



Munich Personal RePEc Archive

Cartographic transcription and risk prevention

Dhaoui, Iyad

Research Unit Money, Development and Infrastructure (MODEVI),
Faculty of Economics and management of Sfax

2014

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/87648/>
MPRA Paper No. 87648, posted 30 Jun 2018 09:51 UTC

TRANSCRIPTION CARTOGRAPHIQUE ET PREVENTION DES RISQUES

Iyad Dhaoui

Unité de recherche Monnaie Développement et Infrastructure (MODEVI), Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax

RÉSUMÉ. *L'objet de cet article est l'identification et la cartographie des risques. Les développements naturels, technologiques et sociaux font apparaître régulièrement plusieurs risques émergents. On assiste à une prise de conscience de la nécessité d'anticiper les difficultés liées à ces développements puisque le risque est reconnu comme une dimension indissociable de ces pondérations. La nécessité d'étudier le risque pour pouvoir l'anticiper et la maîtriser avant qu'il ne puisse causer des dommages apparaît elle aussi maintenant comme une évidence. Pour mener cette tâche, nombreux outils sont disponibles dont essentiellement la transcription cartographique qui est devenue un dispositif indispensable de la prévention des risques.*

Cet article est composé de trois parties. Dans la première partie, l'analyse prend le nécessaire du problème des risques émergents et des facteurs qui sous tendent leurs évolutions. Nous proposons dans un premier temps les grandes lignes de la problématique des risques par le biais d'un synoptique général des risques (légende, analyse et traitement). Puis, nous tenterons d'expliquer le composant aléa et la composante vulnérabilité du risque. Dans la deuxième partie, l'analyse tourne vers la transcription cartographique des risques. On va voir à quoi et à qui sert-il ? Quelles sont ses fonctionnalités ? Quelles évolutions pourraient être proposées par la cartographie du risque ? La dernière partie arborera les divers éléments du cycle de gestion des risques. On va présenter un état des enjeux et des besoins en matière de gestion intégrée des risques. Aussi, on va voir si la gestion de ces risques fait nécessairement appel au principe de précaution et si une approche intégrée est nécessaire.

ABSTRACT. *The purpose of this paper is the identification and mapping of risks. Natural, technological and social developments are regularly emerging several risks. There has been a growing awareness of the need to anticipate these difficulties developments, since the risk is recognized as an integral dimension of the weights. The need to consider the risk to be able to anticipate and overcome before it can cause damage is also now evident. To accomplish this task, several tools are available which mainly transcription mapping that has become an essential tool for risk prevention.*

This article is composed of three parts. In the first part, we will take the necessary analysis of the problem of emerging risks and factors underlying their evolution. We will offer a first outline of risk issues through a general block diagram of risks (legend, analysis and processing). Then, we try to explain the component hazard and vulnerability component of risk. In the second part, the analysis turns to the transcription mapping of risk. We will see what and to whom is it for? What are its features? What changes could be proposed by the risk mapping? In the last part, we will extrapolate various elements of the risk management cycle. We will present a statement of the issues and needs of an integrated risk management. So we'll see if the risk management necessarily involves the precautionary principle and if an integrated approach is necessary.

MOTS-CLÉS : *Cartographie, Risque, Aléa, Principe de précaution, Vulnérabilité.*

KEYWORDS: *Mapping, Risk, Hazard, Precautionary Principle, Vulnerability.*

Introduction

Le développement technologique, les évolutions de la société, les transformations de notre planète font émerger régulièrement des risques nouveaux. Les risques, quelles soient naturelles (inondations, incendies de forêt), technologiques (incidents industriels, nucléaire), urbaine (accident de route, criminalité) ou sanitaire et environnementales (épidémies, pollutions) causent des dommages sur les biens, les personnes et les activités. Parmi les outils mis en place pour connaître et maîtriser les risques potentiels sur un territoire, se trouve la carte. Donc, à quoi et à qui sert-il ? Quelles sont ses fonctionnalités ?

Par ailleurs, longtemps ignorée ou sous utilisée, la cartographie est devenue un outil indispensable de la prévention des risques naturels. Ses applications n'ont cessé de se développer dans les domaines de l'information préventive, de la planification, et de la gestion de crise depuis quelques années. On considère généralement que c'est le document cartographique qui met le mieux en évidence la situation du risque et qui peut donc contribuer aux diverses actions à entreprendre.

Ainsi, on peut distinguer nettement les parties du thème à traiter, qui sont la connaissance des phénomènes à l'origine du risque d'une part, et la transcription cartographique de leurs effets et conséquences d'autre part. Cette formulation rend bien de ce que nous considérons comme au cœur du débat, y compris scientifique, soit la conviction qu'une cartographie idéale du risque implique une bonne connaissance (voir dans certains cas des capacités de prédiction) de l'aléa (ou des aléas) à l'origine du risque, ainsi qu'une réelle capacité à représenter la vulnérabilité des zones considérées.

1. Le nécessaire du problème des risques émergents et des facteurs qui sous tendent leurs évolutions

La terre est soumise à plusieurs risques naturels tels que les inondations, les avalanches, les séismes, les incendies de forêts, auxquels s'ajoutent les volcans et les cyclones.

1.1. Les grandes lignes de la problématique des risques par le biais d'un synoptique général des risques (légende, analyse et traitement)

1.1.1. Légende

Selon le petit Robert, le risque se définit comme :

- A) Un danger éventuel plus ou moins prévisible.
- B) Eventualité d'un évènement ne dépendant pas exclusivement de la volonté des parties et pouvant causer la perte d'un objet ou tout autre dommage.
- C) Le fait de s'exposer volontairement à un danger (dans l'espoir d'en tirer un avantage).

Plusieurs termes sont associés à la notion de risque et à sa décomposition. On va donner ici les significations afin d'éviter les confusions :

- Danger : Menace de la sûreté ou de l'existence de personnes, de biens ou de l'environnement, source de l'accident potentiel. Il est uniquement dû à la présence d'un aléa, car il est inhérent aux effets catastrophiques du phénomène.
- Aléa : Incertitude quant à la réalisation d'un accident. En général, l'aléa est décrit par la probabilité d'occurrence et l'intensité du phénomène.
- Enjeux : personnes, biens, activités, moyens, patrimoine (etc.) susceptible d'être affectés par la réalisation du phénomène redouté.
- Vulnérabilité : Niveau de conséquences prévisibles (ou gravité) du phénomène sur les entités menacées. Celui-ci est évalué par le niveau d'endommagement d'un élément exposé, soumis au phénomène redouté (Leone, 1996).

- Accident : Réalisation de l'incertitude liée à l'aléa, danger avéré.
- Dommage : dégâts, perturbations et préjudices constatés à la suite de l'accident.

1.1.2. Typologie des risques

1.1.2.1. Classification des risques

On va proposer ici de dresser une classification des différents risques, recensés à divers niveaux d'intervention et regroupés en quatre catégories :

Tableau 1. Classification des risques

Catégorie de risque		Risque
Risques naturels		Inondation
		Feux de forêt
		Mouvement de terrain
		Avalanches
		Séismes
		Volcans
		Cyclones, tempêtes
Risques technologiques		Risques industriels
		Risques de ruptures de barrage
		Risques de transports de matières dangereuses
		Risques nucléaires
Risques urbains	Risques bâtementaires	Menace de ruines
		Risques diffus (chantiers, matériaux...)
	Risque de réseaux	Transports
		Communication
		Energie (gaz, électricité, eau, ...)
	Risque de société	Menaces pour la tranquillité publique, La sécurité des personnes
		Menaces pour la sécurité des biens
		Risque diffus (manifestations, fêtes, grèves...)
		Conflits, attentas
	Risques sanitaires et environnementaux	
Insalubrité, épidémie, maladies		
Risque alimentaires		

Source : Gleyze, J.F, « *Le risque* », Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 2002, p. 19.

1.1.2.1. Les risques émergents

Les risques émergents se caractérisent par leur diversité. Ils peuvent provenir de nouvelles technologies. Le développement des nanotechnologies ou des organismes génétiquement modifiés en sont de bons exemples. Ils peuvent aussi émerger d'une évolution de la société dans sa tendance à générer de nouveaux risques, comme le terrorisme, ou encore d'une évolution de la vulnérabilité, des connaissances, voire de la perception, de la société face à des sources de dangers déjà existantes mais pas toujours identifiées comme telles.

La question des risques nouveaux est une problématique elle même en émergence. De plus en plus d'acteurs se préoccupent de ces risques que l'on ne sait pas caractériser de façon adaptée. On assiste à une prise de conscience de la nécessité d'anticiper les difficultés liées au développement de nouvelles technologies, nouveaux produits, nouvelles organisations. Le risque est reconnu comme une dimension indissociable du progrès technologique et la nécessité de l'étudier pour pouvoir le maîtriser avant qu'il ne puisse causer des dommages apparaît elle aussi maintenant comme une évidence. Encore faut-il disposer des moyens de le faire intelligemment.

Les risques émergents recouvrent aussi des risques liés à des technologies anciennes mais dont la réalité commence à être reconnue du fait de manifestations de plus en plus fréquentes de leur impact sur la société et les populations. Ainsi, le changement climatique passe-t-il du statut de risque émergent à risque avéré.

Les risques émergents sont donc une préoccupation pour de nombreux acteurs qui se trouvent confrontés à la prise de décisions complexes pour leur faire face. Les risques émergents recouvrent une variété très large de contextes, de phénomènes, de cibles. Ils peuvent impacter la santé des populations ou des travailleurs, l'environnement, l'économie, la sécurité alimentaire, voire dans de nombreux cas l'ensemble de ces aspects. En effet, de nombreux risques émergents se révèlent être des risques systémiques qui se manifestent comme le dysfonctionnement d'un système complexe où de nombreux aspects sont interdépendants. Ainsi, par exemple, le changement climatique a une influence sur les risques naturels d'origine météorologique, inondations, cyclones tropicaux, et constitue une menace directe sur les industries et les personnes. Mais il aura aussi probablement des conséquences sur l'agriculture causant des dérèglements économiques dont il est difficile de prédire l'ampleur et, possiblement des famines. Il sera probablement la cause de déplacements de populations créant des tensions politiques et sociales à l'échelle mondiale. Le rapport de l'OCDE Les risques émergents au XXI^e siècle¹ identifie plusieurs sources de risques systémiques : l'évolution de la population mondiale et les grands changements d'équilibres démographiques, les changements climatiques et, de façon plus générale, les modifications en matière d'environnement comme la raréfaction de la ressource en eau ou la diminution de la biodiversité, les évolutions de la société, qui modifient largement la perception que la population a de certains risques les évolutions technologiques, qui peuvent être suivies dans les cas des atouts face à certains risques mais aussi la cause de nouveaux risques imprévus.

1.1.2. Analyse des risques

L'analyse des risques vise donc tout d'abord à identifier les sources de danger et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens. Suivant les outils ou méthodes employés, la description des situations dangereuses est plus ou moins approfondie et peut conduire à l'élaboration de véritables scénarios d'accident. L'analyse des risques permet aussi de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrière de protection). Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque aux critères de décision.

L'estimation du risque implique la détermination :

- _ D'un niveau de probabilité que le dommage survienne ;
- _ D'un niveau de gravité de ce dommage.

Il peut être aussi être exprimé en termes de :

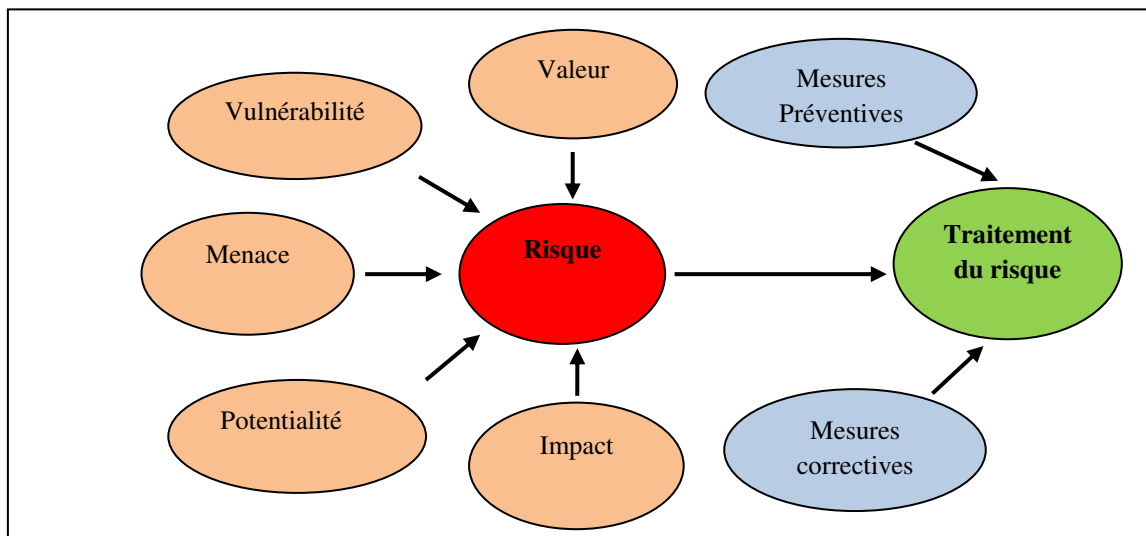
- _ Niveau de probabilité qu'un phénomène dangereux se produise ;
- _ Niveau d'intensité du phénomène en question ;
- _ Présence d'enjeux ou éléments vulnérables exposés ;

L'estimation de ces grandeurs peut être qualitative ou semi-quantitative, suivant le contexte, les exigences des décideurs et les outils et données disponibles.²

¹ OCDE, Les risques émergents au XXI^e siècle : Vers un programme d'action, Paris, 2003.

² Adapté de Debray, B., et al, « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs », INERIS-DRA-2006-P46055-CL47569 :Q 7 : Méthodes des risques générés par une installation industrielle, p. 14.

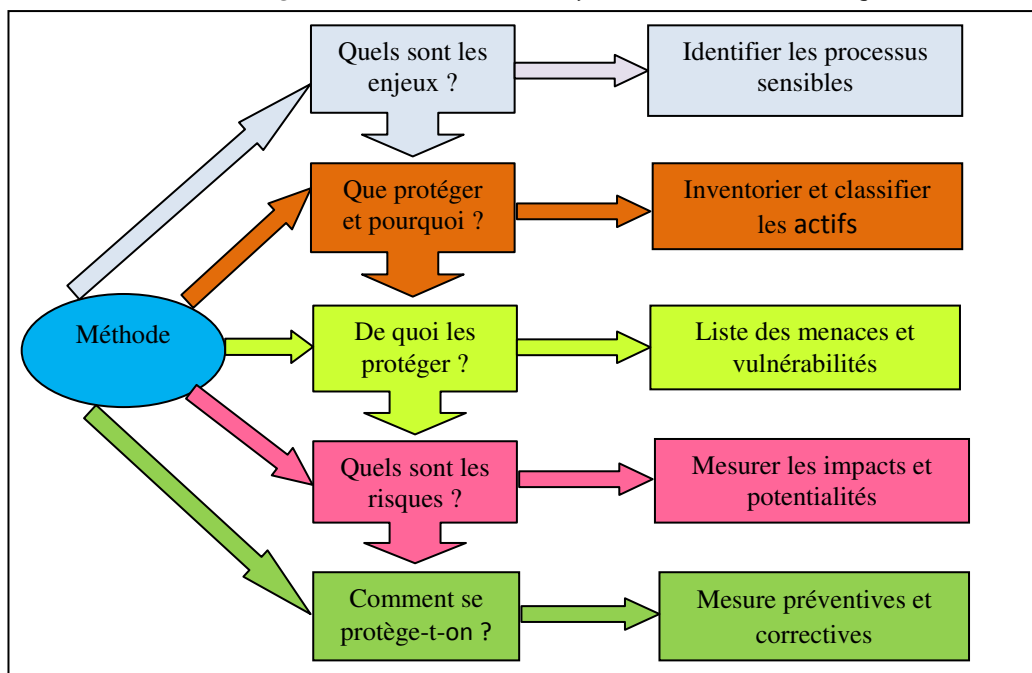
Figure 1. Le synoptique général de l'analyse des risques



Source : Ducas. P.Y, Martin. J. L., « Sécurité des informations, cartographie des risques : comment évaluer ses risques », Clusir Rha, 2009, p. 6.

1.1.3. Traitement

Figure 2. La démarche d'analyse et du traitement du risque



Source : Ducas. P.Y, Martin. J. L., « Sécurité des informations, cartographie des risques : comment évaluer ses risques », Clusir Rha, 2009, p. 7.

1.1.4. Évaluation du risque

1.1.4.1. A quoi consiste ?

L'évaluation des risques consiste à définir et à évaluer chaque étape d'une trajectoire – depuis les causes d'un danger jusqu'aux conséquences pour un système donné. C'est un élément déterminant de la décision concernant la manière dont les risques doivent être évités, atténués ou acceptés. L'évaluation des

risques, qu'il s'agisse du processus scientifique ou des moyens mis en œuvre dans la prise de décision, fait face à plusieurs défis.³

De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré est jugé inacceptable. De manière très générale, les mesures de maîtrise du risque se répartissent en⁴:

- Mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un évènement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- Mesure (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux ;
- Mesure (ou barrières) de protection : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

1.1.4.2. Difficultés liées à l'évaluation des risques

L'évaluation des risques a progressivement mobilisé une somme importante de connaissances scientifiques, et donné lieu à des méthodes et à des instruments de plus en plus fiables. En dépit de ces résultats, un certain nombre d'obstacles peuvent être difficiles à surmonter :

_ Les évaluations existantes se fondent sur des modèles qui peuvent être fort éloignés des conditions réelles. Dans bien des domaines de risques, par exemple, le modèle est une chronique des événements passés plutôt qu'une évaluation formelle des divers processus interdépendants qui influent sur le risque en amont. Or, dans un contexte marqué par l'évolution des conditions fondamentales, l'expérience passée peut induire en erreur.

_ Dans le même ordre d'idées, la plupart des modèles établissent une relation plus ou moins linéaire entre une cause bien identifiée et un effet donné ; par conséquent, ils ne permettent guère d'expliquer et de prévoir des phénomènes complexes.

_ En règle générale, les conséquences à long terme et les répercussions à l'extérieur du système étudié ne sont pas prises en considération, le système étant considéré isolément du reste dans l'espace (physique ou opérationnel) et dans le temps.

_ Le comportement humain l'emporte dans la plupart des cas sur les autres facteurs de risque mais se prête difficilement à l'évaluation. Au demeurant, les méthodes d'évaluation existantes font souvent abstraction des facteurs humains ou recourent à des modèles simplifiés ou normalisés. Dans l'analyse des causes d'un accident, la tentation est grande de s'en tenir aux données immédiatement repérables et quantifiables – les actes de l'utilisateur final « à l'origine » de l'accident – en se désintéressant d'aspects qui, aussi importants soient-ils, sont difficiles à chiffrer, tels que les formes d'organisation.

1.2. Expliquer le composant aléa et la composante vulnérabilité du risque

1.2.1. Les deux composantes du risque : vulnérabilité et enjeux

1.2.1.1. Le risque comme produit de l'aléa et de la vulnérabilité

Le risque correspond à la fréquence d'un évènement ou sa probabilité d'occurrence ; tandis que la vulnérabilité représente la gravité des conséquences de l'évènement sur l'ensemble des entités exposées (vie humaine, richesses, activités, environnement). Les évènements de ce genre sont plus ou moins fréquentes et leurs conséquences plus ou moins catastrophiques sur l'homme et son environnement. Il faut éviter de focaliser la notion de risque sur la seule gravité des accidents survenus : ce serait négliger la

³ OCDE, *Les risques émergents au XXI^e siècle : Vers un programme d'action*, 2003, p. 16.

⁴ Adapté de Debray, B., et al, « *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs* », INERIS-DRA-2006-P46055-CL47569 :Ω 7 : Méthodes des risques générés par une installation industrielle, p. 17.

composante aléatoire des événements dont on peut dire d'emblée qu'elle est généralement (et heureusement) inversement proportionnelle aux dégâts causés.

Ceci conduit à considérer le risque sous un double aspect :

$$\text{Risque} = \text{aléa} \otimes \text{vulnérabilités} \quad (5)$$

Cependant, il existe une autre formule qui stipule que le risque est la combinaison de la probabilité et de la gravité ou de l'aléa et de la vulnérabilité. En revanche, suivant les décisions qui doivent être plus utiles d'adopter l'une ou l'autre des définitions.

$$\text{Risque} = \underbrace{\text{Probabilité}}_{\text{Aléa}} \otimes \underbrace{\text{Intensité}}_{\text{Gravité}} \otimes \text{Vulnérabilité} \quad (6)$$

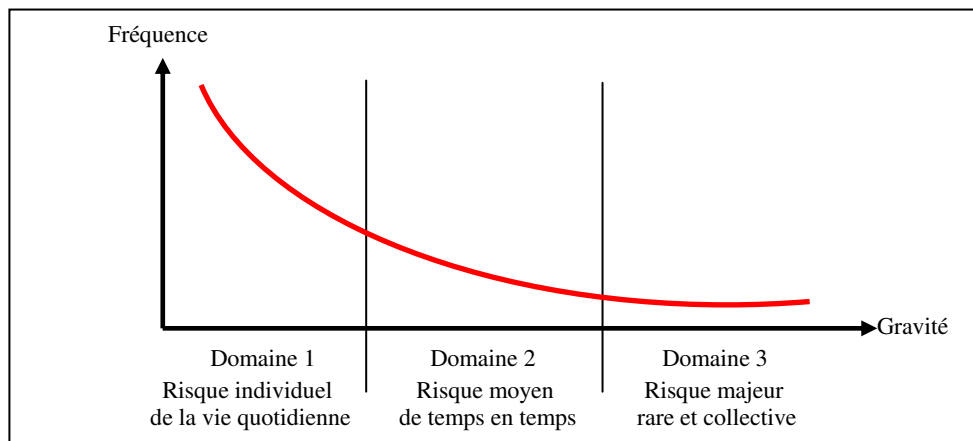
1.2.1.2. Vulnérabilité et enjeux

Le terme de vulnérabilité inclut implicitement l'existence d'enjeux, sous lesquels nous avons regroupés les vies humaines, les richesses, les activités et l'environnement. De fait, l'éventualité d'une catastrophe n'est pas à craindre si celle-ci ne menace rien. Il faudrait distinguer les enjeux (valeurs exposées sur le territoire) de leur vulnérabilité propre (propension à être endommagés). La vulnérabilité apparaît comme un indicateur de l'importance des dommages potentiels (« niveau de gravité ») pour le phénomène redouté.

1.2.1.3. Les différents niveaux de risque

Selon Glatron (1997), l'importance de la gravité d'un événement ne caractérise pas à elle seule le risque. En revanche, on peut distinguer trois domaines de risque en faisant intervenir à la fois fréquence et gravité. Le comportement simultané de ces deux composantes est décrit par la courbe de Fermer. L'allure grossière de cette courbe met en évidence les trois domaines de risque évoqués.

Figure 3. Courbe de Fermer



Source : Gleyze, J.F, « *Le risque* », Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 2002, p. 14.

Cette courbe fait apparaître la notion de risque majeur. Celui-ci est caractérisé par :

- Une faible fréquence : l'homme et la société peuvent être d'autant plus enclins à l'ignorer que les catastrophes sont peu fréquentes ;

⁵ Adapté de Gleyze, J.F, « *Le risque* », Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 2002.

⁶ Debray, B., et al, « *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs* », INERIS-DRA-2006-P46055-CL47569 :Ω 7 : Méthodes des risques générés par une installation industrielle. p. 13.

- Une énorme gravité : nombreuses victimes, dommages importants aux biens, aux activités et à l'environnement.

1.2.1.4. La correspondance probabiliste

Mathématiquement, lorsque l'on intègre la notion de risque à un problème décisionnel, le risque devient une variable d'état du système considéré (par exemple : l'aménagement d'un cours d'eau, le système de protection d'une centrale, etc.). La gestion du système étant associée à une décision a parmi un ensemble A de décision et l'évènement dommageable considéré étant noté E , le risque se décompose alors en deux grandeurs mathématiques, conditionnellement à la décision a , à savoir⁷ :

$$\left\{ \begin{array}{l} P_a(E) : \text{probabilité de } E \text{ donné } a \\ Da(E) : \text{dommage résiduels de } E \text{ donnée } a \end{array} \right.$$

qui ne sont autres que l'aléa et la combinaison enjeux-vulnérabilité, conditionnellement à a .

1.2.1.5. La perception du risque

La perception du risque est une notion autrement différente que celle définie scientifiquement comme savant mélange des notions d'aléa et de vulnérabilité. La perception du risque correspond à l'interprétation « technique » et psychologique du risque que chaque individu formule intérieurement. Elle est en quelque sorte une intuition personnelle du risque, fondée sur l'appréhension, la connaissance et les enjeux du risque.⁸

La perception du risque est à l'origine de la construction sociale du risque. Elle évalue l'acceptabilité individuelle et sociale du risque.⁹ La formule suivante donne une quantification possible de la perception du risque.

$$\text{risque perçu} = \frac{\text{danger craint}}{\text{bénéfice attendu} \times \text{connaissance du danger}}$$

Une valeur faible dénotera une faible crainte ou aversion au risque.

1.2.2. La composant aléa

1.2.2.1. Traitement des incertitudes

Au sens analytique, le risque encouru (risque de perdre quelque chose) naît de la conjonction d'un aléa (naturel par exemple) et d'enjeux divers (biens, personnes, activités et fonctions), affectés d'une certaine valeur (économique, patrimoniale, esthétique, affective, stratégique, environnementale, etc.) et d'une certaine vulnérabilité (structurelle, corporelle ou fonctionnelle).¹⁰ Sous son acception territoriale ou sociale, la vulnérabilité peut être définie comme la propension variable d'un territoire ou d'une société donnés à subir des dommages.¹¹ Elle apparaît alors comme un système complexe articulé autour d'une

⁷ Bernier J., *Les conditions du dialogue entre l'homme d'étude et le décideur en situation de risque*, Laboratoire de Gestion des Risques en Sciences de l'Eau, Modélisation mathématiques pour l'évaluation et la gestion des risques, cours de 1^{er} année de l'ENGREF, dirigé par Eric Parent, 1999.

⁸ Ibid.

⁹ Ministère de l'Emploi et de la solidarité, *Risques et sécurité sanitaires*. Appel d'offre lancé conjointement par l'INSERM-programme de recherche en santé publique, le CNRS- programme santé et société et la MiRe (mission de recherche du ministère, 1999, 6 pp.

¹⁰ Leone, F., *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain*, thèse de doctorat nouveau régime, spécialité géographie, Université J. Fourier, Grenoble, Documents du BRGM, n° 250, Éditions BRGM, Orléans, 1996, 286 p.

¹¹ Adapté de D'Ercole R., «Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés: concepts, typologie, modes d'analyse», *Revue de Géographie Alpine*, n° 4, t. LXXXII, 1994, p. 87-96.

multitude de facteurs directs ou indirects (techniques, fonctionnels, conjoncturels, organisationnels, socio-économiques, psychosociologiques, politico-administratifs, etc.), par l'analyse desquels passe son évaluation, souvent qualitative d'ailleurs.

Selon Munier (1999), il y a deux manières pour quantifier des incertitudes dans le domaine des risques :

- Interprétation fréquentiste du risque : la probabilité de survenue d'un évènement est estimée par sa fréquence empirique d'occurrence ; il s'agit d'un *schéma de logique déductive* ;
- Interprétation subjective des probabilités : à partir des effets observés, il s'agit de déterminer la probabilité de chacune des causes envisageables, pondérées par la crédibilité qui leur est accordé ; il s'agit d'un *schéma de logique inductive*.

Tableau 2. Principes des deux logiques de traitement des incertitudes dans l'étude de risque

	<i>Logique déductive</i>	<i>Logique inductive</i>
<i>Schéma de raisonnement</i>		
<i>Principes mathématiques associés</i>	<p>Loi des grands nombres :</p> $P \left[\frac{\text{conséquences B}}{\text{cause A}} \right] \approx \frac{\text{card} \{ \text{conséquence B} \}}{\text{card} \{ \text{cause A} \}}$	<p>Formules de Bayes :</p> $P \left[\frac{\text{cause A}}{\text{conséquence B}} \right] \times P \left[\frac{\text{conséquence B}}{\text{cause A}} \right] \times P[\text{cause A}]$ <p>Mise à jour du savoir, loi à posteriori = posteriori Modèle, "rouages": "comment ça marche" = vraisemblance Degré de croyance indépendant des observations, expertise = prior</p> <p>Formule de marginalisation :</p> $P(A/H) = \sum_{\{C_i\}=\text{partition de E}} P(A \cap C_i/H)$ <p>L'incertitude sur A sachant l'hypothèse H se décompose en l'incertitude sur A sachant H pour chacun des modèles C_i envisageables.</p>

Source : Gleyze, J.F, « *Le risque* », Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 2002, p. 29

Selon Léone (1996 et 1998), l'évaluation du risque peut aussi se faire plus finement en considérant la vulnérabilité comme le niveau d'endommagement constaté ou potentiel d'un élément exposé donné, soumis à l'action d'un phénomène déclaré ou pressenti, d'intensité donnée. Cette définition analytique nous permet donc de moduler les pertes potentielles en introduisant des fonctions d'endommagement variables, qui en théorie sont elles mêmes fonction de l'intensité du phénomène et de la nature des éléments exposés.

1.2.2.2. Facteurs de vulnérabilité

La vulnérabilité est perçue comme un système articulé autour de nombreuses variables (naturelles et humaines) dont la dynamique dans le temps et l'espace peut engendrer des situations plus ou moins dangereuses pour une société exposée.¹²

Le système de vulnérabilité se décompose en facteurs et éléments vulnérables comme indiqué en Figure ci-dessous :

Tableau 3. Exemple de facteurs de vulnérabilité

<i>Facteur de vulnérabilité</i>	<i>Commentaires</i>
Croissance démographique et urbaine	L'exposition croissante aux menaces est liée à l'occupation incontrôlée des zones inondables, instables, déboisées, soumises à d'éventuelles éruptions volcaniques ou séismes
Modes d'occupation d'utilisation du sol	
Facteurs économiques et sociaux	Ils sont liés également à l'occupation du sol. Exode rural, spéculation foncière et attrait de la ville explique que de plus en plus de zones à risques s'urbanisent (par contrainte).
Facteurs psychologiques	Les personnes habitent sur des zones à risques entretiennent une mémoire collective peu durable et peu fidèle (oubli et atténuation du danger- les échelles ne sont pas les mêmes)... quand bien même ils sont conscients d'habiter dans une zone à risques. Par ailleurs, d'autres risques urbains (chômage, insécurité, etc.) occultent les risques naturels.
Facteurs techniques	Mauvaise qualité ou inadéquation des constructions, sous-dimensionnement des ouvrages, etc.
Facteurs fonctionnels	Problèmes de communication, d'alerte, de gestion de crise, de déploiement des secours. La vulnérabilité à priori peut être affectée par la manière dont les crises sont gérées après la catastrophe.
Facteurs culturels et historiques	Persistance de croyances ou de religions, mauvaise mémoire du risque, etc.
Facteurs institutionnels	Dysfonctionnement entre les échelons politiques pour la gestion des risques, politiques de planification urbaine négligentes, pressions sociales et économiques.
Autres	Assurances, dysfonctionnements et blocages imprévus.

Source : Gleyze, J.F, « *Le risque* », Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 2002, p. 43.

Les commentaires montrent combien les facteurs de vulnérabilité relèvent non seulement de l'existant (notamment de l'occupation des sols) mais aussi- et pour une part non négligeable- de dysfonctionnements techniques, administratifs, politiques, économiques, etc.

1.2.3. Du risque au scénario catastrophique

Si le risque reste virtuel, la catastrophe en est sa concrétisation en tant qu'événement grave entraînant de larges pertes et dysfonctionnements pour la société qui la subit sans pouvoir la surmonter avec ses seules ressources propres.

2. Prévention des risques

¹² D'Ercole R. et Thouret J.C., « Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive- thème : les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : Concepts, typologie et mode d'analyse. In Bulletin de l'Association des Géographes Français- Croissance urbaine et risque naturels. 1995-4, 72ème année (septembre), pp. 311-338.

Les stratégies de protection appliquées à la prévention peuvent s'appuyer sur différents instruments : procédures de pré-alerte et d'alerte, sauvegardes de natures diverses, éléments de redondance, dispositifs de secours, etc. A cet égard, plusieurs problèmes se poseront à l'avenir : des informations plus complètes devront être disponibles au bon moment ; la coopération et la coordination devront s'intensifier, aux échelons national et international ; les dispositifs de secours des systèmes vitaux devront être plus complets ; la résilience des infrastructures fondamentales sera déterminante.

3. La transcription cartographique des risques

La cartographie est longtemps restée sommaire et peu représentée dans l'étude de ces risques. Elle a cependant trouvé une première impulsion à la suite des catastrophes meurtrières qui se sont produites dans certains pays. Ces événements ont été à l'origine de la réalisation de plusieurs séries de documents, comme par exemple les cartes de localisation probable des avalanches (CLPA) et les cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol (ZERMOS).

3.1. A quoi et à qui sert-il ?

Selon le petit Larousse, la cartographie se définit comme l'ensemble des opérations d'élaboration, de dessin et d'édition des cartes.

En prenant appui sur cette définition, le concept de cartographie des risques se conçoit comme l'identification et la description d'une façon objective et structurée des risques existants. C'est un cadre d'analyse qui expose les caractéristiques des risques.

Cette cartographie est définie au travers de trois dimensions :

- L'occurrence de l'événement (Potentialité) ;
- Les conséquences de l'événement (Impact) ;
- Sa prise en charge (Traitement).

La cartographie consiste à traduire un thème physique ou humain dans le langage graphique qui a sa syntaxe propre, faite de signes et de couleurs, différente de celle du langage écrit ou parlé. Le cartographe est avant tout un économiste, un urbaniste, un morphologue, un démographe, un naturaliste, qui s'exprime dans le langage graphique.¹³

3.2. Quelles sont ses fonctionnalités ?

La cartographie est ainsi devenue progressivement un outil indispensable de la prévention¹⁴. Elle recouvre l'ensemble de ses composantes, depuis la connaissance des phénomènes et des aléas, leur impact sur les biens, les activités et les hommes, leur prise en compte dans les documents d'urbanisme et les opérations d'aménagement, jusqu'à l'information préventive et la gestion de crise¹⁵.

Ces produits cartographiques, d'une grande variété, répondent à des objectifs différents et complémentaires (cartes informatives, techniques et réglementaires) et sont établis à plusieurs niveaux de référence spatiale définis par entités administratives (du territoire national à la commune) ou nature liés (bassins homogènes de risques). Nous proposons ici de présenter leur richesse thématique et leurs conditions de réalisation (échelle, fond de plan, précision, mode de représentation graphique) à partir des

¹³ Adapté de Déverin Y., *Cartographie*, cours de cartographie, Université de Toulouse Le miral.

¹⁴ Garry G., *Le risque d'inondation en France. Recherche d'une approche globale du risque d'inondation et de sa traduction cartographique dans une perspective de prévention*, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, 509 pages, 1993.

¹⁵ Garry G., « Evolution et rôle de la cartographie dans la gestion des zones inondables en France », in Mappemonde n°4, 1995, p 10 à 16.

principaux types de cartes que nous avons classées en fonction de leur finalité et de leur couverture géographique.

3.2.1. La carte comme outil de représentation du risque

La première et la plus simple utilisation des outils géographiques dans l'étude des risques reste la représentation cartographique. Quelles que soient les méthodes d'analyse du risque employées, il s'agit bien souvent d'un zonage réalisé à partir de données d'archives, des résultats de recherche sur l'aléa du phénomène ou de la vulnérabilité et de la valeur des enjeux répartis sur le territoire. Il n'existe pas de cartographie type : la représentation dépend bien entendu de l'usage que l'on souhaite faire de la carte.

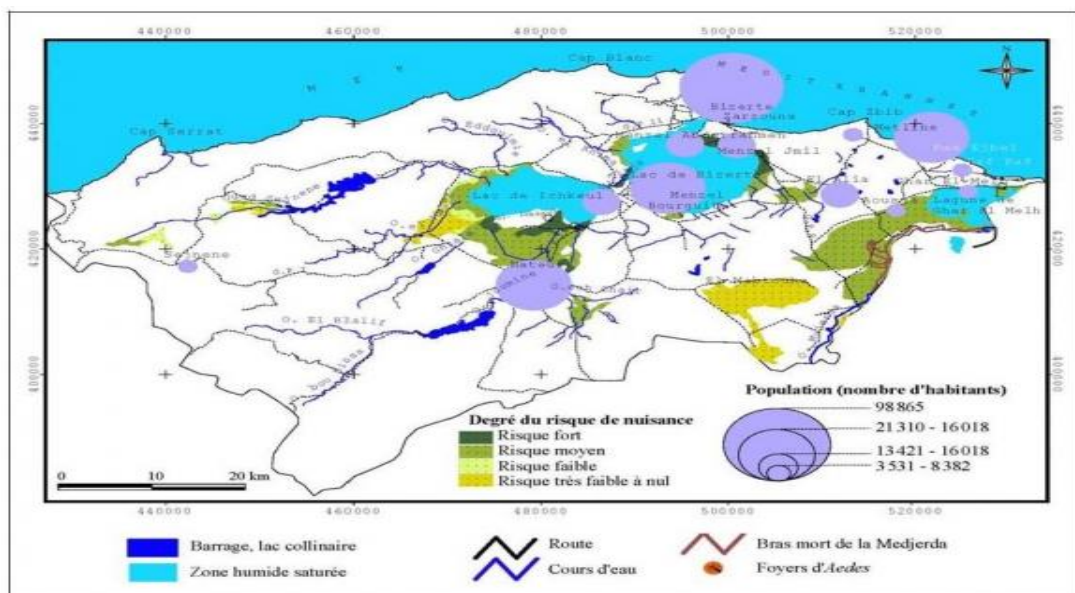
L'évaluation de la vulnérabilité se base sur les facteurs socio-économiques : densité de la population, organisation des collectivités, etc.

Les risques sont de natures différentes et se décomposent en divers paramètres. De plus, les cartes peuvent avoir de multiples niveaux de représentation et unités spatiales de référence. Pourtant, une certaine homogénéité apparaît dans cette palette de cartes. Celles-ci représentent souvent l'extension des risques naturels selon l'aléa¹⁶ ou le risque¹⁷.

3.2.1.1. Carte d'identification des risques

Le risque est le résultat d'un aléa complexe conjugué à une vulnérabilité (Dauphine, 2001). Les risques naturels sont les plus représentés dans l'échantillon des cartes représentées (70% des cartes). Un déficit remarquable caractérise les risques technologiques. Cependant, depuis quelques années, leur cartographie est introduite progressivement. Aussi, on rencontre quelques cartes de risques sanitaires et environnementaux, produites principalement par des organismes travaillant dans les secteurs des pollutions, des maladies ou du bruit. Par exemple, la carte suivante représente la répartition spatiale des espèces d'*Aedes* dans le voisinage des zones humides de Bizerte.

Carte 1. Le risque potentiel de nuisance d'*Aedes* au Bizerte



Source : Brahmi, N., « Contribution de la télédétection et des système d'information géographique à la prise en compte du risque de prolifération des *Aedes* dans les zones humides de Bizerte », Revue Géographie Physique et Environnement, Vol. 4, 2010, pp. 151-168.

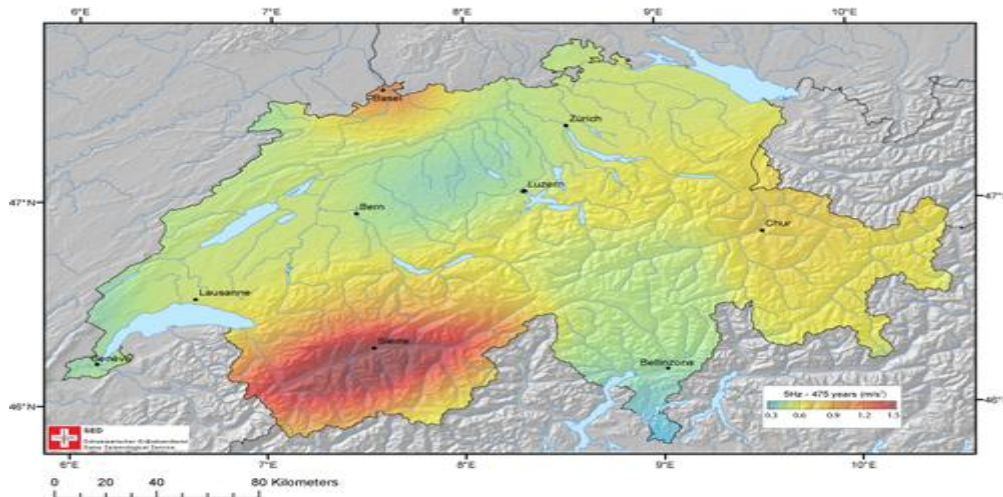
¹⁶ Incertitude quant à la réalisation d'un accident.

¹⁷ Résultat de la coïncidence de l'aléa et de la vulnérabilité de la population et des milieux exposés à un phénomène donné.

3.2.1.2. Carte de l'aléa

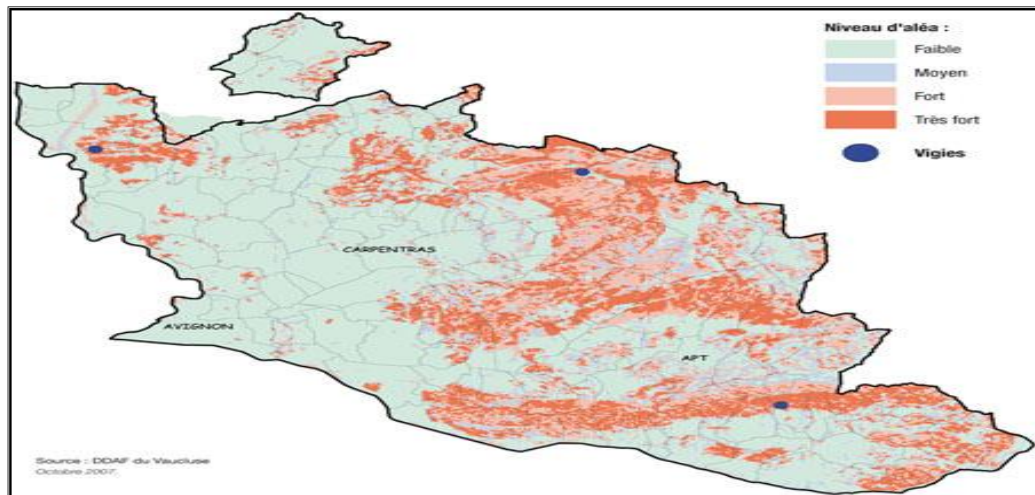
La cartographie est également utilisée pour décrire l'aléa. Ce mode de représentation est certainement le plus utilisé dans le domaine de la cartographie du risque. Classiquement, l'aléa est découpé en valeurs discrètes (faible, moyen, fort, etc.), adaptées à l'usage de plages de couleurs comme le montrent les deux cartes suivantes :

Carte 2. La carte d'aléa sismique en Suisse



Source : http://www.seismo.ethz.ch/eq_swiss/haz_risk/gefaehr_karte/index_FR

Carte 3. Niveaux d'aléa des feux de forêt en Vaucluse



Source : Dow du Vaucluse, Octobre 2007.

3.2.2. Mettre en lumière les pratiques cartographiques

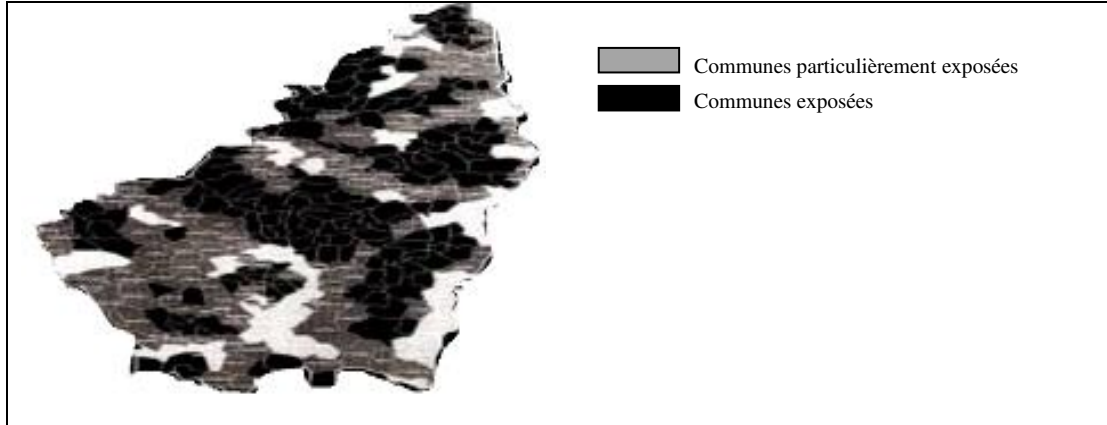
Trois finalités majeures caractérisent les cartes : l'information, l'action et le contrôle

3.2.2.1. Les cartes pour informer

Ces cartes sont à information générale, par exemple lorsqu'on s'interroge où se situent les zones potentiellement à risque dans le territoire national. Aussi, ce type de carte peut donner une information préventive, par exemple si on veut savoir si une telle commune est exposée au risque. Le public visé est

d'une part les services de l'administration, pour engager des études approfondies dans les zones à risques, d'autre part les citoyens, qui ont droit à l'information sur les risques majeurs.

Carte 4. Une iconographie à deux niveaux d'intensité basée sur les limites communales

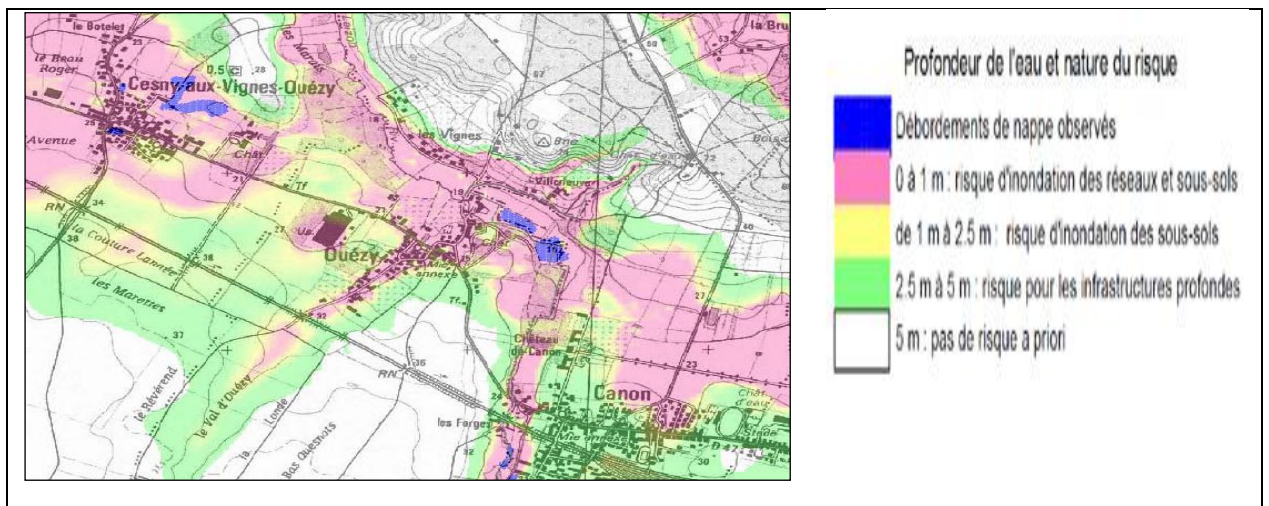


Source : Préfecture de Privas-07 Ardèche.

3.2.2.2. Les cartes d'action

Les cartes d'action servent pour aider à la négociation/ décision, si par exemple on veut savoir quelles sont les caractéristiques du risques dans la zone qu'on doit aménager. Egalement, ces cartes sont utilisées pour la gestion des crises (quel espace est le plus touché par la catastrophe pour une intervention immédiate des secours).

Carte 5. Risques de remontée de nappe inventoriée de Diren, basse Normandie



Source : <http://www.ecologie.gouv.fr/DIREN-Directions-regionales-de-l.html>

3.2.2.3. Les cartes de contrôle

Les cartes de contrôle sont des cartes réglementaires opposables aux tiers. Ces cartes sont utilisées par exemple, lorsqu'on veut savoir quelles sont les zones constructibles ou inconstructibles dans une commune.

Carte 6. : Carte communale qui compte les deux zones (constructible et inconstructible)



Source : <http://faire-un-lotissement.com/mgamenagement/infos-conseils.html>

Le tableau ci-dessus donne un aperçu synthétique sur les finalités et les pratiques cartographiques :

Tableau 4. Finalités et pratiques cartographiques

Finalité de la carte	Pratiques cartographiques
Information générales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tout public ; ▪ Très petite échelle (monde, pays) ; ▪ Pas de fond ; ▪ Extension du phénomène, unité administrative.
Information préventive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Citoyen et élus pour sensibiliser ; ▪ Petite et moyenne échelle ; ▪ Fond possible ; ▪ Extension du phénomène, unité administrative, enjeu ;
Aide à la négociation et à la décision	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Public averti ; ▪ Petite à grande échelle ; ▪ Fond pour les cartes de l'Etat ▪ Extension du phénomène, carroyage, enjeu, casier hydraulique.
Gestion de crise	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intervention en cas de crise ; ▪ Petite à moyenne échelle ; ▪ Fond pour les cartes de l'Etat ▪ Extension du phénomène, carroyage, enjeu.
Règlementation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Citoyens et élus ; ▪ Très grande échelle ; ▪ Fond possible ; ▪ Extension du phénomène

Source : Chesneau, E., « Propositions pour une cartographie du risque », CFC n°181, Septembre 2004, p. 59.

3.3. Niveau et représentation des données cartographiées¹⁸

3.3.1. Les niveaux de traitement et de mesure

¹⁸ Adapté de Chesneau, E., « Propositions pour une cartographie du risque », CFC n°181, Septembre 2004.

Les trois niveaux de traitement des données établis en cartographie¹⁹ sont utilisés pour les cartes. Quant aux quatre niveaux d'organisation des données²⁰, l'ordinal est le plus utilisé puis à l'échelle d'intervalle. Quelques cartes se composent de données nominales. Elles sont donc multithématiques ou multiparamétriques. Le risque étant, par définition, incertain, comment affecter à une unité géographique un figuré spécifique à la valeur qu'il représente ?

3.3.2. Quelle représentation graphique ?

Les données sont représentées par un type de symbole sur lequel sont appliquées une ou plusieurs variables visuelles. Le symbole zonal est dominant dans les cartes et parmi les variables visuelles statiques, on trouve la couleur puis la valeur de la couleur et aussi la taille, la forme et la transparence

Certaines cartes sont animées (affichage progressif d'information selon une échelle de temps). D'autres cartes sont interactives (couche d'informations sélectionnables par l'utilisateur, possibilités de zoom ou de déplacement dans les cartes).

3.4. Quelles évolutions pourraient être proposées par la cartographie du risque ?

Après les états des lieux mentionnés ci-dessus, quelles propositions peuvent être avancées pour améliorer la représentation spatiale du risque ?

3.4.1. Vers une meilleure gestion des superpositions et des incertitudes

Les superpositions d'informations sont nombreuses dans les cartes multithématiques ou multiparamétriques et elles peuvent affecter l'efficacité visuelle de ces cartes. Pour mieux gérer les superpositions d'informations, il y a plusieurs solutions. La première solution est la collecte des cartes. Une autre solution serait de concevoir des cartes de synthèse.

Autres type de superposition : l'ajout d'un fond à une carte où sont localisées les entités géographiques d'un territoire. Dans ce cas, le fond doit fournir des renseignements pertinents pour une meilleure compréhension de la carte. Aussi, il doit attirer l'attention du lecteur après les données de risque spatialisées.

Comme le risque est une composante incertaine car basée sur des probabilités d'occurrence de phénomènes, il faut envisager la représentation des zones d'incertitude dans les cartes, en particulier pour des cartes d'action et de contrôle. La définition de nouvelles unités spatiales de référence peut être un moyen de représenter les données d'incertitude.

3.4.2. Vers de nouvelles représentations graphiques

Malgré la grande richesse des signes graphiques, les représentations cartographiques se ressemblent. Pour un grand nombre de cartes, des cartographes proposent de suivre des règles de sémiologie graphique plus formelles.

Par ailleurs, certains systèmes de représentation cartographiques regroupant les cartes par maille, par anamorphose, en isolignes, en bandes alternées et de flux. Ils sont des solutions originales de représentation graphique des données qui pourraient être envisagées pour cartographier le risque. Par exemple, l'utilisation des mailles comme unité spatiale de référence est un moyen de représenter des

¹⁹ Ces trois niveaux sont : (i) la corrélation : juxtaposition et superposition d'un certain nombre d'informations ; (ii) l'analyse : représentation d'un seul thème et (iii) la synthèse : représentation d'informations complexes sous une forme graphique simple.

²⁰ Les quatre niveaux d'organisation des données définies par les cartographes anglo-saxons sont : (i) nominal : ensemble d'éléments non ordonnés et non numériques ; (ii) ordinal : ensemble d'éléments ordonnés et non numériques ; (iii) échelle d'intervalle : ensemble d'éléments numériques sans calculs de rapports possible entre les valeurs (position du 0 arbitraire, classe des chiffres et (iv) échelle de rapport : ensemble d'éléments numériques avec rapports entre valeurs possibles (position du 0 absolu, pas de classes).

données d'incertitude puisque, selon la dimension du pixel, l'espace géographique et les données de risques sont plus ou moins précis.

Aussi, des cartes animées et interactives sont à développer car elles sont un moyen innovant de communiquer des informations et peuvent, dans certaines situations, être plus efficaces que des cartes statiques.

4. Les divers éléments du cycle de gestion des risques

L'appréhension correcte d'un risque donné n'est pas une fin en soi, mais un élément parmi d'autres de la prise de décision. Il incombe en effet aux autorités compétentes de déterminer le niveau de risque acceptable du point de vue de la collectivité alors que les ressources sont limitées et que le manque de connaissances scientifiques se conjugue à des conflits d'opinions et d'intérêts.

La gestion des risques ou management des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées menées en vue de réduire les risques à un niveau jugé tolérable ou acceptable à un moment donné et dans un contexte donné.²¹

4.1. Un état des enjeux et des besoins en matière de gestion intégré des risques

L'efficacité de la réponse à une catastrophe dépend non seulement des mesures prises immédiatement avant, pendant et après, mais aussi, en grande partie, des plans, structures et dispositifs mis en place au préalable pour coordonner les efforts des pouvoirs publics et des organisations volontaires et privées. Les défis à venir peuvent être regroupés autour des axes suivants : utilisation et potentiel des technologies nouvelles et émergentes dans le domaine de la collecte et de la diffusion d'informations ; importance d'une veille et d'une surveillance efficaces ; planification et coordination des interventions ; gestion des médias ; mesures destinées à limiter la propagation des dommages une fois la catastrophe survenue ; coordination internationale des opérations d'urgence.²²

4.2. La gestion de ces risques fait nécessairement appel au principe de précaution ?

L'énoncé du principe de précaution contient pourtant les ingrédients à même d'en faire un principe d'action.

Le principe de précaution est souvent compris par ses détracteurs comme une cause de blocage d'un processus de développement technologique. "Si on applique le principe de précaution, on ne fait plus rien". A l'inverse ses partisans le brandissent aussi souvent à tort et à travers allant parfois en son nom jusqu'à en interdire l'application. Car c'est bien là que se situe la contradiction et la difficulté. Le principe de précaution n'impose pas de mesures définitives à l'encontre des sources de risque potentielles mais bien des mesures provisoires qui doivent être prises le temps que les procédures d'évaluation du risque soient menées à bien. L'objectif est donc de se donner le temps et les moyens de passer du principe de précaution au principe de prévention, qui s'applique lorsque le risque est connu et que l'on peut décider de mesures définitives de maîtrise du risque. Entre-temps, les mesures prises au nom du principe de précaution doivent être proportionnées et permettre de parer à la réalisation du dommage. C'est cette proportionnalité qui finalement pose problème, puisqu'en l'absence de données fiables, elle est sujette à controverses et à interprétations. Elle prête alors le flanc à une interprétation fondée plus sur des valeurs que sur des faits.

La tentation est alors forte de dire que c'est le débat même qui est biaisé et que puisqu'il se résume souvent à une opposition de valeurs, il ne devrait pas avoir lieu. C'est pourtant au cœur du débat que se situe probablement la solution. Dans un contexte où les faits et les données manquent pour établir un

²¹ Debray, B., et al, « *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs* », INERIS-DRA-2006-P46055-CL47569 :Ω 7 : Méthodes des risques générés par une installation industrielle, p. 11.

²² OCDE, *Les risques émergents au XXI^e siècle : Vers un programme d'action*, Paris, 2003, p. 22.

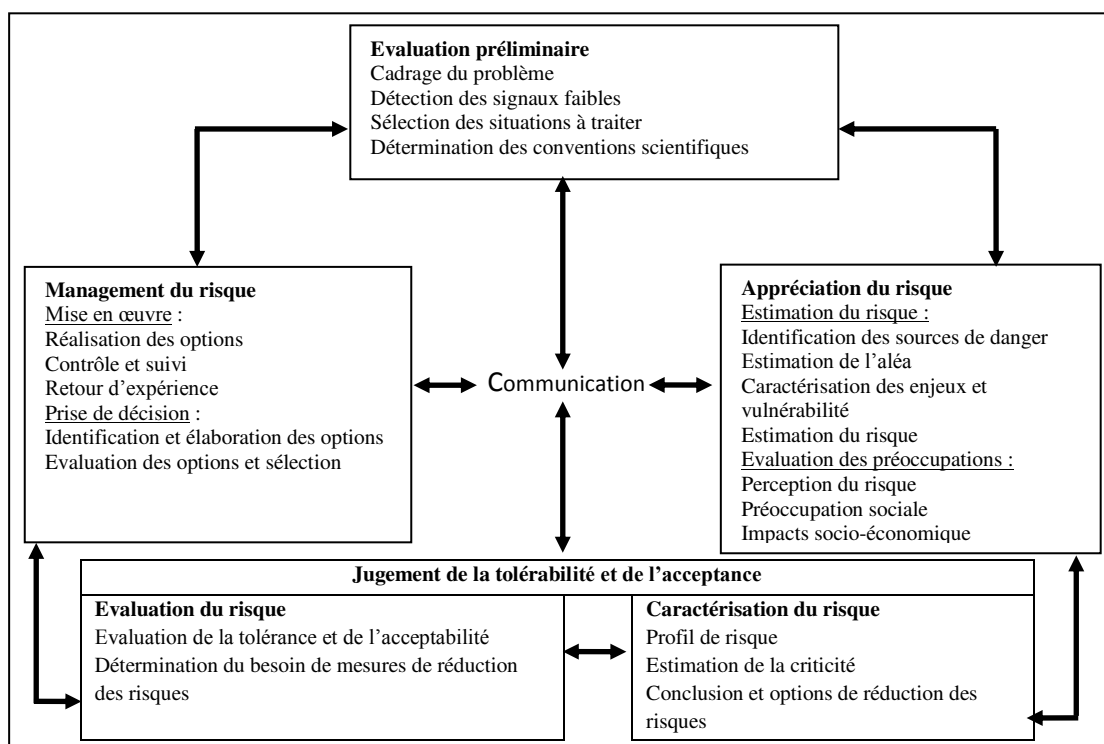
point de vue objectif, l'acceptation ne peut être fondée que sur la convergence de points de vue subjectifs s'appuyant autant que possible sur des éléments partiellement disponibles et surtout admettant l'idée d'un processus itératif au cours duquel la progression des connaissances permettra de fonder progressivement une position étayée. Ainsi, plus encore que pour les risques courants, les risques émergents doivent-ils faire l'objet d'une concertation qui permette la participation des parties intéressées à hauteur de leurs moyens et compétences mais aussi à hauteur des enjeux que représente le risque pour elles.

4.3. Vers un nouveau paradigme et un cadre méthodologique renouvelé

La gestion de crise a ouvert de nouvelles perspectives à la cartographie, en particulier depuis que se développent les systèmes d'information géographiques propices à des traitements rapides multicritères. Les essais sont encore peu nombreux, mais encourageants. Quelques services techniques de villes ou de départements sont parvenus à définir des cartes qui répondent aux besoins des unités de secours au moment ou survient un événement.

Concrètement, définir un nouveau paradigme revient à préciser les contours d'application d'un principe de précaution rénové qui pourrait être complété par d'autres principes recommandant et facilitant la mise en œuvre de moyens pour l'amélioration des connaissances sur les risques émergents et leur suivi en continu.²³ Le nouveau paradigme devra être complété par un cadre méthodologique qui définira de façon concrète les différentes phases du processus de gestion.

Figure 4. Cadre méthodologique proposé par l'IRGC²⁴ pour la gestion intégrée des risques



Source : Debray, O. et al, « Gestion intégrée des risques émergents : Défis et objectifs du projet européen intégré », 16e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Avignon 6-10 octobre 2008, Communication 1A-1, p. 4.

²³ Ortwin, R., « Risk governance, towards an integrative approach », International risk governance council, White paper n°1, Geneva, September 2005.

²⁴ International Risk Governance Council.

L'ensemble de ces dimensions doit être traité conjointement pour une véritable gestion intégrée des risques émergents. Cela signifie que chaque étape du processus de management des risques doit être conçue de telle sorte qu'elle prenne en compte ces quatre dimensions, mais aussi que des outils génériques doivent être développés pour le management de chacune des dimensions.

4.4. Une approche intégrée est-elle nécessaire ?

Les risques émergents illustrent particulièrement le caractère pluridisciplinaire ou multidimensionnel de la gestion des risques. Les dimensions scientifiques et techniques sont certes essentielles, mais gérer des risques implique aussi la prise en compte des dimensions sociales, juridiques et réglementaires, normatives, humaines et organisationnelles qui doivent être complètement intégrées dans une démarche globale. Ceci est d'autant plus vrai que l'émergence du risque augmente l'urgence des décisions.

Une deuxième forme d'intégration est relative à la nature des cibles et des risques à traiter. Lorsqu'une nouvelle technologie apparaît, comme c'est le cas actuellement pour les nanotechnologies, les risques nouveaux peuvent concerner plusieurs types de cibles qui font habituellement l'objet d'un traitement spécifique : les travailleurs et les populations exposées à un risque sanitaire ou un risque d'accident majeur, l'environnement naturel et ses différents compartiments, eau, sol, végétaux, faune sauvage, agriculture, potentiellement objet d'une pollution. Bien que les cibles concernées soient distinctes, les mécanismes générateurs des phénomènes dangereux peuvent être communes et les connaissances qui sous-tendent leur compréhension sont communes et devraient être partagées par l'ensemble des acteurs. La gestion du risque a tout à gagner d'une intégration des réflexions relatives à la variété des risques générés par une même technologie.

Enfin, les développements technologiques et les évolutions sociétales n'ont plus de frontière. Un risque émergent est donc presque toujours mondial, global. Le réchauffement climatique et ses effets sont une bonne illustration de cette globalisation d'un risque qui n'en finit pas d'émerger. Une gestion intégrée des risques émergents doit donc nécessairement prendre en compte cette dimension géographique. Au niveau européen, l'enjeu est aussi de parvenir à une convergence des pratiques de gestion des risques et des référentiels de décision des acteurs publics afin de réduire les distorsions de concurrence et les coûts induits par de trop grandes disparités entre pays européens.

5. Conclusion

En guise de conclusion, on a proposé dans ce papier un état des enjeux et des besoins en matière de gestion intégrée des risques émergents. Nous avons insisté sur les grandes lignes de la problématique des risques émergents. Ceux-ci se caractérisent par une grande diversité associée à des difficultés de gestion dues aux incertitudes qui rendent la prise de décision particulièrement délicate. Dans cette perspective, on a montré qu'à l'heure actuelle, le traitement des risques nouveaux se fait au moyen du principe de précaution dont l'application demeure extrêmement difficile en l'absence d'un référentiel méthodologique adapté. Aussi, la gestion de ces risques fait donc nécessairement appel au principe de précaution dont l'application demeure compliquée. Plus encore que pour les autres risques, une approche intégrée est nécessaire. Elle consiste à combiner dans une même démarche les dimensions techniques, humaines, sociétales et politique en associant l'ensemble des acteurs concernés.

Également, on a démontré qu'il est admis que la carte est l'objet qui renseigne le mieux et le plus sur les différentes situations de risques d'une partie donnée du territoire, ceci pour tous types de risques confondus. De fait, de nombreux efforts en la matière ont conduit à de multiples réalisations dont certaines de grande qualité.

La cartographie des risques bénéficie aujourd'hui d'un élan irrésistible qui conduit à une multiplicité de documents pour des applications aussi nombreuses que variées. Ce mouvement est avant tout la conséquence d'une sensibilité accrue des populations aux risques naturels qui incite les pouvoirs publics à porter leurs efforts sur le développement de la connaissance et de l'information. Il est certainement aussi favorisé par les progrès des outils informatiques. On ne peut qu'encourager cette perspective qui répond bien à l'essentiel des besoins d'information localisée dans les domaines de l'environnement, en restant prudent cependant sur les limites des outils (en précision par exemple). Une bonne carte sera toujours le fruit d'une collaboration des différents acteurs. Prétendre cartographier le risque sans développer des

compétences sur la connaissance des phénomènes physiques, (des aléas, pour reprendre la terminologie en vigueur), ne répond donc qu'à une partie du problème. Pour autant, la cartographie des aléas ou de la vulnérabilité a un intérêt intrinsèque, qui n'est pas celui de la cartographie du risque. On peut par exemple ne considérer que l'aspect « documentaire » de cette cartographie qui identifie, à une échelle quelconque, des points du territoire « posant problème » en termes de risque naturel. C'est une étape intéressante et nécessaire (qui fonde en particulier la mémoire du risque), mais qui reste très insuffisante au regard des besoins réels en matière de gestion opérationnelle et active du risque.

La cartographie du risque n'a pas fini d'évoluer. De nouvelles solutions cartographiques sont à proposer pour lui permettre d'acquérir encore plus de richesse et d'efficacité.

6. Bibliographie

Bernier J., *Les conditions du dialogue entre l'homme d'étude et le décideur en situation de risque*, Laboratoire de Gestion des Risques en Sciences de l'Eau, Modélisation mathématiques pour l'évaluation et la gestion des risques, cours de 1^{ère} année de l'ENGREF, dirigé par Eric Parent, 1999.

Bernier J., *Les conditions du dialogue entre l'homme d'étude et le décideur en situation du risque*, Laboratoire de Gestion des Risques en Sciences de l'Eau. Modélisation mathématique pour l'évaluation et la gestion des risques-cours de 1^{ère} année de l'ENGREF, dirigé par Eric Parent. 15 décembre 1999.

Brahmi N., « Contribution de la télédétection et des systèmes d'information géographique à la prise en compte du risque de prolifération des Aedes dans les zones humides de Bizerte », *Revue Géographie Physique et Environnement*, Vol. 4, 2010, pp. 151-168.

Chesneau E., « Propositions pour une cartographie du risque », CFC n°181, Septembre 2004.

D'Ercole R., « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés: concepts, typologie, modes d'analyse », *Revue de Géographie Alpine*, n° 4, t. LXXXII, 1994, p. 87-96.

D'Ercole R. et Thouret J.C., « Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive- thème : les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : Concepts, typologie et mode d'analyse. In Bulletin de l'Association des Géographes Français- Croissance urbaine et risque naturels. 1995-4, 72^{ème} année (septembre), pp. 311-338.

Dauphiné A., *Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Édité. Armand COLIN, Paris, 2001, 287 p.

Debray B., et al, « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs », INERIS-DRA-2006-P46055-CL47569 :Ω 7 : Méthodes des risques générés par une installation industrielle.

Debray O. et al, « Gestion intégrée des risques émergents : Défis et objectifs du projet européen integ-risk », 16^e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Avignon 6-10 octobre 2008, Communication 1A-1.

Dévérin Y., *Cartographie*, cours de cartographie, Université de Toulouse Le miral.

Donnefort S. et al. *Environnement et aménagement : 2. La carte de la conception à la réalisation*. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, Édition Villes et Territoires. Paris. 92 pages, 1995.

Ducas P.Y, Martin. J. L., « Sécurité des informations, cartographie des risques : comment évaluer ses risques », Clusir Rha, 2009.

Garry G., « Evolution et rôle de la cartographie dans la gestion des zones inondables en France », in *Mappemonde* n°4, 1995, p 10 à 16.

Garry G., *Cartographie et prévention des risques naturels en France*, Édition Villes et Territoires. Paris, 1995, p. 2512-2550.

Garry G., *Le risque d'inondation en France. Recherche d'une approche globale du risque d'inondation et de sa traduction cartographique dans une perspective de prévention*, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, 509 pages, 1993.

Givone P., « *Risques naturels et transcription cartographique* », EAT, Risque Naturels, 1998, pp. 87-96.

Glatron S., *L'évaluation des risques technologiques majeurs en milieu urbain : Approche géographique ; le cas de la distribution des carburants dans la région Ile-de-France*, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne-UFR de Géographie, 1997, 393 p.

Gleyze J. F., « *Le risque* », Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 2002.

Leone F., « *Implication territoriales et socio-économiques des menaces naturelles en Martinique (Antilles française) : Une approche spatiale assistée par SIG* », Annales Géographiques, n° 627-628, 2002, pp. 549-573.

Leone F., « *Réflexions à propos d'un essai de formalisation analytique du risque: application aux mouvements de terrain* », Pangea, n° 27/28, Orléans, Éditions CIFEG, 1998, p. 41-52.

Leone F., *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain*, thèse de doctorat nouveau régime, spécialité géographie, Université J. Fourier, Grenoble, Documents du BRGM, n° 250, Éditions BRGM, Orléans, 1996, 286 p.

Ministère de l'Emploi et de la solidarité, *Risques et sécurité sanitaires*. Appel d'offre lancé conjointement par l'INSERM-programme de recherche en santé publique, le CNRS- programme santé et société et la MiRe (mission du recherche du ministère, 1999, 6 pp.

Munier B., *Perspectives historique de l'évolution des modèles de décision*, Groupe de Recherche sur le Risque, l'information et la décision. Modélisation mathématique pour l'évolution et la gestion des risques- cours de 1^{ère} année de l'ENGREF, dirigé par Eric Parent, 1999.

OCDE, *Les risques émergents au XXI^e siècle : Vers un programme d'action*, Paris, 2003.

Ortwin R., « Risk governance, towards an integrative approach », International risk governance council, White paper n°1, Geneva, September 2005.

Saley B. M. et al, « *Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'Ouest de la Côte D'Ivoire : Apport des MNA et de l'Imagerie satellitaire* », Télédétection, 2005, Vol. 5, n°(1-2-3), p 53-67.