

Proposition présentée par les députés :

M^{mes} et MM. Lisa Mazzone, Salima Moyard, Sarah Klopmann, Jean-Michel Bugnion, Sophie Forster Carbonnier, Emilie Flamand-Lew, François Lefort, Boris Calame, Frédérique Perler, Roger Deneys, Thomas Wenger, Isabelle Brunier, Christian Frey, Christina Meissner, Lydia Schneider Hausser

Date de dépôt : 31 août 2015

Proposition de résolution

Développement de l'aéroport de Genève, le doute n'est pas permis. Une nouvelle étude d'évolution du trafic aérien multiscénario est nécessaire pour élaborer la fiche PSIA !

Le GRAND CONSEIL de la République et canton de Genève considérant :

- l'étude Intraplan sur les perspectives d'augmentation du trafic aérien à l'aéroport de Genève à l'horizon 2030, prévoyant un scénario unique de 45 000 mouvements et 10 millions de passagers supplémentaires, représentant 1 vol toutes les 90 secondes et 25 millions de passagers par an ;
- que cette étude présente des failles méthodologiques conséquentes, en particulier la non-prise en considération de l'effet de saturation et de l'élasticité-prix, ainsi que la projection d'une croissance du PIB très élevée (2,4% puis 2,2%), contredite par les instituts de prévisions ;
- que cette étude sert d'unique base à l'élaboration de la fiche du Plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique (PSIA), pilotée par le Conseil fédéral ;
- les investissements évalués à 1,4 milliard de francs qui devront être faits par Genève Aéroport pour réaliser les infrastructures prévues dans la fiche PSIA ;

- les risques financiers importants que représentent ces investissements si les infrastructures s'avèrent surdimensionnées ;
- l'impact sur la santé publique, l'environnement, la mobilité et l'aménagement du territoire que représente ce développement, avec des répercussions financières à charge de l'Etat de Genève,

invite le Conseil d'Etat

- à demander au Conseil fédéral une nouvelle étude sur les perspectives de développement de l'aéroport de Genève à l'horizon 2030, comprenant différents scénarios d'évolution du trafic aérien ;
- à imposer que la fiche PSIA soit élaborée sur la base de cette nouvelle étude multiscénario et tienne compte des objectifs cantonaux en matière de santé publique, d'environnement, de mobilité et d'aménagement ;
- à demander au conseil d'administration de l'aéroport un rapport sur les risques financiers liés aux investissements prévus pour le développement de l'aéroport.

EXPOSÉ DES MOTIFS

Mesdames et
Messieurs les députés,

La fiche du Plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique (PSIA) de l'Aéroport de Genève, qui devrait être validée fin 2016 par le Conseil fédéral, arrive au terme d'une première étape appelée protocole de coordination. De mars 2013 à juin 2015, se sont réunies à des fins de coordination et pour faciliter la réalisation de la fiche PSIA les instances concernées par l'aéroport international de Genève, à savoir la Confédération, les Cantons (Genève et Vaud), la direction de Genève Aéroport et Skyguide. Au terme de ce protocole, dont le but est de lister tous les sujets qui devront être abordés, l'élaboration de la fiche doit démarrer.

L'élaboration de cette fiche PSIA se base uniquement sur une étude commandée par l'Office fédéral de l'aviation civile au bureau allemand Intraplan, qui prévoit une augmentation de 45 000 mouvements et de 10 millions de passagers à l'horizon 2030, représentant 1 vol toutes les 90 secondes et 25 millions de passagers par an.

Une analyse scientifique de l'étude Intraplan a été réalisée par les experts de l'association Noé21, qui ont relevé de nombreuses failles méthodologiques. Leur analyse est jointe à cette résolution.

Elle permet d'établir que **la prévision de trafic aérien d'Intraplan pour 2030 n'est pas fiable. En effet, la modélisation contient des erreurs méthodologiques** : elle ne tient pas compte de l'effet de saturation du trafic avec l'augmentation du PIB et utilise des données qui ne sont statistiquement pas significatives pour dériver l'effet du prix sur la demande. La méthode utilisée surestime le rôle du PIB et sous-estime le rôle du prix : elle attribue ainsi la croissance exceptionnelle de la dernière décennie uniquement à la croissance du PIB et néglige le rôle de stimulation de la demande jouée par l'offre à bas prix du low cost. La comparaison avec la littérature confirme les doutes sur la méthode utilisée.

En particulier, les précédentes prévisions d'Intraplan ont montré leur mauvaise capacité prédictive et une tendance à systématiquement surestimer le niveau du trafic. Les chercheurs Hergebert et Thiessen, de l'université de Chemnitz, ont ainsi réalisé, en 2014, une étude empirique très fouillée des 103 prévisions d'Intraplan portant sur une quinzaine d'aéroports en Allemagne et en Suisse. Leur étude constate de profondes divergences entre les prévisions d'Intraplan et les chiffres réels avec, le plus souvent, une

surestimation de l'évolution du trafic. Selon les auteurs, « **les prévisions d'Intraplan ne présentent qu'une des voies possibles de l'évolution ; ce n'est ni la seule, ni même la plus probable, comme le montrent les erreurs systématiques des prévisions.** »

En outre, le rapport Intraplan n'est pas conforme aux standards scientifiques, puisqu'il n'est transparent ni quant aux données utilisées ni quant aux hypothèses effectuées. Les résultats sont présentés sans discussion ni analyse de sensibilité ou calcul d'erreur. Il n'est pas possible de reproduire les résultats de manière indépendante. Le lecteur ne peut donc pas se forger une opinion éclairée de la confiance qu'il peut accorder aux résultats qui lui sont présentés. Il est même induit en erreur, car il ne peut se douter du manque de fiabilité de la prévision. **Dans la mesure où cette expertise sert de support à des décisions politiques lourdes de conséquences, cette situation est préoccupante et justifie à elle seule la réalisation d'une nouvelle étude envisageant plusieurs hypothèses d'évolution du trafic aérien.**

Par ailleurs, selon d'autres scénarios, également plausibles, le trafic aérien pourrait n'augmenter que modérément. Intraplan ne présente qu'un seul scénario de projection, contrairement à ce qui est d'usage pour des prévisions à moyen ou long terme. Or, les projections de PIB d'Intraplan sont exagérément optimistes au vu des incertitudes économiques et de la tendance actuelle. De plus, aucune internalisation des coûts externes environnementaux n'est prévue ces quinze prochaines années, ni aucune occurrence d'événement défavorable au trafic aérien comme le grounding de Swissair ou les attentats du 11 septembre.

Enfin, développer les infrastructures sur le scénario de l'étude Intraplan représente un risque financier majeur. Les investissements engagés sur la base des prévisions d'Intraplan, évalués à 1,4 milliard, pourraient s'avérer un fiasco financier si les prévisions de trafic les plus optimistes n'étaient pas réalisées. Si l'infrastructure s'avérait surdimensionnée, cela aurait des conséquences directes sur la santé financière de Genève Aéroport et, partant, sur les retombées pour l'Etat de Genève.

Notons pour finir que les résultats de deux études sont attendus pour la fin de l'année : étude d'impact sur la santé publique et sur les infrastructures de mobilité dans le cas d'une réalisation de la prévision Intraplan. Ces éléments sont indispensables pour évaluer l'impact financier pour l'Etat de Genève que représente la croissance prévue par Intraplan et reprise dans la fiche PSIA. Une coordination des différentes politiques publiques de l'Etat de Genève est nécessaire et aucune décision ne

devrait être prise sans que les répercussions du développement de l'aéroport sur la santé publique, la mobilité ou l'aménagement, ainsi que les coûts qu'elles représentent, ne soient connues.

En conséquence, il est clair que les conditions ne sont pas réunies pour permettre une décision politique et que l'élaboration de la fiche PSIA sur la seule base de l'étude Intraplan représente un risque financier majeur, que le canton ne peut pas se permettre de courir. C'est pourquoi nous vous invitons, Mesdames et Messieurs les députés, à soutenir cette résolution pour permettre l'élaboration d'une nouvelle étude multiscénario et une meilleure coordination des politiques publiques.

Association Noé21
Quai Charles Page 19
1205 Genève

Genève, le 7 mai 2015

Étude Intraplan, Air Traffic Forecast Aéroport International de Genève, 2014

Madame, Monsieur,

J'ai analysé de près les données et le modèle que vous m'avez transmis (*Intraplan, Air Traffic Forecast Aéroport International de Genève, 2014*). J'ai estimé de mon côté le modèle et ai bien retrouvé les résultats communiqués.

Un examen plus fin de ces chiffres appelle cependant quelques commentaires plus critiques.

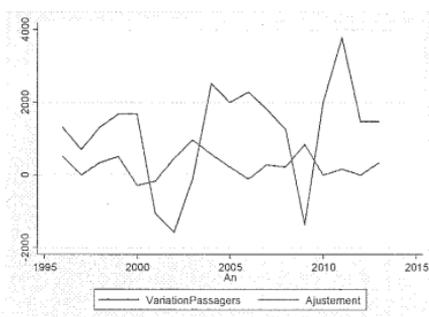
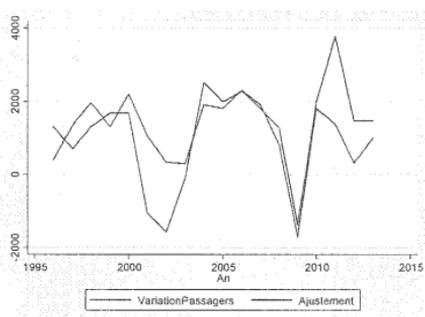
Les trois séries chronologiques mises en relation ont une évolution temporelle tellement forte («trend») que le coefficient de qualité d'ajustement (R^2) ne peut qu'être excellent...et trompeur. On constate d'ailleurs que l'écart-type de la variable explicative yield est mauvais, ce qui laisse entendre que son apport explicatif est faible.

D'autre part, j'ai remarqué que la corrélation entre les deux variables explicatives est tellement forte (0.96) que cela rend le modèle totalement instable et inadéquat (c'est ce que l'on appelle de la colinéarité). Conserver les deux variables yield et gdp revient à essayer de construire une table en alignant les quatre pieds. Nous sommes confrontés à deux problèmes classiques que les auteurs semblent avoir omis d'analyser et traiter : les effets de **trend** et de **colinéarité**.

Il est donc impératif de ne conserver qu'une seule des deux variables explicatives proposées. Comme l'écart-type du paramètre de yield est mauvais, cette variable devra probablement être abandonnée.

Avant de procéder à cette élimination, nous allons transformer le modèle afin de mieux aborder la question du trend : une manière traditionnelle de supprimer cet effet et de transformer le modèle en remplaçant chaque variable par sa différence première, c'est-à-dire l'accroissement entre le temps $t-1$ et t . Ainsi, si le trend est régulier, son effet pervers sera éliminé et l'on verra quelles variables possèdent encore un véritable pouvoir explicatif.

En procédant de la sorte sur vos données, on constate que le gdp est très significatif, alors que le yield ne l'est pas du tout. A titre d'illustration, je vous mets deux graphiques : le premier montre la variation annuelle du nombre de passagers observée et estimée sur la seule base du gdp ($R^2=0.68$). Le deuxième, la même variation du nombre de passagers expliquée par la variable yield ($R^2=0.06$).



Cela confirme que la variable yield ne doit pas figurer dans la relation proposée initialement. Il est toutefois possible que d'autres variables explicatives que le gdp interviennent pour expliquer la demande en trafic aérien. Cependant, un important travail d'analyse statistique serait nécessaire pour le montrer. A cet égard, l'étude précitée est trop sommaire pour aboutir à une conclusion solide.

Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et vous adresse, Madame, Monsieur, mes meilleures salutations.

Dr Jean-Luc Bertholet

Prévisions de trafic aérien à Genève: le diable se cache dans les hypothèses

Analyse de la fiabilité des prévisions 2030 d'Intraplan établies dans le cadre du processus PSIA

Une étude commandée par les Verts genevois

Noé21

Mai 2015



Auteurs

Association Noé21

Equipe de travail :

- Jérôme Strobel, chef de projet, physicien, consultant en stratégies énergétiques
- Chaïm Nissim, ingénieur EPFL, informaticien
- Félix Dalang, Dr chimie, spécialiste en pollution de l'environnement
- Jean-Bernard Billeter, ingénieur ETHZ

Mandant

Les Verts genevois

Table des matières

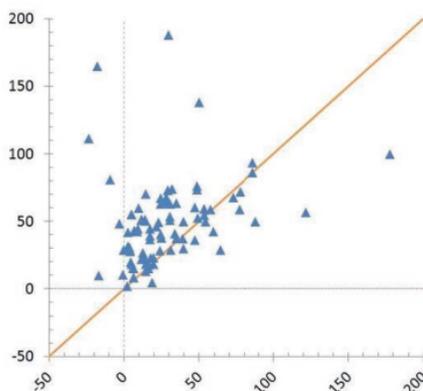
Résumé.....	4
1. Introduction.....	8
2. Les pronostics dans la littérature	10
2.1. Les principaux enseignements de la littérature	11
2.2. Le cas de l'aéroport de Munich	16
3. Le modèle Intraplan	17
3.1. Le mandat de l'OFAC à Intraplan.....	17
3.2. La méthodologie du modèle Intraplan.....	17
4. Analyse du modèle d'Intraplan	21
4.1. Que nous dit la comparaison des prévisions antérieures d'Intraplan avec la réalité ?	22
4.2. Le traitement de la variable prix est inapproprié.....	23
4.3. Le choix de la forme de la courbe de tendance est très contestable	25
4.4. L'élaboration de scénarios fait défaut.....	27
5. Scénario « croissance modérée ».....	30
5.1. Hypothèses et résultats.....	30
5.2. Discussion des résultats	33
6. Conclusion et recommandations	36
7. Références.....	38

Résumé

L'aéroport de Genève a connu une croissance de trafic extraordinaire durant la dernière décennie, accompagnée d'une augmentation importante des nuisances environnementales (+80% des passagers et +86% des émissions de CO₂). L'élaboration de la fiche PSIA de l'aéroport de Genève qui est en cours va déterminer le développement des infrastructures aéroportuaires pour les vingt prochaines années. Les autorités fédérales et le canton de Genève ont prévu pour cela de se fonder sur les prévisions de trafic en 2030 de l'étude Intraplan. La présente étude a pour objectif d'évaluer la fiabilité de ces prévisions.

L'étude a posteriori d'anciens pronostics d'Intraplan réalisée par des chercheurs de l'université de Chemnitz montre de profondes divergences entre les prévisions d'Intraplan et les chiffres réels dans les aéroports concernés. La figure ci-contre compare 103 prévisions à la réalité. La méthode d'Intraplan a tendance à surestimer la demande en trafic aérien.

Comparaison des prévisions d'Intraplan aux chiffres réels

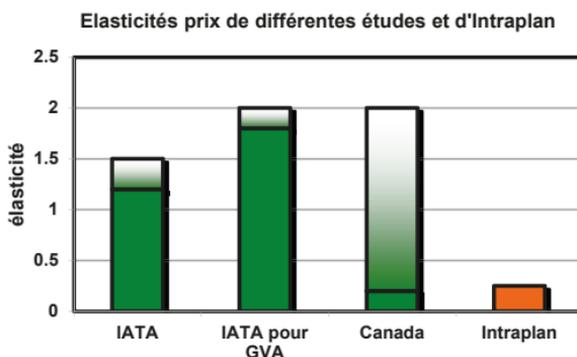


L'axe horizontal montre l'augmentation relative des chiffres réels et l'axe vertical celle des prévisions d'Intraplan. Les points au-dessus de la droite indiquent une surestimation de la prévision face à la réalité. (Heraert et Thiessen, 2014)

Notre analyse montre que la modélisation d'Intraplan présente d'importantes failles méthodologiques :

- L'effet de saturation de la demande en trafic passagers avec l'augmentation du PIB n'a pas été pris en compte alors même qu'il est largement reconnu dans la littérature. Le choix d'une modélisation par régression linéaire est ainsi très contestable et n'est d'ailleurs pas expliqué. Tout en maintenant l'hypothèse de croissance PIB soutenue d'Intraplan, ce choix pourrait à lui seul engendrer une surestimation de l'ordre de 15%, soit quelques 3,5 millions de passagers pour la prévision 2030.

- L'analyse statistique montre que la série de donnée utilisée pour modéliser la sensibilité de la demande au prix des billets n'est pas exploitable. Il est possible que l'utilisation des données de prix des billets à Genève à la place des prix moyens européens puisse fournir de meilleurs résultats, mais ceux-ci ne sont pas disponibles. Selon nous, le résultat retenu par Intraplan n'est statistiquement pas significatif. Nous relevons aussi que la littérature montre généralement une sensibilité de la demande au prix 4 à 10 fois plus forte que celle dérivée par Intraplan.



- Aucune segmentation des voyageurs n'a été effectuée ni selon leur motif de voyage (affaires ou agrément), ni selon la distance de leur destination. Or, comme le montre la littérature, la sensibilité de ces différents segments à l'évolution des prix et des revenus est très différente.

Les projections 2015-2030 des données utilisées comme input de la simulation sont optimistes. Les taux de croissance du PIB retenus par Intraplan sont élevés (voir tableau ci-dessous) alors que les prévisions des instituts spécialisés viennent d'être revues à la baisse du fait des incertitudes actuelles (franc fort, abolition du secret bancaire, réforme de l'imposition sur les entreprises,...). Un unique scénario de projection a été élaboré et celui-ci prolonge la tendance à la croissance exceptionnelle du trafic de la dernière décennie. Or, seule une approche par scénarios différenciés pourrait tenir compte des incertitudes économiques et la potentielle occurrence d'événements structurels locaux influençant le trafic aérien (comme le *grounding* de Swissair par exemple qui a eu un effet durable sur le trafic de l'ordre de 2 millions de passagers). De plus, aucune contrainte n'a été considérée sur le trafic aérien (comme l'introduction d'une taxation carbone ou la limitation des vols du fait des nuisances sonores) alors même que le débat public sur ces sujets est soutenu et son issue incertaine.

Nous déplorons également d'importantes limites scientifiques. En effet, certaines hypothèses pourtant très fortes (par exemple le choix du type de courbe de tendance) ne sont pas explicitées dans le rapport. Aucune discussion des résultats n'est présentée, et ceux-ci sont fournis sans estimation de la marge d'erreur ni analyse de sensibilité. Le lecteur ne peut donc pas se forger une opinion éclairée de la confiance qu'il peut accorder aux résultats qui lui sont présentés, ce qui est problématique lorsque, comme dans le cas présent, l'expertise sert de

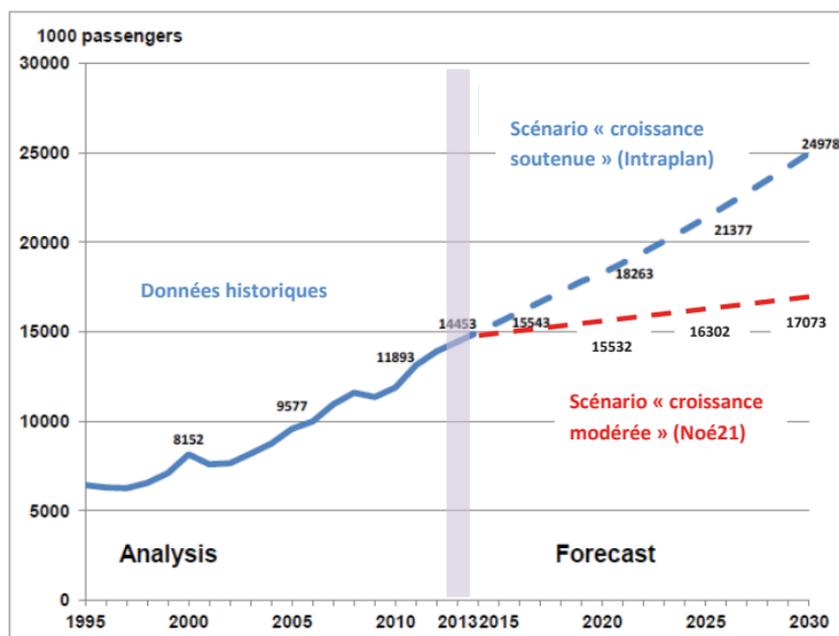
support à des décisions politiques lourdes de conséquences. Les chiffres utilisés par l'étude ne sont pas non plus fournis dans leur totalité et les unités ne sont pas cohérentes. Malgré notre demande, Intraplan a refusé de nous transmettre ces données. Il n'est dès lors pas possible de reproduire les résultats de manière indépendante. Selon nous, l'étude Intraplan ne répond pas aux exigences habituelles des revues scientifiques révisées par les pairs.

Afin d'estimer malgré tout la solidité de la prévision 2030 d'Intraplan, nous avons développé un scénario alternatif de « croissance modérée » fondé sur une évaluation plus prudente de la croissance économique et prévoyant une internalisation partielle des coûts externes ainsi que l'occurrence d'un événement structurel local défavorable au trafic aérien, comme l'a été en 2001 le *grounding* de Swissair.

Hypothèses de taux de croissance annuel du PIB selon les scénarios

	2015		2016 - 2020		2021 - 2030	
Scénarios	« Croissance soutenue » (Intraplan)	« Croissance modérée » (Noé21)	« Croissance soutenue » (Intraplan)	« Croissance modérée » (Noé21)	« Croissance soutenue » (Intraplan)	« Croissance modérée » (Noé21)
Taux annuels PIB	2.0%	1.0%	2.4%	1.3%	2.2%	1.7%

Prévisions de trafic passagers selon les scénarios



La comparaison entre le scénario « croissance modérée » qui, pour 2030, prévoit un trafic de 17,1 millions de passagers, et celle du scénario « croissance soutenue » qui en prévoit 25,0 millions montre la forte sensibilité des résultats au choix des hypothèses. Réaliser des prévisions n'est donc pas un exercice purement technique mais relève en partie de la décision politique. En l'occurrence, nous montrons que la méthode d'Intraplan considère un faible effet du prix des billets, accorde à l'augmentation du PIB un impact particulièrement élevé et prend en compte une projection du taux de PIB 2015-2030 optimiste. Ces choix sont contestables et aboutissent mécaniquement à des prévisions de trafic très élevées. Selon nous, le scénario de « croissance modérée » a une probabilité de réalisation au moins aussi élevée alors qu'il aboutit à des prévisions 2030 drastiquement différentes. En particulier, il ne justifierait aucune adaptation majeure de l'infrastructure aéroportuaire et limiterait le risque financier lié à des investissements coûteux dont la rentabilité ne peut être garantie que par un trafic passagers élevé sur le long terme. De surcroît, en limitant les nuisances, ce scénario favorise une meilleure cohérence entre le développement aéroportuaire et les politiques environnementale, énergétique, de logement et de santé publique.

La méthode de modélisation utilisée par Intraplan (et les erreurs qu'elle contient) a probablement pour effet de surestimer le rôle du PIB et de sous-estimer le rôle du prix dans la formation de la demande en trafic aérien. La littérature confirme que les élasticités-prix sont en général très supérieures. Prise à la lettre, la modélisation d'Intraplan accrédite la thèse selon laquelle l'offre n'influence que très peu la demande. Or, le développement exceptionnel de l'aéroport de Genève de cette dernière décennie est intimement lié à celui d'Easyjet. Il est dès lors probable que la baisse des prix liée au développement low cost ait stimulé la demande. Les erreurs que nous avons soulignées dans la modélisation du rôle du prix (en particulier le fait que Intraplan a utilisé les données européennes du prix des billets plutôt que les données genevoises) pourrait avoir occulté cet effet dans le modèle d'Intraplan. Des analyses supplémentaires doivent être menées de manière rigoureuses pour établir l'influence réelle du PIB et du prix des billets dans la demande en trafic aérien.

Malgré les limites de notre étude (nous n'avons eu accès ni à la totalité des données utilisées par Intraplan ni au modèle lui-même), nous avons rassemblé suffisamment d'éléments concordants pour estimer que les résultats du modèle Intraplan ne peuvent pas être considérés comme la prévision indubitable du trafic en 2030, mais comme une indication avec une probabilité de réalisation très relative. C'est pourquoi, nous recommandons aux autorités de ne pas baser la planification du développement des infrastructures aéroportuaires sur les seuls résultats de l'étude Intraplan. Nous conseillons aux autorités et à l'ensemble des participants au processus du protocole de coordination de la fiche PSIA de Genève de commander une contre-expertise à l'étude Intraplan et d'engager un processus de planification par scénarios différenciés. Plus généralement, le concept de demande en trafic aérien est trop flou et trop incertain à analyser pour en faire un élément qui détermine mécaniquement la politique publique pour l'aéroport de Genève. Au contraire, nous recommandons de définir d'abord le rôle que l'aéroport doit jouer pour Genève et la région et d'entreprendre ensuite le dimensionnement des infrastructures nécessaires sur la base des besoins ainsi établis.

1. Introduction

Depuis le début des années 2000, l'aéroport de Genève a connu une croissance extraordinaire. En 2014, il a été utilisé par 15 millions de passagers, soit une augmentation de 80% en 10 ans. Cette croissance est le résultat d'une politique aéroportuaire volontariste qui, au départ de Swissair à la fin des années 1990, a promu le développement des vols à bas prix. Aujourd'hui, la seule compagnie Easyjet représente près de la moitié du trafic. L'impact environnemental de cette croissance apparemment sans limite est énorme : les riverains souffrent de plus en plus du bruit et de la pollution atmosphérique, et les émissions de CO2 des avions au départ de Genève ont explosé de 86% en 10 ans. Le mécontentement des riverains, des communes avoisinantes et des organisations environnementales grandit et les oppositions au développement aéroportuaire se multiplient.

C'est dans ce contexte que la fiche du **Plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique (PSIA)** de l'aéroport de Genève est actuellement en cours de préparation par les autorités fédérales, cantonales et l'aéroport. La fiche PSIA est d'une importance cruciale pour le développement des infrastructures de l'aéroport de Genève ces vingt prochaines années. C'est en effet l'instrument de planification de l'aéroport exigé par la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) de même niveau hiérarchique que le plan directeur cantonal. Une fois adopté par le Conseil fédéral¹ (vraisemblablement fin 2016), la fiche PSIA s'imposera aux autorités cantonales et communales ainsi qu'à l'aéroport.

Dans le cadre de l'élaboration de la fiche PSIA, l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) a commandé une étude sur les **prévisions de trafic aérien en 2030 à l'aéroport de Genève**. Le mandat a été confié au bureau Intraplan Consult GmbH, de Munich, et constitue en fait une mise à jour des prévisions de trafic réalisées en 2005 par ce même bureau. Ces prévisions constituent la clé de voûte de l'élaboration de la fiche PSIA : pour le Conseil d'Etat, c'est sur la base de ces prévisions que la fiche PSIA identifiera les infrastructures aéroportuaires devant être développées à l'horizon 2030 pour répondre à la demande en trafic aérien « en accord avec les principes du développement durable »². La procédure semble donc indiquer que c'est avec une certaine automaticité que sera planifié le développement futur de Genève aéroport : l'étude technique indique la demande en trafic en 2030 et les infrastructures sont adaptées en fonction de cette métrique-là. Dès lors, trois questions se posent :

- Les prévisions en trafic aérien sont-elles suffisamment fiables pour justifier une telle influence sur une décision politique aussi structurante pour le canton et qui signifiera des investissements financiers colossaux ?
- Où réside l'espace de choix politique et démocratique dans le processus de décision ? N'est-on pas ici dans la confusion entre un outil d'aide à la décision, qui relève du domaine des experts et de la technique, et la décision elle-même, qui relève bien entendu du champ politique ?

¹ Rappelons que l'aéroport de Genève, bien que propriété de l'Etat de Genève, est un aéroport national et, à ce titre, son autorité de tutelle est la Confédération.

² Réponse du Conseil d'Etat à la Q3743: <http://ge.ch/grandconseil/data/texte/Q03743A.pdf>

- Quelle cohérence attendre de la politique aéroportuaire avec les autres politiques publiques qui sont liées (logement, santé publique, mobilité, énergie, protection environnement), en particulier l'objectif de la société à 2000W sans nucléaire d'ici 2050 et la réduction des émissions de CO₂ ?

Une première lecture de l'étude d'Intraplan révèle que:

- 1) **Selon Intraplan, le trafic va continuer d'augmenter de manière comparable à cette dernière décennie pour atteindre 25 millions de passagers en 2030**, ce qui signifie d'importants dégâts pour les riverains, l'environnement en général et le climat en particulier. Dans cette hypothèse, la politique énergétique cantonale qui vise à attendre la société à 2000W en 2050 est largement compromise.
- 2) L'étude manque de transparence. En particulier, elle ne fournit pas l'ensemble des données permettant de reproduire ou contester les résultats de manière indépendante. On n'y trouve ni discussion des résultats ni calcul d'erreur permettant de juger de la fiabilité des résultats obtenus. De ce fait, les lecteurs - des décideurs politiques a priori sans expertise en la matière - peuvent être induits en erreur.
- 3) Les prévisions font l'impasse sur les différents scénarios pouvant avoir un impact sur la demande en trafic aérien d'ici 2030. En particulier, le niveau de croissance économique pris en compte pour ces 15 prochaines années (de +2,2% à 2,4% par an) paraît optimiste au vu de l'évolution de la conjoncture.
- 4) La modélisation prend pour hypothèse l'absence de toute contrainte de capacité à l'aéroport de Genève et de toute décision politique pouvant contenir le trafic. En ce sens, le processus PSIA risque d'être tautologique: les prévisions présupposent des décisions qui, inévitablement, seront les décisions qui s'imposeront pour tenir compte des prévisions.

Au vu de ces éléments et compte tenu du rôle vraisemblablement déterminant que le rapport Intraplan va jouer dans la décision politique sur les infrastructures aéroportuaires, les Verts genevois ont mandaté l'association Noé21, experte en solutions aux changements climatiques, pour réaliser une analyse critique des résultats d'Intraplan.

Les objectifs de la présente étude sont :

- 1) Contextualiser les résultats obtenus par Intraplan au regard de l'état de la science en matière de prévisions de trafic aérien ;
- 2) Identifier les facteurs déterminants conduisant à l'évolution du trafic ;
- 3) Analyser la modélisation effectuée par Intraplan pour en identifier les limites et interpréter les résultats ;
- 4) Développer des scénarios permettant de tester la validité des résultats de l'étude et fournir des prévisions alternatives de trafic.

Dans le chapitre 2, nous procédons à une revue de la littérature sur les prévisions de trafic aérien et les comparons aux résultats d'Intraplan. Dans le chapitre 3, nous expliquons le modèle Intraplan. Nous en reproduisons les résultats à partir des données de base que nous avons reconstituées. Dans le chapitre 4, nous procédons à l'analyse critique de la modélisation

et en déduisons ses limites. Dans le chapitre 5 nous élaborons un scénario alternatif à celui que Intraplan prend en considération et en déduisons des prévisions alternatives de trafic en 2030. Le chapitre 6 est constitué par les recommandations et la conclusion.

2. Les pronostics dans la littérature

La prévision de la demande future en trafic aérien revêt une importance cruciale pour les aéroports, les autorités publiques, les compagnies aériennes et les constructeurs. C'est pourquoi, il existe une littérature abondante sur les variables déterminant cette demande. Comme l'étude d'Intraplan ne contient aucune référence à l'état de la science en la matière, nous en présentons ici une synthèse succincte. Cette discussion permet de mieux contextualiser et mettre en perspective les résultats de l'étude d'Intraplan.

Nous nous basons principalement sur les trois études de référence suivantes :

1. Le rapport du cabinet Intervistas réalisée pour IATA³, l'association des compagnies aériennes, « *Estimating air travel demand elasticities* »⁴ de 2007 qui estime les élasticités⁵ de la demande en trafic aérien en fonction des tarifs et des revenus (assimilable au PIB) à partir d'une revue extensive de 23 études (dont deux méta-études) et d'une analyse économétrique propre.
2. La méta-analyse du Ministère des finances du Canada de 2008, « *Élasticités de la demande de transport aérien de passagers : concepts, problèmes et mesure* »⁶, qui étudie empiriquement les élasticités de la demande en trafic aérien par rapport au prix et au revenu dans les principaux pays développés à partir d'une revue de 254 estimations tirées de 21 études.
3. Le « *Manual on air traffic forecasting* »⁷ de l'ICAO⁸ de 2006 qui fournit une vue d'ensemble des techniques utilisées pour les prévisions de trafic aérien ainsi que des conseils pour leur utilisation.

³ A noter que IATA représente 250 compagnies aériennes qui représentent 84% du trafic (source : site web IATA), mais que les compagnies low-cost n'en font pas partie.

⁴ http://www.iata.org/whatwedo/documents/economics/intervistas_elasticity_study_2007.pdf

⁵ L'élasticité mesure le taux de variation d'une variable liée (ici la demande en trafic aérien) par rapport à celui d'une variable libre (ici le prix des billets ou le revenu de la population). Ainsi, si une hausse de 1 % du prix du billet provoque une baisse de 2 % de la demande, l'élasticité de la demande par rapport au prix est de -2 (calculée par le rapport -2 %/+1 %).

⁶ http://www.fin.gc.ca/consultresp/airtravel/airtravstdy_1-fra.asp

⁷ http://www.icao.int/MID/Documents/2014/Aviation%20Data%20Analyses%20Seminar/8991_Forecasting_en.pdf

⁸ L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI ; IACO en anglais) est une institution des Nations Unies comptant 191 États membres. L'OACI œuvre à l'établissement de normes et de recommandations pour l'aviation au niveau international.

2.1. Les principaux enseignements de la littérature

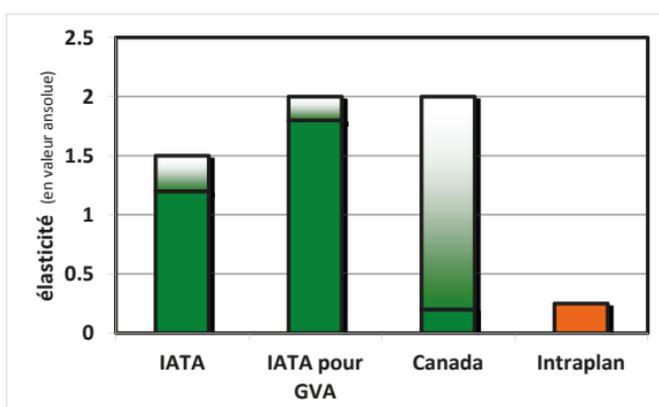
La demande en trafic aérien dépend du prix des billets et du PIB à des niveaux différents de ceux d'Intraplan

L'ensemble des études existantes concluent que la demande en trafic aérien réagit significativement à l'évolution du prix des billets ainsi qu'à celle du revenu de la population (ou corrélativement au PIB de la zone considéré), ce qui confirme l'intuition.

Tab. 1. *Elasticités par rapport au PIB selon « Estimating air travel demand elasticities », IATA, 2007 et « Élasticités de la demande de transport aérien de passagers : concepts, problèmes et mesure », Ministère des finances du Canada, 2008, ainsi que l'élasticité dérivée par Intraplan pour l'aéroport de Genève en 2013. Exemple de lecture : selon Intraplan, une augmentation du PIB de 1% induit une augmentation du trafic de 1.61%*

	Etude IATA	Etude Canada	Intraplan GVA 2013
Elasticité PIB	+1.5 à +1.7	+0.8 à +2.4	+1.61

Fig.2. *Elasticités par rapport au prix obtenues par les études « Estimating air travel demand elasticities », IATA 2007 et « Élasticités de la demande de transport aérien de passagers : concepts, problèmes et mesure », Ministère des finances du Canada 2008 avec leurs marges d'erreur ainsi que l'élasticité dérivée par Intraplan pour l'aéroport de Genève (GVA) en 2013. L'élasticité « IATA pour GVA » est l'élasticité prix IATA à laquelle les facteurs de correction préconisés par IATA pour tenir compte de la zone géographique et de la durée moyenne des vols ont été appliqués pour Genève. On considère ici la valeur absolue des élasticités, sachant que celles-ci sont négatives (la demande en trafic aérien baisse lorsque le prix des billets augmente).*

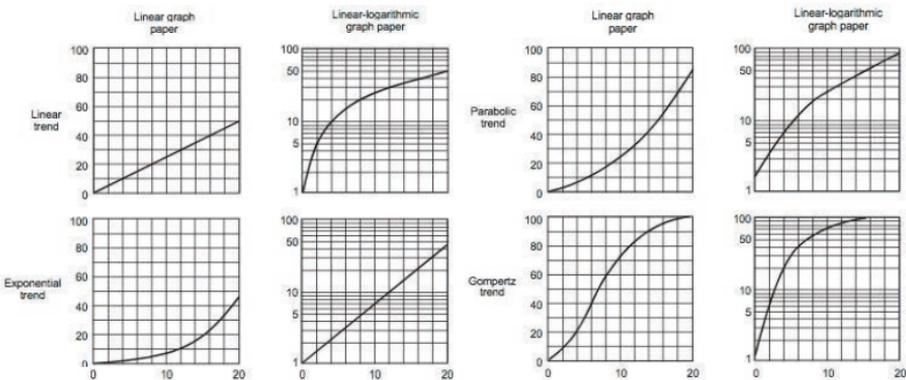


Pour ce qui concerne l'élasticité de la demande par rapport au PIB, les chiffres d'Intraplan sont en accord avec ceux de la littérature. En revanche, l'élasticité-prix d'Intraplan leur est très inférieure. Nous discuterons plus en détail au chapitre 4 des raisons de cet écart et des problèmes qu'il soulève.

La demande sature avec l'accroissement des revenus

L'ICAO fournit des conseils sur les types de courbes de tendance (ou courbes d'extrapolation) à prendre en compte lors des prévisions de trafic aérien⁹. Pour formuler des hypothèses sur l'évolution dans l'avenir, on peut appliquer une multitude de possibilités d'extrapolation de données. La figure ci-dessous montre quatre exemples typiques, en représentation linéaire et logarithmique. Le choix de la méthode doit être soigneusement argumenté, car il est crucial pour le résultat.

Fig 3. Courbes d'extrapolation typiques (ICAO, *Manual on Air Traffic Forecasting*, 2006)



Des méthodes apparemment similaires peuvent aboutir à des résultats très différents, lorsqu'on les utilise pour une projection à moyen ou à long terme, comme le montre la figure 4 ci-dessous. Il s'agit du trafic aérien mondial entre 1960 et 2000 et de son extrapolation jusqu'en 2010/2050. Les valeurs historiques sont aussi fidèlement reproduites par l'une ou l'autre des courbes de régression (exponentielle à gauche ou logistique à droite), mais les prévisions à moyen/long terme sont totalement contradictoires.

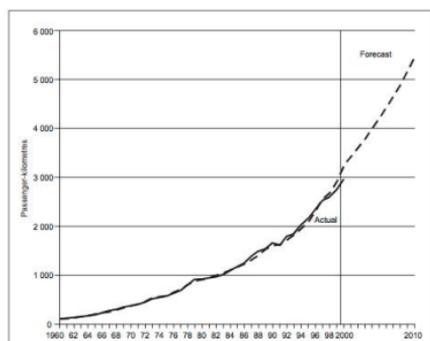
La courbe logistique exprime le phénomène de saturation qui se produit dans les marchés matures. Au delà d'un certain PIB, la demande de trafic aérien n'augmente plus. Parallèlement, au delà d'un certain niveau de nuisances le trafic aérien devient insupportable.

Le lien entre le PIB et le volume du trafic aérien ne va pas de soi, il doit être expliqué et différencié selon les segments de voyageurs (principalement motif et distance du voyage, voir paragraphe suivant à la page 14). Sans une réflexion approfondie sur ces deux éléments, le

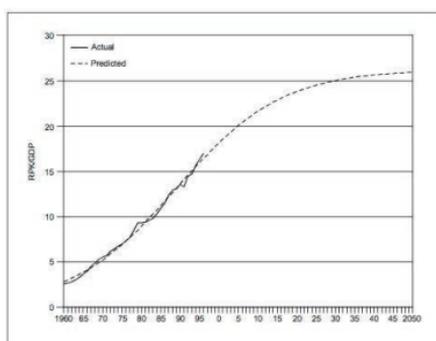
⁹ ICAO, *op.cit.*

résultat des prévisions devient arbitraire. Dans le modèle d'Intraplan, la demande en trafic aérien est calculée comme une fonction linéaire du PIB, avec des valeurs projetées du PIB en croissance exponentielle. Mathématiquement, cette méthode produit une très forte croissance du trafic.

Fig.4. Courbes d'extrapolation du trafic aérien mondial avec une courbe de type exponentielle et une courbe logistique (figures tirées de ICAO, *Manual on Air Traffic Forecasting*, 2006)



Reproduction des données entre 1960 et 2000 par une courbe exponentielle et extrapolation jusqu'à 2010. Une extrapolation jusqu'à 2050 n'est pas possible ici, car les chiffres montent au delà du raisonnable.



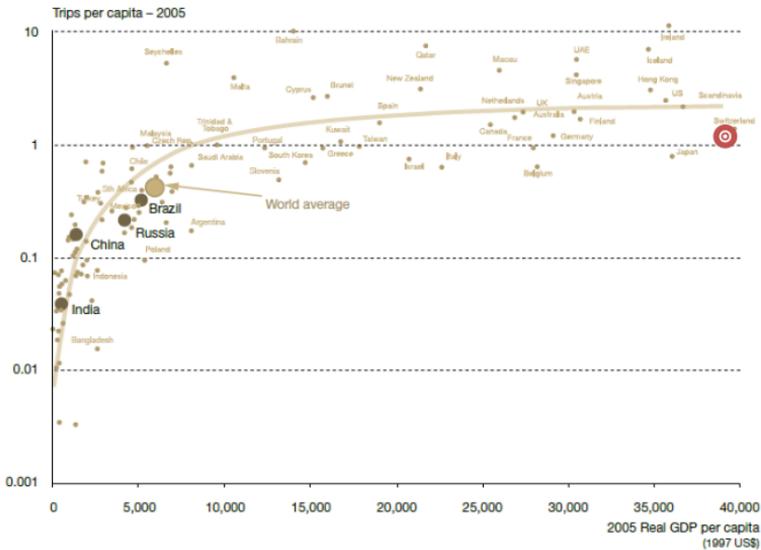
Reproduction des données entre 1960 et 2000 avec une courbe logistique et extrapolation des mêmes données jusqu'à 2050

Selon IATA, l'élasticité au revenu (située entre +1.0 et +2.0) plafonne avec la hausse des revenus autour d'une valeur de +1.0. On retrouve généralement ce comportement de la demande pour les « biens de luxe » pour lesquels la demande croît plus rapidement que les revenus (élasticité > +1.0).

La comparaison de la demande en trafic aérien de différents pays confirme l'existence d'un phénomène de saturation de la demande avec l'augmentation des revenus, comme le montre la figure 5 ci-dessous. PWC estime la saturation du marché à 2.0-2.5 voyages par habitant par an, pour des pays non isolés qui disposent de modes de transports alternatifs¹⁰.

¹⁰ PWC, Connectivity and growth : directions of travel for airport investments, 2014

Fig. 5. Nombre de vols par habitant selon le PIB par habitant en 2005 selon une échelle logarithmique. La plupart des points situés au-dessus de la courbe représentent des pays « isolés », comme par exemple les îles manquant d'alternatives au transport aérien. Le rond rouge représente la Suisse. Source : Airbus, Global market forecast 2006-2025, 2007



L'élasticité de la demande diffère fortement selon le type de voyages

Comme nous l'avons vu, la sensibilité de la demande à une augmentation du prix est très variable selon les situations considérées. Il en est de même pour l'élasticité de la demande en fonction des revenus de la population (ou du PIB). La littérature indique de manière indubitable que « il n'y a pas de valeur d'élasticité unique qui soit représentative de toute la demande de transport aérien de passagers. Il existe en effet plusieurs marchés distincts, de sorte qu'il faudrait se servir de plusieurs élasticités différentes pour analyser les répercussions que les changements dans le monde de l'aviation ont sur eux. »¹¹ Les marchés doivent être segmentés selon les facteurs suivants :

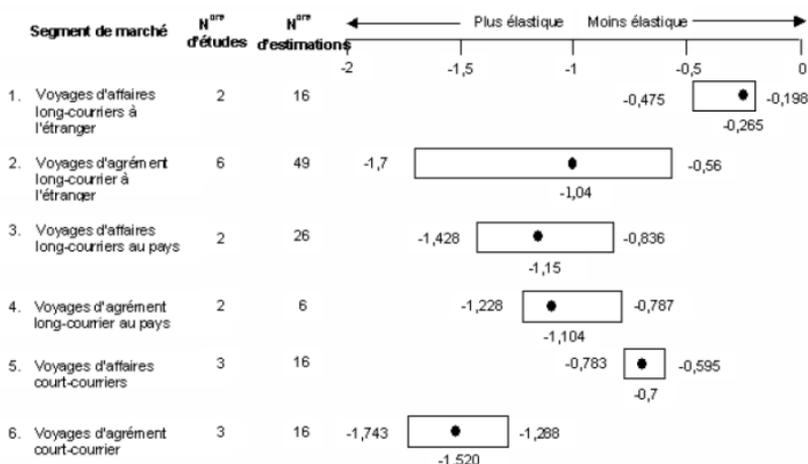
- Le niveau d'agrégation considéré : L'élasticité dépend des solutions de rechange lors d'une hausse des tarifs. Ainsi, l'élasticité au niveau d'une compagnie aérienne est plus

¹¹ Ministère des finances du Canada, « Élasticités de la demande de transport aérien de passagers : concepts, problèmes et mesure », 2008

élevée qu'au niveau d'une route aérienne ou d'un aéroport¹², elle-même plus élevée que celle du niveau d'un pays ou plus encore du niveau d'un continent.

- **La durée du trajet** : L'ensemble des études s'accorde pour conclure que les élasticités sont différentes pour les trajets court-courriers ou long-courrier. Empiriquement, on constate que les personnes à bas et moyen revenu voyagent plus volontiers sur de courtes distances.
- **La zone géographique de l'aéroport considéré** : La littérature montre que les élasticités diffèrent selon la zone géographique de l'aéroport étudié, du fait de différences en matière de développement économique, de structure du marché de l'aviation, de la réglementation, de la démographie et d'aspect culturels et historiques¹³.
- **Les motifs de voyage** : Les études montrent une très forte différence de sensibilité de la demande selon qu'il s'agit de voyages d'affaires ou de voyages d'agrément. Un voyage d'agrément peut en effet plus facilement être reporté ou annulé qu'un voyage d'affaires.

Fig. 6. Elasticités de la demande en trafic aérien par rapport au prix selon les segments de marché (Ministère des finances du Canada, « Élasticités de la demande de transport aérien de passagers : concepts, problèmes et mesure », 2008)



¹² Si une compagnie décide d'une hausse de tarif sur une route aérienne spécifique, les clients peuvent choisir de voyager avec une autre compagnie sur la même route, changer de route, changer de mode de transport ou ne pas voyager. Par contre, en cas de hausse généralisée des tarifs pour tous les aéroports d'un pays (par exemple inclusion d'une taxe carbone), le voyageur ne peut que choisir un autre mode de transport ou de ne pas voyager.

¹³ L'élasticité prix est significativement plus élevée sur les marchés européens du fait des prix et des distances plus faibles qu'ailleurs et d'un taux de pénétration du low cost plus élevé : IATA considère une différence de l'élasticité prix européenne de 40% par rapport à celle du marché nord-américain.

Malgré ces évidences, l'étude d'Intraplan ne considère aucune segmentation des marchés. Les prévisions sont basées sur une réponse uniforme de la demande à l'évolution des prix et du PIB, ce qui, selon la littérature, est une hypothèse fortement simplificatrice.

2.2. Le cas de l'aéroport de Munich

En 2007, souhaitant construire une troisième piste d'atterrissage¹⁴, l'aéroport de Munich présentait un « pronostic du trafic aérien 2020 de l'aéroport de Munich » établi par le même bureau d'étude, soit Intraplan Consult GmbH. En 2008, l'Office du trafic aérien de Bavière a demandé à l'Université technique Hamburg-Harburg (TUHH) d'en vérifier la méthodologie et les résultats. Dans son rapport¹⁵, la TUHH recommande de tenir compte des domaines d'incertitude du développement pronostiqué en établissant différents scénarios. En effet, les hypothèses centrales des prévisions que sont l'évolution de l'économie et l'évolution du prix du pétrole sont des variables réputées difficilement prévisibles

L'Institut d'économie mondiale de Hambourg (HWWI) fut alors chargé d'établir ces scénarios. Dans son étude il remarque qu'on se trouve à la sortie de la plus grande crise mondiale depuis 50 ans et que la croissance serait peut-être supérieure à ce qu'elle serait normalement. Une extrapolation peut alors être dangereuse. En outre, on ignorait si la crise aurait comme effet une baisse globale de la croissance. Il était donc nécessaire d'envisager plusieurs scénarios. L'étude présente ainsi 3 scénarios de développement économique. Leur intervalle de croissance annuelle pour l'Allemagne et pour la région munichoise entre 2009 et 2025 y va du simple au double. Mais l'HWWI n'utilise pas ces résultats dans un modèle de trafic aérien.

Pour information : le projet a été abandonné le 17 juin 2012 par votation populaire.

¹⁴ http://de.wikipedia.org/wiki/Flughafen_M%C3%BCnchen#Bauliche_Erweiterung_zum_Drehkreuz, consulté le 16.04.2015

¹⁵ http://www.hwwi.org/uploads/tx_wilpubdb/HWWI_Policy_Paper_1-26.pdf

3. Le modèle Intraplan

Pour bien comprendre l'étude d'Intraplan, il est nécessaire de retracer l'ensemble des calculs reliant ses hypothèses, données et résultats. Cependant, le détail du modèle qui intègre ces calculs n'est pas accessible aux lecteurs ni, semble-t-il, aux autorités qui l'ont commandée. Voici comment nous avons compris le matériel à disposition.

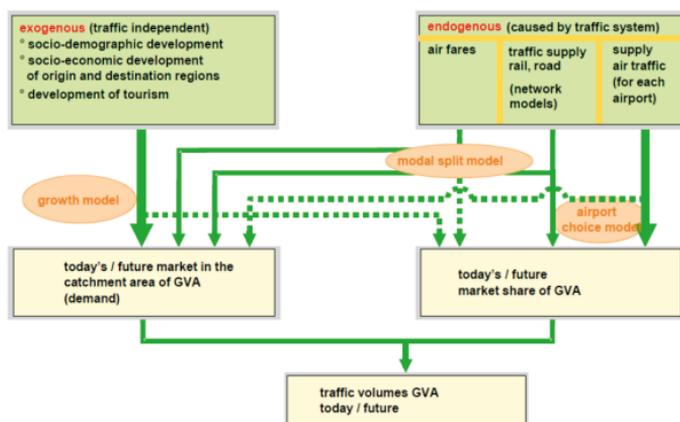
3.1. Le mandat de l'OFAC à Intraplan

Dans le mandat confié à Intraplan, l'OFAC demande une mise à jour spéciale pour l'aéroport de Genève, à l'horizon 2020 et 2030, des prévisions de trafic réalisées par ce bureau pour l'ensemble de la Suisse en 2005. Les hypothèses prises en compte doivent tenir compte des spécificités de la région genevoise. Toutefois, selon nos informations, aucune commande de scénarios n'a été effectuée.

3.2. La méthodologie du modèle Intraplan

L'étude 2014 s'inscrit en continuité de celle de 2005, elle inclut de nombreux facteurs dont les rapports ne sont pas précisés. Aucune marge d'incertitude ou discussion sur la fiabilité des résultats ne sont présentées. Si la lecture du rapport d'Intraplan est particulièrement ardue et laisse imaginer un modèle d'une grande sophistication, les étapes suivies sont simples conceptuellement et suivent globalement les recommandations de l'ICAO¹⁶.

Fig. 7. Schéma de la méthodologie du modèle Intraplan (Source : Intraplan 2014)



¹⁶ ICAO, *op.cit.* para 33

Etape A) Détermination de la demande en trafic aérien dans la zone de chalandise

A.1) Sélection des variables explicatives : En comparant le trafic passagers de ces deux dernières décennies au niveau des aéroports de Suisse et des régions françaises de Rhône-Alpes, Franche-Comté et Alsace (que nous nommerons « macro-région ») avec l'évolution du PIB dans cette « macro-région », Intraplan conclut au lien entre PIB et trafic aérien. Intraplan ajoute le prix des billets (le « yield ») comme variable explicative.

Fig. 8. *Trafic passagers pour les aéroports de Suisse et des régions françaises de Rhône-Alpes, Franche-Comté et Alsace et évolution du PIB de ces zones entre 1995 et 2013* (Source : Intraplan 2014)

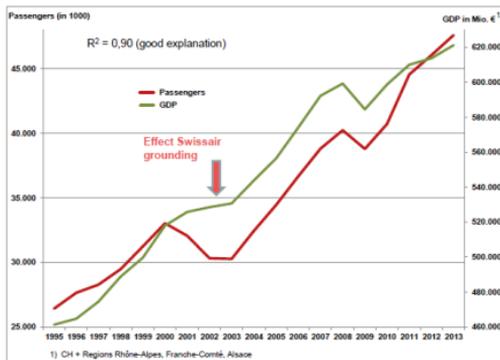
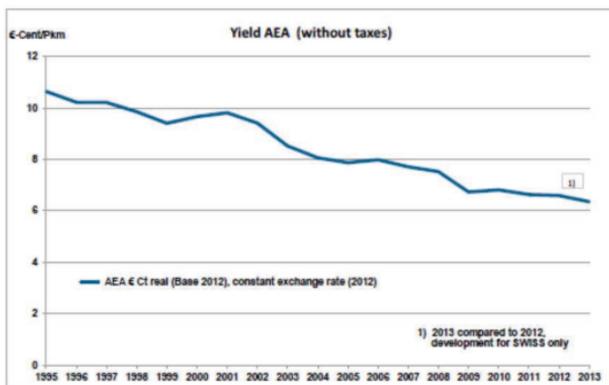


Fig. 9. *Revenu moyen européen des compagnies aériennes par passager par km (Yield per PKT) entre 1995 et 2013* (Source : Intraplan 2014)



Source: AEA, Intraplan

A.2) Sélection du type de courbe de régression et modélisation : Intraplan choisit une courbe de régression linéaire à deux variables, soient le PIB et le *yield*, sans commenter ce choix. Après un gommage partiel de la double crise de 2001 (11 sept. & *Grounding* de Swissair), la régression multilinéaire donne l'équation suivante pour la demande en trafic aérien de la « macro-région »:

$$y = -22'344 + 0,117 \cdot x_1 - 826 \cdot x_2$$

y = nombre de passagers (en milliers)

x_1 = PIB ("*GDP*") en milliers € de 2005

x_2 = revenu des compagnies par passager par km (*Yield per PKT*) en US-Cent de 1991

Il est important de noter que, dans cette équation, les valeurs historiques de PIB sont spécifiques à la « macro-région » alors que celles du *yield* sont les valeurs moyennes européennes. Nous discuterons de ce choix au chapitre 4.2. Par ailleurs, l'étude ne fournit pas le tableau des valeurs utilisées dans cette régression linéaire, ce qui complique la reproduction indépendante des résultats. Malgré notre demande, Intraplan a refusé de nous transmettre ces données.

A.3) Analyse statistique de la reproduction des valeurs historiques de la « macro-région » : Seule le R^2 est calculé. Sa valeur à 0,96 est estimée suffisante pour conclure à la validité du modèle. Nous verrons au chapitre 4.2 que ce n'est pas le cas.

A.4) Dérivation des élasticité : A titre d'illustration, de cette équation, Intraplan dérive les deux élasticité de la demande par rapport au PIB et au revenu PKT, soit, respectivement :

$$E1 = (\Delta y/y)/(\Delta \text{PIB}/\text{PIB}), \text{ qu'on peut ré-écrire} \quad E1 = (\Delta y/\Delta \text{PIB}) \cdot (\text{PIB}/y),$$

calculée à $E1 = 1,61$

$$E2 = (\Delta y/y)/(\Delta \text{PKT}/\text{PKT}), \text{ qu'on peut ré-écrire} \quad E2 = (\Delta y/\Delta \text{PKT}) \cdot (\text{PKT}/y),$$

calculée à $E2 = -0,25$

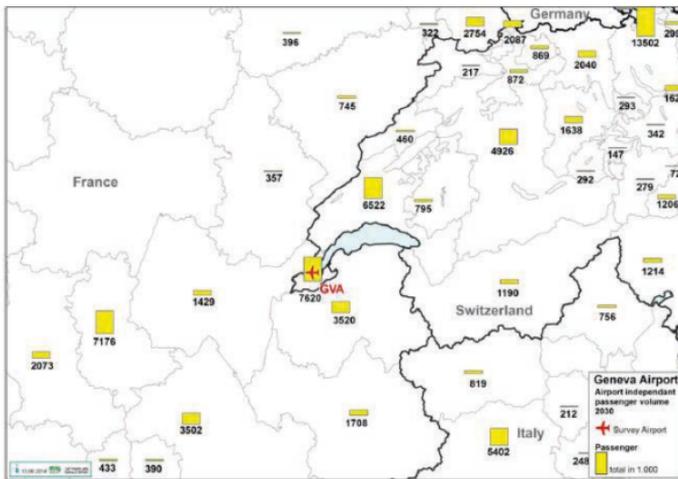
Ces élasticité peuvent être utilisées approximativement pour prévoir le trafic en 2020 et 2030, mais Intraplan n'utilise pas cette méthode.

A.5) Prévision de la demande en trafic aérien pour les « micro-régions » : Intraplan applique l'équation de la demande trouvée pour la « macro-région » à chaque « micro-région » (cantons suisses, département français et régions italiennes proches de la frontière suisse). Intraplan utilise pour cela les projections de PIB spécifiques à chaque micro-région. Cependant, pour le prix des billets, Intraplan utilise la valeur du *yield* moyen pour toute l'Europe avec des hypothèses différenciées selon la distinction entre compagnies traditionnelles et *low cost*. A ce stade, cette demande en trafic aérien n'est pas encore affectée à un aéroport spécifique.

En faisant l'hypothèse que, dans chaque « micro-région », la part de marché de l'aéroport de Genève en 2030 est identique à celle de 2013, Intraplan trouve les prévisions suivantes :

En 2020 : 18'143 milliers de passagers En 2030 : 23'836 milliers de passagers

Fig. 10. Demande en trafic aérien (en milliers de passagers) en 2030 pour chaque « micro-région » sans affectation à un aéroport spécifique (Source : Intraplan 2014)



Etape B) Affectation de la demande sur l'aéroport de Genève : effets de la concurrence entre aéroports

Intraplan dresse ensuite la liste des "push effects" qui orienteront sur l'aéroport de Genève des passagers utilisant naguère d'autres aéroports, et des "pull effects" qui orienteront des passagers naguère de l'aéroport de Genève vers d'autres aéroports. Ces effets se compensent en bonne partie.

Fig. 11. Prévision du trafic passagers à l'aéroport de Genève en 2030 à partir de la croissance de la demande (« market growth ») obtenu selon la procédure de l'étape A) et des effets de concurrence entre aéroports (Source : Intraplan 2014)

Passengers GVA 2013	14.453
market growth	9.395
expansion offer GVA	700
reduced price advantage	-240
better accessibility EAP	-250
capacity restraints ZRH	650
French airports expansion	-230
higher transfer share GVA	500
Result GVA 2030	24.978

4. Analyse du modèle d'Intraplan

Un modèle ne décrit pas la réalité dans toute sa complexité, il en constitue une représentation simplifiée. Si les hypothèses sur lesquelles il repose sont mauvaises, ses résultats seront inutilisables. Si elles sont bonnes, ses résultats seront utiles, mais uniquement pour une certaine plage de valeurs. Par ailleurs, les résultats sont inévitablement frappés d'un certain degré d'incertitude. Il s'agit-là de vérités banales mais qui sont malheureusement trop souvent oubliées, ce qui crée des confusions quant à ce que les résultats des modèles nous disent vraiment sur le « monde réel ».

Ce rappel est particulièrement important lorsque les modèles sont utilisés par des décideurs non experts pour effectuer des choix de nature politique. C'est le cas des prévisions de trafic aérien d'Intraplan qui sont utilisées comme base de travail pour élaborer la fiche PSIA de l'aéroport de Genève. Or, l'étude d'Intraplan ne contient aucune discussion des résultats et plusieurs hypothèses simplificatrices fortement structurantes ne sont pas mentionnées. Le rapport ne fournit aucune analyse de sensibilité, comme le recommande pourtant l'ICAO¹⁷. Une analyse indépendante s'impose donc pour déterminer leur niveau de fiabilité et la confiance que les décideurs peuvent leur accorder.

L'ambition de ce chapitre n'est pas de déclarer le modèle d'Intraplan bon ou mauvais, mais de montrer sous quelles conditions il est applicable et quelle fiabilité l'on peut attendre de ses résultats. Pour ce faire, nous nous basons sur les leçons apprises de la littérature décrite au chapitre 2, ainsi que d'analyses statistiques réalisées par nos soins. Nous analysons aussi bien la méthode de modélisation que les données utilisées pour alimenter le modèle et produire les prévisions. Nous nous attachons essentiellement à l'analyse de l'étape A) de modélisation de la demande en trafic aérien et non à celle de l'étape B) des effets de la concurrence entre aéroports, car, dans le cas de l'aéroport de Genève, les effets concurrentiels se compensent globalement entre eux.

Nous devons encore au lecteur un avertissement : le modèle Intraplan n'est pas détaillé en toute transparence, probablement pour des raisons de secret commercial. Il n'est donc pas possible à l'aide du seul rapport fourni par Intraplan de chercher à reproduire strictement les résultats. En particulier, les données utilisées pour alimenter le modèle ne sont pas spécifiées de manière cohérente et systématique. Nous avons pris contact directement avec le bureau Intraplan pour combler ces lacunes, mais seule une partie de nos questions a pu trouver réponse. Nous avons utilisé différentes techniques pour contourner cet obstacle et nous les détaillons dans ce chapitre.

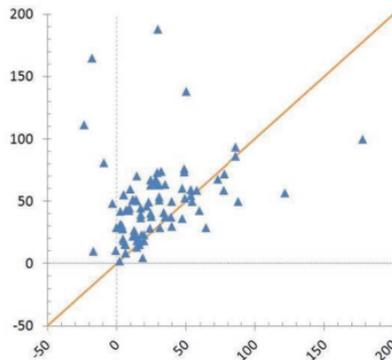
¹⁷ *"In order to make efficient use of forecasts developed by quantitative methods, it is necessary that the results be easily understood by, and acceptable to, the decision maker or the end user. The degree of acceptability by the end user depends on the ability to explain and interpret the results of the forecasting methods and their characteristics. Different forecasting methods invariably can and do tend to produce different forecasts from the same set of historical time-series data. Such discrepancies between theoretical predictions and empirical results may be due to the inaccuracy of the assumptions of the major factors affecting traffic trends. It is therefore prudent to present the results of a forecasting task in the form of a range of forecasts associated with various assumptions."*(ICAO, op.cit., para 5)

4.1. Que nous dit la comparaison des prévisions antérieures d'Intraplan avec la réalité ?

La meilleure méthode pour évaluer la qualité d'une prévision est de la confronter à la réalité. C'est pourquoi nous nous intéressons ici à la comparaison à posteriori d'anciens pronostics d'Intraplan avec l'évolution effective qu'ont ensuite connus ces aéroports. Cela permet de donner une première idée de la fiabilité du modèle d'Intraplan.

Les chercheurs Hergert et Thiessen de l'université de Chemnitz ont réalisé en 2014 une étude empirique très fouillée des 103 prévisions d'Intraplan (qui détient un quasi monopole sur ce type d'études en Allemagne) portant sur une quinzaine d'aéroports en Allemagne et en Suisse¹⁸. Leur étude constate une très grande dispersion dans la qualité des résultats et **de profondes divergences entre les prévisions d'Intraplan et les chiffres réels**, avec, le plus souvent, une surestimation de l'évolution du trafic. Selon les auteurs, les indications dans les rapports seraient insuffisantes pour déceler l'origine du pronostic erroné : on ignore alors si les erreurs sont dues à une construction inappropriée du modèle ou à un mauvais choix des paramètres d'input.

Fig.12. Comparaison de 103 prévisions d'Intraplan avec les chiffres ensuite mesurés. Les points situés au-dessus de la droite indiquent une surestimation de la prévision par rapport à la réalité. (Hergert & Thießen 2014)



L'étude souligne également que les prévisions sont incapables d'anticiper les points d'inflexion, en particulier en ce qui concerne les changements de stratégie des compagnies aériennes. Ainsi, à Genève, le modèle Intraplan ne pourrait tenir compte d'éventuels changements stratégiques d'Easyjet dont les conséquences sur le trafic seraient pourtant majeures du fait que cette compagnie transporte plus de 40% des passagers de l'aéroport de Genève.

¹⁸ Michael Hergert, Friedrich Thießen: Fehlprognosen im Luftverkehr – Untersuchung zur Qualität von Luftverkehrsprognosen am Beispiel der Intraplan Consult GmbH, Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, 2014, http://www.dfld.de/Downloads/140903_Thiessen_Intraplan.pdf

Selon les auteurs, « **les prévisions d'Intraplan ne présentent qu'une des voies possibles de l'évolution; ce n'est ni la seule, ni même la plus probable, comme le montrent les erreurs systématiques des prévisions.** »

Dans le cas spécifique de l'aéroport de Genève, Intraplan a utilisé le même modèle pour des prévisions de trafic passagers en 2005. Or, la modélisation s'est montrée incapable de prévoir l'évolution du trafic même pour les années suivant directement les prévisions. Le trafic prévu en 2020 a été atteint en 2014 déjà, alors que l'augmentation prévue entre 2004 et 2014 a été inférieure de près de 40% à l'augmentation réelle¹⁹, ce qui illustre le caractère aléatoire des prévisions.

4.2. Le traitement de la variable prix est inapproprié

Les prévisions d'Intraplan pour l'aéroport de Genève considèrent que la demande en trafic aérien est déterminée par le PIB, qui décrit la capacité financière de la population à consommer du trafic aérien, et le prix des billets d'avion, qui décrit l'attractivité de l'offre. Ces deux variables sont très largement reconnues comme déterminantes dans la littérature. Du fait des difficultés de collecte des données, Intraplan utilise le revenu par passager-km (*yield*) comme indicateur du prix des billets, comme c'est la norme généralement, ce qui suppose que la marge des compagnies aériennes est globalement identique et constante.

Nous émettons ici de très sérieuses réserves quant au traitement de la variable du prix du billet au sein du modèle d'Intraplan. En effet, en l'absence de données du prix ou du *yield* spécifique pour l'aéroport de Genève, Intraplan a utilisé les données du *yield* moyen européen comme déterminant le trafic aérien à Genève. **Au niveau causal, il est clair que le prix moyen des billets d'avions européen ne joue pas de rôle dans la demande en trafic aérien pour l'aéroport de Genève.** Le choix effectué par Intraplan correspond à l'hypothèse implicite que le prix des billets à Genève s'est comporté de manière identique à celui des billets en moyenne en Europe durant les 20 dernières années et que ceci sera encore le cas durant les 15 prochaines. Cette hypothèse, pourtant très contraignante, n'est pas explicitée dans le rapport. Elle doit pourtant impérativement être justifiée, tant elle paraît scientifiquement abusive. Nous détaillons ici le faisceau d'indices qui plaident pour son rejet.

Objection 1 : Le développement précoce du low cost à Genève fait de l'aéroport de Genève un aéroport hors-norme par rapport à la moyenne européenne, en particulier au niveau de la structure de prix des billets d'avion

Eaysjet a implanté très tôt – en 1999 – une de ses bases à Genève en profitant du vide laissé par le retrait partiel de Swissair. Genève a ainsi connu un développement précoce du low cost en comparaison européenne. Bien que le marché low cost européen se soit fortement développé depuis lors, les parts de marchés low cost à Genève restent plus élevées que la

¹⁹ Trafic passagers en 2004 lors de l'établissement des prévisions : 8,6 millions de passagers. Trafic prévu en 2014 : 12,5 millions. Trafic réel en 2014 : 15,1 millions. (Intraplan, 2005 et Rapport annuel de Genève aéroport 2014)

moyenne : selon l'Organisation mondiale du tourisme²⁰, en 2011, 26% de la capacité en sièges en Europe relevait du low cost alors que, cette même année, environ 40% du trafic passagers genevois était détenu par Easjet. L'essor du low cost a bouleversé la structure des prix des billets d'avion. Comme il a eu lieu à Genève avant la moyenne européenne, il apparaît clairement que l'évolution du prix moyen des billets européen cette dernière décennie n'est pas représentative de celle à Genève.

Objection 2 : L'élasticité-prix de la demande doit être considéré de manière cohérente en termes de niveaux d'agrégation

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, l'élasticité prix de la demande en trafic aérien n'est pas comparable à des niveaux d'agrégations différents. En effet, plus le niveau d'agrégation considéré est petit (par exemple la demande d'une unique route aérienne d'une compagnie), plus le voyageur dispose de solutions de rechange et plus la demande va être sensible au prix. Il est donc inapproprié d'avoir dérivé l'équation de la demande (étape A) du chapitre 3.2) à partir d'un ensemble de données de niveau d'agrégation national²¹ et de l'appliquer ensuite au niveau de la zone de chalandise d'un aéroport qui est intrinsèquement supérieure. Cette inadéquation est confirmée par les valeurs très faibles obtenues par Intraplan (-0.25 en 2013) par rapport aux valeurs attendues communément en Europe (autour de -2.0) (voir Fig.1.). De manière similaire, il apparaît inapproprié d'utiliser les prix européens pour en déduire la demande au niveau d'un unique aéroport.

Objection 3 : L'analyse statistique montre que le modèle de régression n'est pas valide

L'analyse statistique ne permet pas de conclure à une dépendance de la demande avec le prix des billets représentés par les valeurs de revenus (*yield*) moyen européen. La P-value de la variable *yield* est de 0.35, soit largement au-delà de la valeur limite de 0.05 à partir de laquelle l'hypothèse nulle ne peut être écartée. Cela reviendrait à conclure que le prix ne joue pas de rôle dans la formation de la demande. Comme cela est contraire à l'intuition ainsi qu'aux normes communément admises dans le secteur aérien, nous en déduisons que c'est le traitement de la variable prix effectué par Intraplan qui est inapproprié.

Les variables du PIB de la « macro-région » considérée pour modéliser la demande et du *yield* européen sont fortement corrélées : le facteur de colinéarité est de -0.96. Autrement dit, il n'est pas possible de développer un modèle qui utilise ces deux variables explicatives simultanément puisque l'une dépend de l'autre. La colinéarité est probablement le fait d'un hasard mais amène au rejet du modèle. En utilisant les valeurs de *yield* correspondant à la même zone considérée (et non le *yield* européen), la colinéarité aurait peut-être été moins prononcée. Une analyse statistique plus approfondie est néanmoins nécessaire.

²⁰ UNWTO, Global report on aviation, 2012,

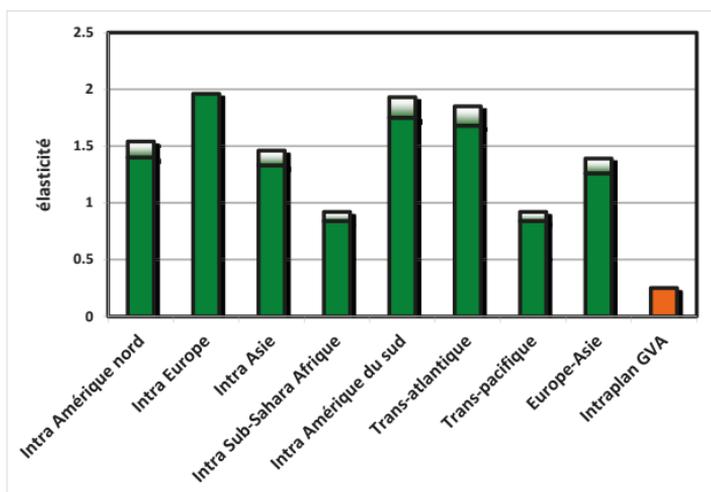
http://www.everis.com/global/WCLibraryRepository/References/tourism_study.pdf

²¹ Intraplan a dérivé la régression linéaire à partir des données de trafic aérien de l'ensemble des aéroports de Suisse, de Rhône-Alpes, de Franche-Comté et d'Alsace que nous avons appelé « macro-région ».

Objection 4 : L'élasticité-prix de la demande n'est pas adapté à notre région

Les études sur les élasticités liées au prix des billets sont très nombreuses dans la littérature. Or, les résultats généralement obtenus se distinguent fortement de ceux d'Intraplan, l'élasticité au prix étant généralement plus forte. Il n'est pas satisfaisant que le rapport Intraplan ne mentionne ni ne discute ces différences. Selon la littérature, l'élasticité avec le prix pour un aéroport comprenant principalement des trajets courts en Europe devrait être à -1.96, très loin de l'élasticité trouvée de -0.25.

Fig 13. Les élasticités prix des différents marchés selon le secteur géographique et la longueur des routes selon IATA 2007 ainsi que celle dérivée par Intraplan pour l'aéroport de Genève en 2013.



4.3. Le choix de la forme de la courbe de tendance est très contestable

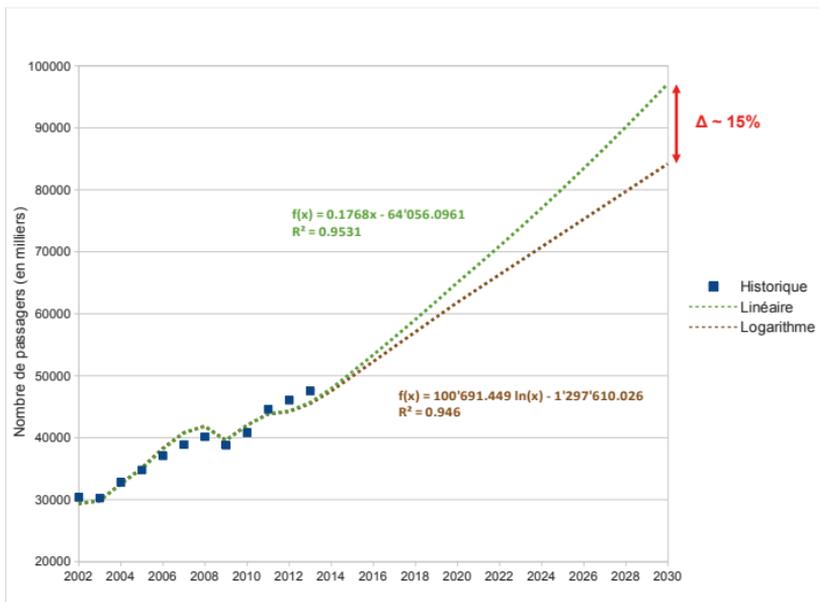
Comme préconisé par l'OACI, Intraplan aurait dû présenter le test de différentes formes de courbes de tendance (linéaire, exponentielle, parabolique, logistique, logarithmique, Gompertz) et la comparaison de leurs qualités statistiques. Les courbes en « S » (logistique, logarithmique, de Gompertz) tiennent compte de la saturation décrite au chapitre 2.

Pour sa part, Intraplan postule un lien linéaire entre le PIB et le volume du trafic aérien sans le justifier. Or, selon nous, le marché de l'aéroport de Genève peut être considéré comme un marché en voie de maturité pour lequel il convient d'appliquer une courbe en « S ». En effet, l'aéroport de Genève ayant connu une décennie de croissance exceptionnelle, la consommation de trafic aérien dans la zone de chalandise est déjà parmi les plus élevées au

monde²². Comme nous l'avons vu au chapitre 2, le rythme de ce type de croissance se réduit naturellement avec le temps, car il n'est pas possible à la population de continuer indéfiniment à augmenter sa consommation de trafic aérien à un rythme si élevé.

Afin d'estimer la marge d'erreur engendrée par le choix arbitraire d'Inraplan d'effectuer une régression linéaire sans tenir compte de l'effet de saturation, nous avons comparé les prévisions en 2030 d'une régression linéaire avec une régression logarithmique. Nous avons considéré le trafic passagers de la « macro-région » du chapitre 3 pour laquelle nous disposons des données. Seules les données historiques entre 2002 et 2013 ont été utilisées, pour éviter que les événements de 2000-2001 (Grounding de Swissair, attentats du 11 septembre) ne faussent la régression. Nous n'avons pas considéré la variable *yield* du fait de l'absence de données statistiquement significative (cf. 4.2.).

Fig 13. Comparaison des régressions de type linéaire et logarithmique du nombre de passagers (en milliers) pour les aéroports de Suisse et des régions françaises de Rhône-Alpes, Franche-Comté et Alsace (« macro-région »). Les données historiques sont en bleues (source : Inraplan, 2014) et les prévisions selon la régression linéaire en vert et la régression logarithmique en brun (calculs Noé21). Les équations de régression sont indiquées dans les couleurs respectives avec l'indice R2 correspondant.



²² La zone Genève, Vaud, Haute-Savoie (qui constitue le cœur du bassin de chalandise : 66% du trafic de l'aéroport de Genève provient de ces zones et l'aéroport de Genève y a 90% de parts de marché) compte 1.99 millions d'habitants (Inraplan 2014) et génère une demande annuelle de 9.61 millions de passagers à Genève (Inraplan 2014), ce qui signifie 4,8 voyages annuels/habitant. **Pour le seul canton de Genève, le trafic est de 10,1 voyages par habitants.** En comparaison, aucun pays au monde ne dépasse 4,5 voyages par habitant (PWC, Connectivity and growth : directions of travel for airport investments, 2014).

Les résultats obtenus montrent que les deux courbes reproduisent toutes deux relativement bien les données historiques. L'analyse statistique ne permet pas non plus de privilégier une forme de courbe plutôt qu'une autre puisque les R2 sont très similaires, proches de 0.95. Par contre, il est remarquable que **le choix d'un type de courbe plutôt qu'une autre implique de fortes différences à l'horizon 2030**. La différence est de l'ordre de 15%, ce qui implique une marge d'erreur de l'ordre de 3,5 millions de passagers à Genève en 2030.

Autrement dit, tout en maintenant l'hypothèse optimiste d'Intraplan sur l'évolution du PIB, **le simple fait que Intraplan ait privilégié de manière arbitraire une courbe linéaire plutôt que logarithmique (alors que l'intuition causale plaide pour le choix inverse et que l'analyse statistique ne permet de pas de privilégier un type de courbe plutôt qu'un autre) a fait passer les prévisions de trafic en 2030 de l'ordre de 21,5 à 25 millions de passagers**. Ce choix est lourd de conséquence et devrait donc impérativement être justifié.

4.4. L'élaboration de scénarios fait défaut

Le modèle Intraplan ne considère qu'un seul scénario optimiste de croissance économique

Un élément crucial pour un modèle numérique est la pertinence du choix des variables indépendantes qui sont utilisées comme input de la simulation. La variable de loin la plus importante dans le modèle est le produit intérieur brut (PIB). Intraplan a retenu des valeurs de croissance économique soutenue pour ces quinze prochaines années (2.2% à 2.4%) qui, essentiellement, reproduisent les valeurs élevées de ces dernières années²³. Ce choix n'est malheureusement pas justifié dans le rapport. Or le produit intérieur brut se comporte de manière imprévisible, et on ne peut le pronostiquer raisonnablement que sous forme d'une fourchette ou d'un intervalle associé à une probabilité. La récente division par deux du taux attendu pour 2015 à la suite de l'abandon du taux plancher par la BNS le montre. Il aurait fallu définir au moins trois scénarios de croissance économique : «minimaliste», le «plus probable» et le «maximaliste». Ainsi le résultat serait donné également sous forme d'un intervalle probable de l'évolution du trafic. L'avantage d'un modèle numérique est justement le fait de pouvoir expérimenter aisément plusieurs variantes. Le rapport Intraplan n'en présente qu'une seule, et toute la potentialité du modèle numérique reste alors inexploitée.

L'absence de planification par scénarios ne permet pas de considérer des événements structurels locaux influents

L'étude Intraplan se limite in fine à une projection quantitative linéaire basée sur les conditions du passé («on prolonge la droite»). Elle n'envisage pas différents scénarios quant

²³ Si on excepte l'année 2009, le taux de croissance de la dernière décennie a été exceptionnel avec une moyenne de 2.5%/an., alors que la moyenne 1970-2009 est de 1.5% (OCSTAT, 1970-2009 40 ans d'observation conjoncturelle à Genève, 2010).

à l'évolution d'un contexte pourtant incertain au sein duquel des événements structurels spécifiques peuvent survenir et modifier considérablement la structure même de la demande en trafic aérien, indépendamment de la variation du PIB ou du prix des billets. Ainsi, aussi sophistiquée soit la méthode de projection, postuler la poursuite des conditions du passé est la meilleure garantie pour obtenir des prévisions aléatoires. Une approche qualitative par l'élaboration de scénarios de futurs plausibles est préférable. Ci-après deux exemples qui risquent de provoquer un pronostic erroné :

- La place financière et le négoce migrent majoritairement à Londres ou une autre ville. Avec la volatilité des conditions des places financières, ce scénario est envisageable. Genève perdrait alors une bonne partie de ce secteur du trafic. Il n'est pas sûr que le PIB sera influencé de la même manière.
- Les places de sports d'hiver perdent leur attractivité. La demande de déplacement pour cette raison diminuerait alors dans une mesure beaucoup plus importante que le laisserait penser la variation du PIB.

Par le passé, deux événements structurels locaux majeurs, soit le « *grounding* » de Swissair et l'implantation d'Easyjet, ont eu une forte influence sur le développement du trafic de notre aéroport. Le modèle numérique n'inclut pas ce type de facteurs et le rapport ne donne aucune indication sur ce point.

Le modèle Intraplan ne considère pas de traitement différencié des segments de voyageurs nécessaire à l'élaboration de scénarios

Les exemples précédents rappellent qu'il faut avoir une connaissance précise du comportement de la population et de la genèse des désirs de déplacements, si on veut faire des pronostics robustes. L'augmentation simultanée et linéaire du PIB et du volume de trafic ces dernières années ne prouve en rien l'interdépendance de ces deux variables. Il y a risque d'un jugement fallacieux classique : la corrélation entre deux variables est un indice très faible pour une véritable causalité entre les deux variables. En réalité, ce n'est pas le PIB lui-même qui influence le trafic : le PIB reflète en partie les moyens à disposition de la population qui peut se manifester ensuite en une modification des besoins ou désirs de se déplacer par avion.

Pour mieux comprendre les ressorts de la demande en trafic aérien, il est nécessaire de connaître la motivation des voyageurs : vacances, déplacements professionnels, voyages affinitaires (familles, amis), rôle de la Genève internationale et des secteurs de la finance, du négoce et des multinationales, part des voyageurs très fréquents et évolution de leur consommation, ...²⁴ Comme on l'a vu au chapitre 2, les élasticités de la demande en trafic aérien sont différenciées en fonction du motif de voyage, de la distance de la destination ou encore des compagnies aériennes et se servir d'une seule élasticité pour tous les segments de marché n'est pas satisfaisant. Ainsi, la demande du canton de Genève est probablement très dépendante des voyages d'affaires et de la Genève internationale, alors que la demande des cantons du Valais ou de Berne dépendent plus du tourisme. La réponse de la demande de ces

²⁴ L'analyse de ces éléments pourrait donner aussi des pistes intéressantes pour influencer la demande, dans le cadre d'une politique de limitation du trafic aérien.

cantons à une variation du PIB en sera très différente. Or, l'étude Intraplan utilise la même équation de la demande (et donc les mêmes élasticités) pour l'ensemble des « micro-régions », ce qui constitue une limite forte du modèle.

5. Scénario « croissance modérée »

5.1. Hypothèses et résultats

Toute prédiction du trafic aérien à moyen et à long terme est en partie aléatoire et arbitraire, ce qui en relativise la portée pour l'élaboration d'une politique aéronautique. Nous reviendrons sur ce point au chapitre 6. Pour le moment, nous voulons montrer que, sur la base d'éléments tout aussi plausibles que ceux choisis par Intraplan, et en suivant une méthodologie similaire, on peut aboutir à un résultat fort différent. Notre scénario « croissance modérée » n'épuise évidemment pas la gamme des possibles, il remet simplement en cause les affirmations du scénario « croissance soutenue » d'Intraplan.

Pour élaborer ce scénario nous effectuons plusieurs hypothèses de modélisation :

1. Nous dérivons le trafic passagers annuel à partir de l'application successive des élasticités PIB et élasticités prix sur les données de trafic de 2013²⁵.
2. Nous tenons compte de l'effet de saturation de la demande selon la croissance du PIB. Nous utilisons pour ce faire une élasticité au PIB décroissante avec le temps²⁶.
3. Nous tenons compte d'une élasticité prix constante entre 2013 et 2030. La valeur considérée est légèrement supérieure à celle dérivée par Intraplan 2014, pour tenir compte des objections formulées en 4.2²⁷.
4. Nous tenons compte des effets de concurrence entre aéroports à partir des résultats d'Intraplan : nous dérivons un facteur de correction de la demande en trafic aérien pour les années 2020 et 2030²⁸ et faisons l'hypothèse d'une progression linéaire de ce taux pour les périodes 2014-2020 et 2021-2030.

Nous hypothèses sur les valeurs futures des variables nourrissant le modèle :

5. La *croissance économique* sur la période 2015-2030 est modérée (voir Tab.14). Nous considérons que le taux de croissance suisse est représentatif de la moyenne du bassin

²⁵ Il s'agit d'une simplification par rapport à la procédure suivie par Intraplan qui calcule la demande en trafic aérien pour chaque micro-région (canton de Genève, Vaud, Haute-Savoie,...) de la zone de chalandise de l'aéroport de Genève. Notre approche n'introduit toutefois pas d'hypothèse supplémentaire forte, car l'équation de la demande utilisée par Intraplan est la même dans chaque micro-région, ce qui revient, comme nous le faisons, à utiliser les mêmes élasticités pour chacune d'entre-elles. Notons que, si Intraplan avait fourni les données complètes des variables utilisées, nous aurions pu reproduire la procédure à l'identique.

²⁶ Valeur de l'élasticité au PIB décroissant linéairement de 1.61 en 2013 (Intraplan 2014) à 1.20 en 2030 (valeur obtenue en 2030 avec la régression logarithmique réalisée en 4.3.).

²⁷ Valeur de l'élasticité prix de -0.43 obtenue en simulant une série de valeurs de yield propre à l'aéroport de Genève (Intraplan 2014 dérive une élasticité de -0.25 en 2013).

²⁸ Selon Intraplan, la demande en 2020 est de 18'143 milliers de passagers et la prévision passager tenant compte des effets de concurrence est de 18'263 passagers. Le facteur de correction est donc de 0,66% en 2020. Similairement, nous dérivons que le facteur de correction 2030 est de 4,74%.

de chalandise²⁹. Pour 2015, nous retenons un taux légèrement supérieur aux prévisions les plus récentes de croissance économique³⁰ (taux retenu : 1.0%). A partir de 2015, nous considérons un retour progressif à une croissance plus élevée (1.3% pour 2016-2021) jusqu'à atteindre la moyenne de croissance annuelle 1970-2014 (1.7% pour 2021-2030). Le taux retenu est supérieur à la moyenne 1970-2009 (1.5%) mais sans atteindre le niveau de croissance très soutenu de la dernière décennie (si on excepte l'année 2009, le taux de croissance annuel moyen entre 2004 et 2014 a été de 2.5%).

6. La *part de marché low cost* est estimée à 50% sur la période 2014-2030.
7. Le *prix des billets* est représenté par le yield européen avec les mêmes hypothèses que celles d'Intraplan 2014 : prix stable pour les compagnies traditionnelles et augmentation annuelle de 0.5% pour les compagnies low cost.
8. Le *prix du baril de pétrole* est estimé à 125 \$ le baril de crude oil en 2020 (120\$ pour le scénario Intraplan) et 150 \$ en 2030 (130 \$ pour le scénario Intraplan).
9. La *TVA* au taux réduit de 3,8% s'applique sur les billets d'avion dès 2022.
10. Une *taxation CO₂* est introduite sur les billets d'avion dès 2022. Son taux est équivalent à celui de la taxe actuelle sur les combustibles, soit 60.-/tonne de CO₂.
11. Un *événement structurel défavorable* ayant une portée similaire aux événements couplés de 2001 du grounding Swissair et des attentats du 11 septembre a lieu durant les 15 ans à venir. Son effet est estimé à une baisse durable de 2 millions de passagers pour l'aéroport de Genève (voir fig.15.). Notons que, par le passé, les baisses ponctuelles de conjoncture économique n'ont eu que des effets ponctuels sur le trafic passagers, mais que des événements structurels comme ceux de 2001 ont eu un effet durable dont Intraplan tient compte dans son étude. Les événements en question pourraient par exemple être (y compris une possible combinaison d'effets):
 - a. l'abandon par Easyjet de sa base genevoise du fait de la réduction de l'attractivité de la région,
 - b. la réduction de l'importance de la Genève internationale du fait de la concurrence d'autres villes,
 - c. la perte d'attrait de la région lémanique pour les multinationales du fait du franc fort et de l'évolution de la fiscalité,
 - d. la réduction de l'importance de la place financière genevoise générant une réduction forte de la consommation de vols d'affaires pour Londres et une

²⁹ Au sein du bassin de chalandise, les taux de croissance des cantons de Vaud et surtout de Genève sont plus volatiles et sensibles à la conjoncture que le taux suisse. Le taux de Rhône-Alpes est structurellement plus faible que le taux suisse. Le taux suisse constitue une moyenne cohérente à moyen terme.

³⁰ Le KOF prévoit 0.2% en 2015 et le SECO 0.9% Voir : http://www.kof.ethz.ch/fr/medias/communiqués-de-presse/k/previsions-conjoncturelles-de-printemps/1192/2015/03/previsions_conjoncturelles_printemps/ et <http://www.seco.admin.ch/themen/00374/00375/00376/?lang=fr>

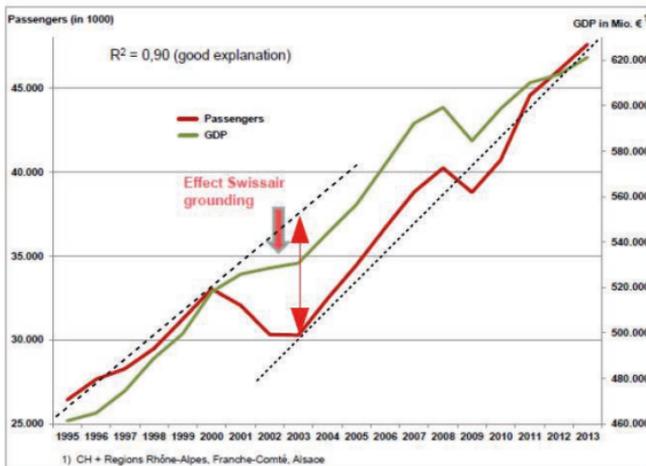
réduction forte du nombre d'employés français et britanniques à forte consommation personnelle de trafic aérien,

- e. un attentat majeur en Europe visant un aéroport ou utilisant l'avion comme mode opératoire.

Tab. 14. Hypothèses comparées de la croissance économique du bassin de chalandise de l'aéroport de Genève pour le scénario de croissance économique soutenue d'Intraplan et notre scénario de croissance modéré. Pour le scénario Intraplan, nous présentons le PIB agrégé selon les parts de marchés de chacune des micros-région (Genève, Vaud, Haute-Savoie, ...).

Scénarios	2015		2016 - 2020		2021 - 2030	
	« Croissance soutenue » (Intraplan)	« Croissance modérée » (Noé21)	« Croissance soutenue » (Intraplan)	« Croissance modérée » (Noé21)	« Croissance soutenue » (Intraplan)	« Croissance modérée » (Noé21)
Taux annuels PIB	2.0%	1.0%	2.4%	1.3%	2.2%	1.7%

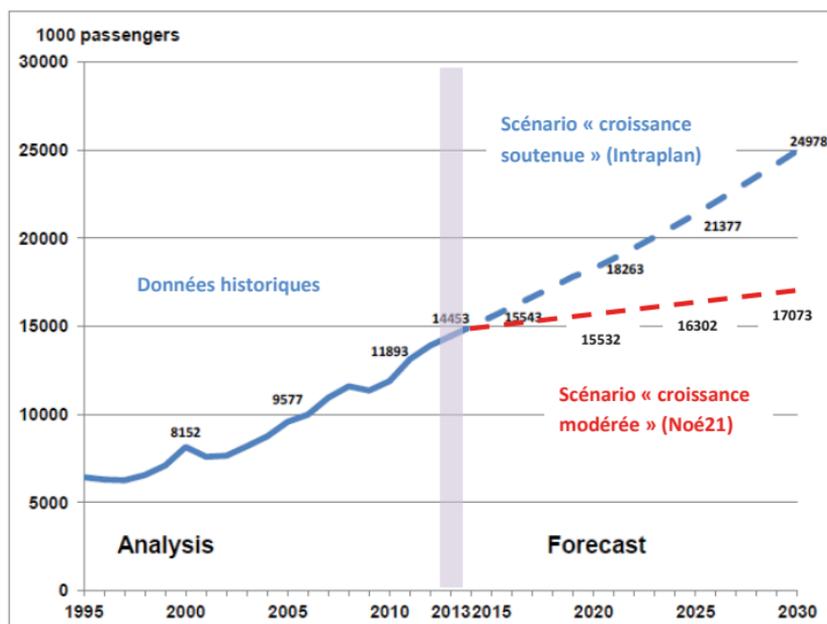
Fig 15. Effet du grounding Swissair et des attentas du 11 septembre sur le trafic passagers pour les aéroports de Suisse et des régions françaises de Rhône-Alpes, Franche-Comté et Alsace. Les deux droites représentent approximativement les tendances avant et après les événements. La différence durable est de l'ordre de 7 millions de passagers, ce qui, ramené à l'aéroport de Genève indique un effet de l'ordre de 2 millions de passagers (figure adaptée de Intraplan 2014).



Résultat de notre simulation :

La prévision de trafic passagers en 2030 de notre modèle adapté « croissance modérée » est de **17.1 millions de passagers**, contre 25.0 pour celui d'Inraplan.

Fig 16. Prévisions de trafic passagers selon les scénarios « croissance soutenue » d'Inraplan et « croissance modérée » de Noé21 (figure adaptée de Inraplan 2014)



5.2. Discussion des résultats

L'ensemble des hypothèses retenues ne sont pas moins réalistes que celles retenues par Inraplan :

- Au niveau de la croissance économique : Le franc fort et les incertitudes économiques européennes laissent douter d'un retour rapide à une croissance économique soutenue en Suisse supérieure à la moyenne 1970-2009. D'autre part, certains moteurs de la croissance de l'arc lémanique particulièrement consommateurs de trafic aérien (finance, négoce de matières premières, sièges de multinationales) font face à de profonds changements du cadre réglementaire (fin du secret bancaire, transparence du secteur du négoce, réforme de l'imposition des entreprises).

- Au niveau de l'internalisation des coûts externes dans le prix des billets : La Suisse négocie actuellement l'inclusion au marché européen de crédits carbone EU-ETS. L'aviation est désormais incluse dans le marché EU-ETS. Les experts de Thomson Reuters évaluent le prix de ces crédits à environ 50€/tonne en 2030³¹.
- Au niveau de la fiscalité : La fin de l'exemption totale de la TVA pour les billets d'avion est un objectif politique porté par les organisations environnementales³².
- Au niveau du prix du pétrole : Si le prix du baril de pétrole a chuté ces derniers mois, c'est avant tout, selon les experts, pour des questions géostratégiques (les Saoudiens cherchent à étouffer les petits producteurs de pétrole de schiste étasuniens), la tendance sur le long terme reste influencée par une hausse des prix du fait de la raréfaction du pétrole bon marché.
- Au niveau des événements défavorables : L'occurrence durant les 15 prochaines années d'un attentat important en Europe ou d'un changement de stratégie d'une compagnie aérienne importante à Genève ne devrait pas être exclue de l'analyse de risque des projets de développement de l'aéroport de Genève.

Tab. 17. Comparaison des hypothèses et des résultats du scénario « croissance modérée » (Noé21 2015) et du scénario « croissance soutenue » (Intraplan 2014)

	Scénario « croissance modérée » (Noé21 2015)	Scénario « croissance soutenue » (Intraplan 2014)	Eléments de contexte
<i>Croissance économique</i>	Modérée	Soutenue	Franc fort, fin du secret bancaire, réforme de la fiscalité des entreprises
<i>Internalisation des coûts externes</i>	Taxe CO2 au taux des combustibles dès 2022	Aucune	Inclusion au marché carbone de l'UE
<i>Fiscalité</i>	TVA à taux réduit dès 2022	Aucune	Campagne politique
<i>Événements défavorables au trafic aérien</i>	Une occurrence en 15 ans	Aucune occurrence	Risques actuels en Europe, volatilité du secteur aéronautique,...
Prévisions trafic passagers GVA 2030	17.1 millions	25.0 millions	

³¹ Voir par exemple : Stig Schjølset, The MSR: Impact on market balance and prices, Thomson Reuters Point Carbon, 2014, http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0094/thomson_reuters_point_carbon_en.pdf

³² Voir : http://www.wwf.ch/fr/savoir/climat/changement/transports_aeriens/

Afin de présenter au lecteur une appréciation de la fiabilité des résultats du scénario « croissance modérée », nous présentons ici une analyse de sensibilité en faisant varier les hypothèses selon une gamme de valeur.

L'analyse de sensibilité (ci-dessous) montre que notre modélisation est plutôt stable face à la variation des hypothèses. Les effets les plus importants sont liés à l'occurrence d'événements défavorables au trafic aérien, au niveau de croissance économique et à la sensibilité de la demande en trafic aérien face à l'évolution du PIB (élasticité PIB). Il est également intéressant de noter que la variation du prix du pétrole influence la prévision du même ordre de grandeur que la mise en place d'une taxation carbone.

Tab. 18. Analyse de sensibilité des résultats du scénario « croissance modérée »

Variable	Plage de variation	Sensibilité de la prévision de trafic passagers 2030
Taux de croissance économique annuel	± 20%	± 7 %
Part de marché low cost	± 20%	± 0%
Elasticité PIB en 2030	± 20%	± 6%
Elasticité prix constante	± 20%	± 2%
Prix du baril	± 20%	± 3%
TVA	Pas de TVA applicable TVA à 8% dès 2020	± 2%
Taxe CO2	Pas de taxe CO2 Taxe CO2 à 120.-/t dès 2020	± 3%
Événements défavorables	0 à 2 événements	± 15%

6. Conclusion et recommandations

Notre étude ne constitue pas une prévision alternative de trafic à celle d'Intraplan en tant que telle. En effet, nous n'avons eu accès ni à la totalité des données utilisées par Intraplan ni au modèle lui-même, ce qui limite la portée de nos résultats. Toutefois, nous avons rassemblé suffisamment d'éléments concordants pour estimer que **la prévision de trafic aérien en 2030 d'Intraplan n'est pas fiable**.

Premièrement, **le modèle Intraplan contient d'importantes failles méthodologiques**. L'absence de prise en compte de l'effet de saturation de la demande en trafic aérien en fonction de l'augmentation du PIB engendre à elle seule une marge d'erreur de l'ordre de 3,5 millions de passagers dans la prévision 2030, toutes choses égales par ailleurs. La série de données utilisée pour simuler la réponse de la demande à l'augmentation des prix est statistiquement non représentative. La littérature montre généralement une sensibilité de la demande au prix 4 à 10 fois plus forte que celle dérivée par Intraplan. Aucune segmentation des voyages n'a été effectuée, alors que la réponse de la demande varie beaucoup selon le motif ou la distance du voyage.

Deuxièmement, la méthode de modélisation utilisée par Intraplan (et les erreurs qu'elle contient) a probablement pour effet de **surestimer le rôle du PIB et de sous-estimer le rôle du prix** dans la formation de la demande en trafic aérien. La littérature confirme que les élasticités-prix sont en général très supérieures. Le rôle du développement du low cost dans la croissance exceptionnelle du trafic passagers à l'aéroport de Genève cette dernière décennie accrédite la thèse selon laquelle l'offre influence la demande dans des proportions similaires au PIB, ce qu'un traitement approprié de l'effet du prix pourrait montrer.

Troisièmement, **les projections 2015-2030 du PIB et du prix sont optimistes**. L'unique scénario élaboré prolonge la tendance à la croissance des passagers de la dernière décennie. Les valeurs de croissance économique retenues sont élevées et ne tiennent pas compte des menaces actuelles (franc fort, abolition du secret bancaire, réforme de l'imposition sur les entreprises,...). Aucun événement structurel local influençant le trafic aérien (comme le *grounding* de Swissair par exemple) n'est pris en considération. Par le passé, de tels événements ont eu un effet durable sur le trafic, ce qui est pris en compte par Intraplan. De même qu'aucune contrainte sur le trafic aérien n'a été étudiée.

Ainsi, **les résultats du modèle Intraplan ne peuvent pas être considérés comme une prévision de trafic, mais comme une indication avec une probabilité de réalisation incertaine**. Cette conclusion est confirmée par l'analyse empirique ex-post comparant les prévisions antérieures du modèle Intraplan avec les données réelles qui montrent une faible capacité prédictive et une tendance forte à la surestimation.

Nous déplorons également que ni la totalité des hypothèses, ni la discussion des résultats, ni l'estimation de la marge d'erreur ou l'analyse de sensibilité ne soient présentées. Les valeurs fournies ne permettent pas non plus de reproduire les résultats de manière indépendante. **Le lecteur ne peut donc pas se forger une opinion éclairée de la confiance qu'il peut**

accorder aux résultats qui lui sont présentés, ce qui est problématique lorsque, comme dans le cas présent, l'expertise sert de support à des décisions politiques lourdes de conséquence. Selon nous, cette étude ne répond pas aux exigences habituelles des revues scientifiques révisées par les pairs.

Afin d'estimer malgré tout la solidité de la prévision 2030 d'Intraplan, nous avons développé un scénario alternatif de « croissance modérée » qui tient compte d'une évolution prudente de la croissance économique et qui inclut également l'internalisation partielle des coûts externes et l'occurrence d'un événement structurel local défavorable au trafic aérien, comme l'a été par exemple été le grounding de Swissair. **Le scénario « croissance modérée » prévoit une demande de trafic aérien de 17,1 millions de passagers contre 25,0 millions pour le scénario de « croissance soutenue » d'Intraplan.** Cette comparaison montre une forte dépendance des résultats aux hypothèses. Nous avons montré que le scénario « croissance modérée » avait une probabilité de réalisation au moins équivalente au scénario « croissance soutenue ». Or, **ce scénario ne justifierait aucune adaptation majeure de l'infrastructure aéronautique de l'aéroport.**

Recommandations :

- *Les autorités ne doivent pas baser la planification du développement des infrastructures aéroportuaires uniquement sur les résultats de l'étude Intraplan. Le risque d'engager des investissements importants avec de faibles perspectives de rentabilité serait réel.*
- *A court terme, nous recommandons aux autorités et à l'ensemble des participants au processus du protocole de coordination de la fiche PSIA de commander une contre-expertise à l'étude Intraplan sur la base de leurs données complètes, à engager un processus de planification par scénarios plausibles et différenciés qui respecte les recommandations usuelles dans le domaine (cf ICAO), et à étudier le levier du prix des billets pour gérer la demande en trafic aérien.*
- *Le niveau futur de trafic aérien est trop incertain et le concept même de demande trop flou pour en faire un élément qui détermine la politique publique pour l'aéroport de Genève. Nous encourageons au contraire les autorités à mener la démarche inverse: se doter d'une vision claire sur le rôle que l'aéroport doit jouer pour Genève et la région et dimensionner ses infrastructures en fonction des besoins ainsi définis en coordination avec les autres politiques publiques qui pourraient entrer en contradiction avec le développement aéroportuaire (environnement, énergie, santé publique, logement, mobilité). Il n'est alors pas certain que formater les infrastructures pour 25 millions de passagers ne correspondent aux besoins de Genève et de sa région.*

7. Références

Airbus, Global market forecast 2006-2025, 2007, http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dgfr/hh/text_2007_06_21_Airbus_Global_Market_Forecast.pdf

Conseil fédéral, « *Rapport sur la politique aéronautique de la Suisse 2004* », <http://www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2005/1655.pdf>

Easyjet, Anual report 2014, http://corporate.easyjet.com/~/_media/Files/E/Easyjet-Plc-V2/pdf/investors/result-center-investor/annual-report-2014.pdf

Genève Aéroport, Rapport annuel 2014, https://www.gva.ch/fr/Portaldata/1/Resources/fichiers/publications/publications_institutionnel/2014_rapportGA_FR.pdf

Hergert, Michael et Thießen, Friedrich: "*Fehlprognosen im Luftverkehr - Untersuchung zur Qualität von Luftverkehrsprognosen am Beispiel der Intraplan Consult GmbH*", septembre 2014, Faculté des Sciences économiques, Université technique de Chemnitz, http://www.dfld.de/Downloads/140903_Thiessen_Intraplan.pdf

IATA, « *Estimating air travel demand elasticities* », 2007, http://www.iata.org/whatwedo/documents/economics/intervistas_elasticity_study_2007.pdf

ICAO, « *Manual on air traffic forecasting* », 3e édition, 2006, http://www.icao.int/MID/Documents/2014/Aviation%20Data%20Analyses%20Seminar/8991_Forecasting_en.pdf

Intraplan Consult GmbH, "*Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030 – Nachfrageprognose*", 2005, Im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt, <http://www.bazl.admin.ch/dokumentation/studien/index.html?lang=fr>

Intraplan Consult GmbH: "*Air Traffic Forecast - Aéroport International de Genève*", décembre 2014, on behalf of Office fédéral de l'aviation civile, <http://www.bazl.admin.ch/dokumentation/studien/index.html?lang=fr>

Ministère des Finances du Canada: "*Elasticité de la demande de transport aérien de passagers*", octobre 2008, http://www.fin.gc.ca/consultresp/airtravel/airtravstdy_1-fra.asp

OCSTAT, 1970-2009 40 ans d'observation conjoncturelle à Genève, 2010, <http://www.ge.ch/statistique/tel/publications/2010/analyses/etudes/an-ed-2010-51.pdf>

Office fédéral de l'aviation civile: "*Développement durable dans le transport aérien - Rapport de synthèse*", juin 2008 http://www.fin.gc.ca/consultresp/airtravel/airtravstdy_1-fra.asp

PWC, Connectivity and growth : directions of travel for airport investments, 2014, http://www.pwc.com/en_GX/gx/capital-projects-infrastructure/publications/assets/pwc-connectivity-growth.pdf

UNWTO, Global report on aviation, 2012, http://www.everis.com/global/WCLibraryRepository/References/tourism_study.pdf