



**HAL**  
open science

## Quantitative Global Risk Analysis (GRAq)

Sebastien Delmotte, Alain Desroches

► **To cite this version:**

Sebastien Delmotte, Alain Desroches. Quantitative Global Risk Analysis (GRAq). 19 ième Congrès Lambda-Mu de l'Institut de la Maîtrise des Risques, IMDR, Oct 2014, Dijon, France. hal-01109059

**HAL Id: hal-01109059**

**<https://hal.science/hal-01109059>**

Submitted on 30 Jul 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## L'Analyse Globale des Risques Quantitative (AGRq)

### Quantitative Global Risk Analysis (GRAq)

Sébastien Delmotte

MAD-Environnement

15, rue du Laytié

31560 NAILLOUX

06.62.59.63.88

delmotte@mad-environnement.com

Alain Desroches

École centrale Paris,

Grande Voie des Vignes,

92295 Châtenay-Malabry cedex, France

#### Résumé

Après un rappel sur les concepts fondamentaux en management des risques, les auteurs présentent la méthode d'Analyse Globale des Risques Quantitative (AGRq), variante quantitative de la méthode AGR et fondée sur la représentation probabiliste des risques dans les processus d'évaluation, de décision et de financement. AGR est le nom donné par son auteur à la méthode APR réactualisée [2] qui, après plusieurs évolutions importantes du processus initial, permet de couvrir un périmètre d'analyse et de gestion plus vaste tant au niveau des risques structurels que fonctionnels de toute nature pendant tout le cycle de vie d'un système, de l'étude de sa faisabilité jusqu'à celle de son démantèlement. Les invariants du processus d'analyse de l'AGR et de l'AGRq sont détaillés en mettant l'accent sur les spécificités de l'approche quantitative, illustrée par la présentation des formats des référentiels d'évaluation et de décision, des supports de l'analyse et de ses sorties.

#### Summary

After a reminder about the fundamental concepts in risk management, the authors present the Quantitative Global Risk Analysis method (GRAq), a quantitative variant of GRA method based on the probabilistic representation of risk, decision and funding assessment processes. GRA is the name given by its author to the up-to-date PRA method which after several changes of the initial process covers a broader perimeter of analysis and management both at the level of structural and functional risks of any kind throughout the system life cycle, from the study of its feasibility to its dismantling. The invariants of GRA and GRAq are detailed with emphasis on the specificities of the quantitative approach.

## 1- Introduction

Le management global des risques est aujourd'hui un prérequis pour garantir les performances et la sécurité des activités (Entreprises, Projets) et des produits [1-6]. Devant l'augmentation de la complexité technique et organisationnelle des systèmes et l'émergence de risques nouveaux (environnements naturels, technologiques, sociaux-économiques, cybercriminalité...), il est indispensable d'aborder dans une même démarche les risques structurels, fonctionnels et conjoncturels. C'est l'objectif de la méthodologie AGR, nom donné par son auteur à la méthode APR réactualisée qui, après plusieurs évolutions importantes du processus initial permet de couvrir un périmètre d'analyse et de gestion plus vaste tant au niveau des risques structurels que fonctionnels de toute nature pendant tout le cycle de vie d'un système. Initialement, l'évaluation des incertitudes associées aux conséquences d'un événement redouté est de nature qualitative (échelle de vraisemblance) [2]. Il est cependant avantageux, lorsque les données disponibles le permettent, d'évaluer ces incertitudes sous forme de probabilités : la construction de la sécurité du système et de son financement en est plus efficace et cohérente. C'est l'objectif de l'Analyse Globale des Risques Quantitative (AGRq).

## 2- Concepts préliminaires

Le danger dont la notion précède celle de risque est défini comme un potentiel de préjudice ou de nuisance aux personnes, aux biens ou à l'environnement. Ce concept abstrait couvre aussi bien des éventualités physiques ou matérielles accessibles par nos sens que des éventualités immatérielles comme l'énergie potentielle ou cinétique. De façon plus générale, un danger peut être une substance (produit toxique. . .), un objet (virus, astéroïde...), un phénomène (inondation, séisme, changement climatique, réaction exothermique. .) ou un processus (erreur de diagnostic, erreur de décision. .). Ce préliminaire étant fait, le risque met en jeu deux notions. L'une, qualitative qui concerne son origine, à savoir l'exposition du système au danger, appelée situation dangereuse, qui, suivant les circonstances, peut se transformer en événement redouté avec des conséquences de différentes natures et importances. L'autre, quantitative qui est la « mesure » en termes de probabilité et de gravité de l'incertitude de la situation dangereuse ou de l'événement redouté. Si sur une échelle de temps, l'événement redouté est considéré à l'instant présent, alors sa probabilité d'occurrence concerne ses causes qui appartiennent à son passé tandis que la gravité concerne ses conséquences qui appartiennent à son futur.

Le risque d'un événement est un concept abstrait qui nécessite donc de prendre en compte de façon globale son passé, son présent et son futur. Il en résulte que le couple « probabilité-gravité » est indissociable et doit être considéré comme une

variable bidimensionnelle. Formellement, le risque est défini comme la probabilité de dépassement d'un seuil donné de gravité et s'écrit :

$$p = \Pr(G > g) \quad \{1\}$$

où  $g$  est la valeur de la gravité  $G$  des conséquences et  $p$  la probabilité qui mesure l'incertitude sur le dépassement de  $g$ . Par-là même un risque n'est ni une probabilité, ni une gravité, mais les deux en même temps. Il s'ensuit qu'une décision associée à un risque ne peut être prise sur la base d'une seule de ses deux composantes. De sa nature bidimensionnelle, pour laquelle il n'existe pas de relation d'ordre, il découle que l'on ne peut hiérarchiser formellement deux risques de façon directe par le couple gravité-probabilité.

Les conséquences du risque sont associées à l'occurrence d'un scénario d'événement redouté défini comme l'enchaînement ou la combinaison d'événements aboutissant à un événement redouté, représentée par la Fig. 1. Sa réalisation est liée à l'occurrence d'une cause contact qui crée l'exposition du système au danger et donc la situation dangereuse à partir de laquelle l'occurrence d'une cause amorce entraîne l'événement redouté.

L'événement contact (ou cause contact) comme l'événement amorce (ou cause amorce) sont des noms génériques pour définir l'ensemble des causes qui engendrent respectivement la situation dangereuse et l'accident. L'un comme l'autre peut être un événement programmé donc attendu (dont la probabilité d'occurrence est égale à 1) ou un événement non programmé donc non attendu. Les noms génériques peuvent correspondre chacun à plusieurs causes, qui ne sont pas nécessairement des causes racines.

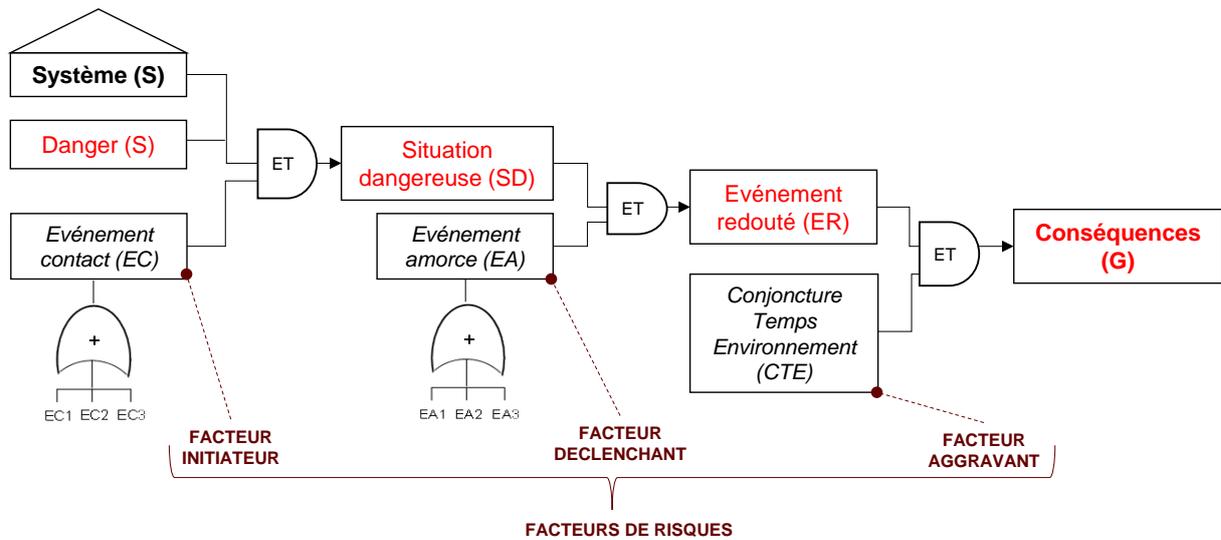


Figure 1. Scénario d'événement redouté

La probabilité du système est égale à 1.

$$\Pr(S) = 1 \quad \{2\}$$

Par conséquent, la probabilité de la situation dangereuse est égale à :

$$\Pr(SD) = \Pr(D, EC) = \Pr(D) \times \Pr(EC/D) \quad \{3\}$$

La probabilité de l'événement redouté est égale à :

$$\Pr(ER) = \Pr(SD, EA) = \Pr(SD) \times \Pr(EA/SD) \quad \{4\}$$

Enfin, la probabilité des conséquences, correspondant à la définition du risque précisée précédemment, est égale à :

$$\Pr(G > g) = \Pr(ER, CTE) = \Pr(ER) \times \Pr(CTE/ER) \quad \{5\}$$

En définissant la variable aléatoire FR (Facteurs de Risques) telle que :

$$\Pr(FR) = \Pr(EC/D) \times \Pr(EA/SD) \times \Pr(CTE/ER) \quad \{6\}$$

Et en combinant les équations 2,3 et 4, il en vient :

$$\Pr(G > g) = \Pr(D) \times \Pr(FR) \quad \{7\}$$

Dans la pratique, l'identification des risques est faite en utilisant un ensemble d'outils méthodologiques traitant de façon complémentaire de la nature des événements et de leurs localisations spatiale et temporelle. L'évaluation des risques est faite, d'une part, sur l'incertitude de l'occurrence en utilisant soit une échelle d'index de vraisemblance (analyse qualitative ou semi-quantitative) ou de valeurs de probabilité (analyse quantitative) et, d'autre part, sur les conséquences en utilisant une échelle d'index de gravité ou de valeurs de pertes et d'efforts.

La maîtrise des risques est associée directement aux actions de réduction et de contrôle faites sur les composantes du risque : la prévention regroupe les actions qui ont pour but de diminuer la probabilité d'occurrence du risque tandis que la protection regroupe les actions qui ont pour but de diminuer la gravité des conséquences.

Le processus de réduction des risques est basé sur le concept de criticité du risque qui ne peut être mis en œuvre que lorsque la gouvernance du risque a préalablement fait la répartition de l'ensemble des risques de l'activité en trois zones correspondant à leur criticité suivant le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), à savoir en :

- risque acceptable en l'état ;
- risque tolérable sous contrôle ;

- risque inacceptable.

L'ensemble de ces zones est visualisé respectivement en vert, jaune et rouge sur la Fig. 2.

La criticité du risque, est le résultat d'une fonction de décision associée à une échelle de valeurs politique, éthique, religieuse, économique, qui pour chaque risque évalué associe ou non une action de réduction ou de contrôle. La criticité du risque ne doit pas être confondue avec le risque moyen qui est le produit de la probabilité par la gravité du risque et n'est qu'un paramètre d'évaluation et non de décision.

Le regroupement structuré des actions de prévention et de protection correspond au plan de réduction des risques.

Les actions de contrôle permettent d'assurer la traçabilité des actions précédentes et de garantir dans le temps le maintien du niveau de sécurité atteint. Ces actions sont regroupées dans le catalogue des paramètres de sécurité.

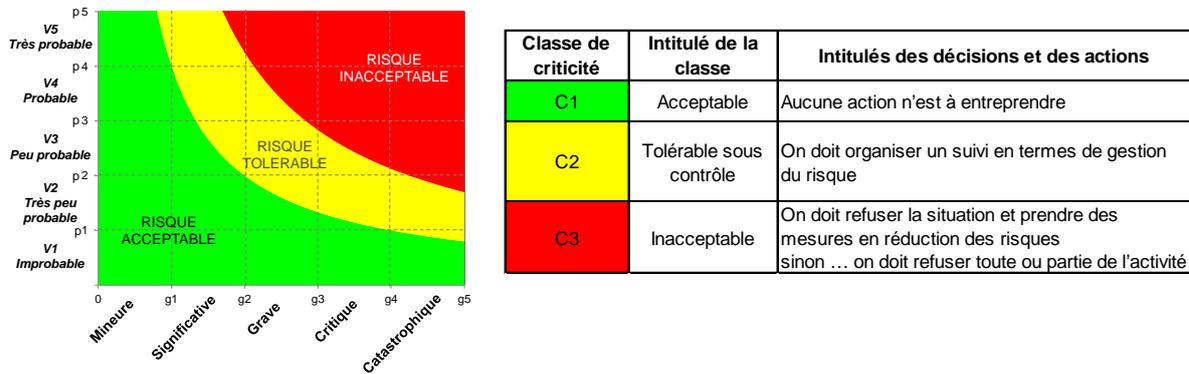


Figure 2. Diagramme d'acceptabilité des risques (Farmer) et échelle de criticité et de décisions associées

Enfin, à la notion d'acceptabilité du risque s'ajoute celle du financement du risque. Il est fondé :

- d'une part sur l'évaluation du bénéfice/risque, c'est-à-dire le rapport des gains potentiel liés à la présence d'une opportunité par rapport aux pertes potentielles liées à la présence d'un danger. Une telle évaluation nécessite d'aborder conjointement pour un même système l'analyse des risques positifs et l'analyse des risques négatifs ;
- d'autre part sur l'évaluation des pertes/risque, c'est-à-dire le rapport des pertes attendues si on ne fait rien et des coûts liés à la mise en œuvre d'actions de réduction des risques. La décision de traitement du risque est politique si les coûts sont supérieurs aux pertes et économiques si les pertes sont supérieures aux coûts.

### 3- Les invariants de l'AGR et AGRq

L'AGR et l'AGRq sont des variantes d'une même méthode d'analyse globale qui permet d'apprécier et de maîtriser les risques d'activités de nature différente suivant un processus invariant [1-2]. La spécificité tient à la nature du système considéré et de la cartographie des dangers considérés et non au processus d'analyse proprement dit. Il en est de même des cartographies des risques.

Le processus d'analyse est réalisé en trois étapes-clés qui regroupent plusieurs sous-étapes et qui fournissent en sortie les éléments de diagnostic, de décision et de gestion des risques (Fig. 3).

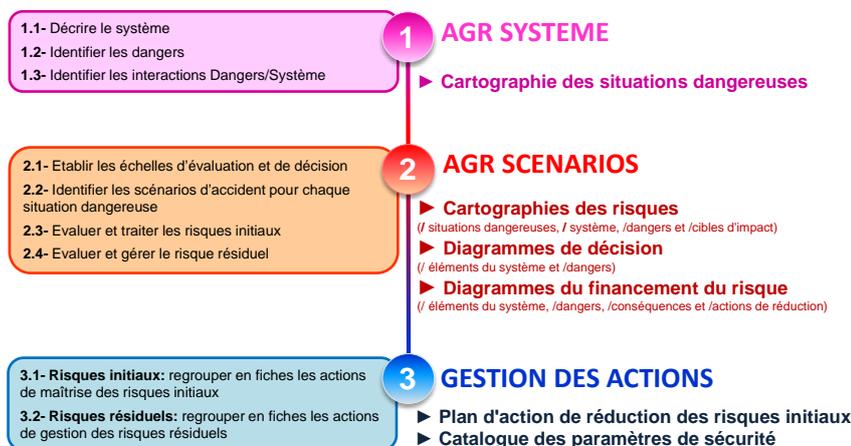


Figure 3. Processus de l'AGR et de l'AGRq

#### 3.1- AGR et AGRq Système

Cette première étape est identique pour l'AGR et l'AGRq.

- Le système est modélisé sous forme de processus, de fonctions et/ou de sous-systèmes ;
- La cartographie des dangers, liste structurée de dangers, est élaborée à partir d'une liste de 26 dangers génériques qui couvre les catégories suivantes, détaillés dans la Tab.1 : dangers externes au système ; dangers de gouvernance du

	Dangers génériques	Abrév	Description
Externes à l'entreprise	Politique	POL	Événement lié à la prise ou à l'exercice du pouvoir (pouvant s'opposer à la réussite des objectifs de l'entreprise)
	Environnement	ENV	Événement dangereux (aléatoire) pour l'entreprise ayant pour origine ses environnements (naturel, sanitaire et technologique)
	Insécurité	INS	Événement menaçant (déterministe) entraînant des nuisances pour l'entreprise (physique et logique)
	Image	IMA	Événement pouvant porter atteinte à l'image de marque de l'entreprise
	Clients	CLI	Événement généré par le client (décision, propos, ...) entraînant des nuisances pour l'entreprise
Gouvernance de l'entreprise	Entreprise	ENTRP	Événement dangereux générique intrinsèque (structure...) à l'entreprise s'opposant à sa pérennité
	Management	MAN	Événement dangereux associé à une défaillance du facteur humain comme ressource de décision ou de compétence professionnelle
	Stratégique	STR	Événement et/ou contrainte aléatoire externe non conformes aux enjeux et au développement durable de l'entreprise
	Programmatique	PROG	Événement non conformes aux besoins et aux intérêts programmables de l'entreprise
	Technologique	TECH	Potentiel d'acquisition ou niveau de savoir faire technique de l'entreprise non-conforme ou insuffisant pour atteindre ses objectifs
	Communication et crises	COM	Déclaration interne ou externe contraire aux objectifs de l'entreprise
	Social	SOC	Événement volontaire du personnel non-conforme au contrat de travail portant atteinte aux objectifs de l'entreprise
	Ethique	ETH	Action contraire à une échelle de valeurs ou à la déontologie
	Juridique	JUR	Événement externe ou décision interne pouvant mettre l'entreprise en situation non-conforme aux lois ou aux réglementations
	Financier	FIN	Événement externe ou décision interne entraînant un effort financier, programmé ou non pour l'entreprise dans son plan de développement
	Economique	ECO	Contrainte ou décision interne pouvant porter atteinte aux moyens de production de soins de l'entreprise
Commercial	COMR	Tout événement ou décision interne pouvant porter atteinte au potentiel d'achat et de vente de l'entreprise	
Moyens techniques de l'entreprise	Infrastructures et locaux	INFRA	Événement dangereux relatif aux bâtiments et locaux de l'entreprise
	Matériels et équipements	MAT	Événement dangereux venant entamer le potentiel de fonctionnement nominal des matériels
	Système d'information	SI	Événement dangereux (aléatoire) associé au traitement au système d'information, aux données
Etudes et production de l'entreprise	Projet et études	PROJ	Événement dangereux pouvant s'opposer au déroulement nominal et à la réussite du projet
	Opérationnel	OPE	Événement pouvant réduire le niveau de sécurité et/ou le potentiel opérationnel de l'entreprise pendant l'exploitation d'une installation
	Facteur humain	FH	Événement dangereux associé à l'intervention de l'homme comme élément du système
	Professionnel	PROF	Événement dangereux pour l'homme associé à l'exercice de son activité professionnelle dans l'entreprise
	Physico-chimique	PHYS	Événement ou élément de nature générique physique ou chimique
	Produits	PROD	Événement dangereux relatif aux produits utilisés ou générés

système ; dangers liés aux moyens techniques du système ; dangers liés aux études et à la production du système ;

Table 1. Liste des 26 rubriques de dangers génériques

- Les situations dangereuses sont identifiées comme interactions entre éléments/événements dangereux et éléments vulnérables du système (Fig. 4). On considère qu'un élément vulnérable est un élément du système dont la structure, le fonctionnement ou le comportement est affecté « négativement » pour la mission du système par sa seule exposition au danger.

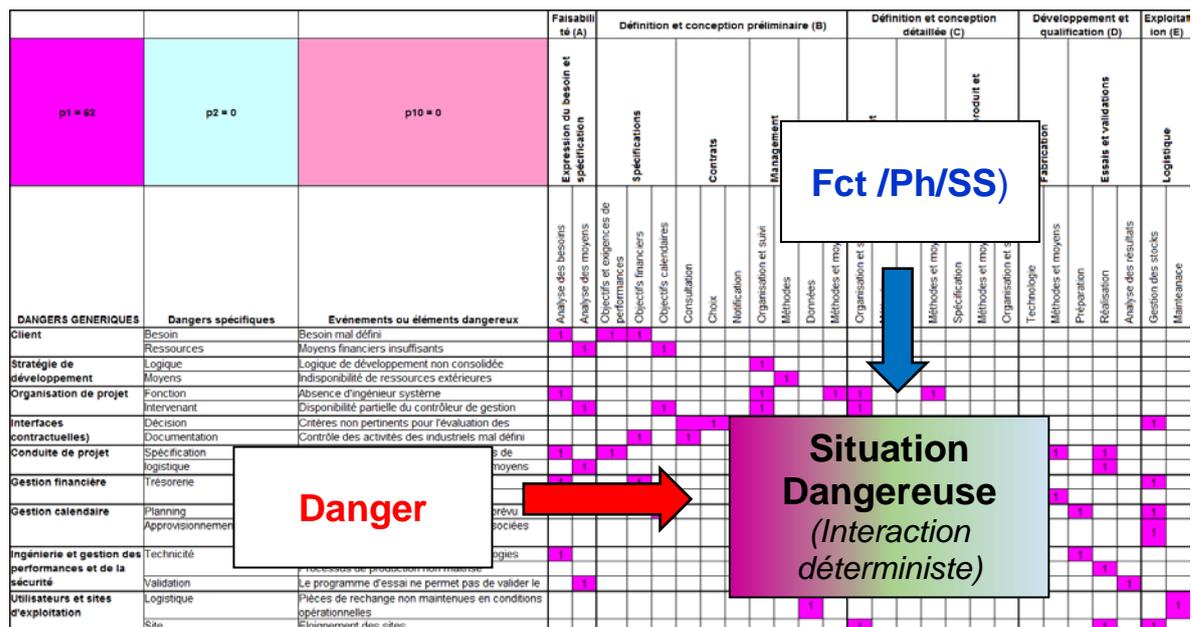


Figure 4. AGR Système : cartographie des situations dangereuses

L'identification des éléments vulnérables du système et des situations dangereuses nécessitent une connaissance approfondie du système et un retour d'expérience sur des systèmes similaires. Le recours aux experts et acteurs du système est donc important. La représentation du système est également facilitée lorsqu'une analyse fonctionnelle est préalablement menée : l'AGR/AGRq traitera alors le système comme un ensemble de fonctions, chacune pouvant être potentiellement vulnérable à un ensemble de dangers.

### 3.2- AGR et AGRq Scénarios

#### Eléments d'évaluation et de décision

- L'échelle de gravité est à cinq niveaux d'index correspondant à cinq natures différentes de conséquences qui ont un impact sur la mission et les performances du système ainsi que son intégrité et sa sécurité<sup>1</sup>. Pour chacune des conséquences est associé un index de perte à trois niveaux permettant d'assigner un montant de perte. Dans l'AGRq, l'index de perte est une variable continue et le montant de perte permet de définir directement les objectifs d'acceptabilité du risque traduits par une fonction de probabilité de non-dépassement du montant (Fig. 5). Dans l'AGR, l'échelle de gravité peut être aussi associée à des seuils de valeurs d'un paramètre qui détermine la gravité : seuils de concentrations d'une substance toxique, valeurs de retard dans un projet.... ;
- L'échelle d'incertitude est qualitative dans l'AGR (5 niveaux de vraisemblance auxquels est associée une période de récurrence). Elle est quantitative dans l'AGRq : une probabilité de dépassement est affectée à chaque niveau de gravité ou montant de perte de l'échelle de gravité (Fig. 5);
- Optionnellement, une échelle d'importance est associée à des cibles d'impact définies en fonction du type de système analysé (Fig.6) ;

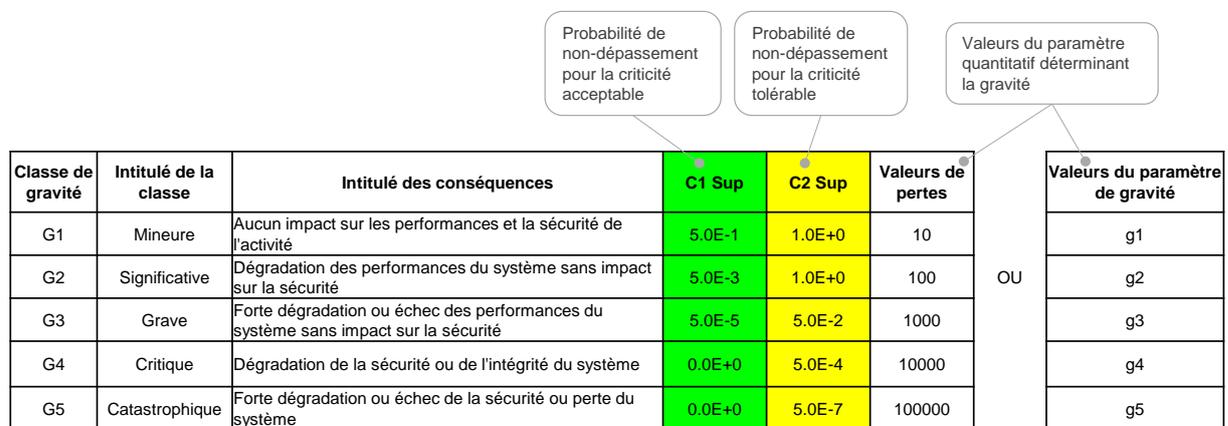


Figure 5. Echelle des gravités et de pertes associées. Les probabilités limites pour chaque classe de criticité sont définies par niveau de gravité.

Cibles	Abrev
Techniques	T
Financiers	F
Humaines	H
Management	M
Environnement	E

Importance de l'impact	Index
Aucune	0
Faible	1
Moyenne	2
Forte	3

Figure 6. Exemple de cibles d'impact et échelle d'importance des impacts

- L'échelle de perte est à trois niveaux d'index assignés à chacune des conséquences ou montant de perte ;
- L'échelle d'effort est à trois niveaux d'index qui sont assignés à chacune des actions de maîtrise des risques.

Classe de perte	Niveaux	IP	Intitulés des pertes par conséquence
P0	Nul	0 <= IP < 1	On ne fait rien
P1	Faible	1 <= IP < 2	Perte très faible à faible
P2	Moyen	2 <= IP < 3	Perte moyenne
P3	Important	2 <= IP < 3	Perte importante à très importante

Classe d'effort	Niveaux	IE	Intitulés des efforts par action
E0	Nul	0 <= IE < 1	On ne fait rien
E1	Faible	1 <= IE < 2	Effort très faible à faible Contrôle ou action ponctuel
E2	Moyen	2 <= IE < 3	Effort moyen Contrôle ou action périodique
E3	Important	2 <= IE < 3	Effort important à très important Contrôle ou action continu Effort au plus haut niveau

Figure 7. Echelle de pertes par conséquence et d'efforts par action

<sup>1</sup> L'introduction d'un cinquième niveau par rapport aux échelles de gravité à 4 niveaux permet de distinguer la dégradation des performances sans impact sur la sécurité (G2) de l'échec des performances sans impact sur la sécurité (G3). Il est par ailleurs fondamental d'associer à chaque niveau de gravité des intitulés de conséquences explicites pour éviter que le niveau G3 ne soit un choix par défaut en cas d'incertitude sur la gravité.

Les montants financiers de la perte et de l'effort sont des fonctions du montant de perte ou d'effort par niveau de gravité et de l'indice IP ou IE.

- Le référentiel d'acceptabilité des risques (Fig. 8) permet d'associer une décision représentée par un niveau de criticité (C1 : acceptable ; C2 : tolérable ; C3 : inacceptable) à un risque. Dans l'AGR, chaque couple d'index de Gravité/Vraisemblance est associé à une criticité. Dans l'AGRq, le référentiel peut être semi-continu, associant à chaque classe de gravité des probabilités limites pour chaque criticité ; il peut être continu, définissant la courbe de probabilité de dépassement d'un montant de perte pour chaque criticité. Il est important de ne pas confondre le risque moyen ou l'espérance de perte (probabilité x gravité) qui est un élément d'évaluation du risque et la criticité du risque qui est le résultat d'une fonction de décision.

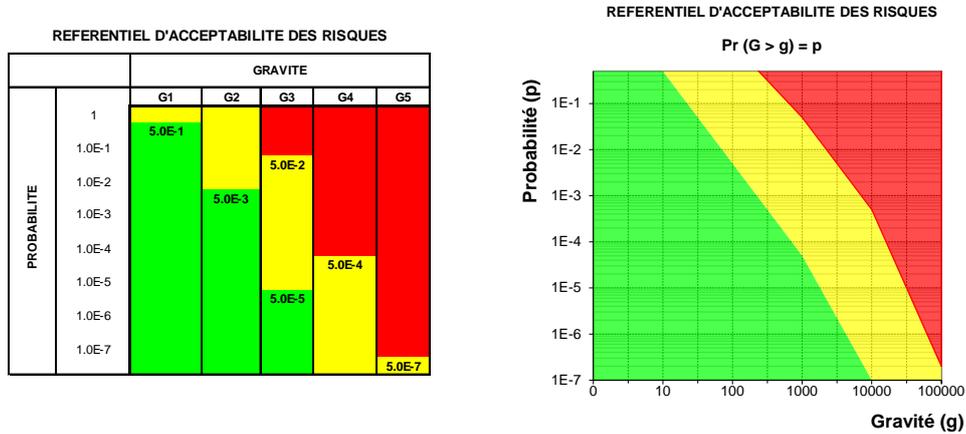


Figure 8. Référentiel d'acceptabilité des risques par classes de gravité et par montant des pertes

- Les données d'allocations des objectifs de probabilité par éléments du système sont renseignées : objectifs globaux de probabilité par classe de gravité, nombre de scénarios supplémentaires à prendre en compte, complexité relative des éléments du système, part allouée à la criticité et à la complexité.

Processus d'analyse des scénarios (Fig.9)

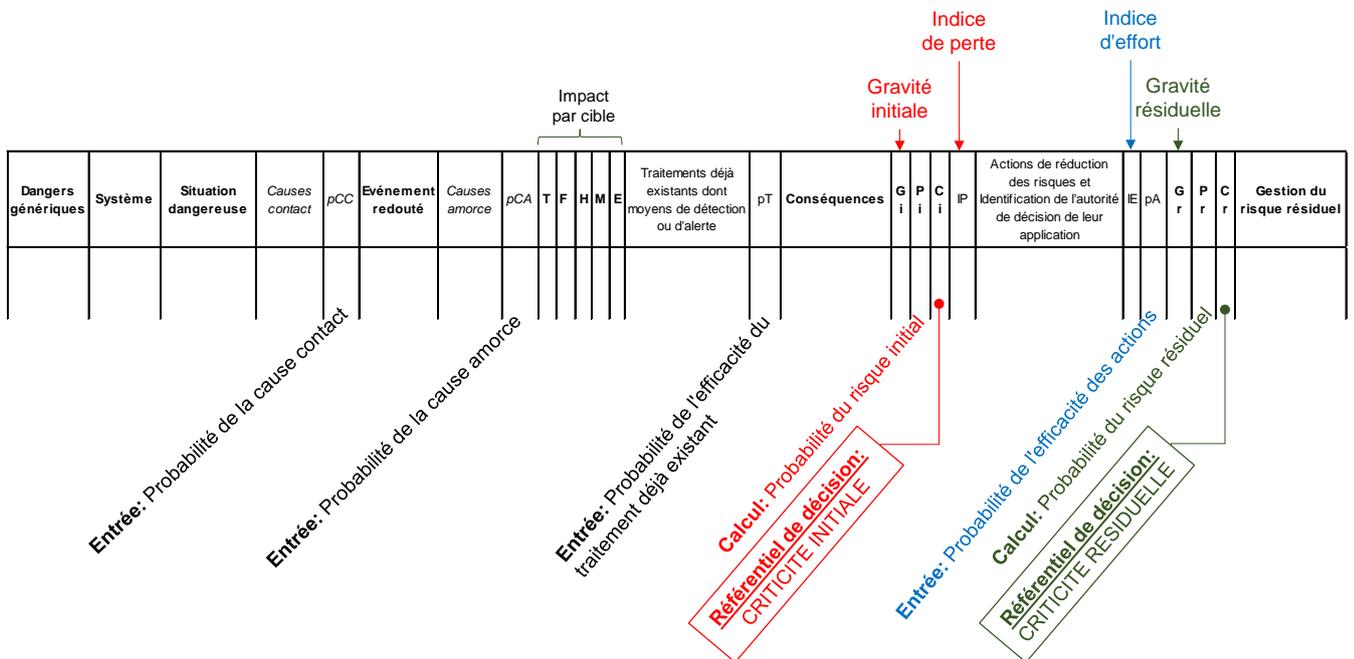


Figure 9. Support d'analyse des scénarios de l'AGRq

- Pour chaque situation dangereuse sont identifiés l'ER et les causes contact et amorce ainsi que les traitements déjà existants ;

- Dans l'AGR, une vraisemblance initiale est affectée au scénario dans son ensemble (occurrence des facteurs de risque et conséquences). Dans l'AGRq, une probabilité est affectée à la cause contact (pCC), à la cause amorce (pCA) et à l'efficacité du traitement existant (pT). La probabilité initiale du risque Pi est calculée à partir de ces trois valeurs comme
 
$$P_i = Pr(G > g) = p_{CC} \times p_{CA} \times (1 - p_T) \quad (8)$$
- Un niveau de gravité des conséquences est évalué et un index de perte IP y est associé. Dans l'AGR, le risque moyen du scénario est le produit des index de vraisemblance et de gravité. Dans l'AGRq, le risque moyen est égal à l'espérance de perte, c'est-à-dire le produit de la probabilité du risque initial et du montant de perte calculé à partir des index de gravité et de perte ;
- La criticité initiale Ci est déterminée en reportant les valeurs de probabilité et de gravité initiales dans le référentiel d'acceptabilité ;
- Si  $C_i \geq 2$ , les actions de maîtrise du risque sont identifiées (prévention / protection) et un index d'effort IE y est associé. Dans l'AGRq, la probabilité d'efficacité des actions est évaluée ;
- Dans l'AGR, les niveaux de vraisemblance et de gravité résiduelles sont directement évaluées au regard de l'efficacité attendue des actions de maîtrise. Dans l'AGRq, la probabilité Pr résiduelle est égale à
 
$$Pr = P_i \times (1 - \rho_A) \quad (9)$$
- La criticité résiduelle Cr est déterminée en reportant les valeurs de probabilité et de gravité résiduelles dans le référentiel d'acceptabilité ;
- La perte résiduelle est calculée à partir du montant de l'effort et de la valeur de la perte initiale. Le risque résiduel moyen est égal à l'espérance de perte résiduelle ;
- Si  $Cr = 2$ , les actions de gestion du risque résiduel (suivi/contrôle/assurance) sont identifiées.

Concernant l'évaluation probabiliste des risques projet, ils sont de trois natures différentes : structurels, fonctionnels et conjoncturels.

- Structurels. Ce sont les risques qui peuvent être identifiés avant le démarrage du projet et sont liés à la construction et à l'organisation même du projet : organisation calendaire, financière, interfaces contractuelles, organisation de l'équipe du projet... Un chef de projet inexpérimenté, une estimation des coûts trop basse, des articulations contractuelles floues, une mauvaise définition des missions de l'ingénieur système, une mauvaise connaissance du produit, etc, sont des éléments dont la probabilité est certaine, égale à 1 car ils ne sont pas liés à des aléas. Si ils sont identifiés comme cause contact ou cause amorce dans un scénario, alors on leur affectera une probabilité de 1 (ce qui ne signifie pas que le risque associé à ce scénario soit égal à 1) ;
- Fonctionnels. Ce sont les risques qui apparaissent pendant le déroulement même du projet et liés à des dysfonctionnements. Ils sont non identifiables avant son démarrage. Ce peut être par exemple une évolution du besoin du client (liée à un besoin mal défini qui lui est un risque structurel), des difficultés de communication avec le client, des délais de paiement trop longs .... Ces événements ont une probabilité qui peut être estimée si l'entreprise met en place un véritable REX « Projet », avec une évaluation à chaque fin de phase et en fin de projet permettant de constituer une base de données. Certaines entreprise mènent ce type d'évaluation et disposent donc d'informations quantifiées.
- Conjoncturels. Ce sont les risques qui apparaissent pendant le déroulement du projet et liés aux environnements de celui-ci : environnements politique, naturel, technologique, social. L'insécurité et la cyber-insécurité sont également des risques conjoncturels (bien que l'absence de mesures de protection d'un système d'information soit elle-même un risque structurel). Ces risques ne sont d'ailleurs pas spécifiques au management de projet. Des aléas climatiques empêchant des essais, une campagne médiatique entraînant l'arrêt du projet, l'indisponibilité du chef de projet pour raison médicale.... sont des événements dont la probabilité peut être difficilement estimable en dehors de tout retour d'expérience et de toutes mesures ou simulations.

Le facteur humain est quant à lui une ressource dans la réalisation d'un processus. Les deux dangers spécifiques qui lui sont associés sont « Performance et limites » et « Comportements ». La quantification des risques consécutifs aux uns comme aux autres a toujours été sujette à caution bien que diverses recherches aient été menées dans ce but. Dans le domaine spatial le choix entre ressource humaine et automatisme est consécutif de l'objectif de performance ou de sécurité visé. En l'absence de données statistiques internes propres à l'activité considérée il a été courant d'assigner une probabilité égale à 1 à la fiabilité d'action du facteur humain.

### 3.3- Maîtrise des Risques

- Les actions de maîtrise des risques initiaux sont regroupées dans les fiches d'action, gérées dans un tableau de bord de suivi d'indicateurs (Fig. 10) ;
- Les actions de gestion du risque résiduel sont regroupées dans les fiches du catalogue des paramètres de sécurité, également gérées dans un tableau de bord de suivi.

PROGRAMME XX	PLAN D' ACTIONS DE REDUCTION DES RISQUES		DATE : FICHE N° REF ETUDE : RESPONSABLE : AUTORITE :
SOUS-SYSTEME : ELEMENT :			
DESCRIPTION DES ACTIONS DE REDUCTION DES RISQUES			
Si actions de prévention → mettre 1	Si actions de protection → mettre 2	Si actions mixtes → mettre 3	
Taux de couverture estimés des actions décrites par rapport aux actions nécessaires pour réduire le risque initial	0%	25%	50% 75% 100% Autres
<b>EFFETS SECONDAIRES (immédiat, futurs, potentiels) DES ACTIONS</b>			
Description des effets secondaires identifiés			
Actions de maîtrise des effets secondaires			
Taux de maîtrise des risques des effets secondaires	0%	25%	50% 75% 100% Autres
<b>DISPOSITIONS DE REALISATION, DE VALIDATION ET DE CONTROLE DES ACTIONS DE REDUCTION DES RISQUES</b>			
Taux estimé des actions consolidées déjà réalisées par rapport aux actions décrites	0%	25%	50% 75% 100% Autres
<b>OBSERVATIONS</b>			
Causes de non application des actions de réduction des risques :			
dont identification des causes d'échec partiel ou total des actions			
Mesures prises et actions proposées :			

Risque	Niveau de risque	Niveau de risque					Niveau de risque					Niveau de risque					Remarques		
		Niveau de risque					Niveau de risque					Niveau de risque							
		0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%			
Actions 1	2																		
Actions 2	1																		
Actions 3	1																		
Actions 4	3																		
Actions 5	2																		
Actions 6	2																		
Actions 7	1																		
Actions 8	2																		
Actions 9	1																		
Actions 10	1																		
Actions 11	4																		
Actions 12	1																		
Actions 13	1																		
Actions 14	2																		
Actions 15	1																		
Actions 16	1																		
Actions 17	2																		
Actions 18	1																		
Actions 19	2																		
Actions 20	1																		
Actions 21	1																		
Actions 22	1																		
Actions 23	1																		
Actions 24	1																		
Actions 25	1																		
Actions 26	1																		
Actions 27	1																		



Figure 10. Fiche d'action de réduction des risques initiaux et tableau de suivi des indicateurs de mise en œuvre du plan d'action

### 4- Résultats

Le traitement statistique de la cartographie des situations dangereuses et des scénarios aboutissent principalement :

- aux diagrammes de décision (Fig. 11);
- aux cartographies des risques initiaux et résiduels par situations dangereuses, par dangers et par éléments du système (Fig. 11) ;
- à la liste des 3 à 5 risques majeurs ;
- à l'évaluation financière des rapports coûts/risques par dangers et éléments du système complétée par des analyses de sensibilité à partir des incertitudes sur les montants financiers associés aux pertes et coûts (incertitudes définies en pourcentage des montants) ;
- aux allocations des objectifs probabilisés de sécurité par élément du système et niveau de gravité, par criticité et criticité/complexité. Les calculs des allocations de sécurité sont détaillés dans [3].

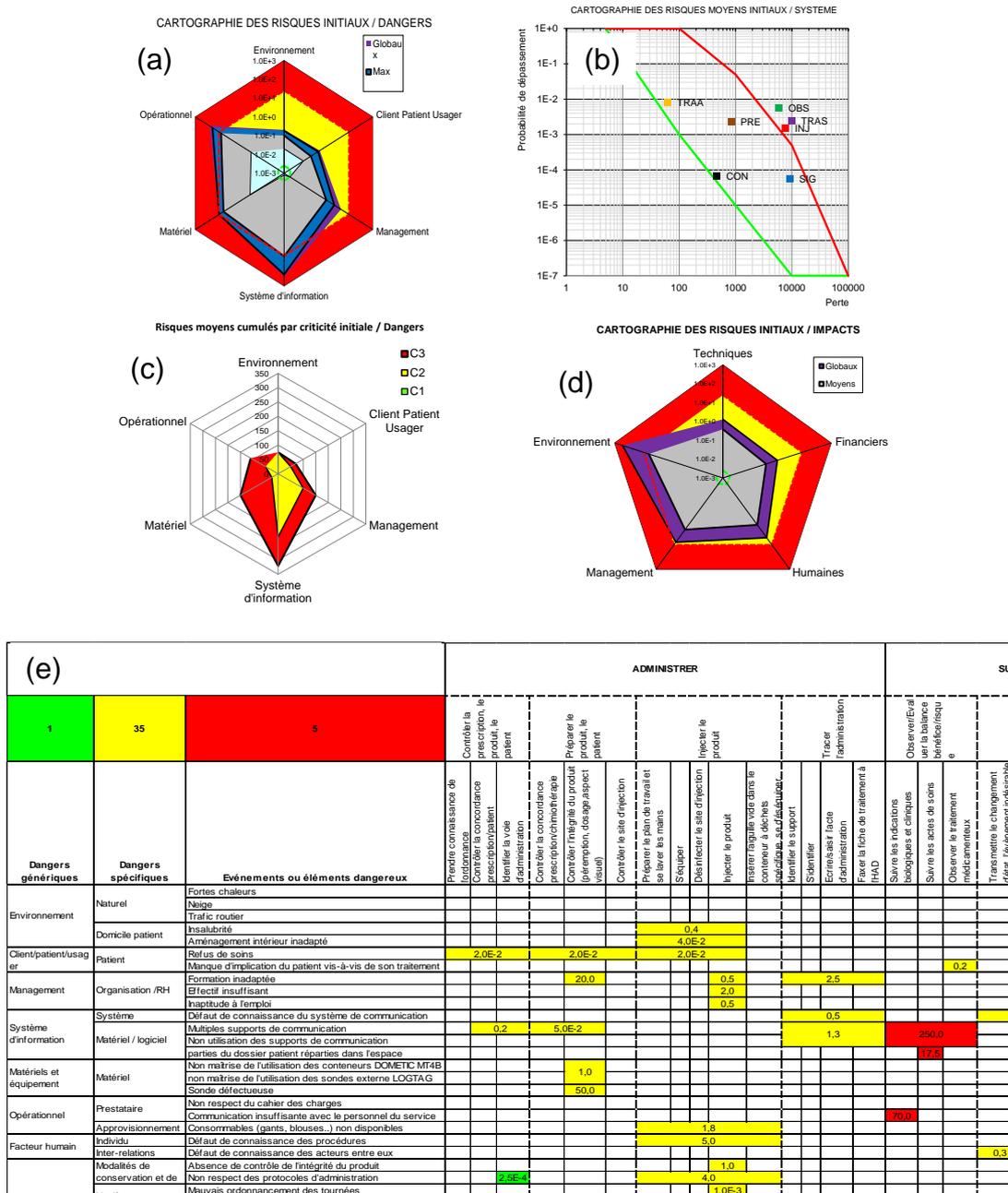
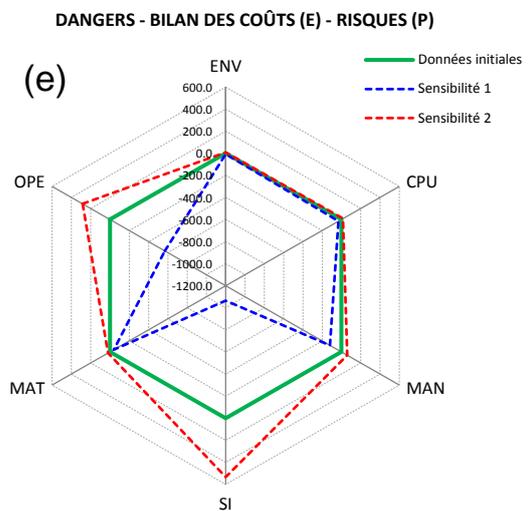
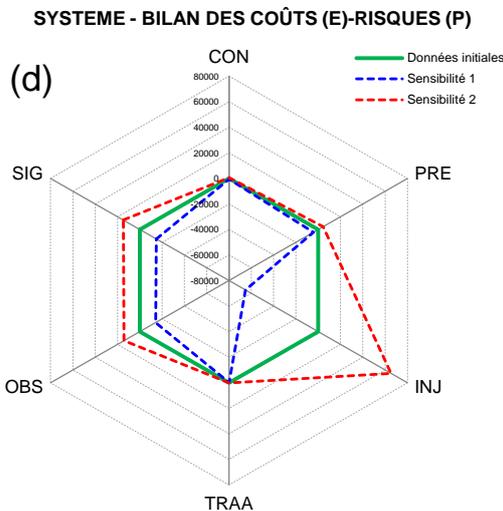
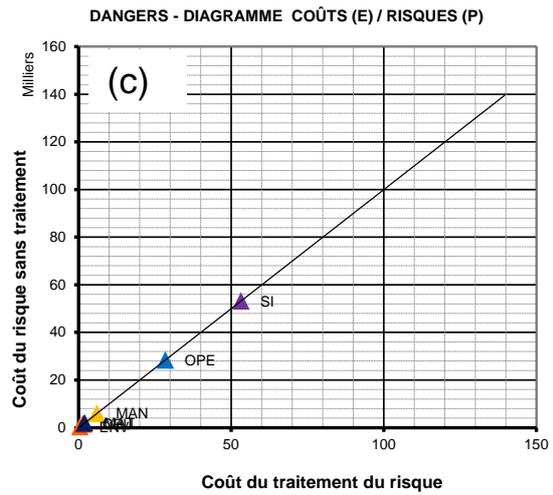
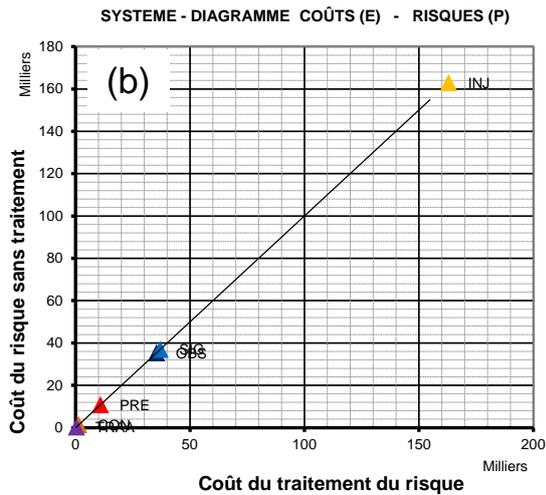
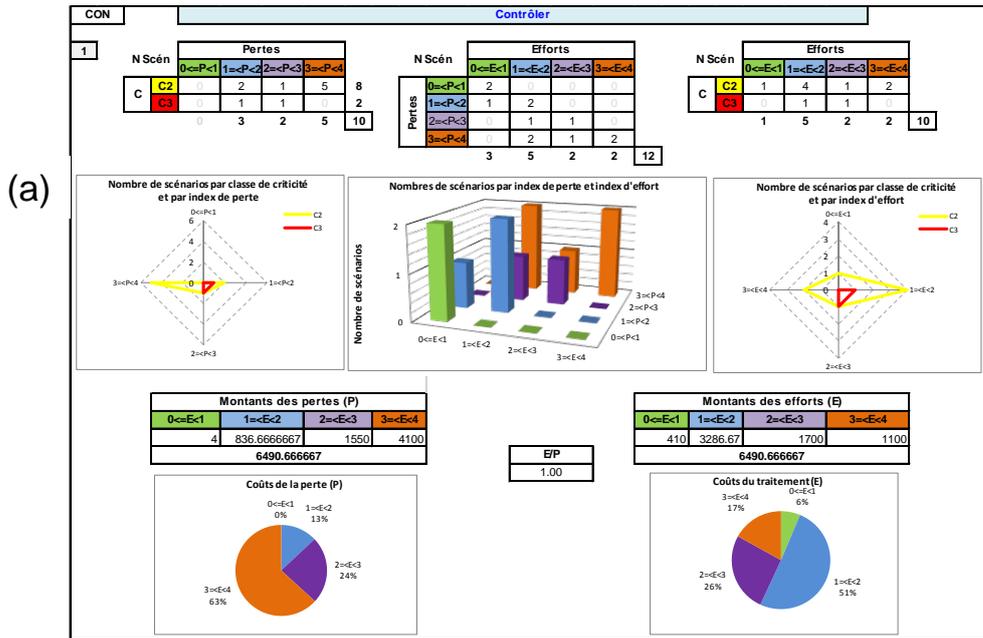
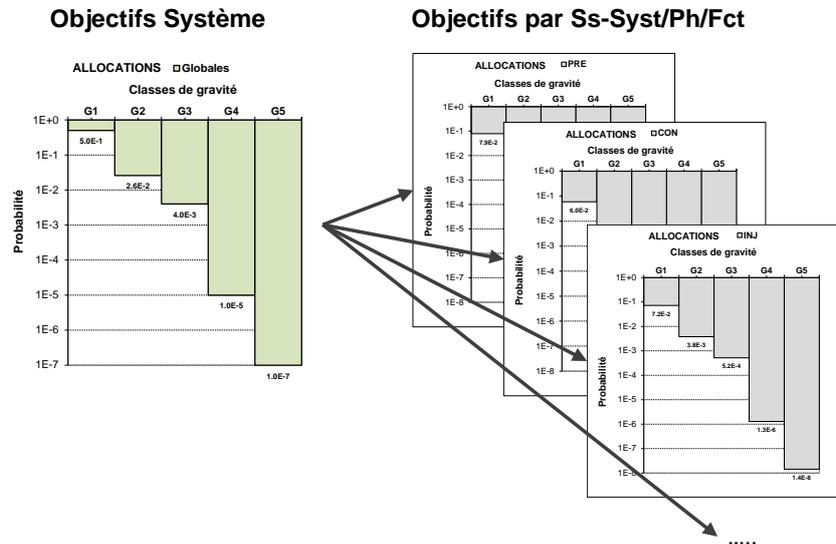


Figure 11. Exemples de résultats de l'AGRq. (a) Diagramme de Kiviati des risques initiaux par dangers; (b) Diagramme de Farmer des risques initiaux par dangers; (c) Diagramme de décision par dangers; (d) Diagramme de Kiviati des risques initiaux

par cible d'impact; (e) Cartographie des risques initiaux par situation dangereuse. Chacune de ces représentations est construite pour les risques initiaux et les risques résiduels. Par ailleurs, les diagrammes (a), (b), (c) et (d) sont construits par dangers et par éléments du système.



**Figure 12.** Exemples de résultats de l'analyse du financement des risques. (a) Répartitions des pertes, des efforts et des montants financiers par élément du système (ici, la fonction « contrôler »); (b) Diagramme Coûts (efforts) Versus Risques (pertes) pour les dangers ; (c) Diagramme Coûts (efforts) Versus Risques (pertes) pour les éléments du système ; (d) Analyse de sensibilité sur le bilan des coûts et des pertes par éléments du système ; (e) Analyse de sensibilité sur le bilan des coûts et des pertes par dangers.



**Figure 13.** Résultats du processus d'allocation des objectifs « système » probabilisés, répartis sur les éléments du système en fonction de leur criticité (issue de l'AGRq) et de leur complexité relative

## 5- Conclusion

L'AGRq est une méthode d'analyse globale des risques qui se fonde sur une évaluation quantitative de leur probabilité d'occurrence. Elle introduit : (i) des valeurs quantitatives de paramètres qui déterminent la gravité et y associe des probabilités de dépassement ; (ii) le référentiel probabiliste d'acceptabilité des risques par classes de gravité et par niveaux de gravité ; (iii) les probabilités des facteurs de risques (événements contact et amorce) et d'efficacité de traitement. L'analyse du financement du risque utilise ces éléments et apporte à la gouvernance du système des informations détaillées sur les incertitudes relatives au processus décisionnel [5]. L'AGRq se nourrit de l'apport du retour d'expérience, des statistiques de la modélisation. En particulier, les causes contact et amorce, qui ne sont pas nécessairement des causes racines, peuvent nécessiter d'être détaillées tant au niveau de leur nature que de leur probabilité au moyen d'arbres de défauts, d'outils numériques de simulation ou de bases de données issues de recueils et d'expérimentations.

L'AGRq ne se substitue pas aux les méthodes de quantification d'événements (causes ou événements redoutés), elle s'en nourrit. Cette méthode prend tout son intérêt lorsque des données consolidées relatives aux probabilités des facteurs de risques sont disponibles. Si ce n'est pas le cas, l'AGR (variante semi-quantitative fondée sur l'évaluation de la vraisemblance du risque par classes) permet de mettre en œuvre tout le processus d'identification, d'évaluation et maîtrise des risques et d'aboutir aux mêmes catégories de résultats, de la cartographie des risques à l'analyse de leur financement en passant par leur hiérarchisation.

## Références

- [1] Desroches A, et al., 2010. Le management des risques des entreprises et de gestion de projet. Ed Hermes science.
- [2] Desroches A, et al., 2009. Principes et pratiques de l'analyse préliminaire des risques. Ed Hermes science.
- [3] Cooper D. F. et al., 2005. Project Risk Management Guidelines – Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements.
- [4] Norme ISO 31000:2009. Management du Risques – Principes et Lignes Directrices.