Airport, USA	Takeoff	7–320	$0.4\times10^4-8.4\times10^4$	0.01–3.6	37.1 ± 15.4	3.4×10^{16}	-	-
Klapmeyer and Marr 2012	Roanoke Regional Airport in western Virginia, USA	Takeoff	–	$1.5\times10^3-1.7\times10^5$	–	–	$1.4\times10^{16}-7.1\times10^{16}$	0.2–0.5	-
Lobo et al., 2012	Oakland International Airport, CA, USA	Takeoff	5–1000	$2\times10^5-1.3\times10^6$	-	-	$4\times10^{15}-2\times10^{17}$	-	0.1–0.7
Hudda et al., 2014	Los Angeles International Airport, USA	Takeoff/ Landing	10–1000	$4\times10^4-6\times10^4$	1.4–1.6	–	–	–	–
Lobo et al., 2015	Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport	Takeoff	5–1000	–	–	–	$6\times10^{17}-2\times10^{18}$	–	0.1–0.6
Ren et al., 2016	Tianjin International Airport, China	Takeoff	10–1000	$4\times10^4-4.4\times10^5$	–	–	$2\times10^{15}-3.2\times10^{16}$	–	–
		Landing		$6\times10^4-4.5\times10^5$	–	–	$2.5\times10^{15}-3.3\times10^{16}$	–	–
Current study	Los Angeles International Airport, USA	Takeoff	7–500	$1.53\times10^5\pm3.11\times10^4$	2.87 ± 0.03	33 ± 0.15	$(8.69\pm1.20)\times10^{15}$	0.12 ± 0.02	0.38 ± 0.04
		Landing					$(8.16\pm1.00)\times10^{15}$	0.11 ± 0.01	0.40 ± 0.05

Les résultats des mesures montrent que dans la zone d'impact du Los Angeles International Airport (une zone d'environ 100km^2 sous les vents), la contribution de l'aéroport aux concentrations en carbone suie est d'environ 2,5 fois plus élevée que celles des trois autoroutes environnantes. A noter qu'en prenant compte la longueur totale des 3

autoroutes, le trafic routier a un impact plus important que les autres sources sur la qualité de l'air du bassin de Los Angeles.[65]

Proposition n°6 relative à la surveillance du carbone suie : *Le groupe de travail propose d'encourager les études relatives au carbone suie sur et autour des aéroports français.*

c) 1,3 butadiène

Le 1,3-butadiène est un hydrocarbure de type alcène (une double liaison entre atomes de carbone). La production de 1,3-butadiène se fait principalement par vapocraquage et il est utilisé pour la production de polymères synthétiques, de caoutchouc et de latex. Les industries émettrices appartiennent majoritairement aux activités suivantes : fabrication de produits chimiques organiques de base, fabrication de matières plastiques de base, raffinage du pétrole et fabrication de caoutchoucs synthétiques. Ses émissions sont liées à ces sources mais aussi l'échappement de moteurs automobiles, la fumée de cigarettes, la combustion des combustibles, des plastiques et caoutchoucs). En annexe 7 sont détaillées les concentrations habituellement retrouvées dans les milieux en l'absence de source connue en 1,3 butadiène.

Le 1,3 butadiène fait partie de la liste de 31 COV précurseurs d'O_3 dont le suivi est encadré par la directive 2008-50-CE[66].

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour le 1,3-butadiène pour la voie d'inhalation ont été proposées par l'INERIS en 2019. Pour les effets sans seuil, avec l'Excès de Risque Unitaire (ERU) de 3.10^{-5} $(\mu g/m^3)^{-1}$ pour le 1,3-butadiène (US EPA, 2002), l'Excès de Risques Individuel (ERI) de 10^{-5} est atteint pour une concentration moyenne annuelle inhalée de 0,33 $\mu g/m^3$ (pour une fréquence d'exposition annuelle de 100 % et une durée d'exposition de 70 ans) vs 0,06 $\mu g/m^3$ actuellement choisi par l'Anses (OEHAA, 2011).
L'ANSES a été saisie par le MTES pour étudier la pertinence d'une mise à jour des VTR pour le 1,3-butadiène pour la voie d'inhalation en 2020.

SURVEILLANCE DU 1,3-BUTADIENE

Le laboratoire central de la surveillance de la qualité de l'air est en charge de proposer en 2020 des méthodes de mesures pour la mise en place de cette surveillance dans l'air ambiant (LCSQA, 2019).

L'INERIS proposera également en 2020 des méthodes de mesures pour la mise en place de la surveillance de la qualité de l'air autour des ICPE (mise à jour du guide (INERIS, 2016) prévue en 2020).[67]

Plusieurs méthodes de prélèvement permettent de réaliser des mesures de concentrations dans l'air du 1,3- butadiène.
Le prélèvement intégratif sur support du 1,3-butadiène (méthodes dites indirectes) peut être réalisé de plusieurs façons :

- prélèvement sur tube d'adsorbant, actif (par pompage) ou passif (efficacité en cours de validation) ;

[65] Shirmohammadi et al. Emission rates of particle number, mass and black carbon by the Los Angeles International Airport (LAX) and its impact on air quality in Los Angeles (2016)
[66] https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf
[67] https://www.ineris.fr/fr/guide-surveillance-air-autour-installations-classees-retombees-emissions-atmospheriques-impact

- prélèvement de l'air en canister (enceinte métallique sous vide revêtue intérieurement d'un revêtement qui empêche l'adsorption des COV sur cette surface) ou par sac d'échantillonnage.

Une fois le prélèvement effectué, les supports doivent faire l'objet d'une analyse en laboratoire par chromatographie en phase gazeuse avec détection / quantification par détecteur à ionisation de flamme (FID) ou spectromètre de masse (MS).

Il est également possible de réaliser le prélèvement et l'analyse en direct :
- prélèvement « on-line » par spectromètre de masse à ionisation chimique (PTR-MS, SIFT-MS) ;
- prélèvement « on-line » sur une chaine d'analyse comprenant un thermodésorbeur (TD) suivi d'un chromatographe à détecteur FID ou spectromètre de masse ;
- analyseurs automatiques ;
- et également avec des techniques périmétriques non intrusives telles que SOF, LIDAR, gaz traceur pour quantifier les émissions diffuses des sites industriels.

1,3 BUTADIENE ET AVIATION

A ce jour, il n'a pas été identifié d'étude spécifique sur le sujet.

6. LA MODELISATION

Les outils de modélisation de la qualité de l'air permettent de cartographier les concentrations de polluants sur le territoire, d'évaluer l'évolution de la qualité de l'air entre deux campagnes de mesure en s'affranchissant des variations météorologiques voire également d'améliorer l'identification des contributions des « sources » majeures aux concentrations respirées. La modélisation présente également un intérêt certain pour les études d'impact, pour les études prospectives et pour l'évaluation des actions de réduction des émissions sur la qualité de l'air. Il s'agit donc d'un outil utilisé et reconnu comme partie intégrante de tout système de surveillance de la qualité de l'air.

EN ILE-DE-FRANCE

L'exemple du dispositif de surveillance quotidienne autour des plateformes aéroportuaires franciliennes est présenté ci-dessous.

Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE1) prévoyait d'étudier l'impact du trafic aérien autour des zones aéroportuaires de Paris – Charles-de-Gaulle, Paris – Le Bourget et Paris – Orly. C'est dans ce contexte que le Préfet de Région a lancé, fin 2008, le projet SURVOL et en a confié le pilotage à l'Agence Régionale de Santé d'Île-de-France.

Le projet SURVOL a pour objet de mettre à la disposition des riverains une information quotidienne sur les niveaux de bruit et de pollution de l'air autour des aéroports franciliens. A cet effet, Airparif a été chargée de développer un observatoire de la qualité de l'air à proximité des plateformes aéroportuaires d'Île-de-France et Bruitparif de mettre en place un dispositif équivalent pour le bruit. Dans le prolongement des PRSE1 et PRSE2, le PRSE3 prévoyait dans son action 3.2 de faire vivre et renforcer le dispositif de surveillance et d'aide à la décision en matière de gestion des nuisances environnementales aéroportuaires (air et bruit). Cette action est pilotée par la DGAC.

L'observatoire SURVOL[68] (développé et maintenu par Airparif) permet donc d'assurer une surveillance permanente de la qualité de l'air à proximité des principales plateformes aéroportuaires franciliennes (Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et Paris – Orly). À travers un dispositif reposant sur l'exploitation conjointe de mesures en temps réel et d'un système de modélisation, la plateforme SURVOL fournit au public des cartes journalières de la qualité de l'air de la veille pour les polluants suivants : NO_2, PM_{10} et $PM_{2.5}$, O_3 et le benzène. L'exploitation des résultats journaliers permet d'évaluer la qualité de l'air moyenne annuelle. La carte des concentrations moyennes journalière de dioxyde d'azote est présentée pour le domaine Paris – Charles-de-Gaulle/Paris – Le Bourget.

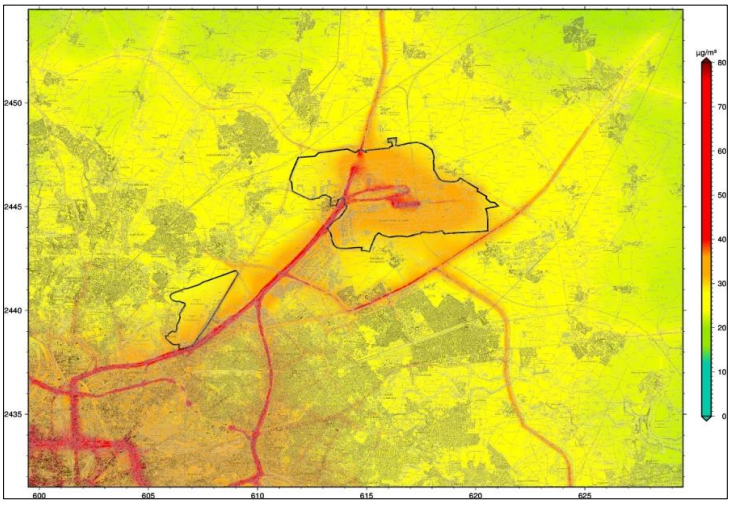


Figure 12 : Concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO_2) en 2017 autour des aéroports Paris – Charles-de-Gaulle et Paris – Le Bourget

La plateforme de modélisation permet également d'évaluer la contribution des activités aéroportuaires (trafic aérien et l'ensemble des activités de la plateforme, hors trafic induit) aux concentrations respirées sur le domaine d'étude. De même, la part attribuable au trafic routier est calculée (voir exemples figures ci-dessous).

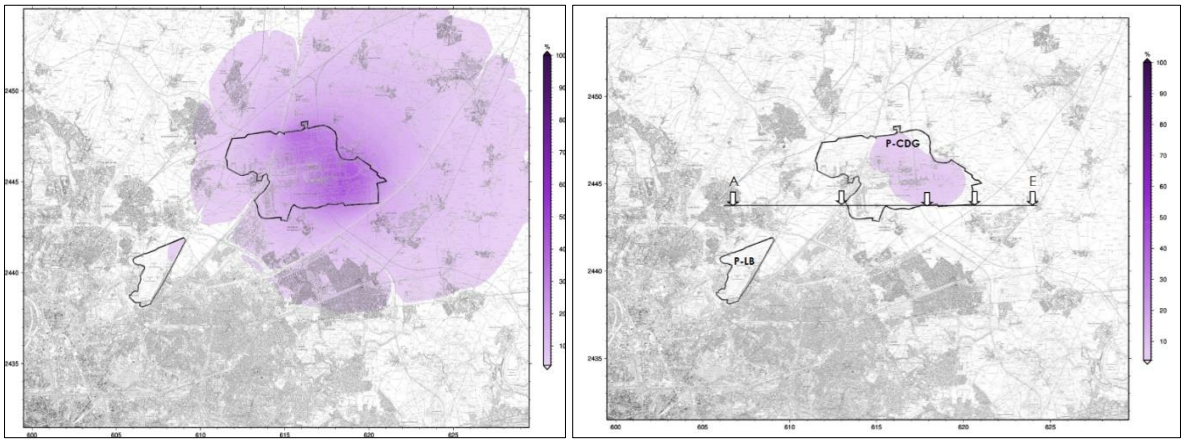


Figure 13 : Contribution (en %) des sources aéroportuaires en oxydes d'azote (à gauche) et en particules primaires PM10 (à droite) sur le domaine Paris – Charles de Gaulle/Paris – Le Bourget pour l'année 2017

[68] Accessible à partir de l'adresse web : http://www.survol.airparif.fr/

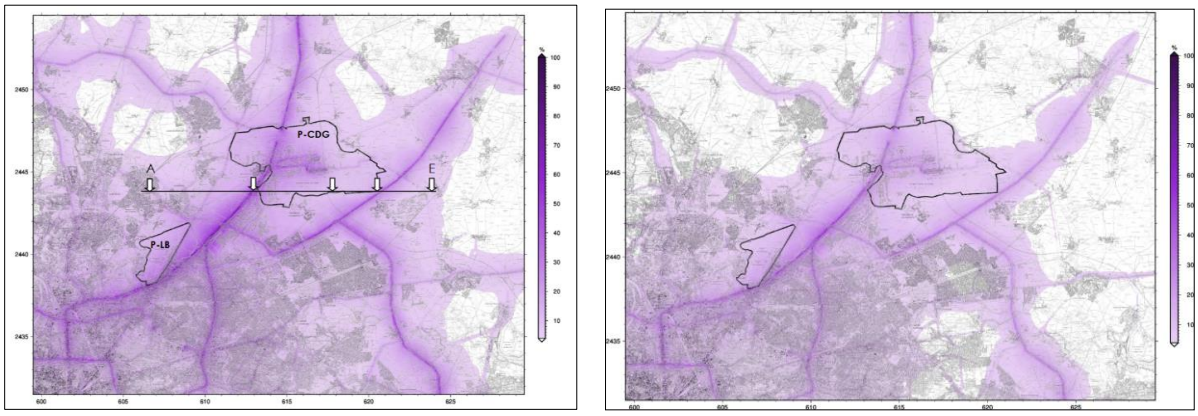


Figure 14 : Contributions (en %) du trafic routier en oxydes d'azote (à gauche) et en particules primaires PM10 (à droite) sur le domaine Paris – Charles-de-Gaulle/Paris – Le Bourget pour l'année 2017

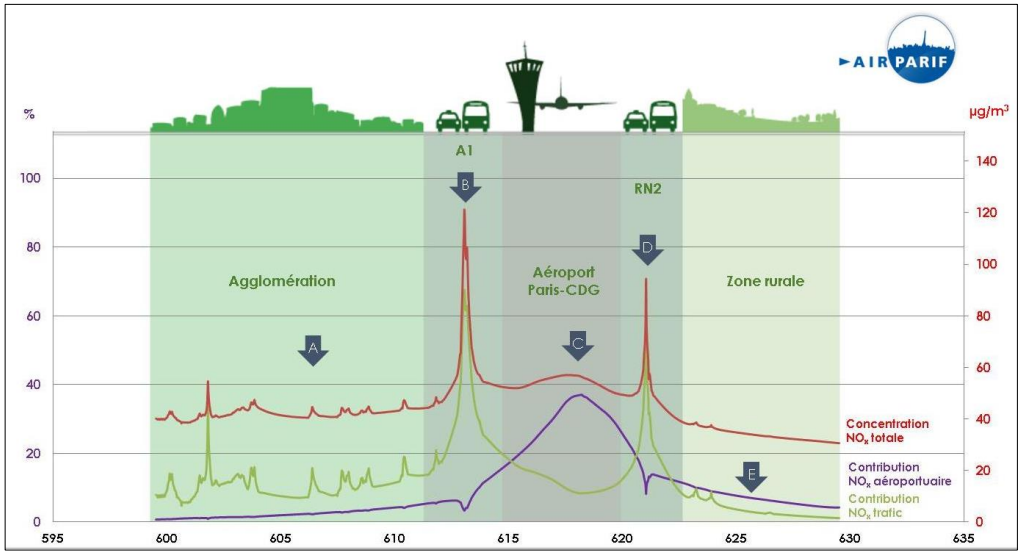


Figure 15 : Coupe des concentrations en oxydes d'azote (NOx) entre la ville de Gonesse (point A) et la commune de Compans (point E). La contribution des activités aéroportuaires et du trafic routier associée aux teneurs en NOx sont représentées

Sur cette coupe longitudinale, la courbe rouge représente la concentration totale d'oxydes d'azote modélisée, la courbe violette représente la part des activités aéroportuaires et la verte celle du trafic routier. Les niveaux de NOx les plus élevés sont relevés en proximité des grands axes routiers (autoroute A1 et route nationale RN2). Les concentrations en proximité de la zone aéroportuaire sont légèrement plus élevées que celles de l'agglomération.

SUR ET AUTOUR DE L'AEROPORT DE TOULOUSE – BLAGNAC

Une étude a été menée par ATMO Occitanie en collaboration avec l'aéroport de Toulouse-Blagnac sur la faisabilité de modéliser la dispersion des polluants émis par les aéronefs avec le modèle de dispersion utilisé par l'AASQA à fine échelle spatiale. Cette étude des performances de l'outil de modélisation a permis de conclure à une reproduction

satisfaisante des niveaux de NO_2 et PM10 dans l'environnement de l'aéroport Toulouse – Blagnac. Le modèle peut donc être utilisé de manière opérationnelle[69].

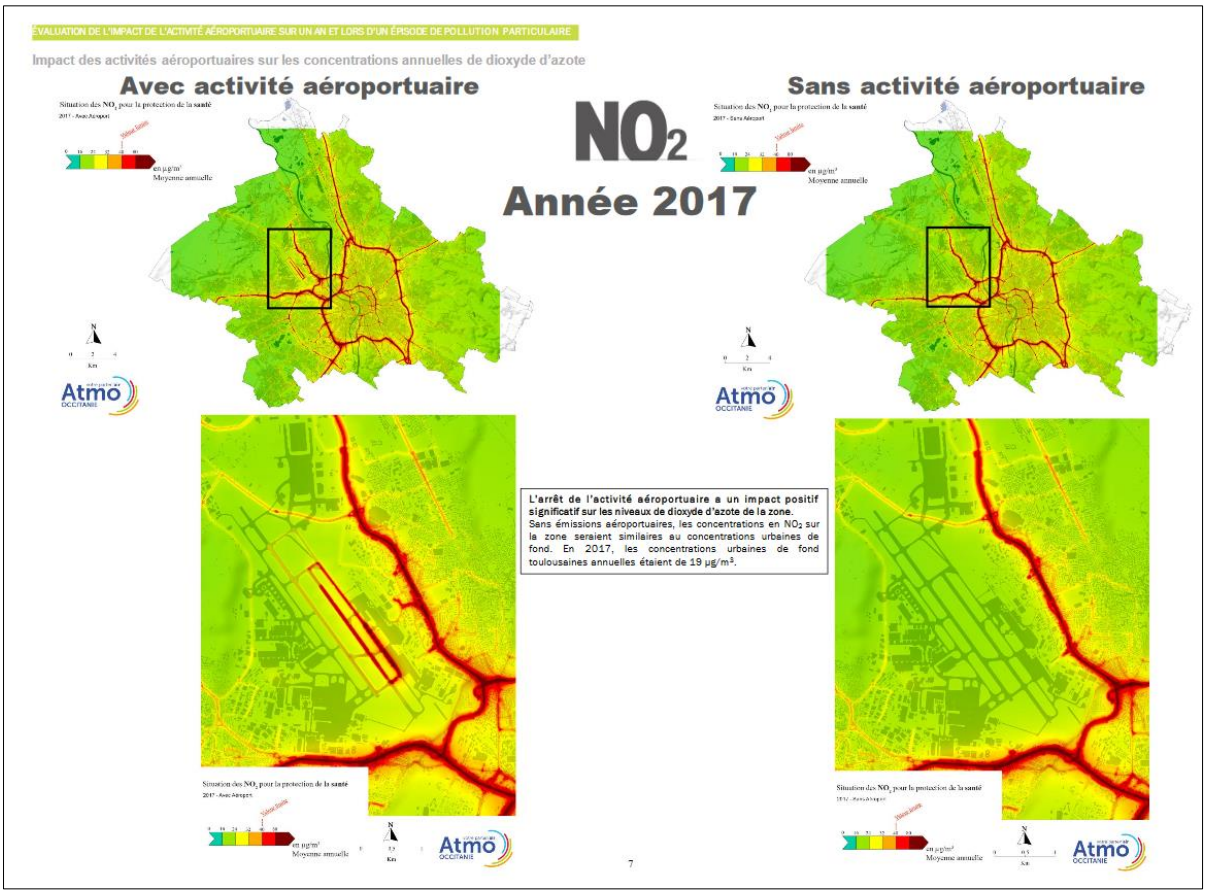


Figure 16 : Répartition du dioxyde d'azote dans l'environnement et aux abords de l'aéroport Toulouse – Blagnac en 2017[69]

A terme, plusieurs applications sont envisagées :

- établir l'impact des émissions de la zone aéroportuaire sur les concentrations mesurées dans l'environnement sur une année et lors d'un épisode de pollution ;
- production de cartographies annuelles de la zone afin d'évaluer l'exposition des populations ;
- évaluation de l'impact lors d'épisodes de pollution ;
- évaluation de l'impact de scénarii prospectifs (hausse du trafic aérien…).

A l'échelle de l'aéroport, la modélisation reste très dépendante des inventaires d'émissions et des facteurs d'émissions utilisés pour ces derniers. Au vu de l'état des lieux qui a été fait, **il a été acté que le groupe de travail ne pouvait qu'encourager des expérimentations spécifiques pour évaluer la fiabilité et améliorer les outils de modélisation puis le cas échéant encourager le déploiement de ces outils.**

[69]https://www.atmo-occitanie.org/sites/default/files/publications/2019-12/ETU-2019-111-Rapport%20annuel%202018%20A%C3%A9roport%20Tlse-Blagnac_VF.pdf

III. INVENTAIRES D'EMISSIONS

A. POURQUOI REALISER UN INVENTAIRE D'EMISSIONS

Les inventaires d'émissions répertorient les sources, la nature et la quantité de substances polluantes atmosphériques et des gaz à effet de serre émise par ces sources. Selon leur représentation géographique, les inventaires d'émissions permettent :

- la vérification des engagements internationaux ;
- l'évaluation des politiques nationales ainsi que leurs déclinaisons locales ;
- l'évaluation de la contribution de chaque source d'émissions,
- l'évaluation de l'impact d'une plateforme ou des effets des plans locaux d'action ;
- l'identification et la mobilisation des gisements de réduction des émissions ;
- la fourniture de données pour les outils de modélisation pour la prévision et le calcul de la qualité de l'air au quotidien ainsi que pour les négociations internationales portant sur ce thème.

Différents types d'inventaires existent :

- inventaires supra-nationaux (EDGAR, EMEP, TNO[70]) ;
- inventaires nationaux réalisés par le Citepa pour le MTES pour le rapportage des émissions dans le cadre des engagements internationaux de la France (CCNUCC, CEE-NU, CE) et des politiques publiques (inventaire au format SECTEN[71], inventaire CEE-NU/NFR[72], inventaire CCNUCC/CRF[73]). Ces inventaires sont réalisés à une fréquence annuelle ;
- Inventaire national EMEP[74] réalisé par le Citepa pour le MTES, avec une résolution spatiale de 0,1°x0,1° lat/long.
- inventaires locaux (inventaires locaux confiés aux AASQA et notamment utilisés pour les PPA, SRADDET[75], ...). Ces inventaires sont réalisés très régulièrement par les AASQA dans le cadre de leurs missions sur l'ensemble de leur territoire de compétence pour toutes les activités y compris aéroportuaires. Les résultats sont mis à disposition des acteurs concernés.

Le programme EMEP encadre à l'échelle européenne, les méthodologies d'inventaire d'émissions[76]. Ses préconisations ont été déclinées à l'échelle française notamment dans le cadre des inventaires d'émissions nationaux réalisés par le Citepa. Le pôle de coordination nationale des inventaires territoriaux (PCIT) a été créé par le MTES pour assurer la cohérence des diverses évaluations territoriales (méthodologies cohérentes avec l'inventaire national) mais également pour s'assurer de la pérennité des données. Parmi ses missions, ce pôle veille à la publication de guides méthodologiques, notamment celui pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre)[77]. Les préconisations de ce guide pour le secteur aérien sont explicitées au paragraphe B.

---

[70] EDGAR : Emissions Database for Global Atmospheric Research https://edgar.jrc.ec.europa.eu/whats_new.php# ; EMEP : European Monitoring and Evaluation Programme https://www.emep.int/; TNO : https://topas.tno.nl/emissions/

[71] https://www.citepa.org/fr/secten/

[72] Rapport inventaire CCE-NU : Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies. https://www.citepa.org/fr/ceenu/

[73] https://www.citepa.org/fr/ccnucc/

[74] Inventaire EMEP, édition 2018. https://www.citepa.org/fr/inventaire-spatialise/

[75] SRADDET : Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires

[76] Guidebook EMEP/EEA 2019. https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019

[77] https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019.pdf

A l'échelle des plateformes aéroportuaires, les inventaires d'émissions vont permettre :

- de caractériser les émissions de polluants sur l'ensemble de la plateforme (quantité, source, type) ;
- d'informer les populations riveraines ;
- d'évaluer les progrès réalisés par la mise en œuvre d'une politique de réduction des émissions ;
- de tester des scenarii de réduction des émissions de polluants ;
- d'élaborer un programme d'actions de réduction de GES et polluants atmosphériques (Article 45 de la LTECV[78]) ;
- d'alimenter les outils de modélisation de la qualité de l'air si besoin ;
- d'aider à l'évaluation et au suivi de plans réglementaires notamment ;
- de répondre à différentes obligations réglementaires (BEGES, GEREP[79]) ou des engagements volontaires (ACA).

Un des objectifs est de concilier les besoins d'exhaustivité (toutes les sources doivent être prises en compte et les émissions renseignées), de pérennité, de fiabilité, de traçabilité, de transparence, de comparabilité, de précision et de cohérence (méthodes identiques et données homogènes au sein de l'inventaire notamment sur une série temporelle). Cette évaluation des sources d'émissions est essentielle pour la mise au point des politiques nationales de réduction des émissions.

Les paragraphes suivants présentent les différentes méthodologies citées lors des travaux du groupe de travail. Le dernier paragraphe expose les recommandations de ce groupe de travail.

B. GUIDE METHODOLOGIQUE POUR L'ELABORATION DES INVENTAIRES TERRITORIAUX DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

1. LES EMISSIONS DES AERONEFS

Le guide PCIT[80], actualisé en 2018, détaille la méthodologie pour les émissions des aéronefs lors du cycle LTO. Trois approches sont ainsi définies pour les émissions liées à la combustion, qui vont dépendre des données disponibles :

- méthode Tier 3 : méthode très détaillée et élaborée. Cette méthode nécessite de connaître les couples avions/moteurs et les émissions liées au cycle LTO sont calculées pour ses différentes phases (avec si possible les valeurs réelles de temps de taxi (roulage) ou à défaut les valeurs OACI, voire des moyennes de temps de taxi réels par aéroport). C'est la méthode mise en œuvre dans l'outil TARMAAC ;
- méthode Tier 1 : méthode simplifiée si les couples avions/moteurs ne sont pas connus. Dans cette approche simplifiée, les données de consommation du guide EMEP/EEA sont utilisées soit pour un avion moyen, soit pour un ensemble de types avions

[78]https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=0563E9E41DDD8CB2AFDC318AA38B56CD.tplgfr37s_2?idArticle=JORFARTI000031044906&cidTexte=JORFTEXT000031044385&dateTexte=29990101&categorieLien=id

[79] Bilan d'Emissions de gaz à effet de serre réglementaire, Déclaration annuelle des rejets de polluants via la plateforme de gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes

[80] Le guide PCIT est disponible à l'adresse suivante : https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019.pdf

fréquemment rencontrés. Les consommations sont ensuite croisées avec les facteurs d'émissions du guide OMINEA[81], ou du guide EMEP/EEA (anciennement guide EMEP/CORINAIR[82]) pour les vols non-commerciaux et les hélicoptères ;

- méthode intermédiaire : s'il n'est pas possible d'obtenir les données trafic aérien par type avion et de moteur, la méthode intermédiaire consiste à utiliser les valeurs d'émissions issues du rapport de la DGAC « Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France[83]» calculées à partir de l'outil TARMAAC[84]. Ce rapport fournit les données pour les 13 principaux aéroports français. Une attention particulière doit être considérée quant aux émissions incluses dans l'outil TARMAAC. En effet, chaque année l'outil évolue et peut prendre en compte des sources supplémentaires. Par exemple, l'outil TARMAAC estime depuis 2019 les émissions des APU et un point de vigilance devra être porté sur ce point afin de ne pas comptabiliser deux fois les émissions des APU.

L'outil TARMAAC dans sa version actuelle (2019) utilise un facteur d'émission de CO_2 de 3,15 tonnes de CO_2/tonne kérosène, qui est aussi celui utilisé dans l'inventaire national. Cette valeur va certainement être mise à jour dans les prochaines versions de TARMAAC et de l'inventaire national (2020) pour se caler sur la valeur OACI[85] de 3,16 tonnes de CO_2/ tonne de kérosène.

La Figure 17 ci-après, extraite du guide PCIT de juin 2018, illustre les principales étapes pour les calculs des émissions des aéronefs suivant les données disponibles.

[81] Le guide OMINEA constitue le document de référence, d'une part, pour la description du système national d'inventaires des émissions atmosphériques et de gaz à effet de serre et, d'autre part, pour les méthodologies utilisées dans les différents inventaires d'émissions CEE-NU/NEC, CCNUCC, GIC, SECTEN

[82] CORINAIR : CORe INventory of AIR Emissions in Europe

[83] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/emissions-gazeuses-liees-au-trafic-aerien

[84] Outil TARMAAC de la DGAC disponible ici : http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Emissions_gazeusesVF.pdf

[85] Methodology to the ICAO Carbon Emissions Calculator : https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Documents/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Calculator_v10-2017.pdf

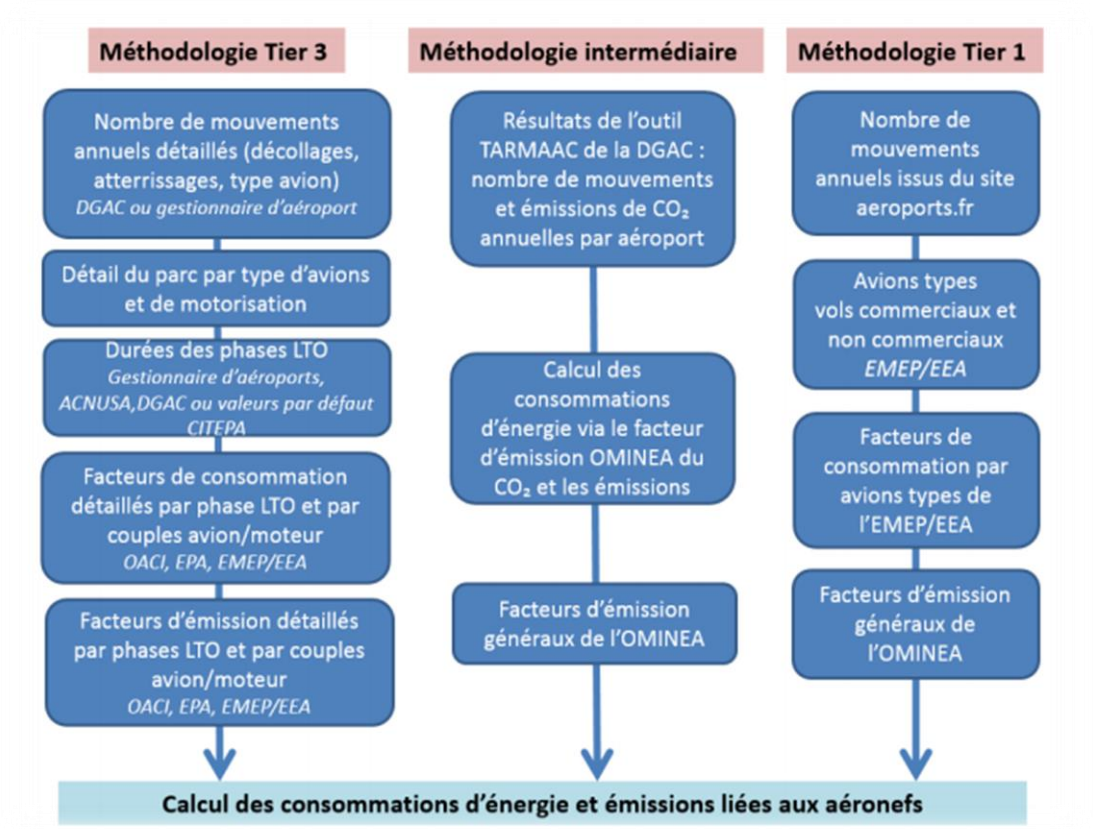


Figure 17 : Principales étapes de calcul des émissions liées aux avions (source : guide PCIT –juin 2018)

Concernant les particules fines émises et en l'absence de données certifiées « OACI », les facteurs d'émissions sont ceux reportés dans le guide OMINEA de l'inventaire national[86]. Ces valeurs prennent en compte aussi bien les particules émises par combustion que celles liées aux phénomènes d'abrasion. Pour l'abrasion, le facteur d'émissions représente une pondération des trois sources d'abrasion recensées (pneus, freins et pistes) et sont donnés par cycle LTO indépendamment du type avion considéré. Ils sont à manipuler avec précaution car ils sont issus de travaux anciens[87] non remis à jour depuis.

Le manuel Qualité de l'air (doc 9889) de l'OACI est en cours de révision notamment concernant la méthodologie pour estimer les émissions de nvPM. La méthode FOA3.0 va être remplacée par la FOA4.0 qui permettra d'estimer les émissions de nvPM en masse et en nombre, et cela à partir du smoke number. En effet, en 2019, les moteurs en production ont été testés pour la certification des nvPM et des corrélations nvPM et smoke number sont établies pour les moteurs en service. A partir de 2020, la base de données présentant les indices d'émissions des nvPM en nombre et en masse sera disponible pour l'ensemble des moteurs en production. Cette base de données permettra une estimation plus fiable des émissions de particules ultrafines non volatiles.

[86] http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea
[87] « Mesures pour la réduction des émissions de PM10. Document environnement n°136, juin 2001 » OFEFP

Dans le cadre du rapportage des émissions du transport aérien à l'échelle nationale (cf. rapport Secten présentant et analysant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques en France métropolitaine), les périmètres des sources prises en compte sont définis par les règles de rapportage internationales. Les spécifications diffèrent entre les inventaires au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) pour les GES et ceux au titre de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU) et de la Commission européenne dans le cadre respectivement du Protocole de Göteborg amendé et de la directive NEC (National Emission Ceilings). Ces différences sont présentées dans le tableau ci-après. Par définition, le trafic domestique correspond à la liaison entre deux aérodromes français. Par ailleurs, pour les trafics entre la Métropole et l'Outre-mer, les émissions sont imputées pour moitié à chacune des deux entités.

Tableau 10 : Comptabilisation des émissions du trafic aérien au titre de la CCNUCC et CCE-NU/CE (Source : Citepa)

Spécifications pour l'aviation	
CCNUCC (gaz à effet de serre)	CCE-NU/CE (polluants atmosphériques)
Inclus dans le total national	
Tout le trafic aérien domestique	Le trafic aérien domestique et international < à 1000 m
Rapporté hors total national	
Tout le trafic aérien international	Le trafic aérien domestique et international supérieur ou égal à 1 000 m

2. LES EMISSIONS AU SOL

Le « guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs » de la DGAC/Citepa propose un calcul des émissions au sol [88]. Dans ce guide, la liste des sources émettrices est relativement exhaustive. Son application complète nécessite d'établir un inventaire détaillé des activités, ce qui n'est généralement pas possible au regard des données disponibles. En conséquence, le guide PCIT de juin 2018 propose une liste réduite de sources émettrices qui sont les suivantes :

- APU ;
- trafic routier sur la plateforme aéroportuaire : véhicules légers et transport de passagers en zone réservée si données disponibles ;
- engins de piste (exemple : GPU, tracteurs pousseurs pour les avions). Un ensemble de facteurs d'émission est disponible pour les années 2003 et 2013 par type d'engin de piste dans le rapport de l'aéroport de Zurich. Ces facteurs, combinés à la connaissance de la flotte d'engins peuvent permettre d'estimer les émissions associées. A titre d'exemple, les émissions de NOx de ces engins représentent environ 5 % des émissions de l'aéroport de Zurich[89] en 2013
- centrales thermiques ;

[88] Dernière version : mars 2013 ; http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_CITEPA_2013.pdf
[89] L'étude sur l'aéroport de Zurich « *Aircraft APU emissions at Zurich Airport* » (2005) est disponible ici : http://www.flughafen-zuerich.ch/~/media/FlughafenZH/Dokumente/Das_Unternehmen/Laerm_Politik_und_Umwelt/Luft/2005_ZRH_APU-EmisCalcMeth.pdf

- stockage et distribution de carburant ;
- atelier de maintenance (COV).

Les émissions des engins d'entretien des espaces verts (tondeuses notamment) ainsi que les travaux (notamment la rénovation des pistes) peuvent également être recensées.
Concernant les émissions des APU, il existe un guide spécifique : « guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère des APU »[90].
La méthodologie par défaut mise en place par l'OACI et reprise dans ce guide distingue deux catégories d'avions :

- les court- et moyen-courriers ;
- les long-courriers[91].

Pour chacune de ces deux catégories d'avions, les durées moyennes d'utilisation de l'APU au sol et les facteurs d'émissions pour le CO_2, les NOx, les HC (assimilés aux COVNM), CO et PM10 sont communiqués (voir Tableau 11 ci-dessous).

Tableau 11 : durée d'utilisation et facteurs d'émissions pour les APU des court/moyen-courrier et long courrier (source : Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère des APU, Citepa, 2007)

Type d'avion	Court/moyen courrier	Long courrier
Durée d'utilisation de l'APU	45 min	75 min
Consommation de carburant	80 kg	300 kg
Emissions de CO_2	252 kg	945 kg
Emissions NO_x	700 g	2 400 g
Emissions de HC assimilés aux COVNM	30 g	160 g
Emissions CO	310 g	210 g
Emissions PM10	25 g	40 g

Le groupe de travail s'est interrogé sur le facteur d'émissions CO qui est plus élevé pour les court- et moyen-courriers que pour les long-courriers. Il s'avère que les valeurs des facteurs d'émissions des APU du guide OACI sont le résultat d'une seule étude réalisée sur l'aéroport d'Heathrow. Bien que semblant peu consolidés, les résultats pour le CO ont été conservés à défaut d'autres données disponibles à ce jour. Cela démontre la nécessité de conduire des études pour améliorer les connaissances.

Ce tableau présente des durées d'utilisation pour les courts/moyen-courriers et les longs courriers. Comme le montrent les données présentées en partie I.B.2.b), ces temps d'utilisation sont surestimés sur les grandes plateformes françaises pour les courts et moyens courriers qui sont de l'ordre de 25 minutes au lieu des 45 minutes.

L'étude sur l'aéroport de Zurich a également proposé une méthodologie pour calculer les émissions des APU avec notamment des facteurs d'émissions pour 8 types d'APU.

[90] http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_CITEPA_%2520APU_180707.pdf
[91] Sont considérés comme long-courriers les appareils des types suivants : B747, B767, B777, DC10, MD11, A300, A310, A330, A340 et A380.

La quantification des émissions au sol (engins de piste, APU…) reste difficile car il existe peu d'informations sur le nombre d'engins de piste et leurs émissions. Actuellement, si les données de l'année N ne sont pas disponibles, il y a un ajustement en fonction de l'évolution du nombre de mouvements entre l'année N et la dernière année où les informations étaient disponibles.
Des données « globalisées » ou même très approximatives ou estimées sont parfois utilisées. Si tel est le cas, le niveau d'incertitudes de ces données doit être précisé.

***Proposition n°7 relative au temps d'utilisation des APU** (cf. partie I.B.2.b): Le groupe de travail propose, dans le cadre des inventaires d'émissions, de prendre en compte un temps moyen d'utilisation de l'APU lors d'une escale de 25 minutes pour les court- et moyen- courriers plus réaliste que les temps préconisés par l'OACI et cela à défaut d'avoir les temps d'utilisation réels de la plateforme.*

***Proposition n°8 destinée aux constructeurs d'APU et relative à leurs facteurs d'émissions** : Le groupe de travail propose de mener des études afin de disposer de facteurs d'émissions pour APU « validés » voire « certifiés » car actuellement ces derniers sont donnés par les constructeurs d'APU ou issus d'une seule étude.*

C. PLATEFORME DE CALCUL TARMAAC

Le calculateur TARMAAC (Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile) est un outil développé par la DGAC en coopération avec le Citepa.
Il est utilisé pour établir l'inventaire des émissions du trafic aérien de la France dans le cadre des engagements pris lors du protocole de Kyoto (GES) et le bilan des émissions gazeuses liées au trafic aérien :
http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Emissions_gazeusesVF.pdf.

Il alimente également Ecocal, l'outil en ligne de la DGAC pour le calcul des émissions de CO_2 et gaz à effet de serre, avec lequel tout citoyen peut connaître les émissions par passager équivalent liées à son vol pour les principales lignes aériennes commerciales en France : https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/ .

TARMAAC évalue en outre les émissions de polluants : oxydes d'azote (NO_x), particules (TSP), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), méthane (CH_4), dioxyde de soufre (SO_2), monoxyde de carbone (CO), protoxyde d'azote (N_2O).

TARMAAC s'appuie sur des méthodes internationales utilisées pour les inventaires d'émissions[92], sur le « Manuel qualité de l'air » et la base des émissions moteur de l'OACI et sur des données de trafic réelles allant jusqu'au vol à vol (type avion, origine destination, motorisation, chargement en passager, fret et poste, temps de roulage, etc…).

L'outil évolue en continu et il est maintenu par les services de la DGAC. Ainsi, en 2018, la contribution du roulage a été identifiée dans les émissions du cycle LTO et la méthodologie de calcul en masse des particules a été adaptée (méthode FOA3).

[92] MEET – Methodologies for estimating emissions from air traffic, Kalivoda M.T. & M. Kudma (1997), EMEP – EMEP/EEA air polluant emission inventory guidebook (2016)

CALCULS DES EMISSIONS DES AERONEFS PAR TARMAAC ET PAR LES AASQA

Lors de la publication du premier guide, il était indiqué (p28) : « *une comparaison des méthodologies de calculs d'émissions (avions) va être initiée entre AASQA et DGAC afin d'identifier les raisons de ces écarts dans le cadre des travaux de mise à jour du guide PCIT* ». Ce travail entre la DGAC, Airparif au titre d'ATMO France et le laboratoire d'ADP a été mené sur les données 2015. Ce travail va être poursuivi sur les données 2017 entre les trois entités. Les principales différences s'expliquent par la prise en compte dans TARMAAC du couple cellule /moteur réel (informations disponibles grâce aux immatriculations) et par le laboratoire d'Aéroports de Paris tandis qu'Airparif, n'ayant pas ces informations, utilise, en fonction du type avion, les moteurs les plus fréquemment utilisés. Dans certains cas, on peut noter des écarts entre les facteurs d'émissions allant de 1 à 10 entre 2 moteurs pour le même type avion. Ce dernier point explique notamment les différences observées concernant les émissions des COVNM. Toutefois, les ordres de grandeurs des résultats sont les mêmes.

D. Etude « Estimation des emissions de polluants et de gaz a effet de serre sur les plateformes aeroportuaires », janvier 2020

L'ACNUSA a fait réaliser une étude afin d'identifier les différentes demandes, recommandations ou engagements applicables aux plateformes aéroportuaires sur la thématique des inventaires et bilans d'émissions mais également de confronter les périmètres et méthodologies d'estimations des émissions de chacune des références. L'objectif de cette étude était de comprendre ce qui est demandé dans chaque cadre afin d'être en mesure de réduire au maximum la charge qui pèse sur les gestionnaires en optimisant la collecte des données pour répondre aux différentes demandes. En effet, au sein d'une même entité, différents services peuvent avoir, indépendamment, la charge de la collecte des données. Toutefois, sans système de centralisation et d'échange de données, cela résulte en une multitude de demandes et de possibles calculs redondants pouvant engendrer une perte de temps, des erreurs ou incohérences entre deux rapportages distincts. Cet état des lieux des dispositifs permet d'orienter les méthodes de remontées d'informations et souligne l'intérêt de la mise en place d'une base commune de collecte de données applicables à tous ces dispositifs. Il serait donc possible de construire des inventaires et bilans permettant de répondre à toutes les demandes. La collecte d'information en serait donc simplifiée et l'étude des émissions de polluants n'en serait que plus efficace. Cette étude est disponible sur le site internet de l'Autorité.

***Proposition n°9 relative à la base de données des émissions:** Chaque gestionnaire d'aéroport se chargera de recueillir l'ensemble des données nécessaires à l'inventaire d'émissions en mettant en place un système organisationnel adapté.*

E. Programme Airport Carbon Accreditation

Le programme Airport Carbon Accreditation (ACA) porté par l'Airports Council International Europe (ACI Europe) est un programme d'engagement volontaire de réduction des émissions de CO_2 du secteur aéroportuaire reconnu internationalement. Il est fondé sur le « Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) » et développe une méthode de calcul des émissions adaptée aux activités aéroportuaires.

Le programme permet de guider les aéroports et les acteurs de la plateforme aéroportuaire pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES). Il intéresse tous les aéroports

quelle que soit leur taille et leur activité (le programme s'adresse aussi aux aéroports spécialisés dans le fret ou l'aviation générale et d'affaires). Il atteste des efforts fournis par une certification annuelle réalisée par un organisme indépendant qui permet d'évaluer et de reconnaître l'engagement des aéroports en matière de maîtrise et de réduction de leurs émissions de CO_2 à travers 4 niveaux de certification :

- niveau 1 : cartographier les émissions ;
- niveau 2 : gérer et réduire les émissions ;
- niveau 3 : optimiser les gains par l'inclusion des autres acteurs ;
- niveau 3+ : atteindre la neutralité carbone par la compensation des émissions résiduelles (cf plus de détails en annexe 9).

Les niveaux 1 et 2 concernent les activités directes du gestionnaire d'aéroport. A partir du niveau 3, le gestionnaire doit également impliquer les tiers pour évaluer les émissions indirectes dont celles des compagnies aériennes relatives au cycle LTO et à l'utilisation de l'APU…

Au 1er janvier 2020, plus de 300 aéroports étaient certifiés dans le monde, dont 150 en Europe et 41 en France, ce qui représente plus de 44% du trafic passager mondial, 65% du trafic passager européen et près de 85% en France. Parmi ces plateformes, 61 ont atteint la neutralité carbone (niveau 3+), dont, pour la France les aéroports de la Côte d'Azur (Nice, Cannes et Saint-Tropez) et celui de Lyon (pour en savoir plus : https://www.airportcarbonaccreditation.org/airport.html).

UN PROGRAMME EN COURS DE RENFORCEMENT

Afin de se conformer à la nécessaire décarbonisation des transports, requise à l'horizon 2050 par les engagements européens pour une économie neutre en carbone à cette échéance, les aéroports européens se sont engagés, le 26 juin 2019 lors du congrès annuel de l'ACI EUROPE, à ramener d'ici à 2050 leurs émissions de carbone au niveau zéro (« *net zero carbon emissions* »). L'engagement des aéroports vaut pour les émissions produites dans le cadre des opérations d'exploitation aéroportuaire (côté piste et côté terminal). L'engagement des aéroports à réduire leurs émissions de CO_2 au niveau zéro carbone s'entend sans compensation des émissions résiduelles mais, si nécessaire, en recourant aux technologies de captation et de stockage des émissions résiduelles de CO_2 (« *carbon removal and storage* »).

Afin de se mettre en cohérence avec ces nouveaux engagements, l'ACI EUROPE et les instances de gouvernance du programme ACA devraient prochainement apporter de profondes modifications au programme ACA, avec notamment la création d'un ou plusieurs niveaux de certification visant au dépassement du niveau 3+ actuel reposant in fine sur le processus controversé de compensation des émissions résiduelles de carbone ainsi que par la référence à des objectifs de réduction en valeurs absolues et non plus relatives comme pour les niveaux d'accréditation inférieurs.

F. PROPOSITIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

Une base commune « a minima » applicable à tous les aéroports a été définie. Ainsi, pour les aéroports qui le veulent, l'inventaire d'émissions pourra être complété ou réalisé à des fréquences plus rapprochées.

1. POLLUANTS

<u>Proposition n°10 relative aux polluants à inventorier</u> : Les polluants à considérer dans les inventaires d'émissions des aéroports sont les suivants :

- *NOx*
- *PM10*
- *PM2,5*
- *COV*
- *SO_2*

Les aéroports le souhaitant pourront également élargir cette liste sur la base du guide PCIT, notamment pour les polluants comme le CO ou les métaux lourds. Cette liste pourra également être élargie aux polluants émergeants tels que les particules ultrafines, le carbone suie et le 1,3 butadiène dès lors que les facteurs d'émissions sont consolidés et disponibles.

2. SOURCES A PRENDRE EN COMPTE

Une liste des sources d'émissions à prendre en compte dans le cadre de la réalisation des inventaires d'émissions a été dressée, ainsi que les polluants principaux associés.

<u>Proposition n°11 relative aux sources d'émissions à inventorier :</u> Pour chacune des sources, les émissions de PM10, PM2.5, NOx, COV et SO_2 seront calculées :

- *avion ;*
- *APU ;*
- *véhicules et engins de piste ;*
- *trafic routier ;*
- *centrales de production d'énergie.*

Concernant les deux sources suivantes, seules les émissions de COV seront calculées :

- *stockage et distribution de carburant ;*
- *ateliers de maintenance.*

Pour la source « trafic routier », le périmètre de comptabilisation des émissions reste un point délicat : sur combien de km affecte-t-on le nombre de véhicules présents sur la plateforme ? En Ile-de-France, la zone est suffisamment grande et documentée (comptages) pour que l'on puisse estimer la circulation routière sur la plateforme. Pour les autres plateformes, doivent être, a minima, pris en compte, dans les inventaires d'émissions, les véhicules fréquentant les parkings extérieurs et considérés comme source émettant des polluants atmosphériques. La part des émissions liées au trafic routier arrivant ou repartant de la plateforme, indicateur pertinent pour inciter le développement ou l'utilisation des transports en commun, devra également être évaluée dans la mesure du possible.

<u>Proposition n°12 relative à la connaissance des émissions du trafic routier induit</u> : les connaissances sur le trafic routier induit par la plateforme doivent être améliorées. Cela pourra être réalisé grâce à la réalisation d'enquêtes « origine ou destination » des passagers, des salariés et leur moyen de transport. La même démarche est recommandée pour le fret.

3. METHODOLOGIE

La méthodologie de calcul d'émissions a été discutée et plus particulièrement le point sur les facteurs d'émissions. **Il ressort que les facteurs d'émissions qui doivent être utilisés sont ceux explicités dans le guide PCIT du MTES le plus récent. Ce document devra servir de référence pour la réalisation des inventaires d'émissions.** A noter que la provenance des données devra être explicitée.

Pour le calcul des émissions, les institutionnels (DGAC, AASQA, etc.) fourniront aux gestionnaires d'aéroports les données exportables en leur possession.

4. FREQUENCE DE REALISATION

Proposition n°13 relative à la fréquence des inventaires d'émissions : ***Un inventaire d'émissions complet sera réalisé tous les 2 ans et les émissions liées aux avions seront quant à elles calculées tous les ans. La fréquence d'un inventaire d'émissions complet pourra être réduite en justifiant qu'aucun changement notable n'a eu lieu sur la plateforme concernée, mais sans être inférieure à un inventaire tous les 5 ans.***

Cette fréquence bisannuelle n'a pas fait l'objet d'un consensus au sein du groupe de travail. En effet, l'Union des Aéroports Français et Francophones associés souhaite le maintien d'une fréquence quinquennale pour les raisons principales suivantes :

- *la source majeure d'émissions sur les plateformes aéroportuaires est la « source avions » dont les émissions sont calculées annuellement par la DGAC ;*
- *les difficultés pour recueillir les données nécessaires à la réalisation de ces inventaires (moyens humains limités, difficulté d'obtenir des données possédées par des tiers, etc.).*

5. PROCEDURE

Chaque gestionnaire d'aéroport se chargera, seul ou avec son conseil de type AASQA par exemple, de recueillir l'ensemble des données nécessaires à l'inventaire d'émissions et de calculer les émissions. Ces résultats permettront aussi d'évaluer la part des différentes sources pour chaque polluant et ainsi d'orienter les politiques de gestion. Le rapport d'étude sera adressé pour information et observations éventuelles à l'ACNUSA.

IV. INDICATEURS DE SUIVI

Dans la logique de la mise en place d'une stratégie de surveillance de l'impact direct des activités aéroportuaires sur la qualité de l'air, il est nécessaire de définir des indicateurs représentatifs des activités, de leur impact sur la qualité de l'air et de leur évolution sous l'effet de réglementations ou de décisions volontaires de gestion.

Ces indicateurs doivent fournir une information sure :

- les pressions exercées par les activités sur l'environnement : recensement et qualification des activités émettrices, quantification des émissions de polluants atmosphériques issus de ces activités, analyse de leur évolution… ;
- les impacts directs : concentrations atmosphériques des polluants réglementés sur la plate-forme, contribution de ces concentrations à la qualité de l'air régional (dioxyde d'azote, particules, …) ;
- l'effet des politiques de gestion : par la mesure de l'évolution des indicateurs de pression et d'impact dans le temps.

Les indicateurs doivent être intelligibles pour le décideur comme pour le grand public. Ils doivent également être évaluables avec une fréquence de mise à jour pertinente sans engendrer de contraintes opérationnelles ou de coûts trop importants. En particulier cela suppose que les données et outils (données d'observation, comptages, résultats de simulation, enquêtes …) essentiels à leur élaboration soient disponibles à un coût raisonnable.

Dans cette optique, un certain nombre d'indicateurs ont été identifiés et validés par le groupe de travail.

A. INDICATEURS DE PRESSION

Les premiers indicateurs vont être représentatifs des pressions sur l'environnement exercées par les activités aéroportuaires. Leur liste et leur fréquence de suivi, tels que proposées par le groupe de travail, sont présentées dans le Tableau 12 ci-dessous.

Tableau 12 : Indicateurs de pression et leur fréquence de suivi

Indicateurs de pression		Fréquence
Nombre de mouvements sur la plateforme		annuelle
Nombre de passagers		annuelle
Avions	Temps de roulage	Fréquence de réalisation de l'inventaire d'émissions
	Durée d'utilisation moyenne des APU sur la plateforme	5 ans a minima
	Emissions « avions » NOx	annuelle
	Emissions « avions » PM10 et PM2.5	annuelle
	Emissions « avions » COV/HC	annuelle
	Emissions « APU » NOx, PM10 et COV	Fréquence de réalisation de l'inventaire d'émissions
Accessibilité	Emissions NOx, PM10, PM2.5 et COV (trafic passagers, salariés, fret et poste)	Fréquence de réalisation de l'inventaire d'émissions
	Part des passagers utilisant les transports en commun pour accéder/repartir de la plateforme	
Engins de piste et véhicules captifs coté pistes	Composition des parcs de véhicules et engins de piste sur la plateforme (âge; carburant, etc.)	Fréquence de réalisation de l'inventaire d'émissions
	Emissions NOx, PM10, PM2.5 et COV	
Centrales de production d'énergie (électrique et thermique)	Emissions NOx, PM10, PM2.5 et COV	Fréquence de réalisation de l'inventaire d'émissions
Stockage & distribution de carburant	Emissions COV	Fréquence de réalisation de l'inventaire d'émissions

Concernant les émissions liées au trafic routier, le groupe de travail n'a ni défini ni statué sur la taille du périmètre autour de l'aéroport à prendre en compte. Ce dernier devra être défini au cas par cas et en fonction des données disponibles dans un premier temps (voir partie III.F.2).

Il s'est révélé indispensable de compléter cette liste d'indicateurs par trois éléments supplémentaires :

- le possesseur de la donnée de base ;
- la faisabilité pour récolter cette donnée ;
- l'incertitude liée au calcul de cet indicateur.

Cette liste complétée est présentée en Annexe 8.

Concernant la durée d'utilisation de l'APU, qui s'avère des plus difficiles à quantifier, il a été proposé qu'à défaut d'étude précise réalisée sur site et :

- si la plateforme a équipé l'intégralité de ses postes « avion » en 400 Hz, elle peut définir un temps d'utilisation de l'APU pour les court- et moyen-courriers de 25 minutes (cf. partie I.B.2.b) ;
- si la plateforme n'est pas équipée, mais qu'elle a fait l'objet d'un arrêté de restriction d'utilisation de l'APU, elle peut utiliser ces restrictions pour définir le temps d'utilisation de l'APU.

Dans les autres circonstances, les temps d'utilisation d'APU seront ceux recommandés par l'OACI[93] (45 min pour les court- et moyen-courriers et 75 min pour les longs courriers).
Dans tous les cas, les hypothèses de calcul devront être clairement exposées.

B. INDICATEURS D'IMPACT DIRECT

La deuxième série d'indicateurs concerne les impacts directs que peuvent engendrer les activités aéroportuaires sur l'environnement. Leur liste et leur fréquence de suivi sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Indicateurs d'impact et leur fréquence de suivi

Indicateurs d'impact	Fréquence
Concentrations de polluants dans l'air ambiant et leur situation vis-à-vis des seuils et valeurs réglementaires : ✓ **PM10** ✓ **PM2,5** ✓ **NOx**	1 an si station fixe ou 5 ans a minima par campagne de mesure

Ces indicateurs seront évalués sur les zones de présence de population résidente ou dans des zones présentant les plus fortes concentrations (à intérieur de la plateforme, par exemple).

Comme pour les indicateurs de pression, il s'est révélé nécessaire de compléter cette liste en identifiant le possesseur de la donnée de base, la faisabilité et l'incertitude liée au calcul. Ce travail est présenté en Annexe 8.

C. INDICATEURS DES EFFETS DES POLITIQUES DE GESTION

La dernière série d'indicateurs concerne l'évaluation des politiques de gestion environnementale. La liste des indicateurs et leur fréquence de suivi sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Indicateurs des effets de politique de gestion et leur fréquence de suivi

Indicateurs des effets de politique de gestion		Fréquence
Avions	Taux d'équipement en 400Hz/PCA	annuelle
	Taux d'utilisation de 400Hz/PCA	annuelle
Trafic routier	% des salariés adhérant aux plans de mobilité[94]	annuelle

[93] Airport Air Quality Manual - doc 9889, International Civil Aviation Organization
[94] https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/optimiser-mobilite-salaries/dossier/plan-mobilite/plan-mobilite-quest-cest

A ces indicateurs, pourront être ajoutés des indicateurs pertinents à l'initiative des gestionnaires et répondant à l'évaluation des politiques de gestion mises en place sur la plateforme aéroportuaire, tels que :

- nombre d'entreprises adhérant aux plans de mobilité … ;
- co-voiturage ;
- codes de bonne conduite ;
- roulage « vert » (taxibot, EGTS - Electric Green Taxiing System, …);
- aménagement pour faciliter le déplacement à vélo ;
- indicateurs d'économie d'énergie ;
- nombre de bornes électriques en zone réservée et en zone publique pour le rechargement des engins et véhicules de l'aéroport, des personnels de celui-ci et des entreprises qui y travaillent, des passagers ….

En Annexe 8 est reporté, comme pour les indicateurs de pression et d'impact, le possesseur de la donnée de base, leur faisabilité et leur incertitude.

Proposition n°14 relative à la transparence de l'information : Dans un souci de transparence et d'information, il est important que ces indicateurs d'évaluation d'impact environnemental soient présentés au grand public (cf. partie V). De plus, ces indicateurs devront être également transmis à l'ACNUSA dans le cadre de ses missions de contrôle mais aussi afin de lui permettre d'assurer son devoir d'information et de transparence vis-à-vis des collectivités et des populations impactées.

V. INFORMATION DU PUBLIC

L'absence d'une information robuste et facilement accessible au public laisse le champ libre à toutes les extrapolations sur la contribution d'un aéroport sur la qualité de l'air dans la zone où il est implanté. C'est la raison pour laquelle il est indispensable que la transparence soit faite sur les données et les activités de la plateforme et que ces éléments soient communiqués sans barrières. De plus, on constate ces dernières années une évolution de la demande sociétale relative aux problématiques de la qualité de l'air. Afin d'anticiper cette demande grandissante, il paraît incontournable de développer l'information sur ces problématiques. En particulier, **la riveraineté des aéroports et les associations environnementalistes expriment le besoin d'un partage des données mais aussi d'être associées aux différentes démarches et actions menées par les professionnels du transport aérien**.

C'est pourquoi l'information (enjeux liés à la qualité de l'air, rapports d'études, indicateurs…) doit être disponible et publique. L'aéroport pourra présenter cette information sur son site Internet ou faire un renvoi sur celui de l'AASQA locale. L'ACNUSA pourra aussi relayer ces informations sur son propre site.

Une liste des informations à retrouver a minima sur les sites internet des gestionnaires d'aéroports (ou par un renvoi sur le site internet de l'AASQA) a été validée par le groupe de travail et est listée ci-dessous :

- émissions de polluants de la plateforme avec les émissions détaillées par source (aéronefs, engins de pistes…) ;
- indicateurs relatifs à la contribution de la plateforme aux émissions de polluants de la région (NOx, PM10 et PM2,5, COV…). L'aéroport pourra se rapprocher de l'AASQA locale pour l'obtention de ces données ;
- concentrations de polluants sur et autour des aéroports :
  - pour les plateformes faisant l'objet d'une surveillance automatique et permanente : diffusion et mise en ligne régulière des données et au minimum un bilan annuel détaillé et commenté dans les six mois suivant l'exercice considéré et les informations sur les potentiels dépassements des valeurs limites de concentrations ;
  - pour ceux qui n'ont pas de station de mesure permanente : analyses issues des travaux de l'AASQA obtenus soit par campagne (Les derniers rapports de surveillance (fixe ou par campagne)) soit par modélisation (bilans annuels) ;
  - travaux de modélisation le cas échéant ;
  - lien internet vers le site de l'AASQA en charge de la surveillance dans la région.
- actions de maîtrise des émissions et des impacts mises en œuvre ;
- autres indicateurs spécifiques à la plateforme considérée (cf. partie IV).

Le tableau suivant présente le délai d'application pour la mise à disposition de ces informations ainsi que la fréquence d'actualisation de ces informations.

Tableau 15 : Informations à mettre à disposition du grand public, délai de mise à disposition et fréquence d'actualisation

Information	Délai d'application	Fréquence
- Emissions de polluants de la plateforme avec les émissions détaillées par source - Indicateurs relatifs à la contribution de la plateforme aux émissions de polluants de la région - Indicateurs spécifiques à la plateforme	Immédiat si disponible ou à partir de [Janvier 2021]	Tous les *[5 ans a minima]*-[2ans] 2 ans pour les émissions de polluants
- Concentrations mesurées sur et autour de la plateforme – mesures en continu	Immédiat	Information au jour le jour sur le site de l'aéroport ou renvoi vers le site de l'AASQA
- Concentrations mesurées sur et autour de la plateforme – mesures ponctuelles (campagnes de mesure)	Les dernières campagnes de mesures	Tous les 5 ans
- Actions de maîtrise des émissions et des impacts	Immédiat	Annuelle

VI. PERSPECTIVES POUR DIMINUER L'IMPACT DES ACTIVITES AEROPORTUAIRES

A. EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

1. LES TECHNOLOGIES FUTURES POUR LES MOTEURS A FAIBLES NIVEAUX D'EMISSIONS

Les émissions des aéronefs sont les produits de la combustion dans les moteurs et vont dépendre d'un grand nombre de paramètres (tels que la masse transportée, les performances de l'avion, du moteur, le carburant utilisé…). Les facteurs d'émissions pour les NO_x, CO, PM et HC dépendent de la technologie de combustion propre à chaque moteur et à chaque régime moteur.

Un moteur aéronautique doit satisfaire un cahier des charges complexe. En termes de fiabilité, il doit présenter des limites d'extinctions correctes et la possibilité de se rallumer en altitude en cas d'urgence. C'est autant de paramètres à respecter tout en limitant l'émission des polluants. Le principal défi d'un moteur aéronautique réside dans sa large plage d'utilisation. Au décollage, c'est-à-dire à pleine puissance, les températures rencontrées dans la chambre sont les plus élevées ce qui favorise la production de NO thermiques. En croisière, les émissions de NO_x sont plus faibles en dépit de la température encore relativement élevée dans la chambre de combustion. Tandis qu'au ralenti se sont les HC et CO qui sont émis.

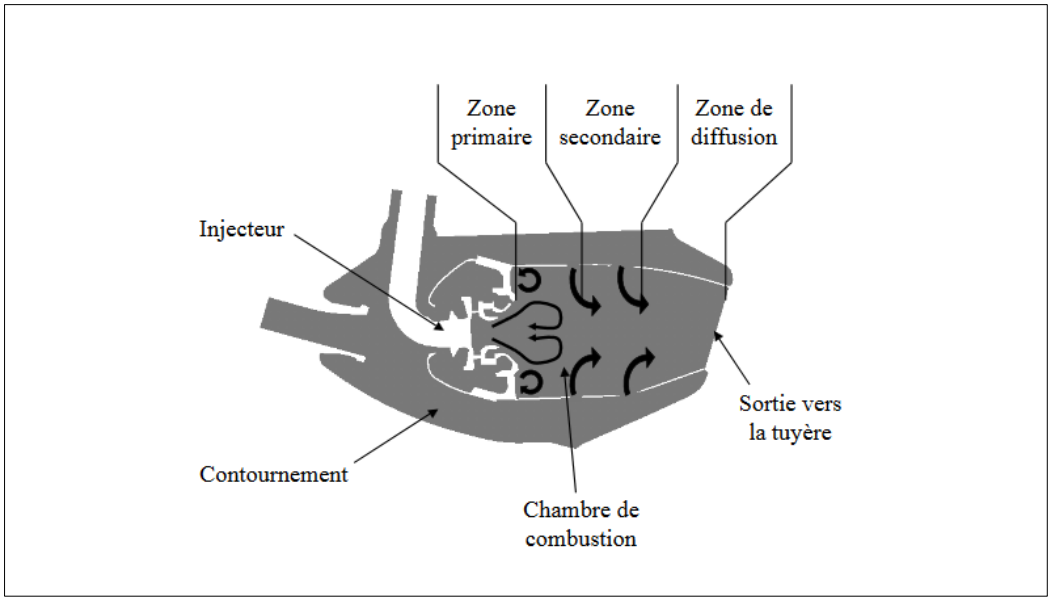


Figure 18: Schéma d'un moteur conventionnel et les différentes zones de production des polluants[95]

La réduction des émissions polluantes des moteurs d'aéronefs nécessite d'agir simultanément sur la baisse de la consommation (au niveau de la technologie moteur) et sur les émissions générées par la combustion (au niveau de la technologie de la chambre de combustion). L'amélioration du moteur induit une réduction des émissions de CO_2, tandis que l'amélioration de la chambre de combustion va plutôt induire une réduction des NO_x et des particules (suies).

[95] https://core.ac.uk/download/pdf/78385072.pdf

La technologie de chambre de combustion la plus répandue aujourd'hui est la combustion riche dite RQL [96] (Rich-burn, Quick quench, Lean burn). Son développement et son optimisation sont toujours poursuivis (« RQL+ ») mais ce concept peut impliquer un compromis entre la réduction des NOx et celle des PM, les deux ne pouvant être optimisés simultanément.

Concernant la technologie des chambres futures, la stratégie adoptée par Safran Aircraft Engines est la combustion en régime pauvre[97], permettant de réduire significativement les émissions de NO_x et de particules.

Différentes contraintes doivent être respectées, telles que l'opérabilité moteur. La chambre de combustion TAPS (*Twin-Annular Pre-Swirling mixer*) est un exemple de chambre de combustion pauvre. Cette technologie, à mélange pauvre et faible taux d'émissions, a été développée par General Electric et mise en œuvre sur le LEAP (moteur nouvelle génération de CFM International sélectionné pour les A320neo et les B737max).

Une autre technique de combustion pauvre est la technique LPP [98] (*Lean Premixed Prevaporized*), le principe repose sur le fait de mélanger le carburant et l'air dans une enceinte avant de les injecter. On obtient alors un mélange homogène, ce qui permet de réaliser une combustion optimisée, et donc de réduire les émissions des polluants. Cette technique a été développée dans le cadre des projets européens LOPOCOTEP (*Low Emissions Combustor Technology Developments In The European Programmes*) et TLC (*Towards Lean Combustion*).

Une technologie équivalente propre à Safran est en cours de développement dans le cadre du projet européen LEMCOTEC (*Low Emissions Core-Engine Technologies*) suivi par le programme interne CORENGTECH (en cours). Il s'agit d'une chambre de combustion à injection multi-points du carburant. Cela permet de réaliser une combustion pauvre en s'assurant de la qualité et de la stabilité de la combustion au ralenti tout en garantissant le rallumage du moteur en altitude en cas d'extinction. Plusieurs systèmes MSFI (Mutliple Staged Fuel Injection) sont testés et développés en partenariat avec l'ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales). Actuellement des essais de type FANN[99] (*Full Annular combustor*) ont été réalisés ce qui correspond à un niveau de TRL5-6[100]. Il reste donc environ 5 à 10 ans pour arriver à l'étape de la certification (TRL8).

Concernant la technologie des futurs moteurs, les industriels œuvrent actuellement sur des nouvelles architectures de *type open rotor*[101] ou *Geared Turbo-Fan* (Turbo-Fan à réducteur) et sur des architectures plus éprouvées, telles que le turbopropulseur pour les appareils

[96] https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00771860/file/Ths_burguburu_j.pdf
[97] Pauvreté du mélange air/carburant par rapport à un mélange normal. Il s'agit de diminuer la proportion de carburant dans le mélange air-carburant utilisé par le moteur. Ainsi, on évite les zones de forte température où se forment les polluants, tels les oxydes d'azote.
[98] https://core.ac.uk/download/pdf/78385072.pdf
[99] https://www.cleansky.eu/sites/default/files/inline-files/Session%204-2%20FORUM-AE%20European%20Network.pdf
[100] Technology Readiness Level 6 : étape de démo
[101] L'«open rotor» correspond à un concept de soufflante non carénée (les pales du moteur sont à l'air libre, avec 2 étages contra-rotatifs, entraînant une conception différente de l'avion et des moteurs à l'arrière du fuselage en raison du risque induit par le détachement d'une pale, qui pourrait endommager les ailes.). Le but de ce type de moteur est d'atteindre une vitesse équivalente de celle d'un avion équipé d'un turboréacteur tout en permettant de réduire potentiellement de plus de 30% la consommation de carburant par rapport aux générations actuelles d'avions équipés de turboréacteurs. Le fait que la soufflante ne soit plus carénée permet d'augmenter son diamètre et par là-même le taux de dilution et l'efficacité propulsive du moteur. Toutefois, avec des pales à l'air libre, le bruit n'est plus bloqué par la nacelle du moteur et la conception doit être optimisée pour satisfaire les dernières exigences réglementaires.

régionaux, tout en améliorant en permanence l'efficacité des composants (compresseurs, turbine, masse…). L'open rotor développé par Safran pourrait être opérationnel au-delà de 2030.

Ces améliorations des techniques et cet objectif de réduction d'émissions, sont dus en partie aux normes de l'OACI. Le CAEP, composé de différents groupes de travail, met en place des normes qui portent sur les émissions des moteurs des aéronefs. Le tableau ci-dessous présente l'évolution des normes depuis le premier cycle de réunions du CAEP.

STANDARD	Date de réunion CAEP	NOx			Standard CO/UHC	Fumées/ particules	Standard CO_2 (avion)
		Date d'application pour les nouveaux moteurs certifiés	Sévérisation norme (évaluée pour OPR-30, F00-89kN)	Arrêt des moteurs en production ?			
CAEP12	2022	S.O.	Inchangé	Cut-off probable sur CAEP8	Inchangé	« scoping study »	Inchangé
CAEP11	2019	S.O.	Inchangé	Pas de cut-off	Inchangé	2eme std nvPM DP/F00=f(F00) Application >2023	Inchangé ; discussion modalités
CAEP10	2016	S.O.	Inchangé	Pas de cut-off	Inchangé	1er std intl sur les particules fines (~SN) Application 1/01/2020	1er std intl sur le CO2 application NT>2020 & InP>2028
CAEP8	2010	Janvier 2014	Moins 15% par rapport à CAEP6	Pas de cut-off	Inchangé	Inchangé	
CAEP6	2004	Janvier 2008	Moins 12% par rapport à CAEP4	Janvier 2013	Inchangé	Inchangé	
CAEP4	1998	Janvier 2004	Moins 16% par rapport à CAEP2	Pas de cut-off	Inchangé	Inchangé	
CAEP2	1991	Janvier 1996	Moins 20% par rapport à CAEE	Janvier 2000	Seuil constant	Smoke Number	
CAEP1	1981						

Tableau 16 : Evolution des normes CAEP[102]

[102] Présentation « Situation réglementaire vis-à-vis des émissions polluantes post CAEP11 » - Safran

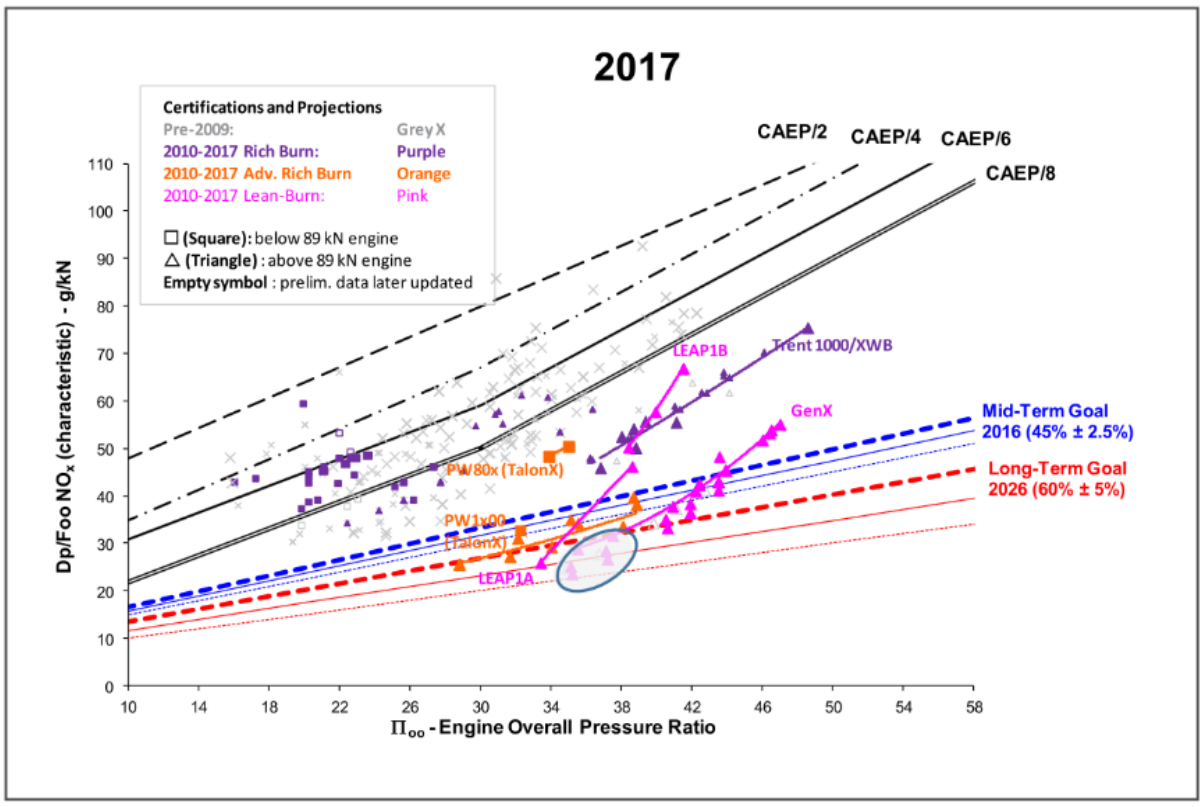


Figure 19: Graphique des émissions de NO_x pendant le cycle LTO par rapport aux différentes normes CAEP[103]

La figure ci-dessus donne une information sur les émissions de NO_x en masse par rapport à l'OPR (Overall Pressure Ratio), on peut voir que ces émissions ont diminué en fonction des normes CAEP.

A l'issue du cycle réglementaire CAEP10 en 2016 de nouvelles normes ont été définies sur les particules (en masse et en nombre) et le CO_2, pour une application à partir du 1er janvier 2020. En ce qui concerne la réduction du CO_2, des progrès sur les matériaux des avions notamment grâce aux matériaux composites[104] ont été observés de même que sur les taux de dilution. Ainsi en réduisant la consommation on réduit l'émission de CO_2. Pour les particules, le phénomène d'émissions est moins bien connu, et on développe donc des techniques de simulation des chambres de combustion, pour comprendre ce phénomène et améliorer la conception des moteurs. C'est ce qui est réalisé à travers le projet SOPRANO[105] (*SOot and* **P***articles* **R***eduction in* **A***eroengines through in***NO***vations),* développé par Safran.

[103] ICAO Environnemental Report 2019

[104] https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/lavion-du-futur-selon-le-cnrs-44052/

[105] https://www.safran-group.com/fr/media/safran-met-soprano-en-musique-20161121

2. LES BIOCARBURANTS

LE CONTEXTE

Le transport aérien représente plus de 2% des émissions mondiales de CO_2 et 4 % des émissions en Europe[106]. Il représente aussi 8% de la consommation mondiale de pétrole (10% de carburant). Ces chiffres devraient progresser en raison de la croissance du trafic aérien. Dans ce contexte, les biocarburants constituent à court terme l'un des leviers les plus prometteurs pour initier la transition énergétique du secteur et sa décarbonation. Il a été décidé de la mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques en France. En effet, le transport aérien présente des spécificités telles que la nécessité de l'utilisation de carburant liquide. Les biocarburants sont donc une voie d'action qui permettrait de réduire l'empreinte carbone du secteur aérien et l'utilisation des énergies fossiles.

Il convient de noter que trois objectifs ont été fixés en la matière par les professionnels du transport aérien (IATA[107] et l'ATAG[108]) :

- D'ici 2020, l'amélioration de la consommation par passager/km de 1,5% par an ;
- A partir de 2020, la stabilisation des émissions mondiales de l'aviation ;
- A partir de 2050, la réduction de 50% des émissions de CO_2 du secteur aérien.

Pour atteindre ces objectifs, l'OACI a identifié 5 voies d'action[109], l'une d'entre elles étant la mise en place d'une filière de biocarburants :

1. Les progrès technologiques et les efforts en matière de recherche et de développement, dont les évolutions des aéronefs et de leurs composants, portés notamment par les constructeurs et les motoristes ; ils visent à proposer aux compagnies aériennes des avions consommant moins de carburant donc émettant moins de CO_2 ;
2. Les biocarburants « aviation » durables font partie des solutions préconisées. Les progrès technologiques au niveau avion et moteurs et des architectures nouvelles apporteront une contribution fondamentale à la réduction du CO_2, afin d'aller vers les objectifs européens très ambitieux de l'ACARE ;
3. En parallèle, l'évolution des systèmes de gestion du trafic aérien (SECAR, NextGen, ...) permet des avancées substantielles : la mise en œuvre du « ciel unique européen » en est un exemple. Elle pourrait contribuer à moyen terme à la réduction des émissions de CO_2 de l'aviation civile de l'ordre de 10% ;
4. Dans le cadre des opérations, il s'agit d'optimiser les opérations en vol et au sol, en allégeant le poids embarqué ou embarqué ou en adoptant les procédures de vol optimisées ;
5. Enfin, la mise en place d'un mécanisme de marché mondial où, par un système d'obligation d'achat de crédits de compensation des émissions de CO_2 supérieures au niveau des émissions de l'année 2020, les opérateurs aériens pourront participer à l'objectif de croissance neutre en carbone du secteur. C'est le mécanisme baptisé CORSIA (Carbon Offsetting and Reducing Scheme for International Aviation).

QU'EST-CE QUE LES BIOCARBURANTS ?

Les biocarburants sont des carburants de substitutions obtenus à partir de la biomasse (matière première d'origine végétale, animale ou issue de déchets). Ils sont généralement incorporés dans les carburants d'origine fossile. On distingue trois générations de biocarburants, la première génération aussi appelée biocarburant conventionnel, élaboré à partir d'une matière première directement en concurrence avec le secteur alimentaire

[106] https://www.citepa.org/fr/ccnucc/
[107] International Air Transport Association – IATA technology roadmap 2013
[108] Air Transport Action Group
[109] 38ème et 39ème assemblées de l'OACI – 2013 et 2016

(utilisation des terres arables pour la production de carburant : le blé, le sucre, le colza…). Les deuxièmes et troisièmes générations dites de biocarburants avancés sont en phase de recherche, les ressources utilisées ne doivent pas concurrencer le secteur alimentaire (huile de récupération, résidus de bois…). La troisième génération serait produite à partir de micro-organismes par photosynthèse (les microalgues). La question de l'utilisation de ces biocarburants n'est pas simple, aujourd'hui l'incorporation des biocarburants conventionnels est plafonnée à 7% de l'énergie contenue dans les carburants. Pourquoi faut-il développer les biocarburants le MTES [110], pour :

- réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- anticiper l'épuisement des réserves mondiales de pétrole ;
- réduire la dépendance énergétique pétrolière ;
- offrir un débouché supplémentaire aux filières agricoles ;
- créer une filière de valorisation des déchets.

LES BIOCARBURANTS DITS « DURABLES »

Les biocarburants ont certaines limites. La première, déjà mentionnée, l'utilisation de la biomasse et donc des ressources qui pourraient être utilisées pour l'alimentation de l'Homme. Il faut donc éviter que les secteurs de l'alimentation et de l'énergie soient en concurrence. Mais le développement de cette production peut aussi, avoir un effet sur la déforestation et sur la perte de la biodiversité, du fait du besoin de surface pour les cultures nécessaires. C'est pour cela qu'on se tourne vers des pratiques dites « durables », la directive européenne 2009/28/CE introduit l'objectif de 20% d'utilisation d'énergie renouvelable globale dont 10% pour les transports. Les biocarburants durables devront donc respecter deux critères[111]. D'une part, la matière première ne devra pas provenir de terres prises sur la forêt ou refermant un stock important de carbone ou riche en biodiversité. D'autre part, ces biocarburants doivent éviter au moins 35% d'émissions de GES (50% à partir de 2017, puis 60% en 2018 pour les installations nouvelles) par rapport à une utilisation d'énergie fossile. Il existe donc différentes certifications à l'échelle européenne, qui garantissent la durabilité des biocarburants.

LE SECTEUR AERIEN

La capacité opérationnelle des biocarburants dans l'aviation n'est plus à démontrer. Le premier vol au mélange biocarburant-kérosène a été effectué en 2008 par la compagnie Virgin Atlantic sur un trajet Londres-Amsterdam. Lors de ce vol 20% de biocarburant a été utilisé [112]. Depuis 2011, près de 2000 vols commerciaux ont eu lieu lors de vols de démonstration, validant ainsi les aspects logistiques et opérationnels. Plusieurs projets se sont alors développés, comme le projet « ITAKA » (Initative Towards susTainable Kerosene towards Aviation), financé par la Commission Européenne, démontrant la faisabilité de la mise en place de cette filière. Le projet « Lab'line for the futur » à l'initiative d'Air France, pour des vols Paris-Toulouse, où différents projets innovants sont testés, comme le biocarburant. De 2014 à 2016, ce sont donc 78 vols réalisés avec du biocarburant[113]. Un des paramètres importants pour les carburants alternatifs dans le secteur aérien est la notion de « drop-in ».

[110] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/biocarburants#
[111] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ECV%20-%20Biojet.pdf
[112] https://www.lefigaro.fr/flash-actu/2008/02/24/01011-20080224FILWWW00106-er-vol-virgin-atlantic-au-biocarburant.php
[113] https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/cgaaer_15098_cgedd_010298-01_2015_rapport.pdf

C'est-à-dire que le carburant doit pouvoir se substituer en partie ou en totalité au jet fuel conventionnel sans impact opérationnel (pas de modification des infrastructures aéroportuaires, ni des avions ou moteurs existants). Grâce à ce paramètre, le taux d'incorporation des biocarburants issus de la biomasse peut aller jusqu'à 50%[114].

En matière de durabilité des biocarburants aéronautiques, des règles sont définies au niveau supranational. Ainsi, pour la production de biocarburants sur le territoire national, ce sont les règles définies par la Directive Energies Renouvelables Européenne[115] qui s'appliquent. Les opérateurs du transport aérien peuvent valoriser les gains d'émissions rendus possibles par l'utilisation des biocarburants au sein des mécanismes de marché tels que le marché européen (Emissions Trading Scheme) ou le mécanisme de compensation des émissions de l'aviation internationale (CORSIA)[116]. Les coûts de certification de la durabilité ne sont pas significatifs pour les producteurs et ne peuvent pas être responsables du différentiel de prix observé entre le biocarburant aéronautique et le kérosène conventionnel.

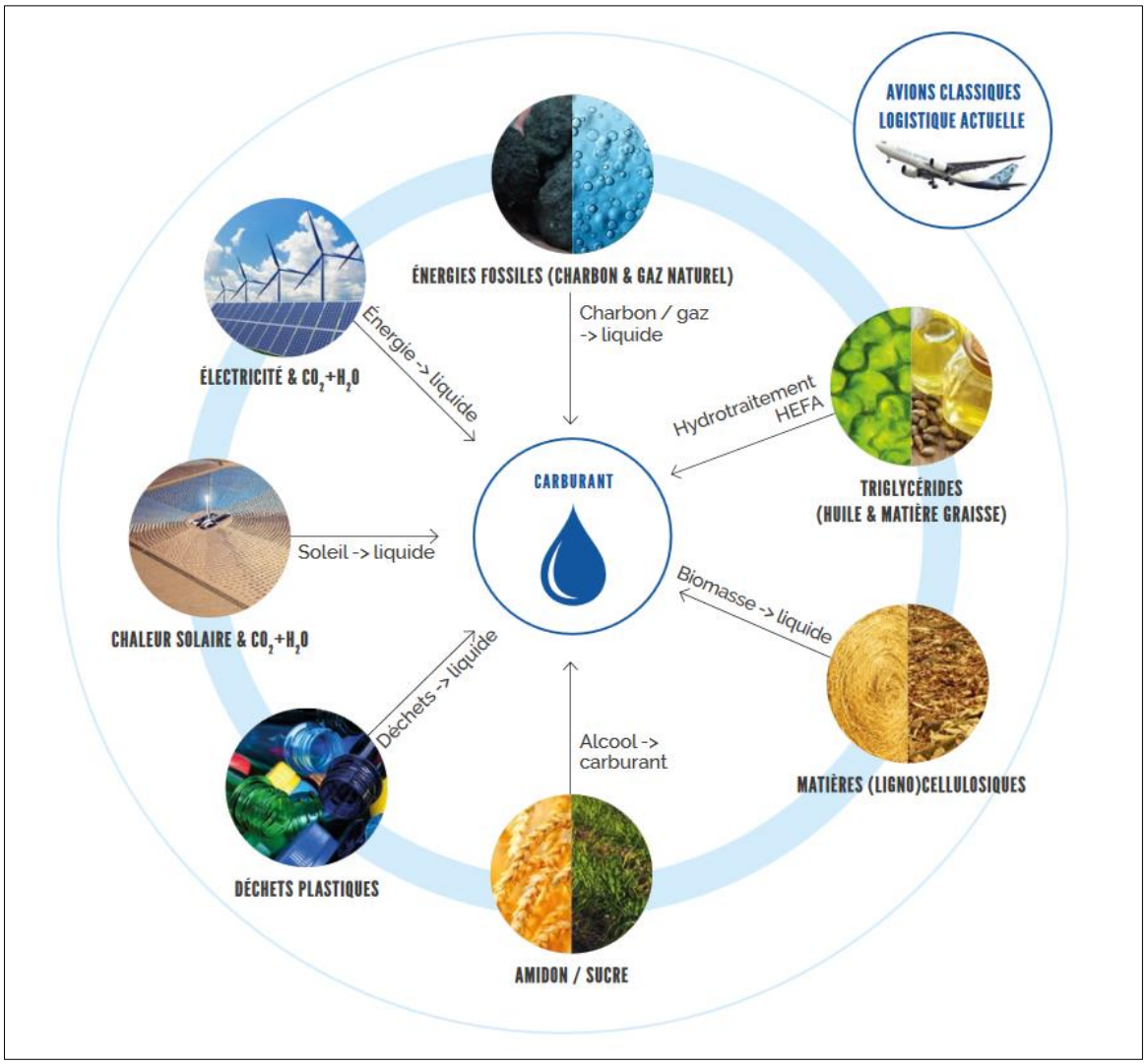


Figure 20: Les carburants utilisés actuellement dans le secteur aérien[117]

[114] https://www.gifas.asso.fr/sites/default/files/Brochure%20Climat-Gifas-A4_HD%20Planches-FR-Juin%202019_0.pdf
[115] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=FR
[116] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ECV - Mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques en France.pdf
[117] Source GIFAS 2019

Les carburants alternatifs ont donc conduit au développement des certifications, comme la certification technique « ASTM » (*American Society for Testing Materials*). Ce processus vise à assurer la sécurité et la compatibilité avec les moteurs et systèmes fuel des avions. Cette certification longue et coûteuse permet la commercialisation et l'usage de ces carburants. Cette certification technique est accompagnée par une certification environnementale pour apprécier les critères de durabilité du carburant[118].

LES LIMITES ACTUELLES DE CE MODELE DANS LE SECTEUR AERIEN

- le coût économique : le coût du biocarburant est aujourd'hui très largement supérieur à celui du carburant fossile ;
- en termes réglementaire et fiscal, les outils qui ont permis le développement en Europe de la filière biocarburant routier doivent être adaptés pour le secteur aérien qui est régi par des règles internationales ;
- en termes de logistique, l'accès banalisé aux circuits des aéroports français pour l'acheminement du biocarburant reste à étudier (néanmoins possible, exemple de l'aéroport d'Oslo) ;
- en termes de disponibilité de biomasse, le processus de production doit se reposer sur des filières d'approvisionnement qui accompagne la demande et respectueuse de l'environnement. La collecte de résidus, les déchets, les productions agricoles ayant un impact minimal sur le changement d'affectation directe ou indirecte des sols, peuvent être valorisés ;
- chaque acteur de la chaîne de valeur (compagnies aériennes, producteurs, fournisseurs de matières premières ou secondaires, constructeur aéronautique) doit donc trouver sa place et un bénéfice à son activité. Mais si ces professions ne partagent pas un cadre économique commun et durable, elles ont déjà permis de démontrer la faisabilité technique de l'utilisation de ces biocarburants[119] ;
- un risque de sur-emport potentiel (réserve de biocarburant dans l'aéronef) pourrait apparaitre si l'accès aux biocarburants et les mesures relatives à leur usage ne sont pas pris de manière globale.

L'ICTT (*International Council on Clean Transportation*) a également publié un rapport en 2019 « *The cost of supporting alternative jet fuels in the European Union* »[120]. Ce rapport passe en revue la littérature existante sur l'économie de la production de carburants alternatifs, évalue les coûts de production pour une sélection de technologies, comptabilise les émissions de gaz à effet de serre durant le cycle de vie des carburant et identifie les voies de production qui offrent les réductions de carbone les plus rentables. Les résultats montrent que dans l'ensemble, le coût de production des carburants alternatifs, même les moins chers, est beaucoup plus élevé que le coût du pétrole, ce qui nécessite un soutien politique substantiel pour qu'ils atteignent le marché.

LES BIOCARBURANTS DANS LE SECTEUR AERIEN EN FRANCE – LES ENGAGEMENTS

En 2017, dans le cadre l' « Engagement pour la Croissance Verte », l'Etat et cinq groupes industriels français[121] se sont engagés à identifier les obstacles relatifs au déploiement d'une filière française de biocarburants aéronautiques (Les résultats sont disponibles[116]).

[118] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/biocarburants#
[119] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ECV%20-%20Biojet.pdf
[120] https://theicct.org/sites/default/files/publications/Alternative_jet_fuels_cost_EU_20190320_1.pdf
[121] Air France, Airbus, Safran, Total et Suez Environnement

Actuellement, les coûts de production de ces produits sont élevés, rendant dès lors leur prix de vente trop élevé pour les utilisateurs finaux. Les défis économiques associés à l'émergence d'une filière pérenne de biocarburants aéronautiques en France sont donc de différents ordres selon les acteurs concernés. Le défi du déploiement massif de ces biocarburants réside dans la capacité à trouver des dispositions permettant d'assurer la viabilité économique de l'ensemble des acteurs de la chaine de valeur, en cohérence avec les évolutions au niveau européen et international.

Suite à cet engagement et l'étude[122] technique et prospective de l'ANCRE (Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie) de juin 2018, une feuille de route gouvernementale a été définie, avec comme l'objectif de préciser l'ambition et la stratégie que la France pourrait développer en matière de biocarburants d'aviation durables dès 2025. Cette feuille de route fixe les principes fondamentaux (assurance de la durabilité des biocarburants d'aviation produits en France, viabilité économique de la filière, etc.) et la trajectoire de déploiement (substitution du kérosène fossile – 2% en 2025 et 5% en 2030) afin de définir le cadre de l'action à mener (cf. annexe 10).

Enfin, l'Etat a lancé en janvier 2020 un appel à manifestation d'intérêt[123] (AMI) pour identifier les acteurs privés innovants et leurs projets d'investissement dans des unités de production de biocarburants avancés, en particulier à destination de l'aéronautique[124].

B. VOIES DE REDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA PLATEFORME

1. PLAN NATIONAL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) est présenté en partie I.C.1.

MESURE DU PREPA RELATIVE AU TRANSPORT AERIEN ET AU TRANSPORT ROUTIER :

Pour le transport aérien, les mesures sont les suivantes :

Réduire les émissions de polluants atmosphériques du transport aérien

Mesures	Modalités
Mettre en œuvre des plans d'action pour l'aviation civile et les aérodromes pour réduire l'intensité des émissions de polluants atmosphériques par rapport à 2010 d'au moins 10% en 2020 et 20% en 2025	Mise en œuvre des programmes d'action déposés par les exploitants d'aérodromes auprès de l'Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie (ADEME) Sont notamment concernées les émissions de polluants liés aux engins, plateformes aéroportuaires et trajets vers la plateforme

[122] https://www.allianceenergie.fr/wp-content/uploads/2018/06/synthese_ANCRE_biocarburants-aviation.pdf
[123] https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/AMI-biocarburant-aeronautique.pdf
[124] https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2020.01.27_DP_EB_JBD_Biocarburants.pdf

Le PREPA introduit également différentes mesures pour le trafic routier :

Encourager les mobilités actives et les transports partagés

Mesures	Modalités
Favoriser la mise en place de plans de mobilité par les entreprises et les administrations	Publication d'un guide méthodologique à destination des entreprises, administrations, bureaux d'études Appel à manifestation d'intérêt pour accompagner l'élaboration de plans de mobilité particulièrement innovants et ambitieux Plateforme permettant de recenser les plans de déplacements des entreprises et des administrations mis en œuvre sur le terrain ainsi que les bonnes pratiques, les recommandations et présenter des indicateurs globaux Création d'une communauté d'acteurs « de conseillers en mobilité » pour accompagner les entreprises et les administrations dans l'élaboration de plans de mobilité
Inciter à l'utilisation du vélo	Déploiement d'une indemnité kilométrique vélo Aide à l'achat de vélo à assistance électrique Publication et mise en œuvre d'un nouveau plan d'action mobilités actives (PAMA)

Favoriser l'utilisation des véhicules les moins polluants

Mesures	Modalités
Mettre en œuvre des zones à circulation restreinte	Accompagnement technique et financier des collectivités lauréates de l'appel à projet « villes respirables en 5 ans » Structuration d'un réseau de collectivités mobilisées pour la préfiguration ou la mise en œuvre de zones à circulation restreinte (ZCR) afin de favoriser les échanges d'expériences, la publication d'une boite à outils (guide méthodologique, formations, fiches techniques…) et l'évaluation des mesures mises en œuvre en vue de leur généralisation dans les zones les plus polluées

Mesures	Modalités
Imposer les certificats qualité de l'air (Crit'air) dans les zones à circulation restreinte (ZCR) et les zones visées par la circulation différenciée	Remplacement de la circulation alternée par la circulation différenciée et obligation d'utiliser les certificats Crit'air obligatoires (instruction du 5 janvier 2017 de la ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat, adressée au préfet) Publication du décret prévoyant des sanctions pour absence de certificat Crit'air dans les ZCR et en cas de pics de pollution
Encourager la conversion des véhicules les plus polluants et l'achat de véhicules plus propres	Bonus écologique pour l'achat de véhicules électriques Primes à la conversion des anciens véhicules diesel
Développer des infrastructures pour les carburants propres au titre du cadre national pour les carburants alternatifs	Mobilisation du Programme d'investissements d'avenir (PIA) pour financer l'installation de bornes électriques et de stations de recharge pour véhicules fonctionnant au gaz naturel (GNV) et à l'hydrogène Etude sur les leviers incitatifs permettant de favoriser l'utilisation du GNV et de l'hydrogène dans le transport de marchandises

Renforcer le contrôle des émissions de véhicules et engins mobiles non routiers

Mesures	Modalités
Contrôler les émissions réelles des véhicules routiers	Renforcement de la surveillance du marché en France Pour les véhicules montrant des dépassements, demande de plans d'améliorations pour les constructeurs concernés précisant le nombre de véhicules concernés, l'origine des anomalies constatées et les mesures envisagées Vérification de la mise ne œuvre opérationnelle de ces plans d'amélioration
Renforcer le contrôle technique des véhicules (article 65 de la loi de transition énergétique)	Expérimentation des méthodes et du matériel de contrôle sur 2à centres de contrôle technique du 1er septembre 2016 à mi 2017 en vue d'une généralisation au 1er janvier 2019 pour mieux prendre en compte les émissions réelles de particules et d'oxydes d'azote
Soutenir l'adoption de nouvelles normes européennes ambitieuses (normes antipollution, prise en compte des conditions réelles de conduite et amélioration de la procédure d'homologation)	Soutien de la France dans le cadre des instances européennes de : - L'introduction de valeurs limites d'émission sur le dioxyde d'azote (NO_2) pour les véhicules légers et les poids lourds - Le renforcement de la nouvelle réglementation « real driving emission » (RDE) pour les NO_x par la révision du facteur de conformité Mise en place à partir de septembre 2017 pour les nouveaux types et 2018 pour tous les véhicules neufs, d'une RDE sur les particules
Réduire les pollutions liées aux engins mobiles non routiers (EMNR) et la surveillance du marché des engins mobiles non routiers	Application en droit français du règlement européen (UE) 2016/1628 sur les EMNR Mise en œuvre d'un plan interministériel pluriannuel de surveillance du marché des EMNR

LIMITES TECHNIQUES :

Pas de limites techniques particulières sous réserve de celles d'engins spécifiques tels que les engins de piste.

FREINS EVENTUELS POUR LE DEPLOIEMENT

Coûts, gestion du changement

ORDRE DE GRANDEUR DE COUTS D'INVESTISSEMENT ET OPERATOIRES

L'élaboration du plan s'est appuyée sur l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA réalisée entre 2015 et 2016 (https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques-

publiques-reduire-pollution-lair). Pour sélectionner les mesures sectorielles les plus pertinentes, une analyse multicritère a été réalisée. Pour chaque mesure, l'évaluation a porté sur le potentiel de réduction d'émissions au niveau national, le potentiel d'amélioration de la qualité de l'air, la faisabilité juridique, le niveau de controverse (ou acceptabilité sociétale), le ratio coût-efficacité, le ratio coût-bénéfice et les co-bénéfices. Dans ce cadre, des évaluations de coûts ont été réalisées.

EMISSIONS EVITEES

Voir https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair

2. MISE EN PLACE D'UN SYSTEME INCITATIF A L'UTILISATION DES MOTEURS LES MOINS EMISSIFS EN OXYDES D'AZOTE

COURTE DESCRIPTION DE L'ACTION

Un système incitatif à l'utilisation des moteurs les moins émissifs en NOx (taxe, redevance ou une modulation des redevances d'atterrissage en fonction des émissions en NOx) pourrait être mis en place sur les grands aéroports français afin d'inciter les compagnies aériennes à l'utilisation des moteurs les moins émissifs en NOx.
L'intérêt de cette mesure porterait également sur la généralisation de cette modulation à l'échelle européenne afin d'éviter le transfert de nuisances.

OBJECTIF DE LA MESURE

Incitation du renouvellement de la flotte.

LIMITES TECHNIQUES

Pas de limite technique pour sa mise en place. En général, les avions « nouvelle génération » sont également moins bruyants. En revanche, si cette réglementation n'est pas appliquée de manière homogène, la question du transfert de nuisances d'un aéroport à un autre pourrait se poser.

FREINS EVENTUELS POUR LE DEPLOIEMENT

Son acceptation par les compagnies aériennes est dépendante du caractère de la redevance, notamment si c'était une modulation des redevances d'atterrissage, elle serait plus facilement acceptée qu'une taxe.

ORDRE DE GRANDEUR DE COUTS D'INVESTISSEMENT ET OPERATOIRES

Faible (couts administratifs)

EMISSIONS EVITEES

Pas d'information (dépendant de la flotte utilisée puis remplacée)

EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

Cette redevance est déjà mise en place sur plusieurs aéroports européens, notamment en Allemagne, en Suède, etc.[125] et est intégrée, en général, dans les tarifs aéroportuaires. Sur

[125] Selon le benchmark « La redevance NOx dans l'Union Européenne (UE27) » réalisé par l'ACNUSA en 2016, les aéroports ayant une taxe/redevance NOx parmi les 30 les plus fréquentés en Europe (en 2010) : Francfort-Main, Munich, Düsseldorf, Berlin-Tegel, Hambourg, Cologne-Bonne, Stockholm-Arlanda, Londres-Heathrow, Londres-Gatwick, Londres-Stansted, Manchester, Copenhague, Barcelone-El Prat. En-dehors l'UE mais toujours en Europe : Genève – Cointrin, Zurich, Lugano et Bern – Belp

l'aéroport de Frankfort par exemple, la « *emission-based charge*» NOx est égale à 3,08€ par kg de NOx émis lors du cycle LTO pour l'atterrissage et pour le décollage.[126]

Cette taxe, dans la plupart des cas, est établie à partir du modèle européen ERLIG (ERLIG = *Emission Related Landing Charges Investigation Group*, ECAC ; voir annexe 11). Ce modèle propose un calcul pour déterminer l'« *emission value* » en oxydes d'azote. Cette dernière est calculée à partir de la base certifiée des émissions en oxydes d'azote (NOx) et en hydrocarbures (HC) des moteurs d'avion et pour un cycle LTO selon le règlement OACI (Annexe 16, Volume II).

3. LE ROULAGE

(I) LE COLLABORATIVE DECISION MAKING CDM

COURTE DESCRIPTION DE L'ACTION

Le concept du *Airport Collaborative Decision Making* (A-CDM) développé par Eurocontrol et soutenu par l'ACI et IATA, permet d'améliorer la prédictibilité et l'efficacité des opérations aéroportuaires et l'échange d'informations plus précises sur les départs, en particulier les heures de décollage cibles, avec le réseau européen ATFCM[127], ce qui améliore la planification en route et sectorielle.[128]

L'A-CDM contribue également à réduire l'impact environnemental du trafic aérien par l'optimisation des opérations aéroportuaires, notamment par la réduction du temps de roulage.

EMISSIONS EVITEES

Pour l'aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle, on estime que le gain permis par l'A-CDM en termes de réduction du temps de roulage est d'environ 10% (source : DGAC). Dans le PPA d'Ile-de-France (2018), les gains associés à la mise en place de la gestion localisée des départs (CDM) sur l'aéroport de Paris – Orly ont été estimés à une diminution du temps de roulage de 3%.

La mise en place de l'AC-CDM sur l'aéroport de Lyon – Saint-Exupéry a permis de réduire le temps de roulage de 25 secondes (estimé), soit 220 heures de roulage en moins réduisant les émissions de CO_2[129] et donc de polluant.

L'aéroport de Zürich a également étudié les gains environnementaux par la mise en place du concept d'A-CDM. Il a été estimé, qu'en moyenne le temps de roulage au départ avait été réduit de 40 secondes par vol en 2014 par rapport à 2012 (mise en place du système en 2013). Cela représente 1 450 heures de roulage par an évitées. En termes de réduction, le gain est de l'ordre de -4,8 tonnes de NOx ce qui correspond à 0,5 % des émissions totales au roulage (sachant qu'un autre système de management des départs et arrivées (DARTS[130]) avait déjà été mis en place sur l'aéroport en 2003 permettant ainsi de réduire les émissions de NOx liées au roulage (-4 tonnes).

[126] Airport Charges according to Art. 19b Air Traffic Act (LuftVG) – Frankfurt Airport, valid as of January 1, 2020
[127] Air traffic flow and capacity management
[128] https://www.eurocontrol.int/concept/airport-collaborative-decision-making
[129] https://developpementdurable.lyonaeroports.com/assets/files/autres/infographie-qualite-air.pdf
[130] Departure and Arrival Traffic Management System

EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE :

En France, les aéroports sur lesquels est déployé le concept du A-CDM (en plus de Paris – Charles-de-Gaulle depuis 2010 et Paris – Orly depuis 2016) sont Lyon – Saint-Exupéry (depuis 2017) et Nice – Côte d'Azur (depuis 2019).

(II) LE ROULAGE A N-1 MOTEURS

COURTE DESCRIPTION DE L'ACTION

Lors de la phase de roulage, ne faire fonctionner qu'un moteur pour les avions bimoteurs (ou que deux moteurs pour les aéronefs quadrimoteurs) principalement à l'arrivée. (Au départ cette pratique pose des questions importantes en matière de sécurité).

Pour inciter plus fortement à développer cette pratique, les mesures suivantes pourraient être envisagées :

- communiquer vis-à-vis des compagnies pour les inciter à mettre en œuvre ces bonnes pratiques ;
- que les aéroports facilitent le recours à cette pratique (par exemple via le A-CDM) ;
- étudier les cheminements les moins couteux en carburant (faible pente, pas de virage serré, ...).

L'instauration d'une mesure incitant au roulage n-1 moteur n'a de sens que sur un aéroport sur lequel les temps de déplacement au sol sont significatifs (supérieurs à 5 minutes).

LIMITES TECHNIQUES

Pratique plus difficile au départ lors du premier vol (chauffage des moteurs).
Certains aéronefs ne sont par ailleurs pas certifiés pour cette procédure par les constructeurs.

FREINS EVENTUELS POUR LE DEPLOIEMENT

Des problèmes opérationnels spécifiques aux procédures de roulage n-1 ou n-2 moteurs avant un décollage et/ou après un atterrissage peuvent remettre en cause la sécurité :

- les avions ont été conçus et certifiés pour se déplacer au sol avec tous leurs moteurs en marche, le cas échéant cette procédure doit donc impérativement être prévue par le constructeur et faire partie des procédures normales d'opérations contenues dans le manuel d'exploitation de l'avion. Les pilotes doivent également être formés à ces procédures ;
- ces procédures ne peuvent être déployées que lorsque toutes les conditions techniques, opérationnelles et météorologiques sont réunies afin de ne pas remettre en cause la sécurité des vols. Le pilote doit être en capacité de renoncer à ces procédures pour des raisons de sécurité ;
- les risques d'incursion sur piste peuvent être accrus en raison de l'accroissement de la charge de travail de l'équipage de conduite à des moments (roulage, alignement en vue de décoller, ...) ou il devrait porter son attention à la prévention de ces risques. Les raisons principales de cet accroissement de la charge de travail peuvent être :

- lors du roulage, les pilotes sont obligés d'avoir recours au steering131 pour contrer la dissymétrie des moteurs. Par ailleurs, cela limite la vitesse de l'avion au sol et rallonge donc la durée du roulage,
- en fonction des avions, la gestion de certains systèmes lorsque tous les moteurs ne sont pas démarrés peut être différente,
- les procédures à effectuer après mise en route de l'ensemble des moteurs sont reportées au dernier moment avant alignement pour le décollage.
- les effets de souffle des moteurs en marche (il faut en général plus de poussée sur le(s) moteur(s) en fonctionnement lors de roulage avec un (ou deux) moteur(s) à l'arrêt) ;
- la remise en mouvement de certains avions lorsqu'ils doivent effectuer un arrêt sur n-1 ou n-2 moteurs peut parfois être très difficile (voir impossible) en fonction de la pente du taxiway et de la masse de l'avion et nécessiter le redémarrage du (des) moteur(s) à l'arrêt ;
- avant alignement pour décollage, les vérifications en seuil de piste avant et après démarrage de tous les moteurs peuvent rallonger la durée des procédures de départ ;
- le roulage n-1 ou n-2 moteurs peut avoir des conséquences sur la répartition de la masse du kérosène dans les différents réservoirs et peut avoir pour conséquence de remettre en cause la stabilité de l'aéronef au décollage (lorsque le temps de roulage est particulièrement long) ;
- l'état de l'avion, sa masse au décollage, l'état (sol glissant, pente) et la configuration des taxiways peuvent rendre impossible tout roulage n-1 ou n-2 moteurs ;
- afin de respecter les exigences réglementaires internationales, les transporteurs aériens devraient mettre en place des procédures spécifiques de roulage et déployer des formations adaptées pour leurs équipages avant de pouvoir généraliser les procédures de roulage n-1 ou n-2 moteurs.

ORDRE DE GRANDEUR DE COUTS D'INVESTISSEMENT ET OPERATOIRES

Investissement technologique : faible.
Investissement opératoire et de formation : moyen.

NUISANCES EVITEES

Lors du roulage, les moteurs tournent à environ 7% de leur puissance. Les compagnies qui pratiquent déjà le roulage n-1 moteur ont rapporté le fait qu'il fallait augmenter de 70% le régime du seul moteur en marche sur un bimoteur. En reprenant ces hypothèses, l'impact environnemental d'une telle mesure peut donc être estimé lors de la procédure d'atterrissage sur un aéroport ayant un temps de roulage au sol significatif : si le roulage n-1 était appliqué sur l'aéroport de Paris-Charles de Gaulle, l'impact de cette mesure sur les émissions au roulage ne serait pas négligeable (baisse d'environ 7,5 % des émissions), notamment pour le monoxyde de carbone (CO) qui est très majoritairement émis lors du roulage.

[131] Le steering est le système qui permet au pilote de se diriger au sol en faisant braquer les roues avec un volant. Lors du roulage, si on lâche le steering, l'avion va naturellement tout droit quand tous ses moteurs sont allumés, Dans le cas d'un roulage n-1 moteurs, il faut exercer un effort sur le steering pour contrer la tendance à virer de l'avion due à la dissymétrie de poussée.

En matière de nuisances sonores, si on peut estimer que l'extinction de moteurs lors du roulage à l'arrivée et au départ réduira le bruit sur la plateforme, paradoxalement le bruit produit par l'allumage des moteurs sur des taxiways par exemple et non plus lorsque l'avion est au contact, pourrait provoquer des nuisances nouvelles pour les riverains.

Proposition n° 15 relative au roulage n-1 moteurs à destination de la DGAC : une évaluation de l'éventuelle mise en place d'une procédure de roulage sollicitant seulement un moteur sur deux pourrait être réalisée. Cette évaluation précisera le niveau de nuisances évitées (nuisances sonores et émissions de polluants), les risques associés (notamment par types avions), l'impact des spécificités locales (cheminements, contrôle), ainsi que les besoins en formation des équipages. L'évaluation contiendra un comparatif avec les procédures alternatives de roulage moins polluantes (tracteurs externes, moteurs électriques de roulage montés sur les avions). Enfin, l'évaluation identifiera les conditions techniques et juridiques permettant d'envisager la mise en œuvre à grande échelle de ces moyens.

Il convient de préciser que d'autres moyens de diminuer les nuisances liées au roulage sont en cours d'étude et/ou de développement, il s'agit de rouler sans mettre en route les moteurs de l'avion mais en utilisant soit des tracteurs externes soit des moteurs électriques de roulage montés sur les avions. La mise en œuvre de ces moyens, à grande échelle, pourrait diminuer significativement l'impact environnemental du roulage des avions mais un stade opérationnel n'est pas encore atteint.

EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

Sur l'aéroport de Toulouse : VOLOTEA, AIR FRANCE sur avions Airbus (au départ et à l'arrivée), RYANAIR sur B737 (uniquement à l'atterrissage).
Air France prévoit dans ses procédures les roulages n-1 ou n-2 et les pilotes les utilisent assez fréquemment à l'arrivée en fonction des conditions et lorsque les roulages sont suffisamment longs.

4. LES MOTEURS AUXILIAIRES DE PUISSANCE (APU)

COURTE DESCRIPTION DES ACTIONS

- Incitation à équiper les postes « avion » en moyen de substitution à l'APU ;
- Limitation de l'usage des APU par l'intégration dans la publication aéronautique française (AIP) et/ou la publication d'un arrêté ministériel de restriction rendant possibles des sanctions administratives en cas de non-respect. Cette limitation d'utilisation par les compagnies aériennes pourrait être corrélée avec une incitation à la fourniture de moyen de substitutions en électricité et en air par les aéroports et/ou les assistants d'escales.

EFFICACITE INTRINSEQUE

- Réduction des émissions sonores et atmosphériques ;
- AIP : recommandations peu contrôlées ;
- Arrêté : possibilité de sanction sous réserve de l'efficacité des contrôles relevant des services de l'Etat.

LIMITES TECHNIQUES

Difficulté d'établir des durées limites d'utilisation de l'APU prenant en compte tous les cas particuliers (longs courriers, postes éloignés, disponibilité des équipements de substitution, retards, contexte météorologique notamment températures extrêmes, etc…).

FREINS EVENTUELS POUR LE DEPLOIEMENT

- Coût d'investissement (gestionnaire/assistants en escale) pour la mise en place des moyens de substitution ;
- Pas d'outil de mesure du fonctionnement de l'APU en raison de l'absence de lien entre l'avion et les outils de suivi des exploitants d'aéroport ;
- Absence de règlement obligeant à la fourniture de moyens de substitution en air et en électrique (un tel règlement devrait permettre la mise en œuvre progressive de l'obligation avec un phasage vérifié).

ORDRE DE GRANDEUR DE COUTS D'INVESTISSEMENT ET OPERATOIRES

Néant en ce qui concerne la publication d'information aéronautique et la publication d'un arrêté ministériel.

Pour les moyens de substitution : Très variables selon les équipements de substitution (400Hz seul, 400Hz+PCA, e-GPU…).

Des exemples de coûts d'investissements et opératoires sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Coûts d'investissement et opératoires relatifs aux moyens de substitution fixes et mobiles

	Couts d'investissement	Couts opératoires
Substitution par 400 Hz	95-100 k€ par poste 60-100 k€ par poste	Cout consommation électricité + maintenance (2-3 000 € par an)
Substitution par PCA	500 k€ hors travaux d'amenée de puissance électrique sur le poste.	Cout consommation électricité + maintenance : 20 k€/an par PCA et 5 k€/an par boa
Substitution par GPU	Convertisseur électrique mobile ou statique (50Hz-400 Hz) : autour de 30 k€ - coût porté par les aéroports ou les assistants GPU thermique : autour de 45 k€ – Cout porté par les assistants GPU électrique : autour de 120 K€ – Cout porté par les assistants	Cout consommation électricité + maintenance
Substitution par ACU	ACU – Régulateur thermique climatiseur/chauffant mobile : autour de 140 K€ (assistant en escale) + 100 k€ pour l'installation d'une prise électrique (250 A) 50 Hz dans coffret prêt de la rotonde (gestionnaire)	Cout consommation électricité + maintenance

EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

Aéroport	Postes équipés en 400 Hz	Postes équipés en PCA	Arrêté de restriction ou AIP précisant la durée d'utilisation des APU
Bâle – Mulhouse	0	0	AIP
Beauvais – Tillé	0	0	AIP
Bordeaux – Mérignac	100 % du Hall A équipé	0	-
Lyon – Saint – Exupéry	100 % des postes au contact et 8 postes au large	0	-
Marseille –Provence	100 % du terminal MP1	0	AIP
Nantes – Atlantique	0	0	Arrêté du 24 avril 2006
Nice – Côte - d'Azur	100% des postes au contact + 100 % parking d'aviation d'affaires	100 % parking d'aviation d'affaires	Arrêté du 2 mars 2010
Paris - Charles – de Gaulle	73 % postes équipés	5%	Arrêté du 27 juillet 2012
Paris – Orly	75 % postes équipés	0	
Paris - Le – Bourget	0	0	
Toulouse – Blagnac	100 % postes au contact	0	-

5. LES ENGINS DE PISTE

COURTE DESCRIPTION DE L'ACTION

Dans le bilan global des émissions d'une plateforme aéroportuaire, les engins d'assistance en escale et véhicules circulant en zone réservée représentent environ 6% des émissions de CO_2 et 5% pour les émissions de NOx[132] .

Le verdissement des engins de piste, et de manière plus générale de l'ensemble des véhicules circulant en zone réservée, est une piste d'action qui permet de diminuer les émissions au sol (émissions de CO_2 mais également de polluants atmosphériques). Différentes voies de verdissement peuvent être envisagées, notamment l'électrique, le GNV - gaz naturel pour véhicules (pouvant être du bio-GNV) ainsi que l'hydrogène à plus long terme.

Même si une partie des engins et véhicules d'assistance en escale sont déjà électriques sur les aéroports français, les opérateurs souhaitent poursuivre dans la voie du verdissement de leurs flottes.

Certains opérateurs mènent des programmes de renouvellement de leurs flottes thermiques au profit d'apparaux moins polluants : électriques, GNV/bio-GNV, hydrogène ou hybrides.
La CSAE (Chambre Syndicale des Assistants en Escale) participe notamment aux travaux du Groupe ADP afin de définir une ambition et une feuille de route commune pour le verdissement des véhicules et engins des assistants en escale. Dans ce cadre, un état des lieux des véhicules et engins considérés comme propres a été réalisé :

Tableau 18 : Etat des lieux des véhicules et engins de piste considérés comme propres

	← Classique →		← Propre →		
	Diesel	**Essence**	**Electrique**	**(bio-)GNV**	**Hydrogène**
Coût du carburant	✓✓ + Incitations fiscales	✓	✓✓✓✓	×	× ×
Coût du véhicule	✓✓	✓	× Dispositif d'aide à l'achat	×× Surcout de 10 à 30% pour achat véhicule	××× Environ 70 000 euros pour une citadine (ex: Toyota Mirai)
Autonomie	✓✓✓	✓✓	××	✓✓	✓✓
Durée « à la pompe »	✓✓	✓✓	×××	✓	✓
Impact environ-nemental	CO_2 : × Particules : ×× NOx,autres : ×× (impact limité si hybride)	CO_2 : ×× Particules : × NOx,autres : ×× (impact limité si hybride)	✓✓✓ (si électricité verte) **0** émissions directes	CO_2 : ✓ → ✓✓✓ (si bio-GNV) Particules : ✓✓✓ NOx, autres : ✓✓ Moins de bruit et vibrations	×× →✓✓✓ (Si mode de fabrication « vert ») **0** émissions directes
Commen-taires	✓ : fiscalité attractive ✓ : consommation plus faible qu'un véhicule essence	× : Pas de moteur essence de grosse cylindré en Europe	✓ : améliorations techniques sur l'autonomie × : ne s'applique pas aux véhicules jaunes qui consomment trop du fait des équipements	× : Nécessite d'installer une infrastructure de recharge aujourd'hui inexistante sur les plateformes. ✓ : Peut être du bio-GNV : pas de modification moteur à prévoir.	× : Peu de modèles disponibles actuellement. × : Production de l'hydrogène pas encore propre.

[132] https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/programme-actions-aerodromes_2018.pdf

Il faut rappeler que les nouveaux équipements thermiques sont moins émetteurs puisque la nouvelle règlementation relative aux engins mobiles non routiers s'applique aux moteurs équipant ces engins mobiles depuis 2016[133].

EFFICACITE INTRINSEQUE

Des modèles d'engins d'assistance en escale propres existent déjà notamment en électrique pour les loaders, tracteurs bagages, tracteurs fret, tapis bagages, push avion (pour les moyens courrier), escaliers passagers, ACU. La plupart des assistants en escale possèdent déjà quelques engins électriques.

Pour poursuivre le verdissement des opérations d'assistance en escale, différentes options technologiques sont envisageables, avec un arbitrage au cas par cas, selon les usages des différents engins et les spécificités de chaque plateforme aéroportuaire. A titre informatif, d'une manière générale, certaines technologies paraissent, à date plus adaptées, pour certains engins ; ce qui n'exclut le recours à d'autres solutions de verdissement si les conditions locales rendent ces dernières plus pertinentes :

- les bus de transport de passagers et d'équipage peuvent représenter une part importante des consommations de carburant en zone réservée et donc des émissions. La transition vers les technologies GNV et électriques semble bien adaptée à ce type de véhicules. Le choix entre GNV et électrique doit se faire selon l'usage des bus ;
- pour la partie "camion", comme par exemple les camions de catering, pour les personnes à mobilité réduite, ou pour l'eau potable et les eaux usées, la technologie GNV semble plus adaptée, mais moins facile à mettre en œuvre rapidement puisque nécessite de disposer d'une station d'approvisionnement en GNV en zone réservée ;
- les véhicules "classiques" (type citadine et utilitaire) appartenant aux sociétés d'assistance en escale représentent également une part importante des émissions du trafic en zone réservée. Les technologies électriques pour les citadines et utilitaires et GNV voire hydrogène à plus long terme pour les utilitaires semblent les plus adaptées ;
- les engins de pistes aéroportuaires appartenant aux sociétés d'assistance en escale représentent une part majoritaire des consommations de carburants des véhicules et engins totaux roulant en zone réservée. Au regard de la maturité technologique des engins de piste actuellement sur le marché, beaucoup d'assistants font le choix de se tourner vers l'électrique pour ces futurs engins.

Les bénéfices sont escomptés sur le plan environnemental (réduction des émissions de gaz à effet de serre, amélioration de la qualité de l'air), économiques (réduction des coûts de carburant, réduction des heures de maintenance) et opérationnels (meilleure réactivité des engins et véhicules).

LIMITES TECHNIQUES

Même si les technologies sur certains engins de pistes propres ne sont pas encore matures (surtout sur les gros engins de traction), il n'y a pas de limite technique réelle au

[133] Regulation (EU) 2016/1628 of the European Parliament and of the Council of 14 September 2016 on requirements relating to gaseous and particulate pollutant emission limits and type-approval for internal combustion engines for non-road mobile machinery, amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and amending and repealing Directive 97/68/EC

verdissement. La plupart des constructeurs de véhicules et d'engins de piste proposent déjà des alternatives propres, essentiellement électriques.

Le verdissement des engins de piste nécessite des infrastructures d'approvisionnement adéquates en zone réservée : points de charge électrique, stations GNV, voire stations hydrogène (H_2). Cela suppose donc de disposer d'une puissance réseau suffisante pour accompagner la transition des engins vers l'électrique, ainsi que de réserves foncières en zone réservée pour l'installation de stations de distribution GNV ou H_2, et de la capacité à distribuer respectivement du gaz et de l'hydrogène jusqu'à ces stations.

FREINS EVENTUELS POUR LE DEPLOIEMENT

Les engins propres, et notamment électriques, présentent un surcoût à l'achat (de 20% à 50% plus chers que les engins thermiques). Toutefois, dans un raisonnement en coût global de possession (TCO), la diminution des coûts de maintenance pour des engins électriques rend ces derniers relativement compétitifs comparés à des engins thermiques.

Avant d'investir dans des engins propres, les assistants en escale doivent s'assurer de la disponibilité d'infrastructures d'approvisionnement (points de charge électrique ou stations de distribution GNV ou H_2) et l'exploitant aéroportuaire doit donc être en mesure de mettre à disposition ces infrastructures.

Afin d'inciter au verdissement des véhicules circulant en zone réservée, des critères de verdissement peuvent être intégrés au cahier des charges pour la sélection de prestataires de services d'assistance en escale le cas échéant ou dans les consignes locales de chaque plateforme aéroportuaire.

Au-delà du surcoût d'investissement, la principale barrière au verdissement est l'adaptation des infrastructures aéroportuaires pour accueillir ces nouveaux engins et véhicules :

- disponibilité des emplacements en zone réservée (côté piste) « électrifiables », proche des opérations et fournissant une quantité d'énergie suffisante pour installer les bornes de recharge électriques ;
- développement de stations hydrogène ou bio-GNV accessibles aux opérateurs.

Par exemple, un engin de piste électrique neuf ne peut être acheté que si l'assistant a l'assurance qu'il dispose d'un point de recharge adapté au préalable.
Le coût de ces infrastructures (installation des points de recharge, location des emplacements, prix de l'électricité etc.), cumulé à celui des nouveaux véhicules et engins, dimensionne également le rythme de renouvellement des engins.

ORDRE DE GRANDEUR DE COUTS D'INVESTISSEMENT ET OPERATOIRES

Si on prend l'exemple de l'électrique, ces engins étant environ entre 20% et 50% plus chers qu'en version thermique, un budget conséquent au renouvellement de la flotte doit être consacré.

D'après le Plan de Protection Atmosphère Ile-de-France de 2018, « l'investissement pour renouveler l'intégralité du parc serait d'environ 716 millions d'euros, soit en considérant une durée de vie de 15 ans par engin de piste de 48 millions d'euros par an. Ce calcul a été réalisé en prenant un coût moyen pour l'ensemble des engins de piste et en évaluant le nombre total d'engins de pistes à partir d'enquêtes réalisées sur une partie du parc. »
Des mécanismes fiscaux incitatifs à l'achat de nouveaux engins électriques, comme des primes à l'achat, subventions ou dispositifs de sur-amortissement, pourraient permettre d'accélérer cette tendance.

EMISSIONS EVITEES

Si l'ensemble des engins de piste et véhicules circulant en zone réservée passe en modèle propre (0 émission de CO_2), cela permet d'éviter environ 2% des émissions globales sur une plateforme aéroportuaire. Il convient toutefois d'intégrer le contenu carbone de l'énergie consommée (ex : électricité), qui n'est minimisé que si la source d'énergie a elle-même été décarbonée (ex : utilisation d'électricité d'origine renouvelable).

EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

Sur les plateformes de Paris-Orly et Paris-Charles de Gaulle, à fin 2018, 20 à 25% des engins et véhicules d'assistance en escale sont propres (électriques). Le potentiel de verdissement est estimé à environ 90-95% avec les technologies électriques, GNV et hydrogène à long terme. Le déploiement se fera au fur et à mesure des calendriers de renouvellement de matériel, d'installation de points de charge et station d'approvisionnement et des éventuelles exigences liées aux réglementations locales.

En 2019, 40% de la flotte totale d'engins de piste[134] de Groupe Europe Handling est électrique. Sur Paris – Charles-de-Gaulle et Paris – Orly, deux loaders électriques (pour des avions gros et moyens porteurs), une soixantaine de tapis bagages électriques et plus de 200 tracteurs bagages électriques sont présents.
Ces engins de nouvelle génération représentent un double avantage : d'une part une partie des pièces détachées sont en commun avec les tracteurs bagages électriques du même constructeur, d'autre part, ils contribuent à une diminution des quantités de carburants consommées annuellement : environs 3000 L par tracteurs, 2600 L par loaders, et 1000L par tapis. De nouveaux projets d'électrification des véhicules et engins de piste sont actuellement à l'étude sur ces aéroports, en fonction des infrastructures de recharges potentielles.

6. L'ACCESSIBILITE A LA PLATEFORME AEROPORTUAIRE

COURTE DESCRIPTION DES ACTIONS MISES EN PLACE

Dans le bilan global des émissions de polluants et de CO_2 d'une plateforme aéroportuaire, l'accès aux plateformes par les salariés et les passagers représente environ 30% des émissions de CO_2.
Différentes actions peuvent être menées afin de réduire ces émissions induites :

- mise en place d'un Plan de Mobilité et/ou Plan de Mobilité inter-entreprises avec un développement :
  - du covoiturage pour les salariés mais également avec les passagers ;
  - de l'autopartage ;
  - des outils pour limiter les déplacements : visioconférence, télétravail ;
- aménagement de voies dédiées aux modes actifs, actées par des schémas directeurs dédiés ;
- participation au déploiement des transports en commun pour rejoindre la plateforme aéroportuaire ;
- mise à disposition en zone publique d'infrastructures d'approvisionnement en carburants alternatifs pour inciter à l'usage de véhicules propres (bornes de recharge pour véhicules électriques, station hydrogène, station GNV).

[134] opérés sur Paris - Charles de Gaulle, Paris - Orly, Paris - Le Bourget et Nice Côte d'Azur.

EFFICACITE INTRINSEQUE

C'est bien un ensemble d'actions qui permettront de réduire les émissions liées au trafic routier.

Il y a plusieurs niveaux d'actions :

- actions sur les infrastructures : voies dédiées aux modes actifs, déploiement de bornes de recharge, station GNV ou hydrogène ;
- actions sur les comportements : incitation à l'usage des transports en commun via des mesures incitatives (par exemple remboursement du pass Navigo), au covoiturage, au télétravail pour les salariés ;
- actions en lien avec des partenaires : pour améliorer la desserte des plateformes en transports en commun.

LIMITES TECHNIQUES

Cf paragraphe ci-dessous.

FREINS EVENTUELS POUR LE DEPLOIEMENT

Certaines actions ne peuvent être menées qu'en collaboration avec des partenaires, comme le renforcement des transports en commun ou le développement de voies dédiées aux modes actifs. La mise en place de plans de mobilité inter-entreprises constitue un levier important pour le déploiement de telles actions.

Par ailleurs, le déploiement de bornes de recharge pour véhicules électriques nécessite de disposer sur la plateforme aéroportuaire d'une puissance réseau suffisante.

Il est constaté que le fait d'avoir une offre importante de places de parking pour les salariés n'incite pas à prendre les transports en commun ou le recours au covoiturage.

Au-delà de ces barrières, la principale limite reste le changement comportemental. Malgré les offres de transport en commun quand elles existent ou le covoiturage, il est encore difficile de faire changer les habitudes de transport. Un des facteurs limitant l'usage des transports en commun est notamment la forte part des salariés en horaires décalés sur certaines plateformes aéroportuaires. D'après l'association R'Pro'Mobilité, 74% des salariés en 2019 sur Paris CDG étaient en horaires décalés (prise de fonction avant 6h ou fin de service après 20h).

ORDRE DE GRANDEUR DE COUTS D'INVESTISSEMENT ET OPERATOIRES

Pas d'information

EMISSIONS EVITEES

L'augmentation de la part modale des transports en commun vers des moyens différents permettra de faire baisser les émissions liées à l'accès aux plateformes, à la fois des salariés et des passagers.

Le déploiement de bornes de recharge pour véhicules électriques dans les parkings publics permet également aux passagers disposant d'un véhicule électrique de se rendre sur la plateforme aéroportuaire avec leur véhicule propre. A titre d'exemple, sur la plateforme de Paris-Charles de Gaulle, en 2018, près de 5 600 véhicules ont pu se charger dans les parkings, ce qui a permis d'éviter environ 77 tonnes de CO_2.

EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

Concernant le déploiement des transports en commun, le Groupe ADP participe au projet de CDG Express qui devrait relier l'aéroport Paris-Charles de Gaulle à la Gare de l'Est à Paris en 20 minutes. Les travaux devraient s'achever en 2025. Le CDG Express transportera 7 à 8

millions de passagers par an, dès 2030. Le Groupe ADP échange également régulièrement avec la société du Grand Paris Express, dans l'optique du déploiement des lignes 14, 17 et 18, qui permettront à terme de rejoindre les plateformes franciliennes (Paris – Charles de Gaulle, Paris – Orly, Paris – Le Bourget) par ces transports en commun.

Le Groupe ADP avait mis en œuvre un plan de mobilité sur la période 2016-2018 comprenant dix actions structurées selon quatre thématiques : les nouveaux modes de travail, les modes actifs, les nouvelles mobilités, l'implication et la sensibilisation des salariés. Les filiales du groupe étaient associées à plusieurs de ces actions. À la clôture du plan, 16 livrables étaient réalisés dont l'accord sur le télétravail ; la création d'espace de coworking et de bureaux en libre accès ; la généralisation de la visioconférence ; un outil « mobilité chantiers » ; l'expérimentation d'une navette autonome ; un diagnostic des cheminements doux à Paris – Le Bourget. Un nouveau plan de mobilité a été établi pour la période 2019-2021.

Depuis 2014, l'association R'Pro'Mobilité porte le plan de mobilité interentreprises de Paris-Charles de Gaulle. Elle réunit 14 entreprises : Aéroville, Air France, Bolloré Logistics, CIF Keolis, DB Schenker, DHL, DHL Aviation, GEH, FedEx Express, Hub Safe, La Poste, SDA Lagardère, Groupe ADP et sa filiale Hub One. Employant 50 % des effectifs localisés sur l'aéroport, ces sociétés s'engagent à promouvoir une mobilité plus respectueuse de l'environnement. En septembre 2017, R'Pro'Mobilité a mis en place une plate-forme de covoiturage, R'Pro'Covoiturage, pour les salariés des sites aéroportuaires franciliens.

Depuis 2016, le plan de mobilité interentreprises de Paris-Le Bourget s'est également constitué en association sous le nom de « Bourget Pro'Mobilité » et a expérimenté un service de navette électrique entre la gare RER B du Bourget et l'aéroport.

En juin 2019, le plan de mobilité interentreprises de Paris-Orly s'est constitué en association, Orly'Pro'Mobilité, autour d'Air France, Kéolis, GEH, EPT Grand Orly Seine Bièvre, Lagardère Travel Retail, Hubsafe, Groupe ADP et ses filiales ADP Ingénierie et Hub One.

CONCLUSIONS

Les travaux du groupe ont été menés durant une année et se sont achevés durant la crise sanitaire du COVID-19. Ce groupe de travail a réuni les professionnels du secteur aérien (DGAC, DGEC, UAF&FA, CSAE, SAFRAN, ONERA, FNAM et BAR [135] et des experts indépendants (LCSQA et Citepa)[1135]. Les travaux se sont fait en pleine concertation avec les membres et partenaires afin de collationner et prendre en compte les observations des associations environnementales (FNE)[135], de riverains (UFCNA)[135] et d'élus locaux (Régions de France, France Urbaine et l'Alliance des collectivités pour la qualité de l'air)[135]. Que chacun des membres soit remercié pour la qualité de ses contributions mais également pour la qualité du travail qui a été fait collectivement.

[135] La liste des acteurs sollicités durant ce groupe de travail est reportée en annexe 1.

GLOSSAIRE

AASQA – Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air
A-CDM – Airport Collaborative Decision Making
ACI – Airport Council International
ACNUSA – Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires
ACU – Air conditioning unit
ADEME – Agence de la transition écologique
AIP – Aeronautical Information Publication
ANSES – Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
APU – Auxiliary Power Unit
BC – black carbon
CAEP – Comité de la protection de l'environnement en aviation
Citepa – Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique
CNA – Conseil national de l'air
CO_2 – Dioxyde de carbone
COV – Composés organiques volatils
COVNM – Composée organique volatils non méthaniques
DGAC – Direction général de l'aviation civile
DGEC – Direction générale de l'énergie et du climat
EMEP – European Monitoring and evaluation programme
EPCI – Un établissement public de coopération intercommunale
FE – Facteur d'émission
GES – Gaz à effet de serre
GMD – Geometric mean diametre
GNV – Gaz naturel pour véhicules
GPU – Ground power unit
GSE – Ground support equipment
GTA – Gendarmerie du transport aérien
H_2 – Hydrogène
HAP – Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HC – Hydrocarbures imbrulés
ICPE – Installation classée pour la protection de l'environnement
INERIS – Institut national de l'environnement industriel et des risques
LAURE – Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie
LCSQA – Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
LTECV – Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte
LTO – Landing and Take-off
MTES – Ministère de la Transition écologique et solidaire
NH_3 - Ammoniac
NO – Monoxyde d'azote
NO_2 – Dioxyde d'azote
NOTRE – La loi portant nouvelle organisation territoriale de la République
NO_X – Oxydes d'azote
NVPM – Non-volatile particulate matter
O_3 – Ozone
OACI – Organisation de l'aviation civile internationale
OMINEA
PCA – Pre-conditioned air system
PCAET – Plan climat-air-énergie territorial
PCIT – Pôle de Coordination national sur les Inventaires d'émission Territoriaux
PNAC – Plan national d'actions de l'aviation civile

PPA – Plan de protection de l'atmosphère
PREPA - Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques
PRSE – Plan régional santé environnement
PUF – Particules Ultrafines
PV – procès verbal
SN – smoke number
SNBC – Stratégie national bas-carbone
SO_2 – Dioxyde de soufre
TARMAAC – Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile
TSP – Total suspended particules
VTR – Valeur toxique de référence

ANNEXE 1 – LISTE DES PARTICIPANTS ET DES ACTEURS SOLLICITES DANS LE CADRE DES TRAVAUX DU GROUPE DE TRAVAIL

Organisme	Représentant	Organisme	Représentant
ACNUSA	Nadine Allemand	LCSQA	Eva Leoz
	Nathalie Guitard	ONERA	Weeded Ghedhaïfi
	Réka Vallier	Régions de France	Jules Nyssen Olivia de Maleville
ADP	Yannaël Billard	SAFRAN/SNECMA	Olivier Penanhoat
	Julie François		Yoann Mery
Air France /FNAM	Dominique Granville	UAF	Bérengère Cappa
Alliance des collectivités pour la qualité de l'air	Françoise Schaetzel		Bertrand Eberhard
	Fanchon Barbat-Lehmann		Maud Higel
BAR France	Yves Ezanno	UFCNA	Claude Carsac
Citepa	Jean-Marc André		Patric Kruissel
	Tara Glass		
	Julien Vincent		
CSAE	Mildred Dauphin		
DGAC/DTA	Claire Raïs-Assa		
	Gwenola Le Gall		
	Thierry Delort		
DGAC/STAC	Stéphanie Kerbrat		
	Jérôme Sarda		
DGEC	Hubert Holin		
	Pascale Vizy		
Fédération Atmo France	Didier Chapuis		
	Anne Kauffmann		
	Olivier Perrussel		
	Boualem Mesbah		
FNE	Geneviève Laferrere		
France Urbaine	Olivier Landel Etienne Chaufour		
labo ADP	Philippe Adt		
	Armelle Guedon		
	Marie Leroux		
	Romain Rollet		
	Stéphane Verlhac		

ANNEXE 2 - DATES ET ORDRE DU JOUR DES REUNIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

Date	Ordre du jour
13 juin 2019 – réunion technique	✓ Lancement des travaux par le président de l'ACNUSA (Gilles Leblanc) et la présidente du groupe de travail (Nadine Allemand, ACNUSA) ✓ Méthodologie et calendrier de la révision du guide (Nathalie Guitard, ACNUSA) ✓ Retours d'expérience sur l'application du guide (Nathalie Guitard, ACNUSA) ✓ Surveillance de la qualité de l'air : o Les différentes stratégies de surveillance de la qualité de l'air sur les aéroports français (Bérengère Cappa, Aéroport de Marseille Provence) o Présentation des travaux entre les AASQA et les aéroports sous l'autorité de l'ACNUSA (présentation Didier Chapuis, ATMO-France) ✓ Particules ultrafines o Surveillance des nanoparticules (Stéphane Verlhac, Laboratoire d'Aéroports de Paris) o La situation réglementaire vis-à-vis des émissions polluantes post CAEP11 (Olivier Penanhoat, SAFRAN Aircraft Engines)
5 septembre 2019 réunion technique	✓ La méthodologie d'actualisation du guide et calendrier (Nathalie Guitard, ACNUSA) ✓ Les différentes demandes en termes d'inventaires d'émissions (Julien Vincent, CITEPA) ✓ Estimation des émissions des APU – retour d'expérience sur les temps d'utilisation des APU en Ile-de-France à travers l'application de l'arrêté de restriction du 27 juillet 2012 (Réka Vallier, ACNUSA) ✓ Estimation des émissions des engins de piste sur l'aéroport de Paris-CDG (Romain Rollet, Laboratoire d'ADP) ✓ Les axes d'amélioration identifiés lors de la première version ont-ils progressé ? o Les émissions des aéronefs (Thierry Delort, DGAC) o Les émissions des PM10 et PM2.5 (facteurs d'émissions) - nouvelles recommandations OACI (Yoann Mery, SAFRAN) ✓ Recommandations en termes d'inventaires d'émissions dans le guide actualisé)
14 novembre 2019 réunion technique	✓ Compte-rendu de la réunion du 05 septembre 2019 et retour sur la réunion miroir du 26 septembre 2019 ✓ Mesures de réductions des émissions sur l'aéroport et trajectoires à 10 ans (tour de table) o Actions mises en place par les différents acteurs (gestionnaires, assistants en escale, DGAC, compagnies aériennes, constructeurs) o Eléments coûts / bénéfices / gains attendus o Freins à la mise en place de certaines actions ✓ Information du public & Indicateurs o Information du public ▪ Quelles sont les informations disponibles actuellement ?

Date	Ordre du jour
	▪ Comment y accède-t-on ? Visibilité de ces informations ? ▪ Axes d'amélioration en termes de données et d'accès ? o Indicateurs ▪ Retours d'expérience sur l'utilisation et la diffusion des indicateurs du 1er guide ▪ Axes d'amélioration ✓ Point d'étape sur l'actualisation du guide
5 mars 2020 réunion technique	✓ Observation et remarques sur le projet de nouvelle version du guide méthodologique
26 septembre 2019 réunion miroir	✓ Introduction par Madame Nadine Allemand, la présidente du groupe de travail ✓ Méthodologie et calendrier de la révision du guide ✓ Bilan des 2 premières réunions techniques relatives à la surveillance de la qualité de l'air et aux inventaires d'émissions ✓ Discussions
31 mars 2020 réunion miroir	En raison des mesures de confinement liées au COVID19, la consultation s'est faite par voie électronique. ✓ Observation et remarques sur le projet de nouvelle version du guide méthodologique

ANNEXE 3 - TABLEAU DES VALEURS REGLEMENTAIRES

D'après le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air et Arrêté du 7 avril 2016 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant modifié par l'arrêté du 26 aout 2016 [136].

Polluant	Valeur limite	Valeur cible	Objectif de qualité / Objectif à long terme	Seuil d'information et de recommandation	Seuil d'alerte
Dioxyde de soufre (SO_2)	125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours/an 350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures/an		50 µg/m³ en moyenne annuelle	300 µg/m³ en moyenne horaire	500 µg/m³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
Dioxyde d'azote (NO_2)	40 µg/m³ en moyenne annuelle 200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures/an			200 µg/m³ en moyenne horaire	400 µg/m³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives ou 200 µg/m³ en moyenne horaire si déclenché la veille, le jour même et prévu pour demain
Ozone (O_3)		Protection de la santé 120 µg/m³ en moyenne sur 8 heures glissantes à ne pas dépasser plus de 25 jours/an (moyenne calculée sur 3 ans) Protection de la végétation 18 000 µg/m³.h pour l'AOT40** (moyenne calculée sur 5 ans)	Protection de la santé 120 µg/m³ en moyenne sur 8 heures glissantes Protection de la végétation 6 000 µg/m³.h pour l'AOT40**	180 µg/m³ en moyenne horaire	Seuil 1 : 240 µg/m³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives Seuil 2 : 300 µg/m³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives Seuil 3 : 360 µg/m³ en moyenne horaire Sur persistance : 180 µg/m³ en moyenne horaire prévu pour le jour même et le lendemain
Particules en suspension (PM10)	40 µg/m³ en moyenne anuelle 50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours/an		30 µg/m³ en moyenne annuelle	50 µg/m³ en moyenne journalière	80 µg/m³ en moyenne journalière Sur persistance : 50 µg/m³ en moyenne journalière prévue pour le jour même et le lendemain
Particules en suspension (PM2,5)	25 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle		

[136] Source : ATMO Hauts de France : https://www.atmo-hdf.fr/tout-savoir-sur-l-air/reglementation-sur-l-air.html

ANNEXE 4 - SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LES GRANDS AEROPORTS RELEVANT DE LA COMPETENCE DE L'ACNUSA

Les valeurs limites définies par la réglementation française sont :

- pour le NO_2, en moyenne annuelle : 40 µg/m^3;
- pour le SO_2, en moyenne journalière: 125 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 3 jours par an ;
- pour les PM10, en moyenne annuelle : 40 µg/m^3 ;
- pour les PM2,5, en moyenne annuelle : 25 µg/m^3 ;
- pour le benzène, en moyenne annuelle : 5 µg/m^3.

Le choix des sites des stations de mesures est important pour assurer une représentativité des moyennes mesurées :

- une station de fond, est une station qui représente l'ambiance générale de la pollution urbaine d'un secteur dans lequel toute la population est *a minima* exposée. Ces stations doivent être suffisamment éloignées des sources locales pour ne pas être influencées. Il y a les stations urbaines, qui sont situées dans l'agglomération, dans des zones à fortes densité de population. Il y a les stations péri-urbaines, elles sont situées en périphérie d'agglomération ;

- les stations de proximité de type trafic ou industrielle, sont placées sous l'influence directe et dominante d'une source ou d'un type de pollution. Un site implanté à proximité immédiate du trafic routier permet de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans des zones représentatives du niveau maximal d'exposition auquel la population située en proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée (moins de 10 m des voies).

CONCENTRATIONS ANNUELLES MOYENNES SUR LES AEROPORTS DISPOSANT D'UN DISPOSITIF PERMANENT DE SURVEILLANCE ET COMPARAISON AVEC LES STATIONS DE MESURE DE QUALITE DE L'AIR AUTOUR DE L'AEROPORT

Aéroport de Beauvais : 1 station sous les vents dominants. Les polluants mesurés sont : SO_2, NO_2 et PM10. En 2019, la surveillance du SO_2 a été abandonnée au profit de celle des PM2.5.

Aéroport de Beauvais - Tillé						
Polluants	Sites des stations de mesures et moyennes annuelles mesurées en 2018 (µg/m^3)[137]					
	Beauvais-Tillé (Aéroport)	Beauvais (trafic)	Rieux (industrielle)	Creil (urbaine)	Nogent-sur-Oise (péri-urbaine)	Salouël (péri-urbaine)
NO_2	13	28	15	22	21	13
SO_2	2	-	1	-	-	
PM10	17	20	19	19	20	18

[137] https://www.aeroportparisbeauvais.com/fileadmin/user_upload/redaction/Professionnels/Developpement_durable/Rapport_ATMO_SAGEB_2018.pdf

Aéroport de Lyon-Saint-Exupéry : 1 station à proximité. Les polluants mesurés sont : O_3, NO_2 et PM10.

Aéroport de Lyon-Saint-Exupéry					
Polluants	Sites de stations de mesures et moyennes annuelles mesurées en 2018 ($\mu g/m^3$)[138]				
	Aéroport - site de Pusignan (station péri-urbaine)	Lyon Gerland (urbaine)	Sud lyonnais / Ternay (péri-urbaine)	Lyon Périphérique Est (Trafic)	Lyon Saint-Just (Urbaine)
NO_2	12,2	29,6	20,8	66,3	28 (2016)
PM10	14,6	18,3	19,6	22,4	-
O_3	62,4	49,9	55,5	-	42 (2016)

Aéroport de Nice-Côte d'Azur : 1 station sur l'aéroport. Les polluants mesurés sont : O_3, NO_2, PM10 et PM2,5.

Aéroport de Nice - Côte d'Azur				
Polluants	Sites de stations de mesures et moyennes annuelles mesurées en 2018 ($\mu g/m^3$)[139]			
	Nice - Côte d'Azur (Aéroport)	Antibes/Jean Moulin (péri-urbaine)	Cannes Broussailles (urbaine)	Nice-Promenade (trafic)
NO_2	19,3	27,5	20,2	40,7
PM10	20,1	27	20,9	29,7
O_3	54,3	52,1	60,2	-
PM2,5	11,7	-	-	13,1

[138] https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/donnees/acces-par-station/20004
[139] https://www.atmosud.org/donnees/acces-par-station/24035

Aéroport de Paris-Orly : 2 stations : 1 en amont (Orly Sud) et 1 sous les vents dominants (Orly Nord) de l'Aéroport. Les polluants mesurés sont : NO_2, O_3, PM2,5 et PM10.

Le dispositif Survol met à disposition des riverains de Paris-Charles de Gaulle, Le Bourget et Paris-Orly une information quotidienne sur les niveaux de pollution atmosphérique auxquels ils sont exposés : http://survol.airparif.fr/index.php. Une campagne de mesure a été réalisée en 2018 sur la plateforme de Paris-Orly, dans le cadre du projet SURVOL, le rapport est consultable en ligne[140].

Aéroport de Paris – Orly				
Polluants	Sites de stations de mesures et moyennes annuelles mesurées en 2018 (µg/m³)[141]			
	Paris-Orly (Aéroport)[142]	Vitry-sur-Seine (urbaine)	Périphérique Est (trafic)	Champigny-sur-Marne (urbaine)
NO_2	28 (Orly Nord) et 24 (Orly Sud)	30	67	28
PM2,5	12(Orly Sud et Nord)	13	16	-
O_3	39 (Orly Nord)	-	-	41
PM10	21 (Orly Nord) et 18 (Orly Sud)	21	-	-

Aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle : 2 stations : 1 en amont (CDG Sud) et 1 sous les vents (CDG Nord) de l'aéroport. Les polluants mesurés sont : NO_2, O_3, PM2,5 et PM10.

Le dispositif Survol met à disposition des riverains de Paris-Charles de Gaulle, Le Bourget et Paris-Orly une information quotidienne sur les niveaux de pollution atmosphérique auxquels ils sont exposés : http://survol.airparif.fr/index.php. En 2017 un bilan de la qualité de l'air à proximité des plateformes aéroportuaires de Paris-Charles-De-Gaulle et Paris-le Bourget a été réalisé, ce rapport est consultable en ligne[143].

Aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle				
Polluants	Sites de stations de mesures et moyennes annuelles mesurées en 2018 (µg/m³) [141]			
	Paris - Charles de Gaulle (Aéroport)[144]	Gonesse (péri-urbaine)	Tremblay-en-France (péri-urbaine)	A1 – Saint-Denis (trafic)
NO_2	30 (CDG Sud) et 21 (CDG Nord)	24	27	80
PM2,5	11 (CDG Sud) et 10 (CDG Nord)	12	-	18
O_3	42 (CDG Nord)	-	41	-
PM10	16 (CDG Nord) et 17 (CDG Sud)	-	20	41

[140] http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/rapport-survol-orly-campagne_2018.pdf
[141] https://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/bilan-2018.pdf
[142] http://ev-labo.aeroportsdeparis.fr/Media/Default/Bilans/Air/2018/BA_ORY_AIR_2018.pdf
[143] https://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/rapport-survol-cdg-lebourget-bilan_2017.pdf
[144] http://ev-labo.aeroportsdeparis.fr/Media/Default/Bilans/Air/2018/BA_CDG_AIR_2018.pdf

Aéroport de Toulouse-Blagnac : 2 stations sur l'aéroport coté piste et coté route (parcs de stationnement). Les polluants mesurés sont : NO_2, benzène, PM10 et PM2,5.

Aéroport de Toulouse - Blagnac				
Polluants	Sites de stations de mesures et les moyennes annuelles mesurées en 2018 (µg/m³)[145]			
	Toulouse – Blagnac (Aéroport)	Toulouse - Périphérique (trafic)	Toulouse-Mazades (urbaine)	Toulouse-Jacquier (urbaine)
NO_2	21 (trafic) 16 (piste)	68	15	18
PM10	14 (trafic et piste)	28	15	16
Benzène	1 (trafic)	1,5	-	-
PM2,5	-	-	9	-

RESULTATS DES DERNIERES CAMPAGNES DE MESURE SUR LES AUTRES AEROPORTS ET COMPARAISON AVEC LES STATIONS DE MESURE DE QUALITE DE L'AIR AUTOUR DE L'AEROPORT

Aéroport de Bâle-Mulhouse :

Aéroport de Bâle - Mulhouse		
Polluants	Campagne de mesures hiver/été 2016 (µg/m³)[146]	
	Points de mesure sur l'aéroport	Points de mesure sur les Villages environnants
NO_2	22 (min :16, max :40)	15 (min :16, max :20)
PM10	13,8-18,8	-
PM2,5	16,9-17*	-
benzène	0,5-1,2	0,8-1
*Facteur de correction important appliqué sur les concentrations brutes (en lien avec la représentativité temporelle) peut engendrer une surestimation des concentrations		

La figure suivante représente la dispersion spatiale basée sur les concentrations en moyennes annuelles en 2016 pour le NO_2:

[145] https://www.atmo-occitanie.org/sites/default/files/publications/2019-06/ATMO%20OCCITANIE%20RA%202018%20BD.pdf

[146] http://www.atmo-grandest.eu/sites/prod/files/2017-06/Rapport%20EuroAirport%20V210417_PROJ-EN-032.pdf

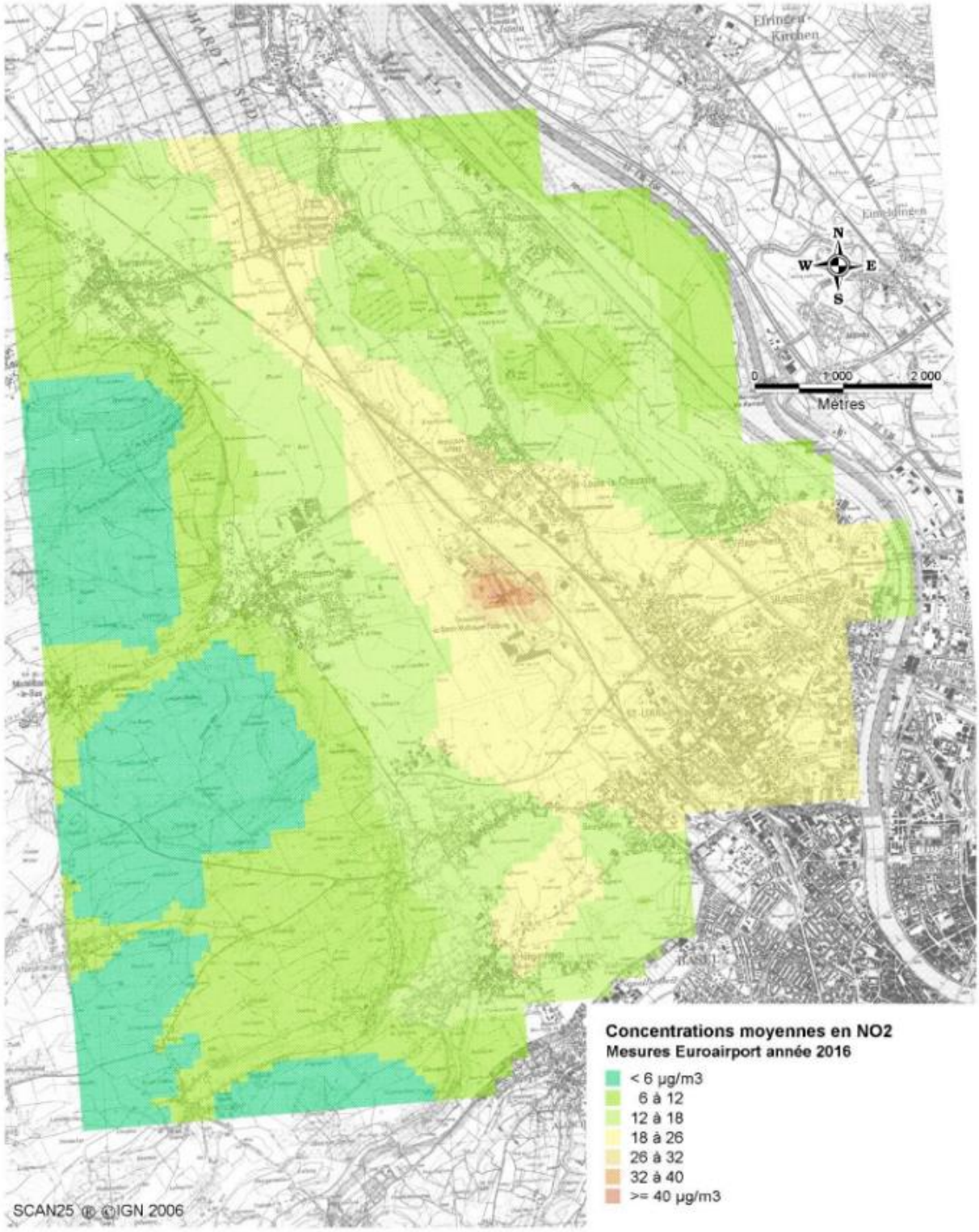


Figure 21: représentativité spatiale du NO_2 à l'aéroport de Bâle Mulhouse en 2016 (Source : Atmo Grand Est)

Aéroport de Bordeaux-Mérignac :

La dernière campagne de mesure réalisée sur l'aéroport de Bordeaux Mérignac était en 2012 et elle portait sur la mesure des HAP[147]. Sur le rapport des bilans annuels réalisés par Atmo Nouvelle Aquitaine, sont cartographiées par polluant les concentrations en moyenne annuelle. Les figures suivantes, montrent les concentrations en NO_2 et PM10 sur la ville de bordeaux pour l'année 2018[148] :

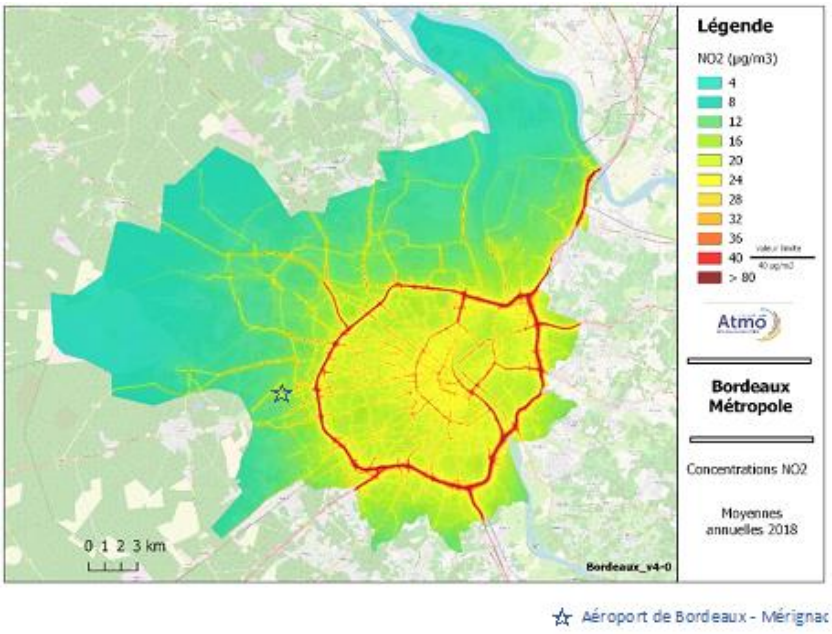


Figure 22: Carte de la concentration en NO_2

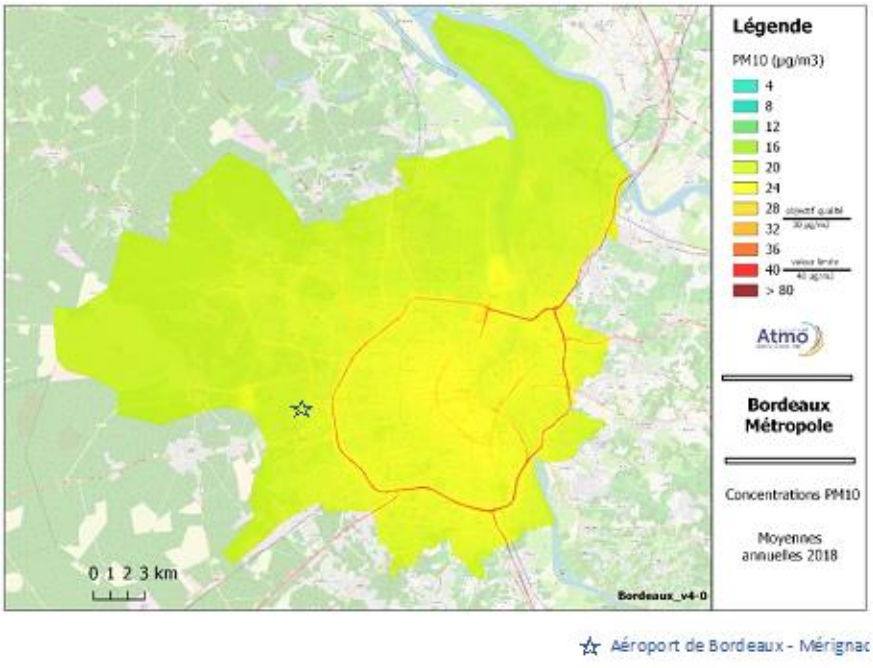


Figure 23: Carte de la concentration en PM10

147 https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/sites/aq/files/atoms/files/rapport_hap_aeroport_2012.pdf
148 https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/sites/aq/files/atoms/files/mes_int_19_024_bilanqa_2018_vf_2019-05-29_-_extrait_d33.pdf

Aéroport de Marseille-Provence :

En 2019, une étude est menée par Atmo Sud en partenariat avec l'Aéroport Marseille Provence et consiste à réaliser des campagnes de mesures de différents polluants atmosphériques. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact du trafic aérien et routier induit dans l'enceinte et à proximité de celui-ci. Les polluants mesurés sont le SO_2, le NO_2, le CO et les PM10, les PUF, le BC (station permanente de Marignane) ainsi que le NO_2, le benzène, le 1.3 butadiène, les PM10 et PM2.5 lors de 2 campagnes de mesures saisonnières. La dernière campagne de mesure sur la plateforme de Marseille – Provence a été réalisée en 2011[149]. La figure suivante montre la concentration en NO_2 sur la ville de Marseille en moyenne annuelle pour l'année 2018[150] :

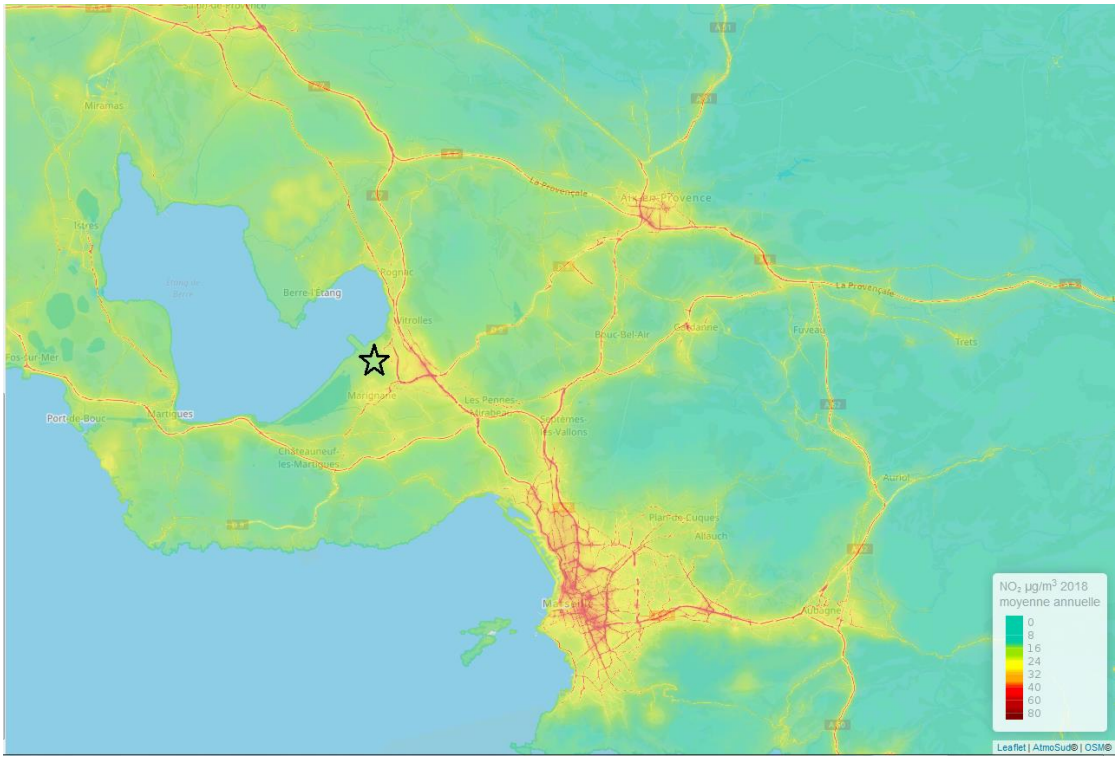


Figure 24: Concentration en moyenne annuelle en NO_2 (l'aéroport est symbolisé par une étoile)

[149] Source : Rapport STAC 2012 « Campagne de mesures de la qualité de l'air sur l'aéroport de Marseille-Provence »

[150] https://opendata.atmosud.org/viewer.php?categorie=modelisation#

Aéroport de Nantes-Atlantique :

La dernière campagne de mesure a eu lieu en 2018. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Aéroport de Nantes - Atlantique			
Polluants	Campagne de mesures hiver 2018 (µg/m³)[151]		
	Points de mesure sur l'aéroport	Points de mesure sur les Villages environnants	Agglomération Nantaise
NO_2	10-36*	6,4-14,3	14,5
benzène	0,5-1,1	-	-
*Valeur maximale est atteinte pour le site au sein de la zone aéroportuaire et sur la parking de l'aéroport			

La figure suivante montre la concentration en NO_2 sur l'agglomération de Nantes pour l'année 2018[152]:

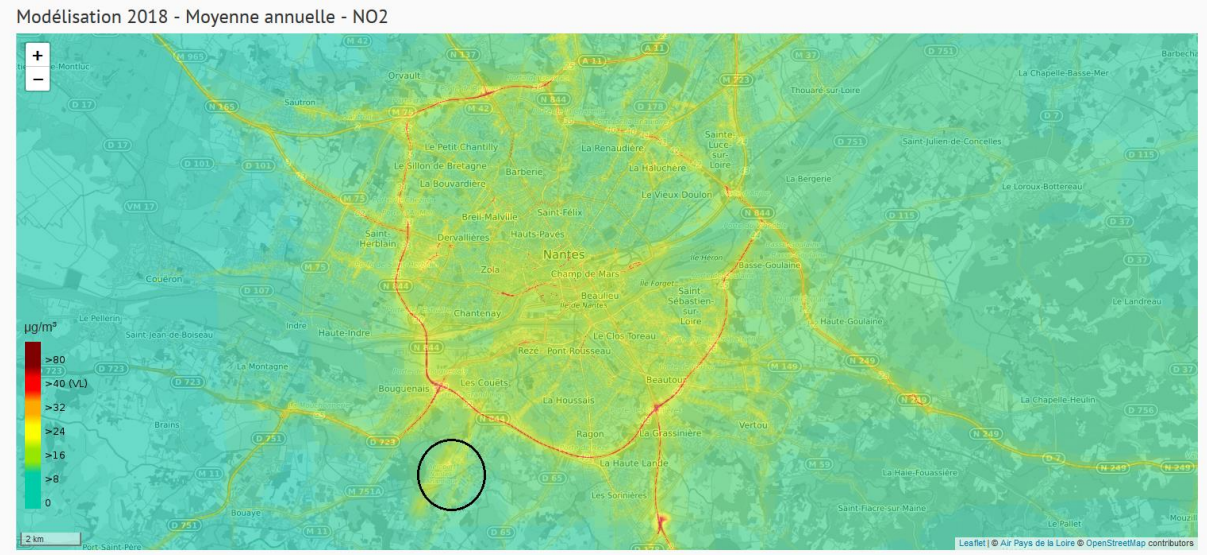


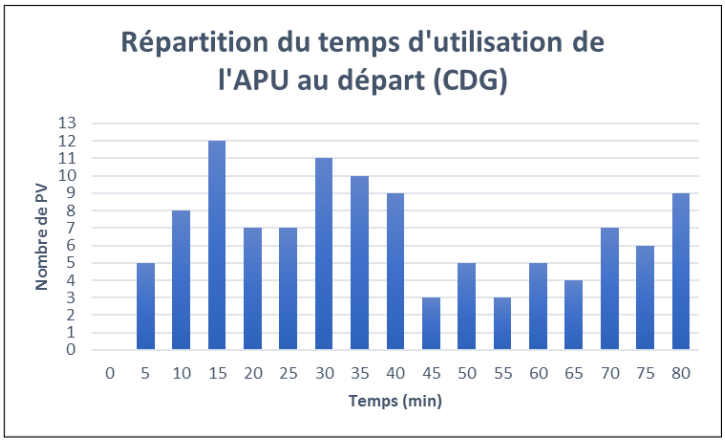
Figure 25: Concentration en moyenne annuelle en NO_2 (l'aéroport de Nantes-Atlantique est entouré)

[151] http://www.airpl.org/Publications/rapports/10-09-2018-aeroport-Nantes-Atlantique-evaluation-de-la-qualite-de-l-air-hiver-2018

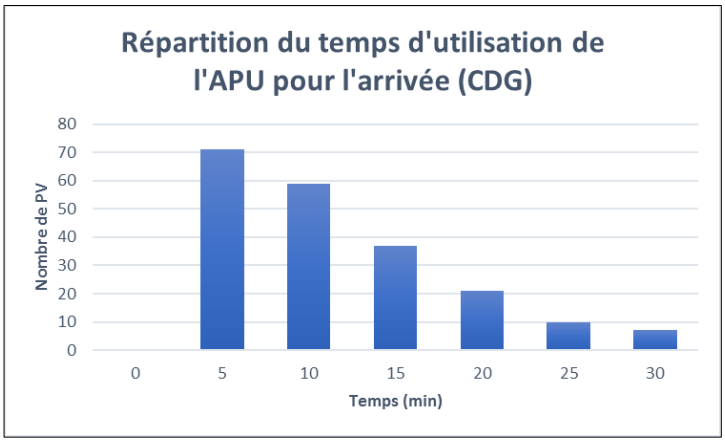
[152] https://data.airpl.org/dataset/modelisations/2018/NO2/MoyAn

Annexe 5 - Etude sur le temps d'utilisation des APU en Ile-de-France (histogrammes)

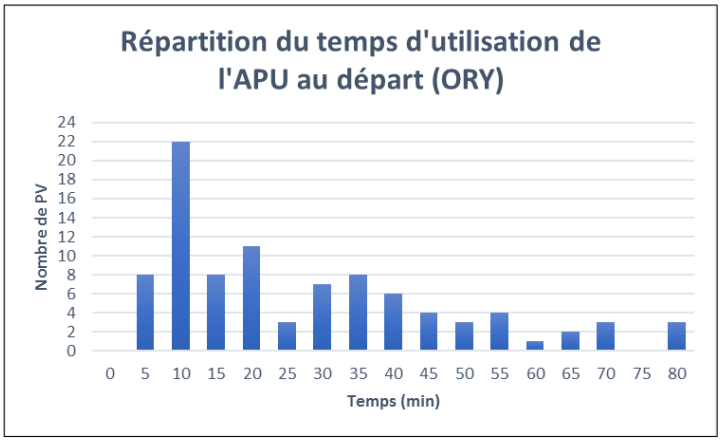
HISTOGRAMMES DE LA REPARTITION DU TEMPS D'UTILISATION DES 'APU DEPUIS 2014 (EN NOMBRE DE PV)



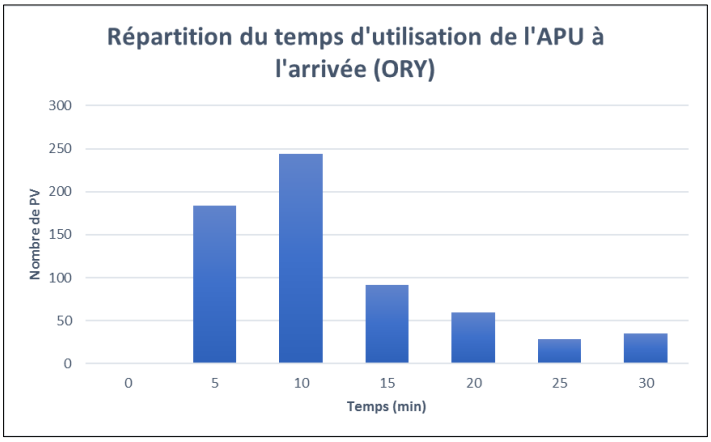
Depuis 2014 : 121 PV dressés dont 10 supérieurs à 80 min



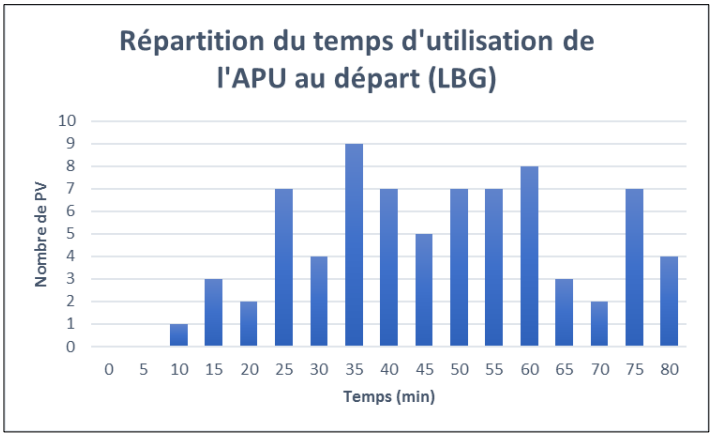
Depuis 2014 : 209 PV dressés dont 4 supérieurs à 30 min



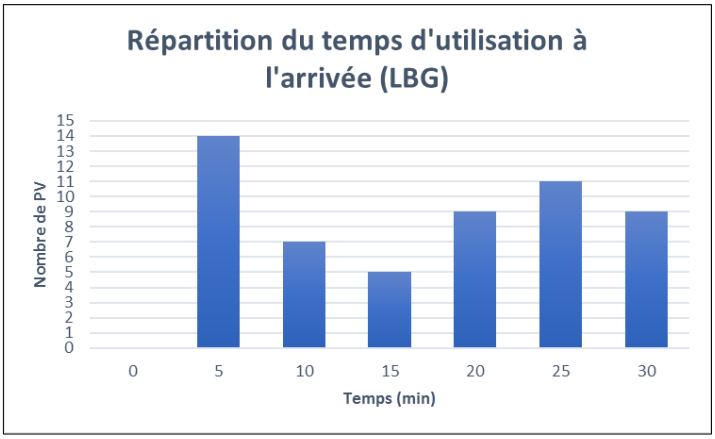
Depuis 2016 : 105 PV dressés dont 12 supérieurs à 80 min



Depuis 2016 : 669 PV dressés dont 25 supérieurs à 30 min



Depuis 2014 : 97 PV dressés dont 21 supérieurs à 80 min



Depuis 2015 : 73 PV dressés dont 18 supérieurs à 30 min

ANNEXE 6 – EXEMPLES DE MESURES DE REDUCTION DE POLLUANTS PRISES EN CAS D'EPISODE DE POLLUTION PAR LES GESTIONNAIRES D'AEROPORTS

AEROPORT DE LYON – SAINT – EXUPERY

En cas d'épisode de pollution (ozone, particules, etc.) une procédure « communication » est mise en place. Cette procédure est déclenchée uniquement en cas d'alerte de niveau orange ou rouge sur le bassin Lyonnais Nord Isère (information émise par le dispositif préfectoral Atmo RAA et/ou information interne d'ADL – Direction du Développement durable ou Direction de la Communication).

Information des passagers

Mise en ligne d'un pop-up sur site internet passagers : «Attention un épisode de pollution est constaté sur le Bassin Lyon - Nord Isère. Privilégiez le covoiturage et les transports en commun pour arriver ou partir de l'aéroport».

→ Action à réaliser par la Direction de la Communication ou par le Centre de Commandement des Opérations.

Message sur médias sociaux : Tweet/Twitter : «Attention un épisode de pollution est constaté sur le Bassin Lyon - Nord Isère. Privilégiez le covoiturage et les transports en commun pour arriver ou partir de l'aéroport »

→ Action à réaliser par la Direction de la Communication

Information du personnel (ADL, partenaires et entreprises des sites aéroportuaires)

Mise en ligne sur Aéropresse, relayée sur Planet (message A la Une), Planet TV et Galaxie (message A la Une) : « Alerte : épisode de pollution Attention, la vigilance pollution est activée dans le Bassin Lyon-Nord Isère ! (*Concentrations de particules ou autres polluants à préciser*). Privilégiez le covoiturage et les transports en commun pour arriver ou quitter l'aéroport. Nous sommes tous concernés ! » L'aéroport redirige vers le site d'Atmo RAA pour plus d'information, et en même temps rappelle aux bonnes pratiques conseillées par l'AASQA (réduire la vitesse au volant, etc.).

→ Action à réaliser par la Direction de la Communication.

+ si alerte prolongée -prévoir aussi une com sur LYN : limitation des tours de pistes sans instructeurs, interdictions des APU… - En cours

AEROPORT DE LILLE – LESQUIN

L'aéroport est abonné aux informations d'ATMO et dès la réception des alertes "Pic de pollution et mise en place de la circulation différenciée" les passagers et les salariés en sont informés et un rappel aux consignes opérationnelles est envoyé aux différents responsables de l'exploitant.

Information des passagers

Mise en ligne sur le site internet un message concernant l'épisode de pollution et du niveau de qualité de l'air ainsi qu'une demande concernant la réduction de la vitesse, l'obligation des vignettes CRIT'AIR, incitation usage des transports en communs et covoiturage.

Information des salariés

Les salariés de l'exploitant sont informés par mail (message concernant l'épisode de pollution et du niveau de qualité de l'air ainsi qu'une demande concernant la réduction de la vitesse, l'obligation des vignettes CRIT'AIR, etc.). Les entreprises du site sont informées via mailing afin qu'elles relayent l'information à leurs propres salariés.

Autres mesures

- Limitation des déplacements de l'exploitant : Limiter les déplacements en véhicule aux nécessités opérationnelles avérées (service de secours et d'urgence, maintenance du balisage de piste, etc.). En cas de nécessité de se déplacer en véhicule, les véhicules et engins les plus propres doivent être privilégiés ;
- rappel des consignes pour la conduite ;
- consignes opérationnelles pour le traitement des vols (utilisation des postes équipés en 400Hz, éviter l'usage des bus, etc.) ;
- consignes pour les travaux de maintenance, d'entretien ou de nettoyage (Décaler les tournées de contrôle des équipements hors sécurité afin de limiter les déplacements ; Privilégier l'utilisation d'outils électriques plutôt que thermiques ; Ne pas utiliser de produits à base de solvants organiques ; etc.) ;
- consignes pour les chantiers (Limiter ou reporter les activités génératrices de poussières et/ou source d'une importante utilisation de véhicules ou d'engins thermiques, etc.).

AEROPORTS DE PARIS

Information des salariés (et des passagers arrivant en voiture)

Transmission de l'info aux salariés ADP, et à la communauté aéronautique par des messages SITA à destination des entreprises intervenant en ZRS, messages sur les panneaux routiers.

Autres mesures

1) En cas de procédure d'information-recommandation :
   - consignes pour les gestionnaires de bâtiments : adapter la température de consigne dans certaines zones ;
   - pour les centrales thermiques : Réduire le fonctionnement des installations fixes dont les émissions contribuent à l'épisode de pollution / S'assurer du bon fonctionnement des dispositifs de traitement des rejets ;
   - pour les gestionnaires d'ICPE : Mettre en œuvre les prescriptions particulières prévues dans l'autorisation d'exploitation des ICPE. (S'assurer de la diffusion de l'information d'un épisode de pollution auprès des tiers occupants gestionnaires d'ICPE).

2) En cas de procédure d'alerte :
   - reporter certaines opérations émettrices de COV, de particules ou d'oxydes d'azote ;
   - reporter le démarrage d'unités à l'arrêt ;
   - réduire l'utilisation de groupes électrogènes ;
   - eviter l'utilisation de produits à base de solvants (acétone, white spirit, vernis, etc...) ;
   - rappeler aux intervenants extérieurs les bonnes pratiques à mener en cas d'épisode de pollution : ne pas laisser tourner les moteurs inutilement ; ne pas utiliser de façon inutile les groupes électrogènes ; privilégier l'usage des véhicules de chantier les plus récents ; faire usage autant que possible d'une conduite douce... ;
   - reporter ou réduire l'activité sur les chantiers générateurs de poussières et recourir à des mesures compensatoires (arrosage de préférence avec de l'eau non potable, etc.) dans la mesure du possible, sans que cela ne puisse mettre en cause la sécurité aéronautique et dans le respect des dispositions contractuelles ;
   - limiter l'usage des véhicules diesel non équipés de filtre à particules ;

- reporter les travaux d'entretien ou de nettoyage des espaces verts lorsque l'on utilise des moteurs thermiques, dans la mesure du possible, sans que cela ne puisse mettre en cause la sécurité aéronautique.

NICE – COTE D'AZUR

En cas de d'annonce d'un épisode de pollution prolongé dans le département d'Alpes-Maritimes, le groupe Aéroports de Côte-d'Azur met en place des actions de communication et de mesures de réduction d'émissions.

Information des salariés et des passagers

- La diffusion de l'alerte via un plan interne « pollution atmosphérique » ;
- la diffusion des informations générales auprès des services et du public ;
- l'envoi d'un mail de fin de pic de pollution aux services concernés.

Autres mesures

- Réduction de l'utilisation des véhicules thermiques (dans la mesure du possible privilégier les visioconférences ou les communications téléphoniques et reporter les déplacements professionnels ; bloquer les véhicules administratifs et privilégier l'utilisation des navettes ou des véhicules électriques pour les déplacements sur la plateforme ; Décaler la programmation des exercices de réaction, ...) ;
- suspension des travaux, ne portant pas atteinte à la sécurité des passagers et du personnel (les travaux de peintures, notamment internes, hors travaux de mise en sécurité ; les travaux type excavation, creusement) ;
- réduction des émissions directes – hors carburant des véhicules (Décaler les essais moteurs des groupes électrogènes de la centrale électrique ; En période de chauffe, baisser de 1°C la consigne de chauffage ; Décaler les tontes de pelouse en zone publique et zone réservée).

ANNEXE 7 – LES POLLUANTS EMERGENTS

Les particules ultrafines

NATURE DES PARTICULES ULTRAFINES (PUF)

Les particules en suspension dans l'air peuvent être classifiées selon leur taille (diamètre) en différenciant les grosses particules, les fines, les ultrafines et les nanoparticules. Les particules les plus larges (PM10 et PM2,5) constituent la majorité de la masse totale de particules mais ne représentent qu'une petite partie du nombre total de particules. A l'opposé, les particules ultrafines et les nanoparticules constituent la majorité du nombre total de particules mais une faible partie de la masse totale de particules (voir graphique ci-dessous).

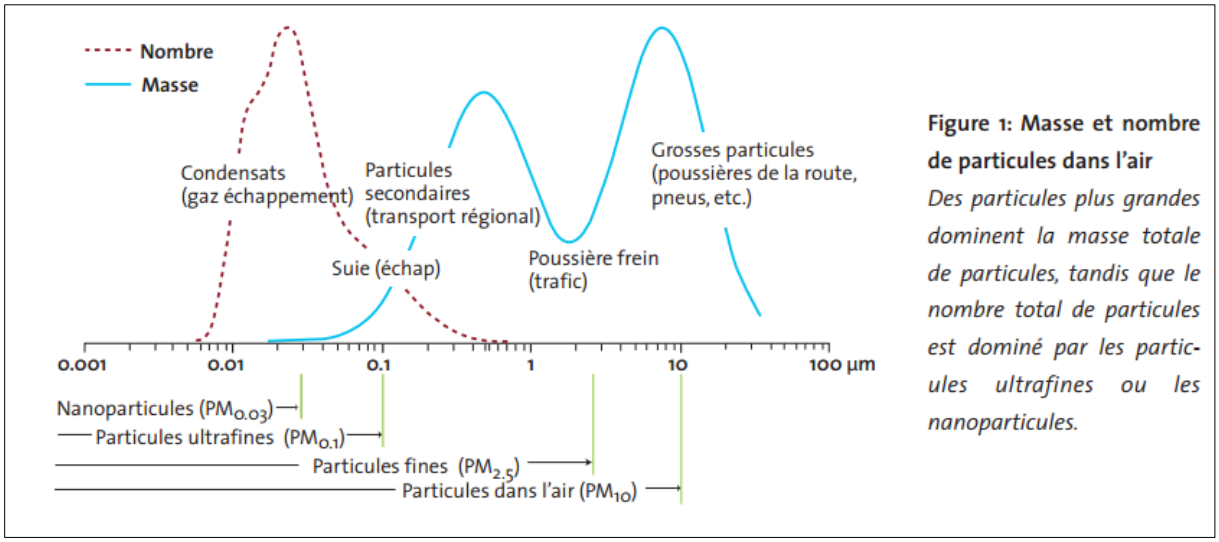


Figure 1: Masse et nombre de particules dans l'air
Des particules plus grandes dominent la masse totale de particules, tandis que le nombre total de particules est dominé par les particules ultrafines ou les nanoparticules.

Source : La Pollution de l'air dans les aéroports- Particules ultrafines, solutions[153]*, The Ecological Council (ISBN : 978-87-92044-37-2)*

CONCENTRATIONS MOYENNES

Une seule méthode internationale normalisée pour la mesure de concentration moyenne des particules ultrafines existe à ce jour (XP CEN/TS 16976 - Air ambiant – Détermination de la concentration en nombre de particules de l'aérosol atmosphérique, 2016) néanmoins il est possible d'avoir des concentrations moyennes pour différents types d'environnement mesurées avec différents types d'appareils. Dans le tableau ci-dessous sont présentées les concentrations en nombre des particules ultrafines dans l'air selon la localité.

Sites	Concentrations en nombre de particules ultrafines (#/cm^3)
Air « pur » en Montagne	< 1 000
Niveau de fond urbain (Europe)	7 000 à 11 000
Zone de trafic urbain (Europe)	31 500 ± 16 000
Sites pollués (smog)	> 50 000
Industrie (four/fonderie)	200 000 – 2 700 000

Source : https://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-L--16-026

[153] https://www.cph.dk/contentassets/04a9b35237a547d1a924ea3c9df25c31/air-pollution-in-airports_french.pdf

SURVEILLANCE

La note LCSQA [154] présente les trois technologies disponibles sur le marché pour la surveillance opérationnelle des PUF en air ambiant :

- CPC- compteur de noyau de condensation
- Granulométrie UFP 3031
- MPSS – Mobility Particle Size Spectrometer

Dans cette note technique un tableau comparatif permet de mieux comprendre les différences (métrique, prix, avantages, etc.) entre les trois dispositifs.

SURVEILLANCE DES PUF SUR ET AUTOUR DE GRANDS AEROPORTS

Les objectifs de surveillance des PUF dans le cadre des problématiques aéroportuaires :

- estimation de l'effet sanitaire (mesurer la concentration en nombre total de particules) ;
- identification de la source « avion » (analyser la répartition granulométrique).
-

En termes d'analyseurs au vu des objectifs de surveillance énoncés il serait intéressant d'instrumenter avec : MPSS (répartition granulométrique) + CPC (nombre total de particules) car le CPC est plus fiable que le MPSS pour l'analyse des concentrations en nombre et permet de suivre une potentielle dérive du MPSS.

ETUDES CONCERNANT LES PARTICULES ULTRAFINES SUR ET AUTOUR DES AEROPORTS

En 2017, l'ACNUSA a publié une étude bibliographique sur les particules ultrafines. Elle résumait, entre autres, les résultats des études réalisées sur et autour des aéroports en Europe et aux Etats-Unis entre 2007 et 2015. Depuis cette publication de nombreuses études ont été menées et publiées sur ce sujet. Le rapport de l'ACI Europe[6] recense ces études et en présente 6, toutes réalisées en Europe en 2016.

Ci-dessous se trouvent les résultats de certaines études analysées dans l'étude bibliographique et d'autres du rapport de l'ACI Europe (2018).

À Copenhague, entre 2009 et 2011, le nombre de particules mesurées (entre 6 et 700 nm) sur le tarmac est deux à trois fois plus élevé que sur une des rues les plus encombrées de Copenhague (HCAB). À la périphérie de l'aéroport, les niveaux en particules étaient entre 20 et 40 % plus faibles que ceux mesurés sur HCAB[155].

À Amsterdam, en 2012, la campagne de mesure menée sur et autour de l'aéroport indique des niveaux en particules ultrafines 3 fois supérieurs à ceux mesurés à 7 km sous les vents de l'aéroport. Une corrélation entre l'heure de pointe du trafic aérien et les concentrations en nombre de particules est observée. La distribution en taille est quant-à-elle dominée par des particules de diamètre de 10 à 20 nm. La moyenne journalière en PUF mesurée à 7 km de l'aéroport est de l'ordre de 42 000 particules/cm^3 contre 14 000 particules/m^3 pour le niveau de fond. Pendant une journée d'échantillonnage, la concentration en nombre des PUF a atteint 200 000 particules par cm^3 à côté d'une piste et 20 000 particules par cm^3 à environ 5 km[156].

[154] https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA_Note_technique_PUF_09avril2019.pdf
[155] 2016- Environmental Report, OACI http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx
[156] Keuken et al. (2015) Total and size-resolved particle number and black carbon concentrations in urban areas near Schipol airport (the Netherlands)

À Los Angeles, en 2013, des mesures ont été réalisées sous les vents de l'aéroport avec un camion laboratoire. Les résultats présentent des concentrations en nombre de PUF, dix fois plus importantes que le niveau de fond à une distance de 3 km de l'aéroport, cinq fois plus importantes à 8 km et deux fois plus importantes à 16 km de l'aéroport. Des concentrations de l'ordre de 71 000 particules/cm^3 ont été mesurées à 8 km de l'aéroport (sur une surface de 24 km^2) [157].

À Londres, en 2016, une étude a été menée afin d'évaluer les concentrations en PUF autour de l'aéroport de Londres – Heathrow. Les résultats montrent une corrélation entre les concentrations les plus élevées et les mouvements (atterrissage/décollage) d'avions. L'étude a également identifié une différence entre les concentrations en particules de taille 14.6 nm mesurées lors des atterrissages et des décollages : au moment du décollage, la concentration en PUF est supérieure de 50% à celle mesurée lors de l'atterrissage. De plus, une augmentation du nombre de particules de taille inférieure à 40 nm a été observée sur les deux sites de l'aéroport par rapport aux sites « témoins » dans le voisinage de l'aéroport.

Sur l'aéroport de Bruxelles une étude a été également menée en 2016. L'objectif était d'estimer la contribution potentielle des activités aéroportuaires sur la qualité de l'air dans le voisinage de l'aéroport. Les résultats montrent que la fraction de 10-20 nm des particules est plus importante sur les sites de mesures près de l'aéroport (250 et 750 m) que sur ceux plus éloignés (5 et 7 km). Pendant les heures de pointe sur l'aéroport (6-10h et 16-20h) une augmentation de la concentration en PUF a été également observée. Enfin, une augmentation de concentration de la fraction de 10-20 nm a été constatée sur chaque site de mesure se situant sous les vents de l'aéroport.

L'aéroport de Zurich a réalisé une étude sur les particules ultrafines. Pour cette étude un grand nombre de sites de mesure a été implanté, permettant de déterminer le nombre, le diamètre et un paramètre d'exposition « LDSA » (*the lung deposited surface area* – la concentration de poussières déposées, par unité de surface dans les poumons) des particules, ainsi que leur variabilité spatiale et temporelle. Les mesures montrent que le nombre des particules diminue avec la distance de l'aéroport, en revanche leur taille augmente. L'étude a montré une grande variabilité entre les résultats des mesures sur différentes stations pendant la même période (ex : la moyenne horaire en amont de l'aéroport, à la limite de la propriété et à 460 m de la piste 16 était de l'ordre de 16 000 particules/cm^3 alors que dans l'enceinte de l'aéroport la moyenne horaire était à 139 000 particules/cm^3) et également entre les concentrations mesurées sur la même station (ex : la concentration moyenne horaire à 270 m de la piste variait entre 1 400 et 786 000 pt/cm^3 – variation entre concentrations moyennes mesurées la nuit et pendant les heures de pointe). Cette étude a également montré l'influence importante des conditions météorologiques, notamment le vent, qui en fonction de sa vitesse ou de sa direction a un impact important sur les résultats. [45]

Le rapport de l'*Airports Council International* publié en 2018 présente également les équipements et technologies de surveillance (cf. le tableau ci-dessous). Le SMPS et l'ELPI présentent l'avantage de mesurer à la fois les diamètres et le nombre de PUF et montrent une grande précision de mesure mais ont des coûts relativement élevés.

[157] Neelakshi et al. (2014) Emissions from an International Airport increase particle number concentrations 4-fold at 10 km downwind

TABLE 11: MEASUREMENT DEVISE FOR PARTICULATE MATTERS COVERING UFP

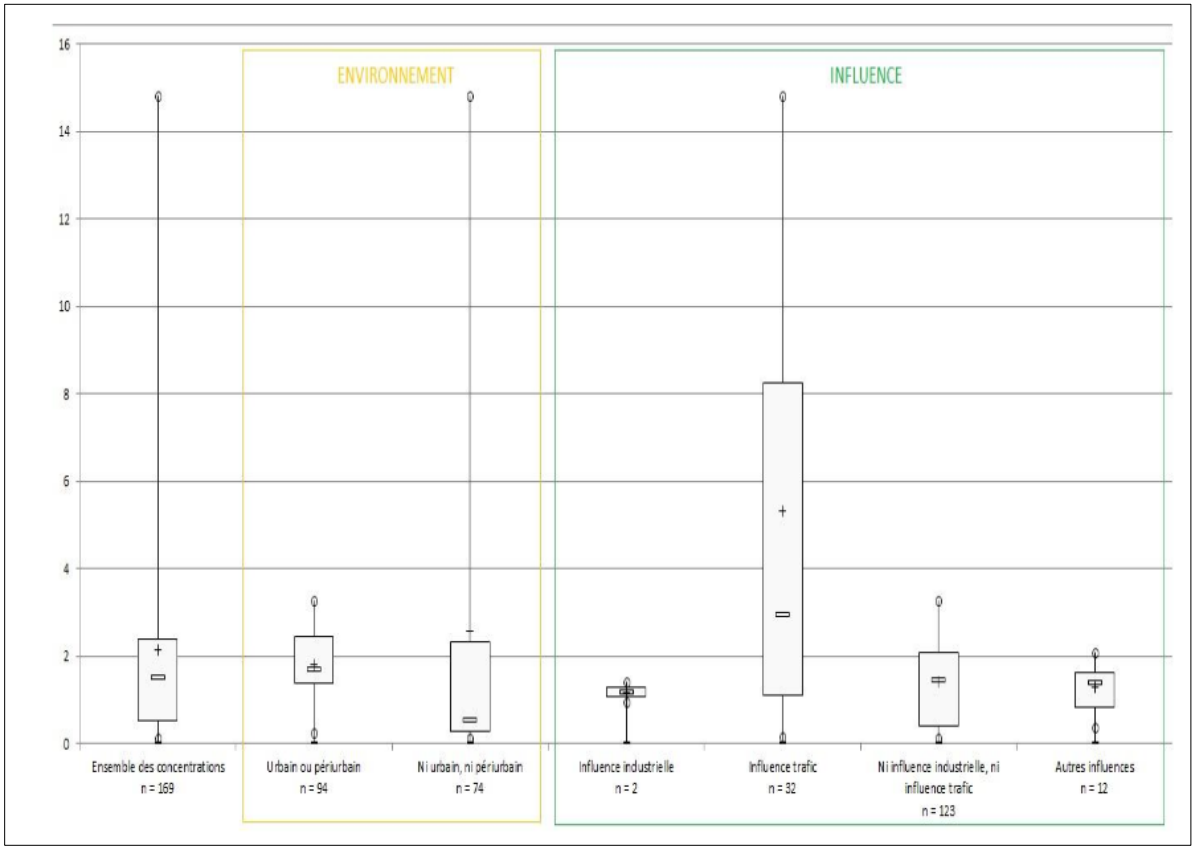
NAME	METHOD / DESCRIPTION
SMPS	A Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) is a method to determine the number size distribution of submicron particles. It uses a measurement system consisting of an electric charger, a mobility classifier, a counter, and PC control. Resolution: 2-5 min.
ELPI	The Electrical Low Pressure Impactor is a 12 (14) stage cascade impactor that measures particle number concentrations as a function of aero-dynamic diameter from 6nm-10µm. There is no working fluid required.
CPC	A Condensation Particle Counter (CPC) measures the total airborne number concentrations in a given the particle diameter range. It does not deliver information on particle sizes. Range: 7nm-3,000nm.
miniDiSc	The miniature diffusion size classifier is a portable instrument for nanoparticle measurement. It operates without a working fluid and measures the total number concentrations, the average particle mobility diameter and the LDSA in each scan. Range: 10nm-300nm; Resolution: 1 sec.; Concentration: 1,000-1,000,000 #/cm^3.
P-Trak	The P-Trak is a hand-held instrument to measure the particle number concentrations. It delivers no information on particle sizes. Concentrations: 0-500,000 #/cm^3; Range: 20-1,000nm.

Des recommandations ont également été identifiées par l'ACI pour la surveillance des PUF dont notamment (ces recommandations sont également valables pour la surveillance des autres polluants) :

- les paramètres minimaux à mesurer en parallèle sont les concentrations en nombre de particules, le diamètre de mobilité des particules, la vitesse du vent et la direction du vent. Toute autre substance gazeuse peut être mesurée en même temps pour faciliter l'interprétation des résultats ;
- le dispositif de mesure doit avoir une coupure inférieure d'au moins 10 nm voire de 7 nm et une plage de mesures de particules supérieure à 1 000 000 de particules/cm3. Il est recommandé d'utiliser la spécification technique CEN / TS 16976 comme exigence minimale pour effectuer une mesure ambiante des PUF lors de l'utilisation d'un CPC.
- une seule station ne fournissant que des informations limitées sur la dynamique des émissions de particules et leurs sources, il est recommandé d'exploiter au moins deux stations simultanément à des emplacements opposés des activités principales.
- une campagne de mesure doit durer au moins plusieurs semaines au même endroit et une répétition hiver / été (pour tenir compte des deux saisons) doit être envisagée.

Le carbone suie – Concentrations

La figure ci-dessous présente sous forme de boîtes à moustaches l'ensemble des données de 209 campagnes de mesures réalisées par 7 AASQA entre 2006 et 2016, ainsi que les concentrations moyennes (µg/m^3) en fonction de différentes typologies des campagnes de mesures.



Source : https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf

1-3 butadiène - Concentrations

Dans le tableau ci-dessous sont présentées les concentrations habituellement retrouvées dans les milieux en l'absence de source connue en 1,3-butadiène :

Milieu	Concentrations ou gamme de concentrations	Référence
Air		
Air extérieur	**Zone rurale - France** Données compilées pour 2 sites investigués pour un total de 3 campagnes entre 2009 et 2012 (1 point de mesure par jour, de 20 minutes, tous les 3 jours, pendant 2 ans) : - Gamme de concentrations mesurées : de 0,01 à 0,5 µg.m^{-3} - Concentrations moyennes journalières : comprises entre 0,01 et 0,03 µg.m^{-3}	EMEP, 2019
	Zone urbaine ou péri-urbaine - France Données compilées de 44 campagnes de mesures (revue bibliographique de 43 campagnes réalisées par 6 AASQA et 1 par un laboratoire de recherche) effectuées entre 2006-2016 : - Moyenne des moyennes des campagnes en milieu urbain : 0,12 µg.m^{-3} - Maximum des moyennes des campagnes en milieu urbain : 0,19 µg.m^{-3} **Ces résultats sont accompagnés, dans la publication, d'un graphe de distribution des concentrations moyennes mesurées par campagne (diagrammes en boite) selon les différentes typologies et influences.**	ANSES, 2018
Air intérieur*	**Habitations - International** Données compilées (revue bibliographique d'études, n=21) sur 11 grandes villes à l'international (USA, Canada, Royaume-Uni et Suède), obtenues entre 1999 et 2009 : Moyennes des campagnes comprises entre 0,06 et 1,2 µg.m^{-3}	CAREX Canada ; Huy *et al.*, 2018
	Bureaux - International Données compilées (revue bibliographique d'études, n=3) sur 2 grandes villes à l'international (USA, Royaume-Uni), obtenues entre 1999 et 2007 : Moyennes des campagnes comprises entre 0,08 et 0,3 µg.m^{-3}	Huy *et al.*, 2018
	Véhicules - International Données compilées (revue bibliographique d'études, n=7) sur 6 grandes villes à l'international (USA, Royaume-Uni, Irlande, Suède), obtenues entre 1994 et 2006 : Moyennes des campagnes comprises entre 0,13 et 3,53 µg.m^{-3}	Huy *et al.*, 2018
	Restaurants et bars - International Données compilées (revue bibliographique d'études, n=7) sur 2 grandes villes à l'international (Royaume-Uni, Irlande), obtenues entre 1999 et 2004 : Moyennes des campagnes comprises entre 0,22 et 2,25 µg.m^{-3}	Huy *et al.*, 2018

Source : 1,3-Butadiène, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, version n°3, INERIS, 2019

ANNEXE 8 - INDICATEURS ET INCERTITUDES

L'incertitude sur la nature de la donnée et sur l'indicateur est exprimée par un code couleur : Faible | Moyenne | Forte

A. Indicateurs de pression

Indicateurs		Fréquence	Nature de la donnée	Fournisseur de la donnée de base	Faisabilité	Type de l'indicateur
Nombre de mouvements sur la plateforme		annuelle	-	Gestionnaire aéroport	+++	Mesuré
Nombre de passagers		annuelle	-	Gestionnaire aéroport	+++	Mesuré
Avions	Temps de roulage	Fréquence des inventaires	Durée	DGAC (SDE)	+	Mesuré/ déclaré
	Durée d'utilisation moyenne des APU sur la plateforme	5 ans a minima	Durée	Compagnies aériennes	---	Déclaré
			Si pas d'info et à défaut d'autres sources			Si pas d'info et à défaut d'autres sources, référence OACI
	Emissions « avions » NOx	annuelle	Facteurs d'émissions, flotte « avions », Données de roulage	DGAC	++	Calculé (TARMAAC)
	Emissions « avions » PM10 et PM2.5	annuelle	Facteurs d'émissions, flotte « avions », Données de roulage	DGAC	++	Calculé (TARMAAC)

Indicateurs		Fréquence	Nature de la donnée	Fournisseur de la donnée de base	Faisabilité	Type de l'indicateur
	Emissions « avions » HC/COV	annuelle	Facteurs d'émissions, flotte « avions », Données de roulage	DGAC	++	Calculé (TARMAAC)
	Emissions « APU » NOx, PM10 et COV	Fréquence des inventaires	Temps d'utilisation et FE (grosse incertitude)	Compagnies aériennes	-	Calculé
Accessibilité	Emissions NOx, PM10, PM2.5 et COV (trafic passagers, salariés, fret, poste)	Fréquence des inventaires	Entrées parkings ou comptages routiers	Gestionnaire aéroport	-	Calculé
	Part des passagers utilisant les transports en commun pour accéder/repartir de la plateforme	Fréquence des inventaires	Nombre de passagers empruntant les transports en commun (enquêtes auprès des voyageurs)	Aéroports – syndicats intercommunaux des transports	+	Calculé (enquêtes auprès des passagers)
Engins de piste et véhicules captifs côté pistes	Composition des parcs des engins de piste sur la plateforme (âge; carburant, etc.)	Fréquence des inventaires	Nombre d'engins, type de carburant et âge de l'engin	Assistants aéroportuaires	--	Mesuré (difficulté d'obtenir la donnée)
	Emissions NOx, PM10, PM2.5 et COV	Fréquence des inventaires	Consommation réelle par type d'engins et par type de carburants Age de l'engin	Assistants aéroportuaires et gestionnaires	--	Calculé

Indicateurs		Fréquence	Nature de la donnée	Fournisseur de la donnée de base	Faisabilité	Type de l'indicateur
Centrales de production d'énergie (électrique et thermique)	*Emissions NOx, PM10, PM2.5 et COV*	Fréquence des inventaires	Consommation en volume de combustible	Gestionnaire aéroport	+++	Calculé
Stockage & distribution de carburant	*Emissions COV*	Fréquence des inventaires	Volume de kérosène et masse volumique (méthode par défaut)	Opérateur pétrolier	+	Calculé (difficulté d'obtenir la donnée)

B. Indicateurs d'impact

Indicateurs	Fréquence	Nature de la donnée	Fournisseur de la donnée de base	Faisabilité	Type d' indicateur
Concentrations de polluants dans l'air ambiant et leur situation vis-à-vis des seuils et valeurs réglementaires : ✓ PM10 ✓ PM2,5 ✓ NOx	5 ans a minima Tous les ans pour les stations de mesure fixes	Concentrations (via les campagnes de mesure ponctuelles)	Gestionnaire de l'aéroport et/ou son conseil	+++	Mesuré

C. Indicateurs des effets de politique de gestion

Indicateurs		Fréquence	Nature de la donnée	Fournisseur de la donnée de base	Faisabilité	Type de l'indicateur
Avions	Taux d'équipement en 400Hz/PCA	annuelle	Nombre de postes équipés	Gestionnaire	+++	Mesuré
	Taux d'utilisation de 400Hz/PCA	annuelle	Consommation énergétique	Gestionnaire	-	Mesuré
Trafic routier	% des salariés adhérant aux PDE/PDA/PDIE	annuelle	Nombre de salariés totaux et nombre de salariés adhérant aux PDE/PDIE	Gestionnaire	++	Mesuré

ANNEXE 9 –AIRPORT CARBON ACCREDITATION (ACA)

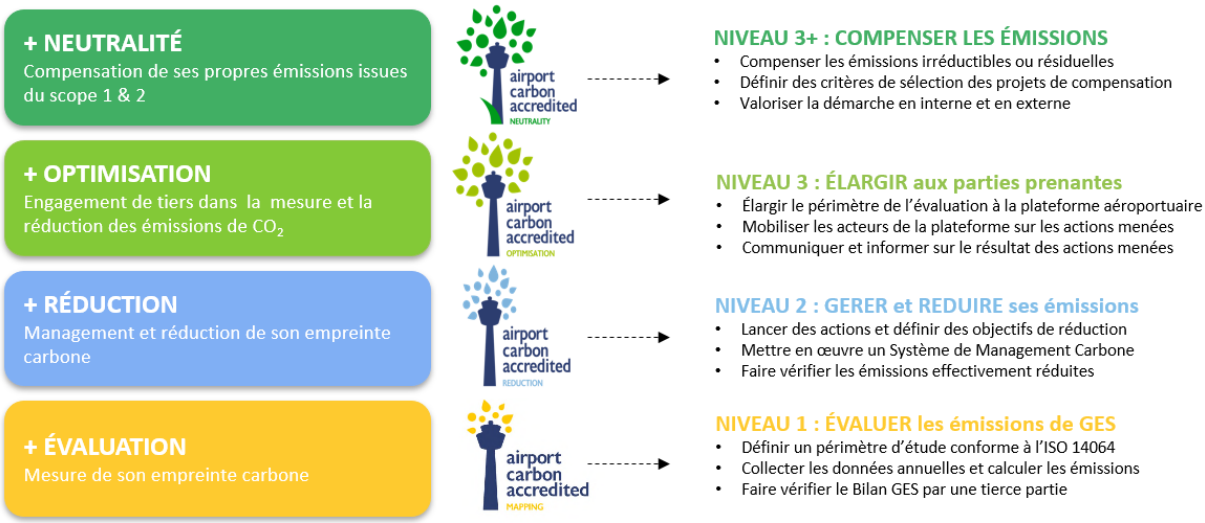
En 2009, l'Airports Council International EUROPE (ACI EUROPE), dont l'UAF (Union des aéroports français) a lancé le programme Airport Carbon Accreditation (ACA) à l'attention des exploitants aéroportuaires. Il s'agit du seul programme mondial mais volontaire d'accréditation, institutionnellement reconnu, destiné à la gestion et à la réduction des émissions de carbone par la mise en place d'actions d'économie d'énergie au sein du secteur aéroportuaire.

Dès son lancement, le programme a reçu le parrainage de la Conférence de l'aviation civile européenne (CEAC) et de l'Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne (EUROCONTROL). Lors des négociations de la COP 21 à Paris, en décembre 2015, la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (CNUCC) et l'ACI ont également signé un partenariat destiné à promouvoir davantage l'action des aéroports en faveur du climat à travers le programme ACA.

L'administration du programme est supervisée par un Comité consultatif indépendant, lequel est composé de plusieurs experts distingués et indépendants dans les domaines de l'aviation et de l'environnement, dont des représentants de la Commission européenne et des Nations-Unies. La reconnaissance de l'engagement des aéroports intervient à l'issue d'une vérification indépendante par des vérificateurs agréés et prend la forme d'une accréditation par un tiers, administrateur indépendant du dispositif ACA (la société WSP).

Fondé sur des méthodologies internationalement reconnues, le programme fournit aux aéroports un cadre commun pour la gestion active des émissions de gaz à effet de serre et la réduction des consommations énergétiques avec des indicateurs mesurables. Il est adapté aux différents types et tailles de plateformes aéroportuaires et offre la flexibilité nécessaire pour tenir compte des diverses obligations règlementaires nationales ou locales et des conditions d'exercice de l'activité aéroportuaire. En outre, il encourage le partage d'expertises et l'échange de connaissances, ainsi qu'une meilleure communication des résultats obtenus par les plateformes.

Le programme évalue de manière indépendante et reconnaît les efforts entrepris par les aéroports pour gérer et réduire leurs émissions de carbone à travers 4 niveaux d'accréditation :



A partir du niveau 3 du programme les exploitants aéroportuaires sont conduits à impliquer les autres acteurs de la plateforme aéroportuaire : compagnies aériennes, assistants en escale, occupants du domaine…

Un programme en cours de renforcement

Afin de se conformer à la nécessaire décarbonisation des transports, requise à l'horizon 2050 par les engagements européens pour une économie neutre en carbone à cette échéance, les aéroports européens se sont engagés, le 26 juin 2019 lors du congrès annuel de l'ACI EUROPE, à ramener d'ici à 2050 leurs émissions de carbone au niveau zéro (« net zero carbon emissions »). L'engagement des aéroports vaut pour les émissions produites dans le cadre des opérations d'exploitation aéroportuaire (côté piste et côté terminal). L'engagement des aéroports à réduire leurs émissions de CO2 au niveau zéro carbone s'entend sans compensation des émissions résiduelles mais, si nécessaire, en recourant aux technologies de captation et de stockage des émissions résiduelles de CO2 (« carbon removal and storage »).

Afin de se mettre en cohérence avec ces nouveaux engagements, l'ACI EUROPE et les instances de gouvernance du programme ACA devraient prochainement apporter de profondes modifications au programme ACA, avec notamment la création d'un ou plusieurs niveaux de certification visant au dépassement du niveau 3+ actuel reposant in fine sur le processus controversé de compensation des émissions résiduelles de carbone ainsi que par la référence à des objectifs de réduction en valeurs absolues et non plus relatives comme pour les niveaux d'accréditation inférieurs.

ANNEXE 10 - BIOCARBURANTS

Extrait du dossier du 27 janvier 2020 relatif au lancement des biocarburants durables dans le secteur du transport aérien français (https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2020.01.27_DP_EB_JBD_Biocarburants.pdf) :

FEUILLE DE ROUTE DE L'ÉTAT

Au travers de cinq principes fondamentaux et d'une trajectoire de déploiement, ambitieuse et réalisable, la feuille de route fixe le cadre de l'action à mener :

- Maintien d'un niveau optimal de sécurité des vols par la certification des biocarburants :
  Le déploiement des biocarburants d'aviation en France doit s'effectuer avec une exigence de sécurité optimale.
- Assurance de la durabilité des biocarburants d'aviation produits en France :
  Le déploiement de ces biocarburants doit être associé à des exigences environnementales fortes pour assurer des gains réels d'émissions de CO2. L'origine de la ressource utilisée, sa durabilité environnementale et socio-économique, sont des éléments structurants pour le développement des bioénergies.
- Viabilité économique de la filière :
  la rentabilité économique des filières est déterminante et constitue l'un des freins actuels au déploiement à grande échelle de ces produits. Dès lors, le déploiement en France devra assurer la viabilité économique de l'ensemble des acteurs de la filière, sans entraîner de surcoût excessif du carburant d'aviation ni de phénomène d'évitement des plates-formes aéroportuaires françaises.
- Mise en place de chaînes logistiques sobres et efficaces pour l'approvisionnement :
  afin que la part de biocarburant d'aviation durable utilisée par le secteur augmente de manière pérenne, la logistique d'approvisionnement devra être simple, efficiente, économe en émissions de CO2 et prendre en compte la diversité des plateformes aéroportuaires françaises et de leurs chaines d'approvisionnement.
- Cohérence avec les initiatives et les stratégies supranationales :
  l'État français souhaite que le déploiement des biocarburants d'aviation durables en France se fasse en cohérence avec les initiatives européennes (comme le Green Deal) et internationales (comme le CORSIA) en la matière.

Une trajectoire cible de substitution à court-terme du kérosène fossile par des biocarburants durables est fixée : 2% en 2025, 5% en 2030. Amorcer le déploiement à court-terme permet d'assurer la cohérence avec la stratégie nationale bas-carbone qui fixe un objectif de long terme de 50% en 2050.

ANNEXE 11 - Recommandation ECAC/27-4 - NOx EMISSION CLASSIFICATION SCHEME[158]

La méthodologie de classification recommandée est basée sur les limites de la qualité de l'air locale stipulée dans la législation européenne et sur la disponibilité de données d'émission des moteurs d'aéronefs dernièrement acceptées.

POLLUANTS UTILISEES POUR LA CLASSIFICATION :

- NOx ;
- HC – afin de pouvoir classifier les moteurs anciens ayant un taux d'émission bas en NOx, mais élevé en hydrocarbures

SOURCES DE DONNEES POUR LES CALCULS :

- valeurs standard OACI du cycle LTO (Annexe 16 d'OACI, Volume II.) pour les moteurs réglementés de puissance nominale au décollage égale ou supérieure à 26,7kN ;
- les données du cycle LTO ne produiront pas des niveaux d'émissions réels, mais se rapprocheront des niveaux standard, puisque dans la pratique les paramètres de puissance et le temps de chaque mode dépendent des conditions spécifiques (le vent, l'altitude d'aéroport, etc) ;
- base de données FOI (Swedish Defence Research Agency) alimentée par les données de constructeurs, pour les moteurs non-réglementés ;
- afin d'assurer l'harmonisation et la standardisation pour tous les aéronefs qui ne sont pas réglementés et pour lesquels aucune donnée d'émission n'est disponible, l'OFAC suisse a développé une matrice de valeur d'émission.

Table 1: Aircraft Emission Value Matrix

# Eng.	Piston: Turbo-diesel Micro-light	Piston: Conventional ≤200 hp	Piston: Conven-tional >200 but ≤400 hp	Piston: Conven-tional >400 hp	Helicopter <1000 shp	Helicopter ≥1000 shp	Business Jets ≤16 kN	Business Jets >16 but < 26.7 kN	Turbo-props ≤2000 shp	Turbo-props >2000 shp
1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	0.7	0.5	1.0	0,4	0.8
2	0.2	0.4	0.8	1	0.4	1.4	1.0	2.0	0,8	1.6
3	-	0.6	1.2	1.5	-	2.1	1.5	3.0	1,2	2.4
4	-	0.8	1.6	2	-	2.8	-	-	1,6	3.2

AERONEFS CONSIDERES

Cette classification est applicable pour tous les aéronefs avec une MTOW (masse maximum au décollage) supérieure à 8618 kg.

METHODOLOGIE

Développé par le groupe de travail ERLIG (Emission Related Landing Charges Investigation) au sein d'ECAC (European Civil Aviation Conference) afin de recommander une méthodologie commune pour la classification des aéronefs par rapport à leurs émissions.

- LTO-cycle

  Pour chaque mode, un temps et un réglage de poussée représentatif ont été établis, pour les moteurs réglementés et pour les réacteurs non-réglementés.

  Pour les turbopropulseurs, pour chaque mode, un temps et un réglage de pouvoir SHP (Shaft Horse Power) ont été établis.

[158] https://www.ecac-ceac.org/documents/10202/75621/Rev_Sept11_ECAC_Rec_27_4+%283%29.pdf/dcc95bcb-a1d0-4185-9695-003bf470f533

Table 1: Times in mode and thrust settings for the LTO cycle for regulated engines and unregulated jet engines

Mode	Time in minutes	Thrust setting in kN
Take-Off	0.7	100%
Climb out	2.2	85%
Approach	4.0	30%
Taxi	26.0	7%

Table 2: Times in mode and power settings for the LTO cycle for turboprop engines

Mode	Time in minutes	Power setting in SHP
Take-Off	0.7	100%
Climbout	2.2	85%
Approach	4.0	30%
Taxi	26.0	Idle[1]

– Calcul des émissions de NOx

$$NOxAircraft = Engines * \sum_{LTO-modes} \left[(60 * time * fuelflow * NOx - index) \div 1000 \right] \text{ [in kg } NO_x\text{]}$$

where:

Engines:	number of engines fitted to the aircraft	
Time:	time in mode according to table 1	(in minutes)
Fuelflow:	fuel flow per mode	(in kg/sec)
NO_x-index:	measured NO_x-emission index per mode	(in g/kg fuel)

Le standard de l'OACI exige que les moteurs n'excédent pas la valeur de 19,6 g/kN de HC Dp/F00 par cycle LTO. Si les émissions de HC excèdent cette valeur certifiée, la valeur pertinente de NOx de l'avion sera multipliée par un facteur « a ».
a = 1; si DpHC/F00 <= 19.6 g/kN
a = (DpHC/F00) /19.6 g/kN; si DpHC/F00 > 19.6 g/kN avec une valeur maximum de 4,0.Pour les moteurs non-réglementés, l'émission des hydrocarbures n'est pas considérée, puisque la quantité totale de HC est négligeable et le terme Dp/F00 en g/kN n'est pas applicable.