

Coût global et analyse quantitative des risques dans la gestion d'un projet

Gérard Seguin le 23/09/2020

<https://coutglobal-risque.fr/>

Dans la vie privée et/ou professionnelle, nos décisions reposent trop souvent sur des analyses simples et partielles. Or quand la décision porte sur un investissement, ce comportement peut réserver des surprises désagréables qui se traduisent généralement par des dépenses supplémentaires ou un service dégradé.

1 La préparation des décisions

La décision est le fait d'un acteur (le décideur peut être un individu ou un groupe d'individus) qui effectue un choix entre plusieurs solutions susceptibles de répondre au problème, ou à la situation, auquel il est confronté.

Une décision peut concerner (=avoir des conséquences sur) un individu ou un groupe d'individus. Dans le premier cas, l'individu qui décide est censé en assumer les conséquences, qu'elles soient favorables ou non. Dans le deuxième cas, ces conséquences sont toujours partagées par d'autres, qu'ils aient ou non participé à la décision. Sachant qu'une mauvaise décision peut avoir des impacts allant d'ennuyeux à catastrophiques, il est préférable d'éviter cette situation.

défaut,

Exemples de situations dans le cadre professionnel ou public

Décideurs	Exemples de situations
Etat ou collectivités	<u>Externalisation d'un service public</u> . La polémique sur les autoroutes et les déboires du PPP du centre hospitalier sud-francilien montrent les dangers d'une gestion court-termiste et essentiellement comptable. Elles jettent de plus un discrédit sur des approches qui pourraient contribuer utilement à la redistribution des rôles entre le public et le privé.
Collectivités locales	<u>Construction d'une piscine, d'un aéroport, etc.</u> Parmi les critères importants, le coût de construction mais aussi les coûts d'utilisation et d'entretien. Lorsque les aléas du critère "fréquentation" sont mal pris en compte, l'équipement peut être surdimensionné et les recettes ne couvrent pas les dépenses. C'est alors la collectivité qui paye.
Collectivités locales	<u>Travaux d'aménagement routier</u> . Le décideur favorise généralement le coût des travaux au détriment de la durée, ce qui a pour effet d'allonger la période de gêne occasionnée. Résultat : des centaines ou des milliers d'heures passés dans les bouchons et les allongements de parcours, impact sur la consommation de carburant, la pollution, la qualité de vie, etc. L'impact sur l'environnement est oublié au profit du seul critère financier.
Chefs d'entreprises	<u>Délocaliser la production</u> . Les différents critères de choix concernent principalement le périmètre de l'entreprise. Les considérations extérieures macro-économiques, tel que l'emploi dans la région touchée ne sont pas prioritaires.
Responsables politiques	<u>Elaborer une loi ou un texte réglementaire</u> . Le document répond à un besoin bien identifié. Il peut arriver cependant que l'application du texte se voit perturbée par le manque de moyens financiers, matériels et humains disponibles ou bien qu'elle ait des répercussions non prévues contre-productives. Cette situation apparaît lorsque l'analyse préalable est limitée à l'énoncé d'une solution, sans prendre en compte les alternatives, les moyens nécessaires, les impacts, etc.
Responsables de projets publics ou privés	<u>Coût d'un projet</u> . Il est fréquent que le coût réel d'un projet dépasse, parfois largement, le coût initial prévu. Dans le cas d'un investissement public, c'est le contribuable ou l'utilisateur qui couvre la différence. Cette situation fréquente apparaît lorsque les aléas (les risques) ont été ignorés ou ont fait l'objet d'une analyse succincte ou incomplète lors de la préparation du projet.

Ces quelques exemples montrent que le choix procède d'une "**approche ulticritère**" et ne se limite pas aux seuls impacts, généralement financiers, visibles. Il faut aussi considérer les coûts récurrents, ainsi que d'autres critères, monétaires ou non, tels que les délais, l'image ainsi que l'impact sur les tiers (les externalités). Enfin, il est déraisonnable d'ignorer les risques ou de les traiter de façon trop simpliste.

Quelques principes de base

Si dans la vie privée, les conséquences d'une décision mal préparée n'impactent qu'une personne ou une famille, il n'en va pas de même dans le cadre professionnel ou public où les conséquences rejaillissent sur plusieurs individus, souvent étrangers à la décision.

Un choix ayant un impact financier doit donc nécessairement reposer sur une étude préalable dans le cadre de laquelle il ne faut pas :

- a. limiter en étendue et en profondeur le périmètre de l'analyse ;
- b. trop simplifier l'exposé et la modélisation du problème ;
- c. remplacer la rigueur (*) par l'approximatif ;
- d. se limiter au qualitatif ;
- e. se placer dans un cadre déterministe ;
- f. se limiter à la composante financière.

(*) A noter que si le mot rigueur signifie sévérité, fermeté, austérité et dureté, il signifie aussi exactitude, précision, logique, rectitude et rationalité. Cette ambiguïté amène certains politiques à le bannir de leur langage, ce qui prive le vocabulaire français de ce mot très important.

Pour éviter ces erreurs, la préparation et le suivi d'un projet d'investissement s'appuient sur deux approches connexes et complémentaires : le coût global et l'analyse de risques.

2 Coût global

L'approche coût global répond au souci de définir le juste périmètre de l'analyse. Lors d'une décision d'investissement (construction, achat, rénovation, etc.), il ne faut pas se limiter aux dépenses visibles, immédiates ou à coût terme, qui représentent la partie visible de l'iceberg. Il faut aussi prendre en compte les dépenses et éventuellement les recettes (les coûts peuvent être positifs=dépenses ou négatifs=recettes) générées par le bien concerné sur une durée significative.

Une des premières tâches consiste donc à établir la **liste des rubriques** à prendre en compte dans l'analyse, qu'elles soient financières ou non. Cette liste définit le périmètre du problème et son élaboration constitue la première phase de la modélisation. Pour ne pas limiter en étendue et en profondeur le périmètre de l'étude, sa définition s'appuie sur **l'analyse du cycle de vie** du système ou son équivalent pour un projet.

Dans le document de référence 1, **trois notions** sont définies :

- Le coût global (CG) **élémentaire** regroupe l'ensemble des coûts/bénéfices du bien, immobilier ou non, portés par le propriétaire ou l'utilisateur. Il inclut les études, la conception, le foncier, la construction, l'achat, l'exploitation (dont fluides et énergie), la maintenance (dont les grandes révisions), la fin de vie et les recettes éventuelles ;
- Le CG **élargi** y ajoute les intangibles tels que la qualité d'usage, la productivité ou l'image qui ont un impact économique sur l'organisation du maître d'ouvrage ;
- Le CG **partagé** ajoute au précédent les externalités (impact sur l'environnement). C'est l'équivalent du coût global étendu de la Norme ISO/DIS 15686-5.

Ces définitions sont évidemment applicables dans tous les domaines et ne se limitent pas aux bâtiments.

Le coût global a **deux fonctions**, de natures différentes mais complémentaires :

- **L'analyse économique** : Rechercher les options les plus économiques qui répondent au besoin. Comparaison entre stratégies d'acquisitions (par exemple externaliser ou non, rénover une installation existante ou bien en créer une nouvelle), choix de conception, choix entre plusieurs équipements permettant de remplir la même fonction, etc.

- **L'analyse financière** : Prévoir les flux financiers pour préparer un budget, répondre à un appel d'offre, etc., et s'assurer que ces flux seront compatibles avec les ressources disponibles;

Le coût global est à **géométrie variable**. Selon la question posée, il peut s'appliquer à un système complexe ou bien se limiter à un sous ensemble du système. Par exemple dans l'étude du coût global d'un bâtiment, si la question porte sur le choix entre deux systèmes de chauffage, Il est alors possible de définir un coût global "partiel" dont le périmètre couvre les équipements et les activités liés au chauffage.

En général, un coût n'a de signification que s'il est associé à **un indicateur de performance ou d'utilité** du produit ou du service qu'il procure dans le cadre d'un scénario donné. Si l'utilité ne peut être traduite en termes financiers, la comparaison entre plusieurs scénarios doit s'effectuer à iso-utilité (chaque scénario offre la même utilité, efficacité, capacité, etc.).

Enfin l'approche coût global doit être retenue **dès le début du projet** (les premières études) car une grande partie des coûts futurs sont induits par les choix initiaux portant sur la stratégie et la conception. C'est une **approche itérative** dont le périmètre et la qualité évoluent avec l'avancement du projet. Il doit donc être mis à jour au moins à chaque changement de phase du projet.

Last but not least, l'estimation du coût global ne peut pas se placer dans un cadre déterministe.

3 Analyse de risques

Il n'est ni sérieux ni réaliste d'estimer le coût prévisionnel d'un projet complexe, qui peut s'étaler sur une longue période, sans prendre en compte les aléas de toute nature auxquels il est soumis. Ignorer les aléas ne peut que nuire à la qualité et donc à la crédibilité des prévisions.

3.1 Management des risques

Tout projet est soumis à des aléas susceptibles de mettre en cause la tenue de ses objectifs définis en termes de coûts, délais et performances. Ces aléas concernent aussi bien le déroulement des différentes phases du projet (risques projet) que le fonctionnement des systèmes mis en œuvre et les accidents éventuels qu'ils peuvent occasionner (risques systèmes).

Le management des risques est une démarche d'anticipation des événements redoutés dans le déroulement d'un projet. Il consiste à :

- identifier les événements redoutés susceptibles de mettre en cause les objectifs du projet ;
- estimer la criticité des risques en termes de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences ;
- mettre en place les actions de maîtrise des risques du projet à partir de la liste des risques triés par ordre de criticité décroissante ;
- suivre les risques en relation avec les actions mises en place et capitaliser le retour d'expérience.

En associant à chaque risque les deux variables qualitatives "probabilité d'occurrence" et "impact" on définit la matrice de criticité représentée ci-dessous. Ce sont 2 **variables aléatoires qualitatives** car elles sont définies par des modalités qui vont de "Très faible" à "Très élevé".

La **variable qualitative Criticité** est définie par des modalités qui vont de Mineure à Inacceptable.

		Criticité = produit de la probabilité et de l'impact M/ineure T/olérable S/ignificative C/ritique I/nacceptable				
		Impact				
		Très faible	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Probabilité	Très faible	M	M	M	M	T
	Faible	M	M	T	T	S
	Moyenne	M	T	T	S	C
	Elevée	M	T	S	C	I
	Très élevée	T	S	C	I	I

3.2 Analyse quantitative

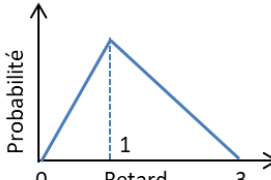
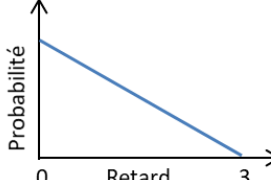
L'analyse quantitative est la deuxième étape à réaliser après l'analyse qualitative. Elle a pour finalité d'estimer l'impact financier des risques de toute nature et de l'intégrer dans le coût du projet, en particulier pour estimer la **provision pour risques**. La part du coût associée aux risques n'est alors pas calculée à partir de coefficients forfaitaires de provisions et de marges mais résulte d'une analyse rigoureuse et détaillée des risques portés par le projet (Voir §4). Cela offre une bonne visibilité en phase de négociation ou lors de la fixation d'un prix.

3.2.1 Principe

Pour obtenir une estimation chiffrée d'un risque associé à un projet, l'analyse qualitative doit être complétée par une analyse quantitative dans laquelle les variables qualitatives "probabilité d'occurrence" et "Impact" sont remplacées par des **variables aléatoires quantitatives**. Ces variables aléatoires sont décrites par des **distributions de probabilité** discrètes ou continues.

Exemple

Un retard de travaux est estimé entre 0 et 3 mois. Trois cas de modélisations simples sont présentés ici.

Toutes les valeurs comprises entre 0 et 3 ont la même probabilité (elles sont équiprobables). Sur l'axe "Probabilité", cette probabilité est représentée par une droite horizontale. Le risque est modélisé par une distribution de probabilité Uniforme continue dans l'intervalle [0 ; 3]	
La valeur la plus probable (le Mode) est égale à 1 mois, et la probabilité des valeurs évolue de façon linéaire entre les bornes 0 et 3. Le risque est modélisé par une loi Triangulaire de mode 1 dans l'intervalle [0 ; 3]	
La valeur la plus probable (le Mode) est égale à 0 mois, et la probabilité des valeurs évolue de façon linéaire entre les bornes 0 et 3. Le risque est modélisé par une loi Triangulaire de mode 0 dans l'intervalle [0 ; 3] (triangle rectangle)	

Il existe d'autres représentations selon la valeur du mode, la façon dont la probabilité évolue entre les bornes 0 et 3 et si celles-ci sont certaines ou non. Ce risque peut donc être modélisé par différentes lois de probabilité continues (Exponentielle, Normale, Gamma, Beta, Pert, etc.).

3.2.2 Deux catégories de risques

Les dépenses réelles constatées dans le déroulement du projet seront nécessairement différentes des prévisions faites lors de sa préparation. Cet écart entre la prévision et la réalisation a deux causes principales :

1. Le projet ne s'est pas déroulé conformément au scénario initial qui a été perturbé par des événements non prévus ;
2. Les données élémentaires prévisionnelles utilisées pour estimer les coûts associés au scénario se sont avérées inexactes.

Les risques couvrent donc deux types d'aléa : les risques projets (qui incluent ici les risques systèmes) associés au scénario et les d'incertitudes liées aux données prévisionnelles.

Exemples de risques projet

Pollution : Le stockage, la manipulation et le transport de certaines matières nécessitent des précautions particulières qui n'excluent cependant pas la possibilité d'accidents.

Problèmes de construction liés à l'état du sol et du sous-sol : Lorsque le projet démarre par des travaux de terrassement, ceux-ci peuvent être entravés ou par l'état du sol ou du sous-sol.

Disponibilité : Ce risque apparaît lorsque la mise à disposition des installations et des matériels ne répond pas aux exigences de disponibilité contractuelles. Les causes peuvent être liées à la fiabilité, à la maintenabilité..., des produits.

Évolution des besoins : les évolutions des besoins du client peuvent avoir ou non un impact sur la nature ou le dimensionnement des constructions et équipements à mettre en place puis à soutenir pendant la durée du projet.

Délais de conception et réalisation : toute variation des délais a pour effet de modifier le scénario de base et donc d'impacter le coût du projet.

Risques d'incertitude

Incertitude = connaissance imparfaite dans différents types de situations

Le coût d'un projet est estimé à partir de données prévisionnelles qui couvrent entre autres les aspects suivants :

- Données économiques et financières telles que taux d'inflation, taux d'intérêt, taxes, OAT, ...;
- Coûts ou prix unitaires d'études, de conception, de construction des ouvrages et des équipements, de production (ou d'acquisition) ou de location de matériels et équipements, coût des services et de la main d'œuvre, etc.;
- Dimensionnement des bâtiments, des équipements et des installations, des moyens matériels et humains, ...

L'incertitude peut ici avoir deux causes

Selon la phase de l'étude préalable et donc la maturité du projet, certains choix de conception ou de construction ne sont pas encore définitivement arrêtés. Il peut en être de même pour les scénarios d'utilisation (exploitation et maintenance) pendant la phase de construction ou d'acquisition. La **connaissance imparfaite** des travaux à réaliser génère automatiquement une imprécision sur leurs coûts.

Lorsque l'étude préalable est bien déterminée, il reste une **incertitude sur les prix** du marché ou les possibilités de négociation.

Ces incertitudes sont assimilées à des risques car elles ont un impact identique et subissent le même traitement mathématique. On les nomme ici "risques d'incertitude".

3.2.3 Modélisation d'un risque

Un risque est un événement dont l'occurrence et/ou l'impact ne peuvent être prévus avec certitude. Il est donc modélisé par une probabilité d'occurrence et un impact.

La **probabilité d'occurrence** (pocc) est représentée par une valeur unique (pocc=1 si le risque est certain, pocc=0.6 si sa probabilité est de 60%, etc.).

Pour les risques d'incertitude, la probabilité d'occurrence est généralement égale à 1 sinon l'incertitude n'existerait pas.

L'**impact** d'un risque peut être défini en termes de coût, de délai ou de performance. Dans le cadre de l'analyse économique et financière d'un projet, il est utile de traduire tous les impacts en coûts afin d'estimer la provision pour risques du projet.

La **modélisation de l'impact** consiste à définir la variable aléatoire qui représente au mieux les conséquences possibles du risque avec les probabilités associées. L'impact peut être modélisé par une loi (ou distribution) de probabilité paramétrique discrète (Binaire, Binomiale, Poisson, Géométrique...) ou continue (Uniforme, Triangulaire, Normale, Log Normale, Exponentielle, Gamma...) ou empirique, c'est-à-dire définies par les valeurs possibles et les probabilités associées.

3.2.4 Somme des risques

La somme des risques est réalisée par **simulation de Monte-Carlo**. Cette méthode consiste à effectuer N fois le même calcul (N tours ou itérations) en faisant varier les données à chaque tour à l'intérieur des intervalles de définition et selon les lois associées. Les résultats sont présentés sous la forme d'un histogramme qui permet de donner une représentation graphique du risque global.

Exemple

Cet exemple simple ne porte pas sur le coût global. Il est limité à un ensemble de risques projet dont on souhaite faire la somme afin d'estimer une provision pour risques. Il est construit avec 15 risques fictifs nommés r1 à r15.

Risques	Probabilités d'occurrence	Impacts			
		Loi	min	mode	max
r1 à r5	1	Uniforme	5		10
r6 à r10	0,35	Triangulaire	5	7	10
r11 à r15	0,7	Triangulaire	5	5	10

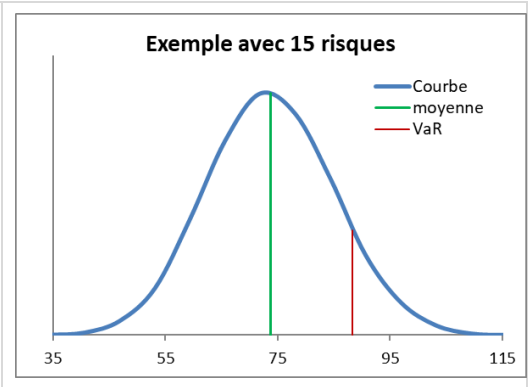
Le risque r2 a une probabilité d'occurrence égal à 1 et son impact est décrit par une loi Uniforme sur l'intervalle [5 ; 10]

Le risque r12 a une probabilité d'occurrence égal à 0,7 et son impact est décrit par une loi Triangulaire (5 ; 5 ; 10) car la valeur minimale est aussi la plus probable.

Les résultats, obtenus avec 50 000 itérations, sont présentés dans le cadre suivant.

Le **risque global** obtenu en faisant la somme des 15 risques élémentaires est une variable aléatoire dont la distribution est représentée par la courbe ci-contre.

- La somme des min est égale à 25
- La somme des max est égale à 150
- Les valeurs min et max obtenues avec 50 000 itérations sont respectivement égales à 33 et 116
- La moyenne est égale à 73,68
- L'écart type est égal à 11,19
- La VaR90 est égale à 88,24



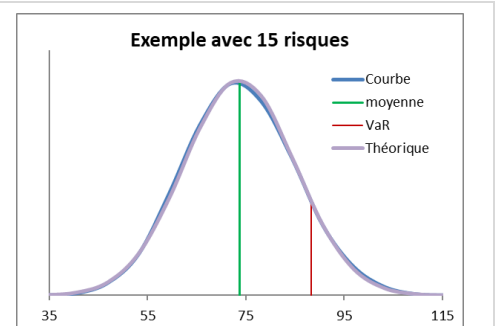
Les sommes des min et des max peuvent facilement se vérifier à partir des données des 15 risques. Les autres résultats sont obtenus par la simulation. On peut noter que l'intervalle [min=33; max=116] de la somme est plus restreint que l'intervalle [somme des min=25; somme des max=150]. Cela est normal car les valeurs extrêmes sont rares.

La VaR90 (**valeur à risque à 90%**) représente la borne supérieure de la somme qui a une probabilité de 10% d'être dépassée. Si l'on accepte cette couverture (= risque de 10% de se tromper), on peut considérer que le risque global est inférieur ou égal à 88,24. Cette valeur est bien inférieure à la somme des valeurs maximales (150) qui surestime énormément le risque global ainsi que dans une moindre mesure à la valeur maximale obtenue par la simulation (122). Si l'on veut modifier le risque de se tromper, et donc le montant de la VaR, on peut retenir une autre VAR (80, 85, 95, etc.).

La valeur retenue en fonction du taux de couverture, ici la VaR90, permet de définir la **provision pour risque** du projet, sachant qu'on lui associe une probabilité. Le coût prévisionnel d'un projet n'est jamais une valeur déterministe. La valeur affichée est nécessairement associée à une probabilité.

La **distribution du risque global** peut être ajustée à une loi Normale (loi de Laplace-Gauss) de moyenne 73,68 et d'écart type 11,19 bien que le test statistique du Khi2 ne soit pas parfaitement satisfait à cause d'un léger décalage au sommet de la courbe.

La courbe théorique obtenue avec une loi Normale est représentée en mauve sur le graphique ci-contre. Elle se superpose presque parfaitement au risque global en bleu.



3.2.5 Intérêt

L'analyse quantitative des risques apporte deux avantages d'égale importance : le résultat (estimation des provisions) et la mise en place de procédures permettant de l'obtenir. Ces deux aspects se retrouvent systématiquement dans toutes les approches quantitatives, alors qu'ils sont moins développés lorsqu'on se limite au qualitatif.

- L'analyse quantitative produit des estimations permettant de définir des provisions associées à des probabilités (VaR50, VaR85, VaR95, etc.). La provision retenue résulte d'une analyse détaillée des multiples composantes du projet ce qui améliore sa qualité, sa **visibilité** et sa **crédibilité** (Cf. §4).
- Pour obtenir un résultat fiable et crédible, il est nécessaire de procéder à un examen complet, détaillé, approfondi des risques du projet et d'adapter les pratiques, les méthodes et les outils (logiciels de calcul et bases de données) à cette approche collective. Ce travail bénéficie nécessairement à la qualité du projet dans son ensemble. **Les pratiques mises en place pour obtenir le résultat sont au moins aussi importantes que le résultat lui-même.**

3.2.6 Calcul de la somme de risques indépendants

Un "**Simulateur de sommes de variables aléatoires** continues uniformes indépendantes" avait été placé sur le site coutglobal.fr dans l'onglet "Risques" afin d'illustrer, par l'exemple, le principe de l'agrégation des risques. Une version améliorée de cette application, qui est opérationnelle et peut être utilisée dans des projets réels, est en ligne dans la nouvelle version du site <https://coutglobal-risque.fr/> qui développe et détaille les deux approches présentées succinctement dans cette fiche

Cette application est une version simplifiée du logiciel nommé "**evaRisq**" qui est actuellement utilisé pour estimer la provision pour risques de grands projets.

Elle est accessible sur le site à l'adresse <https://coutglobal-risque.fr/simulateur/>.

En utilisant les données de l'exemple ci-dessus avec le logiciel en ligne, on obtient des résultats équivalents. Il y a nécessairement de petites différences car le résultat d'une simulation n'est jamais une valeur exacte.

4 Annexe : Extraits du document de référence 2

(page 18) Le calcul économique paraît à première vue une technique relativement triviale puisqu'il suffit de comparer les bénéfices que l'on peut retirer d'un projet – qui ne se limitent pas aux seules considérations financières, même si elles ont toute leur place – aux coûts qu'il faudra supporter pour les obtenir. Parmi les nombreuses difficultés auxquelles se heurte cette approche (...) la prise en compte des risques et des incertitudes apparaît comme une des plus délicate.

(page 19) De manière générale, au-delà des discours sur le principe de précaution, la prise en compte effective des risques dans les études et les évaluations qui aliment la décision reste insuffisante au regard des enjeux. L'absence de réflexion sérieuse sur ce point inflige à posteriori à la collectivité des coûts supplémentaires importants qui auraient pu être évités.

(page 50) La pratique consistant à appliquer une prime de risque indépendante des caractéristiques du projet a sans doute le mérite de la simplicité, mais elle n'est pas économiquement fondée (...). Se résigner à augmenter forfaitairement le taux d'actualisation sans traiter la question du risque de manière circonstanciée, projet par projet, serait faire preuve d'une légèreté coupable.

(p 52) L'approche recommandée condui(sai)t dans un premier temps à identifier les risques et aléas, puis à décrire leurs conséquences sur les paramètres qui les affectent, en établissant leurs distributions de probabilité sur la base des informations disponibles.

Le rapport mentionne alors le recours à la simulation de Monte-Carlo pour traiter les risques.

5 Références

Référence 1 : Guide "Intégrer le coût global dans les projets de construction" – Collection Bâtir le développement durable – Editions CSTB Octobre 2013 – Orlando Catarina, Gérard Seguin.

Référence 2 : Rapports et documents 2011 n°36 - Centre d'analyse stratégique – Le calcul du risque dans les investissements publics – La documentation Française.