



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DE MÉDECINE
Institut de santé globale

• • • **equiterre**

Partenaire pour le développement durable

Swiss TPH



Swiss Tropical and Public Health Institute
Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut
Institut Tropical et de Santé Publique Suisse

Associated Institute of the University of Basel



Materials Science & Technology

ECOPLAN Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik



Plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique (PSIA) de l'Aéroport de Genève-Cointrin (GA)

Evaluation d'impacts sur la santé

Rapport final

Octobre 2016

Table des matières

Résumé	6
1 Introduction	12
1.1 Mise en contexte	12
1.2 Objectifs de l'évaluation	13
1.3 Approche méthodologique générale	13
1.4 Dispositif organisationnel	15
2 Cadrage de l'évaluation	16
2.1 « Pollution de l'air et santé » dans le contexte aéroportuaire	17
2.2 « Bruit et santé » dans le contexte aéroportuaire	18
3 Evaluation des impacts	22
3.1 Périmètre de l'étude et population	22
3.2 Modélisation des scénarii de bruit : années 2014 et 2030	23
3.2.1 Niveau moyen du bruit : calcul du Lden	23
3.2.1.1 Méthodologie	23
3.2.1.2 Résultats	24
3.2.2 Calcul de l'indice du bruit des aéronefs : GFI	25
3.2.2.1 Méthodologie	25
3.2.2.2 Résultats	25
3.3 Impacts sanitaires de l'exposition au bruit	26
3.3.1 Méthodologie	26
3.3.2 Résultats	29
3.3.2.1 Exposition de la population	29
3.3.2.2 Impacts sur la santé	29
3.4 Impacts sanitaires de l'exposition à la pollution de l'air	32
3.4.1 Méthodologie	32
3.4.2 Résultats	33
3.4.2.1 Exposition de la population	33
3.4.2.2 Impacts sur la santé	34
3.4.3 Mise en perspective des résultats de l'analyse quantitative du risque sanitaire	39
3.4.3.1 Pollution de l'air	39
3.4.3.2 Nuisances sonores	39
3.5 Calcul des coûts – exposition au bruit et à la pollution de l'air	40
3.5.1 Méthodologie	40
3.5.1.1 Pollution de l'air	40
3.5.1.2 Bruit	42
3.5.2 Résultats	44
3.5.2.1 Pollution de l'air	44
3.5.2.2 Bruit	46
3.5.3 Synthèse des coûts	50
3.6 Impacts sur l'activité économique et les emplois	51
3.6.1 De l'importance de voyager en avion pour le bien-être et la qualité de vie	51
3.6.2 Le potentiel économique en matière de santé	52
3.6.2.1 Introduction	52
3.6.2.2 Interactions et endogénéité	53
3.6.2.3 Inégalités en santé : au cœur de la réflexion	53
3.6.2.4 Revenu et/ou formation	54
3.6.2.5 Conclusion	56
3.6.3 Le potentiel sanitaire de l'activité aéroportuaire à travers le prisme des bienfaits économiques	56
3.6.3.1 Introduction	56
3.6.3.2 Un bénéfice pour certains secteurs spécifiquement	57

3.6.3.3	Un bénéfice dans certaines situations spécifiques	58
3.6.3.4	Un calcul des bénéfices délicat	59
3.6.3.5	Distribution des bénéfices régionaux.....	60
3.6.3.6	Conclusion et ouverture.....	61
3.6.4	Observations relatives aux données à disposition sur le GA.....	61
3.7	Enquête téléphonique sur la santé et la qualité de vie en milieu urbain	65
3.7.1	Méthodologie et périmètre d'enquête	66
3.7.1.1	Contexte.....	66
3.7.1.2	Questionnaire	66
3.7.1.3	Attribution SIG des répondants	68
3.7.1.4	Périmètre d'enquête ; organisation de la plume d'interview	70
3.7.2	Analyse des résultats.....	72
3.7.2.1	Solidité de l'échantillon.....	72
3.7.3	Résultats.....	75
3.7.4	Synthèse des résultats de l'enquête	86
4	Conclusion.....	87
5	Recommandations	89
6	Bibliographie	92

Annexes

- I Cadrage de l'EIS
- II Rapport EMPA-Bruit
- III Rapport Swiss TPH-Bruit
- IV Rapport Swiss TPH-Pollution de l'air
- V Rapport Ecoplan-Calcul des coûts
- VI Questionnaire enquête téléphonique

Liste des figures

Fig. 1 : Les étapes de la méthodologie EIS (Diallo et al, 2010:19, adapté par les auteurs)	14
Fig 2 : Association entre le bruit des avions et le risque d’hypertension (Babisch & Van Kamp 2009)	19
Fig. 3: Périmètres de l’étude	22
Fig. 4 : Lden du trafic aérien total (tranche de bruit de 50 à 65 dB(A), exprimé par la différence entre scénario 2030 et situation 2014.....	24
Fig. 5 : Index de bruit (GFI) de GA, années 2014 et 2030.....	26
Fig. 6: Part de la population (CH) relatant un (très bon) état de santé auto-évalué, en fonction de la formation et du revenu, chiffres 2012 – OFS ESS / OBSAN 2015	54
Fig. 7 : Part de la population (CH) de plus de 65 ans se disant limité-e dans les activités quotidiennes, en fonction de la formation et du revenu, chiffres 2012 – OBSAN 2015	55
Fig. 8 : Balance touristique suisse, 1975-2014	63
Fig. 9 : Courbes de valeurs limites d’exposition, exprimées ici pour DS I en guise d’exemple (EMPA 2014).....	70
Fig. 10 : Périmètre de l’enquête téléphonique	71
Fig. 11 : Répartition de la pluie d’interviews, attribuée sur la base Lden (EMPA 2014)	72
Fig. 12 : Répartition sur profil sociodémographique : composition des foyers.....	73
Fig. 13 : Répartition sur profil sociodémographique : revenus	73
Fig. 14 : Répartition sur profil sociodémographique : âge (réajusté).....	74
Fig. 15 : Répartition sur profil sociodémographique : sexe (réajusté)	74
Fig. 16 : Q23-24 – Exposition au bruit des avions et sentiment de gêne sonore	77
Fig. 17 : Q25 – Identification des sources de bruit les plus dérangeantes	78
Fig. 18 : Q26 – Perturbation et adaptations au bruit	79
Fig. 19 : Q28 – Qualité de l’air auto-évaluée	80
Fig. 20 : Q30 – Qualité de l’air auto-évaluée : sources de gêne olfactive	81
Fig. 21 : Q30 – Qualité de l’air auto-évaluée : sources de gêne olfactive en fct du Lden.....	82
Fig. 22 : Q25’ – Gêne sonore liée aux avions, en fonction du zonage « Bruit routier »	82
Fig. 23 : Q20 & Q23 – Satisfaction au logement et évaluation du calme du quartier , en fonction du zonage « Bruit routier ».....	83
Fig. 24 : Q30 – Pollution de l’air aux NO ₂ , en fct. du zonage « Bruit des avions » selon VL fédérales	84
Fig. 25 : Q5, Q14a & Q Sociodémographie – Impact du revenu sur la santé et la qualité de vie	85

Liste des tableaux

Tab. 1 : Population du périmètre d’étude, en 2014 et en 2030.....	22
Tab.2 : Incertitude standard de calcul (U_{calc}) jour et nuit, années 2014 et 2030	23
Tab. 3 : Surfaces impactées, nombre de personnes dans ces surfaces et nombre de personnes touchées (gêne diurne, perturbations du sommeil, index de bruit), pour 2014 et 2030	25
Tab.4 : Exposition (Lden, dB(A)) pondérée sur la population au bruit des aéronefs, en 2014 et 2030	29
Tab. 5 : Impacts sur la santé du bruit des aéronefs en 2014 et 2030, zone d’étude.....	30
Tab. 6 : Impacts sur la santé du bruit des aéronefs en 2014 et 2030, zone sensible	31
Tab. 7: Impacts sur la santé moyens et étendue de l’intervalle de confiance (à 95%), contribution des émissions sonores des aéronefs en 2014, zone d’étude.....	32
Tab. 8 : Concentrations pondérées par la population, NO ₂ et PM ₁₀ en 2014 et 2030,	34
exposition toutes sources	34

Tab. 9 Concentrations pondérées par la population, NO ₂ et PM ₁₀ en 2014 et 2030, exposition au GA	34
Tab. 10: Impacts sur la santé des émissions de NO ₂ attribuables au GA, en 2014 et 2030, zone d'étude	35
Tab. 11 : Impacts sur la santé des émissions de NO ₂ attribuables au GA, en 2014 et 2030, zone sensible	35
Tab. 12 : Impacts sur la santé des émissions de PM ₁₀ attribuables à GA, en 2014 et 2030, zone d'étude	36
Tab. 13: Impacts sur la santé des émissions de PM ₁₀ attribuables au GA, en 2014 et 2030, zone sensible	37
Tab. 14 : Impacts moyens sur la santé et étendue de l'intervalle de confiance (à 95%), contribution des émissions NO ₂ et PM ₁₀ attribuables au GA en 2014, zone d'étude	38
Tab. 15 : Coûts unitaires attribuables à la pollution de l'air en 2014	41
Tab. 16 : Coûts unitaires attribuables à la pollution de l'air en 2030	41
Tab. 17: Coûts unitaires attribuables au bruit en 2014	42
Tab. 18 : Coûts unitaires attribuables au bruit en 2030	43
Tab. 19 : Nombre de logements exposés au bruit en 2014 et en 2030	44
Tab. 20 : Coûts attribuables à la pollution de l'air en 2014	45
Tab. 21 : Coûts attribuables à la pollution de l'air en 2030	45
Tab. 22 : Analyse de sensibilité des coûts attribuables à la pollution de l'air, en 2014 et en 2030	46
Tab. 23 : Coûts de la gêne et des perturbations du sommeil attribuables au bruit en 2014	46
Tab. 24 : Coûts pour trois autres pathologies attribuables au bruit en 2014	47
Tab. 25 : Coûts de la gêne et des perturbations du sommeil attribuables au bruit en 2030	48
Tab. 26 : Coûts pour trois autres pathologies attribuables au bruit en 2030	49
Tab. 27 : Analyse de sensibilité des coûts attribuables au bruit, en 2014 et en 2030	50
Tab. 28 : Synthèse des coûts attribuables au GA en 2014	50
Tab. 29 : Synthèse des coûts attribuables au GA en 2030	51
Tab. 30 : Sources des données et descriptif des indicateurs	68
Tab. 31 : Q5 et suivantes – Evaluation de sa propre santé	75
Tab. 32 : Q7 et suivantes – Médicamentation	76

Résumé

Contexte

Dans le cadre de l'élaboration du *Plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique* (PSIA ci-après) de l'Aéroport international de Genève-Cointrin (GA ci-après), dont la version finale devrait être adoptée par le Conseil fédéral en 2017, le Conseil d'Etat genevois et l'association transfrontalière des communes riveraines de GA (ATCR) ont décidé de réaliser une évaluation d'impact sur la santé (EIS ci-après) du PSIA, afin que les décisions qui s'y réfèrent soient prises en toute connaissance de cause des conséquences sur la santé – aussi bien positives que négatives – actuelles et potentielles de l'activité aéroportuaire. Pour ce faire, un appel d'offres international a été lancé au printemps 2015 et il fut emporté par un consortium suisse coordonné par l'Université de Genève et l'association equiterre. Un groupe de travail regroupant les représentants des principaux services de l'Etat concernés, des mandants et des mandataires, a été mis sur pied pour assumer le pilotage de cette évaluation.

Démarche EIS

La démarche EIS, apparue il y a une vingtaine d'années et dont la méthodologie, bien établie et promue par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), a pour vocation d'éclairer l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer la santé d'une population, ainsi que la distribution des impacts au sein de la population, et de formuler des recommandations aux décideurs de manière à maximiser les retombées positives et à en minimiser les négatives. Lors de la seconde étape de cette méthodologie, dite « phase de cadrage », qui vise à identifier, sur la base de la littérature scientifique et d'autres éléments disponibles, les impacts principaux produisant des effets significatifs sur la santé et affectant certains groupes de population de manière disproportionnée, une quinzaine de ces facteurs ont été identifiés. Sur la base d'un certain nombre de critères, les thématiques centrales suivantes ont été priorisées

- bruit (nuisances sonores)
- pollution de l'air (et plus particulièrement celle due aux particules fines – PM₁₀ – et au dioxyde d'azote – NO₂)
- emplois & revenus

et sont considérées regrouper les impacts sur la santé les plus significatifs du PSIA. L'EIS s'est donnée pour objectif de comparer les impacts spécifiques présents (T0 : 2014) et potentiels (T1 à l'horizon 2030 – sur la base du scénario établi dans le cadre du processus PSIA), issus des activités de GA dans ces trois thématiques. Il s'agissait notamment d'examiner les conséquences potentielles (directes et indirectes) sur la santé et le bien-être causées par le fonctionnement et le développement du transport aérien de GA, y compris sur les déterminants économiques (emplois et revenus), mais aussi celles engendrées par le transport routier induit (notamment, pollution de l'air et nuisances sonores). La traduction de ces impacts en coûts sanitaires là où elle s'avérait possible restait la cible finale.

Méthodologie d'évaluation

Le périmètre d'étude a retenu deux zones différentes à analyser : a) la zone d'étude dans son ensemble et, b) la zone dite sensible, proche de l'aéroport, incluant les communes directement adjacentes au GA et les communes limitrophes aux premières.

La méthodologie générale retenue pour évaluer les impacts sur la santé de l'exposition au bruit des aéronefs se base sur une combinaison entre l'exposition de la population à ce bruit et les fonctions de risques existantes (fonctions exposition-réponse), qui relient les effets sur la santé et le bruit. En associant ces données avec les données de base en matière de morbidité et de mortalité pour le périmètre d'étude, on peut déterminer de manière relative et absolue les années de vie potentielles perdues, les décès et le nombre de cas de maladies qui peuvent être attribués à des différences d'exposition dans la population et qui résultent des changements

attendus en matière d'émissions, d'infrastructures, de plans de réduction du bruit, etc., en comparant les deux scénarii T0 et T1.

La traduction des résultats obtenus en coûts sanitaires a été effectuée en utilisant deux approches complémentaires, chacune spécifiquement adaptée à des impacts différents du bruit sur la santé. Une première approche repose sur un calcul des coûts à partir des éléments suivants : nombre d'années potentielles de vie perdues, nombre d'années potentielles de travail perdues et nombre de cas attribuables pour trois différentes maladies (maladies cardio-vasculaires, maladies hypertensives et infarctus). Pour chaque élément, un coût unitaire est établi dans la littérature. Ce coût est multiplié par le nombre de cas ou de jours considérés pour obtenir le coût total. Les catégories de coûts considérées sont les suivantes :

- frais directs de traitement médical (coûts dus aux hospitalisations, aux traitements ambulatoires, aux médicaments etc.)
- pertes nettes de production dues à une absence temporaire ou permanente du lieu de travail
- coûts de remplacement (en cas d'absence permanente, un nouveau employé doit être engagé)
- coûts immatériels résultant d'une espérance de vie raccourcie ou d'une qualité de vie péjorée par des maladies provoquées (coûts dus à la souffrance et à la perte de joie de vivre).

Une deuxième approche a estimé les coûts attribuables à la gêne et aux perturbations du sommeil en utilisant la méthode dite de la « perte de la valeur locative », méthode la plus usitée en la matière tant au plan suisse qu'international. Cette méthode part du principe que les loyers des logements exposés à des niveaux de bruit élevés sont plus bas que ceux du même type de logements situés dans un environnement sonore calme. Le calcul prend en compte les logements exposés à un niveau de bruit de 50 dB ou plus pendant la journée, seuil au-delà duquel on considère que des effets sur la santé peuvent être mesurés. Pour chaque décibel d'exposition au-delà de ce seuil, il est calculé une perte de la valeur locative, et on considère que ce coût exprime la valeur monétaire de la gêne et des perturbations du sommeil.

Dans le cadre de l'évaluation des impacts de la pollution de l'air, il n'est généralement pas recommandé d'additionner les impacts des PM₁₀ et du NO₂, du fait que ces deux polluants sont associés dans l'air et cela pourrait se traduire par des doubles comptages de ces impacts. L'approche la plus adéquate consiste donc à sélectionner le polluant le mieux adapté pour mesurer les impacts dans l'air du périmètre d'étude ou répondre à la question posée. Pour cette étude, le NO₂, qui reflète mieux l'exposition de la population attribuable aux activités aéroportuaires du fait des combustibles utilisés par l'aviation, a été retenu comme le principal indicateur d'exposition à la pollution de l'air. L'analyse sur les PM₁₀ a été utilisée en guise de comparaison, sans néanmoins qu'il y ait addition des impacts sur la santé des deux polluants. Elle a permis de constater que pour le même type d'effets (mortalité, admissions hospitalières ou symptômes respiratoires chez les individus asthmatiques), la contribution relative des PM₁₀ au poids total de la maladie (base de référence) est nettement inférieure à celle du NO₂, en raison de la plus faible contribution de GA dans les émissions de PM₁₀. L'analyse des PM₁₀ permet par contre d'apprécier d'autres effets, comme les impacts en termes de taux d'activité réduite ou encore les jours de travail perdus.

La traduction des résultats obtenus en coûts sanitaires a été effectuée de manière identique à celle de la première approche relative au bruit, et, en l'occurrence, à partir des éléments suivants : nombre d'années potentielles de vie perdues, nombre d'années potentielles de travail perdues et nombre de jours ou de cas attribuables pour sept différents effets sur la santé (morbidité), à savoir les jours d'hospitalisation pour cause de maladies cardio-vasculaires, les jours d'hospitalisation pour cause de maladies respiratoires, les jours avec une activité restreinte, les cas de bronchite chronique chez les adultes, les cas de bronchite aiguë chez les enfants, les cas d'asthme chez les adultes et les cas d'asthme chez les enfants.

L'enquête auprès de la population s'est déroulée dans le Grand Genève, du 13 au 30 octobre 2015. Elle a touché 750 personnes adultes interviewées de manière aléatoire, par téléphone, en utilisant un questionnaire pré-testé de plus de 30 questions ne portant pas directement sur les enjeux liés à l'activité aéroportuaire. La méthode de présélection a assuré un équilibre entre les

différentes zones d'études définies en fonction de leur exposition aux potentiels impacts (sonores notamment) du GA. Pour éviter certains biais systématiques, l'objectif de la recherche n'a pas été communiqué, même pas auprès des enquêteurs eux-mêmes.

La thématique « emplois et revenus » a été traitée à travers une revue de la littérature scientifique internationale et de la littérature « grise » concernant spécifiquement GA.

Résultats

L'exposition problématique aux nuisances sonores du GA telle que mesurée par l'index de bruit calculé pour le présent rapport, concerne, à ce jour (état 2014) environ 26'000 personnes ; ce chiffre est destiné à augmenter de 9% à l'horizon 2030 pour atteindre environ 29'000 personnes. En comparaison, le nombre de personnes exposées au-delà des VLI (valeurs limites d'immission selon l'Ordonnance de protection contre le bruit – OPB) resteront environ 40'000 dans le canton de Genève après la fin, en mars 2018, du plan d'assainissement des routes cantonales et communales, mis en place depuis 1998. En ce qui concerne la mesure des pathologies, l'évaluation conclut à des estimations, en chiffres absolus, de mortalité extrêmement faibles (seulement quelques cas potentiels). Par contre, les effets sur la morbidité, et en particulier sur l'hypertension et son traitement ambulatoire, sont plus importants et se chiffrent à 835 cas pour l'ensemble de la zone d'étude dans l'état actuel. Cette valeur, dans l'absolu importante, reste marginale au regard du traitement total de l'hypertension, dont elle ne représente que le 1% de l'ensemble des cas.

En matière de coûts sanitaires, le coût total du bruit dû au GA pour 2014 se monte à 27.2 mio de CHF ; 82 % de ces coûts sont provoqués par la gêne et les perturbations du sommeil, le 18% restant étant dû aux autres effets sur la santé. Le coût total du bruit dû au GA en 2030 se monte à 31.2 mio de CHF, ce qui correspond à une augmentation de 15 % par rapport à 2014.

Le transport aérien sera en 2030 la principale source des impacts sur la santé attribuables au NO₂. Cela se traduira par un doublement de la mortalité, passant de 21 à 42 décès, représentant par ailleurs une augmentation de 253 à 460 années de vie perdues. Cette évolution, dans l'absolu très significative, doit être mise en perspective avec les chiffres globaux relatifs aux pathologies dont l'origine est à rechercher dans la pollution de l'air et pour lesquels il est possible de dresser un comparatif pour la situation actuelle. Dans ce cadre, si l'on procède par extrapolation simplifiée à partir des statistiques de mortalité suisses et genevoises, il apparaît que les décès attribuables à la pollution de GA représentent environ le 9 % des décès attribuables à la pollution de l'air dans le périmètre de l'étude.

En matière de coûts sanitaires, le coût total de la pollution de l'air pour 2014 est conséquent et atteint les 24.7 mio de CHF. La presque totalité des coûts (98 %) sont imputables à des décès prématurés, comptabilisées sous la forme d'années de vie perdues et de décès. L'analyse des coûts pour 2030 fait état d'une augmentation considérable, atteignant les 53 mio de CHF. Cette augmentation résulte de la combinaison de trois facteurs :

- l'émission des substances polluantes par le site aéroportuaire va augmenter de 36 %, en raison d'un nombre croissant de cycles de décollage-atterrissage,
- les changements des niveaux des prix vont amener une augmentation de 18 %,
- des évolutions dans la population touchée vont se traduire par un incrément de 34 %, essentiellement attribuable au vieillissement de la population. Le poids relatif des personnes âgées dans l'ensemble de la population sera bien plus important en 2030 qu'actuellement et dans la mesure où les décès attribuables à la pollution de l'air concernent prioritairement cette catégorie de la population, cela affecte tout particulièrement le poste de coûts des années de vie perdues.

Toutefois, l'analyse des coûts montre, aussi bien pour le bruit que pour la pollution de l'air, que les frais de traitement médical directement chiffrables représentent une part très faible, d'un montant inférieur à 3 millions de francs suisses. L'essentiel des coûts concerne : a) les années de vies perdues pour cause de décès prématurés, et, b) la perte de la valeur locative pour cause de gêne et des perturbations du sommeil.

Il faut aussi préciser que la grande majorité des effets se concentre dans la zone sensible du périmètre d'étude. Ainsi, pour les jours avec des symptômes d'asthme chez les enfants asthmatiques, les jours d'activité réduite ou encore les jours de travail perdus, la zone sensible concentre environ le 90 % des effets, aussi bien dans la situation actuelle qu'à l'horizon 2030. De même, plus des 90 % des coûts se concentrent sur le territoire suisse.

Enfin, il faut insister sur le fait que l'approche évaluative utilisée est conservatrice au sens où, en cas d'incertitudes au niveau des hypothèses interprétatives, c'est l'estimation la plus prudente qui a été retenue. Aussi, il convient de relever que les effets sur la santé retenus sont ceux pour lesquels il était également possible de procéder à une évaluation monétaire et pour lesquels il était possible de minimiser les doubles comptages. Par conséquent, les coûts avancés dans cette évaluation définissent avec précision le seuil inférieur des coûts réels.

Les résultats de l'enquête téléphonique réalisée auprès d'un échantillon représentatif de population résidant dans la zone d'étude corroborent les résultats de l'analyse quantitative du risque sanitaire. Le fait d'habiter à proximité de GA est associé à un certain nombre de réactions et de comportements :

- en matière de bruit, l'environnement est considéré comme bruyant, le bruit est une source de dérangement tant le jour que la nuit, il perturbe les loisirs à domicile et finalement le bruit des avions est la principale source de bruit. Il induit la fermeture des fenêtres, aussi bien le jour que la nuit ;
- en matière de pollution de l'air, cette proximité est une source de gêne olfactive et les avions sont la principale source de cette atteinte. Cette dernière induit également la fermeture des fenêtres la nuit.

Au niveau de l'activité économique, la littérature tend à souligner le fait que l'activité aéroportuaire constitue un potentiel pour le développement économique régional.

Concernant plus spécifiquement les revenus générés par le GA, d'après la revue de la littérature et selon les scénarios les plus optimistes, le passage de 15.8 millions de passagers (chiffres 2016) à 25 millions de passagers en 2030 pourrait être accompagné de, et/ou induire, une augmentation du PIB cantonal comprise entre +0.585 % et +5.85 % sur 15 ans, soit, pour un PIB cantonal estimé à ce jour à 47.9 milliards, une croissance annuelle de +0.21 % ou un peu plus de 100 millions de francs par an.

La contribution du GA dans l'économie locale et régionale a fait l'objet d'une analyse récente et détaillée. Selon les chiffres présentés, l'effet multiplicateur proposé est que 1 emploi dans la structure aéroportuaire génère 1.2 emplois dans le canton. Cet effet d'entraînement apparaît légèrement plus élevé que les propositions d'élasticité calculées pour la croissance des aéroports dans la littérature scientifique étudiée.

Dans l'ensemble, les revenus générés par l'activité aéroportuaire participent à l'amélioration de la santé des habitants et des travailleurs de la région.

Recommandations

Recommandation n°1 : Bruit, suivi des mesures de limitation et de monitoring

Le bruit issu du site aéroportuaire est un facteur de dégradation de la qualité de vie, en particulier pour les populations les plus limitrophes. La récente décision du Conseil d'Etat d'imposer un plafonnement de bruit maximal pour la tranche nocturne (22h00-minuit) dès l'année 2020 apporte un premier élément de réponse à ce problème.

Dans ce contexte, en concertation avec les communes concernées ainsi qu'avec les autres parties prenantes, il est proposé de :

- a) *organiser un dispositif de suivi de la mise en œuvre de cette décision*

- b) *identifier, dans le cadre de ce dispositif, les indicateurs de monitoring de bruit (sur la base des mesures existantes ou à travers des nouvelles mesures comme l'index de bruit) et assurer le calcul de l'indicateur retenu à des échéances régulières, et*
- c) *définir avec précision, dans le cadre de ce dispositif, les mesures correctives à apporter en cas de problème constaté, suivant un principe de progressivité.*

Recommandation n° 2 : Bruit, nouvelle mesure de limitation

La décision du Conseil d'Etat fixant une enveloppe de bruit maximale est spécifiquement ciblée sur la première tranche nocturne de la période de sommeil. Elle ne considère pas la première tranche diurne (06h-07h du matin). Or, selon les données de l'enquête téléphonique réalisée dans le cadre de la présente étude, alors que seul le 29 % de la population se lève jusqu'à 06h00, cette proportion passe à 75 % jusqu'à 07h00. Ainsi, 46 % de la population genevoise termine sa nuit de sommeil entre 06h et 07h. A ce jour, GA est autorisé à commencer ces vols à partir de 05h du matin. Néanmoins, dans la mesure où il n'y a pas de demande des compagnies aériennes pour la tranche horaire 05h-06h, les vols commencent à 06h.

A la lumière de ces faits et avec l'objectif d'assurer une bonne qualité de sommeil sans discontinuités, il est proposé que des discussions soient ouvertes entre toutes les parties prenantes avec, pour objectif, de fixer l'heure officiellement autorisée pour le démarrage des vols à 07h.

Le Conseil d'Etat a refusé d'entrer en matière sur cette demande (évoquée dans la lettre au Conseil d'Etat signée par toutes les communes riveraines de GA). Cette recommandation ne peut pas être soutenue par le Canton.

Recommandation n°3 : Bruit, mesures d'assainissement

La population exposée à un niveau de bruit d'origine aéroportuaire trop important bénéficie d'un plan d'insonorisation mis en œuvre par GA. Les seuils d'assainissement ont été définis par la Confédération à l'occasion du renouvellement de la concession fédérale d'exploitation de l'aéroport en 2001. Ils imposent l'insonorisation des bâtiments exposés à une charge sonore dépassant les valeurs d'alarme (VA), tels que définis par l'OPB. GA a par la suite étendu, sur une base volontaire, le programme d'insonorisation, en assainissant les bâtiments situés dans des zones exposés à un bruit de 1 à 4 dB inférieurs au VA, jusqu'à ceux se situant dans le périmètre défini par la valeur limite d'immission (VLI). En juin 2013, faisant suite au constat d'augmentation notable du bruit par rapport au règlement d'exploitation de 2001, l'OFAC a demandé à l'aéroport d'insonoriser les bâtiments jusqu'aux VLI. En France, un programme d'aide à l'insonorisation est opérationnel avec la commune de Ferney-Voltaire depuis 2009 et devrait être terminé à fin 2016. A fin 2014, 3'000 logements avaient été insonorisés et la planification prévoyait d'en insonoriser autant à l'avenir (GA, 2015). Cet important programme, en place depuis 2004, a été mis en œuvre sur la base des courbes enveloppantes d'exposition au bruit calculées par l'EMPA sur la base du trafic aérien de l'année 2000. Depuis lors, la progression du volume de trafic de GA s'est poursuivie et la référence aux niveaux de bruit du trafic de l'année 2000 n'est plus adaptée.

A la lumière de ce qui précède, il est proposé que des discussions soient ouvertes entre les différentes parties prenantes, visant à évaluer l'opportunité d'ajuster les courbes enveloppantes d'exposition au bruit déterminant le périmètre du programme d'insonorisation aux évolutions du bruit aérien et, le cas échéant, de se déterminer sur une nouvelle année de référence.

Recommandation n°4 : Pollution de l'air, suivi

Le suivi de l'évolution de la pollution de l'air dans le périmètre autour du site aéroportuaire doit bénéficier d'un dispositif de suivi dédié et étoffé. Les analyses réalisées dans le cadre de la présente évaluation reposent sur une modélisation *ad hoc*, réalisée dans le cadre du processus PSIA pour le scénario 2030, et d'une extrapolation « à rebours » à partir de ce même scénario et des analyses réalisées par le projet G2AME.

Partant de ce constat, dans une optique d'amélioration des politiques publiques, il est proposé que le suivi de l'exposition et les modélisations relatives à la pollution de l'air réalisées dans le cadre du projet G2AME par le Canton de Genève puissent pleinement intégrer les émissions émises par GA.

Recommandation n°5 : Pollution de l'air, mesures de limitation

Le scénario de développement de GA prévoit une augmentation conséquente du nombre de mouvements à l'horizon 2030. L'amélioration des performances des moteurs des aéronefs permettra de compenser en partie l'augmentation des mouvements grâce à une consommation de carburant nettement réduite. D'autre part, les outils directeurs de l'autorité cantonale en matière de protection de l'air fixe des objectifs de réduction d'émissions de polluants issus de la gestion du site aéroportuaire (plan de mesure OPair, par exemple besoins énergétiques des aéronefs en stationnement couverts par le branchement au réseau). La Confédération agit par ailleurs pour renforcer les standards internationaux en matière d'émissions de particules fines et des mesures incitatives sont mises en place par GA sur les aéronefs (redevance perçue proportionnelle à la quantité des polluants émis). Malgré ces efforts, il est difficile d'envisager qu'une compensation totale puisse se réaliser au niveau des polluants atmosphériques.

A la lumière de ce qui précède, il est suggéré de traiter les polluants atmosphériques émis par GA dans une double perspective. A un premier niveau, il est proposé que l'autorité de surveillance se positionne de manière préventive pour que des mesures incitatives et des mesures de gestion sur site soient renforcées et/ou développées. A un deuxième niveau, il est proposé que la limitation des émissions de polluants atmosphériques issus de GA, notamment les NO_x et les PM10, se fasse dans une approche volontariste de tous les acteurs concernées et économiquement supportable, notamment via la promotion des nouvelles technologies dans le transport aérien, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie de protection de l'air 2030 et en synergie avec la politique climatique cantonale.

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

L'Aéroport international de Genève-Cointrin (GA ci-après), conformément aux exigences posées par la Confédération suisse dans le cadre de sa politique aéronautique, fait actuellement l'objet d'un processus devant déboucher sur l'élaboration d'une planification directrice : le *Plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique* (PSIA ci-après).

Un PSIA se compose de deux parties : une partie de conception et une partie exigences et objectifs. La première a été approuvée par le Conseil fédéral en 2000. La deuxième se décline sous la forme d'une fiche propre à chaque aéroport ou aérodrome. Cette partie traite de 16 thématiques différentes, allant du rôle et de la fonction de l'installation, à la définition de son périmètre et à ses effets sur l'environnement (bruit, air, sol, nature et paysage, etc.).

Le processus pour l'élaboration de la fiche PSIA pour GA a été officiellement lancé en mars 2013 et doit déboucher, courant 2016, sur l'élaboration d'un projet final de fiche. Suite à la procédure de consultation – impliquant les offices fédéraux, les autorités cantonales et municipales ainsi que la population – son adoption par le Conseil fédéral est prévue courant 2017.

Dans le cadre de ce processus, l'Association transfrontalière des communes riveraines de GA (ATCR) a manifesté auprès du Conseil d'Etat genevois sa volonté d'engager une *évaluation d'impacts sur la santé* (EIS ci-après) des développements de l'aéroport envisagés dans le cadre du processus PSIA, afin que les conséquences sur la santé de l'activité aéroportuaire soient analysées. En effet, à ce jour, la santé ne fait pas spécifiquement partie des 16 thématiques bénéficiant d'une coordination au sein de la fiche PSIA.

L'entrée en matière du Conseil d'Etat pour réaliser une telle évaluation se justifie à la lumière de l'essor particulièrement significatif du trafic aérien à travers le monde depuis quelques décennies, ceci ayant amené à un développement conséquent et continu des infrastructures aéroportuaires. Ce développement s'est principalement traduit par une augmentation de la capacité d'accueil des aéronefs (via la modernisation et/ou la construction de nouveaux terminaux, la construction de nouvelles pistes et plus généralement, l'optimisation dans l'utilisation de ces équipements), afin de répondre à la demande sans cesse croissante de déplacement des voyageurs et des marchandises. Outre les retombées économiques directes et indirectes pour les territoires concernés, cette forte croissance a eu de répercussions importantes en matière d'aménagement du territoire et a inévitablement induit une augmentation des nuisances environnementales – pollution sonore et pollution de l'air notamment. Les instances aéroportuaires ont mis en place des politiques destinées à limiter ces nuisances. D'une part, il s'agissait de la gestion du bruit à travers une optimisation des trajectoires de décollage et d'atterrissage, une limitation des heures où les vols sont autorisés, ou encore la construction d'équipements spécifiques pour toutes les activités d'essai des moteurs. D'autre part, de la gestion de la pollution à travers une incitation aux compagnies aériennes à utiliser des aéronefs plus performants, un branchement des avions en stationnement au réseau d'énergie aéroportuaire, des plans de mobilité en transports publics pour le personnel et les voyageurs. Au niveau de GA, cet ensemble de mesures – auxquelles se rajoutent encore celles portant sur le développement des énergies renouvelables, la gestion des eaux, la gestion des déchets et la protection des milieux naturels – sont inscrites dans son système de management environnemental et bénéficient d'un suivi régulier, ainsi que d'un reporting annuel (GA, 2014).

Toutefois, contrairement à de nombreux autres aéroports à travers le monde (p.ex. actuellement: Manchester, Schiphol-Amsterdam, Birmingham, Stansted, Santa Monica, Toronto City Airport, Sydney), le développement de GA n'avait pas fait jusqu'à présent l'objet d'une EIS. Cette dernière, désormais prévue parallèlement au processus PSIA, constitue une opportunité pour saisir le lien entre l'activité aéroportuaire et ses impacts – aussi bien positifs que négatifs – sur la santé des populations concernées et pour formuler, à l'attention des autorités décisionnelles, des recommandations pour leur prise en compte.

L'approche EIS (cf. section 1.3 pour la méthodologie d'une telle évaluation) a pour vocation d'éclairer l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer la santé d'une population, ainsi que la distribution des impacts au sein de la population. Ces facteurs sont qualifiés usuellement de

« déterminants de la santé ». De manière générale, si certains déterminants de la santé ont naturellement trait à la qualité du domaine sanitaire (cf. systèmes et infrastructures de soins) et la prise en charge des symptômes, on oublie souvent que la plupart trouvent leur origine à l'extérieur de celui-ci. En effet, ils relèvent autant de la qualité de l'environnement (air, bruit, eaux, sols, paysage, aménagement du territoire), que des modes de vie (alimentation, activité physique, etc.), de facteurs économiques (emplois, revenus) ou sociaux (niveau de formation, lien social) – pour n'en mentionner que quelques-uns. Au même titre que les prédispositions génétiques, ces déterminants vont conditionner l'état de santé et de bien-être de la population. Dans ce cadre, l'EIS s'avère un outil intéressant pour estimer de manière prospective les impacts sur la santé du développement de l'aéroport envisagé à l'horizon 2030, et éclairer ainsi les décideurs sur les conséquences potentielles sur la santé de la population.

1.2 Objectifs de l'évaluation

Cette évaluation se donne comme **objectif général** d'évaluer les impacts sur la santé, actuels (T0 : 2014) et potentiels (T1 à l'horizon 2030 – sur la base du scénario établi dans le cadre du processus PSIA) des activités de GA.

Comme évoqué plus haut, la démarche de l'EIS repose sur une analyse et une appréciation de l'ensemble des facteurs qui déterminent la santé d'une population, les déterminants de la santé. La présente évaluation examinera non seulement les conséquences potentielles (directes et indirectes) sur la santé et le bien-être causées par le fonctionnement et le développement du transport aérien de GA, mais aussi celles engendrées par le transport routier induit (notamment : pollution de l'air, nuisances sonores). Elle s'intéressera également aux déterminants économiques (emplois et revenus) de la santé en lien avec l'activité aéroportuaire.

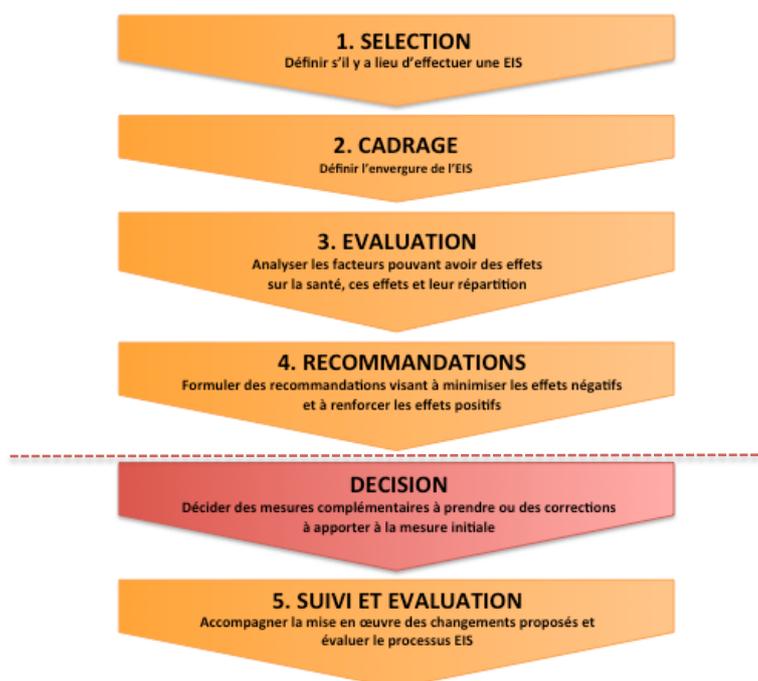
Les **objectifs spécifiques** se déclinent comme suit :

- Estimer le poids de la morbidité et de la mortalité (mesuré en unités YLL – *Years of Life Lost* – années de vie perdues) résultant de l'exposition à la pollution sonore issue de l'activité aéroportuaire, dans la situation actuelle et selon le scénario de développement à l'horizon 2030
- Estimer le poids de la morbidité et de la mortalité (mesuré en unités YLL) résultant de l'exposition à la pollution de l'air issue de l'activité aéroportuaire, dans la situation actuelle et selon le scénario de développement à l'horizon 2030
- Calculer l'index du bruit des avions suivant la même méthodologie que celle utilisée pour l'aéroport de Zurich
- Estimer les coûts (sanitaires et en lien avec l'activité économique) résultant de ces expositions à la pollution de l'air et aux nuisances sonores
- Mettre en relation avec la santé les données existantes ayant trait à l'activité économique de GA (emplois et revenus), dans la situation actuelle et selon le scénario de développement à l'horizon 2030,
- Identifier plus globalement les opportunités pour diminuer les effets négatifs et maximiser les effets positifs de l'activité aéroportuaire sur la santé de la population et dresser une liste de recommandations à cet égard.

1.3 Approche méthodologique générale

La méthodologie EIS repose généralement sur un phasage en cinq étapes. Le processus d'évaluation est schématisé dans la figure ci-après.

Fig. 1 : Les étapes de la méthodologie EIS (Diallo et al, 2010:19, adapté par les auteurs)



Dans le cadre de cette évaluation, l'étape de « **sélection** » (étape 1) examinant l'opportunité de réaliser une EIS n'entre pas en ligne de compte, la décision sur ce point étant déjà intervenue. En ce qui concerne la prise de « **décision** » (qui n'est pas une étape de la méthodologie EIS mais y est articulée) et le « **suiwi et évaluation** » (étape 5), il reviendra au Conseil d'Etat de déterminer les modalités de leur exécution.

Les activités prévues dans la présente étude vont donc se concentrer sur les étapes 2 à 4, avec la définition du périmètre, de la portée et des modalités de l'évaluation (« **cadrage** »), l'exécution d'analyses sur les principaux déterminants de la santé concernés et leurs impacts (« **évaluation** ») et l'énoncé de « **recommandations** » en vue d'apporter des améliorations effectives sur le plan de la santé.

L'articulation du triptyque « **cadrage-évaluation-recommandations** » (étapes 2-3-4, ci-après : A-B-C) peut se décliner en cinq sous-étapes (cf. chiffres relatifs) :

A | Cadrage :

A1 — Identifier les impacts potentiels sur la santé de la population aux différentes phases du projet analysé.

A2 — Sélectionner les impacts principaux produisant des effets significatifs sur la santé, puis déterminer si ces impacts sont globaux ou affectent certains groupes de population de manière disproportionnée, et en définir leurs caractéristiques (permanents ou réversibles ; se produisant sur le court-, moyen- ou long-terme ; ayant des effets cumulatifs ou synergétiques).

B | Evaluation :

B1 — Quantifier et qualifier les impacts sur la santé dans la situation actuelle (2014) et dans le scénario de référence établi à l'horizon 2030 pour le développement de GA. Cela concerne les différentes catégories de déterminants retenus dans le cadrage.

C | Rapport et Recommandations :

C1 — Rédiger le rapport d'évaluation d'impacts sur la santé reprenant et intégrant les impacts calculés ou qualifiés dans les rapports sectoriels.

C2 — Etablir des recommandations permettant d'optimiser les effets positifs et minimiser les effets négatifs sur la santé du développement du GA.

La méthodologie propre à chacune de ces étapes est détaillée dans les chapitres correspondants traitant des différents impacts.

1.4 Dispositif organisationnel

Deux structures ont vu le jour pour la réalisation de cette EIS : un groupe de travail et un groupe de recherche.

Le **groupe de travail** a assuré le pilotage de l'évaluation et la validation des différents documents et présentations d'étape et finaux. Il se compose comme suit :

- M. Yvan Rochat, Président de l'ATCR et Conseiller administratif de Vernier
- M. Daniel Raphoz, Vice-président de l'ATCR et Maire de Ferney-Voltaire
- Mme Carine Zach Haltinner, Association des communes genevoises et Maire de Cartigny
- M. Jean-Louis Philippin, conseiller communal de Mies
- M. Vassilis Venizelos, DALE (Département de l'aménagement, du logement et de l'énergie) - Office de l'urbanisme (chef de projet PSIA)
- M. Philippe Royer, DETA (Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture) – SABRA
- M. Jacques-André Romand, DEAS (Département de l'emploi, des affaires sociales et de la santé) – DGS
- M. Pascal Haefliger, DEAS (Département de l'emploi, des affaires sociales et de la santé) – DGS
- M. Nicolas Bongard, DSE (Département de la sécurité et de l'économie)
- M. Marcos Weil, Urbaplan, Organisateur de la procédure, secrétaire technique ATCR

Le **groupe de recherche** a assuré la coordination et l'exécution technique de l'évaluation. Les activités de présentation et de discussion des résultats produits aux différentes étapes de l'évaluation ont été assurées par les membres romands du groupe de recherche (Groupe de recherche en environnement et santé ; equiterre).

Le groupe de recherche se compose comme suit :

- M. Nicola Cantoreggi, chargé de mission, Groupe de recherche environnement et santé, Université de Genève (coordination générale et scientifique)
- M. Jean Simos, responsable du Groupe de recherche environnement et santé, Université de Genève (supervision)
- M. Jean-Noël Rochat, chargé de projets, equiterre
- Mme Natacha Litzistorf, directrice, equiterre (supervision)
- Mme Laura Perez, collaboratrice scientifique, Institut tropical et de santé publique suisse, Université de Bâle
- Mme Danielle Vienneau, collaboratrice scientifique, Institut tropical et de santé publique suisse, Université de Bâle
- M. Martin Rössli, Chef de l'Unité exposition environnementale et santé, Institut tropical et de santé publique suisse, Université de Bâle (supervision)
- M. Christoph Lieb, Consultant senior, Ecoplan
- M. Heini Sommer, Président du directoire, Ecoplan (supervision)
- M. Beat Schäffer, Chef de projet, Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et recherche (EMPA)
- M. Kurt Eggenschwiler, Chef du laboratoire d'acoustique/contrôle du bruit, Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et recherche (EMPA) (supervision)
- Mme Aline Ramos, Analyste, MIS Trend
- M. Mathias Humery, Directeur des enquêtes téléphoniques, MIS Trend (supervision)

2 Cadrage de l'évaluation

Le présent cadrage formalise l'étape n° 2 de la méthodologie EIS.

Le cadrage a pour but de définir, d'affiner et de valider le périmètre de l'évaluation. Il s'agit d'identifier, sur la base de la littérature et des éléments déjà disponibles, les impacts principaux produisant des effets significatifs sur la santé et affectant certains groupes de population de manière disproportionnée.

Fruit d'une revue rapide de la littérature traitant des potentiels liens entre l'activité aéroportuaire et la santé, de même que des attentes spécifiques du groupe de travail, les macro-déterminants suivants ont pu être identifiés et synthétisés. Ils sont présentés (par ordre alphabétique) dans la liste ci-dessous, et détaillés dans le schéma de cadrage joint en annexe.

Aéroport et santé : macro-déterminants potentiels pour l'analyse (listés ici par ordre alphabétique) :

1. *Accidents*
2. *Activité physique*
3. *Alimentation*
4. *Aspects macro-économiques*
5. *Bruit*
6. *Climat*
7. *Effets indirects sur les logements (disponibilité, prix, satisfaction personnelle)*
8. *Emplois & Revenus*
9. *Lien social*
10. *Maladies (not. invasives)*
11. *Paysage*
12. *Pollution de l'air*
13. *Pollution des eaux*
14. *Pollution lumineuse*
15. *Santé mentale*

La thématique *Mobilité induite* a également été identifiée comme thématique transversale.

Ce « champ des possibles » a été présenté et débattu lors de la séance de cadrage du 06 août 2015. Suite à cette séance, pour une analyse fine, et constitueront ainsi le cœur de l'EIS GA. Il s'agit de déterminants suivants :

- Bruit
- Pollution de l'air
- Emplois & Revenus

Ces trois « thématiques centrales » ont été priorisées :

- sur la base des conclusions de la littérature consultée et dont la synthèse est présentée dans le présent chapitre
- en tenant compte des thématiques déjà traitées dans d'autres procédures, processus et systèmes de monitoring en cours [*pollution des eaux, mobilité y.c. activité physique induite* notamment)
- en considérant la complexité de certains enjeux dont les impacts indirects seraient plus difficilement saisissables en termes de santé à l'échelle du territoire analysé et dans le cadre de ce mandat (notamment le climat, la pollution lumineuse, le paysage, les maladies issues de l'arrivée de faune et de flore exotiques)
- en se basant sur les choix opérés par le groupe de travail
- en tenant compte des données disponibles et celles pouvant être produites, compte tenu des échéances, déjà établies, du processus PSIA.

Les éléments de cadrage suivants se réfèrent à la littérature scientifique disponible en matière d'EIS aéroports sur les thématiques de l'air et du bruit. Ils sont donc à l'origine des hypothèses sur lesquelles reposeront les différentes analyses réalisées dans le cadre de cette EIS. La thématique « Emplois & Revenus » ayant été traitée spécifiquement à travers une recherche de littérature, nous renvoyons le lecteur à la lecture du chapitre 3.7. pour la saisie des enjeux en la matière.

2.1 « Pollution de l'air et santé » dans le contexte aéroportuaire

Les principaux polluants atmosphériques produit par l'activité aéroportuaire et impactant sur la santé de la population locale sont les suivants : PM₁₀, PM_{2.5} et PM_{0.1} (particules fines et ultrafines) ; NO₂ (Dioxyde d'azote) ; SO₂ (Dioxyde de soufre) ; O₃ (Ozone) ; CO (Monoxyde de carbone) ; Pb (Plomb) ; HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques) ; COV (Composés organiques volatils) ; PCDD et PCDF (Dioxines et furanes). Nous renvoyons le lecteur à l'Annexe I du présent rapport pour la présentation des impacts sur la santé relatifs à chacun d'entre eux. En matière de localisation et de concentration des polluants dans le cadre des activités aéroportuaires, nous retiendrons les éléments suivants.

PM₁₀, PM_{2.5} et PM_{0.1} : la pollution de l'air via les particules fines et ultrafines produites spécifiquement par l'aéroport semble pouvoir être repérée jusqu'à ± 600m en fonction de la direction du vent. Les contributions régionales ont pu être estimées à 5-20 % du total des PM_{2.5} mesurés (Choi et al. 2013 ; Tetra Tech (2013). Hu et al. (2009) évoquent des concentrations en particules ultrafines entre 10 et 2.5 fois plus élevées, respectivement à 100 et 660m dans le sens du vent. Zhu et al. (2013), précisent que les concentration de particules ultrafines et de suie *provenant des routes* sont détectables jusqu'à 300m, contre 600m en ce qui concerne celles produites *par les aéroports*. Le long des pistes, des taux jusqu'à 600 fois plus élevés que l'air ambiant urbain ont été relevés. (SCAQMD 2010). Enfin, il faut garder à l'esprit que les PM secondaires (suie, nitrates, sulfates) formés indirectement, dans un deuxième temps dans l'atmosphère, peuvent avoir des répercussions à plusieurs kilomètres de la zone aéroportuaire (Kim et al. 2015).

NO_x / NO₂ & CO & SO₂ : ces polluants décelés jusqu'à 2.6 km, avec des concentrations estimées entre 3 et 27 % suivant le territoire concerné, avec de grandes fluctuations en fonction du climat et de la saison (peuvent monter jusqu'à 80 %), et avec des contributions relatives en croissance constante (par rapport à la contribution dominante du trafic routier). Tetra Tech (2013), Abrahams et al. (2008), Carlaw et al. (2006), HCN 1999 . Pour rappel, et suivant Masiol & Harrison (2014), les sources de pollution (provenant de l'activité aéroportuaire) liées aux PM et NO_x notamment, incluent *non seulement* les émissions des appareils de vol, *mais aussi* les unités apportant l'énergie et le combustible aux appareils, les travaux de maintenance, le chauffage, les pertes lors des opération de ravitaillement, de même que les émissions des cuisines et restaurants pour les passagers et opérateurs, les systèmes de transports intermodaux, et la mobilité induite.

COV & HAP : les concentrations de formaldéhyde, repérées sur tous les sites analysés au sein et autour du Theodore Francis Green State Airport (Rhode Island, 2007) dépassaient jusqu'à 10 fois les seuils carcinogènes.

Pb : des niveaux de plomb entre 2 et 9 fois plus élevés que le fond général, en ce qui concerne les aéroports de Van Nuys et Santa Monica (Los Angeles USA) notamment (Castro et al. 2010) ont été décelées jusqu'à 1 km des aéroports analysés (Kim et al. 2015 ; SCAQMD 2010).

O₃ : la nature chimique de cette molécule fait que les aéroports peuvent *localement* être considérés comme des puits d'O₃, mais contribuer de facto à l'augmentation des concentrations à l'échelle régionale (Kim et al. 2015).

Localisation des polluants | On considère généralement qu'un brassage homogénéisant l'air survient dès 900m de prise d'altitude, et que les phases de décollage et d'atterrissage (donc le nombre de mouvements) représentent les enjeux majeurs en matière de la qualité de l'air locale. Les émissions peuvent avoir des effets significatifs sur la santé humaine au niveaux régional, national ou global (dépôts acides, formation d'ozone, PM secondaires notamment). Au delà de

30 km, la contribution générale à la péjoration de la qualité de l'air est estimée inférieure à 10 %. (Kim et al. 2015, 2012, Tetra Tech (2013), Franssen et al. 1999 notamment).

Mortalité | Brunelle-Yeung et al. (2014) ont estimé qu'aux USA environ 210 décès prématurés sont attribuables à la pollution de l'air causée par le trafic aérien sur l'ensemble du territoire – avec des coûts *santé* et *mortalité* équivalents à environ 1.4 milliards de \$ par an. Selon une EIS portant sur l'agrandissement des aéroports prévu ou ayant court au Royaume Uni, à ce jour 110 personnes meurent chaque année au Royaume Uni à cause de la pollution atmosphérique causée par les aéroports nationaux – dont 50 en lien directement avec les émissions de London Heathrow uniquement. Avec les prévisions d'augmentation et d'agrandissements dudit aéroport, ce chiffre pourrait monter à 250 en 2030. (Yim 2013 ; Barrett et al. 2012).

Maladies cardiovasculaires | Des liens significatifs ont été identifiés entre les taux de pollution de l'air générale causée par les aéroports et la prévalence des infarctus du myocarde, ainsi qu'un mauvais pronostic au niveau des réadmissions à l'hôpital pour les personnes ayant subi un infarctus. Cf. notamment : Tonne et al. (2015) – selon lesquels la contribution de la *pollution de l'air* serait plus importante encore que celle de la *pollution sonore* dans ces deux registres.

Maladies respiratoires | Des liens significatifs ont été identifiés entre les taux de pollution de l'air générale causée par les aéroports et la prévalence *s*, via la pollution au PM₁₀ notamment avec les cas d'admissions pour problèmes respiratoires, bronchite chronique, « *lower respiratory tract symptom* » chez les enfants, diminution de la quantité d'anticorps chez les enfants, tension artérielle, asthme – 14% plus haut dans un rayon de 10km (notamment : Barrowcliffe & Phillips 2008 ; Franssen et al. 1999). A titre d'exemple : l'agrandissement prévu de l'aéroport de Stansted-Essex provoquerait 57 jours d'activités en moins par an pour cause de maladie (en lien avec la pollution atmosphérique) et 18.87 années de vie perdues sur le long terme. (Barrowcliffe & Phillips 2008 | 24 millions passagers/an).

Gène olfactive | Selon une étude de Franssen et al. (1999) portant sur l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol, la problématique de la qualité de l'air est *centrale pour la population*, avec 42 % de la population interrogée s'estimant préoccupée par les enjeux de pollution de l'air – contre 18 % par les enjeux liés au bruit. Au niveau régional, 5 à 7 % de la population (représentant plus de 100'000 personnes) s'estime même sévèrement dérangée par les odeurs en lien avec l'activité aéroportuaire. Sur un rayon de 25 km, 18 à 31 % de personnes y rapportent de sévères dérangements (« *severely annoyed* ») contre 48 à 65 % dans la zone cœur.

Perspectives | Selon la revue de littérature réalisée par Kim et al. (2015), si les aspects techniques (renouvellement de la flotte, amélioration technologique des appareils et équipements, changement de sources de combustibles par ex.) représentent assurément une certaine marge d'amélioration dans le domaine des émissions, la croissance d'un aéroport (mouvements notamment) aura tendance à dépasser les tentatives de réduction des émissions par ce biais-là.

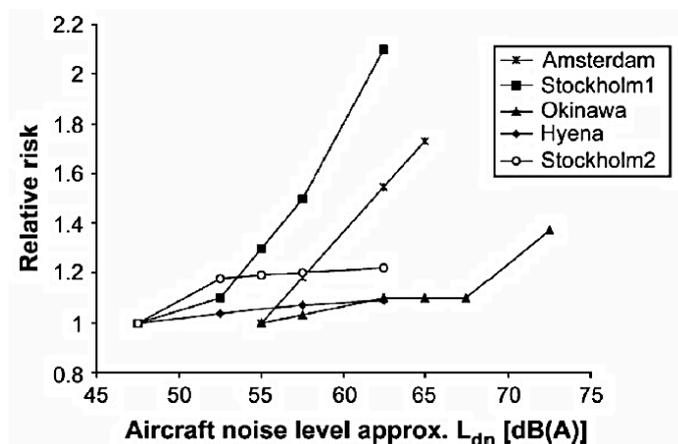
Inégalités de santé | A l'exemple du Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport (Rissman J. et al. 2013), si la participation globale des émissions de PM_{2.5} dues au trafic aérien est proportionnellement basse dans la zone, elle touche une population à faible revenu et moindre formation, au capital et compétences en santé déjà faibles de facto.

2.2 « Bruit et santé » dans le contexte aéroportuaire

Maladies cardiovasculaires | Les preuves de l'association entre l'exposition au bruit du trafic – notamment routier et aérien – avec **l'hypertension artérielle et les maladies ou insuffisances cardiovasculaires** sont de plus en plus nombreuses (WHO EBD 2011). L'augmentation des risques relatifs en lien avec **l'hypertension**, causés par le bruit des avions spécifiquement, a été estimée notamment par Babisch & Van Kamp (2009) à 1.13 (95% CI 1.00–1.28) par tranche d'augmentation de 10 dB(A). Auparavant, Van Kempen et al. (2002) évoquaient quant à eux un risque relatif augmentant de 1.59 (95% CI 1.30–1.93) par 10 dB(A). Black et al. (2007) ont aussi trouvé un lien significatif entre l'exposition chronique au bruit des avions de l'aéroport de Sydney et l'hypertension, ainsi que le stress, sur la base d'un questionnaire.

La figure 1, fruit d'une méta-analyse de Babisch & Van Kamp (2009) portant sur cinq études d'impacts, reflètent ce lien entre l'augmentation du volume sonore moyen des aéroports un risque de prévalence ou incidence d'hypertension et (ici calculé en Lden).

Fig 2 : Association entre le bruit des avions et le risque d'hypertension (Babisch & Van Kamp 2009)



Plusieurs études ont également fait ressortir des liens entre exposition au bruit des avions et haute pression sanguine, faiblesses cardiovasculaires, augmentation de la médication, admissions à l'hôpital causées par des accidents cardiovasculaires ou des maladies coronariennes et cardiovasculaires en général – notamment : Correia et al. (2013), Hansell et al. (2013), Franssen et al. (1999, 2004). Dans le cadre d'une étude portant sur près de 90 aéroports aux USA, Correia et al. (2013) ont par exemple confirmé (pour les plus de 65 ans) l'existence d'un lien significatif entre bruit aéroportuaire et prévalence de l'hypertension, de l'infarctus du myocarde et de l'ischémie cardiaque notamment.

Difficultés cognitives et d'apprentissage | De nombreuses études ont montré que les capacités cognitives d'apprentissage et de mémorisation des enfants étaient impactées négativement par le bruit – tant par le bruit chronique qu'aigu (WHO EBD 2011). Lecture, mémorisation, compréhension et attention font les frais du bruit. L'exposition pendant les périodes critiques de l'apprentissage à l'école pourrait potentiellement nuire au développement des enfants et induire des conséquences néfastes et durables sur le niveau d'instruction, donc également sur le statut social et les capacités économiques des individus sur le long terme. L'étude RANCH (Stansfeld et al. 2005), qui s'est intéressée aux compétences cognitives d'enfants de 9-10 ans en Hollande, en Espagne et au Royaume-Uni, a par exemple identifié une relation linéaire entre l'exposition au bruit des avions sur le long terme et les compétences en compréhension lors de la lecture (*reading memory*), ainsi que de mémorisation. On évoque également une moins bonne coordination « main-œil », de moins bons résultats aux tests de reconnaissance mémorielle et une augmentation des erreurs lors des tests de « *switching attention* » en lien avec le bruit des avions. (cf. p. ex. Castro et al. 2010, Barrowcliffe & Phillips 2008). Des problèmes d'attention et de liens sociaux affaiblis ont été rapportés par les parents pour les enfants particulièrement exposés sur le lieu d'habitation (Franssen et al. 1999). Certaines études évoquent des conséquences négatives plus marquées en ce qui concerne le bruit du trafic aérien que le bruit du trafic routier – avec un seuil évoluant autour de 60 dB Lden (cf. notamment : Lercher et al. 2003).

Perturbation du sommeil | Une des plaintes les plus fréquemment rapportées par les populations exposées au bruit, la perturbation du sommeil peut avoir un impact majeur sur la santé et la qualité de vie. Selon WHO EBD (2011), le bruit affecte le sommeil en termes d'effets : *immédiats* (par ex. agitations et éveils, perturbation des phases de sommeil, réveils effectifs, mouvements du corps, allongement des temps d'éveil), *secondaires à court-terme* (la somnolence, la performance de la journée, atteintes aux fonctions cognitives), et *secondaires à long-terme* (perturbations de sommeil chronique en particulier). Les perturbations *aiguës* et *chroniques* du sommeil, de même que sa fragmentation, affectent notamment les performances psychomotrices, la consolidation de la mémoire, la créativité, le comportement de prise de risque, les performances en matière de détection de signaux et autres informations, ainsi que les risques d'accidents (id.). Babisch (2006), Greiser et al. (2007), Jarup et al. (2008) ou Paschier-Vermeer et Passchier (2000) notamment,

suggèrent que l'exposition nocturne au bruit du trafic (en général) augmente p. ex. de manière sensible le risque de maladies cardiovasculaires.

En lien avec le bruit des avions spécifiquement : une perturbation généralisée du sommeil (temps d'endormissement, multiplication des réveils la nuit durant, interférences sur le retour au sommeil, passage d'un sommeil profond à un sommeil léger/paradoxal et augmentation des plaintes pour sommeil interrompu et de mauvaise qualité) a été relevée notamment par Will et al. (1994), Abrahams et al. (2008) et Castro et al. (2010). Franssen et al. (1999) ont également identifié un lien avec l'utilisation de somnifères (hausse de 14 % dans la zone la plus centrale). Les perturbations du sommeil sur LAeq23-06hr, révélées à partir de 20 à 27 dB, toucheraient en l'occurrence, pour le Schiphol Airport d'Amsterdam, pas moins de 100'000 à respectivement 130'000 personnes. A relever encore : la motilité est augmentée à partir de niveaux de bruits très bas déjà, et les personnes exposées sur le long terme à des volumes de bruit relativement bas la nuit seraient également plus sensibles aux « *single noise events* » que les personnes vivant dans les zones très exposées (id.).

Perte d'ouïe et acouphènes | Selon l'OMS (WHO EBD 2011), l'OMS estime à environ 3 % la part des acouphènes causée par l'exposition au bruit environnemental. Les mêmes auteurs jugent peu probable que l'exposition au bruit environnemental en-dessous de LAeq, 24h 70 dB(A) ne débouche sur une déficience auditive chez la grande majorité des gens, et ce même après une exposition toute sa vie durant. En ce qui concerne le bruit des avions spécifiquement, Will et al. (1994) évoquent les risques pour le personnel travaillant sur le site aéroportuaire, ainsi que la diminution effective des capacités/performances directes au-dessus de 100 dB – on enregistre 140 dB à proximité des pistes – mais concluent que le bruit des avions ne représentait pas de danger à ce niveau (lésion de l'ouïe elle-même) pour la population en général.

Gêne sonore | Face au « bruit » – disharmonieux, altérant, perturbant, irrégulier, voire anormal par définition (contrairement au « son ») – un individu peut éprouver une multitude de réactions négatives (colère, insatisfaction, repli sur soi, impuissance, dépression, anxiété, confusion et inattention, agitation ou épuisement). Les symptômes liés tels que la fatigue, les maux d'estomac ou le stress sont avérés être en lien tant à l'exposition au bruit, qu'à la gêne rapportée. (WHO EBD 2011). Daly et al. (2013) rappellent que les valeurs-seuils fixées par l'OMS sont de 55 dBA Lday pour la gêne sévère. Ils relèvent également qu'à un niveau sonore moyen identique, le bruit du trafic aérien tend à être évalué comme plus dérangeant que le bruit du trafic routier. Une étude de terrain sur la motilité, les réveils induits, le dérangement la nuit, ainsi que l'impact sur les performances le lendemain, laisse penser que le trafic aérien provoque plus de gêne et de plaintes que le bruit du trafic ferroviaire, mais paradoxalement moins de réveils, probablement eu égard aux courbes de montée du niveau sonore (Elmenhorst et al. 2012).

Castro et al. (2010) ainsi que Will et al. (1994) rapportent des difficultés à mener une discussion chez soi, à écouter la radio et à regarder la télévision (ou autres loisirs analogues) à cause du bruit des avions. Abrahams et al. (2008) évoquent un potentiel impact négatif sur les interactions sociales, diminuant avec l'augmentation de la gêne sonore.

En matière de gêne, l'intensité sonore *par mouvement* a été identifiée pour Hume et al. (2003). Un lien statistique entre la gêne et le *nombre de mouvements aériens* à énergie sonore analogue (LAeq) a également été identifié par Lambert et al. (2015), mettant en exergue l'intérêt d'un index bruit de type « *noise event index* » (NNE-NA) qui prend également en compte le nombre de mouvements lui-même, en plus du niveau sonore moyen. Quehl & Basner (2006) suggèrent également que non seulement le niveau de bruit général, mais aussi le nombre de mouvements représentent les sources prioritaires de dérangement la nuit. C'est la raison pour laquelle Castro et al. (2010) recommandent aussi l'utilisation d'indices de bruits capables d'intégrer la dimension de l'évènement unique très bruyant (type index LSEL : Single Event Noise Exposure Level), lors du décollage notamment.

La gêne sonore semble se répercuter sur les niveaux de satisfaction au logement : une relation positive par régression linéaire entre (in)satisfaction résidentielle et exposition au bruit a été identifiée, par exemple par Franssen et al. (1999). Cette insatisfaction semble se répercuter directement sur la perte de valeur locative : selon Püschel & Evangelinos (2012), le bruit causé par l'aéroport international de Düsseldorf a été estimé responsable d'une diminution des loyers à hauteur de 1.04 % par dB – de manière plus importante, d'ailleurs, que toutes les autres sources

de bruits liés aux transports. Les auteurs ont évalué cette perte à 7.5 millions d'euros par an. Il faut relever néanmoins que, selon Kroesen (2010), en matière de satisfaction résidentielle, *dans un rayon de 25 km* autour de l'aéroport d'Amsterdam Schiphol, les effets du bruit du trafic aérien restent moins déterminants que ceux liés avec les niveaux de bruit du trafic routier, l'âge des répondants et les dérangements causés par le voisinage.

Notons enfin que si les réglementations territoriales (liées au bruit) peuvent empêcher et finalement éloigner certaines affectations potentiellement bénéfiques en matière de santé publique (lieux de détente et de repos, espaces publics et autres lieux de rencontre), une augmentation de la pollution sonore de moins de 3 dB dans la forêt de Hatfield (haut lieu récréationnel) a été jugée sans effet sur la pratique des activités de loisirs par Barrowcliffe & Phillips (2008). Ces mêmes auteurs ont également jugé peu probable que l'agrandissement de l'aéroport *per se* (nouvelles pistes) ne débouche sur une diminution de l'accessibilité pour les populations locales aux services de soins.

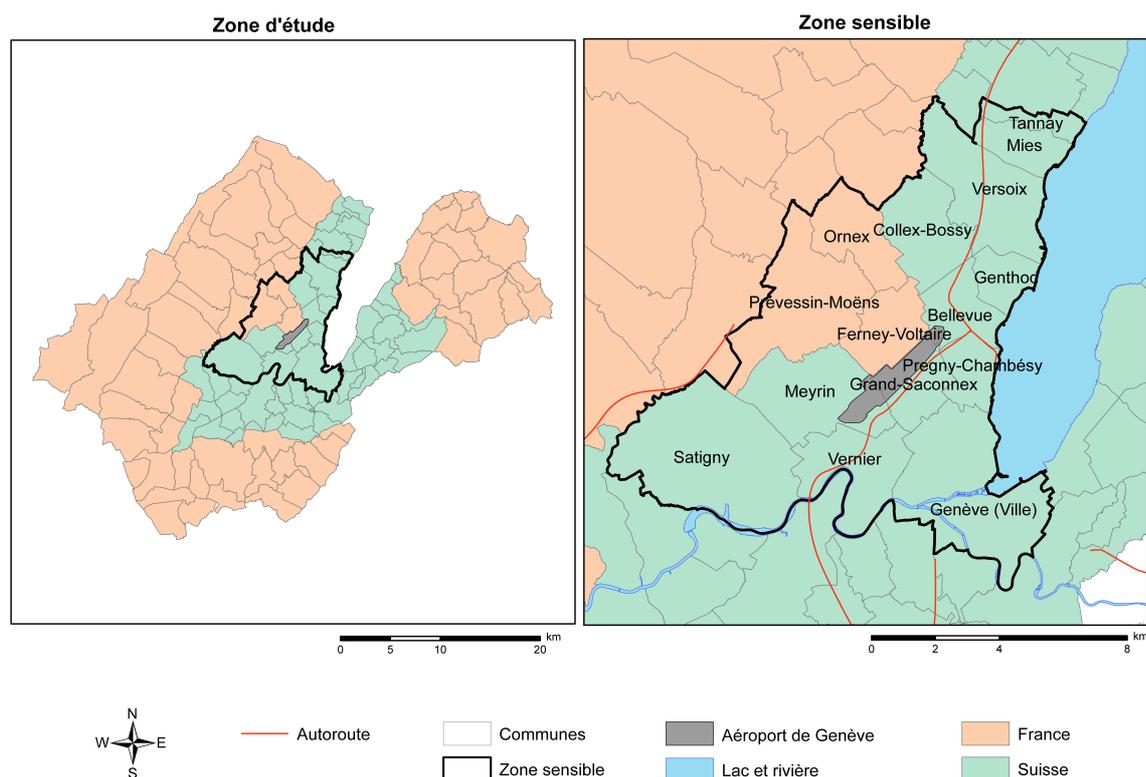
On relèvera enfin, pour conclure ce chapitre de cadrage, que selon Babisch et al. (2009), si un lien dose-réponse ressort clairement entre le bruit et la gêne, il semble actuellement sous-estimé par les modèles et standards EU ; l'attitude de la population envers les aéroports paraît avoir changé dans le temps, en évoluant vers une moindre tolérance.

3 Evaluation des impacts

3.1 Périmètre de l'étude et population

Les limites du périmètre d'étude sont présentées dans la fig. 3 ci-après. Elles ont été définies sur la base de l'extension spatiale des données relatives aux nuisances sonores, et correspondent à l'aire la plus large pour les deux facteurs d'exposition (bruit et pollution de l'air). Les analyses ont été réalisées de manière agrégée pour les communes, suisses et françaises, incluses dans ce périmètre d'étude.

Fig. 3: Périmètres de l'étude



Deux zones ont été retenues : (a) la zone d'étude dans son ensemble et (b) la zone dite sensible, proche de l'aéroport. La zone sensible inclut les communes directement adjacentes au périmètre aéroportuaire et les communes limitrophes aux premières communes considérées.

Tab. 1 : Population du périmètre d'étude, en 2014 et en 2030

Année	Groupes d'âge	Total (100%)	dont zone sensible (49%)
2014	Total	635 320	312 457
	0-1 ans	7 087	3 486
	5-17 ans	91 831	45 164
	≥30 ans	409 198	201 247
2030	Total	740 171	364 023
	0-1 ans	8 112	3 989
	5-17 ans	102 113	50 220
	≥30 ans	489 457	240 720

Le tab. 1 ci-dessus présente la population considérée pour l'étude. En 2014, elle est représentée par 635'320 personnes, dont environ 29% résidant sur territoire français. Plus de 64% des individus ont 30 ans ou plus. La zone sensible concentre 49% de la population totale. Les projections démographiques pour 2030 indiquent une croissance d'ensemble de l'ordre de 16%. Cette croissance est distribuée de manière inégale dans les classes d'âge, puisqu'elle est de 19% pour les 30 ans et plus et atteint les 37% pour les 65 ans ou plus.

3.2 Modélisation des scénarii de bruit : années 2014 et 2030

Dans le but de pouvoir fournir les données nécessaires aux analyses d'impacts sur la santé (morbidité, mortalité, coûts) de l'exposition au bruit aéroportuaire, ainsi que pour établir l'Indice du bruit des aéronefs (*Genfer Fluglärm Index*, GFI ci-après), deux modélisations ont été utilisées. La première concerne l'année de référence (2014) et elle a été élaborée dans le cadre du processus PSIA (EMPA, 2015). La deuxième, relative à l'année 2030, a été produite, *ad hoc*, pour la présente évaluation. Il est utile de signaler que, pour des raisons de planification et d'ordre budgétaire, les calculs réalisés dans le présent rapport ne considèrent pas la récente prise de position du Conseil d'Etat (décembre 2015) imposant de fixer un plafonnement du bruit pour la tranche horaire 22h00-minuit.

3.2.1 Niveau moyen du bruit : calcul du L_{den}

3.2.1.1 Méthodologie

Le L_{den} se définit comme le niveau jour-soir-nuit L_{den} du trafic total (grands avions et petits aéronefs). Il s'agit d'un niveau moyen de bruit, en dB, qui tient compte des niveaux moyens de trois périodes de trafic différentes : Leq_d (tranche horaire du jour 06-18h), Leq_e (tranche horaire du soir 18-22h) et Leq_n (tranche horaire de la nuit 22-06h). Afin de tenir compte des effets plus importants de l'exposition au bruit à certaines heures, un malus de 5 dB est attribué au niveau moyen du soir et un malus de 10 dB au niveau moyen de la nuit. Le L_{den} n'est pas une grandeur acoustique mesurée dans les cadre des dispositions légales établies dans l'Ordonnance fédérale de protection contre de bruit. Il a été néanmoins retenu parce qu'il s'agit de la grandeur acoustique la plus utilisée dans les études épidémiologiques s'intéressant à l'estimation des impacts du bruit sur la santé.

La méthodologie détaillée de calcul est exposée dans le rapport EMPA (Annexe II, chapitre 3.2).

Le calcul de l'exposition au bruit des aéronefs doit tenir compte de quatre facteurs d'incertitude : le modèle acoustique, la modélisation des routes de vol, le nombre et les types d'avion par route de vol et la flotte d'avions pronostiquée.

Pour GA, les marges d'incertitudes combinées, calculées pour le jour et la nuit, ainsi que les années 2014 et 2030, sont très faibles.

Tab.2 : Incertitude standard de calcul (U_{calc}) jour et nuit, années 2014 et 2030

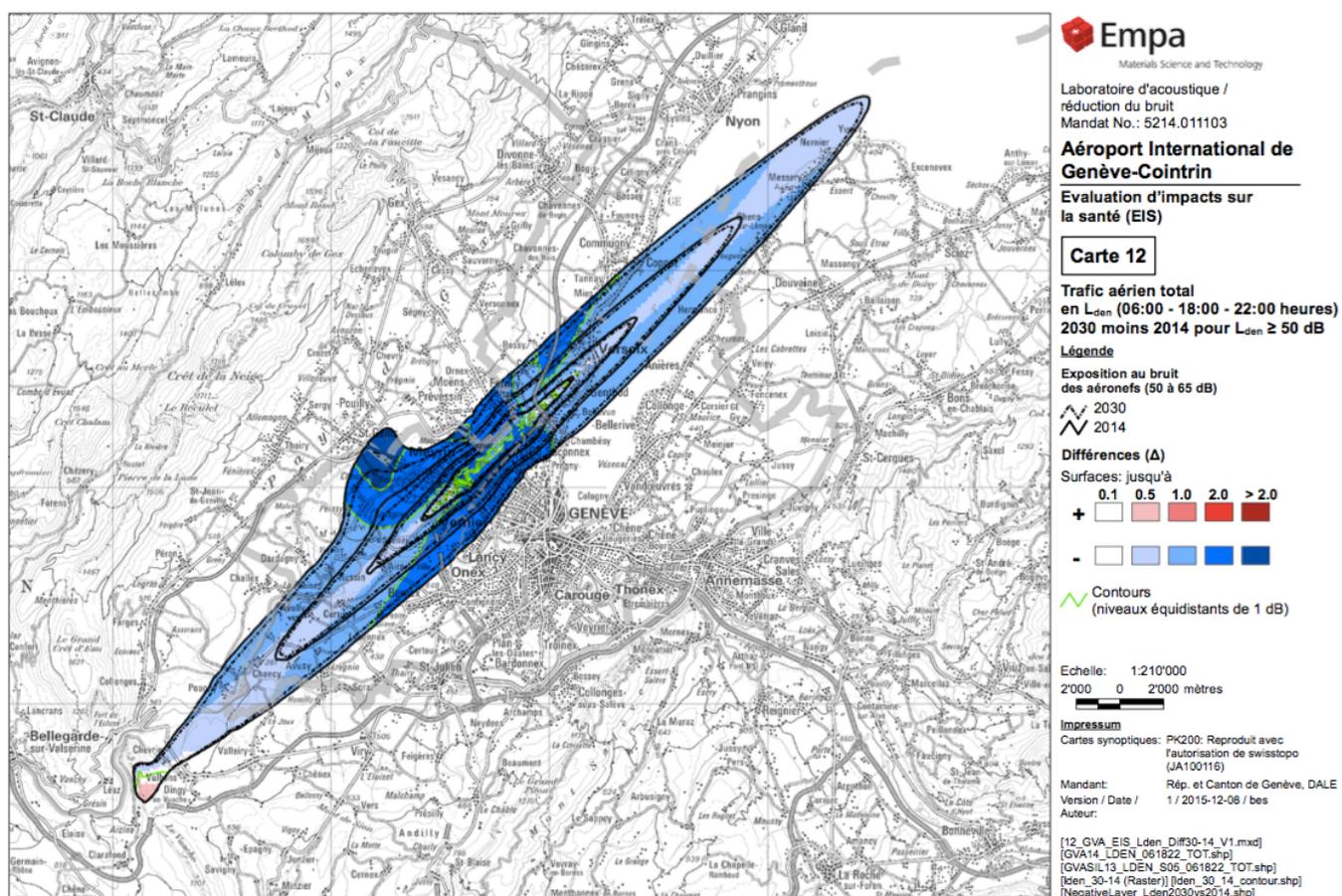
Année	Jour	Nuit
2014	$U_{calc} = \pm 0.5$ dB	$U_{calc} = \pm 1.0$ dB
2030	$U_{calc} = \pm 1.1$ dB	$U_{calc} = \pm 1.5$ dB

3.2.1.2 Résultats

Le résultat de synthèse pour le Lden est présenté dans la fig. 4 ci-après. L'ensemble des cartes relatives au Lden est disponible dans le rapport EMPA (Annexe II du présent rapport).

Les mouvements de trafic aérien retenus pour le calcul du Lden indiquent une augmentation pour chaque tranche horaire entre 2014 et 2030 : 24% le jour (06-18h), 32% le soir (18-22h) et 24% la nuit (22-06h).

Fig. 4 : Lden du trafic aérien total (tranche de bruit de 50 à 65 dB(A), exprimé par la différence entre scénario 2030 et situation 2014



Néanmoins, ces augmentations dans le nombre de mouvements d'avions se traduisent par une diminution de l'exposition au bruit des aéronefs entre 2014 et 2030, de l'ordre de -0.7 dB. Cette diminution s'explique par le développement acoustique favorable de la flotte des avions prévus sur GA entre 2014 et 2030, et en particulier l'introduction de nouveaux avions moyen-long courrier, produits par les entreprises Bombardier (CS100) et Airbus (A320N). Cette diminution de l'exposition globale du bruit est la synthèse d'évolutions différentes (cf. calcul du GFI ci-après pour d'autres grandeurs acoustiques). Ainsi, alors que l'augmentation des mouvements est compensée par les meilleures performances acoustiques des avions et se traduit par une baisse de -1.9 dB le jour, la situation nocturne se solde par une augmentation de +2.3 dB.

3.2.2 Calcul de l'indice du bruit des aéronefs : GFI

3.2.2.1 Méthodologie

Le calcul de l'Indice du bruit des aéronefs (GFI) a été établi à partir des trois grandeurs acoustiques suivantes, qui concernent uniquement les grands avions :

- Leq^*_{16} : niveau moyen de 16h pondéré pour la première et dernière heure du jour
- L_{night} : niveau moyen de 8 h pondéré A¹ pour la nuit
- L_{Amax} pendant la nuit : niveau sonore pondéré A maximal. Sa distribution est utilisée pour le calcul du GFI.

Le GFI est un indicateur numérique unique représentant une valeur de surveillance pour le nombre de personnes affectées par l'exposition au bruit des aéronefs, mesurant la gêne et/ou les perturbations du sommeil. Le calcul est effectué en déterminant et en additionnant le nombre de personnes fortement gênées pendant la journée (06-22h, *highly annoyed*, HA ci-après) et celles dont le sommeil est fortement perturbé la nuit (22h-06h, *highly sleep disturbed*, HSD ci-après). Le calcul autorise les doubles comptages, c'est-à-dire qu'une personne qui est gênée pendant la journée et dont le sommeil est perturbé pendant la nuit peut être comptabilisée deux fois. La méthodologie détaillée de calcul est développée dans le rapport EMPA (annexe I, chapitre 3.3.).

Les incertitudes concernant le calcul du GFI se situent dans une fourchette de 10-35% en ce qui concerne la gêne (HA) et de 40% en ce qui concerne les perturbations du sommeil (HSD).

3.2.2.2 Résultats

La vision d'ensemble de la gêne diurne (HA) et de la perturbation nocturne (HSD) est présentée dans le tableau 3 et la figure 5 ci-après.

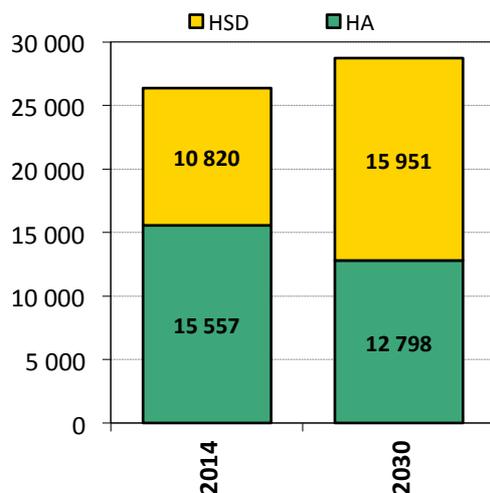
Tab. 3 : Surfaces impactées, nombre de personnes dans ces surfaces et nombre de personnes touchées (gêne diurne, perturbations du sommeil, index de bruit), pour 2014 et 2030

Année	Surface (km ²)		Nombre de personnes		HA	HSD	GFI
	Jour (06-22h)	Nuit (22-06h)	Jour (06-22h)	Nuit (22-06h)			
2014	243.2	187.0	151 851	101 508	15 557	10 820	26 377
2030	179.0	212.2	133 596	137 608	12 798	15 951	28 748
Changement 2014-2030	- 26%	+13%	-12%	+36%	- 18%	+47%	+9%

Ces éléments montrent une évolution différente entre la situation journalière et la situation nocturne. L'évolution diurne se caractérise par une diminution attendue des surfaces et du nombre des personnes correspondantes à l'horizon 2030. L'évolution nocturne est par contre marquée par une augmentation des surfaces concernées et, conséquemment, du nombre de personnes correspondantes à l'horizon 2030. L'explication de ces évolutions différenciées réside dans un environnement acoustique moins favorable pour la tranche nocturne par rapport à la tranche diurne, et qui résulte en particulier de la combinaison entre le nombre de mouvements, la composition de la flotte d'aéronefs, leur distribution sur les différentes trajectoires de décollage/atterrissage et un seuil de tolérance au bruit moindre la nuit que le jour.

¹ La valeur pondérée 'A' d'une source sonore est une approximation de la façon dont l'oreille humaine perçoit le bruit

Fig. 5 : Index de bruit (GFI) de GA, années 2014 et 2030



Ces évolutions divergentes se traduisent, respectivement, par une diminution de 18% des personnes fortement gênées le jour (HA) et par une augmentation de 47% des personnes dont le sommeil est fortement perturbé la nuit. Au final, le cumul de la gêne diurne et de la perturbation nocturne du sommeil se solde par une augmentation de l'indice de bruit (i.e. du nombre de personnes touchées) de l'ordre de 9%. L'interprétation de ce résultat doit néanmoins tenir compte du fait que la distribution précise de la population à l'horizon 2030 n'est pas connue. De même, il conviendra de considérer les éventuelles diminutions des perturbations nocturnes (en particulier de la tranche 22h00-minuit) qui pourront résulter de la mise en œuvre de la prise de position du Conseil d'Etat genevois imposant un plafonnement au bruit pour la tranche horaire 22h00-minuit.

Des cartes de distribution sur le territoire du HD, HSD, ainsi que du GFI sont disponibles dans le rapport de l'EMPA (annexe I du présent rapport).

3.3 Impacts sanitaires de l'exposition au bruit

3.3.1 Méthodologie

La méthodologie générale retenue pour évaluer les impacts sur la santé de l'exposition aux bruits des aéronefs se base sur une combinaison entre l'exposition de la population à ce bruit et les fonctions de risques existantes (fonctions exposition-réponse), qui associent les effets sur la santé et le bruit. En associant ces données avec les données de base en matière de morbidité et de mortalité pour le périmètre d'étude, on peut déterminer de manière relative et absolue les années de vie potentielles perdues, les décès et le nombre de cas de maladies qui peuvent être attribuées à des différences d'exposition dans la population et qui résultent des changements attendus en matière d'émissions, d'infrastructures, de plans de réduction du bruit, etc., en les comparant avec un scénario de référence.

Dans le cas spécifique, la présente étude a évalué les changements, pondérés sur la population, de l'exposition au bruit des aéronefs pour les années 2014 et 2030, et leurs implications sur la santé, sous la forme de deux scénarii:

- Scénario 1 (T0): Exposition aux émissions de GA en 2014, avec la population de 2014
- Scénario 2 (T1): Exposition aux émissions de GA en 2030, avec la population de 2030

Afin de discerner, à un stade intermédiaire, les effets spécifiquement liés au changement d'exposition, il a été élaboré un scénario considérant les émissions de GA en 2030 avec la population de 2014. Les résultats de cette étape intermédiaire sont disponibles dans les rapports en annexe.

Les paragraphes ci-après développent certains des éléments spécifiques de méthodologie nécessaires à la bonne compréhension du cheminement logique. Des éléments complémentaires sont disponibles dans le rapport du Swiss TPH concernant le bruit (Annexe III du présent rapport), ainsi que dans celui concernant la pollution de l'air (Annexe IV du présent rapport).

Sélection des indicateurs de pollution sonore

Les études épidémiologiques utilisent différentes métriques d'exposition, mais elles tendent de plus en plus à recourir au Lden pour apprécier l'exposition au bruit tout au long de la journée. Cet indicateur (cf. section 3.2.1. du présent rapport pour sa méthodologie) a donc été retenu pour le calcul des impacts sur la santé.

Fonctions exposition-réponse

Une revue de la littérature récente a été conduite pour identifier toutes les études relatives à l'association entre l'exposition au bruit et la mortalité ou la morbidité. Celles-ci ont ensuite été intégrées dans une méta-analyse tenant compte de la diversité des sources de bruit (route, rail, avions). (ARE, 2014 ; Vienneau et al, 2015). Sur cette base, 3 groupes de pathologies ont été retenus : les maladies cardiaques ischémiques, les maladies hypertensives et les infarctus. Les fonctions expositions-réponse retenues sont présentées dans le rapport du Swiss TPH sur le bruit (Annexe II, tab. 1, du présent rapport). Le point de départ des associations exposition-réponse a été fixé à 48 dB(A), en se basant sur les valeurs de référence spécifiques (i.e. pour les trois effets) qui résultent de la mise en commun des études disponibles. Ainsi, il est considéré qu'en dessous de ce seuil, il n'y a pas d'effets sur la santé. Afin d'éviter les doubles comptages et permettre la comparabilité avec d'autres évaluations réalisées à ce jour en Suisse, la gêne, les perturbations du sommeil et les troubles cognitifs n'ont pas été intégrés dans cette partie de l'analyse. La gêne et les perturbations du sommeil ont été traitées à travers le calcul de l'index de bruit et le calcul des coûts.

Données populationnelles

Les données populationnelles pour 2014 ont été obtenues auprès de l'Office fédéral de la statistique (OFS) pour la Suisse et auprès de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) pour la France. La population en Suisse, répartie en classes d'âge d'une année, a été distribuée sur un maillage hectométrique du territoire. La population en France, dont la distribution initiale reposait sur un maillage de 200m x 200m, a été redistribuée selon le maillage hectométrique établi pour la Suisse, de manière à pouvoir fusionner les deux fichiers et ainsi couvrir l'ensemble de la zone d'étude.

L'estimation de la population pour 2030 s'est faite sur la base du scénario « dynamisme urbain » établi pour le canton de Genève (SCRIS, 2011). Le même taux de croissance démographique a été appliqué pour le territoire français. En raison du caractère agrégé des projections de population, il n'a pas été possible d'inférer une grille de distribution spatiale de cette même population en 2030.

Données sanitaires

Les tables de mortalité établies pour le canton de Genève et la France ont été utilisées pour calculer les décès (spécifiques et pour causes non-naturelles), nécessaires pour le calcul du poids de la mortalité et de la morbidité (cf. sous-chapitre ci-après). Du fait de la faible variabilité des taux de mortalité sur le moyen-terme mais afin de prendre en compte des variations annuelles potentielles, des moyennes sur une période de 4 ans (Genève), respectivement 10 ans (France), ont été introduites dans les tables de mortalité. Pour l'horizon 2030, il a été décidé d'appliquer aux projections démographiques retenues les taux de mortalité actuels. En effet, bien qu'on

s'attend généralement à une diminution du taux de mortalité, l'augmentation rapide de certains facteurs de risque (p.ex. la sédentarité), observée en Suisse comme ailleurs, pourrait résulter en une stagnation de l'espérance de vie, et ce malgré les progrès attendus en matière de soins.

En ce qui concerne la morbidité, les données sur la prévalence² ont été fournies par l'OFS (Suisse) et par l'Agence régionale de santé de Rhône-Alpes (France) ou, lorsqu'elles n'étaient pas directement disponibles, elles ont été extrapolées à partir d'études publiées, suivant les recommandations de l'OMS en la matière.

Données d'exposition

Les niveaux d'exposition ont été modélisés par l'EMPA pour les années 2014 et 2030. Le Lden a été modélisé au centre de la cellule hectométrique et combiné avec le comptage de la population au même niveau de résolution hectométrique, dans le but de déterminer l'exposition totale avec un pas de 1 dB(A). En utilisant le seuil des 48 dB(A), l'exposition pondérée sur la population a été calculée pour chaque pays, et séparément pour la zone d'étude et la zone sensible. Les personnes résidant dans des cellules avec une exposition inférieure à 48 dB(A) se sont vues assigner une valeur de 0 dB(A) dans le calcul de l'exposition.

Calcul du poids de la morbidité et de la mortalité

Les taux de mortalité estimés pour la Suisse et la France ont été appliqués pour calculer les changements dans les années de vie perdues et les décès attribuables au bruit des aéronefs à travers l'utilisation de l'approche par table de mortalité (Röösli et al, 2005). Cette approche consiste à établir un scénario de référence, construit à partir des tables statistiques indiquant les probabilités de survie avec un pas de 1 an dans la population-cible et l'année en question, afin d'obtenir les années de vie et les décès pour chaque année jusqu'à extinction de la cohorte populationnelle suivie.

Dans un scénario contrefactuel, les mêmes tables de mortalité ont été utilisées en modifiant les probabilités de survie, partant de l'hypothèse que personne dans la population n'était exposé au bruit pendant la période d'étude. Dans ce cas la mortalité à chaque pas d'âge d'un an est modifiée, en appliquant les fonctions doses-réponses qui tiennent compte du changement d'exposition de la population que le scénario représente. La différence entre le scénario contrefactuel et le scénario de référence est interprétée comme étant les années de vies perdues ou les décès spécifiquement dus à l'exposition au bruit des aéronefs.

Les effets sur la morbidité ont été calculés en se basant sur la fraction attribuable dans la population³ appliquée aux données sanitaires de base, permettant d'obtenir le nombre de cas spécifiquement attribuables au bruit des aéronefs.

² La prévalence est la mesure, pour une maladie donnée, du nombre de cas présents à un moment donné dans la population totale.

³ En épidémiologie, la fraction attribuable dans la population mesure le nombre de cas attribuables à un facteur de risque d'exposition spécifique (dans le cas présent le bruit) sur l'ensemble de cas totaux attribués à une pathologie donnée (dans le cas présent, les trois pathologies retenues dans l'étude et dont les cas de maladies peuvent, entre autres, être provoquées par une exposition au bruit).

3.3.2 Résultats

3.3.2.1 Exposition de la population

Les niveaux d'exposition de la population au bruit des aéronefs et la distribution de l'exposition au sein de la population sont présentés dans le tableau 4 ci-après.

Tab.4 : Exposition (Lden, dB(A)) pondérée sur la population au bruit des aéronefs, en 2014 et 2030

Périmètre	Indicateur	Suisse		France		Population 2014 (Suisse+ France)	
		2014	2030	2014	2030	N	%
Zone d'étude	Bruit des aéronefs pondéré sur la pop. Lden dB(A)	1.68	1.41	0.53	0.40	635 320	100%
	% pop. exposée au-delà de 48 dB(A)	23	21	14	9		
Zone sensible	Bruit des aéronefs pondéré sur la pop. Lden dB(A)	2.60	2.17	3.71	2.90	312 456	49%
	% pop. exposée au-delà de 48 dB(A)	34	32	68	49		

En raison de l'orientation NO-SO des trajectoires des avions, l'exposition au bruit est plus importante en Suisse qu'en France lorsque l'on considère la zone d'étude dans son ensemble. La réduction de l'exposition à l'horizon 2030, comme explicité précédemment, est attribuable aux évolutions techniques favorables des aéronefs en termes d'émissions sonores. Il est aussi intéressant de noter que les valeurs 2030 seraient plus élevées si l'indicateur primaire de mesure du bruit avait été le bruit nocturne (L_{night}). La zone sensible, sur les deux territoires, présente des niveaux d'exposition bien plus élevés que la zone d'étude dans son ensemble. Par conséquent, la part de population exposée au-delà du seuil des 48 dB(A) est également plus importante et l'écart est particulièrement significatif pour le territoire français. Des informations complémentaires sur la distribution d'exposition au sein de la population sont proposées dans le rapport du Swiss TPH sur le bruit (Annexe III du présent rapport).

3.3.2.2 Impacts sur la santé

L'analyse des impacts du bruit des aéronefs est détaillée dans les tableaux 5 et 6 ci-après. Les données sont présentées séparément pour la zone d'étude et pour la zone sensible.

Quelques éléments principaux se dégagent de cette analyse. On peut relever que la part relative des cas attribuables au bruit émis par les aéronefs en 2014, demeure très faible, se situant au plus haut aux environs de 1% du total, à l'exclusion de l'hypertension, proche des 2%.

L'évolution de la situation en 2030 donne lieu à des configurations différentes.

En ce qui concerne les décès, dans le scénario 2030, leur nombre connaît une légère augmentation. En effet, dans une étape intermédiaire du calcul, avec l'exposition 2030 et la population 2014, on observe une légère diminution des cas (cf. Annexe III pour plus de détails). Dans la mesure où une diminution de l'exposition est attendue, l'évolution de la pyramide des âges et le poids du vieillissement de la population apparaissent comme les principaux facteurs explicatifs de cet incrément.

Tab. 5 : Impacts sur la santé du bruit des aéronefs en 2014 et 2030, zone d'étude

Effets	Zone d'étude					
	Exposition 2014			Exposition 2030		
	Pop. 2014 et mortalité et morbidité constante			Pop. 2030 et taux de mortalité constant		
	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total
Mortalité (âge ≥30)						
Années de vie perdues (3 pathologies)		41.9			37.7	
Maladies cardiaques ischémiques	289	2.3	0.8%	337	3.2	1.0%
Infarctus	217	0.6	0.3%	252	0.9	0.3%
Maladies hypertensives	93	1.7	1.8%	109	2.8	2.5%
Admissions hospitalières (tous âges)						
Maladies cardiaques ischémiques	1 568	10	0.6%	1 827	10	0.5%
Infarctus	1 212	2.6	0.2%	1 413	2.5	0.2%
Maladies hypertensives	160	1.6	1.0%	186	1.5	0.8%
Jours d'hôpital (tous âges)						
Maladies cardiaques ischémiques	11 532	78	0.7%	13 441	76	0.6%
Infarctus	26 653	60	0.2%	31 080	58	0.2%
Maladies hypertensives	1269	14	1.1%	1 479	13	0.9%
Traitement ambulatoire						
Maladies hypertensives	80 390	835	1.0%	93 659	817	0.9%

En ce qui concerne la morbidité (admissions hospitalières, jours d'hôpital et traitement ambulatoire) les valeurs sont pratiquement identiques en ce qui concerne le scénario 2030. L'importance relative de la zone sensible est très nette, dans la mesure où cette dernière concentre 90% ou plus des cas ou des jours, avec une augmentation de 2% environ en 2030 par rapport à 2014.

En ce qui concerne les tendances entre les différents scénarii, du fait du poids prédominant de la zone sensible dans les effets estimés, elles sont parfaitement similaires à celles relevées précédemment pour la zone d'étude dans son ensemble.

Les calculs présentés sont soumis à quelques limitations. En ce qui concerne les impacts du bruit des aéronefs, certains parmi eux, pourtant bien documentés, comme la gêne et les perturbations du sommeil, n'ont pas été spécifiquement traités dans cette section : ils font l'objet d'un traitement via le calcul de l'index de bruit (section 3.2.2 ci-dessus) et la monétarisation par la baisse des revenus locatifs (section 3.5.2.2 ci-après). D'autres effets, comme le diabète ou les troubles cognitifs, n'ont pas été retenus dans l'analyse, soit en raison du manque d'études à partir desquels on peut établir des relations exposition-réponse robustes, soit à cause du caractère marginal de l'impact, par choix du groupe de pilotage de l'EIS.

En ce qui concerne la relation entre le bruit et les maladies cardiaques ischémiques, il n'existe que très peu d'études spécifiques à un mode de transport. Cela implique que les fonctions exposition-réponse sont établies à partir du bruit des transports dans leur ensemble.

Tab. 6 : Impacts sur la santé du bruit des aéronefs en 2014 et 2030, zone sensible

Effets	Zone sensible					
	Exposition 2014			Exposition 2030		
	Pop. 2014 et mortalité et morbidité constante			Pop. 2030 et taux de mortalité constant		
	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total
Mortalité (âge ≥30)						
Années de vie perdues (3 pathologies)		28.6			34.3	
Maladies cardiaques ischémiques	142	2.1	1.5%	166	3.0	1.8%
Infarctus	107	0.5	0.5%	124	0.8	0.6%
Maladies hypertensives	46	1.5	3.4%	54	2.5	4.7%
Admissions hospitalières (tous âges)						
Maladies cardiaques ischémiques	771	9	1.2%	898	9	1.0%
Infarctus	596	2.4	0.4%	695	2.3	0.3%
Maladies hypertensives	79	1.4	1.8%	92	1.4	1.5%
Jours d'hôpital (tous âges)						
Maladies cardiaques ischémiques	5672	72	1.3%	6610	70	1.1%
Infarctus	13 108	55	0.4%	15 286	54	0.4%
Maladies hypertensives	624	12	2.0%	727	12	1.7%
Traitement ambulatoire						
Maladies hypertensives	39 537	763	1.9%	46 062	747	1.6%

Néanmoins, la question de la diversité et de l'agrégation des sources d'exposition a été analysée dans des études préalables et n'a pas montré l'existence d'une hétérogénéité entre les études portant, par exemple, sur le bruit routier vs celles portant sur le bruit des aéronefs (Vienneau et al, 2015b).

En ce qui concerne les valeurs estimées pour les différents impacts, elles sont sujettes aux incertitudes qui découlent de l'amplitude des intervalles de confiance (à 95%⁴ dans tout le présent rapport), elles-mêmes dépendantes de la fonction exposition-réponse. Le tab. 7 ci-après spécifie ces incertitudes pour chacun des effets considérés.

Une dernière limitation de nos calculs concerne les hypothèses relatives aux conditions d'exposition. Des modifications au niveau des impacts à l'horizon 2030 apparaissent lorsque l'on applique un taux de croissance démographique (scénario T1). L'hypothèse est celle d'un accroissement proportionnel au sein de toute la population sur le territoire. Or, ce principe de distribution homogène ne va pas nécessairement se matérialiser et, en fonction des modalités réelles de distribution spatiale de la croissance démographique en relation aux activités de GA, les effets sur la santé pourront être légèrement plus ou légèrement moins importants de ceux estimés par l'EIS.

⁴ L'intervalle de confiance à 95%, est un intervalle de valeurs qui a 95% de chances de contenir la vraie valeur. L'étalement mesure l'amplitude de la fourchette à l'intérieur de laquelle cette valeur se situe. La valeur qui est donnée exprime la moyenne entre les deux extrêmes de la fourchette.

Tab. 7: Impacts sur la santé moyens et étendue de l'intervalle de confiance (à 95%), contribution des émissions sonores des aéronefs en 2014, zone d'étude

Effets	Scénario T0 (exposition et population 2014) Zone d'étude				
	Impacts absolus et intervalle de confiance 95%			Différence relative (%)	
	Moyenne	Bas	Haut	Bas/ Moyenne	Haut/ Moyenne
Mortalité (âge ≥30)					
Maladies cardiaques ischémiques	2.3	0.8	3.8	-66%	66%
Infarctus	0.6	0.0	2.6	-100%	348%
Maladies hypertensives	1.7	0.7	2.6	-56%	53%
Admissions hospitalières (tous âges)					
Maladies cardiaques ischémiques	10	3.3	17	-67%	69%
Infarctus	2.6	0.0	12	-100%	358%
Maladies hypertensives	1.6	0.7	2.5	-57%	55%
Jours d'hôpital (tous âges)					
Maladies cardiaques ischémiques	78	26	132	-67%	69%
Infarctus	60	0	273	-100%	358%
Maladies hypertensives	14	6	21	-57%	55%
Traitement ambulatoire					
Maladies hypertensives	835	360	1298	-57%	55%

3.4 Impacts sanitaires de l'exposition à la pollution de l'air

3.4.1 Méthodologie

La méthodologie générale est identique à celle détaillée dans la section 3.3.1, relative au bruit. Les paragraphes ci-après développent une partie des éléments spécifiques de méthodologie. Des éléments complémentaires sont disponibles dans le rapport du Swiss TPH concernant la pollution de l'air (Annexe IV du présent rapport).

Sélection des indicateurs de pollution de l'air

Par pollution de l'air extérieur on entend la contamination de l'environnement par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère (OMS, 2016). Si on ne connaît pas de manière exhaustive quel composant ou quel mélange d'agents est le plus dommageable pour la santé, on peut affirmer avec certitude que les sources de combustion qui émettent des particules et des gaz (i.e. telles des particules de diamètre de 10µm ou les dioxydes d'azote) ont des effets négatifs sur la santé (WHO, 2013b). Actuellement, la majorité des pays, dont la Suisse, disposent d'un cadre légal définissant des valeurs limites et assurent un suivi tant pour les PM₁₀ que pour le NO₂, afin de contrôler les niveaux d'exposition et les impacts résultant des différentes sources de combustion.

Dans le cadre de l'évaluation des impacts de la pollution de l'air, il n'est généralement pas recommandé d'additionner les impacts des PM₁₀ et du NO₂, du fait que ces deux polluants sont associés dans l'air (i.e. superposition des sources d'émission) et cela pourrait se traduire par des doubles comptages des impacts de la pollution de l'air. L'approche la plus adéquate consiste donc à sélectionner le polluant le mieux adapté pour mesurer les impacts dans l'air d'étude ou répondre à la question donnée. Pour cette étude, le NO₂ a été retenu comme le principal indicateur d'exposition à la pollution de l'air. En comparaison aux particules fines, la mesure du NO₂ permet une meilleure résolution spatiale et reflète mieux l'exposition de la population attribuable aux activités aéroportuaires. De plus, les émissions des aéronefs sont, en large mesure, associées aux émissions d'oxydes d'azote (NO_x) du fait des combustibles utilisés par l'aviation et

qui se transforment rapidement après émission dans l'atmosphère en NO₂. L'analyse sur les PM₁₀ a été utilisée en guise de comparaison, sans néanmoins qu'il y ait addition des impacts sur la santé des deux polluants.

Fonctions exposition-réponse

Comme pour le bruit, une revue de la littérature a été réalisée, qui a permis de sélectionner les fonctions exposition-réponse reflétant les données probantes les plus récentes relatives à l'association entre NO₂, PM₁₀ mortalité et morbidité. Dans la présente étude ont en particulier étaient appliquées les recommandations du projet HRAPIE (Health risks of air pollution in Europe) de l'OMS (WHO, 2013a ; WHO, 2013b). Les fonctions exposition-réponse pour le NO₂ sont présentées dans le rapport du Swiss TPH sur la pollution de l'air (Annexe III, tab. 1 du présent rapport). En ce qui concerne les PM, lorsque les fonctions proposées concernent les PM_{2,5}, une conversion en PM₁₀ suivant une méthodologie documentée dans la littérature (Vienneau et al, 2015) a été appliquée. Les fonctions exposition-réponse pour les PM₁₀ sont par ailleurs détaillées dans le rapport du Swiss TPH susmentionné (Annexe IV du présent rapport).

Données populationnelles et sanitaires

Les sources des données et les spécifications méthodologiques employées pour leur formatage en vue de l'analyse sont détaillées dans le paragraphe correspondant pour le bruit (section 3.3.1 du présent rapport).

Données d'exposition

Les contributions de GA aux émissions de NO₂ et PM₁₀ pour l'horizon 2030 ont été extraites des modélisations établies dans le cadre du processus PSIA par le bureau SEDE SA (SEDE, 2014). Pour chaque polluant, une modélisation a été réalisée, définissant les concentrations, au niveau hectométrique, avec et sans les émissions de GA. Le différentiel entre les deux modèles a permis de déterminer la contribution spécifique de GA pour chaque polluant. Ces contributions ont été combinées avec les données populationnelles pour calculer les concentrations pondérées sur la population des polluants considérés, aussi bien pour la zone d'étude dans son ensemble que pour la zone sensible. Contrairement au bruit, les concentrations pondérées pour la pollution de l'air ne considèrent pas qu'il existe une limite en dessous de laquelle il n'y a pas d'effets sur la santé.

La contribution actuelle (2014) de GA aux émissions de NO₂ et PM₁₀ n'a fait l'objet d'aucune modélisation. Toutefois, les concentrations ont été extrapolées à partir des données modélisées pour l'horizon 2030 sur la base des changements d'émissions généraux modélisés par le bureau SEDE SA entre 2012 et 2030 et faisant l'hypothèse que leur distribution correspond grossièrement à celle établie dans le cadre du projet *Grand Genève Air Modèle Emissions (G2AME)*, récemment développé pour le Grand Genève. Ce dernier propose un modèle de dispersion à haute résolution (maillage de 10m x 10m) des niveaux de NO₂ et PM₁₀, toutes origines confondues.

Calcul du poids de la mortalité et de la morbidité

Ce calcul repose sur la même méthodologie utilisée pour le bruit et explicitée à la section 3.3.1. du présent rapport.

3.4.2 Résultats

3.4.2.1 Exposition de la population

Les niveaux d'exposition de la population aux différentes sources d'exposition et la contribution relative du secteur aéroportuaire sont présentés dans les tab. 8 et 9 ci-après.

Les analyses disponibles font état d'une légère diminution des concentrations (pondérées par la population) en 2030 pour les deux polluants retenus. Cela concerne aussi bien la zone d'étude dans son ensemble, que la zone sensible. Cette diminution est conforme à la modélisation G2AME, qui prévoit un scénario de diminution progressive de la quantité totale d'émissions à l'horizon 2030, la principale source concernée étant le trafic routier.

Tab. 8 : Concentrations pondérées par la population, NO₂ et PM₁₀ en 2014 et 2030, exposition toutes sources

En µg/m ³		Zone d'étude	Zone sensible	Source
2010	PM ₁₀	22.38	23.56	Projet G2AME Grand Genève Air Modèle Emissions 2010
	NO ₂	24.10	28.54	
2030	PM ₁₀	20.10	21.30	Modèle de dispersion, avec émissions prévues pour 2030 (SEDE, 2014)
	NO ₂	21.79	24.75	

L'analyse spécifique du site aéroportuaire montre une évolution tendancielle qui est différente de celle relative au territoire d'agglomération. En effet, tant dans la zone d'étude que dans la zone sensible, aussi bien en Suisse qu'en France, les émissions de NO₂ et de PM₁₀ montrent une légère augmentation pour 2030, ce qui est conforme avec l'augmentation prévue du nombre de mouvements d'avions (Intraplan, 2014). En ce qui concerne la contribution relative du site aéroportuaire à l'exposition de la population au NO₂, elle est, en 2014, de 4.4% pour la zone d'étude et de 6.3% pour la zone sensible. En 2030, ces ratios passent à 6%, respectivement 9%.

Tab. 9 Concentrations pondérées par la population, NO₂ et PM₁₀ en 2014 et 2030, exposition au GA

En µg/m ³	Pop en %	NO ₂		PM ₁₀	
		2014	2030	2014	2030
Suisse					
Zone d'étude	100%	1.283	1.746	0.045	0.063
Zone sensible	59.1%	1.800	2.450	0.069	0.097
France					
Zone d'étude	100%	0.279	0.379	0.013	0.018
Zone sensible	12%	1.861	2.534	0.091	0.127
Ensemble					
Zone d'étude	100%	1.060	1.443	0.038	0.053
Zone sensible	49.2%	1.803	2.455	0.070	0.098

3.4.2.2 Impacts sur la santé

L'analyse des impacts du NO₂ pour la zone d'étude et la zone sensible est détaillée dans les tab. 10 et 11 ci-après. Les données sont présentées séparément pour la zone d'étude et pour la zone sensible.

Quelques éléments principaux se dégagent de cette analyse. On peut relever que la part relative des cas attribuables au NO₂ émis par le site aéroportuaire en 2014 demeure très faible, se situant, au plus haut, aux environs de 2% du total. L'évolution de la situation en 2030 se caractérise par une légère augmentation des valeurs. Cette situation est principalement imputable au vieillissement de la population, dont la tranche âgée, plus nombreuse, s'avère plus exposée à la pollution de l'air en tant que facteur aggravant d'un état de santé déjà plus précaire.

Tab. 10: Impacts sur la santé des émissions de NO₂ attribuables au GA, en 2014 et 2030, zone d'étude

NO ₂	Zone d'étude					
	Exposition 2014			Exposition 2030		
	Pop. 2014 et mortalité et morbidité constante			Pop. 2030 et taux de mortalité constant		
	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total
Années de vie perdues (âge ≥30)		253			460	
Mortalité, toutes causes (âge ≥30)	3 846	21	0.54%	5 635	42	0.74%
Prévalence de symptômes bronchitiques chez enfants asthmatiques (5-17 ans)	945	20	2.16%	1 051	31	2.93%
Admissions hospitalières, maladies respiratoires (tous âges)	5 613	11	0.19%	6 567	17	0.26%
Jours d'hôpital, maladies respiratoires (tous âges)	53 139	107	0.20%	62 173	171	0.27%

Tab. 11 : Impacts sur la santé des émissions de NO₂ attribuables au GA, en 2014 et 2030, zone sensible

NO ₂	Zone sensible					
	Exposition 2014			Exposition 2030		
	Pop. 2014 et mortalité et morbidité constante			Pop. 2030 et taux de mortalité constant		
	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total
Années de vie perdues (âge ≥30)		209			381	
Mortalité, toutes causes (âge ≥30)	1 884	17	0.91%	2 761	34	1.25%
Prévalence de symptômes bronchitiques chez enfants asthmatiques (5-17 ans)	463	17	4.90%	515	25	4.90%
Admissions hospitalières, maladies respiratoires (tous âges)	2750	9	0.43%	3 218	14	0.43%
Jours d'hôpital, maladies respiratoires (tous âges)	26 038	89	0.46%	30 465	141	0.46%

En ce qui concerne la zone sensible, l'évolution entre 2014 et 2030 est tout à fait similaire. Néanmoins, on constate que la plus forte proximité du GA se traduit par un nombre de cas attribuables à ce dernier plus importants et une part relative étant parfois le double que pour la zone d'étude dans son ensemble.

L'analyse relative au PM₁₀ est proposée en guise de comparaison ci-dessous (Tab. 12 et 13). Elle permet de constater que pour le même type d'effets (mortalité, admissions hospitalières ou symptômes respiratoires chez les individus asthmatiques), la contribution relative des PM₁₀ au poids total de la maladie (base de référence) est nettement inférieur à celui du NO₂, en raison de la plus faible contribution de GA dans les émissions de PM₁₀.

Tab. 12 : Impacts sur la santé des émissions de PM₁₀ attribuables à GA, en 2014 et 2030, zone d'étude

PM10	Zone d'étude					
	Exposition 2014			Exposition 2030		
	Pop. 2014 et mortalité et morbidité constante			Pop. 2030, et taux de mortalité constant		
	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total
Années de vie perdues (âge ≥30 et 0.1 ans)		8			15	
Mortalité, toutes causes, (âge ≥30) et nourrissons (0-1 ans)	3 873	1	0.02%	5 666	1	0.02%
Admissions hospitalières, maladies cardiovasculaires (infarctus inclus), tous âges	6 863	0*	0.00%	8 030	0*	0.00%
Jours d'hôpital, maladies cardiovasculaires (infarctus inclus), tous âges	89 706	3	0.00%	104 956	4	0.00%
Admissions hospitalières, maladies respiratoires, tous âges	5 613	0*	0.01%	6 567	0*	0.01%
Jours d'hôpital, maladies respiratoires, tous âges	53 139	3	0.01%	62 173	5	0.01%
Incidence bronchite chronique adultes (âge ≥18)	1 981	1	0.04%	2 330	1	0.06%
Prévalence bronchite enfants (5-17 ans)	17 081	5	0.03%	18 993	8	0.04%
Crises d'asthme, adultes asthmatiques (âge ≥18)	106 691	12	0.01%	125 475	19	0.02%
Jours avec des symptômes d'asthme, enfants asthmatiques (5-17 ans)	287 421	30	0.01%	319 599	47	0.01%
Jours avec activité réduite (pop. active ≥18)	9 652 975	1236	0.01%	11 352 488	2026	0.02%
Jours de travail perdus (pop. active ≥18)	2 434 120	304	0.01%	2 746 428	478	0.02%

* Les valeurs « 0 », correspondent à un nombre de cas/jour se situant entre 0 et 1. Le pourcentage mesurant la part relative sur la situation de référence apparaît par conséquent comme nul.

L'analyse des PM₁₀ permet par contre d'apprécier d'autres effets, comme les impacts en termes de taux d'activité réduite ou encore les jours de travail perdus. Ces deux paramètres, de manière cohérente avec la part plus importante qu'aura GA dans les émissions futures, augmentent dans le scénario T1 (horizon 2030). Finalement, la grande majorité des effets se concentre dans la zone sensible du périmètre d'étude. Ainsi, pour les jours avec des symptômes d'asthme chez les enfants asthmatiques, les jours d'activité réduite ou encore les jours de travail perdus, la zone sensible concentre environ le 90% des effets, aussi bien dans la situation actuelle qu'à l'horizon 2030.

L'approche évaluative retenue pour établir les estimations proposées dans le présent chapitre peut être qualifiée de conservatrice au sens où, en cas d'incertitudes au niveau des hypothèses interprétatives, c'est l'estimation la plus prudente qui a été retenue. Aussi, il convient de relever que les effets sur la santé retenus sont ceux pour lesquels il était également possible de procéder à une évaluation monétaire (cf. chapitre 3.5) et pour lesquels il était possible de minimiser les doubles comptages.

Tab. 13: Impacts sur la santé des émissions de PM₁₀ attribuables au GA, en 2014 et 2030, zone sensible

PM10	Zone sensible					
	Exposition 2014			Exposition 2030		
	Pop. 2014 et mortalité et morbidité constante			Pop. 2030, et taux de mortalité constant		
	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total	Nb. total (y compris GA)	Nb. cas ou jours ou années - GA	% du total
Années de vie perdues (âge ≥30 et 0.1 ans)		7			14	
Mortalité, toutes causes, (âge ≥30) et nourrissons (0-1 ans)	1 898	1	0.04%	2 776	1	0.04%
Admissions hospitalières, maladies cardiovasculaires (infarctus inclus), tous âges	3 363	0*	0.01%	3 935	0*	0.01%
Jours d'hôpital, maladies cardiovasculaires (infarctus inclus), tous âges	43 956	2	0.01%	51 429	4	0.01%
Admissions hospitalières, maladies respiratoires, tous âges	2 750	0	0.01%	3 218	0	0.01%
Jours d'hôpital, maladies respiratoires, tous âges	26 038	3	0.01%	30 465	4	0.01%
Incidence bronchite chronique adultes (âge ≥18)	971	1	0.11%	1 142	1	0.11%
Prévalence bronchite enfants (5-17 ans)	8 370	4	0.07%	9 307	7	0.07%
Crises d'asthme, adultes asthmatiques (âge ≥18)	52 278	10	0.03%	61 483	17	0.03%
Jours avec des symptômes d'asthme, enfants asthmatiques (5-17 ans)	140 836	27	0.03%	156 604	42	0.03%
Jours avec activité réduite (pop. active ≥18)	4 729 958	1108	0.03%	5 562 719	1817	0.03%
Jours de travail perdus (pop. active ≥18)	1 192 719	273	0.03%	1 345 750	429	0.03%

* Les valeurs « 0 », correspondent à un nombre de cas/jour se situant entre 0 et 1.

Dans ce cadre, le tab. 14 ci-après présente, pour l'état 2014, l'étendue des fourchettes de chaque estimation, calculées avec un intervalle de confiance à 95%. Il apparaît que cette étendue peut considérablement varier d'un effet à un autre et qu'elle est dépendante de la fonction exposition-réponse qui lui est associée. Il est également utile de signaler qu'il aurait été en principe possible de considérer d'autres effets (p.ex. faible poids à la naissance, ordonnances de médicaments contre les maladies respiratoires et cardio-vasculaires, auto-médication). Néanmoins, si des données probantes existent sur ces différents effets, aucune revue systématique et aucun développement de fonctions exposition-réponse n'a fait l'objet d'une synthèse consolidée au plan international.

Finalement, les limitations relevées pour l'exposition au bruit et portant sur la distribution spatiale de la croissance démographique par rapport au site aéroportuaire sont également valables en ce qui concerne la pollution de l'air.

Tab. 14 : Impacts moyens sur la santé et étendue de l'intervalle de confiance (à 95%), contribution des émissions NO₂ et PM₁₀ attribuables au GA en 2014, zone d'étude

		Scénario 2014 (exposition et population 2014) Zone d'étude				
		Impacts absolus (nb. cas/jours) et intervalle de confiance 95%			Différence relative (%)	
		Moyenne	Haut	Bas	Bas/ Moyenne	Haut/ Moyenne
Mortalité						
NO2	Mortalité, toutes causes (âge ≥30)	21	12	29	-42%	42%
PM10	Mortalité, toutes causes, (âge ≥30) et nourrissons (0-1 ans)	0.62	0.40	0.81	-35%	31%
Morbidité						
NO2	Prévalence de symptômes bronchitiques chez enfants asthmatiques (5-17 ans)	20*	-10*	56*	-149%	174%
	Admissions hospitalières, maladies respiratoires (tous âges)	11	7	14	-36%	36%
	Jours d'hôpital, maladies respiratoires (tous âges)	107	69	146	-36%	36%
PM10	Admissions hospitalières, maladies cardiovasculaires (infarctus inclus), tous âges	0.19	0.04	0.35	-81%	82%
	Jours d'hôpital, maladies cardiovasculaires (infarctus inclus), tous âges	3	0.49	5	-81%	82%
	Admissions hospitalières, maladies respiratoires, tous âges	0.29*	-0.03*	0.61*	-110%	109%
	Jours d'hôpital, maladies respiratoires, tous âges	3	0	6	-110%	109%
	Incidence bronchite chronique adultes (âge ≥18)	0.8	0.3	1.3	-65%	56%
	Prévalence bronchite enfants (5-17 ans)	5	-1	11	-126%	126%
	Crises d'asthme, adultes asthmatiques (âge ≥18)	12	5	18	-55%	54%
	Jours avec des symptômes d'asthme, enfants asthmatiques (5-17 ans)	30	7	54	-78%	80%
	Jours avec activité réduite (pop. active ≥18)	1236	1107	1389	-10%	12%
	Jours de travail perdus (pop. active ≥18)	304	259	349	-15%	15%

* L'étendue de l'intervalle de confiance passant par 0, les valeurs ne sont pas statistiquement significatives

3.4.3 Mise en perspective des résultats de l'analyse quantitative du risque sanitaire

L'activité aéroportuaire telle qu'examinée dans le cadre de la présente évaluation est à l'origine d'impacts sur la santé d'importance variable. Ces impacts ont été documentés pour la situation actuelle (état 2014) et leur évolution a été appréciée de manière prospective pour l'horizon 2030.

En chiffres absolus, l'activité aéroportuaire s'avère être une source d'externalités environnementales (pollution de l'air et nuisances sonores) non négligeables. Dans ce chapitre, un élargissement de perspective est proposé, qui insère brièvement ces résultats dans le contexte d'exposition pour l'ensemble de la région d'étude, en particulier par rapport aux autres secteurs d'émissions.

3.4.3.1 Pollution de l'air

Les indicateurs retenus (NO₂ et PM₁₀) dans le cadre de l'EIS font l'objet de mesures régulières au niveau de leurs émissions par d'autres sources, ces dernières étant reliées à d'autres modes de transports (trafic routier et ferroviaire) ou à d'autres secteurs (résidentiel/tertiaire, industrie, agriculture).

Les analyses réalisées dans le cadre du projet G²ME pour le Grand Genève ont permis d'établir une répartition des différentes sources d'émission pour la situation actuelle (état 2010) et d'en proposer une modélisation pour, entre autres, l'horizon 2030.

En ce qui concerne les NO_x, dont le NO₂ est la composante principale, si l'on se réfère plus spécifiquement aux émissions suisses, la part des avions dans les émissions totales est estimé à environ 19 % pour l'état actuel (situation 2014), et cette proportion est destinée à augmenter jusqu'à environ 40 % à l'horizon 2030, ce qui en fera le premier secteur d'émission, représentant environ les 2/3 des émissions du secteur des transports. A contrario, le transport routier, qui représente environ 52% des émissions dans l'état actuel, va voir sa part régresser et passer à environ 25% à l'horizon 2030.

En ce qui concerne les PM₁₀, la part du transport aérien est moins importante, puisqu'elle représente environ 11 % du total, et son accroissement serait minimal, devant atteindre environ 14% en 2030. La part du trafic routier, si elle va diminuer, en passant d'environ 30% en 2014 à environ 24% en 2030, restera le tout de même le deuxième secteur d'émissions le plus important, juste derrière le secteur résidentiel et tertiaire, qui va connaître une augmentation de environ 20% à environ 27% des émissions totales de NO_x.

En synthèse, le transport aérien sera, en 2030, la principale source des impacts sur la santé attribuables au NO₂. Cela se traduira par un doublement de la mortalité, passant de 21 à 42 décès, (représentant par ailleurs une évolution de 253 à 460 années de vie perdues).

Cette évolution, dans l'absolu très significative, doit être mise en perspective avec les chiffres globaux relatifs aux pathologies dont l'origine est à rechercher dans la pollution de l'air (intérieure et extérieure) et pour lesquels il est possible de dresser un comparatif pour la situation actuelle. Dans ce cadre, si l'on procède par extrapolation simplifiée à partir des statistiques de mortalité suisses et genevoises, il apparaît que les décès attribuables à la pollution de GA représentent environ le 9% des décès attribuables à la pollution de l'air. Par ailleurs, ces décès représentent environ le 7% de ceux attribuables aux maladies circulatoires et à environ 2% de ceux attribuables aux maladies respiratoires.

3.4.3.2 Nuisances sonores

En dehors du système de mesure, spécifique au site aéroportuaire, les émissions de bruit dans le contexte du Grand-Genève sont mesurées et répertoriées de manière systématique dans le canton de Genève, à travers le cadastre du bruit routier. A ce jour, ce dernier comprend environ 50'000 façades réparties le long d'environ 350 km de routes et de rues, couvrant la quasi-totalité du canton.

L'Ordonnance de protection contre le bruit (OPB) prévoit que des mesures d'assainissement soient prises pour pallier les expositions dépassant les valeurs limites d'immission (VLI). Dans ce

cadre, un plan d'assainissement des routes cantonales et communales a été mis en place dans le canton de Genève depuis 1998, et dont la dernière phase doit se terminer le 31 mars 2018. Lors de son démarrage, on estimait à environ 120'000 le nombre de personnes exposées au-delà des VLI. Au terme de ce plan, on estime que resteront environ 40'000 personnes exposées au-delà des VLI (DETA, 2016).

En guise de comparaison, l'exposition problématique aux nuisances sonores du site aéroportuaire telle que mesurée par l'index de bruit calculé pour le présent rapport, concerne, à ce jour (état 2014) environ 26'000 personnes, et ce chiffre est destiné à augmenter de 9% à l'horizon 2030 pour atteindre environ 29'000 personnes. Dans ce contexte, si l'on s'en tient aux ordres de grandeurs, et malgré le fait que ce comparatif ne puisse pas cerner les cas de double exposition (trafic routier et aérien simultanément), l'exposition au bruit de GA représente une source d'impacts sur la santé clairement significative dans le contexte du territoire d'étude et qui est destinée à le rester à l'horizon 2030.

En ce qui concerne plus spécifiquement la mesure des pathologies, l'évaluation conclut à des estimations, en chiffres absolus, de mortalité extrêmement faibles (que quelques cas potentiels). Par contre, les effets sur la morbidité, et en particulier sur l'hypertension et son traitement ambulatoire, sont plus importants et se chiffrent à 835 cas pour l'ensemble de la zone d'étude dans l'état actuel. Cette valeur, dans l'absolu parfaitement significative, reste bien entendu marginale au regard du traitement total de l'hypertension, dont elle ne représente que le 1% du total des cas.

3.5 Calcul des coûts – exposition au bruit et à la pollution de l'air

3.5.1 Méthodologie

L'approche générale retenue pour le calcul des coûts résultant d'une exposition à la pollution de l'air et au bruit repose sur une méthodologie éprouvée, développée dans le cadre de l'étude sur les effets externes du transport en Suisse (Ecoplan et Infras, 2014). Cette méthodologie a été adaptée de manière à pouvoir présenter des résultats pour les années 2014 et 2030, en particulier par des ajustements des coûts en fonction du niveau de prix pour 2014 et leur estimation pour 2030. Les détails méthodologiques pour chaque facteur d'exposition sont précisés ci-après.

3.5.1.1 Pollution de l'air

L'évaluation monétaire des effets d'une exposition à la pollution de l'air a été calculée à partir des éléments suivants : nombre d'années de vie perdues, nombre d'années de travail perdues et nombre de cas attribuables pour 7 différents effets sur la santé (morbidité) : jours d'hôpital pour cause de maladies cardio-circulatoires, jours d'hôpital pour cause de maladies respiratoires, bronchite chronique chez les adultes, bronchite aiguë chez les enfants, cas d'asthme chez les adultes, cas d'asthme chez les enfants et jours avec une activité restreinte.

Les catégories de coûts considérées sont les suivantes :

- Frais directs de traitement médical (coûts dus aux hospitalisations, aux traitements ambulatoires, aux médicaments, etc.)
- Pertes nettes de production dues à une absence temporaire ou permanente du lieu de travail
- Coûts de remplacement (en cas d'absence permanente, un nouvel employé doit être engagé)
- Coûts immatériels résultant d'une espérance de vie raccourcie ou d'une qualité de vie péjorée par des maladies provoquées (coûts dus à la souffrance, au choc et à la perte de joie de vivre).

Les coûts unitaires appliqués sont ceux déjà disponibles au plan suisse et qui ont été également appliqués aux données françaises. Tant pour 2014 que pour 2030, la partie française de la zone d'étude n'est concernée que par le 6% des coûts totaux. Par conséquent, la recherche de coûts spécifiques pour la région française, dans l'hypothèse d'un grand différentiel de coûts réels entre les deux pays, n'aurait pas changé les résultats de manière significative.

Les coûts unitaires pour chaque maladie, les décès, les décès prématurés ainsi que les coûts afférents sont détaillés dans les tableaux 15 et 16 ci-après pour les années 2014 et 2030.

Tab. 15 : Coûts unitaires attribuables à la pollution de l'air en 2014

2014	CHF par	Frais de	Pertes nettes	Coûts de	Coûts	Total
		traitement	de production	remplacement	immatériels	
		médical				
Années de vie perdues	année de vie	-	-	-	103 230	103 230
Années de travail perdues	année de travail	-	22 562	-	-	22 562
Par décès d'un travailleur / d'une travailleuse	par décès	-	-	40'102 / 32'266	-	40'102 / 32'266
Jours d'hôpital pour cause de maladies cardio-circulatoires	jour d'hôpital	1 557	105	-	834	2 495
Jours d'hôpital pour cause de maladies respiratoires	jour d'hôpital	1 051	68	-	834	1 952
Bronchite chronique chez les adultes (≥18 ans)	nouveau cas	6 786	317	-	113 721	120 824
Bronchite aiguë chez les enfants (5-17 ans)	par cas	54	5	-	309	368
Cas d'asthme chez les adultes (≥18 ans)	par cas	0.6	23	-	74	97
Cas d'asthme chez les enfants (5-17 ans)	par cas	0.6	5	-	74	79
Jours avec une activité restreinte (≥18 ans)	jour	-	62	-	222	284

Tab. 16 : Coûts unitaires attribuables à la pollution de l'air en 2030

2030	CHF par	Frais de	Pertes nettes	Coûts de	Coûts	Total
		traitement	de production	remplacement	immatériels	
		médical				
Années de vie perdues	année de vie	-	-	-	121 045	121 045
Années de travail perdues	année de travail	-	30 868	-	-	30 868
Par décès d'un travailleur / d'une travailleuse	par décès	-	-	47'773 / 40'304	-	47'773 / 40'304
Jours d'hôpital pour cause de maladies cardio-circulatoires	jour d'hôpital	1 768	143	-	978	2 889
Jours d'hôpital pour cause de maladies respiratoires	jour d'hôpital	1 194	92	-	978	2 264
Bronchite chronique chez les adultes (≥18 ans)	nouveau cas	6 786	434	-	133 346	140 566
Bronchite aiguë chez les enfants (5-17 ans)	par cas	54	7	-	363	423
Cas d'asthme chez les adultes (≥18 ans)	par cas	0.36	31	-	86	118
Cas d'asthme chez les enfants (5-17 ans)	par cas	0.36	7	-	86	93
Jours avec une activité restreinte (≥18 ans)	jour	-	85	-	260	345

Des détails spécifiant les sources utilisées pour le calcul des coûts et d'autres ajustements intervenus dans les calculs, sont développés dans le rapport Ecoplan en annexe (cf. Annexe IV du présent rapport).

3.5.1.2 Bruit

L'évaluation monétaire des effets d'une exposition au bruit a été établie en utilisant deux approches.

Une première approche est identique à celle utilisée pour la pollution de l'air et repose sur un calcul des coûts à partir des éléments suivants : nombre d'années de vie perdues, nombre d'années de travail perdues et nombre de cas attribuables pour trois différentes maladies (maladies cardiaques ischémiques, maladies hypertensives et infarctus).

Les catégories de coûts considérées sont les mêmes que pour la pollution de l'air : frais de traitement médical, pertes nettes de production, coûts de remplacement, coûts immatériels (voir plus haut pour le détail).

Une deuxième approche, spécifique au bruit, a estimé les coûts attribuables à la gêne et aux perturbations du sommeil en utilisant la méthode dite de la « baisse des revenus locatifs ». Cette méthode part du principe que les loyers des logements exposés à des niveaux de bruit élevés sont plus bas que ceux du même type de logements situés dans un environnement sonore calme.

Le calcul prend en compte les logements exposés à un niveau de bruit de 50 dB ou plus pendant la journée. La littérature considère qu'à partir de ce seuil, il est possible d'identifier des effets sur les loyers. Les logements sont répartis dans des classes de 1 dB. L'application d'un taux de perte de valeur locative pour chaque classe de 1 dB au delà du seuil des 50 dB, permet ainsi de calculer la perte de valeur locative totale imputable à l'exposition au bruit. D'un point de vue sanitaire, ce coût est considéré comme étant celui de la gêne et des perturbations du sommeil. Cette méthodologie est la plus usitée pour le calcul des coûts de la gêne et des perturbations du sommeil aussi bien en Suisse qu'au niveau international. Une mesure alternative, plus directe, de ces deux effets nécessiterait la mise en place d'une étude épidémiologique pluriannuelle dont l'échéancier et le coût dépasseraient le cadre fixé pour le présent mandat.

Les coûts unitaires pour les trois principaux effets sur la santé, les décès, les décès prématurés, ainsi que les coûts afférents sont détaillés dans les tableaux 17 et 18 ci-après pour les années 2014 et 2030.

Tab. 17: Coûts unitaires attribuables au bruit en 2014

2014	CHF par	Frais de traitement médical	Pertes nettes de production	Coûts de remplacement	Coûts immatériels	Total
Années de vie perdues	année de vie	-	-	-	103 230	103 230
Années de travail perdues	année de travail	-	22 562	-	-	22 562
Décès d'un travailleur / d'une travailleuse	décès	-	-	40'102 / 32'266	-	40'102 / 32'266
Maladies cardiaques ischémiques						
- Hospitalisations	hospitalisation	-	1 415	-	15 848	17 263
- Jours d'hôpital	jour d'hôpital	1 976	-	-	-	1 976
Maladies hypertensives						
- Hospitalisations	hospitalisation	-	599	-	-	599
- Jours d'hôpital	jour d'hôpital	1 066	-	-	1 574	2 640
- Traitement ambulatoire	traitement	-	5	-	1 574	1 579
Infarctus						
- Hospitalisations	hospitalisation	-	1 017	-	-	1 017
- Jours d'hôpital	jour d'hôpital	705	-	-	834	1 539

Tab. 18 : Coûts unitaires attribuables au bruit en 2030

2030	CHF par	Frais de traitement médical	Pertes nettes de production	Coûts de remplacement	Coûts immatériels	Total
Années de vie perdues	année de vie	-	-	-	121 045	121 045
Années de travail perdues	année de travail	-	30 868	-	-	30 868
Décès d'un travailleur / d'une travailleuse	décès	-	-	47'773 / 40'304	-	47'773 / 40'304
Maladies cardiaques ischémiques						
- Hospitalisations	hospitalisation	-	1 936	-	18 583	20 519
- Jours d'hôpital	jour d'hôpital	2 245	-	-	-	2 245
Maladies hypertensives						
- Hospitalisations	hospitalisation	-	820	-	-	820
- Jours d'hôpital	jour d'hôpital	1 211	-	-	1 846	3 057
- Traitement ambulatoire	traitement	-	7	-	1 846	1 852
Infarctus						
- Hospitalisations	hospitalisation	-	1 392	-	-	1 392
- Jours d'hôpital	jour d'hôpital	801	-	-	978	1 779

Le tab. 19 ci-après propose une estimation du nombre de logements exposés aux différents niveaux de bruit pour les années considérées. Pour chaque dB(A) en dessus de 50 dB(A), on estime que la perte de valeur locative est de 0.48%. Le prix moyen de location par logement est estimé à 17'400 CHF/année en 2014 et à 20'400 CHF/année en 2030 (calculés à partir des prix officiels de location de l'OFS).

De manière générale, un nombre légèrement supérieur de logements sera exposé au bruit en 2030 par rapport à la situation de 2014. En ce qui concerne la distribution par rapport au niveau d'exposition aux tranches de bruit, entre 48% (en 2014) et 52% (en 2030) des logements se concentrent dans des zones exposées jusqu'à 54.9 dB(A) et la presque totalité (95% en 2014 et 98% en 2030) dans des zones exposées jusqu'à 62.9%. Le nombre de logements exposés par tranche de dB(A) décroît tendanciellement à partir de 55 dB(A).

Comme pour la pollution de l'air, d'autres spécifications méthodologiques pour le thème du bruit sont disponibles dans le rapport Ecoplan en annexe (cf. annexe IV du présent rapport).

Tab. 19 : Nombre de logements exposés au bruit en 2014 et en 2030

Classes de bruit en dB(A)	2014				2030			
	Suisse		France		Suisse		France	
	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible
50.0 - 50.9	2 549	2 293	905	255	3 519	3 187	1 022	514
51.0 - 51.9	3 706	3 459	691	411	3 649	3 432	747	460
52.0 - 52.9	2 969	2 703	664	443	5 449	4 806	925	816
53.0 - 53.9	4 276	3 363	569	569	4 130	2 828	419	419
54.0 - 54.9	4 284	3 446	637	637	4 178	3 900	300	300
55.0 - 55.9	3 384	3 245	253	253	3 395	3 223	270	270
56.0 - 56.9	3 049	2 934	216	216	2 776	2 627	268	268
57.0 - 57.9	2 840	2 585	212	212	2 043	1 743	207	207
58.0 - 58.9	2 003	1 784	270	270	2 389	2 204	318	318
59.0 - 59.9	1 728	1 596	260	260	1 978	1 703	305	305
60.0 - 60.9	2 013	1 829	262	262	1 951	1 898	154	154
61.0 - 61.9	1 730	1 730	137	137	1 730	1 730	44	44
62.0 - 62.9	1 975	1 975	53	53	1 382	1 382	26	26
63.0 - 63.9	944	944	25	25	671	671	6	6
64.0 - 64.9	758	758	6	6	771	771	10	10
65.0 - 65.9	522	522	1	1	384	384	10	10
66.0 - 66.0	245	245	8	8	152	152	3	3
67.0 - 67.9	66	66	11	11	123	123	10	10
68.0 - 68.9	79	79	-	-	21	21	-	-
69.0 - 69.9	14	14	8	8	13	13	0	0
> 70.0	4	4	8	8	5	5	9	9
Total >50 dB	39 138	35 574	5 197	4 044	40 710	36 804	5 053	4 149

3.5.2 Résultats

3.5.2.1 Pollution de l'air

L'analyse des coûts pour 2014 (tab. 20 ci-après) de la pollution de l'air permet de mettre en évidence plusieurs éléments significatifs. Les coûts totaux sont conséquents et ils atteignent les 24.7 mio de CHF. La zone dite sensible concentre l'essentiel de ces coûts (environ 83%). Ces coûts sont par ailleurs concentrés sur le territoire suisse (environ 94% du total). Finalement, la presque totalité des coûts (98%) sont imputables à des décès prématurés, comptabilisés sous la forme d'années de vie perdues et de décès d'un travailleur / d'une travailleuse.

En termes de répartition des coûts, cela se traduit par 96% de coûts immatériels (23.8 mio de CHF), 2.6% de pertes nettes de production (0.6 mio de CHF), et 0.5% (0.12 mio de CHF), tant pour les coûts de remplacement et les frais de traitement médical.

Tab. 20 : Coûts attribuables à la pollution de l'air en 2014

2014	Suisse		France		total		part en % total zone d'étude
	zone d'étude mio. CHF	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	
Années de vie perdues	22.86	18.95	1.45	1.16	24.31	20.10	98.31%
Jours d'hôpital, système cardio-circulatoire	0.006	0.006	0.000	0.000	0.006	0.006	0.03%
Jours d'hôpital, système respiratoire	0.202	0.167	0.008	0.006	0.210	0.173	0.85%
Incidence bronchite, adultes (≥18 ans)	0.094	0.085	0.007	0.006	0.101	0.091	0.41%
Prévalence bronchite, enfants (5-17 ans)	0.007	0.006	0.000	0.000	0.008	0.006	0.03%
Cas d'asthme, adultes (≥18 ans)	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.00%
Jours avec symptômes d'asthme, enfants (5-17 ans)	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.01%
Jours avec une activité réduite (≥18 ans)	0.078	0.078	0.010	0.009	0.089	0.087	0.36%
Total	23.25	19.29	1.48	1.18	24.73	20.47	100.00%
Part en %	94.0%	78.0%	6.0%	4.8%	100.0%	82.8%	

L'analyse de la situation en 2030 (tab. 21 ci-après) fait état d'une augmentation considérable des coûts, qui vont plus que doubler pour atteindre les 53 mio de CHF, la répartition des coûts entre zones d'étude, pays et catégories restant les mêmes qu'en 2014. Cette augmentation très significative résulte de la combinaison de trois facteurs. L'émission des substances polluantes par le site aéroportuaire va augmenter de 36% (SEDE, 2014), probablement en raison d'un nombre croissant de cycles de décollage-atterrissage. Les changements des niveaux des prix vont amener une augmentation de 18%. Finalement, des évolutions dans la population touchée vont se traduire par un incrément de 34%, essentiellement attribuable au vieillissement de la population. Le poids relatif des personnes âgées dans l'ensemble de la population sera bien plus important en 2030 qu'actuellement et dans la mesure où les décès attribuables à la pollution de l'air touchent prioritairement cette catégorie de population, cela affecte tout particulièrement le poste de coûts des années de vie perdues.

Tab. 21 : Coûts attribuables à la pollution de l'air en 2030

2030	Suisse		France		total		part en % total zone d'étude
	zone d'étude mio. CHF	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	
Années de vie perdues	49.14	40.73	3.02	2.40	52.16	43.14	98.51%
Jours d'hôpital, système cardio-circulatoire	0.012	0.011	0.000	0.000	0.012	0.011	0.02%
Jours d'hôpital, système respiratoire	0.373	0.309	0.014	0.011	0.387	0.320	0.73%
Incidence bronchite, adultes (≥18 ans)	0.179	0.161	0.014	0.012	0.193	0.173	0.37%
Prévalence bronchite, enfants (5-17 ans)	0.012	0.010	0.001	0.001	0.013	0.011	0.02%
Cas d'asthme, adultes (≥18 ans)	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.00%
Jours avec symptômes d'asthme, enfants (5-17 ans)	0.004	0.004	0.000	0.000	0.004	0.004	0.01%
Jours avec une activité réduite (≥18 ans)	0.159	0.156	0.020	0.018	0.179	0.174	0.34%
Total	49.88	41.39	3.07	2.44	52.95	43.83	100.00%
Part en %	94.2%	78.2%	5.8%	4.6%	100.0%	82.8%	

Analyse de sensibilité

L'estimation des coûts de la pollution de l'air présentée ici implique deux principales sources d'incertitude. La première dépend de l'étalement de l'intervalle de confiance (à 95%) de la fonction dose-réponse concernant les années de vie perdues. Cet étalement est de l'ordre de $\pm 42\%$. La deuxième concerne la valeur d'une année de vie perdue, les discussions actuelles en Suisse portant sur l'opportunité de s'aligner sur les valeurs proposées par l'OCDE (2012) et qui se traduiraient par une augmentation d'environ un facteur 2.7. Une analyse de sensibilité a été réalisée pour tenir compte de ces incertitudes, dont les résultats sont présentés dans le tableau 22 ci-après.

Tab. 22 : Analyse de sensibilité des coûts attribuables à la pollution de l'air, en 2014 et en 2030

mio. de CHF	2014			2030		
	Suisse	France	Total	Suisse	France	Total
calcul de base	23.2	1.5	24.7	49.9	3.1	52.9
Relation dose-réponse années de vie perdues-bas	13.6	0.9	14.4	29.1	1.8	30.9
Relation dose-réponse années de vie perdues-haut	32.9	2.1	35.0	70.6	4.3	74.9
Avec les coûts immatériels années de vie perdues au plus haut	61.7	3.9	65.6	128.4	7.8	136.3

Les valeurs retenues dans le calcul de base se situent dans une fourchette de 14 à 35 mio de CHF pour 2014 et de 31 à 75 mio de CHF pour 2030. Avec l'application du coût d'une année de vie perdue préconisée par l'OCDE, les coûts totaux maximaux seraient de 66 mio de CHF en 2014 et de 136 mio de CHF en 2030.

3.5.2.2 Bruit

L'estimation des coûts du bruit se distingue en deux groupes. Le premier considère les coûts pour la gêne et les perturbations du sommeil et le deuxième les coûts relatifs aux pathologies cardiaques ischémiques, hypertensives et les infarctus.

Situation en 2014

Les résultats pour l'année 2014 sont présentés dans les tableaux 23 et 24 ci-après.

Tab. 23 : Coûts de la gêne et des perturbations du sommeil attribuables au bruit en 2014

mio. CHF	Suisse		France		total		Part en % par classe de bruit dans la zone d'étude
	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	
50.0 - 54.9	4.03	3.36	0.67	0.56	4.70	3.91	21.0%
55.0 - 59.9	7.74	7.20	0.76	0.76	8.50	7.96	38.0%
60.0 - 64.9	7.43	7.27	0.45	0.45	7.88	7.72	35.2%
65.0 - 69.9	1.25	1.25	0.04	0.04	1.29	1.29	5.8%
70.0 - 74.9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.1%
Total	20.47	19.09	1.93	1.82	22.40	20.91	100.0%
Part en %	91.4%	85.2%	8.6%	8.1%	100.0%	93.4%	

L'analyse de la gêne et des perturbations du sommeil pour 2014 met en évidence un coût total de 22.4 mio de CHF. La très grande majorité des coûts concerne la zone sensible (93%) et le territoire suisse (91%). Le 73% des coûts en termes de gêne et de perturbations du sommeil se concentrent dans les zones exposées à un niveau de bruit entre 55 et 65 dB(A). Ces zones concentrent le 50% de la population exposée à plus de 50 dB(A) de bruit. Les expositions très importantes, supérieures à 65 dB(A), concernent le 5.9% des coûts et le 2.2% de la population.

Tab. 24 : Coûts pour trois autres pathologies attribuables au bruit en 2014

2014	Suisse		France		total		Part en % par pathologie dans la zone d'étude
	mio. CHF	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	
Maladies cardiaques ischémiques	2.03	1.88	0.20	0.16	2.22	2.04	46.3%
– Années de vie perdues	1.73	1.60	0.17	0.14	1.90	1.74	39.5%
– Hospitalisations	0.30	0.28	0.02	0.02	0.32	0.30	6.8%
Maladies hypertensives	1.93	1.78	0.18	0.14	2.10	1.92	43.8%
– Années de vie perdues	0.68	0.63	0.06	0.05	0.75	0.69	15.6%
– Hospitalisations	0.03	0.03	0.00	0.00	0.04	0.03	0.8%
– Traitement ambulatoire	1.21	1.11	0.11	0.09	1.32	1.20	27.4%
Infarctus	0.44	0.41	0.04	0.03	0.48	0.44	9.9%
– Années de vie perdues	0.35	0.32	0.03	0.03	0.38	0.35	8.0%
– Hospitalisations	0.09	0.09	0.00	0.00	0.09	0.09	2.0%
Total	4.40	4.06	0.41	0.34	4.80	4.40	100.0%
– Années de vie perdues	2.76	2.55	0.27	0.22	3.03	2.78	63.1%
– Hospitalisations	0.43	0.39	0.03	0.02	0.46	0.42	9.5%
– Traitement ambulatoire	1.21	1.11	0.11	0.09	1.32	1.20	27.4%
part en % du total	91.5%	84.6%	8.5%	7.0%	100.0%	91.6%	

Les autres pathologies attribuables au bruit représentent un total de 4.8 mio de CHF de coûts. Comme pour la pollution de l'air, les coûts se concentrent dans la zone sensible (91.6%) et sur le territoire suisse (91.5%). Au niveau du type de coût, les années de vie perdues représentent le 63% du total, contre environ le 10% pour les hospitalisations et le 27% pour le traitement ambulatoire de l'hypertension. Au niveau des pathologies, les infarctus représentent une part marginale des coûts (10%). Le reste se divise, à parts à peu près égales, entre maladies cardiaques ischémiques et maladies hypertensives. Au niveau des catégories des coûts, comme pour la pollution de l'air, les coûts immatériels sont prédominants (94% du total), les frais de traitement médical correspondant environ à 4% du total.

Ainsi, le coût total du bruit se monte à 27.2 mio de CHF. 82% de ces coûts sont provoqués par la gêne et les perturbations du sommeil, le 18% restant étant dû aux autres effets sur la santé.

Situation pur 2030

Les résultats pour l'année 2030 sont présentés dans les tableaux 25 et 26 ci-après.

L'analyse de la gêne et des perturbations du sommeil pour 2030 met en évidence une faible augmentation de 11% par rapport à 2014, atteignant environ 25 mio de CHF. La concentration des coûts dans la zone sensible (93%) se confirme, avec une très légère augmentation sur la partie

suisse (0.6%). On relève également une légère diminution de la proportion de coûts attribuables à des expositions élevées au bruit, au-delà de 65 dB(A), qui passent à 4.7% du total dans la zone d'étude contre 5.9% en 2014. La population très fortement exposée passe conséquemment à 1.6% du total contre 2.2% en 2014.

Tab. 25 : Coûts de la gêne et des perturbations du sommeil attribuables au bruit en 2030

classes de bruit en dB(A)	Suisse		France		total		Part en % par classe de bruit dans la zone d'étude
	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dans la zone d'étude	zone d'étude	dont zone sensible	
50.0 - 54.9	5.27	4.50	0.66	0.57	5.93	5.07	23.9%
55.0 - 59.9	8.88	8.07	1.01	1.01	9.89	9.08	39.8%
60.0 - 64.9	7.59	7.54	0.26	0.26	7.85	7.80	31.6%
65.0 - 69.9	1.10	1.10	0.04	0.04	1.13	1.13	4.6%
70.0 - 74.9	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.1%
Total	22.86	21.22	1.99	1.89	24.84	23.11	100.0%
Part en %	92.0%	85.4%	8.0%	7.6%	100.0%	93.0%	23.9%

La combinaison de trois facteurs permet d'expliquer cette évolution. Comme relevé au chapitre 3.2., l'augmentation des mouvements d'avion (de l'ordre de 30% pour les gros porteurs) est plus que compensée par les meilleures performances en termes de nuisances de la nouvelle flotte d'avions, amenant à une réduction des émissions de 0.7 dB(A) et à une réduction des coûts attribuables à la gêne et aux perturbations du sommeil de 19%. L'évolution des niveaux de prix, implique une augmentation de ces coûts de 18%. Finalement, la croissance démographique et l'évolution conséquente du parc de logements exposés vont se traduire par une augmentation de 17% de ces coûts. Au final, le facteur déterminant la légère augmentation des coûts est l'évolution du niveau des prix, sans laquelle on relèverait une diminution des coûts attribuables à la gêne et aux perturbations du sommeil.

En ce qui concerne l'évolution des coûts des 3 catégories de pathologies (tableau 26 ci-après), elle se solde par une augmentation des coûts de 32%, pour un total de 6.3 mio de CHF. Alors que le poids relatif de chaque catégorie de pathologie reste globalement inchangé, l'importance des années de vie perdues augmente légèrement par rapport à 2014 (de 63 à 68%), entraînant une légère diminution de la part des traitements ambulatoires (de 27 à 24%) et des hospitalisations (de 10 à 8%) dans les coûts totaux.

Cette augmentation significative est imputable à trois causes. L'augmentation déjà évoquée du niveau des prix de 18% est pratiquement équilibrée par une diminution des coûts de 17% du fait de la réduction des émissions sonores de la nouvelle flotte d'avion. Par contre, l'évolution de la population affectée amène à une augmentation de 35% des coûts.

Cette dernière, comme pour la pollution de l'air, est largement imputable au vieillissement de la population, se matérialisant par une augmentation très conséquente des années de vie perdues : 39% pour les maladies cardiaques ischémiques, 59% pour les maladies hypertensives et 46% pour les infarctus. La population sujette à ces pathologies est tendanciellement âgée, en particulier en ce qui concerne les maladies hypertensives et sa part dans la population totale est de plus en plus importante.

Tab. 26 : Coûts pour trois autres pathologies attribuables au bruit en 2030

2030	Suisse		France		total		Part en % par pathologie dans la zone d'étude
	zone d'étude mio. CHF	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	
Maladies cardiaques ischémiques	2.73	2.51	0.23	0.20	2.96	2.71	46.8%
– Années de vie perdues	2.38	2.20	0.21	0.18	2.59	2.38	41.0%
– Hospitalisations	0.34	0.31	0.02	0.02	0.36	0.33	5.8%
Maladies hypertensives	2.52	2.32	0.20	0.17	2.72	2.49	42.9%
– Années de vie perdues	1.08	0.99	0.09	0.07	1.16	1.07	18.4%
– Hospitalisations	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04	0.7%
– Traitement ambulatoire	1.40	1.29	0.11	0.10	1.51	1.38	23.9%
Infarctus	0.61	0.56	0.05	0.04	0.65	0.60	10.3%
– Années de vie perdues	0.50	0.46	0.04	0.04	0.55	0.50	8.6%
– Hospitalisations	0.10	0.10	0.00	0.00	0.11	0.10	1.7%
Total	5.85	5.39	0.48	0.41	6.33	5.80	100.0%
– Années de vie perdues	3.96	3.66	0.34	0.29	4.30	3.95	68.0%
– Hospitalisations	0.48	0.45	0.03	0.02	0.51	0.47	8.1%
– Traitement ambulatoire	1.40	1.29	0.11	0.10	1.51	1.38	23.9%
part en % du total	92.4%	85.1%	7.6%	6.5%	100.0%	91.7%	

Les coûts totaux du bruit se montent ainsi à 31.2 mio de CHF, ce qui correspond à une augmentation de 15% par rapport à 2014. 80% (au lieu de 82% en 2014) de ces coûts sont provoqués par la gêne et les perturbations du sommeil, le 20% restant étant dû aux autres effets sur la santé. Sans tenir compte de la croissance démographique et le vieillissement de la population, on observerait une légère diminution des coûts du bruit (26 au lieu de 27.2 mio de CHF en 2014).

Analyse de sensibilité

L'estimation des coûts imputables à l'exposition au bruit est également sujette à certaines incertitudes (cf. tableau 27 ci-après). Premièrement, la perte de la valeur locative peut se situer dans une fourchette de $\pm 30\%$ par rapport à la valeur considérée. Deuxièmement, les fonctions dose-réponse des trois groupes de pathologies se caractérisent par des fourchettes d'intervalle de confiance (à 95%) assez larges : maladies cardiaques ischémiques $\pm 66\%$, maladies hypertensives $-56\%/+53\%$, infarctus $-100\%/+348\%$. Troisièmement, comme pour la pollution de l'air, il serait envisageable d'appliquer la norme OCDE en ce qui concerne la valeur d'une année de vie perdue. Ces possibles variations ont été introduites dans l'analyse de sensibilité, de même qu'une augmentation des coûts immatériels de 50%⁵ en ce qui concerne les hospitalisations et les traitements ambulatoires.

⁵ La valeur de 50% a été déterminée par la fourchette d'incertitude relative aux coûts immatériels, s'étendant de -50% à +50%. Dans l'analyse de sensibilité est présentée uniquement le test effectué pour la valeur supérieure de la fourchette (+ 50%), le test effectué pour la valeur inférieure s'étant traduit par des chiffres extrêmement petits.

Tab. 27 : Analyse de sensibilité des coûts attribuables au bruit, en 2014 et en 2030

mio. CHF	2014					2030				
	Suisse	France	G/PS	AES	Total*	Suisse	France	G/PS	AES	Total*
calcul de base	24.9	2.3	22.4	4.8	27.2	28.7	2.5	24.8	6.3	31.2
Baisse des revenus locatifs, 30% plus bas	18.7	1.8	15.7	4.8	20.5	21.8	1.9	17.4	6.3	23.7
Baisse des revenus locatifs, 30% plus haut	31.0	2.9	29.1	4.8	33.9	35.6	3.1	32.3	6.3	38.6
Trois fonctions dose-réponse, valeur haute	22.0	2.1	22.4	1.7	24.1	24.9	2.2	24.8	2.2	27.0
Trois fonctions dose-réponse, valeur basse	28.8	2.7	22.4	9.1	31.5	34.0	2.9	24.8	12.1	36.9
Coûts de santé immatériels, valeur haute	30.2	2.9	22.4	10.7	33.1	35.9	3.1	24.8	14.2	39.0

G/PS : Gêne/Perturbations du sommeil ; AES : Autres effets sur la santé

* La colonne « Total » correspond aussi bien à l'addition de la répartition des coûts par pays (1^{ère} et 2^{ème} colonne) qu'à l'addition des coûts par effets sur la santé mesurés (3^{ème} et 4^{ème} colonne) aussi bien en 2014 qu'en 2030.

Dans la mesure où la valeur locative représente la part la plus significative du résultat, des modifications de l'ordre de $\pm 30\%$ induisent une modification conséquente des coûts du bruit de $\pm 24\%$. Les incertitudes dans les fonctions dose-réponse amènent à une réduction d'environ 12% respectivement une augmentation de 17% des coûts. Finalement, des coûts immatériels plus hauts induisent une augmentation des coûts de 23%. Dans ce cadre, les coûts du bruit en 2014 varient entre 20 et 34 mio de CHF et, en 2030, entre 24 et 39 mio de CHF. Plus globalement, les coûts du bruit peuvent être estimés avec davantage de précision que ceux de la pollution de l'air. Cela, en raison du fait que la baisse des revenus locatifs, qui est le principal poste de coûts, présente moins d'incertitudes que le calcul des autres coûts de santé attribuables au bruit (et également à la pollution de l'air). Par contre les incertitudes des autres coûts attribuables au bruit sont de même ampleur que celles de la pollution de l'air.

3.5.3 Synthèse des coûts

La vue d'ensemble de la répartition des coûts attribuables à la pollution de l'air est synthétisée dans les tableaux 28 et 29 ci-après.

Tab. 28 : Synthèse des coûts attribuables au GA en 2014

2014 en mio. CHF	Suisse		France		total		part en % total zone d'étude
	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	
pollution de l'air	23.25	19.29	1.48	1.18	24.73	20.47	47.6%
années de vie perdues	22.86	18.95	1.45	1.16	24.31	20.10	46.8%
autres effets sanitaires	0.39	0.34	0.03	0.02	0.42	0.37	0.8%
bruit	24.86	23.15	2.34	2.16	27.20	25.31	52.4%
perte de valeur locative	20.47	19.09	1.93	1.82	22.40	20.91	43.1%
autres effets sanitaires	4.40	4.06	0.41	0.34	4.80	4.40	9.2%
total	48.11	42.44	3.82	3.34	51.93	45.78	100.0%
part de la pollution de l'air	48.3%	45.5%	38.7%	35.3%	47.6%	44.7%	
part du bruit	51.7%	54.5%	61.3%	64.7%	52.4%	55.3%	

Tab. 29 : Synthèse des coûts attribuables au GA en 2030

2030 en mio. CHF	Suisse		France		total		part en %
	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	zone d'étude	dont zone sensible	total zone d'étude
pollution de l'air	49.88	41.39	3.07	2.44	52.95	43.83	62.9%
années de vie perdues	49.14	40.73	3.02	2.40	52.16	43.14	62.0%
autres effets sanitaires	0.74	0.65	0.05	0.04	0.79	0.69	0.9%
bruit	28.70	26.60	2.47	2.31	31.17	28.91	37.1%
perte de valeur locative	22.86	21.22	1.99	1.89	24.84	23.11	29.5%
autres effets sanitaires	5.85	5.39	0.48	0.41	6.33	5.80	7.5%
total	78.58	67.99	5.53	4.75	84.12	72.74	100.0%
part de la pollution de l'air	63.5%	60.9%	55.4%	51.4%	62.9%	60.3%	
part du bruit	36.5%	39.1%	44.6%	48.6%	37.1%	39.7%	

On constate que certaines considérations sont valables aussi bien en 2014 qu'en 2030 et notamment :

- la concentration des coûts (au-delà de 90% du total) sur le territoire suisse ; et
- leur concentration dans la zone dite sensible (légèrement en deçà de 90% du total), c'est à dire la plus proche du périmètre aéroportuaire.

On relève aussi des différences notables entre 2014 et 2030. Les coûts totaux augmentent significativement, passant de 52 à 84 mio de CHF (+62%). Cette augmentation des coûts est attribuable à trois principaux facteurs.

Tout d'abord, l'évolution du niveau des prix amène à une augmentation de 18% des coûts.

Ensuite, on relève une augmentation des émissions de substances polluantes dans l'air (+36%), alors que les émissions sonores diminuent (-18%), du fait des améliorations techniques dans la nouvelle génération d'avions.

Finalement, la croissance démographique et le vieillissement induisent une augmentation d'environ 34% des coûts pour la pollution de l'air et les autres effets relatifs au bruit. L'augmentation au niveau du poste « baisse des revenus locatifs » est de seulement 17% du fait de l'augmentation de l'offre en logements qui résulte de la croissance démographique.

Cela se traduit par un incrément des coûts de la pollution de l'air de 114% contre seulement 15% pour le bruit. En conséquence de cela, les coûts de la pollution de l'air, légèrement minoritaires (48% du total) en 2014, deviennent majoritaires (63% du total) en 2030.

De manière générale, la croissance démographique et le vieillissement sont responsables de plus de la moitié de l'augmentation des coûts sanitaires entre 2014 et 2030.

3.6 Impacts sur l'activité économique et les emplois

3.6.1 De l'importance de voyager en avion pour le bien-être et la qualité de vie

Le cadrage ayant été posé, nous ne reviendrons pas ici sur les potentiels risques sanitaires liés au voyage en avion, tels que la hausse des radiations dans les appareils en altitude, les potentielles maladies exotique ou mises à mal du système immunitaire (que l'on n'aurait pas subies en voyageant, par la force des choses, moins loin). Nous retiendrons surtout, dans ce chapitre, que **l'avion permet de voyager très vite très loin**. Le temps ainsi gagné (ou : *coût d'opportunité* ainsi

économisé) peut être mis à profit pour une activité propre à améliorer sa santé – comme travailler et assurer le revenu familial par exemple. La **valorisation du temps gagné**, qui est un enjeu central en matière sanitaire, ne pourra être ici préjugée. Il est difficile d’imaginer par exemple qu’une traversée en navire marchand de l’Atlantique puisse permettre à certaines personnes de mener un train de vie moins néfaste à leur santé qu’au quotidien, mais on ne peut l’exclure.

C’est un fait que si de nombreuses personnes voyagent en avion pour rejoindre leur famille (15 % des motifs de voyages – chiffres RDA GA 2015) ou pour leurs loisirs (59 % – contre 26 % pour des motifs professionnels), c’est qu’ils ont fait le **choix d’un mode de transport jugé supérieur** en efficacité (temps, argent) ou en confort, ou selon toute autre logique personnelle dans un jugement de valeur plaçant au centre l’individu et, partant, son bien-être. Le bien-être participant de la santé, voler en avion, pour ceux qui en ont fait le choix, peut être déclaré bon pour la santé, mentale en tout cas, physique potentiellement – c’est assurément les cas des voyages en avion rendus nécessaires par des exigences (ou urgences) médicales. C’est aussi le cas pour tous les voyages permettant de créer et/ou renforcer le **lien social** entre deux individus d’horizons totalement différents, permettant de saisir des trajectoires de vie et des fonctionnements de sociétés résolument différents du sien – la rencontre de l’altérité, en somme ; résolument centrale pour une meilleure compréhension du monde. Ce constat n’empêchera pas certains auteurs de relativiser cet apport-là (cf. notamment : Kaufmann 2008, pour lequel le sentiment de liberté est sans lien avec la distance parcourue, ni à la vitesse à laquelle ils le sont ; selon l’auteur, il n’est pas nécessaire de se déplacer beaucoup pour être mobile sur le plan social. LRD 2008).

Dans le cadre de cette étude, **l’éventail de extrêmes** dans les parcours de vie empruntant l’avion rend difficile tout positionnement en matière de bénéfices pour la santé. En effet, autant il est facile de saisir l’importance *en matière de santé* des trajets effectués par un binational prenant soin de ses parents âgés au Portugal (en difficulté économique et/ou sanitaire), autant prendre l’avion pour faire du shopping à l’étranger dans un grand centre commercial d’une enseigne qui vend les mêmes objets que dans sa propre ville, pourrait se révéler ne pas être associé à un gain substantiel pour la santé (physique notamment) – sauf peut-être à partir du moment où la somme de la différence de prix de l’ensemble des produits achetés lors du séjour se révèle supérieure à tous les frais (et coûts d’opportunités) occasionnés par le transport.

Nous garderons simplement en tête que la possibilité qu’offre le transport aérien en matière de diminution des coûts d’opportunité **représente une chance qui peut être saisie** – ou non – pour améliorer son bien-être et sa santé et surtout qu’il est un plus évident en matière de maintien et de renforcement du lien social entre des individus vivant éloignés. Creuser plus avant ce potentiel nous pousserait à mettre en lumière (tout autant qu’interroger) les bénéfices de la mondialisation (à l’édification de laquelle le transport aérien apporte une pierre de taille), or ceci dépasserait largement le cadre de ce travail.

En résumé : si l’on fait sienne l’hypothèse que les choix des individus en matière de loisirs sont rationnels et participent automatiquement à la maximisation de leur bien-être et de leur santé, **pouvoir voler (grâce au GA) est un plus pour la qualité de vie, le bien-être et donc la santé**. Nous ne nous risquons néanmoins pas plus avant dans un tel constat, ni plus arrière sur son hypothèse de départ. Pour illustration : il y a plusieurs bonnes raisons de vouloir voler de Genève à Amsterdam. Certaines de ces raisons pourront se révéler bénéfiques pour la santé. D’autres moins. Le GA participe à toutes.

3.6.2 Le potentiel économique en matière de santé

3.6.2.1 Introduction

L’objectif de ce chapitre est **d’interroger le potentiel en matière de bénéfices** sur la santé déployé par l’activité économique du GA.

Sans revenir en détail sur la **logique des déterminants de la santé**, déjà évoquée plus haut, nous rappellerons simplement ici que – aux côtés de la qualité environnementale (y c. les aspects qualité de l’air et qualité sonore analysés ci-avant), les modes de vie et habitudes culturelles, le

niveau de formation, l'intensité d'intégration sociale, l'accès aux soins et leur qualité, ainsi que les prédispositions génétiques – le potentiel économique, la richesse, l'aisance financière et donc logiquement le niveau de revenu, représentent (parallèlement aux conditions de travail elles-mêmes) un facteur explicatif d'importance centrale en matière de santé.

Pour citer l'OMS : « Dans tous les pays, quel que ce soit le niveau de revenu national, la santé et la maladie suivent un gradient social : plus la condition socio-économique est basse, moins la santé est bonne. » (OMS 2009b).

A titre d'illustration, en ce qui concerne le renoncement aux soins dans notre pays, il a été démontré que les personnes en situation de risque de pauvreté ou de privation matérielle étaient par exemple plus nombreuses à renoncer à des soins – notamment dentaires – pour des raisons financières (Petrini & Sturny 2013). Dans le canton de Genève, Wolff et al. (2011) ont également montré que près de 15 % des participants à leur étude avaient récemment renoncé à des prestations médicales pour des raisons financières – un risque identifié comme fortement lié au niveau de revenu.

On devrait donc pouvoir s'attendre à ce que **les revenus générés par l'activité aéroportuaire participent** à l'amélioration de la santé des habitants et travailleurs de la région. Dans quelle mesure, telle est la question qui va nous intéresser dans les prochains paragraphes.

3.6.2.2 Interactions et endogénéité

Avant d'explorer ce lien et d'en dresser le portrait, il faut rester attentif aux enjeux d'interaction réciproque et d'**endogénéité entre santé et économie**. En effet, comme nous le rappelle par exemple l'OFS (2014) :

- l'état de santé (physique et mental) influence aussi le niveau potentiel de travail (physique et intellectuel), et donc le revenu ;
- le statut social (tout comme l'âge et le genre) influence directement les comportements (activités physiques, type d'alimentation, comportements à risques, etc.), qui ont eux-mêmes un effet sur la santé ;
- les problèmes de santé peuvent accroître le risque de précarité sociale (diminution du lien, et donc du soutien, social).

Les chances d'être en bonne santé sont étroitement liées au statut social, tout autant que l'état de santé influence aussi le niveau potentiel d'employabilité, et donc de revenu. Une population en bonne santé et performante est un facteur important de prospérité et de développement de la société (OFS 2015). On gardera néanmoins en tête que, selon cette même source, plusieurs études montrent que **l'influence du statut social sur la santé paraît plus forte** que l'inverse.

3.6.2.3 Inégalités en santé : au cœur de la réflexion

Les inégalités de santé sont au centre des enjeux d'une EIS. Dans son dernier Rapport sur les déterminants sociaux de la santé (OMS 2009), l'OMS considère que **les inégalités sociales sont l'une des principales causes des inégalités en santé**. Ce « gradient social en santé » est déterminé par diverses médiations, dont les comportements en matière de santé et l'éducation/la formation, mais assurément aussi par le niveau de revenu et les conditions de travail.

Implications sur un groupe de population sensible : les jeunes

Dans ce même registre des inégalités en santé, on restera attentif au fait que le potentiel pour la santé apporté par le revenu d'un individu peut se déployer **au delà de l'individu concerné** : il impacte potentiellement également la qualité de vie et la santé du conjoint, et de manière déterminante sur celles des **enfants**, comme le précise le Rapport de l'OMS « *Determinants of health and well-being among young people* » (Currie et al. 2012). Puisqu'il s'agit là d'une population particulièrement sensible – et que la santé des jeunes d'aujourd'hui dessine celle des

adultes de demain – il paraît opportun de rapporter ici un bref aperçu de ce lien entre richesse et santé des jeunes (analysé à l'échelle internationale). Selon ce rapport, la richesse (ici : « *family affluence* ») de la famille :

- a. impacte positivement sur comportements et le contexte social (meilleure communication avec les parents, plus d'amis proches, meilleur soutien pour l'école, meilleure maîtrise des informations et de l'apprentissage) ;
- b. est associée à une meilleure santé auto-évaluée et une plus haute « *life satisfaction* » – mais également plus de plaintes de santé, une légère prévalence de surpoids, du sentiment d'être trop gros, et de plus fréquentes prises en charge médicales suite à des accidents (supposément liées à une plus grande activité physique principalement, voire une plus grande facilité d'accès au soins) ;
- c. découle sur une plus grande activité physique, un plus grande consommation de fruits et légumes, légèrement moins de boissons sucrées, une plus grande régularité des repas, légèrement moins de temps passé devant la télévision quotidiennement ;
- d. n'a pas d'influence nette et unidirectionnelle en matière de comportements à risque tels que la consommation d'alcool, fumée, cannabis par ex.). Les liens ressortant des études ne sont pas systématiques (voire, le cas échéant, peuvent laisser paraître une très légère tendance évoluant négativement avec le niveau de richesse familiale). (Currie et al. 2012)

De toute évidence, le manque de moyens économiques peut restreindre les possibilités d'adopter des comportements sains tels que manger suffisamment de fruits et légumes, participer à des programmes d'activité physique payants, ou avoir accès à l'entier de l'éventail disponible des ressources de soins.

De manière générale, on retiendra que le niveau de richesse de la famille est un **prédicteur important de la santé des jeunes**. Et surtout : que ces enjeux sont majeurs, non seulement parce qu'ils touchent une population particulièrement sensible à cet âge aux impacts sur la santé, mais aussi parce qu'il participent de manière marquée au développement des inégalités en santé chez les adultes – et à la reproduction de ces inégalités entre générations (id.).

3.6.2.4 Revenu et/ou formation

L'analyse des dernières données de l'*Enquête suisse sur la Santé* et du Programme SILC (*Statistics on Income and Living Conditions*, menée au niveau européen) par l'OFS et l'OBSAN, permettent de prendre la mesure de ces liens, de manière détaillée entre la santé et **le niveau de revenu**, mais aussi **le niveau de formation**. A titre d'exemple, nous rapportons ci-dessous deux illustrations de ces liens, réalisés sur la base des données de l'Enquête suisse sur la santé 2012.

Fig. 6: Part de la population (CH) relatant un (très bon) état de santé auto-évalué, en fonction de la formation et du revenu, chiffres 2012 – OFS ESS / OBSAN 2015

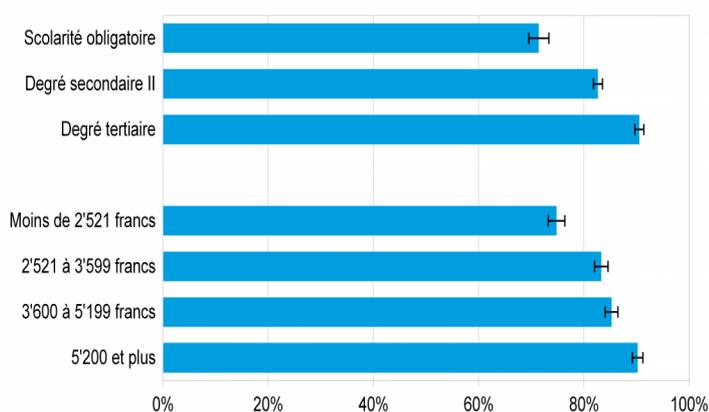
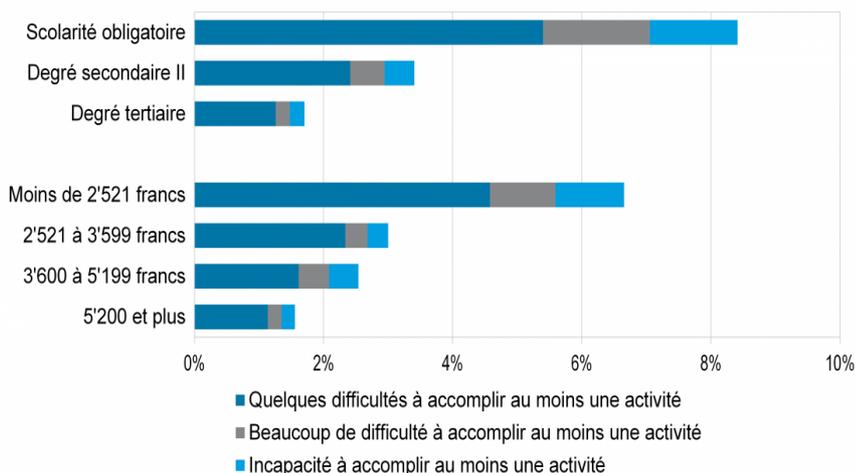


Fig. 7 : Part de la population (CH) de plus de 65 ans se disant limité-e dans les activités quotidiennes, en fonction de la formation et du revenu, chiffres 2012 – OBSAN 2015



Dans un récent bulletin de l'OBSAN (2016/2) analysant spécifiquement les comportements à risques en matière de santé, le niveau de formation semble exercer une influence légèrement plus grande que le revenu sur l'inégalité au niveau de **l'attention portée à l'alimentation**. Mais en matière **d'activité physique régulière** c'est d'abord le revenu, puis la formation, qui semblent déterminer (positivement) les différences les plus marquées. Et les auteurs montrent également une réduction de l'inégalité en matière de **consommation de tabac**, au bénéfice (sanitaire) des revenus les plus élevés (qui, jusqu'à présent, fumaient plus).

Le rapport de l'OBSAN sur la Santé à Genève 2015 avance quant à lui que « le niveau de formation et le revenu du ménage sont traités ensemble, car le premier a une forte influence sur le second qui définit la *position sociale* ». Comme le précisent les auteurs, le niveau de formation détermine un plus haut salaire et une plus grande chance d'être en emploi. (OBSAN/Merçay 2015 : 16)

Pour ne citer qu'un exemple (évoqué par ces mêmes auteurs), selon Wanner et al. (2012), même à la retraite, le niveau de formation continue à avoir une importance sur l'espérance de vie : à 65 ans les personnes ayant une formation tertiaire ont environ trois ans d'espérance de vie de plus que celles qui n'ont pas achevé de formation primaire.

Dans le Canton de Genève, si l'on compte « moins de fumeuses et de fumeurs parmi les personnes bénéficiant d'une formation de niveau tertiaire », **aucune différence significative ne peut être mise en évidence selon le niveau de revenu en ce qui concerne la consommation de tabac**. La catégorie socioprofessionnelle est évoquée ici comme un facteur plus pertinent. (OBSAN/Merçay 2015 : 72)

Le dernier Rapport Statistique Social 2015 (OFS 2015) **rapporte un gradient social selon le niveau de formation, tout autant que selon le niveau de richesse**, en ce qui concerne les déclarations des interviewés sur les problèmes de santé physique, la qualité du sommeil, la détresse psychologique, le sentiment de maîtrise de la vie, la qualité du sommeil et le lien social.

Par contre, en ce qui concerne **l'obésité**, si le lien est marqué pour les femmes tant en fonction de la formation que du revenu, il ne ressort en ce qui concerne les hommes qu'en fonction de la formation (et moins nettement que pour les femmes). **Le revenu n'influence donc pas le risque d'être obèse chez les hommes**. Pour rappel, le surpoids et le manque de mouvement favorisent notamment l'apparition du diabète ou d'affections de l'appareil locomoteur (OFS 2015).

Au niveau comportemental : en matière d'activité physique (pas de données concernant les revenus), d'alimentation saine (*lien moins net chez les hommes*), de fumée ou de recours aux soins, la tendance montre aussi un lien entre bonne santé et formation et revenu ; en matière d'exposition à la fumée passive, on retiendra une *plus forte influence via la formation que via le revenu* chez les femmes.

De manière générale, et sur la base de l'ensemble de ses analyses, le Rapport Statistique Social (OFS 2015 – données 2012) conclut qu'en Suisse « les chances et les risques en matière de santé

sont inégalement repartis en fonction du statut social » et qu'à cet égard « **l'influence de la formation est invariablement plus prononcée que celle du revenu** ». Ces propos confirment les résultats de la précédente Enquête Suisse sur la santé (portant sur les données 2007) qui avançaient qu'en matière d'état de santé, de ressources personnelles et sociales, et de comportements et facteurs de risque, on pouvait relever un gradient social plus ou moins marqué lié au niveau de formation, avec une influence du revenu en revanche moins forte et moins consistante. (site de l'OFS > Thème 14 > Santé selon la formation et le revenu⁶).

3.6.2.5 Conclusion

En résumé, en matière de déterminant social de la santé dans le contexte helvétique, les liens entre revenu et santé, bien que complexes – et, dans de rares cas, contradictoires – se révèlent patents. Reste que d'autres aspects tels que le lien social et le contact avec les pairs, l'accès aux informations (via l'école ou les médias) peuvent avoir tendance à pouvoir lisser cette influence matérielle. L'éducation, le niveau de scolarisation et de formation ont tendance à être considérés comme de meilleurs prédicteurs encore de la santé que le revenu ou la richesse.

3.6.3 Le potentiel sanitaire de l'activité aéroportuaire à travers le prisme des bienfaits économiques

Puisqu'il a été démontré que le niveau de richesse influe positivement le statut de santé dans le contexte helvétique, la question qui se pose à ce stade est de savoir dans quelle mesure le fonctionnement de l'aéroport permet une augmentation des revenus dans la région. L'objectif défini par le groupe de travail a été d'explorer, dans travers la littérature scientifique, le potentiel des aéroports en tant que générateurs de croissance économique régionale (emploi et revenu).

3.6.3.1 Introduction

Selon DELFT (2013), une plus grande connectivité aéroportuaire mène théoriquement à une globalisation du marché, ouvrant le marché domestique aux concurrents étrangers. L'entrée des firmes étrangères sur le marché augmente de facto la concurrence, poussant les entreprises locales à adopter les « meilleures pratiques » (internationales) en matière de production et de management, et encourageant ainsi **l'innovation, l'efficacité et la productivité**. L'accès aux marchés internationaux permet une croissance de la spécialisation et une plus grande disponibilité des nouvelles technologies. Selon OEF (2006), les services aériens permettent d'accroître la compétitivité d'à peu près toutes les potentielles opérations des entreprises : notamment la vente, la logistique, la gestion des stocks, la production et le service à la clientèle. Ils permettent également des économies d'échelle : un rapport de ATAG (2005) évoque qu'une entreprise sur quatre annonce tirer profit du transport aérien pour **réaliser des économies d'échelle**.

Selon Green (2007), analysant l'évolution dans 83 métropoles américaines entre 1990 et 2000, les agglomérations possédant des **plateformes aéroportuaires de correspondance** (« hub ») sont effectivement celles qui connaissent les croissances de la population et des emplois les plus élevées (entre 8.4 et 13.2 % de croissance en plus en ce qui concerne l'emploi). De manière générale, l'auteur affirme que le nombre d'embarquements par habitant est un bon prédicteur de croissance de la population et des emplois dans les agglomérations. (Green 2007 ; mais aussi Percoco 2010 ; Sellner & Nagl 2010 ; May & Hill 2006 ; Brueckner 2003 ; Irwin & Kasarda 1999).

Hakfoort et al. (2001) ont montré, dans le cadre d'une étude portant sur l'aéroport d'Amsterdam entre 1987 et 1994, **qu'un emploi aéroportuaire implique 1 emploi indirect/induit dans les services liés**.

⁶ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/14/02/02/dos/04.html>

Comme nous le verrons plus tard lorsque nous aborderons la question de l'**élasticité** (voir le paragraphe suivant pour une définition) « *emplois aeroportuaires* → *emplois à l'échelle régionale* » spécifique au GA proposés par (Conde/CREA-Unil 2014), cet effet d'entraînement « *emplois aeroportuaires* → *emplois à l'échelle régionale* » ne doit pas être confondu avec les rapports d'élasticités calculés pour la croissance des aéroports mettant en avant le lien entre croissance du *nombre de passagers*, de *mouvements* ou de *destinations* avec le nombre d'emplois au niveau régional, les emplois dans un secteur particulier (services notamment), le niveau du revenu moyen régional ou le PIB régional. Ces élasticités oscillent non pas autour d'un rapport 1:1, mais – comme nous allons le voir maintenant, plutôt entre 1:0.1 et 1:0.01, dans toute la littérature scientifique observée.

Sellner & Nagl (2010) évoquent une **élasticité de 0.014** sur le PNB autrichien. L'élasticité (économique) mesure l'effet que la variation qu'une grandeur peut déployer sur celle d'une autre grandeur. Dans ce cas précis de 0.014, une croissance de 10 % d'augmentation du trafic impliquerait une augmentation de 0.14 % du PNB national.

Selon IATA (2006), une augmentation de la **connectivité** (incluant l'éventail des destinations et la fréquence des relations possibles) des aéroports de 10 % est liée à une augmentation de 1.2% des PNBs nationaux. On y lit donc une **élasticité de 0.12**. Selon IATA (2007), cette élasticité est de **0.07**. Selon EEC (2005), elle serait de **0.19**, et selon OEF (2006) de **0.6** – sur les PNBs nationaux, donc.

Pour Tittle et al. (2010), **une relation existerait entre le nombre de pistes et le produit métropolitain brut (réel)** – pour 33 aéroports américains entre 2001 et 2007. Ici l'analyse a montré combien les contraintes de capacité peuvent induire des retard de vols et que le temps perdu dans les attentes peut représenter jusqu'à 2.9 % du produit métropolitain brut (« gross metropolitan product », par analogie au GDP/PNB).

Alors que pour Green (2007), le **volume des marchandises** n'est pas un bon prédicteur de croissance économique à l'échelle régionale, Button and Yuan (2013), se basant sur les tendances de 35 aéroports dans 32 métropoles américaines (1990-2009) soutiennent le contraire – en relevant même un lien de *causalité* plaçant le **fret aérien en tant que « driver »** de développement économique.

Une analyse des **coûts et bénéfices sociaux**, incluant bénéfices économiques directs, indirects et induits, réalisée par Lu Ch. (2011) au Taiwan Taoyuan International Airport, a conclu que les €98 millions de coûts environnementaux et sociaux (air et bruit) évalués sont nettement inférieurs aux €913 millions de **bénéfices économiques directs, indirects et induits** (en 2008).

Selon DELFT (2013) néanmoins, il faut rester attentif au fait que *les coûts* sont toujours plus difficiles à révéler et estimer que les *bénéfices* (de par leur traçabilité). De plus, comme il sera évoqué plus bas, le calcul des coûts induits reste un exercice délicat, sujet à débat dans la littérature scientifique.

3.6.3.2 Un bénéfice pour certains secteurs spécifiquement

Se penchant sur le cas de plus de 90 métropoles américaines (chiffres 1996), Brueckner (2003) a défendu l'importance d'un service aérien de bonne qualité en tant que facteur de développement économique urbain : un service fréquent pour des destinations variées faciliterait les contacts « face-to-face », attirerait les nouvelles firmes, et stimulerait l'emploi dans la zone métropolitaine. Son analyse suggère que 10 % d'augmentation du trafic peut être corrélé à 1 % d'**augmentation d'emplois dans les entreprises de services** à l'échelle de l'agglomération (Brueckner 2003). On parlera ici d'une **élasticité de 0.1**. Ce lien n'avait pas pu être mise en avant par le même auteur dans une étude antérieure (Brueckner 1985), mais une étude de Button et al. (1999) avait déjà mis en avant la corrélation entre la taille de l'aéroport et les emplois **dans le domaine des hautes technologies** – en ce qui concerne 300 aires métropolitaines américaines. Nyfer (2000), évoquant un panel de 175 aéroports européens (1992-1997) avait estimé cette élasticité à **0.18 dans le secteur des services**, et indiqué une potentielle **causalité**.

L'analyse de Percoco (2010) a avancé que **l'élasticité en Italie est de 0.045 dans le secteur des services** (pour 35 aéroports italiens en 2002). Plus précisément, une augmentation du nombre de

passagers de 10 % augmenterait l'emploi dans ce secteur de 0.45 % dans la province, et de 0.2 % dans les provinces voisines, en raison des externalités spatiales (par *spillover*).

Bel & Fageda (2008), de même qu'Appold & Kasarda (2013), ont relevé la capacité des aéroports à attirer **sièges d'entreprises** et emplois dans les **domaines des services** tels que la **finance**, la **promotion immobilière** et du **consulting** spécifiquement. A ce propos, puisque faisant partie du **secteur des services**, il est intéressant de rappeler ici que Button & Taylor (2000) rapportaient des vols 1.6 fois plus fréquents dans les secteurs de la « **nouvelle économie** » (nouvelles technologies de l'information et de la communication notamment).

Selon Sheard (2014), la taille des aéroports (sur l'ensemble du territoire des Etats Unis) déploie un effet positif **sur les emplois du secteur des services spécialisé dans le domaine du commerce international spécifiquement** (élasticité de 0.22). Un effet relatif peut être décelé dans le domaine du commerce de détail également, mais aucun autre effet mesurable n'a pu être mis en avant sur tous les autres secteurs, notamment la production manufacturière locale ou le secteur du commerce et des services non-destinés au commerce international. La taille de l'aéroport reste sans grands effets sur le niveau d'emploi local en général – suggérant que les aéroports mènent à une **spécialisation** dans le domaine des « *tradable services* », et pas forcément à une croissance économique générale au niveau macro-régional (Sheard 2014).

3.6.3.3 Un bénéfice dans certaines situations spécifiques

Selon Button & Taylor (2000) – partant de l'hypothèse que les nouvelles destinations sont systématiquement suivies du nombre équivalent de passagers – ont avancé que le nombre d'emploi impliqué par le rajout d'une destination peut-être effectivement **très élevé au départ, mais diminue ensuite**. Par exemple : pour un aéroport, passer de 2 à 3 destinations augmente le nombre d'emplois de près de 2'500 en moyenne (étude portant sur 41 aéroports américains en 1996, avec les nouvelles destinations européennes), mais rajouter une destination lorsque 20 sont déjà en service (passer donc de 20 à 21) induirait 450 emploi.

Neal (2011 – 128 métropoles américaines, 1993-2008) montre que **la centralité dans le réseau** peut être mise en lien avec une croissance en termes d'emplois – en l'occurrence le **nombre de destination** qui peuvent être atteintes directement (et non la fréquence).

Rappelons que selon Brueckner (2003), Percoro (2010) et Appold & Kasarda (2013), bien que ténue, l'effet de la connectivité est jugé positif, néanmoins **seulement dans le secteur des services, et non dans le secteur manufacturier ou lié aux marchandises en général**.

Selon Mukkala and Tervo (2013), concernant l'Europe (86 régions analysées dans 13 pays européens), que le lien de causalité est marqué dans le sens *croissance économique régionale* → *croissance aéroportuaire*, et qu'à l'inverse, le lien *aéroport* → *croissance économique* peut être relevé **surtout dans les régions périphériques** – dans lesquelles l'implantation des infrastructures de transport et l'accessibilité peut servir de catalyseur pour l'investissement local et le développement économique – mais **moins dans les zones cœur**. Selon les auteurs, à l'image de Londres, les économies d'échelles ou d'agglomération ont déjà été exploitées et dans ce cas c'est plutôt le développement économique qui pousse à améliorer toujours plus le système de transport aérien. Le développement de ces zones centrales serait mu par de nombreuses forces et leur succès n'est pas inévitablement dépendant de l'impact et de l'intensité de la connectivité des aéroports.

L'étude d'Allroggen & Malina (2014) portant sur les aéroports allemands en fonction de leur taille, a relevé une **très grande diversité de retour sur investissement selon les aéroports** – suggérant de se pencher en fait, plutôt que sur la détermination par la taille, sur l'importance des « coûts d'opportunité du capital » relatifs au fonctionnement des entreprises aéroportuaires.

Pour Tittle et al. (2012), en ce qui concerne la plupart des grands aéroports américains, actuellement, l'ajout d'une piste pourrait même être de nature à **diminuer la productivité de l'aéroport plutôt que de l'augmenter**. La tendance à la perte de productivité des aéroports eux-mêmes a d'ailleurs été relevée tant en ce qui concerne le Japon que le Royaume Uni. (Carlos Pestana Barros et al. 2010 et 2009).

3.6.3.4 Un calcul des bénéfices délicat

Une modélisation de croissance réalisée par Oxford Economics (2012) a estimé qu'en cas de limitation de l'expansion de l'aéroport de Heathrow, il faudrait compter en 2030 avec **une perte de potentiel économique** de 8.5 milliards £ par an pour le Royaume Uni. Mais ce chiffre a été **remis en question** par DELFT (2013) qui a relevé la forte présence de double comptage, ainsi qu'une fausse analyse de l'effet des taxes censées bénéficier à l'économie nationale (alors qu'elles ne sont qu'un transfert dans tous les cas où les compagnies taxées sont indigènes), et l'intégration de la valeur ajoutée accumulée par les compagnies étrangères au sein du PNB du Royaume Uni.

Les auteurs reprochent également à cette étude (notamment) de ne tenir compte ni des effets possibles (en tant que potentiel alternatif) des autres modes de déplacement, ni de la potentielle hausse d'utilisation d'autres lignes aériennes ou de l'augmentation du remplissage des avions, ni – surtout – du fait que la connectivité a toujours des **implications dans les deux sens** : une croissance de la connectivité peut augmenter les **dépenses des touristes étrangers** sur sol britannique tout autant que voir les **dépenses des anglais** augmenter à l'étranger.

DELFT (2013) avancent également que la **délocalisation des marchés** (notamment de la production), qui est la conséquence de la hausse de concurrence internationale n'est que **rarement intégrée** dans les réflexions et les calculs sur les impacts économiques du transports aérien. Les auteurs ont démontré aussi que s'il y a une tendance à lier connectivité et productivité nationale, **ce sont les pays émergents qui ont le plus à gagner d'une croissance de la connectivité aéroportuaire** – les pays développés n'en profitant que de moins en moins au fur et à mesure que leur niveau de connectivité est déjà haut (DELFT 2013 sur la base d'IATA 2007). De manière générale, ils avancent que la relation est loin d'être linéaire, avec une **grande diversité de productivité pour des niveaux de connectivité équivalents**, laissant supposer que **d'autres facteurs** entrent ici en jeu de manière bien plus prépondérante.

Il y a **de toute évidence une corrélation** entre la connectivité et les échanges économiques, mais **le lien de cause à effet peut très bien être inverse dans les faits** (les échanges et la croissance impliquant une croissance de la connectivité de aéroports et de leur offre en vols afin de répondre à une demande croissante), voire même – selon DELFT (2013) – une croissance de la population peut également impliquer une croissance de échanges économiques et de la connectivité en même temps.

On parlera ici du **chicken-and-egg dilemma** évoqué notamment par Cidell (2015). **La croissance d'un aéroport peut autant être la source que la conséquence de la croissance économique**. A titre d'exemple, l'auteur rappelle que d'autres infrastructures affirmées comme productrices d'emplois aux USA, telles que les complexes sportifs (stades et centres commerciaux), s'avèrent peu importants en tant que générateurs de croissance économique.

Pour DELFT (2013), il est très difficile de statuer scientifiquement que les aéroports apportent *per se* de la croissance économique, ni savoir finalement si la croissance des régions possédant un aéroport ne se réalise pas au détriment des régions n'en possédant pas. Pour les auteurs, les potentielles croissances économique et aéroportuaire sont parallèles, sans pour autant être forcément induite, que ça soit dans un sens ou un autre. Elles peuvent très bien **se renforcer l'une et l'autre, voire même être mues toutes deux simultanément par d'autres facteurs exogènes** complexes à identifier. Et les auteurs de rappeler, à titre d'exemple, qu'il y a chez les enfants une grande corrélation entre la taille des chaussures et les compétences en lecture...

Selon Van de Vijver et al. (2016), analysant la relation entre le transport aérien (de passagers) et le développement régional dans les différentes régions urbaines de l'Union Européenne, concluent que **les liens de causalité se produisent dans les deux sens**, et de manière différente pour chaque région. Selon les auteurs, ceci indiquerait que le transport aérien est **nécessaire, mais insuffisant**, pour générer le développement régional. Les relations particulièrement marquées dans le secteur des services confirment quant à elles la sensibilité de l'industrie des services au transport de passagers aérien.

Pour Appold & Kasarda (2011), il semble plus facile de **capturer que de générer la croissance** au niveau régional et il n'y a pas forcément de lien de causalité entre le **volume de trafic** lui-même et

le développement de l'emploi. Selon les auteurs, les coûts (contrairement à l'industrie de l'immatériel par ex.) sont clairement *proportionnels au trafic*, donc les économies d'échelles en la matière difficiles à réaliser. Ceci explique probablement la nécessité pour les aéroports de capturer les bénéfices des revenus non-aéronautiques, comme le rappellent les auteurs. Pour rappel, ces gains non aéronautiques représentent une part importante et croissante des revenus des aéroports, avoisinant les 50 % en moyenne, comme c'est le cas pour le GA en particulier (44.8 % ; RDA GA 2015).

Pour May & Hill (2006), l'augmentation du trafic aérien peut être **non la source mais la conséquence** d'une augmentation du nombre d'emplois régionaux (également : Neal 2012 ; Mukkala & Tervo 2013)

Bilotkach (2015), dans une analyse réalisée en intégrant tous les aéroports principaux des USA et sur 17 ans, soulève que, **bien plus que le volume des passagers, c'est le nombre de destinations possibles** qui impacte positivement l'économie régionale. Ajouter une destination crée plus d'emploi qu'augmenter la fréquence ou le nombre de passagers (Bilotkach 2015). Plus précisément :

- **N° passagers** : les effets sur les emplois et revenus sont légers, et absents en ce qui concerne le nombre d'établissement. L'élasticité sur les emplois totaux, jugée faible, est de **0.006 à 0.009**.
- **N° de vols** : les effets sur les emplois et le nombre d'établissements sont inexistantes et l'élasticité sur le niveau des revenus moyen régional est relative (**0.01**).
- **Nouvelles destinations** (avec volume de passagers constant) : une croissance de +10 % des destinations est liée à une croissance des emplois régionaux de + 0.13 % (élasticité de **0.013**) ; à une croissance de + 0.2 % du revenu moyen régional, (**0.02**) et à une croissance de + 0.1 % des entreprises (**0.01**), qui correspond 15 créations d'entreprises en médiane sur l'ensemble des agglomération étudiées.

L'auteur invite à relativiser l'adage « airport = *engine of economic development* ». Selon son analyse, il est en effet exagéré de postuler que les aéroports sont les moteurs du développement économique régional, car l'effet d'entraînement reste faible. Pour l'auteur, les liens, **lorsqu'ils existent statistiquement, sont pour ainsi dire insignifiants économiquement parlants**. Une augmentation d'un seul pourcent du revenu moyen régional, pour prendre l'exemple avec l'élasticité la plus forte (donc efficace) de toutes les combinaisons analysées, nécessiterait en effet une augmentation de pas moins de 75 nouvelles destinations directes en ce qui concerne l'aéroport de Genève, par analogie aux chiffres de Bilotkach (2015). Pour atteindre cette même croissance d'1% des revenus régionaux, le nombre de vols devrait être multiplié par 100 %, soit donc, tout simplement, doubler.

Ces nuances apportées rejoignent donc celles de Button & Taylor (2000), évoquées ci-avant, qui concluaient que les effets économiques se révèlent surtout importants lors des débuts de croissance des aéroports plutôt que lorsque le nombre de destinations (et a fortiori de vols) est déjà important.

3.6.3.5 Distribution des bénéfices régionaux

Pour Cidell (2015), se basant sur l'étude des 25 principaux aéroports américains, la répartition des coûts et des bénéfices à l'échelle régionale est déséquilibrée. **L'attractivité de l'aéroport en tant que pôle d'emploi régional n'est pas vérifiée**. En moyenne, dans la répartition des emplois à l'échelle de la métropole, le plus grand centre commercial est un plus grand attracteur d'emploi que l'aéroport. Qui plus est : l'usine de traitement des eaux usées ou – même – un point pris au hasard (vis-à-vis de l'aéroport de l'autre côté du business district) semble représenter, statistiquement, de plus grand pôles d'emploi que la zone aéroport elle-même (dans les radius 4 à 16 km). Qui plus est, en ce qui concerne les professions des services spécifiquement, les centres de gravité sont rarement plus près des aéroports que des autres points évoqués ci-avant. Selon l'auteur, il semble évident que les firmes choisissent leur localisation en fonction de l'accessibilité des transports au sol plutôt qu'aérien (Cidell 2015).

Il est important de rappeler ici que les **coûts et les bénéfices** du trafic aérien apparaissent systématiquement répartis de manière inégale au sein des agglomérations elles-mêmes. Selon Green (2007) néanmoins – partant d’une balance positive en la matière – les coûts (y c. perçus), qui sont concentrés localement, **devraient pouvoir être compensés** grâce aux bénéfices économiques diffusés au sein de la société au niveau régional.

3.6.3.6 Conclusion et ouverture

Même si l’intensité des liens de cause à effet – de même parfois que leur orientation – ne sont pas toujours identifiés de manière homogène par la communauté scientifique, une tendance à voir dans l’activité aéroportuaire un potentiel pour le développement économique régional ressort clairement de la littérature.

Pour donner un **ordre de grandeur**, et en se risquant à une analogie géographique et situationnelle comportant intrinsèquement ses limites, nous retiendrons néanmoins de cette revue de la littérature que **selon les scénarios les plus optimistes**, le passage de 15.8 millions de passagers (précisément retenu ici : 15'772'271, chiffres 2016) à 25 millions de passagers en 2030 (croissance de 58.5 %) pourrait **être accompagné de, ET/OU induire**, sur 15 ans, une augmentation du PIB cantonal comprise entre +0.585 % et +5.85 % sur 15 ans (élasticité retenues ici : de 0.01 à 0.1). Soit, en moyenne centrale (+3.21 %), pour un PIB cantonal estimé à ce jour à 47.9 milliards, une **croissance annuelle de +0.21 %** (0.00211366) ; soit un peu plus de **100 millions de francs annuel**. (2016 : +101'244'304 CHF ; 2030 : +104'281'759 CHF).

Comme c’est le cas *pour tous les modes de transports*, un raccourcissement du temps nécessaire à la rencontre entre deux agents économiques permet d’envisager une réduction des coûts d’opportunités, et laisse présager le dégagement d’un *potentiel* bénéfice économique, lequel peut *potentiellement* se répercuter positivement sur la santé.

Rappelant l’existence nécessaire d’au moins deux agents économiques pour toute transaction, il faut toutefois garder à l’esprit ici qu’en matière d’échanges commerciaux, le transport aérien va permettre de faire des affaires, plutôt qu’avec – donc au bénéfice – des acteurs économiques locaux, avec – donc au bénéfice des – acteurs internationaux et globaux. En effet, on peut s’attendre à ce qu’au moins un des agents bénéficiaires soit basé sur le territoire d’origine, mais – *a priori* – pas les deux. On notera au passage qu’il se peut également tout à fait que deux agents étrangers au territoire profitent des installations de transport pour tirer des bénéfices de leur rencontre se répercutant, *in fine*, uniquement à l’étranger. Toujours est-il que si, de cette diminution des coûts d’opportunité, la compétitivité générale s’en sort théoriquement renforcée et qu’on peut en espérer une diminution du prix des produits au consommateurs – même si le lien n’est pas systématique – il va sans dire également que la concurrence se voit elle aussi renforcée, et la pression économique sur certains acteurs locaux augmentée. L’export de biens et services indigènes peut augmenter, tout autant que l’import de biens et services étrangers. Il n’est pas risqué d’en déduire que la connectivité internationale ne profite pas à tous les acteurs économiques de la même manière – les études suggèrent des bénéfices surtout dans le domaine des services, et des produits du commerce global.

3.6.4 Observations relatives aux données à disposition sur GA

Selon une méthode régulièrement appliquée par les aéroports pour faire ressortir l’ampleur de leur impact économique, Conde/CREA-Unil (2014) ont évalué – dans leur *Analyse de l’impact économique de l’aéroport de Genève sur l’économie genevoise et régionale* – les **bénéfices économiques annuels** de la manière suivante (chiffres pour 2012, emplois en équivalent plein temps) :

- **impact direct**, mesurant la création directe de richesse (essentiellement valeur ajoutée et impôts) à travers les activités de l’aéroport :

- **1'545 millions CHF, soit 3.2% du PIB genevois**
- **900 emplois liés à l'activité aéroportuaire elle-même**
- **8'990 emplois sur le site aéroportuaire en tout, soit 3.6% du total genevois**
- **impact indirect**, mesurant le surplus de valeur injectée dans l'économie genevoise à partir des dépenses de l'aéroport envers ses fournisseurs et de ses collaborateurs notamment :
 - **855 millions CHF** dans le reste de l'économie genevoise
 - **5'600 emplois** sur le canton
- **impact induit**, mesurant l'effet d'entraînement à travers les dépenses successives engendrées par les impacts direct et indirect, comme chez les fournisseurs des fournisseurs, leurs collaborateurs, etc. selon « l'effet *boule de neige* » (Conde 2014) :
 - **757 millions CHF** dans le reste de l'économie genevoise
 - **5'380 emplois** sur le canton
- **impact catalytique** : mesure l'effet des dépenses effectuées par les touristes arrivés dans la région par avion (en l'occurrence partant de l'hypothèse que tous les touristes étrangers séjournant à Genève y sont arrivés par avion...)
 - **1'750 millions CHF** dans le reste de l'économie genevoise
 - **14'240 emplois** sur le canton

Au vu des méthodes employées, et comme relevé par les auteurs eux-mêmes, les surestimations et doubles comptages ne sont pas exclus – notamment « il existe un risque, inhérent à tous les modèles d'analyse d'impacts économiques, de double comptage des emplois dans l'estimation des impacts indirects et induits » (Conde/CREA-Unil 2014). Il n'empêche que selon ces chiffres, l'effet multiplicateur proposé est le suivant : **1 emploi dans la structure aéroportuaire génère 1.2 emploi dans le canton (indirect et induit).**

Au sein de ces apports économiques via le tourisme, on relèvera l'importance du tourisme d'affaires (et notamment de congrès), pour lequel le GA joue un rôle important. Alors qu'à l'échelle nationale le tourisme d'affaires représente une nuitée sur cinq (et près de deux milliards de francs de chiffre d'affaires annuel), la part de l'industrie des réunions dépasse les 50 % dans les villes principales du pays et atteint même les **75% de retombées touristiques à Genève**⁷ – dont environ un tiers serait lié aux tourisme des congrès⁸. La moitié des nuitées proviendraient du tourisme d'affaire, lié à la forte présence de multinationales et d'organisations internationales gouvernementales et non gouvernementales⁹. Si le tourisme d'affaire rapporte apparemment peu au GA lui-même (via les taxes et redevances¹⁰), pour le canton, il compte : selon Anja Loetscher, directrice du Bureau des congrès de Genève, à eux seuls, cinq congrès phares devraient générer pas moins de 66 millions de retombées économiques sur le canton en 2016.¹¹ Le voyageur d'affaire dépense quatre fois plus qu'un touriste classique.¹² D'un point de vue de la rentabilité et également de l'efficacité d'utilisation des infrastructures il est à noter que ce tourisme-là permet de maintenir un taux d'occupation élevé en semaine – et donc des emplois d'autant plus stables.

Nous ne pourrions toutefois manquer d'observer les montants des **impacts catalytiques** (effets directs, indirects et induits des touristes sur Genève) évoqués dans l'étude CREA-Unil 2014 avec une certaine retenue, non seulement parce qu'il est effectivement peu probable que tous les

⁷ Le Temps 12.01.2016 : *Genève se réinvente un Salon du tourisme d'affaires.*

⁸ TDG 23.03.2012 : *Tourisme d'affaires – Genève Congrès face à la concurrence internationale.*

⁹ Dossiers CCIInfo 12.09.2012 : *Quelle attractivité offre aujourd'hui la « destination Genève ».*

¹⁰ Le Temps 27.04.2015 : *L'aviation d'affaires rapporte peu à Genève Aéroport.*

¹¹ Le Temps 17.06.2016 : *A eux seuls, cinq congrès phares vont générer 66 millions de retombées économiques à Genève en 2016.*

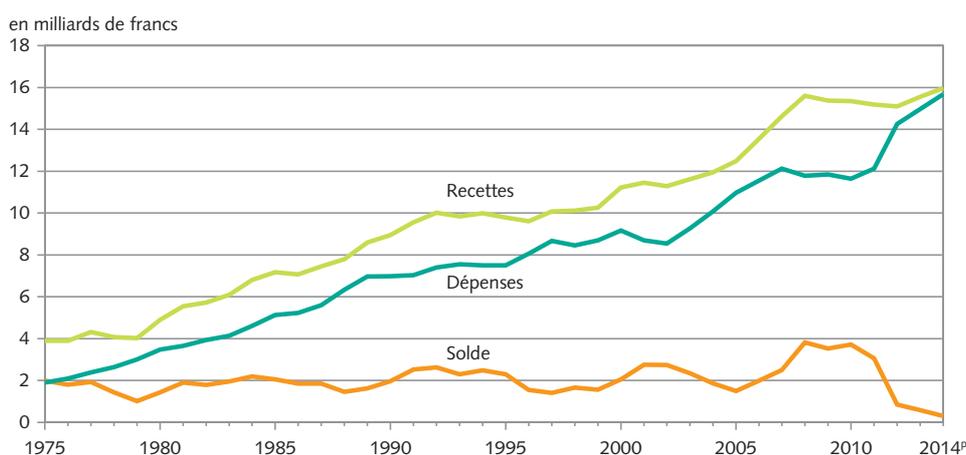
¹² Bilan 03.06.2014 : *Comment doper le tourisme en Suisse.*

touristes étrangers séjournant à Genève y soient arrivés par avion, mais aussi parce qu'il faudrait (selon DELFT 2013 notamment) les mettre en regard des dépenses des touristes genevois effectuées à l'étranger grâce à la présence du complexe aéroportuaire également .

La **balance touristique** entre les dépenses des étrangers en Suisse et celle des Suisses à l'étranger laisse penser que le gain final est probablement loin d'être d'une ampleur comparable au total des dépenses des touristes en Suisse. Si celles-ci se montent à 16 milliards en 2014, si l'on y soustrait les dépenses des Suisses à l'étranger (s'y étant rendu tous modes de transport confondus, mais avec l'avion comptant pour 2/5 – OFS 2015), le gain final est en effet de 295 millions de francs à l'échelle nationale.

Fig. 8 : Balance touristique suisse, 1975-2014

La balance touristique¹



¹ Chiffres révisés. Depuis 2003, y compris les dépenses de consommation des personnes au bénéfice d'un permis de séjour de courte durée (moins de 4 mois)
^p Chiffres provisoires

Source : OFS 2015 – www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/10/02/blank/key/02.html

Si l'on sait que lors d'un séjour touristique avec nuitée à l'étranger, le moyen de transport utilisé pour les Suisses est deux fois sur cinq (41 %) l'avion, il serait intéressant de connaître la part d'arrivée en avion pour les touristes étrangers. Si cette proportion est plus haute, alors le gain proportionnel généré par l'infrastructure aéroportuaire peut s'avérer plus important. De même, ne disposant ici que des chiffres nationaux, il serait intéressant de savoir précisément aussi, notamment :

- où l'argent des touristes étrangers arrivés par avion est effectivement dépensé (s'il est dépensé de manière prépondérante dans le Canton de Genève, alors le gain final peut se voir relever) ;
- dans quelle mesure les touristes genevois partis en avion (dépenser leur argent à l'étranger) sont surreprésentés à l'échelle nationale, grâce à la proximité géographique de l'aéroport (ce qui serait de nature à faire pencher la balance pour une diminution du gain final) ;
- dans quelle mesure le touriste étranger (voire suisse) arrivant en avion via le GA dépense plus sur le sol Genevois que ne le fait ou ferait le touriste suisse (ou étranger) y arrivant par un autre moyen de transport

Enfin, il serait intéressant également de se pencher sur les tendances actuelles. Pour ne prendre que l'exemple des touristes en provenance du Golfe (qui passent plus de temps à Genève que dans tout autre Canton et dépensent pas moins de 430 CHF par jour quand ils sont en vacances en Suisse) : « si le nombre de touristes des Emirats a doublé à Genève en dix ans, il a triplé en Suisse – en 2000, touristes des Emirats séjournaient 4,6 nuits et 54% de leurs nuitées avaient été réservées au bout du Léman, contre 32,1% en 2013 » (TDG 23.06.2014).

Plus simplement, un calcul de la balance touristique sur sol genevois basé sur les dépenses et les recettes *et* intégrant les modes de transports de départ et d'arrivée, permettraient de dresser un bilan plus objectif en matière d'impact catalytique que celui produit dans le Rapport CREA.

De même, nous suggérerons qu'il serait intéressant de faire le même exercice de calcul sur l'effet d'entraînement pour d'autres structures (ou secteurs, ou établissements) de la même taille.

Enfin, nous relèverons au passage que, eu **égard à son emprise au sol**, le nombre d'emplois totaux générés sur le site aéroportuaire est d'un ordre de grandeur comparable aux rapports connus sur l'ensemble du territoire genevois. De manière simplifiée, et à nouveau pour ordre de grandeur, on retiendra que sur le site aéroportuaire on compte 29.0 EPT/ha, contre 30.7 EPT/ha *de surface et infrastructure* sur l'ensemble du Canton – avec potentiellement 16'880 habitants en plus¹³.

Notons pour finir, que selon le Rapport de Noé21 (2016), si les bénéfices économiques sont régulièrement postulés, cités et étudiés, les **coûts sociétaux** (externalités négatives) et les impacts sur les finances publiques sont nettement moins connus. Dans le cas du GA précisément, on retiendra simplement que les auteurs évoquent notamment une **perte de régime fiscal** de l'aviation de l'ordre de 450 millions de francs par an, 350 millions pour le GA via l'exonération de l'impôt sur les huiles minérales plus une exonération partielle de la TVA estimée grossièrement à 100 millions CHF par an. Ils estiment également que les **coûts climatiques** – pour partie supportés par les finances publiques – s'élèvent à un peu plus de 200 millions de francs annuels, rappelant au passage que selon le Bilan carbone du Conseil d'Etat genevois 2015 (Maneco 2015), le trafic aérien représenterait la seconde source d'émission de GES du Canton avec 23 %, juste derrière le chauffage des bâtiments (24 %).

En matière de santé au travail et plus largement de développement durable, il faut relever enfin **l'exemplarité des projets et partenariats tissés par le GA** avec des associations dans le domaine du développement durable, tels que la collecte des denrées alimentaires invendues et encore consommables (redistributions à associations et services sociaux venant en aide aux personnes en difficulté), de même que ses efforts en matière d'amélioration continue des conditions de travail, emploi et gestion de la santé, qui ont reçu les labels suivants :

- **1+ pour tous**

décerné par le canton de Genève pour distinguer les entreprises qui s'engagent activement pour l'emploi et l'insertion.

- **Friendly Work Space**

délivré par Promotion Santé Suisse aux entreprises qui considèrent la gestion de la santé comme partie intégrante de la gestion d'entreprise.

Comme indiqué précédemment, la structure aéroportuaire emploie 8'990 personnes (EPT). Ce volet n'a pas été retenu comme une thématique à approfondir de manière détaillée dans le cadre de la présente évaluation. Nous nous limiterons donc ici à reprendre les conclusions d'une méta-analyse internationale centrée sur les **conditions de travail dans le secteur aéroportuaire** proposée par Rosskam et al. (2009), rapportant une vision de la situation depuis l'angle des syndicats de la branche et de le mettre en perspective par rapport au GA.

Ce rapport suggère qu'une tendance générale de privatisation, de libéralisation internationale, de renforcement de la concurrence, alliances et stratégies d'efficacité économique visant à une baisse des coûts et une flexibilisation des services, aurait mené à une hausse des passagers et marchandises et revenus y liés, mais également à un déclin des conditions de travail des employés du milieu (personnel au sol, équipage de vol) dans toutes les régions analysées (ici entre 2000 et 2007) — avec notamment:

plus d'heures supplémentaires, plus de contrats à court terme (moins d'un an) et d'outsourcing, plus de « *burn-outs* », plus de tentatives de mise sous pression explicites

¹³ Chiffres OCSTAT (2015 pour les habitants, 2013 pour les emplois, 2012 pour les surfaces – OCSTAT <http://www.ge.ch/statistique>) utilisés pour l'estimation : surfaces d'hab. et infrastr. 303'736 EPT / 9881.2ha, contre 9'880 EPT / 340ha) ; habitants GE 490'578).

(« *intimidation* ») par le management, une augmentation des heures de vol, un déclin général des conditions de santé et de sécurité avec péjoration des conditions notamment en terme de protection de la maternité, une augmentation des accidents, des maladies, des douleurs, des problèmes de sommeil et de l'absentéisme. A noter : une moyenne de seulement 6.5 heures de sommeil pour les équipages de vol et jusqu'à 4 heures de trajet aéroport-hôtel peut être comme temps de repos. (Roskam et al 2009).

Sans préjuger de la qualité des conditions de travail sur le GA, non exploré, et que l'on suppose bien plus positive en matière de santé que le panorama dressé par Roskam (2009), et sans développer ces aspects précisés hors du cadrage, nous noterons néanmoins qu'il pourrait être intéressant de se pencher sur les catégories d'emploi découlant directement et indirectement de l'activité aéroportuaire, sur leurs conditions de travail effective et les classes de revenus concernées, afin de distinguer plus nettement l'apport en matière de diminution des inégalités de la santé. En effet, si ces catégories ne sont pas dans les percentiles les plus hauts, alors le constat lié à l'impact positif devrait être relativisé.

Notons aussi qu'il nous paraît difficile d'assurer qu'**en cas de non-emploi** par le biais de l'aéroport, le total de ces travailleurs se retrouveraient effectivement (ou sur le moyen-long terme en cas de perte d'emploi) au chômage. Néanmoins, si tel devait être le cas, le modèle de Scott-Samuel (in : Will et al. 1994) laisserait percevoir un effet sur la santé particulièrement négatif, et des effets sur la morbidité substantiels : pour 2'000 hommes en recherche d'emploi : décès de 2 hommes et 1 épouse par an en lien avec la situation de chômage. Cable et al. (2008) ont estimé (pour le Royaume Uni) que le fait d'avoir toujours été en emploi est un facteur bénéfique pour la santé psychologique de jeunes hommes, indépendamment de l'état psychologique antérieur. Kasl & Jones (2000) évoquaient un surplus de mortalité de 20% à 30% chez les chômeurs. Domenighetti et al. (2007, in : Marquis 2009) ont montré – dans une étude portant des personnes au chômage au Tessin – que le risque de souffrir de troubles du sommeil ou de dépression est plus enlevé lorsque l'on est au chômage (six fois) ; de même que de souffrir de troubles cardiaques (cinq fois), de souffrir de douleurs musculaires (sept fois), de consommer des somnifères ou des antidouleurs (trois fois) et de consommer des calmants ou des antidépresseurs (5 fois).

3.7 Enquête téléphonique sur la santé et la qualité de vie en milieu urbain

En complément aux analyses quantitatives de type « écologique » (fondée sur la distribution statistique des maladies au sein de la population concernée) présentées ci-dessus, une enquête téléphonique a été réalisée auprès d'un échantillon représentatif de la population vivant dans les différentes zones d'exposition au bruit de GA – en l'occurrence dans le Grand Genève.

L'objectif de cette partie enquête était de rendre compte de la perception générale de la population concernant sa propre santé et d'identifier les éventuels liens entre celle-ci et le fait d'habiter dans une zone fortement ou faiblement exposée à l'activité aéroportuaire du GA.

Il s'agissait également de rendre compte plus spécifiquement des potentiels impacts sur la santé (induits par le fonctionnement de GA sur la population du Grand Genève) en incluant notamment les notions de bien-être, de qualité de vie et de qualité des liens sociaux, c'est-à-dire dans une compréhension telle que celle définie – et déjà évoquée plus haut – par l'OMS (2009).

Il faut rappeler ici que l'état de santé auto-évalué – appelé aussi état de santé « subjectif » et qui mesure l'état de santé tel que ressenti par l'individu lui-même – est considéré comme un bon facteur de prédiction pour des variables telles que la morbidité, la mortalité et le recours aux ressources du système de santé. (OBSAN 2015, cf. notamment Manor et al. 2001 et Jylhä 2009).

Rappelons également – tout particulièrement en ce qui concerne les évaluations subjectives de la qualité du sommeil – que dans les études épidémiologiques, comme évoqué plus haut, les

« troubles du sommeil auto-déclarés » représentent une des solutions de mesure les plus efficaces, parce que les mesures physiologiques (en laboratoire notamment) sont coûteuses, difficiles à réaliser sur de grands échantillons et peuvent même influencer le sommeil. (WHO EBD 2011). S'il faut garder à l'esprit, comme le soulignent ces mêmes auteurs, que les temps d'endormissement, le nombre et surtout la longueur des réveils restent parfois difficile à évaluer précisément pour les répondants, les troubles du sommeil auto-déclarés ont une validité en soi, parce que reflétant l'impact sur le sommeil tel que perçu par le sujet sur le long terme et le sentiment de fatigue.

3.7.1 Méthodologie et périmètre d'enquête

3.7.1.1 Contexte

Ce questionnaire (cf. Annexe VI du présent rapport) à touché 750 personnes adultes (18 ans et +) interviewées de manière aléatoire, par téléphone, dans le Grand Genève – du 13 au 30 octobre 2015. La méthode de présélection pour cette « pluie » d'interviews, nécessaire pour assurer un équilibre entre les différentes zones d'études définie en fonction de leur exposition aux potentiels impacts (sonores notamment) de l'aéroport est décrite ci-après (Section 3.8.1.4).

D'un point de vue méthodologique, il faut préciser tout d'abord qu'afin de nous assurer que les réponses en matière de santé auto-évaluées ne soient pas (volontairement ou involontairement) biaisées par un potentiel positionnement politique ou idéologique des répondants, l'objectif de la recherche n'a pas été communiqué ; ce questionnaire a été intitulé « Enquête sur la santé et la qualité de vie en milieu urbain ». En apparence, il ne porte pas directement sur les enjeux liés à l'activité aéroportuaire – ceci non seulement grâce aux formulations choisies (y c. introduction de facteurs confondants), mais aussi à la structuration du questionnaire. D'entente avec le partenaire MIS-TREND, il y a même été convenu que les enquêteurs eux-mêmes ne soient pas mis au courant de l'objectif de la démarche.

La communication d'introduction pour les enquêteurs a ainsi été la suivante :

« Une enquête sur la santé de la population et la qualité de vie en milieu urbain dans le Bassin lémanique, menée par le Groupe de recherche en environnement et santé (GRES) de l'Université de Genève ». Enquête sans but commercial. Avec garantie totale de l'anonymat.

3.7.1.2 Questionnaire

Plus de 30 questions ont été posées par les enquêteurs, afin d'interroger les liens potentiels entre le fait d'habiter dans une zone ± exposée au bruit des avions et les éléments suivants :

1. **Santé générale** (y c. sentiments de fatigue générale, stress, dépressions, maux de tête, troubles respiratoires ou ORL notamment, capacité de mémorisation, de concentration, médication – tout en tenant compte d'autres facteurs et déterminants comme l'activité physique, le BMI, le diabète, le cholestérol ou la fumée).
2. **Qualité du sommeil** (y c. temps d'endormissement, nombre de réveils par nuit, facilité à se rendormir, heures de réveil pour interroger une potentielle adaptation aux heures de fonctionnement de l'aéroport)
3. **Qualité du logement** (satisfaction générale, bénéfice potentiel de double vitrage et insonorisation)
4. **Qualité de l'environnement sonore autour de l'habitation** (y c. évaluation générale, dérangement la nuit et le jour, sources de bruit particulièrement dérangeantes, adaptation par fermeture des fenêtres le jour ou la nuit, perturbation des loisirs et discussions)
5. **Qualité de l'air** (y c. adaptation par fermeture des fenêtres et identification libre des sources)

6. **Qualité de vie en général** (y c. sécurité et sentiment de sécurité, lien social, offre culturelle, diversité des commerces, qualité de l'environnement direct, offre en transport – locaux, régionaux et internationaux)

Les questions « **sociodémographiques** » ont été intégrées, afin de prendre en compte les facteurs âge, genre, composition des foyers, formation, revenu et pourcentage de travail dans l'enquête. A ce propos, il faut annoncer toutefois que les réponses concernant le lieu de travail n'ont finalement pas été assez précises sur l'ensemble de l'échantillon pour permettre d'intégrer ces données dans un indicateur combinant lieu de travail et lieu d'habitation, tel que souhaité à l'origine.

La base récurrente pour l'évaluation a été une **échelle de 0 à 10** sur deux extrêmes explicités (p. ex. « Où vous situez-vous sur une échelle allant de 0 = très mauvais à 10 = excellent »). Cette méthode permet d'éviter que les catégorisations soient interprétées différemment en fonction de la maîtrise de la langue. De plus, partir de l'extrémité « 0 » plutôt que de « 1 » assure d'avoir un milieu net, à « 5 », pour les réponses neutres. Naturellement, la réponse « ne sait pas » a également systématiquement été proposée.

La formulation des questions portait systématiquement sur des considérations de **long terme**, afin de limiter l'influence des derniers événements vécus, et dans le but de refléter une tendance générale en matière de santé chez les répondants.

A noter encore, à chaque fois que l'enquêteur proposait une liste de réponses possible, celles-ci ont systématiquement été formulées dans un **ordre aléatoire**, pour éviter toute forme d'influence provenant de l'ordre des réponses ou de l'enchaînement de certains items entre eux.

3.7.1.3 Attribution SIG des répondants

Les adresses des répondants ont été attribuées par SIG en fonction de l'intensité de l'exposition supposée de leur adresse d'habitation par rapport au :

- **bruit des avions (VL légis.féd. / Lden / Lrnuite)**
- **pollution de l'air (NO2 / PM10)**
- **bruit du trafic routier nuit**

Ceci à partir des sources de données suivantes (et tel que précisé dans le tableau ci-dessous) :

- **pour les données BRUIT DES AVIONS** : sur la base des analyses réalisées par l'EMPA 2014 pour GA ;
- **pour les données POLLUTIONS DE L'AIR** : sur la bases des relevés NO2 et PM10 mis à disposition par le DETA via le projet G²AME – pour «Grand Genève Air Modèle Emissions (GE VD Rhône-Alpes)» ;
- **pour les données BRUIT DU TRAFIC ROUTIER** : sur la base des données du bruit routier la nuit mises fournies par le DETA (et ne concernant donc pas la France, ni le Canton de Vaud).

Tab. 30 : Sources des données et descriptif des indicateurs

Indicateur	Descriptif	Source
Pollution sonore AVION selon limites fédérales	Dépassement des seuils planifiés selon la législation sur la protection contre le bruit OPB (Valeurs de Planification, d'Immission et d'Alarme) en fonction de la sensibilité de la zone exposée (détente, habitation, artisanat, industrie), en Lr (cf. figure 5 ci-dessous)	EMPA 2014
Pollution sonore AVION selon Lden	Niveau de bruit équivalent pour les avions pour le jour et la nuit. Pondération de +10 dB la nuit et de +5 dB entre 19h et 23h.	EMPA 2014
Pollution sonore AVION selon Lrnuite (22h-23h)	Pollution sonore la nuit en dB entre 22h et 23h.	EMPA 2014
Pollutions de l'AIR : NO2	Concentration en oxyde d'azote en moyenne annuelle. Mesure en ug/m ³ .	G ² AME – pour «Grand Genève Air Modèle Emissions (GE VD Rhône-Alpes) 2010
Pollutions de l'AIR : PM10	Concentration en PM10 en moyenne annuelle. Mesure en ug/m ³ .	G ² AME – pour «Grand Genève Air Modèle Emissions (GE VD Rhône-Alpes)
Bruit trafic ROUTIER nocturne	Constat des valeurs moyennes du bruit perçu à l'embrasure de la fenêtre ouverte, pour la nuit. En décibel pondéré dB(A)	DETA / Service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants

Les catégorisations BRUIT DES AVIONS ont été réalisées selon les répartitions suivantes :

Pollution sonore AVION selon val. limites fédérales	Pollution sonore AVION selon val. limites fédérales	Pollution sonore AVION selon Lden	Pollution sonore AVION selon Lden	Pollution sonore AVION selon Lrnuit (22h-23h)	Pollution sonore AVION selon Lrnuit (22h-23h)
6 CATEG. – NB : 5 cat. si 1&2 ensemble) 1 : 2 [in VA DS II] 2 : 89 [in VLI DS II] 3 : 141 [in VLP DS II] 4 : 139 [in VLI DS I] 5 : 49 [in VLP DS I] 6 : 330 [hors VP DS I]	3 CATEG. A : 232 [in VLP DSII] B : 188 [in VLP DSI] C : 330 [hors VLP DSI]	5 CATEG. 1 : 124 (≥ 58) 2 : 111 [57-55] 3 : 140 [54-50] 4 : 133 [49-46] 5 : 242 (≤ 45)	3 CATEG. A : 235 (≥55) B : 273 [54-46] C : 242 (≤45)	5 CATEG. 1 : 120 (≥ 47) 2 : 117 [46-43] 3 : 121 [42-39] 4 : 115 [38-34] 5 : 277 ≤ 33	3 CATEG. A : 237 (≥43) B : 236 [42-34] C : 277 (≤33)

Les catégorisations POLLUTION DE L'AIR ont été réalisées selon les répartitions suivantes :

POLL AIR Immi_NO2	POLL AIR Immi_NO2	POLL AIR Immi_PM10	POLL AIR Immi_PM10
6 CATEG. 1 : 99 (≥ 30) 2 : 136 [29.99-27] 3 : 123 [26.99-24] 4 : 120 [23.99-20] 5 : 127 [19.99-17] 6 : 145 ≤ 16.99	3 CATEG. A : 235 (≥27) B : 243 [26.99-20] C : 272 (<20)	6 CATEG. 1 : 129 (≥ 23.3) 2 : 131 [23.29-22.8] 3 : 115 [22.79-22.2] 4 : 131 [22.19-21.6] 5 : 122 [21.59-21.00] 6 : 122 ≤ 21.00	3 CATEG. A : 260 ≥ 22.8 B : 246 [22.79-21.6] C : 244 ≤ 21.6

La catégorisation BRUIT ROUTIER (nocturne) ont été réalisées selon la répartition suivante :

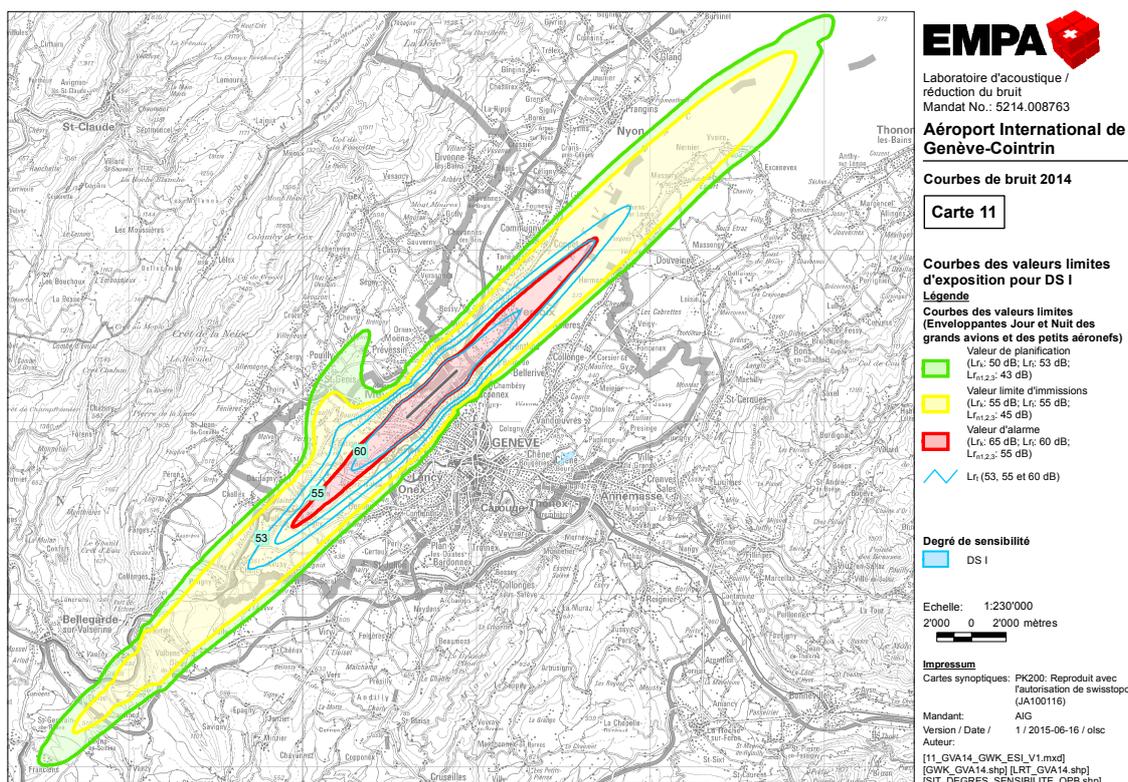
Pollution sonore BRUIT ROUTIER de NUIT
3 CATEG. A : 51 [> 55] B : 61 [> 50] C : 479 [≤ 50] D : 159 NUL (pas de données)

De la sorte, à l'exemple de la catégorisation de base retenue par le COPIL – *Pollution sonore AVION selon limites fédérales* – les répondants ont ainsi pu être attribués en 3 zones en fonction de l'intensité de l'exposition au bruit des avions, avec

- **une ZONE A** considérée comme très exposée (Lden correspondant à $\pm \geq 55$ dB, max 67 dB),
- **une ZONE B** moyennement exposée (Lden compris \pm entre 55dB et 45dB) et
- **une ZONE C « groupe témoin »** peu ou pas exposée au bruit aérien (Lden inférieur à 45dB).

De manière préliminaire, il faut garder à l'esprit qu'en fonction de ces trois groupes de 250 personnes, la marge d'incertitude générale pour les réponses par groupes est de $\pm 5,5$ % (entre ± 4 % et ± 6 % lors de sous-groupes).

Fig. 9 : Courbes de valeurs limites d'exposition, exprimées ici pour DS I en guise d'exemple (EMPA 2014)



3.7.1.4 Périmètre d'enquête ; organisation de la pluie d'interview

Il faut rappeler qu'en amont du lancement de l'enquête téléphonique, pour assurer un maillage aussi fin possible avec les ressources à disposition, nous avons travaillé avec les zones de **codes postaux** (=cellules CP), permettant d'être plus fin que l'échelle communale.

Toutes ces cellules territoriales ont ensuite été typologisées en fonction de la proportion générale d'habitants résidant en pré-zone A, B et C, à partir du pré-zonage original suivant :

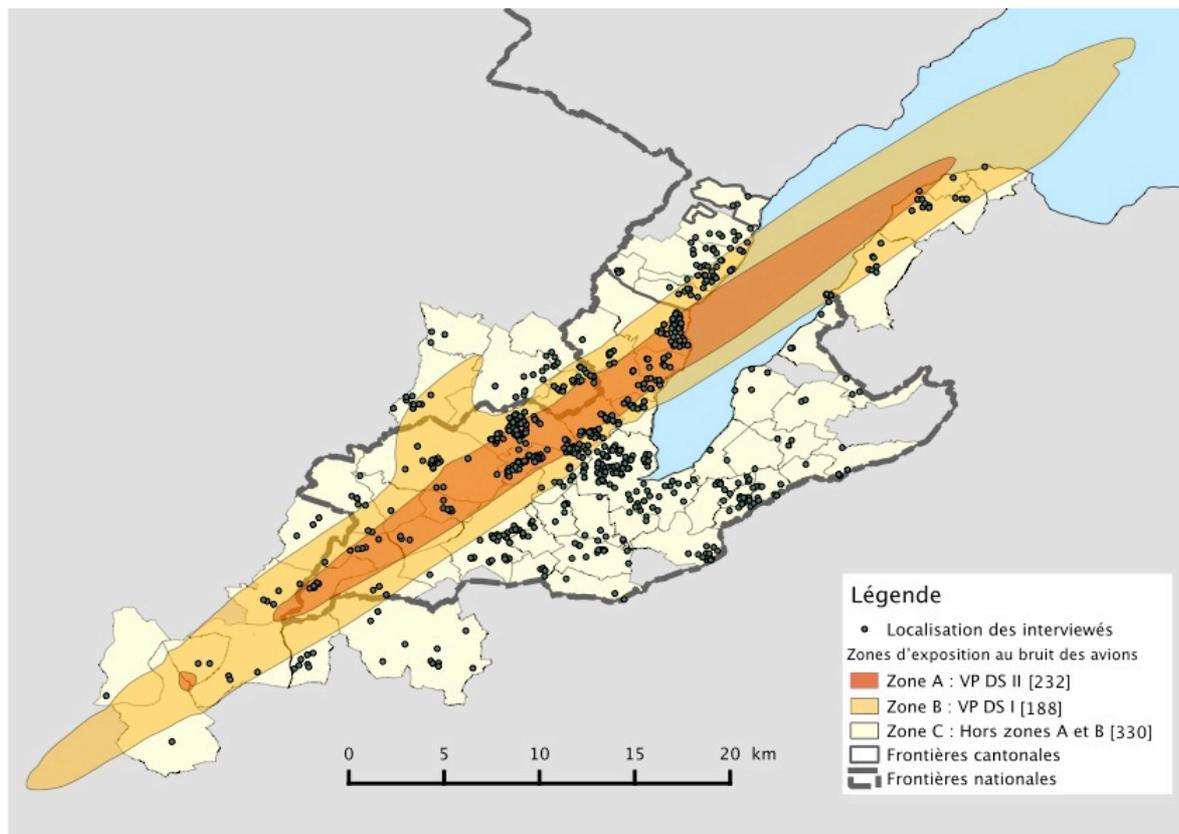
- La pré-zone A était incluse dans l'enveloppe VLI DS II / Lrt 60dB Jour et Nuit (Rapport EMPA Courbes de bruit PSIA – carte 5)
- La pré-zone B était incluse dans l'enveloppe Lrt 43 dB grands avions 1ère heure de la nuit (Rapport EMPA Courbes de bruit PSIA – carte 2), la plus large de toutes les enveloppes cartographiées dont nous disposons
- La pré-zone C est donc le territoire hors pré-zone B.

Logiquement, étant donnée que dans le cas d'une enquête téléphonique de ce type « au bon vouloir des répondants » seul le hasard détermine le choix des numéros composés, ainsi que la localisation exacte des personnes ayant décidés de répondre positivement à ces appels, le choix des pré-zones pour préparer le lancement des interviews n'allait pas pouvoir correspondre exactement aux limites fixées à ce stade initial. Voilà pourquoi ce zonage n'a finalement pas été retenu comme zonage définitif ; ce dernier, tel que précisé plus haut (et validé par le COPIL), a pu être déterminé une fois les interviews effectués, en fonction du nombre de répondants finaux effectifs par groupes. Néanmoins, il était naturellement nécessaire – sous peine de se retrouver avec une répartition des interviews totalement centrées sur les zones à fortes densités d'habitations et ne correspondant en rien avec le zonage recherché.

Pour revenir à ce nécessaire pré-zonage : une fois ces cellules territoriales en CP typologisées (X % en Zone A ; Y % en zone B ; Z % en Zone C pour chaque cellule), la population touchée (A & B) a pu

être estimée pour l'ensemble des cellules CP, et logiquement par aussi par région (Genève, Vaud, Ain, Haute-Savoie).

Fig. 10 : Périmètre de l'enquête téléphonique



Un ratio de pondération a ensuite été calculé pour chacune de ces cellules – déterminant combien d'interviews devaient y être réalisés pour s'assurer qu'en fin de compte nous aurions bien 250 interviews de répondants pris au hasard mais habitant précisément une zone A.

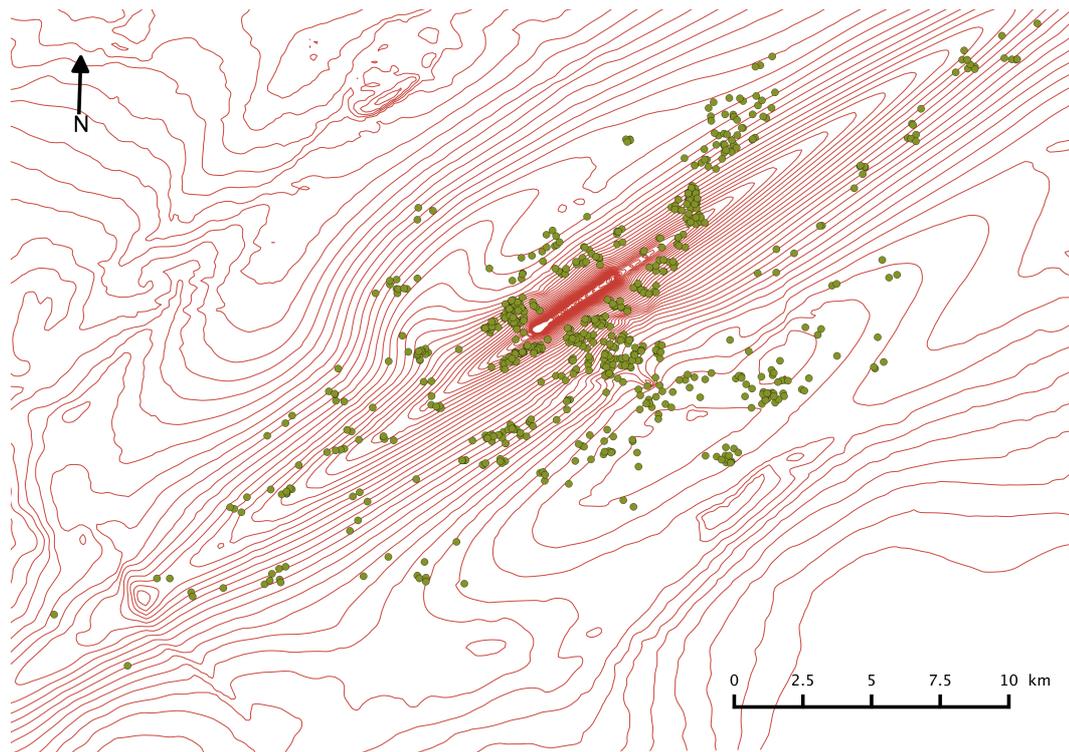
Et puisque l'on ne peut isoler les répondants de type A spécifiquement lors de nos appels dans une cellule CP choisie (quasiment systématiquement, sur chaque cellule, on peut tomber aléatoirement sur des personnes vivant en A, B ou C selon la typologie de la cellule), ces 250 interviews de répondants type A s'accompagnent naturellement d'un lot proportionnel de répondants type B et C.

A ce stade, pour s'approcher des 250 interviews en Zone B, un bloc de communes touchées en A et/ou B, mais déséquilibrées vers le B et/ou le C en nombre effectif a été pondéré (:4). Il s'agit des cellules suivantes : CP 1202, 1203, 1209, 1219, VIRY, P-MOENS, S.G.POUILLY (:4) ==> BLOC 2 et 3 dans "QUEST attribution finale".

Enfin – les pré-zones A et B ayant été définies – pour assurer une répartition territoriale large du groupe témoin (C) sur l'ensemble du solde de cellules CP de la pré-zone C, le BLOC 4 (devant accueillir les 150 interviews restant sur territoire genevois, étant donné que les répondants type C étaient déjà assez nombreux dans les cellules touchées A et/ou B sur France, et de même en ce qui concerne VD, le quota ayant déjà atteint avec les communes sélectionnées comme appartenant à la Zone B...) a été divisé en deux sous-blocs : le poids démographique des cellules 1201 ; 1205 ; 1206 ; 1207 ; 1212 ; 1213 ; 1227 a été divisé par trois (BLOC 4.1) – le reste du BLOC 4 se voyant rehaussé du nombre d'entretiens ainsi libérés (BLOC 4.2). Nous respectons ainsi, in fine, la répartition générale d'interviews attendus en proportion des personnes a priori touchée (A&B) par région du Grand Genève – à savoir GE, VD et France voisine.

Encore une fois il s'agissait là d'une pondération pour localiser au mieux la pluie d'interviews, et non d'une pondération des résultats des interviews eux-mêmes.

Fig. 11 : Répartition de la pluie d'interviews, attribuée sur la base Lden (EMPA 2014)



3.7.2 Analyse des résultats

3.7.2.1 Solidité de l'échantillon

En ce qui concerne la solidité des variables sociodémographiques, il faut relever tout d'abord la bonne homogénéité des groupes (ZONE A, ZONE B, ZONE C) et donc la solidité de l'échantillon selon les profils :

- *Nationalité*
- *Composition des foyers*
- *Catégorie de revenus*
- *Taux d'occupation et % de travail à la maison*

Comme présentés dans les figures et tableaux, seuls les profils *Age* et *Sexe* ont nécessité un léger réajustement par pondération pour assurer la comparabilité de l'ensemble de l'échantillon ; après vérification statistique, nous obtenons ainsi trois groupes ABC équilibrés entre eux sur tous les points sociodémographiques.

Fig. 12 : Répartition sur profil sociodémographique : composition des foyers

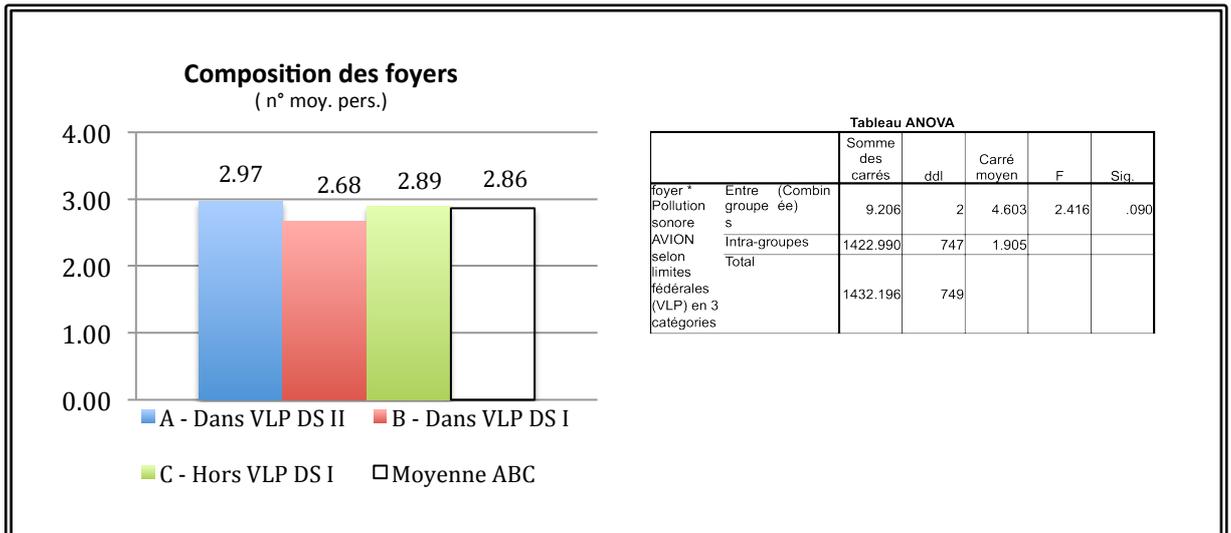


Fig. 13 : Répartition sur profil sociodémographique : revenus

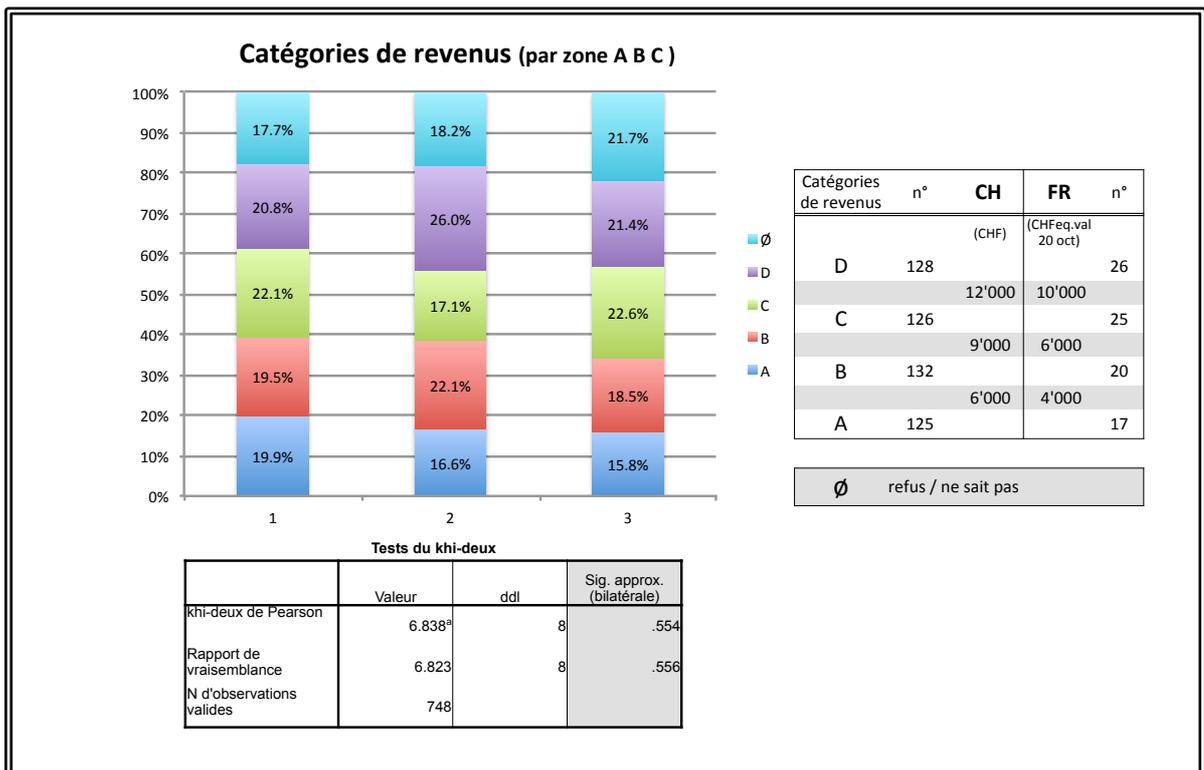


Fig. 14 : Répartition sur profil sociodémographique : âge (réajusté)

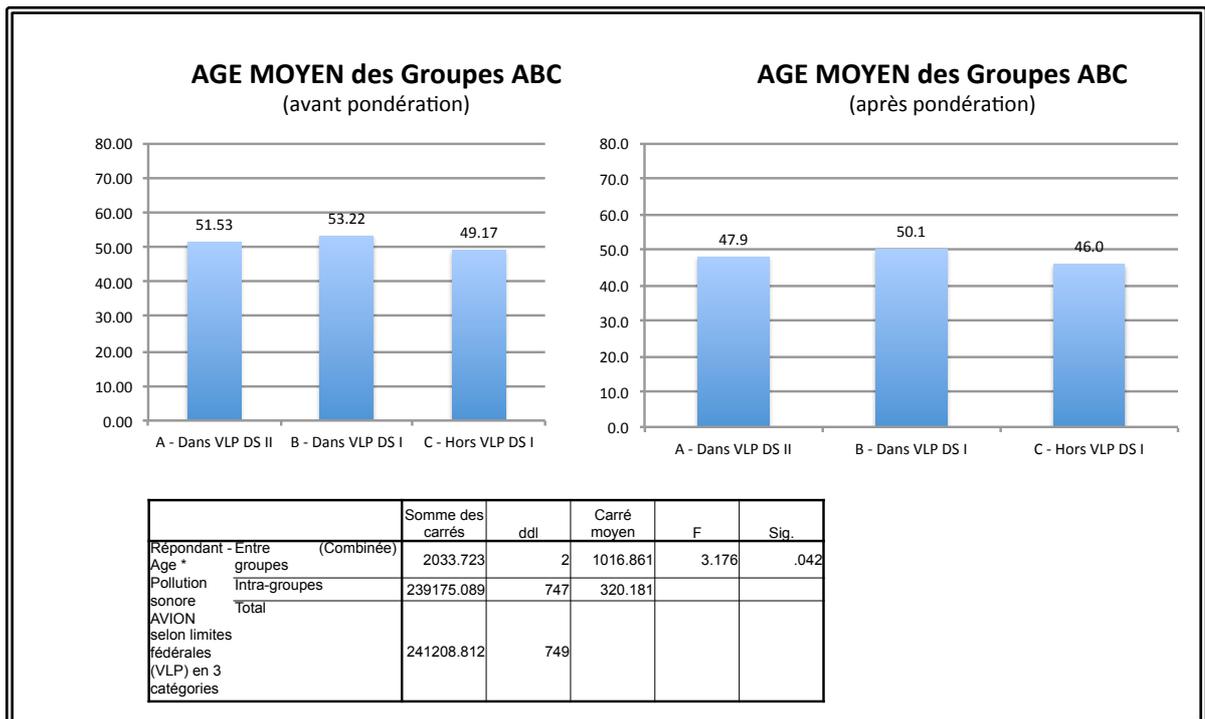
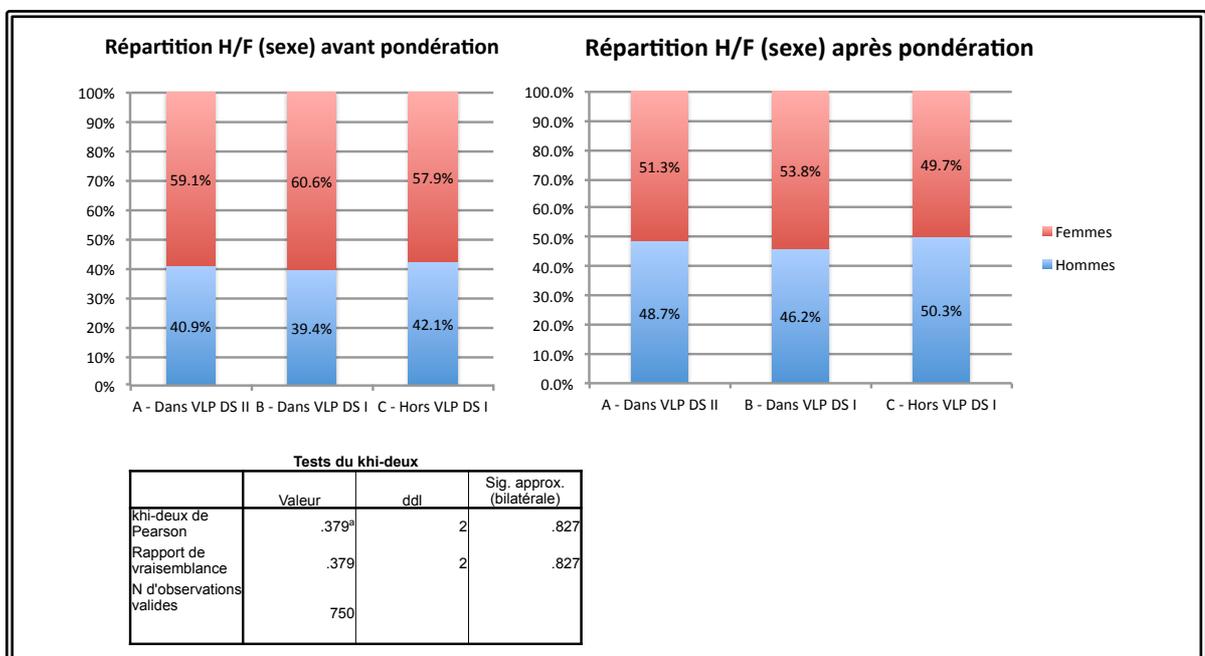


Fig. 15 : Répartition sur profil sociodémographique : sexe (réajusté)



Enfin, pour s'assurer de la robustesse des résultats d'analyse eux-mêmes, les analyses test chi-carré pour les relations entre variables catégorielles et les analyses de variance (avec test de F) pour les variables continues ont été systématiquement appliquées avec un seuil de significativité de $p < 0.05$ (tel qu'explicité ci-dessous)

3.7.3 Résultats

Sur la base de ces analyses statistiques, les conclusions suivantes ont pu être dressées.

L'étude n'a pas identifié de lien significatif entre le fait d'habiter une zone à plus forte exposition sonore causée par le bruit de avions et les déclarations subjectives (auto-évaluées) concernant :

- ✗ le **niveau de santé**
- ✗ la prise de **médicaments**
- ✗ le nombre de **jours de maladie**
- ✗ les **compétences cognitives** (*mémoire et concentration*)
- ✗ la **qualité du sommeil et le sentiment de fatigue**
(*y c. : n° de réveils la nuit / facilité à s'endormir / se rendormir*)
- ✗ la **qualité de vie en général**
(*y c. notamment, la possibilité de voyages internationaux, de même que la satisfaction au logement*)

Si, comme le suggèrent les tableaux suivants¹⁴ (en particulier en ce qui concerne la médication générale), des tendances semblent se dessiner au profit de la ZONE C notamment, elles ne sont pas pour autant « significatives » au sens strict (statistique) du terme. C'est à dire qu'il ne peut être exclu qu'il existe une probabilité de 5 % au moins que la relation entre les variables trouvées dans l'échantillon soit due au hasard, et qu'ainsi les résultats ne soient donc pas représentatifs de la population (selon la marge d'erreur d'usage de $p < 0.05$).

Tab. 31 : Q5 et suivantes – Evaluation de sa propre santé

	Q 5	Q 6										MOY.
	Comment évaluez-vous votre propre santé ?	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Etre fatigué	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Etre stressé	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Etre déprimé	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Etre irritable	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Avoir le rhume	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Avoir la toux	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Avoir des maux de tête	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Avoir des crises d'asthme	A quelle fréquence êtes-vous dans cet état : Avoir des douleurs articulaires		
Pollution sonore AVION selon limites fédérales en 3 catégories												
ZONE A	Moyenne	7.79	5.29	4.21	2.35	3.48	2.62	2.47	2.48	.42	3.63	2.99
Dans VLP DS II	Ecart type	1.897	2.561	2.775	2.623	2.449	2.336	2.480	2.682	1.533	3.124	
ZONE B	Moyenne	7.90	5.03	4.40	2.22	3.49	2.82	2.26	2.54	.53	3.51	2.98
Dans VLP DS I	Ecart type	2.020	2.549	2.750	2.510	2.446	2.292	2.359	2.674	1.614	3.004	
ZONE C	Moyenne	7.94	5.17	4.52	2.03	3.47	2.70	2.11	2.42	.44	3.48	2.93
Hors VLP DS I	Ecart type	1.850	2.507	2.788	2.236	2.371	2.353	2.205	2.595	1.575	3.094	
Moy. 3 ZONES	Moyenne	7.88	5.17	4.40	2.17	3.48	2.71	2.26	2.47	.45	3.53	
	Ecart type	1.906	2.532	2.774	2.428	2.410	2.331	2.332	2.639	1.570	3.078	
	Sig.	.622	.587	.411	.277	.996	.705	.194	.884	.768	.847	

¹⁴ Avec des valeurs en vert considérées comme l'expression d'une meilleure santé, à l'inverse des valeurs en rouge orangé.

Tab. 32 : Q7 et suivantes – Médicamentation

	Q 7	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : contre les troubles du sommeil (sommifères)	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : régulant la pression/ tension artérielle	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : autres médicaments pour le cœur (p.ex. insuffisance cardiaque)	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : contre les maux de tête	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : pour des problèmes respiratoires (poumons/ bronches)	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : liés au cholestérol	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : liés au diabète	A quelle fréquence prenez-vous des médicaments : contre la dépression (anti-dépresseurs)	TOT
Pollution sonore AVION selon limites fédérales en 3 catégories										
ZONE A	Moyenne	.77	1.78	.75	1.88	.66	1.14	.60	.72	8.29
Dans VLP DS II	Ecart type	2.232	3.713	2.527	2.391	2.137	3.118	2.335	2.224	
ZONE B	Moyenne	.70	1.94	.78	2.18	.61	.99	.26	.60	8.06
Dans VLP DS I	Ecart type	2.039	3.915	2.645	2.642	1.911	2.893	1.556	1.958	
ZONE C	Moyenne	.81	1.10	.51	1.86	.45	.58	.30	.43	6.04
Hors VLP DS I	Ecart type	2.351	3.024	2.113	2.410	1.704	2.258	1.676	1.826	
MOY. 3 ZONES	Moyenne	.77	1.51	.65	1.94	.55	.85	.38	.56	7.22
	Ecart type	2.240	3.489	2.381	2.463	1.896	2.712	1.881	1.989	
	Sig.	.868	.013	.365	.337	.394	.036	.106	.222	

A noter : seules les variables en jaunes dans les tableaux ci-dessus connaissent une distribution significative (cf. dernière ligne, Sig < 0.05), sans pour autant qu'on puisse en déduire une conclusion pertinente pour notre analyse.

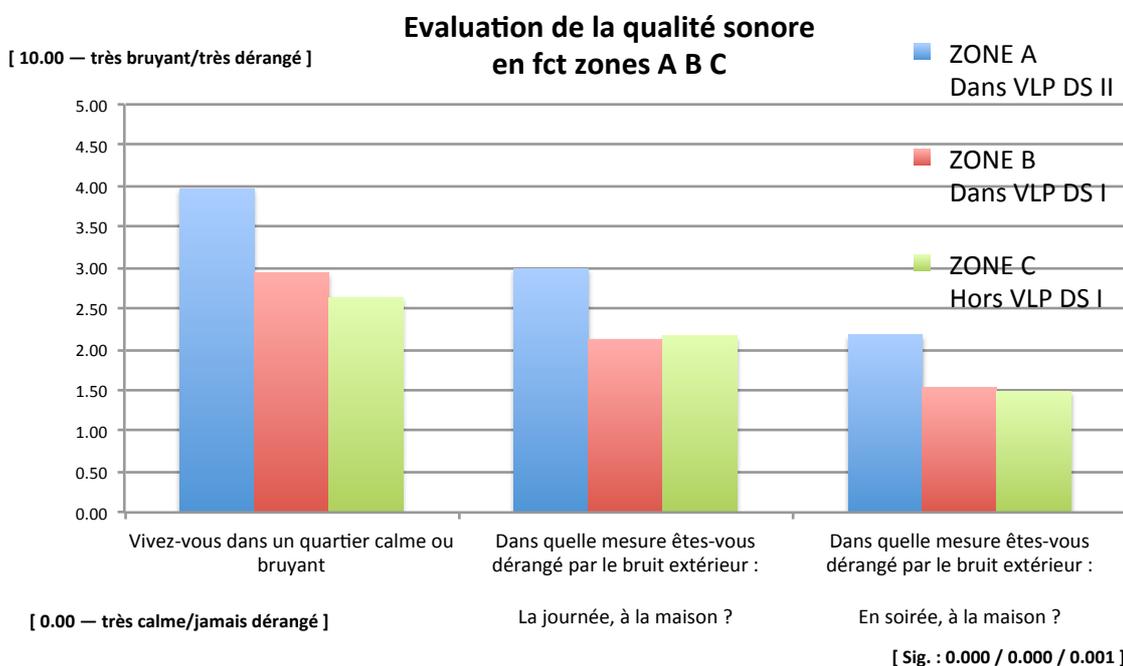
Par contre, l'analyse des résultats a permis d'identifier les liens significatifs suivants¹⁵ :

1) Lien significatif entre le fait d'habiter une zone à plus forte exposition sonore des avions et le sentiment de gêne sonore

Que cela soit en évoquant le quartier de manière générale, ou précisément le bruit les dérangeant lorsqu'ils sont chez eux la journée ou la nuit, les répondants de la ZONE A (qui, pour rappel, connaît la plus forte des expositions au bruit des avions) se déclarent clairement plus dérangés par le bruit extérieur que les répondants des autres zones, avec une gradation A > B > C.

Il faut tout de suite préciser qu'il a été d'emblée assuré que les trois groupes A B C ne se distinguait pas par des profils de pollution sonore potentiellement influencés par le bruit du trafic routier. Les moyennes de bruit routier par groupe sont quasiment identiques, avec même une moyenne plus haute pour groupe témoin ZONE C (théoriquement la moins influencée par le bruit des avions)¹⁶. Ceci permet d'exclure le fait que les réponses que l'on attribue au bruit des avions traduise en fait des intensités analogues de bruit routier sur ces mêmes zones.

Fig. 16 : Q23-24 – Exposition au bruit des avions et sentiment de gêne sonore



¹⁵ Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que les graphiques suivants expriment les réponses de chaque groupe sur une échelle réduite – plutôt que « de 0 à 10 », « de 0 à 5 » ou de « 5 à 10 » selon les tendances générales des réponses – pour permettre de mieux visualiser les écart exprimés. L'échelle de l'envergure des réponses possibles est néanmoins systématiquement exprimée.

¹⁶ Les moyennes (dB bruit routier de nuit, DETA) sont, respectivement, les suivantes :

ZONE A : 44.08 dB(A)

ZONE B : 43.48 dB(A)

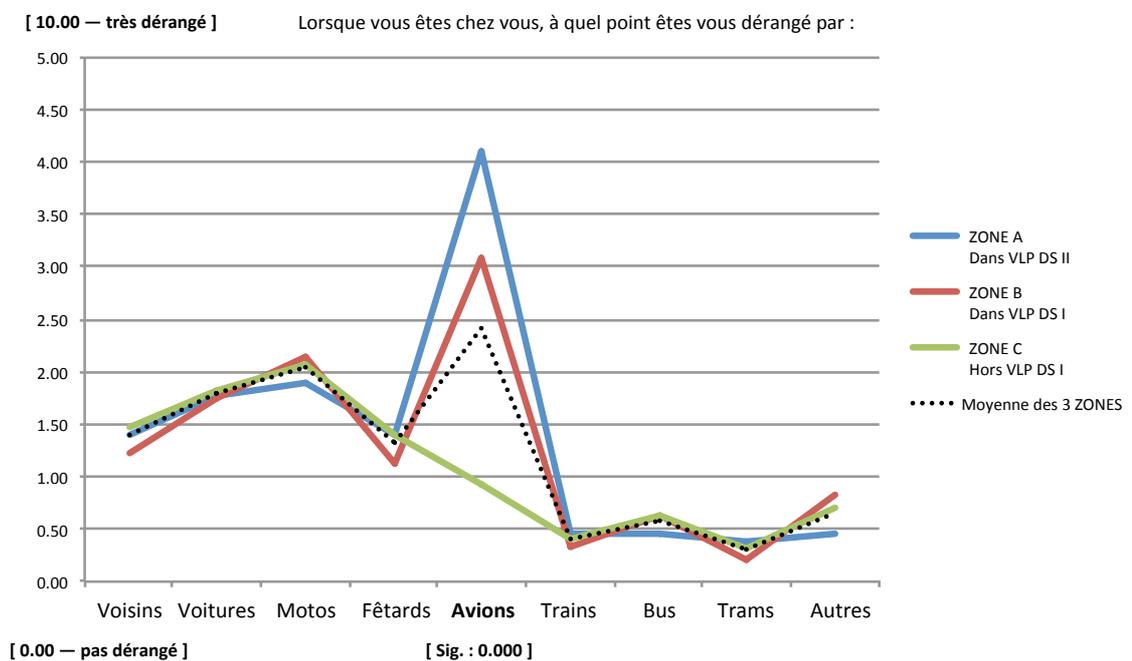
ZONE C : 48.53 dB(A)

2) Lien significatif avec la source de gêne « avion », jugée la plus dérangeante de toutes les sources de bruit)

Lorsqu'on leur demande d'exprimer à quel point *pour chaque source de bruit environnemental* (exprimées séparément et aléatoirement) ils s'estiment dérangés, les trois groupes ne se distinguent significativement l'un de l'autre qu'en rapport avec la question portant sur le bruit des avions, et ceci de manière manifeste, avec une gradation $A > B > C$ très nette. Pour rappel, les répondants n'étaient pas au courant que l'enquête se penchait spécifiquement sur les enjeux liés à l'activité aéroportuaire.

En termes d'intensité de dérangement, la seconde source de dérangement la plus problématique (les motos) reste bien inférieure au bruit des avions en moyenne, et ceci tout particulièrement pour les zones A et B. Ainsi, en moyenne et dans les deux zones exposées « hors zone témoin », le bruit des avions représente la source de gêne la plus dérangeante de toutes les sources de bruit environnemental proposées.

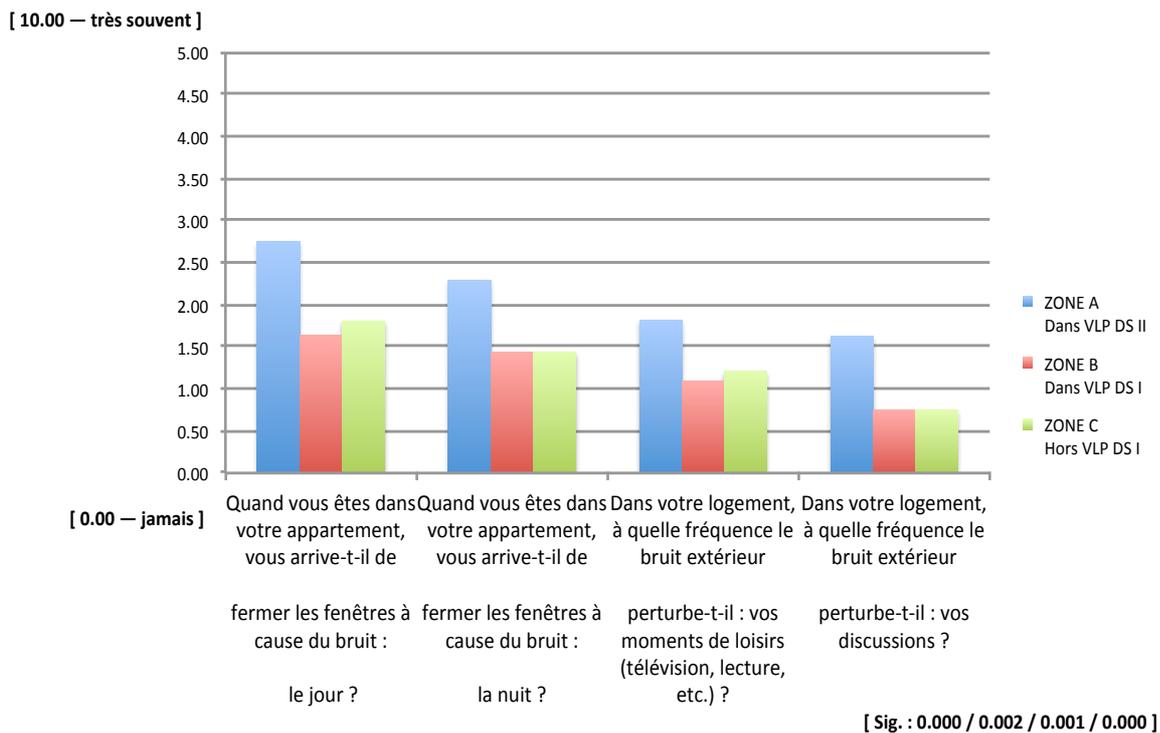
Fig. 17 : Q25 – Identification des sources de bruit les plus dérangeantes



3) Lien significatif entre le fait d'habiter une zone à plus fort impact sonore des avions et la fermeture des fenêtres (le jour et la nuit), ainsi que la perturbation des loisirs

Lorsqu'on leur demande d'exprimer à quelle fréquence il leur arrive de devoir fermer les fenêtres à cause du bruit extérieur (le jour et la nuit), ou d'être perturbés lors de leurs loisirs ou lors d'une discussion à la maison, les répondants de la ZONE A rapportent des comportements d'adaptation et un sentiment général d'être dérangé nettement plus marqués que dans les zones B et C (sans gradation cette fois ces deux dernières).

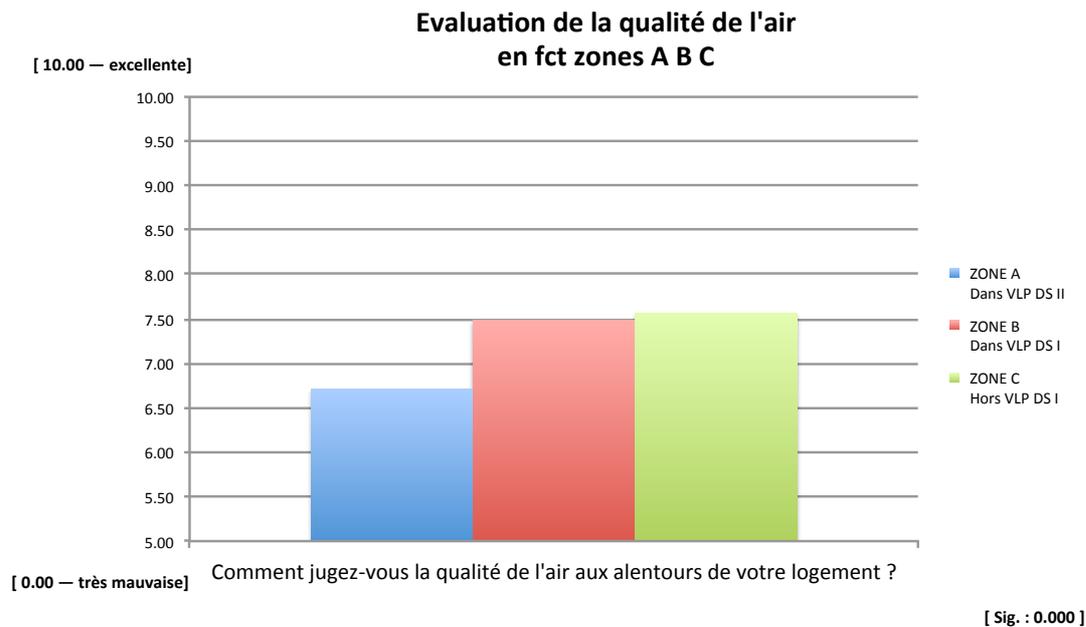
Fig. 18 : Q26 – Perturbation et adaptations au bruit



4) Lien significatif entre le fait d'habiter une zone à plus fort impact sonore avion et une qualité de l'air évaluée comme moins bonne

En ce qui concerne la qualité de l'air (auto-évaluée), il est très intéressant de constater une tendance assez nette à évaluer l'air comme moins bonne chez les habitants de la ZONE A, dans les enveloppes au bruit des avions au niveau les plus élevés, donc. Ce croisement des données bruit et air ne montre pas de gradation très claire entre la ZONE B et C, à des distances où probablement le brassage de l'air fait effet.

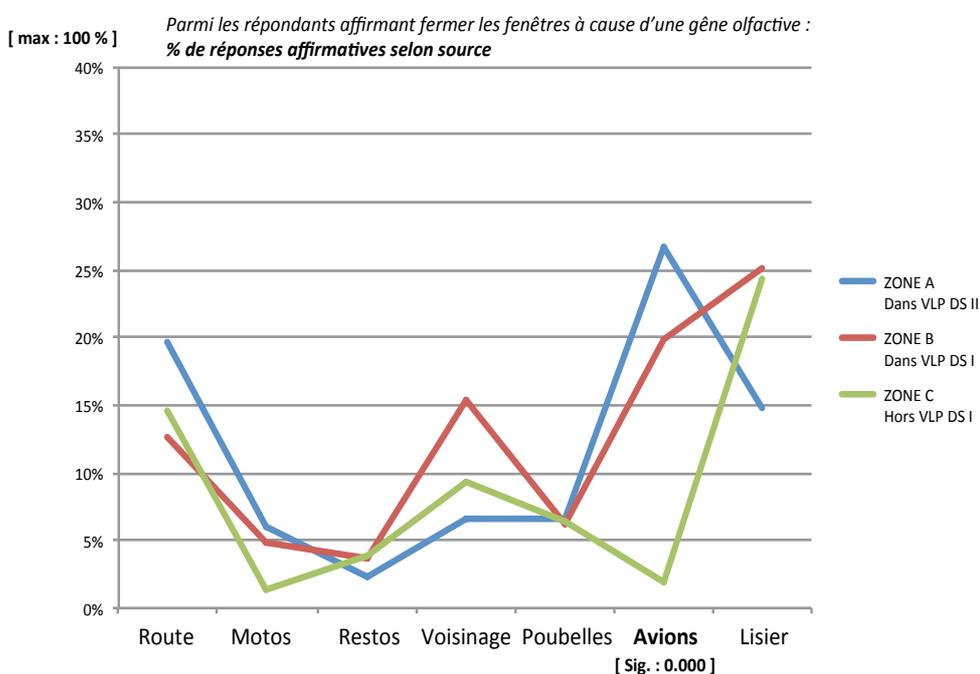
Fig. 19 : Q28 – Qualité de l'air auto-évaluée



5) Lien significatif entre le fait d'habiter une zone à forte exposition sonore avion et identifier l'avion comme source de gêne olfactive n°1

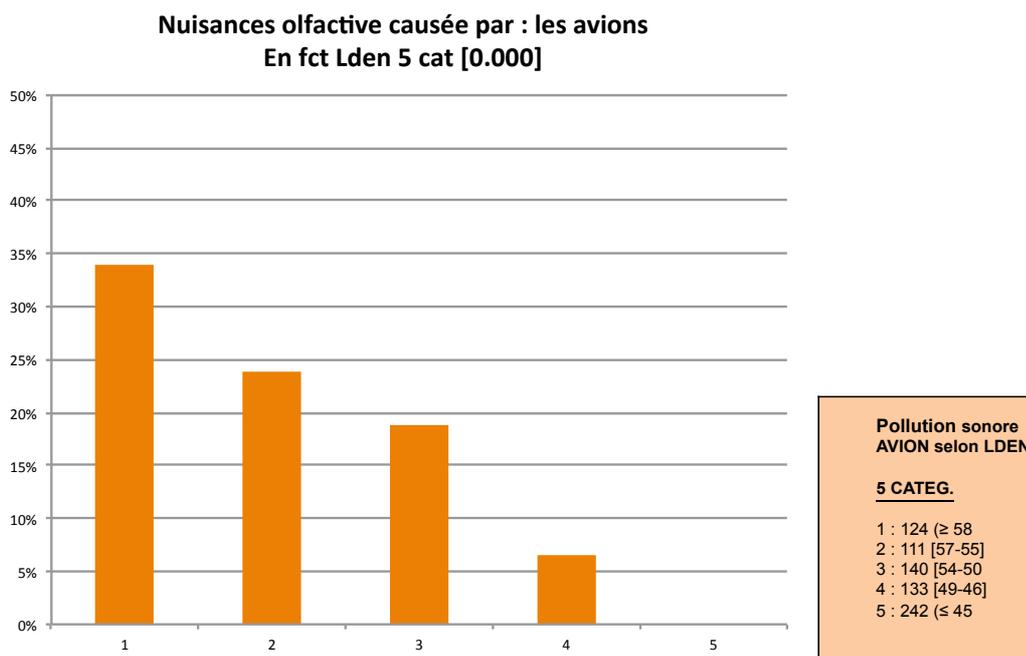
En ce qui concerne la qualité de l'air (auto-évaluée) toujours, et en se penchant plus amont sur l'identification des sources auprès des personnes s'estimant parfois importunée par la qualité de l'air dans leur environnement proche : en réponse à la Q30 « D'après vous, ces nuisances sont causées par quoi, qui ? » laissée volontairement totalement ouverte, nous retiendrons tout d'abord que parmi toutes les sources évoquée, seule la source « avions » affiche un lien statistique significatif fort avec la variable de localisation en zone A, B ou C. De même aucune autre source de gêne olfactive n'est évoquée comme aussi désagréable dans aucune des zones considérées – plus d'un quart des répondant de la ZONE A se plaignant de l'air ont ainsi mentionné la pollution émise par les avions comme source de gêne. Au passage, on notera que cette gêne spécifique dépasse largement la gêne relative à la pollution routière dans les zones A et B, ainsi que le lisier-purin évoqué dans les zones B et C.

Fig. 20 : Q30 – Qualité de l'air auto-évaluée : sources de gêne olfactive



Il est intéressant de relever également que si l'on précise l'analyse en la basant sur les 5 catégories de Lden, la gradation reste tout aussi marquée et linéaire.

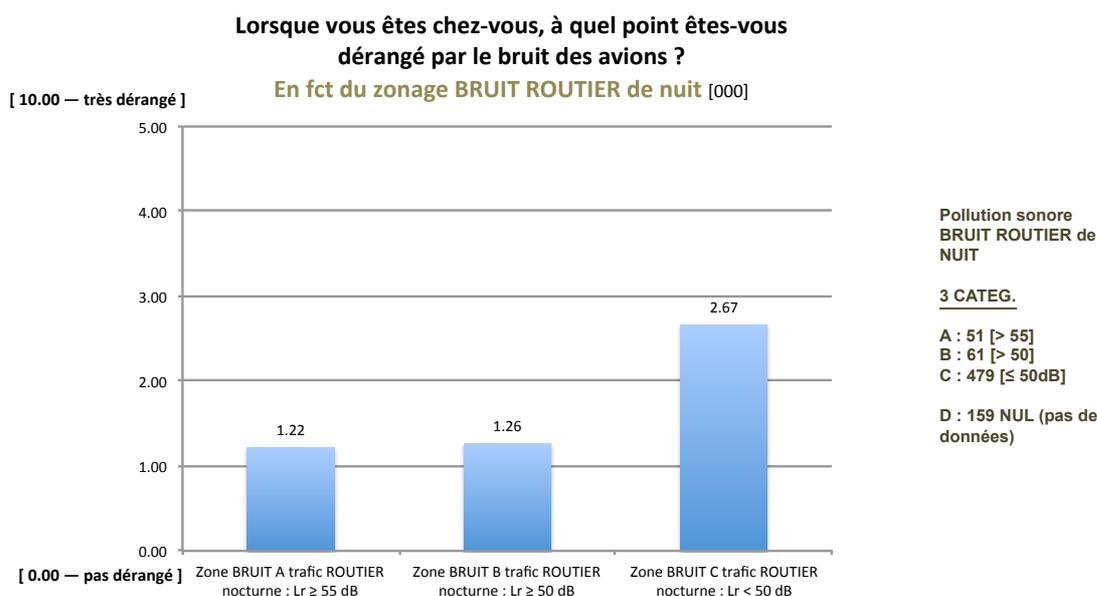
Fig. 21 : Q30 – Qualité de l’air auto-évaluée : sources de gêne olfactive en fct du Lden



6) Lien significatif entre le fait d’habiter une zone calme (trafic routier, bruit mesuré) et se déclarer particulièrement dérangé par le bruit des avions

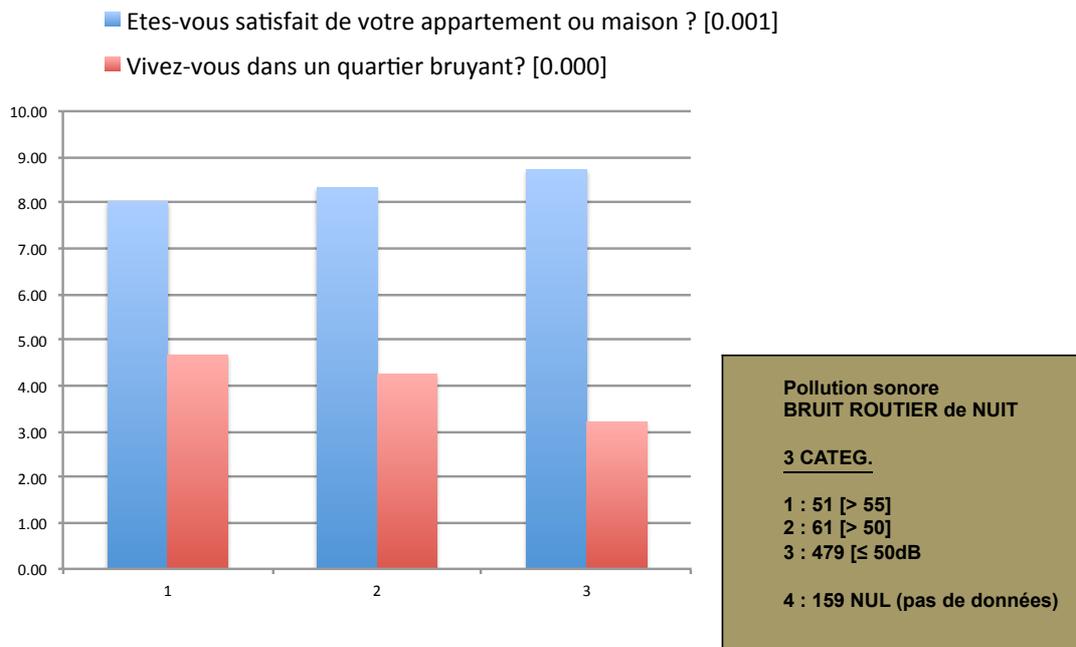
En croisant cette fois les variables de pollution sonore provenant du trafic aérien et celle occasionnées par le trafic routier, il est intéressant de constater que les répondants dont le lieu d’habitation peut être jugé comme plutôt calme en matière de bruit routier, auront tendance se déclarer nettement plus (deux fois plus) dérangés par le bruit des avions – ce dernier se détachant dans ces lieux calmes plus nettement du bruit ambiant, alors qu’il peut être pour ainsi dire « noyé » en milieu urbain bruyant (tel que nous en avons fait l’hypothèse).

Fig. 22 : Q25’ – Gêne sonore liée aux avions, en fonction du zonage « Bruit routier »



A propos du bruit routier : si nous n'avons, dans le cadre de cette enquête, pas relevé de lien direct entre l'exposition au bruit des avions et la satisfaction au logement, il faut relever que ce lien est apparu significatif en ce qui concerne le bruit routier, et cela de manière assez nette, comme le montre la figure suivante. Sur cette dernière, nous avons profité de reporter également les résultats des réponses concernant le calme (auto-évalué) potentiel du quartier, qui affiche – comme c'était le cas pour cette variable avec le bruit du trafic aérien, un lien clair avec les niveaux de bruit causé par le trafic routier.

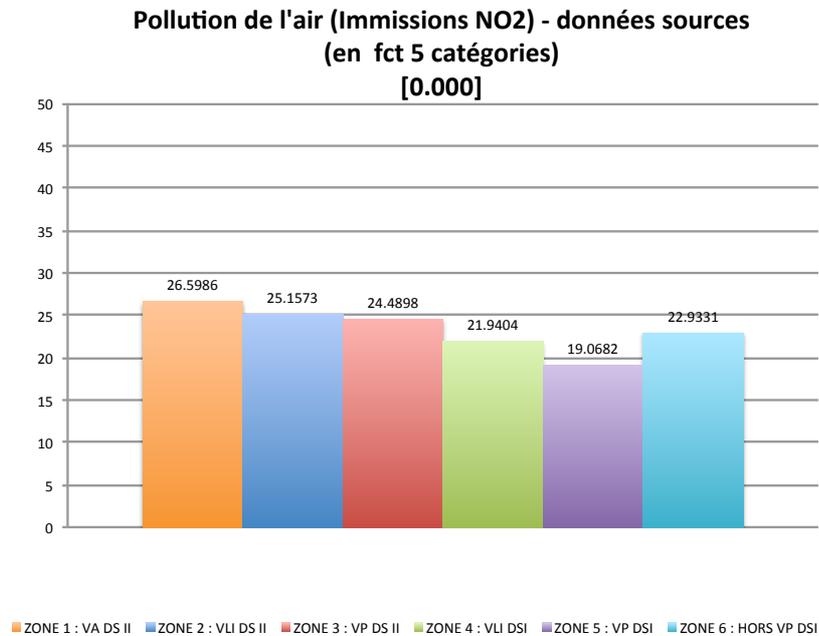
Fig. 23 : Q20 & Q23 – Satisfaction au logement et évaluation du calme du quartier , en fonction du zonage « Bruit routier »



7) Lien significatif entre le fait d'habiter dans une zone à fort impact du bruit des avions et une pollution de l'air NO₂ mesurée élevée sur ce même lieu d'habitation.

Comme le soulève le tableau suivant avec une répartition fine en 6 catégories (selon les valeurs limites fédérales en ce qui concerne le bruit des avions, le fait d'habiter dans une zone à fort impact sonore semble s'accompagner d'une pollution de l'air aux NO₂ élevée. Nous n'avons à ce stade pas d'hypothèse expliquant le relèvement dans la zone 6 HORS VP DSI du niveau de pollution moyen aux NO₂.

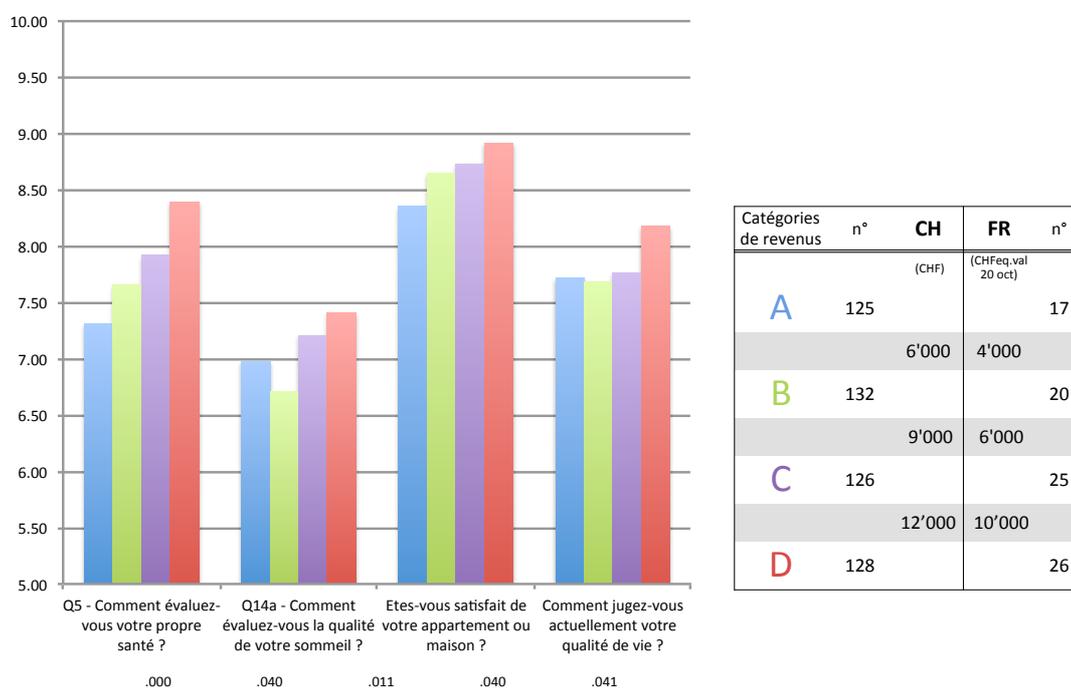
Fig. 24 : Q30 – Pollution de l'air aux NO₂, en fct. du zonage « Bruit des avions » selon VL fédérales



8) Lien significatif entre le revenu et la santé, la qualité du sommeil, la satisfaction au logement et la qualité de vie en général

Enfin, nous ne pouvons nous empêcher de relever – même si ce résultat concerne moins directement la problématique aéroportuaire que les précédents résultats évoqués – le lien significatif révélé par cette enquête entre le statut socio-économique et la santé auto-évaluée, la qualité du sommeil, la satisfaction au logement, ainsi que la qualité de vie en général. En se basant sur les revenus, cette étude confirme les tendances évoquées dans le cadrage de retrouver un gradient santé marqué au détriment des populations les moins favorisées économiquement. Dans notre enquête, ceci vaut (avec des résultats tous significatifs) particulièrement pour la santé en général, mais également pour la qualité du sommeil, la satisfaction au logement et les jugements sur la qualité de vie en général, comme le montre la figure suivante.

Fig. 25 : Q5, Q14a & Q Sociodémographie – Impact du revenu sur la santé et la qualité de vie



3.7.4 Synthèse des résultats de l'enquête

En guise de synthèse, les principales conclusions de cette enquête téléphonique interrogeant les liens entre l'activité aéroportuaire et la santé auto-évaluée des habitants du Grand Genève sont résumés dans le paragraphe suivant.

1 | SANTÉ & QUALITÉ DE VIE GÉNÉRALE (auto-évaluées)

Pas de répercussion sur les réponses des interviewés en fonction de la zone d'habitation en lien avec l'activité aéroportuaire en ce qui concerne :

- ✗ la santé auto-évaluée (y c. médication, jours de maladie)
- ✗ la qualité du sommeil auto-évaluée (y c. n° de réveils, facilité à s'endormir, fatigue générale)
- ✗ les compétences cognitives auto-évaluées (y c. mémoire et concentration)
- ✗ la qualité de vie auto-évaluée (y c. possibilités de voyages internationaux, satisfaction au logement)

2 | GÊNE SONORE & GÊNE OLFACTIVE

Plus on habite dans une **zone exposée** au bruit des avions, plus on aura (significativement) tendance à déclarer :

- vivre dans un environnement bruyant
- être dérangé par le bruit à la maison ; le jour + la nuit
- être dérangé par le bruit des avions ; et plus par les avions que par toute autre source
- être perturbé dans ses loisirs par le bruit à domicile
- fermer les fenêtres à cause du bruit ; le jour + la nuit
- être gêné olfactivement par les avions ; et plus par les avions que par toute autre source

3 | RESULTATS CONCOMITANTS

- De même, on retiendra encore les liens, significatifs eux-aussi, entre le fait d'habiter une zone fortement exposée au bruit de avions et de connaître sur son lieu d'habitation des taux de NO2 mesurés élevés.
- De même, en comparant les zones de bruit de trafic routier, on relèvera la tendance à se déclarer particulièrement dérangé par le bruit des avions dans les zones comparativement calme d'un point de vue routier.
- Enfin, on retiendra encore que cette étude a elle-aussi fait ressortir, sur la base de ces données nouvelles, et de manière patente, le statut économique en tant que déterminant la santé.

4 Conclusion

L'évaluation d'impacts sur la santé du PSIA de GA a centré son analyse sur les thématiques jugées comme les plus pertinentes par les experts et le groupe de pilotage et qui sont les suivantes : nuisances environnementales (pollution de l'air et bruit) et la monétarisation de leurs impacts sanitaires ; santé et qualité de vie en milieu urbain (enquête téléphonique) ; conséquences en termes d'emplois et de revenus du site aéroportuaire.

La mise en comparaison de la situation actuelle (état 2014) avec la situation prévue à l'horizon 2030 du point de vue de la santé et de ses déterminants, peut être synthétisée comme suit :

Nuisances environnementales (pollution de l'air et bruit) et leur monétarisation

- Actuellement (état 2014), le site aéroportuaire est une source significative de nuisances environnementales pour les populations limitrophes, ces nuisances diminuant considérablement avec l'éloignement de GA.
- A l'horizon 2030, les effets sont globalement destinés à s'accroître en ce qui concerne la pollution de l'air du fait de l'augmentation du nombre attendu de mouvements et de passagers et à légèrement diminuer en ce qui concerne le bruit, du fait du développement acoustique favorable de la flotte d'aéronefs. Tant pour la pollution de l'air que pour le bruit, la zone limitrophe restera toujours nettement plus touchée que la zone plus éloignée.
- Aussi bien en 2014 qu'en 2030, les impacts de la pollution de l'air sont plus importants que ceux attribuables au bruit en termes de mortalité et de morbidité. Le nombre de décès va par exemple doubler, passant de 21 à 42, ce qui représente une augmentation de 253 à 460 années de vie perdues. Ces valeurs, dans l'absolu tout à fait significatives, de même que celles relatives aux cas de maladies, d'hospitalisations ou de jours d'hôpital, représentent par contre une fraction pouvant être qualifiée de marginale à faible des valeurs totales relatives aux pathologies dont les nuisances environnementales de GA peuvent être l'un des facteurs explicatifs.
- La gêne et les perturbations du sommeil apparaissent comme des nuisances environnementales significatives : on estime qu'elles concernent environ 26'000 personnes en 2014 et environ 29'000 personnes en 2030, selon les calculs de l'indice de bruit. Cette tendance devra être également appréciée à la lumière de l'implémentation du plafonnement du bruit dans la tranche horaire 22h00-minuit, tel que décidé par le Conseil d'Etat.

Du point de vue des coûts, la part relative, marginale à faible, attribuable aux effets des nuisances environnementales se traduit par des frais de traitement médical directement chiffrables inférieurs à 1 million de francs suisses. L'essentiel des coûts concerne :

- (a) les années de vies perdues pour cause de décès prématurés (environ 98% des coûts attribuables à la pollution de l'air tant en 2014 qu'en 2030), se chiffrant à environ 24 mio de CHF en 2014 et à environ 52 mio de CHF en 2030, et
- (b) la perte de la valeur locative pour cause de gêne et des perturbations du sommeil (environ 82% des coûts attribuables au bruit en 2014 et 80% de ceux en 2030), se chiffrant à environ 22 mio de CHF en 2014 et à environ 25 mio de CHF en 2030.

Santé et qualité de vie en milieu urbain

- Les résultats de l'enquête téléphonique réalisée auprès d'un échantillon représentatif de population résidant dans la zone d'étude corroborent les résultats de l'analyse quantitative du risque sanitaire.

- Le fait d’habiter à proximité de GA et d’être touché par le bruit des avions est associé à un certain nombre de réactions et de comportements :
 - Au niveau du bruit, l’environnement est considéré comme bruyant, le bruit est une source de dérangement tant le jour que la nuit, il perturbe les loisirs à domicile et finalement le bruit des avions est la principale source de bruit. Il induit la fermeture des fenêtres, aussi bien le jour que la nuit.
 - Au niveau de la pollution de l’air, cette proximité est une source de gêne olfactive et les avions sont la principale source de cette atteinte. Cette dernière induit également la fermeture des fenêtres la nuit.

Emplois et revenus

- En matière de qualité de vie, le transport aérien est un plus évident pour le maintien et le renforcement du lien social entre des individus vivant éloignés – avec d’importants bénéfices potentiels sur la qualité de vie et la santé.
- Si *l’intensité* des liens de cause à effet, de même parfois que leur *orientation* – un aéroport pouvant aussi bien être *la source* que *le fruit* d’une croissance démographique ou économique régionale – ne sont pas toujours identifiés de manière homogène par la communauté scientifique, une tendance à voir dans l’activité aéroportuaire un potentiel pour le développement économique régional ressort clairement de la littérature – et ce, particulièrement dans les secteurs des services, des hautes technologies et du commerce international, domaines d’activités notoirement performants sur le canton de Genève (plutôt que dans ceux de la production manufacturière locale ou le secteur du commerce et des services non-déstinés au commerce international, par exemple).
- Pour certains auteurs, donc, l’augmentation du trafic aérien peut être aussi bien *la source* que *la conséquence* d’une augmentation du nombre d’emplois régionaux. On relèvera notamment une très grande diversité de retour sur investissement selon les aéroports, avec des bénéfices économiques particulièrement marqués pour les aéroports lors de leur développement initial, ainsi que pour les régions périphériques. De même, dans ce domaine, plus que le nombre de vols, la connectivité et le nombre de destinations semblent représenter des facteurs déterminants. Il est donc difficile de faire la part des enjeux d’endogénéité entre croissance économique et croissance des aéroports. Néanmoins, l’analyse de la littérature laisse apparaître une élasticité (entre 0.1 et 0.01) entre connectivité et emplois/revenus, en particulier dans le domaine des services. Le nombre de destinations possibles semble avoir une importance encore plus déterminante que le volume de passagers lui-même.
- En termes d’ordre de grandeur, selon les scénarios les plus optimistes, le passage de 15 millions à 25 millions de passagers en 2030 être accompagné de, et/ou induire, sur 15 ans, une augmentation du PIB cantonal comprise entre +0.585 % et +5.85 % sur 15 ans. En moyenne pour un PIB cantonal estimé à ce jour à 47.9 milliards, cela se traduirait par une croissance annuelle de +0.21 %, soit un peu plus de 100 millions de francs annuels.
- Comme c’est le cas pour tous les modes de transports, un raccourcissement du temps nécessaire à la rencontre entre deux agents économiques permet d’envisager une réduction des coûts d’opportunités, et laisse présager le dégagement d’un potentiel bénéfique économique, lequel peut potentiellement se répercuter positivement sur la santé.
- Selon le Rapport de Conde/CREA-Unil (2014), l’effet multiplicateur du GA est le suivant : 1 emploi dans la structure aéroportuaire génère 1.2 emplois dans le canton (indirect et induit). En matière d’impact direct, l’aéroport représente 1'545 millions CHF, soit 3.2% du PIB genevois, avec 900 emplois liés à l’activité aéroportuaire elle-même et 8'990 emplois sur le site aéroportuaire en tout, soit 3.6% du total genevois. Les impacts directs, indirects et induits montent à 3'157 millions CHF (soit environ 6% de la valeur ajoutée cantonale, et correspondant à 19'970 emplois en équivalents plein temps.

- La difficulté d'intégrer *les coûts* (coûts sociaux, perte fiscale, coûts climatiques notamment) et non seulement *les bénéfices*, reste un enjeu majeur en la matière, de même que la mise en perspective des résultats du Rapport d'impact économique avec ceux d'autres secteurs du tissu économique régional. Le bilan des impacts catalytiques semble devoir être relativisé – à l'instar de la *balance touristique suisse* (intégrant *entrées* et *sorties des individus pour raisons touristiques*) qui se révèle assez nettement moins importante (295 millions CHF) que les apports (entrées) du secteur du tourisme considérés uniquement par le prisme des bénéfices réalisés sur le sol helvétique (16 milliards).
- En matière de santé au travail et plus largement de développement durable, différents partenariats développés par GA s'avèrent exemplaires et reconnus, notamment par le label décerné par le Canton « 1+ pour tous » et celui de Promotion santé Suisse « *Friendly Work Space* ».
- Dans l'ensemble, les revenus générés par l'activité aéroportuaire participent à l'amélioration de la santé des habitants et travailleurs de la région.

5 Recommandations

A la lumière des résultats de cette évaluation, une série de recommandations sont formulées ci-après. Elles visent à proposer des mesures d'accompagnement permettant de minimiser les effets négatifs et maximiser les effets positifs résultant du développement du site aéroportuaire à l'horizon 2030. Elles tiennent compte des éléments non modifiables du PSIA et des paramètres inhérents au développement de l'activité aéroportuaire et de ses composantes (p.ex. l'évolution technologique des avions par rapport à la pollution de l'air).

Recommandation n°1 : Bruit, suivi des mesures de limitation et de monitoring

Le bruit issu du site aéroportuaire est un facteur de dégradation de la qualité de vie, en particulier pour les populations les plus limitrophes. La récente décision du Conseil d'Etat d'imposer un plafonnement de bruit maximal pour la tranche nocturne (22h00-minuit) dès l'année 2020 apporte un premier élément de réponse à ce problème.

Dans ce contexte, en concertation avec les communes concernées ainsi que les autres parties prenantes, il est proposé de :

- a) organiser un dispositif de suivi de la mise en œuvre de cette décision*
- b) identifier, dans le cadre de ce dispositif, les indicateurs de monitoring de bruit (sur la base des mesures existantes ou à travers des nouvelles mesures comme l'index de bruit) et assurer le calcul de l'indicateur retenu à des échéances régulières, et*
- c) définir avec précision, dans le cadre de ce dispositif, les mesures correctives à apporter en cas de problème constaté, suivant un principe de progressivité.*

Recommandation n° 2 : Bruit, nouvelle mesure de limitation

La décision du Conseil d'Etat fixant une enveloppe de bruit maximale est spécifiquement ciblée sur la première tranche nocturne de la période de sommeil. Elle ne considère pas la première tranche diurne (06h-07h du matin). Or, selon les données de l'enquête téléphonique réalisée dans le cadre de la présente étude, alors que seul le 29% de la population se lève jusqu'à 06h00, cette proportion passe à 75% jusqu'à 07h00. Ainsi, 46% de la population genevoise termine sa nuit de sommeil entre 06h et 07h. A ce jour, GA est autorisé à commencer ces vols à partir de 05h du matin. Néanmoins, dans la mesure où il n'y a pas de demande des compagnies aériennes pour la tranche horaire 05h-06h, les vols commencent à 06h.

A la lumière de ces faits et avec l'objectif d'assurer une bonne qualité de sommeil sans discontinuités, il est proposé que des discussions soient ouvertes entre toutes les parties prenantes avec, pour objectif, de fixer l'heure officiellement autorisée pour le démarrage des vols à 07h.

Le Conseil d'Etat a refusé d'entrer en matière sur cette demande (évoquée dans la lettre au Conseil d'Etat signée par toutes les communes riveraines de GA). Cette recommandation ne peut pas être soutenue par le canton.

Recommandation n°3 : Bruit, mesures d'assainissement

La population exposée à un niveau de bruit d'origine aéroportuaire trop important bénéficie d'un plan d'insonorisation mis en œuvre par GA. Les seuils d'assainissement ont été définis par la Confédération à l'occasion du renouvellement de la concession fédérale d'exploitation de l'aéroport en 2001. Ils imposent l'insonorisation des bâtiments exposés à une charge sonore dépassant les valeurs d'alarme (VA), tels que définis par l'OPB. GA a par la suite étendu, sur une base volontaire, le programme d'insonorisation, en assainissant les bâtiments situés dans des zones exposés à un bruit de 1 à 4 dB inférieurs au VA, jusqu'à ceux se situant dans le périmètre défini par la valeur limite d'immission (VLI). En juin 2013, faisant suite au constat d'augmentation notable du bruit par rapport au règlement d'exploitation de 2001, l'OFAC a demandé à l'aéroport d'insonoriser les bâtiments jusqu'aux VLI. En France, un programme d'aide à l'insonorisation est opérationnel avec la commune de Ferney-Voltaire depuis 2009 et devrait être terminé à fin 2016. A fin 2014, 3'000 logements avaient été insonorisés et la planification prévoyait d'en insonoriser autant à l'avenir (GA, 2015). Cet important programme, en place depuis 2004, a été mis en œuvre sur la base des courbes enveloppantes d'exposition au bruit calculées par l'EMPA sur la base du trafic aérien de l'année 2000. Depuis lors, la progression du volume de trafic de GA s'est poursuivie et la référence aux niveaux de bruit du trafic de l'année 2000 n'est plus adaptée.

A la lumière de ce qui précède, il est proposé que des discussions soient ouvertes entre les différentes parties prenantes, visant à évaluer l'opportunité d'ajuster les courbes enveloppantes d'exposition au bruit déterminant le périmètre du programme d'insonorisation aux évolutions du bruit aérien et, le cas échéant, de se déterminer sur une nouvelle année de référence.

Recommandation n°4 : Pollution de l'air, suivi

Le suivi de l'évolution de la pollution de l'air dans le périmètre autour du site aéroportuaire doit bénéficier d'un dispositif de suivi dédié et étoffé. Les analyses réalisées dans le cadre de la présente évaluation reposent sur une modélisation *ad hoc*, réalisée dans le cadre du processus PSIA pour le scénario 2030, et d'une extrapolation « à rebours » à partir de ce même scénario et des analyses réalisées par le projet G2AME.

Partant de ce constat, dans une optique d'une amélioration des politiques publiques, il est proposé que le suivi de l'exposition et les modélisations relatives à la pollution de l'air réalisées dans le cadre du projet G2AME par le Canton de Genève puissent pleinement intégrer les émissions émises par GA.

Recommandation n°5 : Pollution de l'air, mesures de limitation

Le scénario de développement de GA prévoit une augmentation conséquente du nombre de mouvements à l'horizon 2030. L'amélioration des performances des moteurs des aéronefs permettra de compenser en partie l'augmentation des mouvements grâce à une consommation de carburant nettement réduite. D'autre part, les outils directeurs de l'autorité cantonale en matière de protection de l'air fixe des objectifs de réduction d'émissions de polluants issus de la gestion du site aéroportuaire (plan de mesure OPair, par exemple besoins énergétiques des aéronefs en stationnement couverts par le branchement au réseau). La Confédération agit par ailleurs pour renforcer les standards internationaux en matière d'émissions de particules fines et des mesures incitatives sont mises en place par GA sur les aéronefs (redevance perçue, proportionnelle à la quantité des polluants émis). Malgré ces efforts, il est difficile d'envisager qu'une compensation totale puisse se réaliser au niveau des polluants atmosphériques,

A la lumière de ce qui précède, il est suggéré de traiter des polluants atmosphériques émis par GA dans une double perspective. A un premier niveau, il est proposé que l'autorité de surveillance se positionne de manière préventive pour que des mesures incitatives et des mesures de gestion sur site soient renforcées et/ou développées. A un deuxième niveau, il est proposé que la limitation des émissions de polluants atmosphériques issus de GA, notamment les NO_x et les PM10, se fasse dans une approche volontariste de tous les acteurs concernés et économiquement supportable, notamment via la promotion des nouvelles technologies dans le transport aérien, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie de protection de l'air 2030 et en synergie avec la politique climatique cantonale.

6 Bibliographie

- Abrahams D. et al. (2008) Rapid Health Impact Assessment of Birmingham International Airport's Proposed Runway Extension. University of Liverpool.
- Allroggen F. & Malina R (2014) Do the regional growth effects of air transport differ among airports? *Journal of Air Transport Management*, Vol 37, May 2014 :1-4.
- Appold S. J. & Kasarda J. D. (2011) *Research in Transportation Business & Management Vol 1, Issue 1, Aug. 2011: 91–100.*
- ATAG (2005) The economic & social benefits of air transport Geneva. Air Transport Action Group (ATAG), Geneva.
- Babisch W. (2006) Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. Berlin, Federal Environmental Agency.
- Babisch W. & Van Kamp I. (2009) Exposure–response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health*, 2009, 11(44): 161-168.
- Barrett S.R.H. et al. (2012) Air Quality Impacts of U.K. Airport Capacity Expansion. Laboratory for Aviation and the Environment (MIT) / Energy Efficient Cities Initiative (Cambridge University)
- Barrowcliffe R. & Phillips C. / Environmental Resources Management – ERM (2008). The Stansted Generation 2 Project: A Health Impact Assessment. ERM.
- Bel G. & Fageda X. (2008) Getting there fast: Globalization, intercontinental flights and location of headquarters. *Journal of Economic Geography*, 8: 471–495.
- Bilotkach V. (2015) Are airports engines of economic development? A dynamic panel data approach. *Urban Studies*, July 2015, Vol. 52 no. 9 1577-1593
- Black D.A. et al. (2007) Aircraft noise exposure and resident's stress and hypertension: A public health perspective for airport environmental management. *Journal of Air Transport Management*, 13: 264-276.
- Boes, S., Kaufmann, C. et Marti, J. (2016). Sozioökonomische und kulturelle Ungleichheiten im Gesundheitsverhalten der Schweizer Bevölkerung (Obsan Dossier 51). Neuchâtel: Observatoire suisse de la santé.
- Brueckner J. K. (2003) Airline Traffic and Urban Economic Development. *Urban Studies*, Vol. 40, No. 8, 1455–1469, July 2003.
- Brunelle-Yeung E. et al. (2014) Assessing the impact of aviation environmental policies on public health, *Transport Policy*, Vol 34: 21-28.
- Button K. & Taylor S. (2000) International air transportation and economic development. In: *Journal of Air Transport Management*, Vol.6: 209–222,
- Button K. & Yuan J. (2013) Airfreight transport and economic development: an examination of causality. *Urban Studies*, 50: 329-340.
- Button K. et al. (1999) High-technology employment and hub airports, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 5 : 53–59.
- Cable N., Sacker A. & Bartley M. (2008) The effect of employment on psychological health in mid-adulthood : Findings from the 1970 British Cohort Study. *Journal of Epidemiological Health*, 2008: 62: e10
- Carlos Pestana Barros, Managi S. & Yoshida Y (2010), Productivity growth and biased technological change in Japanese airports, *Transport Policy*, Vol. 17, Issue 4, August 2010: 259-265.
- Carlos Pestana Barros, Weber W.L. (2009) Productivity growth and biased technological change in UK airports, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 45, Issue 4, July 2009: 642-653.

- Carslaw D.C., Beevers S.D., Ropkins K., Bell M.C. (2006) Detecting and Quantifying Aircraft and Other On-Airport Contributions to Ambient Nitrogen Oxides in the Vicinity of a Large International Airport." *Atmos Environ* 40 (2006) 5424–5434
- Castro A. et al / University of California, Los Angeles – UCLA, Medical Center (2010). Santa Monica Airport Health Impact Assessment. UCLA, Medical Center.
- Choi W. et al. (2013) Neighborhood-scale air quality impacts of emissions from motor vehicles and aircraft, *Atmospheric Environment*, Vol. 80: 310-321.
- Cidell J. (2015) The role of major infrastructure in subregional economic development: an empirical study of airports and cities. *Journal of Economic Geography* 15: 1125–1144.
- Conde D./CREA-Unil (2014) Impact économique de l'aéroport de Genève sur l'économie genevoise et régionale. Unil-CRÉA, Université de Lausanne-HEC, Institut de macro-économie appliquée.
- Correia A.W. (2013). Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study. *British Medical Journal*, 347:5561ff.
- Currie C. et al., eds. (2012) Social determinants of health and well-being among young people. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) Study. International Report from the 2009/2010 Survey. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2012 (Health Policy for Children and Adolescents, No. 6).
- Daly G. et al. / Golder Associates (2013) HIA for proposed expansion to Billy Bishop Toronto City Airport. Report No. 13-1151-0215, Golder Associates submitted to City of Toronto (Ontario) Medical Officer of Health.
- DELFT (2013) The Economics of Airport Expansion. Aviation Policy Development Framework, CE-DELFT, Netherlands.
- DETA (2016) Plan de mesures d'assainissement du bruit routier. République et Canton de Genève.
- Ecoplan, Infras (2014) Externe Kosten des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Schlussbericht. Bern, Bundesamt für Raumentwicklung.
- Ellermann T. & Massling A. (2010) Measurement of Ultrafine Particles at the Apron of Copenhagen Airport, Kastrup in Relation to Work Environment. Danmarks miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet (Denmarks Environmental Investigations, University of Aarhus), Aarhus, Denmark
- Elmenhorst E.-M. et al. (2012) Examining nocturnal railway noise and aircraft noise in the field: Sleep, psychomotor performance, and annoyance, *Science of The Total Environment*, Vol. 424, 1 May 2012: 48-56.
- EMPA (2015) Exposition au bruit des aéronefs, Aéroport International de Genève (AIG), Notice technique 2014. Rapport No. 5214.008763. Empa, Laboratoire d'Acoustique / Contrôle de bruit, Dübendorf.
- European Environmental Agency (2015) Air quality in Europe. 2015 Report. Luxembourg, EEA.
- FOEN (2011) NO2 ambient concentration in Switzerland. Modelling results for 2005, 2010 and 2015. Bern, FOEN.
- Franssen E. A. M. et al. (2004) Aircraft Noise around a Large International Airport and Its Impact on General Health and Medication Use. *Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 61, No. 5 (May, 2004), pp. 405-413
- Franssens et al. / Research for Man and Environment – RIVM (1999) Health Impact Assessment Schiphol Airport, Overview of results until 1999. RIVM – B.A.M.
- GA (2014) Rapport de développement durable 2014. Genève, GA (Genève Aéroport).
- GA (2015) Bilan du programme d'insonorisation de Genève Aéroport jusqu'à fin 2014, en Suisse.
- Green R. (2007) Airports and economic development. *Real Estate Economics*, 35: 91–112.

- Greiser E., Greiser C. & Janhsen K. (2008) Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class – the Cologne-Bonn Airport study. *Journal of Public Health*, 2007, 15:327–337.
- Hakfoort J., Poot T. & Rietveld P. (2001) The Regional Economic Impact of an Airport: The Case of Amsterdam Schiphol Airport, *Regional Studies*, 35:7, 595-604.
- Hansell A.L. (2013) Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *British Medical Journal*, 347: 5432ff.
- HCN – Health Council of the Netherlands: Committee on the Health Impact of Large Airports. (1999) Public health impact of large airports. The Hague: Health Council of the Netherlands. 1999/14E.
- Hu S. et al. (2009) Aircraft emission impacts in a neighborhood adjacent to a general aviation airport in southern California. *Environ Sci Technol*. 2009 Nov 1;43(21): 8039-45.
- IATA (2006) Airline Network Benefits: Measuring the additional benefits generated by airline networks for economic development. International Air Transport Association (IATA), Montreal.
- IATA (2007) Aviation Economic Benefits: Measuring the economic rate of return on investment in the aviation industry. International Air Transport Association (IATA), Montreal.
- Intraplan (2014) Air traffic forecast. Aéroport international de Genève. Etude réalisée pour le compte de l'Office fédéral de l'aviation civile.
- Irwin M. & Kasarda J. (1999) Air passenger linkages and employment growth in U.S. metropolitan areas. *American Sociological Review*, 56: 524–537.
- Jarup L. et al. (2008) Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 2008, 116: 329–333.
- Kasl S. V. & Jones B. A. (2000) The impact of job loss and retirement on health, in : Berkman L. F., Kawachi I. (Ed.), *Social epidemiology*, Oxford University Press, pp. 118-136.
- Kaufmann V. (2008) La liberté d'une personne n'a rien à voir avec les distances qu'elle parcourt, in : LRD-LaRevueDurable (2008) *Electricité et climat*, octobre-novembre 2008.
- Kim B. et al. (2012) Guidance for Quantifying the Contribution of Airport Emissions to Local Air Quality. ACRP Report 71, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C.
- Kim B. et al. (2015) Understanding Airport Air Quality and Public Health Studies Related to Airports. Airport Cooperative Research Program (ACRP) Report 135, Transportation Research Board (TRB) of the National Academies, Washington DC.
- Kroesen M. et al. (2010) Estimation of the effects of aircraft noise on residential satisfaction, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 15, I. 3, May 2010: 144-153.
- Lambert J. (2015) Human response to simulated airport noise scenarios in home-like environments, *Applied Acoustics*, Vol. 90, 1 April 2015: 116-125.
- Lercher P., Evans G.W. & Meis M. (2003) Ambient noise and cognitive processes among primary school- children. *Environment and Behavior*, 2003, 35:725–735.
- Lu Ch. (2011) The economic benefits and environmental costs of airport operations: Taiwan Taoyuan International Airport. *Journal of Air Transport Management*, Volume 17, Issue 6, Nov. 2011 : 360-363.
- Maneco / PRE – SCDD Service cantonal du développement durable (2015) Bilan Carbone territorial du canton de Genève. Maneco-PRE-SCDD, Meyrin.
- Marquis J.-F. (2007) Conditions de travail et état de santé, à la lumière des données de l'enquête suisse sur la santé (ESS) Master of Advanced Studies in Health Economics and Management n°132.
- Masiol M. & Harrison R. M. (2014) Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review, *Atmospheric Environment*, Vol. 95: 409-455.
- May M. & Hill S. (2006) Questioning airport expansion : a case study of Canberra International Airport. *Journal of Transport Geography*, 14(6): 437–450.

- Mukkala K. & Tervo H. (2012) Airport transportation and regional growth: Which way does the causality run? ERSA 2012 Congress, 21st-25th August 2012, Bratislava.
- Neal Z. P. (2011) The causal relationship between employment and business networks in U.S. cities. *Journal of Urban Affairs*, Vol. 33, Issue 2, May 2011: 167–184,
- Noé21 (2016) Le coût sociétal du trafic aérien à Genève et les effets sur les finances publiques, Noé21, Avril 2016, Genève.
- NYFER/Poort J. P. et al. (2000) Hub, of spokestad? Regionaal economische effecten van luchthavens Breukelen. NYFER. In : DELFT (2013) The Economics of Airport Expansion.
- OBSAN (2016/02) Comportements ayant une incidence sur la santé : inégalités socioéconomiques et culturelles en Suisse sous la loupe. OBSAN.
- OBSAN/Merçay C. (2015) La santé dans le canton de Genève. Résultats de l'Enquête suisse sur la santé 2012 et de l'exploitation d'autres banques de données (OBSAN Rapport 63). Neuchâtel: Observatoire suisse de la santé sur mandat du Département de l'emploi, des affaires sociales et de la santé (DEAS).
- OCDE (2012) Mortality risk valuation in environment, health and transport policies. Online <http://www.oecd.org/environment/mortalityriskvaluationinenvironmenthealthandtransportpolicies.htm>
- OEF (2006) The Economic Contribution of the Aviation Industry in the UK. Oxford Economic Forecasting (OEF), Oxford.
- OFS (2014) Statistiques suisses de la santé 2014. Neuchâtel.
- OFS (2015) Rapport social statistique suisse 2015. Neuchâtel.
- OFS (2015b) Voyages de la population résidente suisse en 2014.
- OMS (2009) Comblent le fossé en une génération: instaurer l'équité en santé en agissant sur les déterminants sociaux de la santé – Rapport final de la Commission des Déterminants Sociaux de la Santé, Genève
- OMS (2009b) Instaurer l'équité en santé en agissant sur les déterminants sociaux de la santé – Résumé analytique du Rapport Final, Commission des Déterminants Sociaux de la Santé, Genève.
- OMS (2016) Pollution de l'air. http://www.who.int/topics/air_pollution/fr/. Consulté le 12 février 2016.
- Oxford Economics (2012) The value of aviation connectivity to the UK London : Oxford Economics, 2012.
- Passchier-Vermeer W. & Passchier W.F. (2000) Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives*, 108(1): 123-131.
- Percoco M. (2010) Airport activity and local development: evidence from Italy. *Urban Studies*, 47: 2427–2443.
- Petrini L. & Sturny I. (2013) Erfahrungen der Allgemeinbevölkerung im Gesundheitssystem: Situation in der Schweiz und internationaler Vergleich. Auswertung der Erhebung «International Health Policy Survey» im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit (BAG): Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan), Neuchâtel.
- Püschel R. & Evangelinos Ch. (2012) Evaluating noise annoyance cost recovery at Düsseldorf International Airport, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 17, I. 8, December 2012: 598-604.
- Quehl J. & Basner M. (2006) Annoyance from nocturnal aircraft noise exposure: Laboratory and field-specific dose–response curves, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 26, I. 2, June 2006, 127-140.
- RDA GA 2015, Rapport d'activités 2015 (2016) Genève Aéroport.

- Rhode Island Department of Environmental Management-RIDEM (2008) Characterization of Ambient Air Toxics in Neighborhoods Abutting T.F. Green Airport and Comparison Sites: Final Report., Apr 2008.
- Rissman J. et al (2013) Equity and health impacts of aircraft emissions at the Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 120, December 2013: 234-247.
- Röösli M., Künzli N., Braun-Fahrländer C. & Egger M. (2005) Years of life lost attributable to air pollution in Switzerland: dynamic exposure-response model. *International journal of epidemiology*. 34:1029-1035.
- Roskam E. et al. / IFT (2009) Stressed and Fatigued on the Ground and in the Sky: Changes from 2000 – 2007 in civil aviation workers' conditions of work. A global study of 116 countries in Africa, Asia/Pacific, Middle East, North America, Latin/South America, and Europe in the post-9/11 era. IFT-International Transport Workers' Federation, Civil Aviation Section, London
- SCAQMD-South Coast Air Quality Management District (2010) General Aviation Airport Air Monitoring Study Final Report, USEPA.
- SCRIS (2011) Projections démographiques pour le canton de Genève. Population résidante de 2011 à 2040, Cahier N°39, République et Canton de Genève.
- SEDE (2014) Aéroport international de Genève: Projections 2030 de la qualité de l'air.
- Sellner R. & Nagl P. (2010) Air accessibility and growth : the effects of a capacity expansion at Vienna International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 16: 325–329.
- Sheard N. (2014) Airports and urban sectoral employment, *Journal of Urban Economics* 80 (2014) 133–152.
- Stansfeld S.A. et al. (2005) Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-sectional study. *Lancet*, 2005, 365:1942–1949.
- Tetra Tech, Inc. (2013). LAX Air Quality and Source Apportionment Study, Volume 1. Executive Summary. Final Report. June 2013.
- Tittle D., McCarthy P. & Xiao Y. (2010) Airport runway capacity and economic development: A dynamic panel data analysis of metropolitan statistical areas. Working Paper. School of Economics, Georgia Institute of Technology, 2010
- Tonne C. et al. (2015) Long-term traffic air and noise pollution in relation to mortality and hospital readmission among myocardial infarction survivors. *Int J. Hyg Environ Health*. 2015: 1438-4639(15).
- Van de Vijver E., Derudder B. & Witlox F. (2016) Air Passenger Transport and Regional Development: Cause and Effect in Europe. *PROMET - Traffic&Transportation*, Vol 28, N°2, 2016: 143-154.
- Van Kempen E.E.M.M. et al. (2002) The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 2002, 110: 307-317.
- Vienneau D., Perez L., Schindler C., Lieb C., Sommer H., Probst-Hensch N., Kunzli N. & Roosli M. (2015) Years of life lost and morbidity cases attributable to transportation noise and air pollution: A comparative health risk assessment for Switzerland in 2010. *International journal of hygiene and environmental health*, 218:514-521.
- Vienneau D., Schindler C., Perez L., Probst-Hensch N. & Roosli, M. (2015b) The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: A meta-analysis. *Environmental research*, 138:372-380.
- Wanner P., Lerch M. & Kohli R. (2012) La géographie de la mortalité en Suisse depuis 1970. OFS, Neuchâtel: Office fédéral de la statistique
- WHO (2011) Burden of disease of environmental noise. WHO : Copenhagen.
- WHO (2013a) Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide-HRAPIE project. WHO: Copenhagen.

WHO (2013b) Review of evidence on health aspects of air pollution –REVIHAAP Project. WHO: Copenhagen.

WHO EBD – World Health Organization (2011) Burden of disease from environmental noise – Quantification of healthy life years lost in Europe, WHO Regional Office for Europe, Bonn.

Will S. et al. / Manchester Health Authority (1994) Submission to the Manchester Airport Second Runway Enquiry. Manchester Health Authority.

Will S. et al. / Manchester Health Authority (1994) Submission to the Manchester Airport Second Runway Enquiry. Manchester Health Authority.

Wolff H., Gaspoz J. & Guessous I. (2011) Health care renunciation for economic reasons in Switzerland. *Swiss medical weekly*, 141 (w13165): E1–E5.

Yim S.H.L., Stettler M.E.J. & Barrett S.R.H. (2013) Air Quality and Public Health Impacts of U.K. Airports, Part II: Impacts and Policy Assessment. *Atmos Environ* 67, 184–192.

Zhu, Y. et al. (2011) Aircraft emissions and local air quality impacts from takeoff activities at a large International Airport. *Atmospheric Environment*, Volume 45, Issue 36, 2011/11: 6526-6533.