

# L'IMPACT DU NUAGE DE CENDRE DU VOLCAN EYJAFJALLAJOKULL DANS LE SECTEUR AEROPORTUAIRE

François DOMERGUE\*

---

Résumé. - La filière aérienne est soumise à de fortes contraintes : monétaire, crise financière, baisse du trafic, coût de l'énergie, etc. L'événement exceptionnel lié à l'explosion en avril 2010 du volcan islandais Eyjafjallajokull et l'émission du nuage de cendres sur l'espace aérien européen conduiront à fermer la quasi-totalité des aéroports européens concernés pendant une semaine en vertu du principe de précaution. L'absence d'indicateur relatif à ce type de crise exogène non prévisible, l'arrêt provisoire du trafic aérien et l'absence d'outil de prévention et d'anticipation ont généré une baisse de trafic et un déficit financier considérable favorisant la proposition d'un nouveau modèle de gestion du risque climatique en milieu aéroportuaire.

Mots-clés : Catastrophe naturelle ; Risque ; Navigation aérienne ; Principe de précaution.

## 1. Introduction

Le ralentissement de l'activité économique (Stiglitz, 2010) a conduit à la baisse du trafic (IATA, 2010) en raison de la crise financière mondiale et d'une hausse du prix de l'énergie. L'aéroport est un secteur d'activité dont les statuts juridiques ont changé notamment en France en raison de la déréglementation (cohérente avec la politique européenne de privatisation des aéroports). Il ressort que cette transformation juridique entraîne une obligation de résultat pour les gestionnaires des plates-formes aéroportuaires. La mondialisation des échanges favorise la croissance du trafic aérien et augmente la gestion du risque en matière de sûreté, sécurité et hygiène. Le caractère procyclique et la très grande sensibilité à court terme au choc exogène du

---

\* Enseignant-chercheur en macroéconomie et supply chain management (Inseec Business School, Bordeaux).

transport aérien (Burns et al., 1946) posent des problèmes : adaptation au sein d'un environnement incertain (crise financière) ; manque de visibilité due à la fragmentation interne de l'entreprise (Savall et al., 2009) ; remise en cause de pratiques résultant de la massification des flux ; globalisation des échanges dont le pivot d'équilibre s'installe progressivement dans les zones sud-est asiatique et chinoise.

Le problème d'identification de la prévention des risques dans le secteur aérien implique des pratiques particulières et ciblées (dimension collective et individuelle visant à restaurer la confiance auprès des clients et des collaborateurs). Les récentes pandémies (SRAS HN1, etc.) ont fait appliquer le principe de précaution (PP) dans les systèmes de transports internationaux (maritimes et aériens principalement) afin de circonscrire le risque de contagion. Dans le cadre du transport aérien européen, la gestion de la navigation aérienne est assurée par Eurocontrol qui harmonise la navigation aérienne et la gestion du trafic aérien civil et militaire. En raison du caractère exceptionnel et brutal de ce phénomène géoclimatique (IATA, 2010), différents organismes internationaux ont été sollicités pour gérer l'interdiction partielle ou totale du ciel pour une durée indéterminée. Différentes instances internationales (OACI, IATA) et surtout l'ACI (Airports Council International) regroupant l'essentiel des aéroports internationaux, ont proposé une série de recommandations à propos de la propagation du nuage de cendre. La représentation (Louisot et al., 2007) et la perception des risques s'organisent selon trois phases : une phase de détection, une phase d'identification et une phase de décision. Ce traitement favorise une maîtrise du processus de crise et réduit les impacts des événements de rupture sur l'organisation du milieu considéré. Au sein d'un aéroport, la notion de risque se développe à trois échelons différents (Flouris et al., 2008) : l'anticipation, l'identification des risques potentiels et les impacts éventuels pour l'infrastructure aéroportuaire comme pour les acteurs internes et externes.

À partir de ce double constat, la filière aérienne et plus particulièrement les infrastructures aéroportuaires sont assujetties au principe de précaution (Conférence de Rio, 1992). Pour autant, doit-on appliquer sans flexibilité le PP au risque de générer des crises collatérales, génératrice de crises plus dévastatrices ? Cet article propose d'identifier la notion de risque et la méthodologie de prévention des risques d'un système aéroportuaire. À partir de l'étude de cas de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac, nous présenterons les perspectives et les limites du risque climatique basé sur le principe de précaution. Enfin, nous suggérerons un modèle de gestion du risque adapté pour un système aéroportuaire.

## **2. Principe de précaution (PP) et prévision des risques**

Le transport aérien développe une activité de service dominée par des coûts de main-d'œuvre importants, une activité fortement capitalistique et fondamentalement un secteur très atomisé. Par conséquent la notion de risque reste largement attachée à la performance. Dès lors qu'un élément perturbateur survient, la gestion du risque prend des proportions à la mesure de

la performance que l'on attache à ce secteur. Depuis les années 2000, la gestion du risque, tant au niveau local au sein des entreprises qu'au niveau global avec les multiples mesures et indications des institutions spécialisées (dont les Etats qui l'exécutent), s'organise au sein d'une procédure que l'on appelle le principe de précaution (PP). C'est au cours du Sommet de la Terre réuni à Rio de Janeiro en juin 1992 que ce principe bénéficie d'une reconnaissance planétaire (principe 15 de la déclaration de Rio). Il reconnaît « à la fois dans la Déclaration sur l'environnement et le développement et dans les textes des deux conventions que le PP demande une action précoce, effective mais proportionnée, de prévention des risques sans attendre le stade des certitudes quant à l'existence et à l'ampleur de risques. Il a connu depuis 1992 une large reconnaissance dans tous les textes internationaux touchant à l'environnement, mais aussi, à un moindre degré, et dans une conception moins ample, à la sécurité sanitaire » (Godard, 2003). Aussi, la notion de PP, selon un usage rigide et uniformément appliqué sans considération de particularisme, peut provoquer des effets négatifs pour les gestionnaires d'aéroports en terme de maîtrise du risque. L'étude sur le RAP (Risk Averse Power) identifie huit indicateurs (Laïdi, 2010). L'auteur montre que le changement climatique est fortement pris en considération en Europe (47 % à partir d'une série de huit critères d'évaluation du risque systémique).

1) Poverty and lack of drinking water	69%
2) Climate change risk	47%
3) Economic crisis	39%
4) International terrorism	35%
5) Spread of infectious diseases	32%
6) Armed conflicts	29%
7) Increasing world population	24%
8) Proliferation of nuclear weapons	15%

Source : Eurobarometer, special Eurobarometer 313, Europeans' attitudes towards climate change, January-February 2009

Une récente étude (Jong et al., 2008) a travaillé sur la notion de risque, d'accident et de sûreté aérienne. A partir de travaux d'Eurocontrol et de l'EASA, les auteurs ont souhaité appréhender la notion de performance, mais pas seulement en termes de coût et d'efficacité des vols à l'aide du concept d'ATM (Air Traffic Management). Ils ont pris comme base d'analyse le principe d'incident et les agrégats associés en termes d'impact sur un aéroport. Ils ont cherché à hiérarchiser les degrés d'incidents et les indicateurs associés en termes de performance sécuritaire.

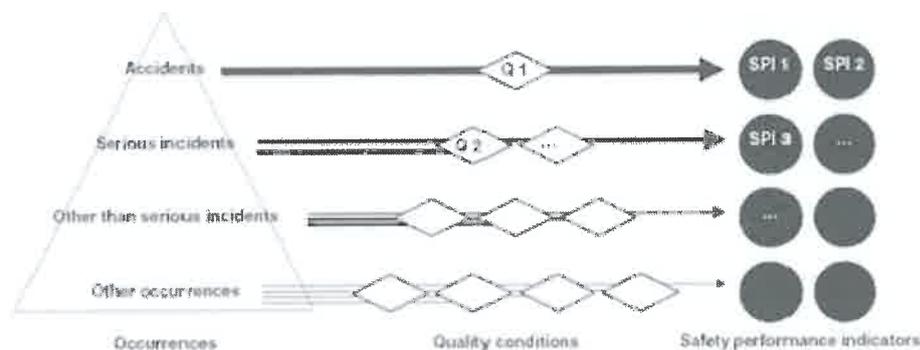


Figure 1 : Cadre analytique pour la gestion de la sûreté (Source Jong et al., 2008).

Enfin, cette étude désigne différents éléments de détection relatifs aux accidents au profit d'une navigabilité aérienne optimale : impact géographique ; trafic aérien civil insuffisamment intégré avec le trafic militaire ; navigation aérienne plus fonction du trafic aérien que de la gestion du trafic aérien ; sécurité tournée prioritairement sur l'incident et non sa prévention. Comme le montre la figure 1, les auteurs concluent en proposant six indicateurs de performances des incidents (SPIs) : SPI 1 pour le taux d'accident, SPI 2 pour la distribution causale par accident, SPI 3 pour le nombre d'incidents graves, SPI 4 pour le nombre de collisions d'avions en altitude, SPI 5 pour le nombre de collisions dans les aéroports et SPI 6 pour le taux d'avions contrôlés. Cette étude est novatrice car elle s'intéresse particulièrement au rapport de la performance avec la sécurité. L'enjeu pour un gestionnaire d'aéroport est d'intégrer, outre les indicateurs classiques nécessaires pour définir l'impact économique, la notion de management du risque.

### 3. Système aéroportuaire et évaluation du risque

La notion de risque couvre deux grandes catégories (Laufer, 1993) : le risque naturel et le risque lié à l'activité humaine. Pour le premier, le niveau d'anticipation est faible ; son identification est effectuée ex post et ses impacts peuvent être considérables. Pour le second, le degré de risque, les indicateurs de dangerosité et les obligations juridiques favorisent une anticipation et une identification appropriée, sans oublier une maîtrise des impacts. Dans la mesure où les aéroports sont désormais libéralisés et privatisés (Carré, 2000), ils doivent intégrer le risque comme un facteur perturbateur générateur de frais financiers.

La problématique des aéroports européens repose avant tout sur le postulat que ces derniers constituent avant tout une activité commerciale et concurrentielle. Face à ces évolutions stratégiques, l'impact de « choc exogène » est considérable notamment en termes de planification des risques et de prévention. La notion de risque au sein d'un aéroport s'évalue en fonction de conditions objectives (risque naturel) et subjectives (procédures déficientes, erreurs humaines flagrantes, mauvais agencement de l'aéroport et dysfonctionnement structurel). Selon

la gravité supposée ou réelle du risque, l'aéroport doit appliquer des règles en matière de gestion de la sécurité (OACI, 2008).

L'évaluation du risque comprend une matrice sur la probabilité de l'événement, la sévérité de l'événement, la sévérité du risque et enfin la gestion du risque, l'index d'évaluation du risque et les critères correspondants (cf. schémas ci-après) :

Probabilité de l'événement		
Définition qualitative	Signification	Valeur
Fréquente	Se produit probablement souvent (est arrivé fréquemment)	5
Occasionnelle	Se produit probablement de temps en temps (est arrivé de temps en temps)	4
Faible	Peu probable, mais possible (est rarement arrivé)	3
Improbable	Très peu probable (on ne sait pas si cela s'est déjà produit)	2
Extrêmement improbable	Presque impensable que l'événement se produise	1

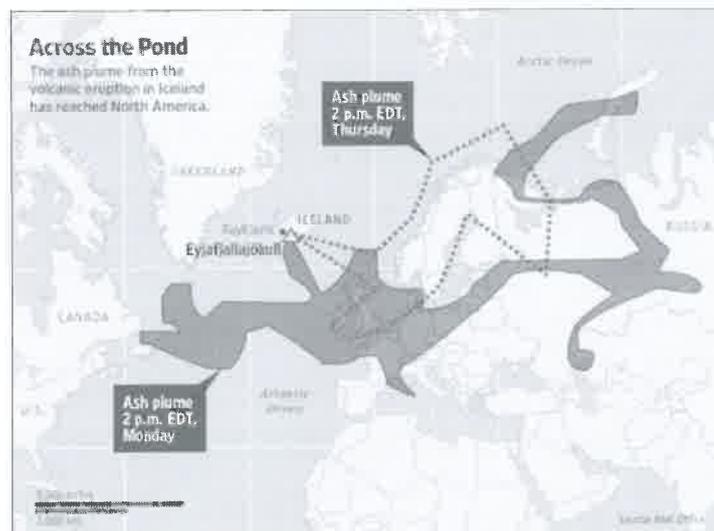
Source : OACI

Sévérité de l'événement		
Définition en aviation	Signification	Valeur
Catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Equipement détruit.</li> <li>↳ Nombreux blessés.</li> </ul>	A
Dangereuse	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Forte réduction des marges de sécurité, souffrance physique du chargé de travail telle qu'on ne peut être sûr que le personnel opérationnel exécutera ses tâches complètement et avec précision.</li> <li>↳ Blessures graves.</li> <li>↳ Importants dégâts matériels.</li> </ul>	B
Majeure	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Réduction significative des marges de sécurité, perte de capacité du personnel opérationnel à faire face à des conditions d'évaluation négatives suite à une augmentation de la charge de travail ou en raison de conditions faiblement satisfaisantes.</li> <li>↳ Blessés graves.</li> <li>↳ Personnes blessées.</li> </ul>	C
Mineure	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Effets négatifs.</li> <li>↳ Limitations opérationnelles.</li> <li>↳ Recours à des procédures d'urgence.</li> <li>↳ Incidents mineurs.</li> </ul>	D
Négligeable	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Peu de conséquences.</li> </ul>	E

Probabilité de l'événement	Sévérité du risque				
	Catastrophique A	Dangereuse B	Majeure C	Mineure D	Négligeable E
Fréquente 5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasionnelle 4	4A	4B	4C	4D	4E
Faible 3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable 2	2A	2B	2C	2D	2E
Extrêmement improbable 1	1A	1B	1C	1D	2E

Gestion du risque	Index d'évaluation du risque	Critère suggéré
	5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Inacceptable dans les circonstances présentes.
	5D, 5E, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C	Acceptable sur base d'une atténuation du risque. Peut requérir une décision de la direction.
	3E, 2D, 2E, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E	Acceptable

Ces matrices sont discutées et coordonnées par les gestionnaires des aéroports concernés par un risque naturel ou d'origine humaine. Dans le cadre de notre étude, le risque naturel généré par le nuage de cendre du volcan Eyjafjallajökull (mi-avril 2010) présentait une valeur de probabilité de niveau 1 (extrêmement improbable), une notion de sévérité de valeur D et par conséquent une probabilité de l'événement 1D. Selon le tableau matriciel de la gestion du risque pour un aéroport européen, l'index 1D entraîne un critère acceptable du risque. La notion de PP ne devait théoriquement pas être appliquée, la restriction de vol non recommandée et l'annulation de vols continentaux et transcontinentaux non appliquée. Le nuage de cendre provenant de l'éruption volcanique a progressivement généré la fermeture de l'espace aérien européen pour une période d'environ sept jours et annulé par voie de conséquence plus de 100.000 vols nationaux et internationaux. Cette situation exceptionnelle a culminé le dimanche 18 et le lundi 19 avril avec l'annulation de 19.000 vols par jour. La propagation du nuage a



conduit à la fermeture d'aéroports et à l'arrêt de la circulation aérienne (figure 2).

Figure 2 : La diffusion du nuage de cendre en mai 2010 (source UK Met Office).

L'impact financier au niveau mondial se chiffrait (IATA, 2010) à 1,7 milliard de dollars US de pertes financières. Pour l'espace aérien européen, la perte était estimée à environ 400 millions de dollars US par jour avec des impacts sur le marché du transit de voyageurs et de fret (particulièrement en France et en Allemagne). L'IATA évaluait que cette fermeture du ciel européen a concerné près de 1,2 million de passagers par jour. Les figures 3 et 4 soulignent l'impact financier des effets du volcan sur le transport aérien.

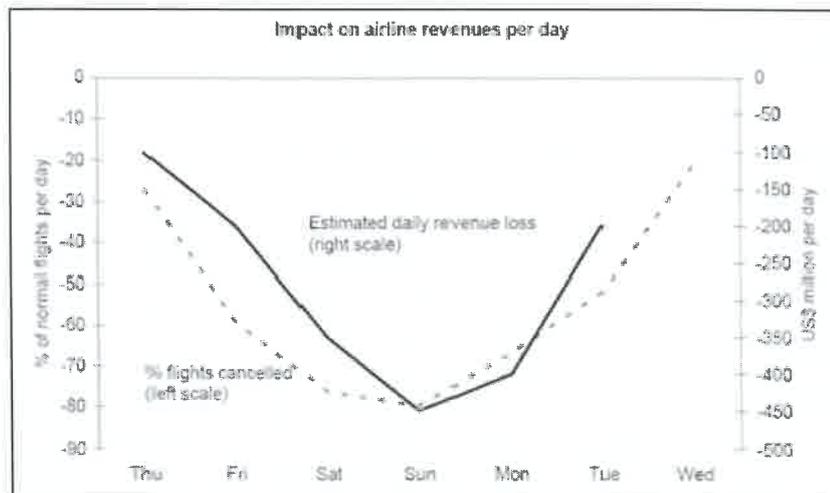


Figure 3 : Estimation journalière des pertes financières relative au nuage de cendre (IATA Economics, Eurocontrol).

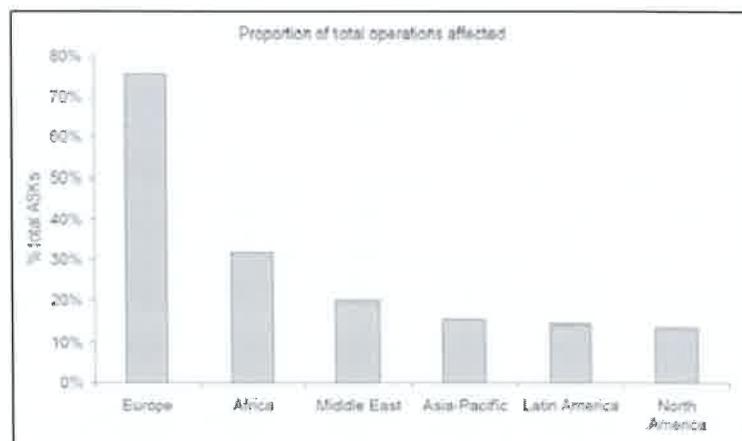


Figure 4 : Compagnies aériennes le plus affecté par le nuage de cendre (Source IATA Economics, SRS Analyser database).

Eurocontrol a produit un certain nombre de recommandations notamment l'interdiction de navigation aérienne du ciel européen qui a eu d'importantes répercussions financières. Le 21 mai 2010, la commission européenne, Eurocontrol et l'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA) ont publié un rapport visant à mesurer l'impact du nuage de cendres. En raison du caractère inédit de ce phénomène et de son impact sur le ciel européen, il a été créé un comité de crise (European Crisis Coordination Cell : EACCC) précisant qu'il existerait trois zones de navigations aériennes :

- la zone rouge, où les vols pourraient être maintenus ;
- la zone grise, où l'on déterminerait au cas par cas le trafic aérien ;

- la zone noire, où les vols seraient suspendus pour une durée indéterminée (avec éventuellement un transfert modal vers le ferré).

#### 4. Le cas de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac

L'aéroport aquitain est géré par l'Etat et la Société anonyme Aéroport de Bordeaux Mérignac (SA ADBM) qui se partagent la responsabilité de l'aéroport. En 2008, le système de management par la qualité a permis à l'aéroport de mettre en place un nouveau système de management intégré dans le domaine de la sécurité (SGS).

Le trafic aérien de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac a fortement progressé depuis les années 2005 en raison de l'essor du transit international et de l'arrivée du trafic low cost à Bordeaux. En septembre 2009<sup>1</sup>, le trafic global de plate-forme (305.000 passagers) affiche une baisse de 7,9 %. L'Aéroport de Bordeaux enregistre en avril 2010 une baisse de son trafic<sup>2</sup> de 4,2 % par rapport au mois d'avril 2009 et affiche 274.900 passagers. En avril, les autres grands aéroports français ont connu le même sort, voire avec des baisses plus importantes (jusqu'à 14 %).

Si le trafic est largement influencé par l'ouverture vers le hub lyonnais et le trafic aérien international, les gestionnaires de l'aéroport privilégient le développement des commerces et des services autour de la plate-forme, les services aux passagers, la qualité des infrastructures et la maîtrise des risques avec la mise en place du SGS (Système de Gestion de la Sécurité) certifié par l'Aviation Civile. Ce système a pour vocation d'identifier, réduire et gérer la sécurité sur l'ensemble des activités aéroportuaires de l'aéroport. En raison de la privatisation de l'aéroport et de son passage en société anonyme, les gestionnaires ont désormais une obligation de résultat et non plus seulement de moyens. Si le chiffre d'affaires progresse, il doit désormais intégrer des notions de risque tel que la fermeture d'un aéroport et les pertes financières non compensées par une institution publique.

Si l'on prend en considération la matrice de gestion de crise proposée par l'OACI, le risque est d'ordre 1D, donc n'entraînant pas la fermeture de l'aéroport et une perte de trafic aérien sur une période déterminée. La question que l'on peut se poser réside dans l'uniformisation de l'application du PP en contradiction avec l'évaluation de la matrice du risque proposée par l'OACI. Dans la mesure où l'aéroport est une société privée, elle doit assumer cette interdiction de trafic aérien, la sécurité des acteurs externes et internes de l'aéroport et la responsabilité juridique de l'impact de cette crise.

---

<sup>1</sup> Source Aéroport de Bordeaux-Mérignac, octobre 2009.

<sup>2</sup> Source Aéroport de Bordeaux-Mérignac, mai 2010.

## 5. Les perspectives et les limites du risque climatique dans le secteur aéroportuaire

Une abondante littérature s'inscrit dans le champ de recherche relatif à l'influence du changement climatique pour le secteur aérien. Il s'agit de l'impact environnemental sur l'aérien (Gray-Mullen et al, 2000 ; Lee et al., 2006 ; Wuebbles, 2006), sans oublier les émissions de GES dans le secteur aérien (Sausen et al., 2000 ; Raper et al., 2008 ; Thorpe et al., 2004, Rogers et al., 2002). Les recherches relatives aux catastrophes climatiques et leurs impacts sur le transport aérien ont été peu traitées. Dans la mesure où les données sont fragmentées sur une durée souvent peu significative, les domaines de recherches regroupant un « choc exogène », « le transfert modal » et la « notion de complexité » sont intéressantes à conduire. Dans notre étude, nous tentons d'élargir le concept d'impact économique (direct, indirect et induit) au concept de risk management et de catastrophe climatique.

Une littérature anglo-saxonne et plus particulièrement nord-américaine a déjà fait ressortir des travaux sur les impacts économiques notamment sur l'un des plus grands aéroports états-uniens (Dulles International Airport) afin de déterminer des indicateurs performants en matière d'impacts économiques (SGM Group, 2004). Un récent travail (Kupfer et al., 2009), relatif à l'importance de la filière aérienne en Belgique, met en évidence des critères d'évaluations nécessaires à la détermination de l'impact économique d'un aéroport : valeur ajoutée, emplois, bilan social, investissement, situation financière pour ne parler que des principaux. La notion d'impact doit nous interroger sur les manifestations concrètes du risque et sur l'élaboration d'une typologie du risque en milieu aéroportuaire (figure 5).

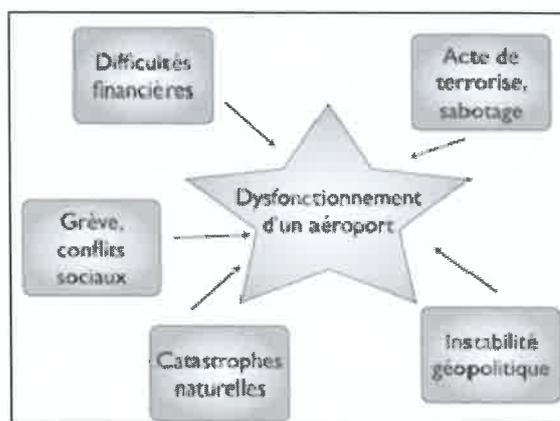


Figure 5 : Typologie élaborée à partir des travaux de SGM Group (2004) et Kupfer et al. (2009).

Si les indicateurs financiers et sociaux sont le plus souvent pris en considération et analysés dans les études d'impacts, il convient d'agrèger des phénomènes exogènes comme ceux du terrorisme, l'instabilité politique et récemment les catastrophes naturelles. La fermeture durant le mois d'avril de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac a entraîné des pertes financières dont l'anticipation et l'évaluation de l'impact économique sont à valoriser. Par conséquent, dès lors

que la notion de risque naturel est identifiée, évaluée, triée et enregistrée, la gestion de risque (Flouris et al., 2008) peut s'organiser comme suit :

- Anticiper le risque,
- Mettre en place des mesures de précaution adaptées au risque et selon le lieu d'impact,
- Intégrer le risque dans le calcul d'impact économique d'un aéroport,
- Partager le risque selon une cartographie aéroportuaire ajustée selon l'intensité du risque naturel ou humain,
- Limiter le risque par des mesures en cohérence avec les préconisations émises par les institutions internationales et les aéroports concernés par le risque (naturel ou humain).

## 6. Conclusion

Une plate-forme est conditionnée par des indicateurs macroéconomiques traduisant un impact direct, indirect et induit des acteurs se situant dans ou à proximité de l'aéroport. Cela doit nous conduire à redéfinir les critères et modèles de gestion du risque d'un aéroport à partir d'un facteur exogène. Le nuage de cendre du volcan islandais a provoqué la fermeture des aéroports européens durant une semaine. La précédente expérience d'une fermeture d'une telle ampleur est celle des actes terroristes de septembre 2001. Cela avait touché essentiellement le ciel américain et refondu ce secteur d'activité (fusions entre les compagnies aériennes ; prise en compte du terrorisme par les aéroports en termes de contraintes socioéconomiques). L'Europe vient à son tour d'être touchée par un phénomène d'ampleur comparable et qui pourrait se réitérer dans la mesure où certains volcans semblent avoir une activité comparable à celle du Eyjafjallajökull islandais. Des études américaines avaient tenté d'évaluer l'impact de volcans (Hoblitt et al., 1995) susceptibles de générer un nuage de cendres, notamment sur la ville de Seattle (volcan du Mont Rainier dans le Nord-Ouest des Etats-Unis). Le transfert modal de l'aérien vers le transport ferré permettrait de maîtriser le choc exogène par la prise en compte de la notion de complexité, d'une typologie des hubs nationaux et transnationaux et d'une stratégie d'ajustement en fonction de critères d'anticipation. Au-delà de l'impact du risque naturel sur une plate-forme aéroportuaire, on peut se questionner sur le bien-fondé du principe de précaution, rigide et inapproprié. L'application de matrices d'évaluation du risque par les gestionnaires d'un aéroport conjuguée avec les mesures préconisées par les institutions internationales devraient favoriser une cohérence dans la maîtrise de la gestion des risques naturels et humains.

## 7. Bibliographie

- Burns, A. F., Mitchell, W. C., (1946), *Measuring Business Cycles*, NBER, New York.
- Carré, A.D., (2000), *Aéroports et stratégie d'entreprise*, Vol II, Paris, Les Presses de l'ITA.
- Flouris, T., Lock, D., (2008), *Aviation project management*, Ashgate, England.
- Godard, O., (2003), « Le développement durable de Rio de Janeiro (1992) à Johannesburg (2002) », Cahier n° 2003-017, Laboratoire d'économétrie, Ecole Polytechnique.
- Gray-Mullen, P.J., (2000), « Environmental Impacts of Aviation », *Transportation Research Board*, pp. 1-6.
- Hoblitt, R.P., Walder, J.S., Driedger, C.L., Scott, K.M., Pringle, P.T., Vallance, J.W., (1995), « Volcano hazards from Mount Rainer, Washington », *Open-File Report 95-273*, U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey, pp. 1-10.
- IATA., (2010), « The impact of Eyjafjallajökull's volcanic ash plume », Montréal, Canada.
- Jong, H.H., Preti, F., Van Es, G.W.H., (2008), « A Framework of indicators for the potential influence of Air Navigation Services on air traffic safety in Europe », *Journal of Risk and Reliability*, JRR72, vol 222, pp. 57-78.
- Kupfer, F., Lagneaux, F., (2009), « Economic importance of Air Transport and Airport Activities in Belgium », *Working paper document*, National Bank of Belgium, n°158, pp. 1-115
- Laïdi, Z., (2010), « Europe as a risk averse power », *CERI-CNRS*, Number 11, pp. 1-16.
- Laufer, R., (1993), *L'entreprise face aux risques majeurs*, L'Harmattan.
- Lee, D.S., (2006), « Aviation impacts on climate », *Manchester Metropolitan University*, pp. 1-26.
- Louisot, J.P., Gauthier-Gaillard, S., (2007), *Diagnostic des risques*, AFNOR.
- Raper, D., Morris, J., Rowbotham, A., Morrell, P., (2008), « UK aviation : Carbon reduction futures », *Final reports to the Department for Transport*, Manchester Metropolitan University, pp. 1-136.
- Rogers, H.L., Lee, D.S., Raper, D.W., Forster, P.M., Wilson, C.W., Newton, P., (2002), « The impacts of aviation on the atmosphere », *Manchester Metropolitan University*. pp. 1-84.
- Sausen, R., Schumann, U., (2000), « Estimates of the climate response to aircraft CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions scenarios », *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands, pp. 27-58.
- Savall, H., Zardet, V., Bonnet, M., (2009), « Contribution de la tétranormalisation à la gestion des risques », *Communication au colloque Oriane*, ISEOR.
- SGM Group Inc., (2004), « Economic impacts of airport and estimated economic effects », *Dulles International Airport*, FAA, Virginia.
- Stiglitz, J., (2010), *Freefall: America, free markets, and the sinking of the world economy*, WW Norton & Company, New-York.
- Thorpes, A.J., Lee, D.S., Rogers, H.L., (2004), « Aviation impacts on the atmosphere », *Manchester Metropolitan University*, pp. 1-11.
- Wuebbles, D., (2006), « Workshop on the Impacts of aviation on Climate Change », *Cambridge MA*, pp. 1-64.