



Haute école de gestion de Genève



Laboratoire de l'immobilier et du logement

École polytechnique fédérale Lausanne

LABORATOIRE **REME** RECHES EN ÉCONOMIE ET MANAGEMENT DE L'ENVIRONNEMENT

L'aéroport de Sion face à son avenir

Volet foncier

Mandat réalisé par
Caroline Schaerer, LIL – Haute École de Gestion de Genève
Philippe Thalmann, REME – École polytechnique fédérale Lausanne

Mandants : État du Valais et Ville de Sion

Avril 2011

INTRODUCTION

En décembre 2009, l'État du Valais et la Ville de Sion ont mandaté l'EPFL pour effectuer une étude prospective de l'évolution de l'aérodrome de Sion selon trois scénarios. Les trois scénarios sont à analyser sur différents aspects : volet environnemental, volet foncier, volet économique. Le volet foncier est réalisé par le Laboratoire REME (Recherches en économie et management de l'environnement) de l'EPFL en étroite collaboration avec le LIL (Laboratoire de l'immobilier et du logement) de la Haute école de gestion de Genève. Dans ce volet, il s'agit d'étudier l'impact sur les valeurs foncières pour les trois scénarios envisagés :

- la perception des nuisances sonores par les habitants; il s'agit notamment de comparer la perception subjective selon l'Enquête de structure sur les loyers 2003 de l'OFS avec les couloirs aériens pour les vols militaires en-dessus du Valais
- la dévaluation / appréciation foncière due aux nuisances sonores sur la base des données de bruit objectives
- la détermination de la population, du nombre de logements et de la surface au sol exposés à des niveaux de bruit excédant les valeurs d'alarme, limite et de planification définies par l'Ordonnance de protection contre le bruit.

Pour rappel les trois scénarios considérés sont les suivants :

Scénario 1(référence)	Plafonnement du bruit généré par l'aérodrome au niveau de celui de l'an 2001 (bruit Z0)
Scénario 2	Niveau d'activité de l'aviation militaire fixé à 1'000 mouvements F/A 18 (bruit Z+)
Scénario 3	Développement des activités civiles et abandon des activités militaires basé sur les isophones « civiles » 2000 (bruit civil) ¹

1. BRUIT SUBJECTIF VS. BRUIT OBJECTIF

1.1 Contexte

Le bruit des avions est un sujet sensible dans le canton du Valais notamment en raison de la présence sur ce canton des couloirs aériens pour les vols militaires. Ainsi, il s'agit de comparer : 1) l'évaluation subjective du bruit externe par les habitants de ce canton par rapport à l'évaluation du bruit externe des habitants des autres cantons suisses, ainsi que 2) l'évaluation subjective de l'exposition au bruit par rapport au bruit des avions mesuré en décibel.

1.2 Évaluation subjective du bruit externe

Les données de bruit subjectives utilisées pour réaliser la comparaison sont tirées de l'Enquête sur la structure des loyers 2003 (ci-après enquête 2003) de l'Office fédéral de la statistique. Cette enquête est réalisée par échantillonnage et les données sont relevées directement auprès des ménages. Au niveau suisse, l'échantillon net de l'enquête 2003 s'élève à 192'000 logements. Pour le canton du Valais, l'échantillon est de 2'671 logements,

¹ Cadastre de bruit basé sur les mouvements planifiés dans le cadre du renouvellement de la demande de concession de l'aérodrome civil à l'OFAC.

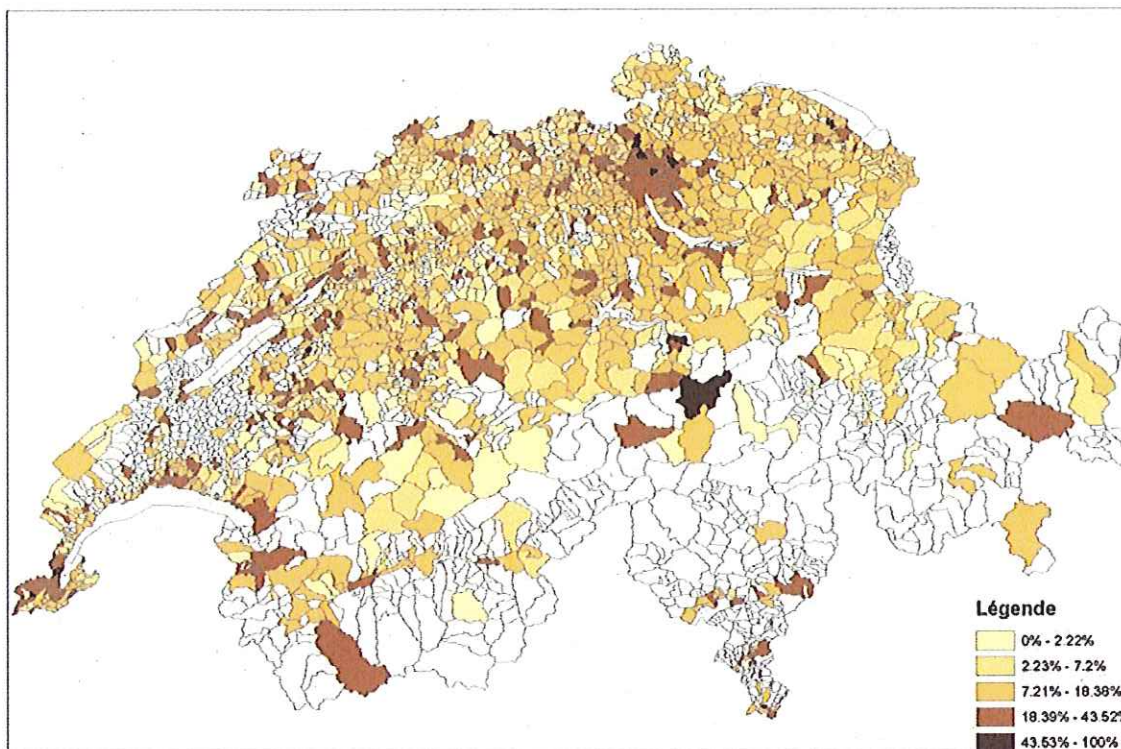
dont 477 dans la région de l'aérodrome de Sion. Le but de l'enquête sur la structure des loyers est de fournir des informations sur le niveau moyen des loyers selon différents critères, comme les caractéristiques propres du logement, les conditions de location, mais également la situation géographique et l'exposition à certaines nuisances. Parmi les nuisances prises en considération dans l'enquête 2003 figure le bruit externe au bâtiment. La question à laquelle les personnes interrogées ont répondu est la suivante : « Comment jugez-vous l'incidence du bruit provenant de l'extérieur du bâtiment par rapport à votre logement? Nulle / faible / moyenne / importante / très importante ».

La variable sur le bruit externe ressenti par les habitants que nous obtenons de cette enquête est donc une mesure imparfaite de l'évaluation subjective des nuisances sonores dues au bruit aérien. En effet, cette variable ne permet pas de distinguer cette source de bruit par rapport à d'autres sources de bruit externe telles que le trafic routier ou les établissements publics situés à proximité. Par ailleurs, elle peut inclure les mesures de protection contre le bruit. Il est donc possible de se trouver dans une région fortement exposée au bruit des avions tout en étant relativement bien protégé du bruit par des doubles vitrages et donc de se déclarer peu exposé à cette nuisance.

La Figure 1 ci-dessous représente, par commune, le pourcentage de personnes jugeant le bruit externe important ou très important par rapport au nombre total de personnes interrogées dans l'enquête 2003. À noter que nous n'avons pas considéré les communes dans lesquelles le nombre de personnes interrogées était inférieur à 5. Nous pouvons clairement identifier sur cette Figure, les zones proches des aéroports de Genève et de Zurich, ainsi que la commune de Silenen (UR), située aux abords de l'entrée du tunnel du Gothard. Pour le canton du Valais, le pourcentage de personnes jugeant le bruit externe important ou très important se situe exactement dans la moyenne suisse avec environ 13%. Au niveau des communes valaisannes, c'est dans les communes de Sion (20,4%), Collombey-Muraz (21.3%) et Viège (21.5%) que le pourcentage de personnes jugeant le bruit important ou très important est le plus élevé.

Le couloir aérien pour les vols militaires ne ressort pas clairement dans cette figure. Il faut toutefois mentionner que seulement 33 sur 143 communes valaisannes sont prises en compte dans l'échantillonnage, ce qui ne permet pas de représenter de manière systématique l'évaluation subjective du bruit externe dans ce canton.

Figure 1: Pourcentage de personnes jugeant le bruit externe important ou très important par rapport au nombre total de personnes interrogées



Source des données : Enquête sur la structure des loyers 2003, OFS.

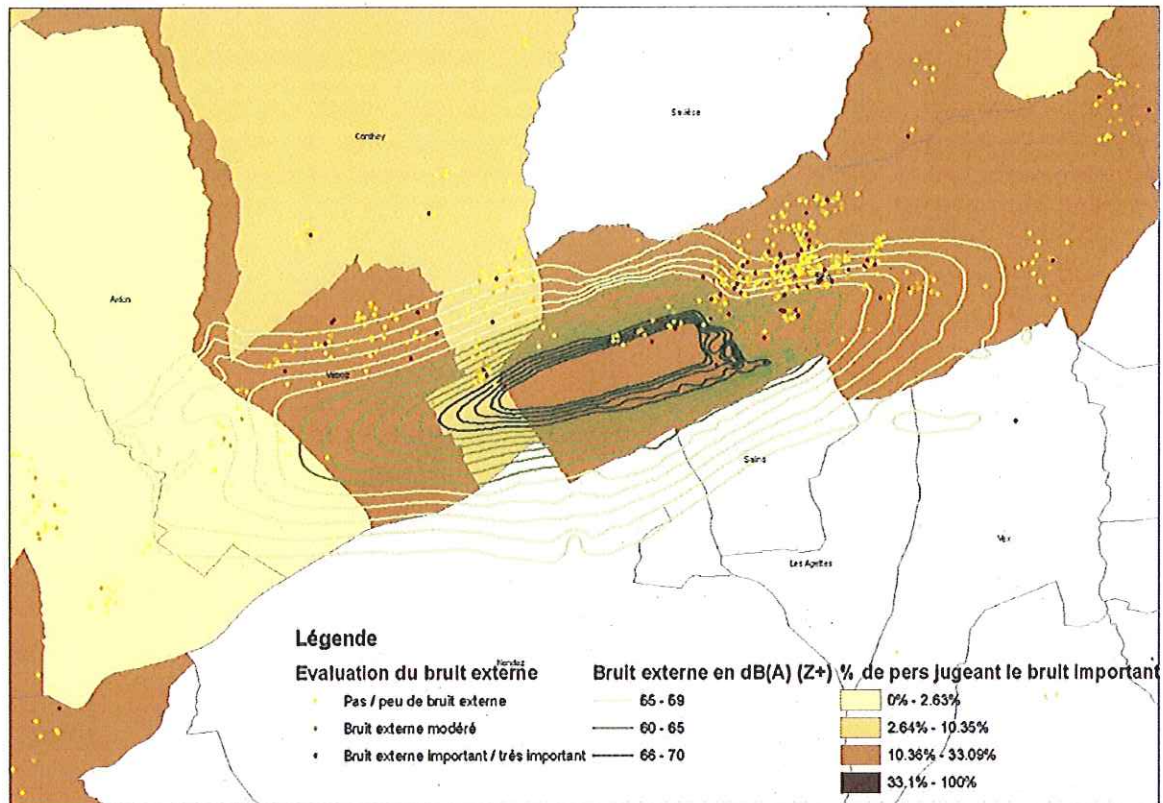
1.3 Comparaison de l'évaluation subjective du bruit avec les données de bruit mesurées en dB(A)

Nous comparons maintenant les données subjectives d'exposition au bruit externe tirées de l'enquête 2003 avec les données de bruit des avions exprimées en dB(A) mesurée par l'EMPA. Les données de l'EMPA sont représentées par des isophones de bruit, chaque isophone correspondant à une valeur de bruit annuelle moyenne exprimée en dB(A). Les données de bruit des avions en dB(A) utilisées dans la comparaison sont celles reflétant le plus précisément la situation actuelle. Ainsi, les isophones de bruit aérien considérées sont celles du scénario 2 (bruit Z+), qui correspondent au bruit de 67'089 vols civils et 10'378 vols militaires par année.

Les données de l'enquête 2003 sont géocodées, ce qui permet de les représenter sur une carte au point d'adresse du répondant. Afin de comparer les évaluations subjectives de bruit avec les données de bruit mesurées en dB(A), nous avons pu attribuer à chaque répondant, grâce aux données système d'information géographique (SIG), une donnée de bruit mesurée en décibel. Ainsi, nous avons associé à chaque répondant la valeur de l'isophone de bruit la plus proche. Pour chaque répondant, nous pouvons maintenant comparer son évaluation subjective du bruit externe avec le bruit des avions mesuré en décibel. Le coefficient de corrélation entre la variable de l'évaluation subjective du bruit et la variable de bruit mesuré en dB(A) est de 22%. Cela signifie que la variation du bruit des avions en dB(A) permet d'expliquer 22% de la variation de bruit subjective. Ce coefficient est relativement faible et reflète l'imperfection de la variable de bruit externe de l'enquête 2003 pour analyser le bruit spécifique des avions, notamment parce que les mesures d'isolation phonique ne sont pas

prises en compte et que le bruit perçu ne correspond pas uniquement à celui des avions. La Figure 2 ci-dessous représente l'évaluation subjective du bruit externe, les courbes de bruit aérien Z+ en dB(A), ainsi que le pourcentage d'individus interrogés par commune qui jugent le bruit externe important/très important.

Figure 2 : Évaluation subjective du bruit externe et bruit aérien Z+ mesuré en dB(A)



Sources des données : Enquête sur la structure des loyers 2003, OFS et EMPA.

Il apparaît dans cette figure que le lien entre bruit externe mesuré de manière subjective et le bruit des avions en dB(A) n'est pas systématique, ce que confirme le coefficient de corrélation relativement faible obtenu précédemment. Pour plus de précision concernant cette relation, il faudrait pouvoir réaliser une enquête propre sur le terrain avec un questionnaire plus précis en ce qui concerne le bruit aérien (civil et/ou militaire) spécifiquement.

Par ailleurs, il ne faudrait pas tenir compte uniquement des valeurs de bruit moyennes annuelles, mais également de la variation du bruit. En effet, il a été démontré (cf. Nelson 1982) que ce sont les variations de bruit qui sont le plus gênantes pour les individus. Or, en ce qui concerne le bruit des avions militaires, c'est justement la dynamique du bruit qui est très importante.

En ce qui concerne les valeurs moyennes annuelles de bruit, une étude réalisée pour le canton de Genève (Baranzini et al. 2010), montre toutefois que dans le cas du trafic routier, les données de bruit mesurées en dB(A) reflètent fidèlement la gêne ressentie par les individus dans leur évaluation subjective du bruit.

2. DEVALUATION FONCIERE DUE AUX NUISANCES SONORES

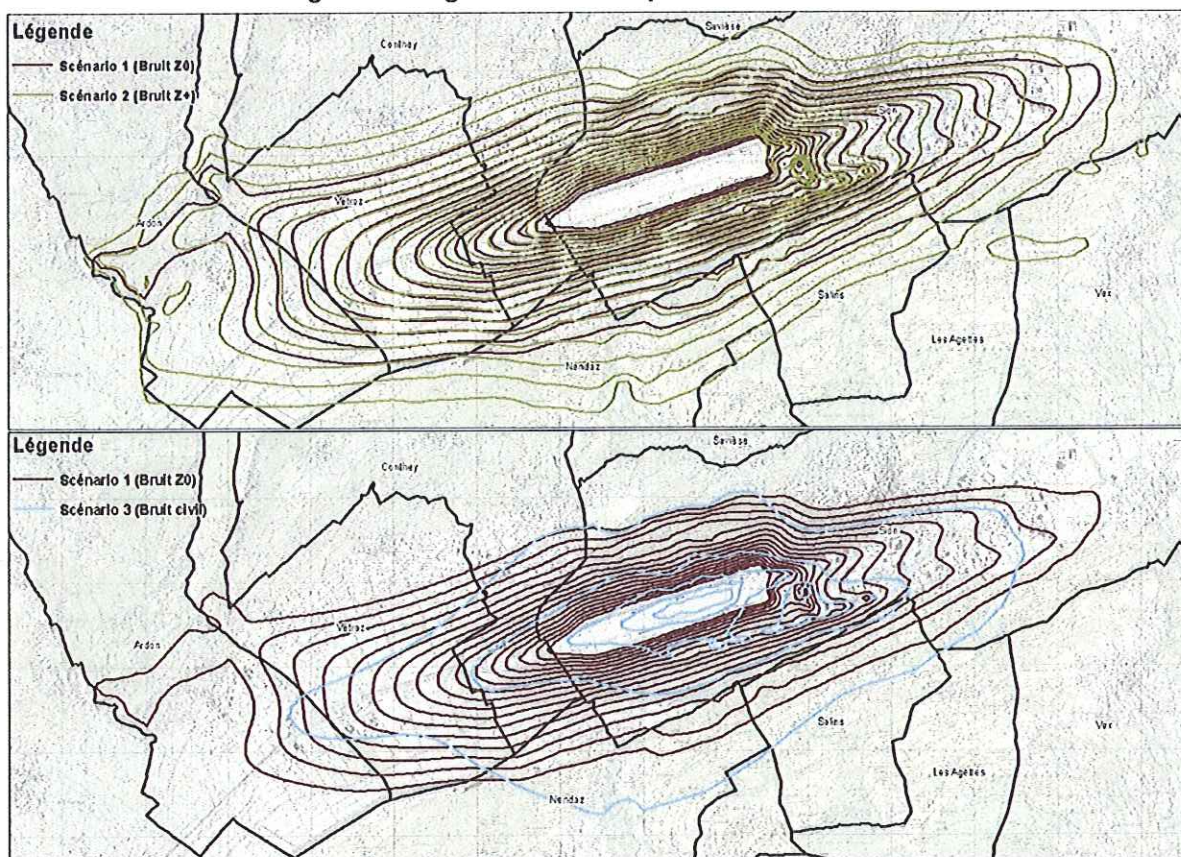
2.1 Contexte

Il s'agit dans cette partie d'effectuer une estimation de l'impact sur les valeurs foncières dans la région concernée par le bruit des avions de différents scénarios de développement de l'aérodrome de Sion. Le scénario de référence est le scénario 1, soit les isophones de bruit Z0. Pour réaliser cette analyse, il faut étudier la variation de l'exposition au bruit entre le scénario de référence (scénario 1) et les deux scénarios alternatifs (scénarios 2 et 3). Il s'agit donc de voir comment l'exposition au bruit des différentes zones change lorsque l'activité militaire passe à 1'000 mouvements F/A 18, soit les isophones de bruit Z+ (scénario 2) et lorsque l'activité civile est développée et l'activité militaire abandonnée, soit les isophones « civiles » 2000 (scénario 3). À noter que les zones considérées correspondent à un regroupement de parcelles selon notamment les zones d'affectations du sol, les données spécifiques pour la valeur de chaque bien-fonds n'étant pas disponibles. Nous avons pris en considération les parcelles situées dans les zones à bâtir, les zones mixtes, industrielles et artisanales, ainsi que dans quelques zones d'affectation différée proches des zones à bâtir. Les parcelles construites qui ne sont pas localisées dans ces zones, mais par exemple dans une zone agricole, ne sont pas considérées.

La Figure 3 ci-dessous représente l'ensemble de la région concernée par le bruit aérien. Les communes de Sion, Conthey, Vétroz, Nendaz (Aproz), Les Agettes, Salins et Ardon sont touchées par le bruit des avions. Dans la partie supérieure de la Figure 3, nous avons représenté le bruit aérien pour les scénarios 1 et 2, soit les isophones de bruit de 55 dB(A) à 70 dB(A), par dB(A), pour les bruits Z0 et Z+. Nous constatons que le scénario 2 implique une exposition plus étendue au bruit des avions que le scénario 1. Dans la partie inférieure, le bruit aérien pour les scénarios 1 et 3 est reporté, soit les isophones de bruit de 55 dB(A) à 70 dB(A), par dB(A), pour le scénario 1 et les isophones de bruit de 55 dB(A) à 75 dB(A), par 5 dB(A), pour le scénario 3.²

² Nous n'avons pas pu accéder aux données de bruit par dB(A) pour le scénario 3.

Figure 3 : Région concernée par les trois scénarios



Source des données : EMPA.

2.2 Méthodologie

La méthodologie utilisée pour évaluer l'impact sur les valeurs foncières d'une variation de l'exposition au bruit des avions est la suivante :

- 1) Attribution à chaque zone d'une valeur de bruit en dB(A) pour chacun des trois scénarios ;
- 2) Calcul de la variation de l'exposition au bruit des avions en dB(A) pour chaque zone entre le scénario 1 (scénario de référence) et les scénarios 2 et 3 ;
- 3) Estimation de l'appréciation / dépréciation de la valeur foncière de chaque zone selon les différents scénarios ;
- 4) Détermination de l'impact des différents scénarios en termes de valeurs foncières sur l'ensemble de la région concernée.

2.2.1 Attribution des valeurs d'exposition au bruit à chaque zone

La première étape consiste à attribuer à chaque zone une valeur d'exposition au bruit aérien en décibel pour chacun des trois scénarios. L'attribution des valeurs de bruit est réalisée de la manière suivante :

- Si la zone est coupée par une seule isophone de bruit, le niveau de bruit correspondant à cette isophone est attribué à l'ensemble de la zone
- Si la zone est coupée par plus d'une isophone de bruit, la valeur moyenne des isophones de bruit (ci-après bruit moyen) ainsi que la valeur la plus élevée des

isophones de bruit (ci-après bruit maximum) sont attribués à la zone. À noter que la taille des zones est très variable, la taille moyenne étant de 26'527 m², avec la zone la plus petite ayant une surface de 47 m² et la zone la plus grande une surface de 614'440 m². Il ne nous a pas été possible avec les données à disposition d'être plus précis dans la détermination des zones (en parcelles par exemple). Ainsi, les zones les plus grandes peuvent être traversées par plusieurs isophones de bruit. Dans le cas où une zone est traversée par plus de 5 isophones de bruit (correspondant à 5 dB(A), soit une variation supérieure au doublement du niveau sonore), la zone n'est pas considérée dans le calcul, car il en résulte trop d'imprécision. Selon ce critère, 6 zones au total ont été éliminées des calculs.

- Si la zone n'est coupée par aucune isophone de bruit, le niveau de bruit correspond à l'isophone la plus proche de la zone est attribué à la zone.

Malgré l'application stricte de la méthodologie ci-dessus, l'attribution de valeurs de bruit à des zones reste très approximative. Afin de tenir compte de cette incertitude, nous considérons toujours le bruit moyen et le bruit maximum dans les calculs de l'impact foncier.

2.2.2 Calcul de la variation de bruit en décibel

Un niveau de bruit pour chaque scénario ayant été attribué à chaque zone pour chacun des trois scénarios, il est possible de déterminer la variation d'exposition au bruit qui résulte des deux scénarios alternatifs de développement de l'aérodrome. Ainsi, nous avons calculé pour chaque zone la variation de bruit qui résulte d'un développement des activités militaires (scénario 2) et d'un développement des activités civiles et abandon des activités militaires (scénario 3) par rapport au scénario de référence (scénario 1).

Cette étape est essentielle car c'est justement la variation de l'exposition au bruit, en décibel, de chaque zone qui va être déterminant pour calculer l'impact sur les valeurs foncières.

2.2.3 Estimation de la dépréciation / appréciation de la valeur foncière de chaque zone

Une fois déterminée la variation en décibel du niveau d'exposition au bruit aérien pour chaque zone, nous pouvons estimer la dépréciation / appréciation de la valeur foncière qui résulte de la variation du bruit.

Pour réaliser cette estimation, il faut connaître l'impact sur la valeur foncière d'un décibel supplémentaire de bruit. Cette estimation peut être réalisée grâce à la méthode hédoniste, très utilisée dans le domaine de l'immobilier (voir Baranzini et al. 2008 pour un résumé des applications de la méthode dans ce domaine). Basée sur l'hypothèse que le marché immobilier est compétitif, la fonction hédoniste décrit l'ensemble des lieux d'équilibre entre le montant maximum que le consommateur est disposé à payer pour les différentes combinaisons de caractéristiques (pour un niveau d'utilité et de revenu donnés) et le montant minimum que le producteur est prêt à accepter pour ces mêmes combinaisons de caractéristiques (pour un niveau de profit donné). Cette méthode permet donc de décomposer le prix d'un bien immobilier, ou le loyer d'un appartement, en fonction des différentes caractéristiques qui composent le bien et d'estimer les prix implicites des caractéristiques qui résultent de l'équilibre entre l'offre et la demande. On suppose donc que le marché immobilier tient compte des caractéristiques des biens et attribue un prix individuel et uniforme à chaque caractéristique.

Ainsi, chaque bien immobilier est un "panier" contenant diverses quantités d'attributs (les indicateurs de qualité) dont on connaît le prix global, mais pas les prix unitaires des caractéristiques. Il s'agit donc de prendre en considération toutes les caractéristiques qui ont un impact significatif sur le prix du bien. Pour chaque bien immobilier, on écrit:

$$\text{Prix} = p_0 + p_1 \times (\text{surface en m}^2) + p_2 \times (\text{nombre de salles d'eau}) + p_3 \times (\text{période de construction}) + p_4 \times (\text{nombre d'appartements dans l'immeuble}) + \dots + p_N \times (\text{distance à la gare}) + \varepsilon$$

où ε est un résidu non expliqué, un écart que l'on ne peut pas exclure entre le prix théorique et le prix effectif et les p sont des prix implicites ou "prix hédonistes" des caractéristiques. Statistiquement, on cherche des valeurs pour les prix p_0 à p_N de façon à minimiser les résidus non expliqués ε . De cette façon, on peut comprendre le prix d'un bien immobilier comme étant la somme des prix \times quantité de chaque caractéristique qu'il contient.³ Les prix négatifs sont à comprendre comme des compensations pour des caractéristiques qui péjorent la valeur d'usage du bien immobilier. Une fois estimés, les prix implicites peuvent être utilisés pour mettre en évidence l'impact d'un attribut particulier sur le prix du bien, soit par exemple l'impact sur le prix du bien d'une pièce supplémentaire ou d'une augmentation de l'exposition au bruit des avions, toutes les autres caractéristiques restant les mêmes.

Comme il n'est pas possible, en raison des données disponibles, d'effectuer une étude spécifique pour la région de l'aérodrome de Sion pour calculer le prix implicite du décibel, nous allons nous baser sur les études existantes réalisées en Suisse. Plusieurs études (par exemple Salvi 2003 et Salvi 2008 dans la région zurichoise, et Baranzini et Ramirez 2005 pour la région genevoise) ont appliqué la méthode hédoniste et ont mis en évidence l'impact des différentes caractéristiques, dont l'impact du bruit aérien, sur les valeurs des transactions immobilières et les loyers. Le prix implicite du décibel de bruit supplémentaire calculé dans les études susmentionnées est résumé dans le Tableau 1 ci-dessous.⁴

Tableau 1 : Prix implicite d'un décibel de bruit supplémentaire

Auteur	Prix implicite	Écart-type du prix implicite	Application
Salvi (2003)	-0.75%	0.1%	Prix de transaction de maisons individuelles
Salvi (2008)	-0.98%	0.1%	Prix de transaction de maisons individuelles
Baranzini & Ramirez (2005)	-0.69%	0.2%	Loyers

Nous choisissons de nous baser sur le prix implicite estimé par Salvi (2003), soit -0.75% par décibel supplémentaire de bruit aérien au-dessus de 50dB. Ce coefficient signifie que, sur l'ensemble de la région de l'aéroport de Zurich, un bien immobilier exposé à un décibel supplémentaire de bruit, sera vendu en moyenne 0.75% moins cher que les autres biens, toutes les autres caractéristiques restant les mêmes, et cela indépendamment du fait qu'ils soient exposés à un niveau de bruit supérieur aux valeurs de planification, limite ou d'alarme définies dans l'Ordonnance de protection contre le bruit (OPB). Ce prix implicite de -0.75% représente l'impact moyen sur l'ensemble des prix de transaction dans la région étudiée, et peut varier sensiblement selon les transactions. Cette variation peut être représentée par

³ Le Tribunal fédéral a accepté le 8 février 2008 (décision 1E.15/2007 et 1E.16/2007, ATF 134 II 49) que la perte de valeur d'une maison exposée au bruit de l'aéroport de Kloten pouvait être estimée par la seule application de la méthode hédoniste, sans qu'il soit nécessaire de procéder à une appréciation sur place ou de tenir compte des méthodes plus classiques des évaluateurs.

⁴ L'écart-type mesure la dispersion théorique de la valeur d'un coefficient estimé, qui est toujours incertain, autour de sa valeur centrale. Ainsi, un écart-type de 0.1% pour un coefficient estimé de -0.75% signifie qu'avec une probabilité de 68% la véritable valeur du coefficient se situe entre -0.65% et -0.85% et qu'avec une probabilité de 95% elle se situe entre -0.55% et -0.95%.

l'écart-type du coefficient (0.1%) que nous prendrons en considération dans l'analyse de sensibilité des résultats (point 2.4 ci-dessous).

Étant donné que dans le cas du présent mandat, nous possédons des données sur les valeurs foncières uniquement, il nous faut en outre supposer une relation entre le prix de transaction et le prix du terrain.

La relation entre le prix de transaction et le prix foncier est basé sur le raisonnement suivant :

- Selon la théorie de la valeur résiduelle, la valeur du terrain (T) est obtenue par la différence entre le prix de transaction de l'immeuble (I , comprenant la valeur du terrain ainsi que les coûts de construction de l'immeuble) et le coût de construction (C), soit $T = I - C$.
- Par ailleurs, selon la méthode hédoniste, le prix de transaction d'un immeuble soumis au bruit (I_1) est égal à $I_1 = (1 - a)I_0$, où I_0 est le prix de transaction de l'immeuble non exposé au bruit et a le prix implicite du bruit (le pourcentage de baisse de prix résultant du bruit). La perte de valeur immobilière due au bruit est donc égale à $I_0 - I_1 = aI_0$.
- Nous supposons également que le coût de construction n'est pas affecté par le bruit et obtenons alors : $T_1 = I_1 - C = (1 - a)I_0 - C = T_0 - aI_0$.⁵
- Un ratio de 20% entre le prix du terrain et le prix de la transaction est typiquement admis. En appliquant ce rapport, nous obtenons : $T_1 = T_0 - 5aT_0$. Le terrain subit ainsi une perte de valeur dans une proportion cinq fois plus élevée que le prix de l'immeuble (i.e. $T_0 - T_1 = 5aT_0$). Afin de tenir compte de la baisse du prix de transaction, nous supposons donc dans ce raisonnement que l'impact d'un décibel supplémentaire de bruit sur la valeur des terrains, nus comme construits, est cinq fois plus élevé que l'impact du bruit sur le prix de transaction de l'immeuble.

Ainsi, pour déterminer la dépréciation / appréciation moyenne de la valeur foncière de chaque zone, il suffit de multiplier la variation de bruit en décibel (point 2.2.2) par le prix implicite du bruit sur la valeur immobilière (soit -0.75% selon Salvi 2003) $\times 5$ pour tenir compte du fait qu'il s'agit de l'impact sur la valeur du terrain. Il résulte de ce calcul la diminution du prix du m² de terrain pour chaque zone considérée.

2.2.4 Estimation de la dépréciation / appréciation pour l'ensemble de la zone

Pour obtenir l'impact sur les valeurs foncières pour l'ensemble de la région concernée par les différents scénarios, il suffit de multiplier la variation de prix du m² de terrain pour chaque zone (point 2.2.3) par la surface respective de chaque zone.

2.3 Estimation de l'impact foncier

Pour chaque commune exposée au bruit des avions dans la région de l'aérodrome, nous avons obtenu des fourchettes de prix du m² de terrain pour différentes zones. Le découpage des communes en zones correspond de manière générale aux différentes zones d'affectation du sol. Étant donné que nous n'avons pas plus de précisions sur la distribution du prix à l'intérieur de chaque zone, nous avons considéré le prix moyen du m² de terrain

⁵ Un raisonnement alternatif consisterait à supposer que le prix de la transaction n'est pas affecté par le bruit, mais que le coût de construction augmente en raison des mesures anti-bruit. Dans ce cas, le terrain subirait une perte de valeur dans une proportion égale à 4 fois le pourcentage de supplément de coût de construction pour les mesures anti-bruit. Si le propriétaire peut choisir entre dépenser le coût des mesures anti-bruit ou subir le bruit à travers une baisse de valeur, alors il choisit la mesure la moins coûteuse. La perte de valeur du terrain est donc celle qui minimise les pertes calculées selon les deux raisonnements. A défaut d'une estimation du coût des mesures de protection, nous considérons le premier raisonnement.

pour chaque zone. Le Tableau 2 ci-dessous reporte les statistiques descriptives relatives des valeurs foncières sur l'ensemble de la région en fonction des différents types d'affectation du sol.

Tableau 2 : Prix moyen, minimum et maximum du m² par type de zone d'affectation

	Nb de zones	Prix moyen	Prix min	Prix max
Toutes les zones	378	287	40	3500
Zone d'affectation différée	4	180	180	180
Zone vieux village	52	265	125	1400
Zone à bâtir	253	320	85	3500
Zone mixte	28	292	90	800
Zone artisanale	9	123	40	155
Zone industrielle	25	76	42	190

Nous pouvons constater que le prix moyen varie significativement en fonction de l'affectation, mais également en fonction de la localisation. En effet, le prix du terrain peut varier de 40 CHF/m² à 3'500 CHF/m² selon la localisation et le type de zone, et de 85 CHF/m² à 3'500 CHF/m² pour les seules zones à bâtir.

Après avoir attribué à chaque zone un niveau de bruit en décibel pour chacun des 3 scénarios (point 2.2.1), nous pouvons calculer la variation de bruit en décibel pour les différentes zones lors du passage du scénario 1 au scénario 2 et 3 respectivement (point 2.2.2). Cette variation d'exposition au bruit est résumée dans le Tableau 3 ci-dessous. Nous constatons ainsi que si l'on passe du scénario 1 au scénario 2, l'exposition au bruit aérien augmente de 1.66 dB(A) si l'on considère le bruit moyen de la zone, et de 1.69 si l'on considère le bruit maximum de la zone. Pour les zones très touchées, la variation d'exposition au bruit peut aller jusqu'à 4 dB(A), soit une variation supérieure au doublement du bruit.

Tableau 3 : variation (en décibel) de l'exposition au bruit selon le scénario

	Obs	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Scénario 1 → Scénario 2					
Bruit moyen: Z0 → Z+	378	+1.66	+0.89	0	+3.55
Bruit max: Z0 → Z+	378	+1.69	+0.90	0	+4
Scénario 1 → Scénario 3					
Bruit moyen: Z0 → civil	378	-0.55	+1.72	-8	+4
Bruit max: Z0 → civil	378	-0.66	+1.83	-8	+4

Pour ce qui est du passage du scénario 1 au scénario 3, nous observons en moyenne une diminution de l'exposition au bruit de 0.5 dB(A), mais avec une plus grande variabilité, l'exposition au bruit pouvant diminuer de 8 dB(A) ou au contraire augmenter de 4 dB(A).

En se référant à l'impact moyen (prix implicite) du bruit calculé par Salvi (2003), soit -0.75% par décibel supplémentaire, et en se basant sur le raisonnement développé précédemment sur le lien entre les valeurs des transactions et le prix du terrain (point 2.2.3), nous pouvons maintenant calculer la dépréciation / appréciation des valeurs foncières. Les impacts, en pourcentage et en CHF/ m², des deux scénarios alternatifs de développement de

l'aérodrome sur les valeurs foncières pour l'ensemble de la région sont reportés dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Dépréciation / appréciation des prix fonciers, en % et en valeur, pour les deux scénarios alternatifs (obs=378)

	Moyenne		Ecart-type		Min		Max	
	en %	en CHF/m ²	en %	en CHF/m ²	en %	en CHF/m ²	en %	en CHF/m ²
Scénario 1 → Scénario 2								
Bruit moyen: Z0 → Z+	-6.2%	-16.7	+3.3%	+30.9	-13.3%	-262.5	0%	0.0
Bruit max: Z0 → Z+	-6.3%	-17.4	+3.4%	+31.7	-15.0%	-262.5	0%	0.0
Scénario 1 → Scénario 3								
Bruit moyen: Z0 → civil	+2.0%	+6.5	+6.4%	+21.8	-15.0%	-27.0	+30.0%	+200.6
Bruit max: Z0 → civil	+2.5%	+8.5	+6.8%	+30.0	-15.0%	-27.0	+30.0%	+365.6

Considérons dans un premier temps le passage du scénario 1 au scénario 2. Dans le cas du développement des activités militaires, l'impact foncier est une baisse moyenne des valeurs de 6.2% pour l'ensemble de la région considérée, ce qui correspond en moyenne à une perte de valeur de 17 CHF/m² environ. Pour les terrains les plus exposés au bruit des vols militaires, la perte de valeur peut s'élever jusqu'à 13.3% (15% si l'on considère le bruit maximum). La diminution maximale de la valeur foncière se monte pour le scénario 2 à 263 CHF/m², ce qui correspond à une zone à bâtir localisée dans la commune de Sion. À noter que la variation en pourcent dépend du prix moyen initial du m² de terrain dans la zone considérée. Ainsi, la perte de valeur maximale en % de 13.3% correspond en fait à une diminution du prix du terrain de 15 CHF/m², tandis que la baisse maximale en francs de 263 CHF/m² représente une diminution de 7.5% du prix du m² pour la zone en question. Dans le cas du scénario 2, certains terrains ne subissent pas de perte de valeur mais l'exposition au bruit étant généralement plus élevée sur l'ensemble de la région, aucun terrain ne s'apprécie avec ce scénario.

Si l'on considère maintenant le scénario 3, soit l'abandon des activités militaires et le développement des activités civiles, on obtient une appréciation moyenne des valeurs foncières de 2.0 à 2.5%, soit une augmentation de l'ordre de 7 CHF/m². À noter que dans ce scénario, certains terrains subissent une perte de valeur pouvant aller jusqu'à 15%, alors que d'autres peuvent s'apprécier de 30%. La perte de valeur maximale pour ce scénario est de 27 CHF/m² alors que l'appréciation maximale de la valeur foncière correspond à une augmentation de 201 CHF/m² (366 CHF/m²) si l'on considère le bruit moyen (bruit maximum) de la zone.

2.4 Résultat global et analyse de sensibilité

En tenant compte de la surface des différents terrains sur l'ensemble de la région, la dépréciation totale de l'ensemble des terrains qui résulte du développement des activités militaires (scénario 2) se monte de CHF 153 à 178 millions selon que l'on utilise le bruit moyen ou le bruit maximum de la zone. En ce qui concerne le scénario d'abandon des activités militaires et le développement des activités civiles (scénario 3), l'appréciation totale des valeurs foncières pour l'ensemble des terrains de la région se monte entre CHF 101 à 165 millions selon que l'on utilise le bruit moyen ou le bruit maximum de la zone.

Les résultats ci-dessus dépendent de plusieurs éléments, à savoir :

1. De la variation de l'exposition au bruit chaque zone en fonction des différents scénarios et donc de l'attribution à chaque zone d'une valeur de bruit. Afin de tenir compte de l'approximation qui résulte de l'attribution des valeurs de bruit, nous reportons le calcul de l'impact foncier selon que le bruit considéré est le bruit moyen de la zone ou le bruit maximum de la zone.
2. De la relation considérée entre le prix de la transaction et le prix du terrain. En effet, ayant obtenu uniquement des données sur les valeurs foncières, nous avons dû supposer une relation entre le prix du terrain et le prix de transaction de manière à pouvoir estimer l'impact foncier des différents scénarios. Nous avons ainsi supposé un ratio de 20% entre le prix du terrain et le prix de la transaction. Ce ratio de 20% est généralement admis dans les milieux immobiliers, bien qu'il ne soit pas toujours satisfaisant, par exemple pour les immeubles situés en ville. Ainsi, si l'on considérait un rapport de 15% entre le prix du terrain et le prix de transaction, il en résulterait pour le scénario 2 (scénario 3) une dépréciation (une appréciation) plus forte des valeurs foncières d'un tiers par rapport aux résultats avec le ratio de 20%. Si au contraire, on considérait un rapport de 25% entre le prix foncier et le prix de transaction, il en résulterait pour le scénario 2 (scénario 3) une dépréciation (une appréciation) plus faible des valeurs foncières d'un cinquième par rapport aux résultats obtenus avec le ratio de 20% utilisé dans les calculs.
3. Du prix implicite du décibel calculé par la méthode hédoniste et considéré dans les calculs. En effet, le coefficient de -0.75% (Salvi 2003) indique l'impact moyen sur le prix de transaction lorsque l'exposition au bruit varie d'un décibel au-dessus de 50 dB. Or, comme mentionné au point 2.2.3, cet impact peut varier sensiblement selon les immeubles, la variation de ce coefficient étant synthétisée par l'écart-type (0.1% dans notre cas). Ainsi, en tenant compte de cet écart-type, nous pouvons déterminer l'intervalle de confiance du coefficient à 95%, soit la fourchette à l'intérieur de laquelle le coefficient se situe avec une probabilité de 95%.⁶ Cela permet également de tenir compte du fait que le prix moyen estimé du décibel varie sensiblement selon les études. Les résultats des intervalles de confiance sont reportés dans le Tableau 5 ci-dessous. Si l'on considère le scénario 2, la dépréciation totale des valeurs foncières basées sur le bruit moyen se situe dans une fourchette de CHF -193 à -113 millions. Pour le scénario 3, l'appréciation des valeurs foncières se situe dans une fourchette de CHF $+75$ à $+128$ millions par rapport au scénario de référence. Pour les deux scénarios alternatifs, nous observons donc une variation de plus ou moins 26% par rapport au résultat basé sur l'impact moyen.

⁶ Les valeurs de l'intervalle de confiance dépendent de l'écart-type (se) estimé du coefficient (β), du niveau de probabilité, α , désiré (soit 95%) et du nombre d'observations. En admettant une distribution normale des observations, le test t de Student donne la probabilité de distribution du coefficient. La formule pour déterminer l'intervalle de confiance du coefficient est $\beta \pm t_{\alpha/2} se(\beta)$.

Tableau 5 : Dépréciation / appréciation des prix fonciers pour l'ensemble de la région et intervalle de confiance à 95% (observations=378)

	Impact moyen (millions CHF)		
	Intervalle de confiance à 95%		
Scénario 1 → Scénario 2			
Bruit moyen: Z0 → Z+	-193	-153	-113
Bruit max: Z0 → Z+	-224	-178	-131
Scénario 1 → Scénario 3			
Bruit moyen: Z0 → civil	+75	+101	+128
Bruit max: Z0 → civil	+122	+165	+208

Rappelons que ces valeurs prennent en considération à la fois la perte de valeur des terrains nus et des terrains construits, en passant par la perte de valeur des immeubles existants ou potentiels.

À noter finalement que les dépréciations dépendent également des mesures de protection contre le bruit et de leurs coûts. Pour rappel, la méthode hédoniste estime les prix implicites qui résultent de l'équilibre entre l'offre et de la demande. Elle ne tient donc pas compte explicitement des coûts de construction du bien, ou des coûts des mesures anti-bruit. Dans le modèle de Salvi (2003), les bâtiments subissent une perte de valeur de -0.75% indépendamment du fait qu'ils soient exposés à un niveau de bruit supérieur aux valeurs de planification, limite ou d'alarme définies dans l'Ordonnance de protection contre le bruit (OPB). Les données à disposition ne permettent pas non plus de tenir compte des mesures anti-bruit éventuelles. Pour tenir compte des différentes valeurs seuils définies dans l'OPB et des mesures anti-bruit, il faudrait directement prendre en compte les seuils et les mesures anti-bruit dans les caractéristiques du modèle hédoniste. Par exemple, il faudrait distinguer les immeubles équipés de fenêtres doubles vitrages en fonction du niveau de bruit auquel le bâtiment est exposé. Dans ce cas, l'effet négatif du bruit sur la valeur du bien serait atténué par les mesures de protection, mais il faudrait ajouter le coût de ces mesures quand il incombe aux propriétaires.

3. EXPOSITION AU BRUIT SELON L'OPB

3.1 Contexte et principes généraux

L'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) du 15 décembre 1986 fixe des limites d'immissions de bruit extérieur ainsi que les mesures d'isolation requises pour des bâtiments disposant de locaux à usage sensible au bruit⁷ situés dans des secteurs exposés au bruit. L'art 2 de l'OPB fixe des valeurs limites d'immissions, des valeurs de planification et des

⁷ Selon l'art.2 de l'OPB, les locaux dont l'usage est sensible au bruit sont :1) les pièces des habitations, à l'exclusion des cuisines sans partie habitable, des locaux sanitaires et des réduits ; et 2) les locaux d'exploitations, dans lesquels des personnes séjournent régulièrement durant une période prolongée; en sont exclus les locaux destinés à la garde d'animaux de rente et les locaux où le bruit inhérent à l'exploitation est considérable.

valeurs d'alarme. Ces valeurs dépendent de la zone d'affectation, soit du degré de sensibilité au bruit de la zone et donc du niveau de protection contre le bruit qui doit être appliqué. Quatre degrés de sensibilité sont spécifiés dans l'OPB, soit le degré I pour les zones nécessitant une protection accrue contre le bruit (zones de détente), le degré II s'applique aux zones d'habitations et aux constructions publiques, le degré III pour les zones avec des entreprises moyennement gênantes (zones mixtes) et le degré IV pour les zones admettant des entreprises bruyantes (zones industrielles).

Les limites d'exposition au bruit des aérodromes militaires sont définies dans l'annexe 8 de l'OPB tandis que pour les aérodromes civils, les limites d'exposition au bruit de l'annexe 5 de l'OPB s'appliquent. Ainsi, les valeurs limites d'exposition au bruit pour les aérodromes militaires s'appliquent pour les scénarios 1 et 2. Pour le scénario 3 en revanche, nous prenons en considération les valeurs limites d'exposition pour les aérodromes civils. Pour les aérodromes civils, des valeurs limites diffèrent sensiblement en fonction de la taille des avions (on parle de petits aéronefs si leur masse maximale au décollage est inférieure ou égale à 8'618 kg ; dans le cas contraire, il s'agit de grands avions). Le trafic aéronautique civil de l'aéroport de Sion étant composé essentiellement par des vols de petits avions, nous nous référons ci-dessous aux valeurs limites de bruit causé par le trafic de petits aéronefs. Ces valeurs limites sont reportées dans le Tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Limites d'exposition au bruit selon l'OPB

Degré de sensibilité	Valeur de planification		Valeur limite d'immissions Lr en dB(A)		Valeur d'alarme	
	Militaire	Civil	Militaire	Civil	Militaire	Civil
I	50	50	55	55	65	65
II	60	55	65	60	70	70
III	60	60	65	65	70	70
IV	65	65	70	70	75	75

3.2 Personnes, logements et surface touchés

Afin de calculer le nombre de personnes, logements et surfaces touchées pour le bruit selon les différents scénarios, nous nous sommes basés sur les données suivantes :

- Population : Pour la commune de Sion, les données de 2009 sur le nombre d'habitants par adresse sont utilisées. Pour les autres communes, les données récentes par adresse n'étant pas disponibles, nous avons approximé la population sur la base du Recensement fédéral de la population (RFP) de 2000.
- Logements : Les données proviennent du Registre fédéral des bâtiments et des logements 2010, qui spécifie le nombre de logements qu'abrite chaque bâtiment.
- Surfaces touchées : Les données sur les zones d'affectation du sol sont utilisées. L'ensemble des zones à bâtir, les zones mixtes, artisanales, industrielles, ainsi que les zones de constructions publiques et les zones d'affectation différées situées proches des zones à bâtir sont considérées. Les parcelles construites qui ne sont pas localisées dans ces zones, par exemple sur une zone agricole, ne sont pas considérées.⁸

Le nombre de personnes, de logements et de surfaces qui sont touchées par le dépassement des valeurs d'exposition au bruit, selon les degrés de sensibilité II, III et IV sont

⁸ Le calcul des surfaces touchées ne tient pas compte d'éventuelles modifications de plans de zones lorsque le niveau de bruit est modifié.

résumées dans le Tableau 7 suivant. Les variations en pourcentage du nombre de personnes, logements et surfaces touchés par un dépassement des valeurs d'exposition au bruit résultant des différents scénarios sont résumées dans le Tableau 8.

Tableau 7 : Nombre de personnes, logements et surface (en m²) touchés par un dépassement des valeurs d'exposition au bruit

Nombre de personnes avec bruit*	> valeur de planification	> valeur limite	> valeur d'alarme
Scénario 1 (Z0)	5'246	1'542	170
Scénario 2 (Z+)	6'882	2'569	666
Scénario 3 (civil)	8'677	1'911	0
Nombre de logements avec bruit*			
Scénario 1 (Z0)	2'452	645	76
Scénario 2 (Z+)	3'335	992	275
Scénario 3 (civil)	4'691	774	0
Surface (en m ²) avec bruit**			
Scénario 1 (Z0)	2'461'880	1'317'086	97'757
Scénario 2 (Z+)	3'497'127	1'550'698	206'933
Scénario 3 (civil)	3'595'304	851'331	1'151

* A l'intérieur et à l'extérieur des zones à bâtir.

** A l'intérieur des zones à bâtir

Ainsi, le nombre de personnes touchées par un bruit supérieur à la valeur d'alarme passe de 170 dans le cadre du scénario 1 à 666 avec le scénario 2, ce qui correspond presque à le multiplier par 4. En revanche, il tombe à 0 avec le scénario 3. En ce qui concerne le nombre de logements dépassant la valeur de planification, il passe de 2'452 (scénario 1), à 3'335 (scénario 2), soit une augmentation de 36%, et à 4'691 (scénario 3), soit une augmentation de 91% par rapport au scénario 1. Pour la surface de zones à bâtir dépassant la valeur limite, elle est de 1'317'086 m² pour le scénario 1, 1'550'698 m² pour le scénario 2 et 851'331 m² pour le scénario 3. Ainsi la surface de zones à bâtir dépassant la valeur limite augmente de près de 18% lorsque l'on considère le développement des activités militaires (scénario 2) alors qu'elle diminue de 35% lorsque l'on considère le développement des activités civiles et l'abandon des activités militaires (scénario 3).

Tableau 8 : Variations en pourcentage du nombre de personnes, logements et surface (en m²) touchés par un dépassement des valeurs d'exposition au bruit

	> valeur de planification	> valeur limite	> valeur d'alarme
Scénario 1 → Scénario 2			
Nombre de personnes avec bruit	+31.2%	+66.6%	+291.8%
Nombre de logements avec bruit	+36.0%	+53.8%	+261.8%
Surface (en m ²) avec bruit	+42.1%	+17.7%	+111.7%
Scénario 1 → Scénario 3			
Nombre de personnes avec bruit	+65.4%	+23.9%	-100.0%
Nombre de logements avec bruit	+91.3%	+20.0%	-100.0%
Surface (en m ²) avec bruit	+46.0%	-35.4%	-98.8%

BIBLIOGRAPHIE

- Baranzini A., Schaerer C., Thalmann P., 2010. Using measured instead of perceived noise in hedonic models, *Transportation Research Part D; Transport and Environment*, 15(8): 473 - 482.
- Baranzini A., Ramirez J., Schaerer C., Thalmann P., 2008. Applying Hedonics in the Swiss Housing Markets, *Revue suisse d'économie et statistique*, 144(4), 543-559.
- Baranzini, A., Ramirez, J.V., 2005. Paying for quietness: The impact of noise on Geneva rents. *Urban Studies* 42(4), 633-646.
- Nelson, J.P., 1982. Highway Noise and Property Values. *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(2), 117-138.
- Salvi, M., 2003. Spatial Estimation of the Impact of Airport Noise on Residential Housing Prices. Zurich: Zürcher Kantonalbank.
- Salvi, M., 2008. Spatial Estimation of the Impact of Airport Noise on Residential Housing Prices, *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 144(4) : 577-606