

Record Number: 16450
Author, Monographic: Yagouti, A.
Author Role:
Title, Monographic: Heuristiques et biais dans la prise de décision
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1998
Original Publication Date: Décembre 1998
Volume Identification:
Extent of Work: 40
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, rapport de recherche
Series Volume ID: 539
Location/URL:
ISBN: 2-89146-314-5
Notes: Rapport annuel 1998-1999
Abstract: Chaire en hydrologie statistique Hydro-Québec / CRSNG
Call Number: R000539
Keywords: rapport/ ok/ dl

**HEURISTIQUES ET BIAIS
DANS LA PRISE DE DÉCISION**

HEURISTIQUES ET BIAIS DANS LA PRISE DE DÉCISION

par

Abderrahmane Yagouti

**Chaire industrielle Hydro-Québec / CRSNG en Hydrologie statistique
Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau
2800 rue Einstein, Case postale 7500, SAINTE-FOY (Québec) G1V 4C7**

Rapport de recherche No R-539

Décembre 1998

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
2. ILLUSIONS COGNITIVES ET PROBABILISTES.....	3
2.1 Illusions cognitives.....	3
2.2 Illusions probabilistes.....	6
3. HEURISTIQUES ET BIAIS.....	9
3.1 La suffisance.....	9
3.2 La pensée magique (sophisme de la quasi-certitude).....	10
3.3 La disponibilité.....	11
3.4 La prévisibilité a posteriori.....	13
3.5 L'ancrage.....	13
3.6 La facilité de représentation.....	15
3.7 Le daltonisme en matière de probabilité.....	17
3.8 Le contrôle.....	17
3.9 La manipulabilité des croyances à l'aide des scénarios.....	18
4. MODELE PROBABILISTE BAYESIEN : UNE SOLUTION POUR NOS ILLUSIONS COGNITIVES.....	19
5. PERCEPTION DU RISQUE.....	23
5.1 Perception du risque statique.....	23
5.2 Perception du risque dynamique.....	27
6. CONCLUSION.....	31
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	33

1. INTRODUCTION

Plusieurs décisions sont basées sur nos croyances concernant la ressemblance des événements incertains comme, l'occurrence d'un événement extrême, le résultat des élections, la culpabilité d'un accusé, ou bien la variation du dollar dans l'avenir. Ces croyances sont toujours exprimées sous la forme de " je crois que ...", " Il y a des chances que ...", "Il semble que ..." etc. Souvent, les croyances des événements incertains sont exprimées sous une forme numérique, en termes de distributions statistiques. Cependant, quelques questions peuvent se poser sur la façon dont les gens postulent leur modèle probabiliste pour représenter ces croyances. Plusieurs chercheurs, particulièrement des psychologues, ont effectué des études pour illustrer les itinéraires qu'emploient les gens pour construire leurs modèles ou estimations. La base de ces estimations est souvent bâtie sur des heuristiques* assez simples, afin d'éviter la complexité des phénomènes, pour produire des jugements ou des décisions concernant le domaine d'intérêt. En général, ces heuristiques donnent des résultats assez satisfaisants, cependant, il arrive qu'ils mènent à des erreurs systématiques importantes.

Palamarini (1994) a illustré deux concepts importants : les heuristiques et les biais "tunnels mentaux", qui affectent le jugement humain dans différentes situations. En effet, il a présenté une série d'exemples touchant tous les domaines de la vie, afin de sensibiliser le lecteur à ce problème. Le propos de son livre est de présenter, de façon simple et synthétique, une découverte scientifique récente de la psychologie qui a montré qu'il existe un inconscient au niveau de la sphère affective de notre cerveau. En fait, il en existe aussi un autre : il touche, là encore à notre insu, la sphère cognitive de notre esprit, c'est-à-dire l'univers des raisonnements, des jugements, des choix entre plusieurs possibilités, des oppositions (en apparence) développées entre ce qu'on estime probable et ce qu'on juge improbable.

* : Ce terme sera défini en section 2-1.

L'objectif de ce travail est de présenter une étude de synthèse sur les heuristiques et les biais qui influencent les décisions humaines. Ces deux notions seront illustrées dans le chapitre suivant, à travers une série d'exemples concrets. Le troisième chapitre illustre une classification technique des différentes heuristiques existant dans la littérature. La quatrième partie se penchera sur une des solutions pour éviter de tomber dans ces biais. Il s'agit d'une présentation quantitative du processus Bayésien. Le cinquième chapitre sera consacré à la perception du risque en général et en particulier dans le domaine des sciences de l'eau. Finalement, on terminera ce rapport par une conclusion générale et quelques perspectives de recherche dans ce domaine.

2. ILLUSIONS COGNITIVES ET PROBABILISTES

Dans cette section, nous allons présenter une description générale de deux types d'illusions. Les illusions cognitives et les illusions probabilistes. Plusieurs exemples seront présentés pour mettre en reliefs ces deux théories. Les travaux de base dans cette section sont ceux de Tversky et Kahneman (1974) et Palmarini (1994).

2.1 Illusions cognitives

On signifie par illusion cognitive, toute illusion du savoir, ou erreur que nous commettons sans nous en apercevoir, en toute bonne volonté. De plus, nous nous mettons à les défendre avec toute sérénité. Ceci est expliqué par la tendance des gens à confondre entre ce qui est plus typique et ce qui est plus probable. L'incohérence de nos préférences, tant individuelles que collectives, est malheureusement très répandue et a bien souvent d'importantes conséquences sociales, économiques et politiques. "Même quand on a éliminé la malhonnêteté, l'égoïsme et le mensonge, les tunnels mentaux ne disparaissent pas encore. Ils sont la cause d'erreurs commises en toute bonne foi, que l'on ne peut de ce fait corriger qu'en prenant conscience des mécanismes élémentaires de notre pensée", (Palmarini, 1994). Deux concepts seront fondamentaux dans cette analyse : celui d'heuristiques "heuristics en anglais" et celui de tunnel mental "bias". Heuristique vient de la même racine qu'"eurêka", c'est-à-dire du verbe grec qui signifie "trouver". "Globalement, les heuristiques sont des stratagèmes mentaux spécifiques qui servent à résoudre des problèmes spécifiques. Disons, en première approximation, qu'une heuristique est un concept que, nous mettons en oeuvre, alors qu'un biais, un tunnel mental, est quelque chose d'interne" (Palmarini, 1994). Une définition plus simple de ces deux concepts est donnée par Cooke (1991) : Quand on est invité à estimer une probabilité ou à déterminer notre degré de croyance concernant un événement donné, on a souvent tendance à employer différentes règles mathématiques au

lieu d'opter pour un calcul mental rapide. Ces règles s'appellent des heuristiques et elles sont souvent adéquates. Cependant, il arrive qu'elles nous mènent à des résultats erronés. Dans ce cas, on parle de l'existence d'un biais.

En termes psychologiques, la révolution cognitive nous apprend à renverser ces concepts traditionnels pour mettre en évidence la différence intuitive entre nos décisions "ce que nous faisons", les conséquences "ce qui nous arrive" et notre conception interne "tunnels mentaux". En effet, un biais, est justement quelque chose que nous avons en nous. Ainsi, lorsque nous nous engageons tête baissée dans un de ces tunnels, il nous arrive un événement désagréable. Alors, pour en finir avec ces distinctions, une heuristique est précisément la poussée interne, précise et puissante, qui nous fait "glisser" dans certains tunnels.

Le premier exemple illustré par Palmarini (1994) est très simple, cependant il reste un premier pas pour mieux visualiser la problématique de cette étude. Il s'agit de la distinction entre la notion de poids et de densité. "Qu'est-ce qui pèse le plus lourd ? Qu'est-ce qu'on préfère recevoir sur la tête du haut du deuxième étage d'un immeuble ? un kilo de plumes ou un kilo de plomb ?" Dans cet exemple, l'idée de poids se confond avec celle de la résistance, de la densité et de la solidité. Les structures mentales qui nous servent à analyser nos sensations ne sont pas conçues pour nous permettre, à première vue, de comparer un kilo de plume et un kilo de plomb. Nous avons tendance à nous tromper, non pas parce que nous sommes inintelligents, mais parce que nous sommes faits ainsi. Il nous faut accomplir un effort et apprendre à corriger notre tendance naturelle.

En terme plus scientifique, une heuristique peut être définie comme une simplification ou approximation explicite ou implicite, consciente ou inconsciente des états de la nature afin de résoudre une catégorie donnée de problèmes rencontrés.

D'autres exemples d'heuristiques courantes consistent à juger éloignés des objets qui nous paraissent petits, et proches des objets qui nous paraissent bien nets. On peut également illustrer le cas d'une illusion d'optique. Il s'agit de l'exemple de Müller-Lyer des segments de droites, de longueurs identiques (figure 1). Cependant, nous avons l'impression que le segment du bas est de taille plus petite.

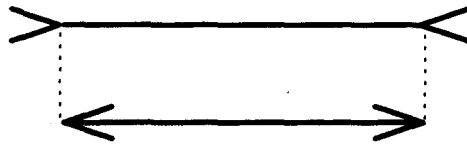


Figure 1 : Segments de Müller-Lyer

Palmarini (1994) a employé dans son analyse deux concepts qui régissent notre esprit : l'ange et le démon. La composante angélique est celle qui nous fait refuser une hypothèse perceptible devenue indéfendable pour en chercher une autre, contraire. En revanche, c'est la composante démoniaque qui nous attache à une hypothèse erronée jusqu'à ce qu'elle ne soit vraiment plus soutenable.

Les noms d'Amos Tversky et de son collaborateur Daniel Kahneman dominant tellement ce domaine qu'il est devenu tout naturel de parler d'expériences "à la Tversky-Kahneman". Ces deux chercheurs ont réalisé plusieurs travaux de recherche sur les biais et les heuristiques (Tversky et Kahneman, 1973; 1974; 1983). Parmi les exemples présentés par ces deux auteurs, on peut retenir celui où la plupart des personnes croient qu'il existe plus de mots, en français, de sept lettres que de mots qui finissent par -ant (Tversky et Kahneman 1974):

(1) - - - - ant ;

qu'il n'y en a qui comportent la lettre A en cinquième position :

(2) - - - - a - - .

L'explication de cette illusion est due à la plus grande facilité d'imaginer un mot finissant par -ant que des mots ayant la lettre A à la cinquième position (normale, normand, etc.). Il suffit de réfléchir un instant pour comprendre que l'on trouve, parmi les mots de type (2), en particulier ceux du type (1). Il ne peut donc y avoir plus de mot du type (1).

En fin de compte, Palmarini (1994) aboutit à la conclusion suivante : "les illusions cognitives sont engendrées par le "démon" de la paresse mentale, c'est-à-dire par des procédures mentales de calcul qui sont plus faciles pour nous, qui nous viennent plus spontanément et qui nous semblent tellement irrésistibles. Nous n'avons même plus conscience de les posséder, d'en user et d'en abuser. En revanche, l'"ange" est notre

composante rationnelle, celle qui nous signale que quelque chose ne fonctionne pas, qui nous pousse à corriger nos erreurs de jugement spontanées, et qui sait trouver des solutions optimales".

2.2 Illusions probabilistes

Après avoir lancé sept fois une pièce de monnaie, on demande à un certain nombre de sujets d'indiquer laquelle des trois séquences obtenues (F = face et P = pile) est la plus vraisemblable :

1- FFFFPPP

2- PFFPFPP

3- FFFFFFFF

Cette expérience, effectuée généralement sur un grand nombre d'individus ignorant toutes les théories de base sur les statistiques, a montré que les séquences choisies par ordre de préférence sont 2, 1 et 3. Or un calcul probabiliste simple nous montre que les probabilités des trois séquences sont identiques. Ceux qui jugent la séquence 2 plus probable succombent à une illusion cognitive extrêmement courante : ils confondent entre ce qui est **plus typique** avec ce qui est **plus probable**. Un autre exemple présenté par Palamrini (1994) :

"pour commencer, un prix de 3000 \$ nous est offert. Ensuite, on nous demande de choisir entre les deux possibilités suivantes :

A. gagner à coup sûr 1000 \$ (de plus) ; ou

B. lancer une pièce en l'air et jouer à pile ou face. Si notre choix est bon, nous gagnerons 2000 \$. Dans le cas contraire, nous garderons la même somme de départ".

Les résultats de l'expérience ont montré que la majorité d'entre nous favorise le cas A par rapport à B. Cependant les préférences s'inversent lorsque ce problème de choix nous est proposé d'une façon différente :

"Pour commencer, un prix de 5000\$ nous est offert. Ensuite, on nous demande de choisir entre les deux possibilités suivantes :

C. perdre 1000\$ à coup sûr ; ou

D. lancer une pièce dans l'air et jouer à pile ou face. Si nous perdons, nous devons donner 2000 \$. Dans le cas contraire, nous ne devons rien donner".

Dans ce cas, les résultats montrent que la majorité préfère D à C. Cependant, un calcul simple d'espérance mathématique montre que nous devrions être parfaitement indifférent, non seulement au choix entre A et B et entre C et D, mais entre ces quatre options. En fait, nous adoptons une attitude différente lorsque nous avons à choisir entre une certitude et une probabilité, selon qu'il s'agit de gagner ou de perdre. Nous sommes spontanément conservateurs dans les situations de gain et, au contraire, aventuriers dans les situations de perte. Il s'agit d'une "asymétrie" cognitive entre gains et pertes. Ce comportement est présent chez la majorité des individus, ainsi, nous allons revenir à ce point dans les sections 3 et 5.

Un autre biais qui mérite beaucoup d'intérêt est l'effet de conjonction. Ce dernier sera développé plus en détail dans la section 3-9. Il se manifeste lorsque qu'on est invité à choisir entre plusieurs situations. Généralement, les individus ont tendance à estimer plus probable un cas qui couvre deux situations en même temps. Cependant, la probabilité conjointe de deux événements est inférieure à celle de chacun d'eux. En effet, la probabilité de la réalisation simultanée de deux événements A et B est donnée par l'équation suivante :

$$P(A \text{ et } B) = P(A)P(B / A) = P(B)P(A / B)$$

Etant donné que la probabilité est une quantité comprise entre 0 et l'unité, il est clair que $P(A \text{ et } B)$ reste toujours inférieure à $P(A)$ et $P(B)$.

En changeant opportunément de type de problème, Tversky et Kahneman (1974) ont pu constater que cette tendance, ce biais dit "effet de conjonction", se manifeste chez des ingénieurs, des médecins, des généraux, des hommes politiques et même si les tests touchent spécifiquement leur spécialité.

Un autre tunnel mental, illustré par Palmarini (1994), est la négligence du taux de base. Il a des connotations nettement définies. Il est à souligner que nous avons tous tendance à utiliser correctement les taux de base, c'est-à-dire les informations disponibles lorsqu'ils sont notre seule ressource. Ce biais peut être lié avec l'heuristique de la disponibilité traitée en section 3-3. L'exemple suivant illustre ce tunnel mental :

"Monsieur X aime travailler avec précision. Il dessine et calcule facilement, et était bon en mathématiques à l'école". Cependant, "Monsieur Y a des dons peu communs en matière de communication. C'est un bon orateur qui sait rallier son auditoire à sa cause. À l'école, il était bon en grec, en latin et en histoire". Le sujet se voit remettre une liste de portraits de ce genre et on lui dit qu'elle contient, dans le désordre, 70% d'ingénieurs et 30% d'avocats. Il s'agit de deviner les profils des ingénieurs et ceux des avocats, puis de les regrouper en deux listes distinctes. Les résultats typiques seront : X aura le profil d'ingénieur et Y aura le profil d'avocat. Le point crucial que ce test permet de voir est que bien que l'on sache que la liste contient 70% d'ingénieurs et 30% d'avocats, les profils sont pratiquement divisés en deux moitiés égales. On doit en déduire que dès que nous avons une description, aussi succincte possible, nous avons tendance à négliger les taux de base.

3. HEURISTIQUES ET BIAIS

Tversky et Kahneman (1974) ont traité trois heuristiques qui sont généralement employées pour l'estimation des probabilités et pour la prédiction des valeurs. Il s'agit de : la représentativité "representativeness", la disponibilité "availability" et l'ajustement et l'ancrage "adjustment and anchoring". Cooke (1991) a également présenté ces trois heuristiques en ajoutant une autre : le contrôle "control". Slovic et al (1976) ont traité quelques heuristiques et se sont plus penchés vers la perception du risque. Palamarini (1994) a illustré sept heuristiques : la suffisance (overconfidence) ; la pensée magique (illusory correlations) ; la prévisibilité a posteriori (predictability in hindsight), l'ancrage (anchoring) ; la facilité de représentation (ease of representation) ; le daltonisme en matière de probabilité (probability blindness) ; la manipulabilité des croyances à l'aide de scénarios (reconsideration under suitable scripts). En s'inspirant de ces études ,nous allons présenter une classification technique des risques les plus graves que font peser sur nous nos illusions cognitives.

3.1 La suffisance

Fischhoff et al (1977) ont demandé à un grand nombre de sujets de répondre à des questions types dont la réponse ne fait aucun doute dans la réalité, mais ne leur est pas forcément connue avec certitude. Les résultats obtenus montrent qu'il existe une tendance répandue et tenace à la suffisance, c'est-à-dire à donner une réponse sans éprouver le moindre doute. La différence entre la fiabilité réelle des réponses et le degré de suffisance était telle, et si fréquente, que les auteurs ont décidé de dispenser à un nouveau groupe de sujets, avant de les soumettre au test, une véritable leçon sur le sens des probabilités et sur ce que représente effectivement une probabilité de 1/1000, de 1/10 000, et ainsi de suite. Cette opération de clarification préalable s'appelle, en jargon psychologique, débiaisage ("debiasing").

Plusieurs études ont montré que l'écart entre la justesse du jugement et le degré de suffisance augmente lorsque le "juge" en sait plus. Lorsqu'il ne possède que de peu d'information, ou quand le jugement à formuler est simple, on a moins tendance à s'exprimer avec beaucoup de sûreté. En revanche, si le jugement devient plus raffiné, il demande de longs raisonnements et de nombreuses connaissances spécialisées, le degré d'exactitude augmente, certes, mais la suffisance augmente encore bien plus. Cooke (1991) a considéré la suffisance comme la source principale de l'existence du biais dans nos décisions. Son danger provient du fait qu'elle n'est pas directement liée à l'estimation d'une heuristique donnée. En terme de probabilité, la suffisance peut être exprimé comme une mauvaise calibration.

3.2 La pensée magique (sophisme de la quasi-certitude)

La corrélation statistique entre un symptôme et un diagnostic (entre un indicateur et un phénomène réel, entre un test et un fait, etc) dépend d'une multitude de données et d'une série ordonnée de considérations quantitatives. Ceci peut être illustré par l'exemple suivant (Tableau 1):

Tableau 1 : Exemple d'illustration

		Maladie	
		présente	absente
test	positif	A	B
	négatif	C	D

Il s'agit dans cet exemple de tester l'existence d'une maladie. A, B, C et D peuvent être des probabilités. En se fondant uniquement sur A, ce que font une majorité d'individus selon les études, on établit une corrélation illusoire, on devient la victime de ce qu'on appelle en jargon "pensée magique". On trouve également ce phénomène dans les disciplines basées sur les statistiques (hydrologie, biologie, psychologie, ...). Lorsque on veut tester la validité

d'une hypothèse, plusieurs personnes s'intéressent seulement à l'erreur du premier type (équivalent de A), tout en négligeant l'erreur du deuxième type (équivalent de D) qui représente la puissance du test.

Diverses catégories d'experts professionnels comme les médecins, les psychiatres, les juges, les enseignants, les ingénieurs etc., ont confirmé des milliers de fois la loi psychologique suivante : *"Lorsqu'on est convaincu de la valeur d'une corrélation positive, quand bien même elle est objectivement illusoire, on réussit toujours à en trouver de nouvelles confirmations et à en justifier les causes"* (Palmarini, 1994).

3.3 La disponibilité

Ils existent des situations dans lesquelles les gens évaluent la fréquence d'une classe ou la probabilité d'un événement par les méthodes qui leur évitent toute complexité. On peut évaluer la probabilité qu'un projet fasse faillite en imaginant plusieurs difficultés qui peuvent rencontrer la démarche du projet. Ce jugement heuristique est appelé disponibilité (Tversky et Kahneman, 1974).

Dans une expérience (Tversky et Kahneman, 1974), on a indiqué à un certain nombre de sujets que l'on voulait former des comités de différentes tailles dans un groupe de 10 personnes et on leur a demandé de déterminer le nombre de comités constitués de deux personnes et celui de huit personnes. La médiane des gens qui ont répondu en faveur du comité de deux personnes est égale à 70. Cependant, la médiane des répondants en faveur du comité de huit personnes était égale à 20. En réalité, il y a autant de chance pour qu'il y ait des comités à deux qu'à huit personnes. Le nombre exact est égal $C_{10}^2 = C_{10}^8 = 45$ sachant que :

$C_n^p = \frac{n!}{p!(n-p)!}$ est le nombre de p combinaisons parmi n individus.

La cause de ce type de biais est expliquée par la plus grande facilité à imaginer un comité de deux personnes que de huit personnes. Les comités de taille deux sont plus "disponibles" pour les répondants.

Un autre exemple est donné par Cooke (1991). Soit les deux structures A et B suivantes :

(A)	(B)
xxxxxxxx	xx
xxxxxxxx	xx
xxxxxxxx	xx
	xx
	xx
	xx
	xx
	xx
	xx
	xx

On demande à un certain nombre de sujets de déterminer le nombre d'itinéraires qu'on peut tracer sur chaque structure, en partant d'un élément de la première ligne des premières croix et en liant un et un seul élément dans chaque niveau jusqu'à la dernière ligne. Dans cette expérience, 46 sur 54 personnes ont répondu qu'il y a plus d'itinéraires sur la structure A. La médiane du nombre d'itinéraires construit à partir de la structure (A) était égale à 40 et dans (B) était égale à 18. Cependant le vrai nombre d'itinéraires est le même dans les deux structures. En effet, un calcul exact donne : $2^9 = 8^3 = 512$.

Une interprétation de ce biais est donnée par Tversky et Kahneman, (1973), ils présument que les gens trouvent plus facile de représenter des itinéraires sur trois points que sur neuf points. Une autre question qui reste posée : pourquoi les répondants ont sous-estimé assez sévèrement le nombre d'itinéraires dans les deux cas ?

3.4 La prévisibilité a posteriori

L'expérience typique, en la matière, consiste à demander à un sujet avec quelle probabilité il croit qu'il aurait pu prévoir un fait donné, dont on sait qu'il s'est produit, s'il avait eu connaissance de certains symptômes. On lui fournit donc :1) une description précise d'un fait qui s'est produit avec certitude et 2) une série de données pertinentes antérieures à ce fait. Le point déterminant de cette expérience est de fournir à un premier groupe d'individus les conséquences réelles de ce fait, tandis que le deuxième groupe aura les conséquences contraires, présentées comme vraies. Ensuite, on enregistre le degré de suffisance avec lequel chaque sujet pense qu'il aurait pu prévoir le résultat. Il en ressort que nous pensons, en toute bonne foi, que sachant ce qui s'est effectivement passé, nous aurions pu prévoir ce qui est arrivé (Palmarini, 1994). On constate que nous avons utilisé le terme "suffisance" dans cette expérience, d'où l'interaction entre cette heuristique et celle de la suffisance traité en section 3-1.

3.5 L'ancrage

L'ancrage est fortement relié à la prévisibilité a posteriori. Un exemple illustrant le phénomène d'ancrage est celui de la multiplication des chiffres dans les deux sens (Tversky et Kahneman, 1974). Pour l'estimation d'une probabilité d'un événement donné, les gens ont tendance à se fixer sur un résultat préliminaire et essayer de l'ajuster ou de le corriger (Cooke, 1991).

L'expérience, assez intéressante de la multiplication, était de proposer à deux groupes d'étudiants gradués une opération de calcul mental et ceci pendant une période de cinq secondes. On donne au premier groupe le calcul suivant :

$2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$

Le deuxième groupe devra multiplier les mêmes nombres, mais en ordre inverse :

$8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2$

La médiane des résultats du premier groupe est égale à 512 et celle du deuxième groupe est de 2 250. Le résultat exact est évidemment égal à 40 320.

Tversky et Kahneman (1974) ont expliqué ce résultat par le fait que le deuxième groupe avait effectué les premières multiplications et par suite, à cause de la faible durée, ils ont effectué une extrapolation. Cependant l'extrapolation était insuffisante à cause de l'ancrage des valeurs calculées initialement.

Il faut noter que l'existence d'un biais et d'une forte sous-estimation se sont également manifestés dans le cas de la disponibilité (expérience des itinéraires, section 3-3). D'où, l'existence d'une relation étroite entre les deux heuristiques.

Une autre illustration du phénomène d'ancrage concerne l'estimation des quantiles (débits de période de retour T). Dans l'étude de Cooke (1991), on demande à un certain nombre de sujets d'estimer les quantiles d'une distribution continue. Le $k\%$ quantile est défini comme étant la plus petite valeur x_k tel que :

$$P(X \leq x_k) \geq k/100.$$

Quand les sujets d'intérêt sont invités à estimer les quantiles 5% et 95% d'une distribution, ils se fixent sur une valeur centrale de la variable aléatoire X et ensuite ils essaient d'ajuster cette valeur. Les quantiles obtenus sont souvent trop près de la valeur centrale. En effet, les vrais quantiles sont généralement situés à l'extérieur du domaine défini par les quantiles estimés. Ce biais se manifeste souvent en sciences de l'eau, lorsqu'on est invité à estimer les débits de crues extrêmes. Cooke (1991) a présenté un exemple traitant des données météorologiques pour comparer entre la probabilité d'occurrence subjective et celle observée. Il a constaté que dans certains cas le chercheur arrive à une bonne validation de son modèle, qui est loin d'être le cas dans d'autres situations (valeurs extrêmes).

Une autre expérience classique consiste à demander à un sujet, par exemple, combien il y a de pays africains qui sont également membres des nations unies. Mais avant de lui poser la question, on fait tourner, en sa présence, l'aiguille d'une roue de la fortune, qui s'arrêtera au hasard sur un nombre compris entre 0 et 100. On précise au sujet que le nombre sortant n'a

aucune relation avec la réponse recherchée. Cependant, la réponse reste toujours, en moyenne "ancrée" au numéro qui vient de sortir sur la roue. Quand elle s'arrête, sur le 10 à titre d'exemple, la réponse est en moyenne un nombre plus petit que lorsqu'elle s'arrête sur le 90.

3.6 La facilité de représentation

Un événement ou une situation nous paraît se produire d'autant plus fréquemment que nous l'imaginons plus facilement et qu'il ou elle nous impressionne plus fortement. Bien souvent, nous nous contentons d'adopter les stratégies les plus simples, celles que nous imaginons le plus facilement, d'où la facilité de représentation (Palmarini, 1994).

Quand on demande de juger la probabilité conditionnelle $P(A/B)$ sachant l'événement B, souvent on a tendance à chercher les degrés de similitudes entre les événements A et B. Il est clair que cette heuristique mène à un biais assez sérieux. En effet, la similarité est symétrique : le degré que A ressemble à B est le même que B ressemble à A. Cependant, les probabilités conditionnelles ne sont pas symétriques (Cooke, 1991). D'après la règle de Bayes, on a :

$$p(A / B) = \frac{p(A \text{ et } B)}{p(B)} = \frac{p(B / A)p(A)}{p(B)}$$

Il est évident que les deux quantités $P(A / B)$ et $P(B / A)$ sont égales si et seulement si $P(A)=P(B)$. C'est l'heuristique de la mauvaise représentation qui incite les gens à ignorer cette condition.

Afin de mieux illustrer cette notion, Cooke (1991) a présenté l'exemple suivant :

soit les caractéristiques notées X, de Bill. X : Bill a 34 ans, il est intelligent, sans trop d'imagination, compulsif et peu actif. A l'école, il était fort en mathématiques et faible en sciences sociales et humaines. On demande à un certain nombre de personnes de classer les suppositions suivantes selon leurs probabilités, en affectant 1 pour le plus probable et 8 au moins probable.

- A. Bill est un physicien qui aime jouer au poker ;
- B. Bill est architecte ;
- C. Bill est un comptable ;
- D. Bill aime jouer au jazz ;
- E. Bill aime faire du surf ;
- F. Bill est journaliste ;
- G. Bill est comptable et aime jouer du jazz ;
- H. Bill aime monter des montagnes.

Le texte descriptif de Bill est élaboré pour que la supposition C soit plus représentatif à la description X. Si une personne privilège C sur E, ceci veut dire que la probabilité conditionnelle $P(C/X)$ est plus forte que $P(E/X)$.

Soit le rapport :

$$\frac{P(C/X)}{P(E/X)} = \frac{P(X/C)P(C)}{P(X/E)P(E)}$$

La connaissance des probabilité de base $P(C)$ et $P(E)$ s'avère très nécessaire. Cependant, les gens négligent l'intérêt de ces deux probabilités et supposent qu'elles sont égales. Dans notre exemple , il est clair que le nombre de personnes satisfaisant E est plus grand que celui des personnes de la classe C, d'où la différence de leurs probabilités de base.

Dans cette expérience, 87% des répondants favorise la classe G sur D. Or, on sait que la probabilité de deux événements indépendants est inférieure à celle de chaque événement pris séparément. Ainsi, on constate que les répondants sont pris entre deux heuristique, la facilité de représentation et l'effet de conjonction. Cooke (1991) a également constaté que la mauvaise représentation possède d'autres inconvénients. Elle pousse les individus à ignorer l'effet dû à la taille.

Un autre exemple de cette heuristique est la comparaison entre le nombre de suicides et le nombre d'homicides. Nous avons toujours l'ultime conviction qu'il existe plus d'homicides que de suicides. Cette croyance est développée chez nous pour deux raisons : d'une part,

l'information d'homicide est toujours publiée dans les journaux ou annoncée par les médias visuels, d'autre part, ce phénomène nous paraît plus choquant qu'un suicide.

3.7 Le daltonisme en matière de probabilité

Ce phénomène peut être illustré par le cas où on serait prêt à payer plus pour quelque chose qui réduit à zéro un risque de un sur mille que pour un fait qui réduit un risque de quatre sur mille à trois sur mille.

Pour mieux éclaircir ces notions, nous présentons un exemple tiré de Palmarini (1994). Il s'agit d'estimer le prix d'un vaccin contre un virus mortel dans deux situations :

- a- la probabilité d'attraper le virus est égale à 1 /1000, cependant, la prise du vaccin permet à coup sûr d'éviter cette maladie ;
- b- la probabilité d'attraper le virus est de 4 /1000, cependant, la prise du vaccin réduit le risque de 4 /1000 à 3 /1000.

Il faut remarquer que dans les deux cas la vaccination réduit le risque de 1 /1000. Les résultats de cette expérience ont montré qu'on est prêts à payer dans le premier cas presque quatre fois le prix du second cas.

Dans d'autres situations, au delà d'un seuil, les probabilités nous paraissent équivalentes. Une probabilité de 1% et de 8% nous paraissent comme "identique" et une probabilité de 9/1000 et de 5/10 000 nous semble elles aussi identiques (Palmarini, 1994). Ce qui est loin d'être le cas en loterie, par exemple. En fait, nous sommes donc aveugles non seulement aux probabilités extrêmes, mai aussi aux probabilités intermédiaires. C'est la raison de l'appellation "daltonien" en matière de probabilité.

3.8 Le contrôle

Les sujets d'étude ont toujours tendance à agir comme s'ils pouvaient influencer une situation donnée où ils n'ont aucun contrôle (Cooke, 1991). Dans une expérience, 36 étudiants universitaires sont répartis en deux groupes et on leur a donné un jeu de cartes. Le

principe du jeu est de couper les cartes et celui qui a la plus haute valeur, sera déclaré gagnant. Chaque joueur joue avec deux opposants et il est responsable de déterminer le montant à parier. La valeur maximale à miser était fixée à \$.25 et chaque sujet a le droit de jouer quatre fois.

Avant de commencer le jeu, on a demandé à un groupe de jouer avec plus de confiance, tandis que le deuxième groupe devra donner une impression d'insécurité dans sa manière de jouer. La médiane des gains du groupe insécuré était égale à \$.16 tandis que la médiane des gains de l'autre groupe était \$.11. Ce résultat est dû à l'excès de confiance chez le premier groupe après avoir constaté la manière insécure du jeu de l'opposant. Le fait qui a poussé ce dernier à être plus aventurier et à mettre le maximum de pari dans le jeu. Toutefois, il est clair que les deux groupes avaient des chances identiques pour gagner ou perdre un pari.

3.9 La manipulabilité des croyances à l'aide des scénarios

Lors de la crise polonaise, on a demandé à des généraux et à des politiciens d'évaluer la probabilité de réalisation des deux scénarios suivants :

- a- l'invasion de la Pologne par la Russie ;
- b- rappel de l'ambassadeur des Etats-Unis à Moscou après cette invasion.

Les résultats de cette expérience ont montré que la majorité des répondants ont jugé la deuxième situation plus probable que la première. Il s'agit du tunnel de l'effet de conjonction, qui consiste à croire plus probable qu'il se produise plusieurs événements qu'un seul d'entre eux, sans aucune hypothèse concernant l'autre (indépendance). C'est purement irrationnel dans la mesure où la probabilité conjointe de deux événements est toujours inférieure à la probabilité de chacun d'eux pris isolément. Encore une fois, nous sommes victimes de nos réflexions qui tendent vers le cas facilement représentable. Notre jugement, en matière de probabilité, se laisse influencer par des scénarios dont nous savons qu'ils relèvent de la pure imagination.

4. MODELE PROBABILISTE BAYESIEN : UNE SOLUTION POUR NOS ILLUSIONS COGNITIVES

Dans les sections précédentes, nous avons constaté qu'une grande majorité de personnes sont victimes de certaines illusions cognitives ou tunnels mentaux. Ces erreurs touchent la totalité de la population, y compris les scientifiques et les chercheurs. Afin d'éviter ces biais, plusieurs théories en statistiques et en psychologie ont été élaborées. En effet, les méthodes statistiques, la théorie de la décision et les sciences cognitives constituent un ensemble de raisonnements rationnels et logiques contrairement aux décisions prises à première vue. Dans cette section, nous allons nous restreindre à l'illustration du théorème de Bayes et des composantes du processus bayésien.

Nos décisions sont souvent basées sur des informations incomplètes et il suffit de chercher de nouveaux éléments afin de les corriger ou de les confirmer. Cette procédure est similaire aux principes de base du processus bayésien. La prévision ou la prédiction d'un événement dans le futur constitue un cas typique de cette situation. Nous exploitons toute information disponible afin d'obtenir des résultats raisonnables. Souvent, les chercheurs construisent leurs modèles sur différentes hypothèses dont le but majeur est de vérifier leurs validités par différents tests. Sur la base des résultats de ces tests, le chercheur définit le degré de compatibilité et d'efficacité son modèle aux données réelles.

Palmarini, (1994) a défini les composantes essentielles du processus bayésien de décision rationnelle qui sont :

- a. "une série de possibilités, états de la nature, qui précèdent l'application de la décision et la collecte d'informations supplémentaires ;
- b. les probabilités a priori, c'est-à-dire avant les vérifications et les tests, de chacune de ces possibilités ;
- c. le degré de fiabilité et la prédictibilité des différents tests ;
- d. les résultats des tests ;

e. les probabilités a posteriori de chacune des possibilités, c'est-à-dire après avoir pris connaissance du résultat des tests et recueilli les informations supplémentaires".

Ainsi, il est clair qu'une application du raisonnement de Bayes selon ses différentes étapes, nous permettra de minimiser les risques et de maximiser les profits.

Palmarini (1994) a présenté un exemple, tiré du domaine médical, traitant la théorie bayésienne. Il s'agit d'un test clinique conçu pour diagnostiquer une maladie chez un patient particulier. On nous dit que :

- la fiabilité de ce test est de 79% (ce qui donne un taux de faux positifs de 21%) ;
- en moyenne, cette maladie affecte 1% de la population de la même tranche d'âge que le patient.

Connaissant rien des symptômes ou signes présentés par le patient, on se pose la question suivante : quelle est la probabilité qu'il ait vraiment cette maladie ? En partant des statistiques données auparavant, beaucoup de gens répondent avec une certaine assurance : la probabilité est de 79%. Cependant un calcul simple à partir de la formule de Bayes donne la valeur exacte de la probabilité demandée :

$$P(A/B) = \frac{P(B/A)P(A)}{P(B)}$$

avec :

$P(B/A)$: Probabilité de l'efficacité du vaccin sachant que le patient est malade = 0.79

$P(A)$: Probabilité de l'existence de la maladie = 0.01

$P(B)$ = Probabilité de l'efficacité du vaccin = $P(B/A)P(A) + P(B/\text{non } A)P(\text{non } A)$

Dans cet exemple, Palmarini (1994) a fixé la valeur de la probabilité $P(B/\text{non } A)$: test positif sachant que la maladie est absente, à 0.1.

Ainsi, la valeur de $P(A/B)$ est égale à :

$$P(A/B) = \frac{(0.79)(0.01)}{(0.79)(0.01) + (0.1)(0.99)} = 0.0739$$

Nous n'agissons non pas de façon à optimiser les probabilités effectives de réussite, mais plutôt de façon à optimiser le succès que nous aurions remporté, si les choses s'étaient

passées comme nous l'espérons. Il suffit de bien regarder autour de nous pour trouver de nombreux exemples de cette pensée "quasi-magique".

Cooke (1991) a illustré, d'une façon plus analytique, l'importance de la formule de Bayes dans un domaine différent que celui de l'exemple de Palmarini (1994). L'analyse du risque exige d'un expert d'estimer le taux de défaillance de différentes composantes. Souvent, ces taux sont supposés suivre une loi log-normale, ainsi le logarithme de la fréquence de défaillance suit une loi normale $N(y, \sigma^2)$. La théorie bayésienne traite les paramètres de cette loi comme des variables aléatoires qui suivent une distribution donnée. Dans ce cas, la méthodologie bayésienne suppose que si la vraie valeur est x et que l'expert nous fournit un écart-type σ , alors la densité de probabilité qu'il utilise pour estimer $p(y/x, \sigma)$ suit une loi normale de moyenne x et d'écart-type σ :

$$p(y / x, \sigma) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} e^{-(1/2)[(y-x)/\sigma]^2}$$

Etant donné que y et σ sont fixées, on peut dire que la vraie valeur x sachant ces deux paramètres suit, également, une loi normale :

$$p(x / y, \sigma) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} e^{-(1/2)[(x-y)/\sigma]^2}$$

Ainsi, l'expert nous fournit l'égalité suivante :

$$p(y / x, \sigma) = p(x / y, \sigma)$$

On dit que l'expert est non-biaisé, (Cooke, 1991). Cependant, la formule de Bayes est explicité par la formule suivante :

$$p(y / x, \sigma) = \frac{p(x / y, \sigma)p(y / \sigma)}{p(x / \sigma)}$$

Pour cet expert non-biaisé, on doit assumer que :

$$p(x / \sigma) = p(y / \sigma) \text{ pour tout } x, y.$$

5. PERCEPTION DU RISQUE

Dans cette section, nous allons présenter les démarches et les résultats de quelques récents travaux de recherche sur la perception du risque et le jugement du public. Ces deux concepts sont analysés dans plusieurs applications (Slovic et al, 1980 et Kasper, 1980). Dans le cadre de cette étude, nous allons nous concentrer sur les applications touchant ou pouvant toucher le domaine des sciences de l'eau. Nous avons subdivisé la notion de perception du risque en deux catégories, l'une plus connue chez les chercheurs est le risque statique et la deuxième moins connue est le risque dynamique.

5.1 Perception du risque statique

La localisation des gens vis-à-vis des zones d'impact joue un très grand rôle au niveau de la perception du risque. En effet, les gens habitant à proximité des zones d'inondations ou des sites nucléaires estiment le risque avec un niveau assez bas comparativement aux gens résidants dans des lieux éloignés. Ceci est expliqué par le fait que la première catégorie considère le risque d'habiter à proximité de ces sites comme un risque hebdomadaire ordinaire (Rogers, 1997b).

Plusieurs études de recherche sont réalisées afin d'évaluer la perception du risque, chez les experts ou chez le reste de la population. Le champ d'application touche une multitude de domaines. Kouabenan (1998) a présenté un certain nombre d'opinions et de résultats pour illustrer les attributions causales des accidents routiers en Cote d'Ivoire. Il a constitué un échantillon représentatif de la population pour la réalisation de son expérience et a discuté l'importance de la culture dans le système de la prévention contre ces accidents. Cet auteur a mis en évidence l'influence des croyances du destin et celles liées à la religion sur la perception du risque. Il a précisé que ce biais a des impacts sur les niveaux individuels et

collectifs. En effet, ces croyances poussent les gens à sous-estimer le risque et ainsi à négliger les moyens de prévention contre les accidents.

Dans une récente étude, Sjöberg (1998) a fixé deux objectifs :

- la distinction entre différents concepts en général, et en particulier entre la perception du risque et l'inquiétude ;
- la mise en évidence d'une relation empirique entre ces deux notions quand elles sont mesurées indépendamment.

Sjöberg (1998) a défini le mot inquiétude par la préoccupation de l'esprit envers un événement déplaisant et incertain. Il a montré que la perception du risque est, dans certains cas, mesurée par la moyenne des jugements basés sur nos inquiétudes, et dans d'autres cas par une mesure effectuée d'une façon plus directe et objective. Ainsi, ce dernier jugement est supposé plus intellectuel comparativement au premier qui se réfère à des réactions émotionnelles. Ces deux mesures sont très différentes et leur corrélation doit être très faible. En effet, les résultats de l'étude de Sjöberg (1998) ont confirmé que la perception du risque et l'inquiétude sont faiblement corrélées. L'illustration de la relation entre la perception du risque et l'inquiétude nécessite un prototype expérimental. Ainsi, cette étude est basée sur deux expériences : la perception du risque envers les radiations solaires et les déchets nucléaires. Dans plusieurs études de recherche sur la perception du risque, il existe une confusion entre les réactions émotionnelles et cognitives envers un danger ou une menace. Sjöberg (1998) a précisé qu'il est nécessaire de clarifier la différence entre ces deux types de processus.

Green et al (1991) ont mis en évidence quatre principaux groupes pouvant être concernés dans la relation risque et débit. Il s'agit **des ingénieurs**, impliqués dans la conception des constructions hydrauliques. **Les planificateurs des moyens d'urgence** en cas d'un désastre (inondation). **Le public**, incluant la population menacée par ce risque et également le reste de la population qui supportera la majorité des dégâts et des coûts de construction. Finalement, **les chercheurs**, tels que les géographes, les économistes, les hydrologues qui

s'intéressent à ce domaine de recherche. Il est évident que ces différents groupes ont chacun une méthodologie pour percevoir et analyser le risque selon leurs objectifs. Ces définitions du risque sont en grande partie choisies inconsciemment. Elles sont généralement basées sur des hypothèses non-testées ou non-vérfiées, des estimations d'événements futurs et la réponse appropriée à ces événements. Cependant, ces groupes partagent deux points communs : l'estimation est toujours basée sur la théorie que l'événement futur sera une répétition de l'événement passé (débit de période de retour T) et la négligence de "l'incertitude incertaine" en faveur de l'incertitude connue du risque, c'est-à-dire que le scientifique néglige qu'il existe un taux d'erreur dans son calcul de l'incertitude. A titre d'exemple, lorsque l'hydrologue estime la valeur d'un débit centennal, il a souvent tendance à croire que ce débit ne sera pas enregistré avant une période de 100 ans au moins, ce qui n'est pas toujours vrai. En conclusion, Green et al (1991) ont suggéré que la communication dans le risque est plus convenablement définie en termes de définition et de choix des problèmes de communication plutôt qu'en termes de chiffres. Autrement dit, Chacun de nous a l'ultime conviction que sa façon de résoudre le problème est la plus appropriée, tout en oubliant que cette solution se base sur des hypothèses et des besoins qu'il a fixé a priori. Cet aspect est traité en profondeur par les chercheurs dans le domaine de la psychologie du comportement.

McDaniels et al (1997) ont réalisé un travail de recherche traitant la perception du risque écologique. Ils ont mené une étude sur quatre communautés dans le bassin du Lower Fraser au Sud-Est de la Colombie Britannique. La région d'étude est considérée comme la région où existe le plus haut taux de croissance de la population au Canada. Ils ont également traité divers points d'intérêt et ont comparé deux perceptions du risque dans deux milieux différents: chez les profanes et chez les spécialistes (experts). Afin d'analyser les différentes données, les auteurs ont utilisé la méthode d'analyse factorielle. Cette étude a confirmé qu'un petit nombre de facteurs réussit à expliquer la variabilité de la perception du risque écologique chez les profanes. Ces variables sont l'impact écologique, les bénéfices, le contrôle des impacts d'un événement et la connaissance des experts de la nature du risque.

L'étude a également montré une différence de la perception du risque entre les profanes et les spécialistes. McDaniels et al (1997) ont conclu que la gestion du risque associée aux ressources naturelles hydriques possède un important intérêt chez les différentes classes de la société. En effet, la nécessité et l'augmentation de l'utilisation de l'eau pour des fins municipale, agricoles et industrielles a poussé les gens à se poser des questions sur la qualité de cette ressource. Dans cette étude, le risque écologique est défini comme une menace pour la santé, la reproduction des espèces et les systèmes environnementaux naturels. Ainsi, l'explication du changement majeur de l'attitude des gens envers l'eau demeure dans leur intérêt à la protection contre le risque écologique. Un autre changement signalé par McDaniels et al (1997) est la reconnaissance de la population que la gestion de l'eau est leur préoccupation avant qu'elle soit celle des spécialistes. Finalement, ces auteurs ont constaté que la perception du risque est influencée par les coûts et les bénéfices de la gestion de ce risque. Ainsi, un grand bénéfice induit toujours une grande tolérance au risque.

McDaniels et al, (1998) ont réalisé une deuxième analyse sur la même région. Les raisons qui ont poussé les auteurs à effectuer cette étude consistent en l'augmentation des exploitations forestières (déboisement) et minières. Ces travaux ont influencé les débits enregistrés sur le bassin, la qualité des eaux et de l'air. L'objectif de leur étude était d'analyser :

- les perceptions du public envers la qualité de l'eau ;
- les attitudes envers la qualité et la manière de conserver cette ressource naturelle.

La réponse à deux questions constitue l'axe principal de cette étude : est-ce que les perceptions des gens sont compatibles avec les informations techniques ? et sinon quelles sont les différences ? La deuxième question est : quel est le niveau d'intérêt pour la préservation de la ressource en eau ? En général, les répondants au questionnaire, élaboré par McDaniels et al (1998), affirment qu'ils ont une faible connaissance sur la qualité de l'eau des neuf sites d'intérêt. Puisque la majorité des réponses sont quantitatives, les auteurs ont attribué des valeurs indicatrices pour chaque réponse. A titre d'exemple, ils affectent le nombre 1 pour une réponse "jamais", 2, pour la réponse "possible" et 3, pour la réponse

"sûr". Après l'analyse des données, les auteurs reconnaissent que les réponses du public ou celles des experts sont basées sur une variété de sources d'informations et de processus cognitifs. Dans les deux études de McDaniels et al, (1997) et McDaniels et al, (1998), les experts et le reste de la population ont deux perceptions différentes sur la qualité de l'eau. Les gens ont toujours tendance à croire que la qualité de l'eau est plus détériorée. Ceci peut avoir des impacts positifs sur la préservation de cette ressource naturelle. En effet, les habitants de la région manifestent une bonne volonté pour la conservation de cette ressource. Un modèle de régression multiple est appliqué dans cette étude. La variable à expliquer est la tendance vers la conservation de l'eau. Les variables explicatives sont l'intérêt envers la qualité, l'intérêt envers la quantité, l'importance des solutions, le niveau d'éducation, le niveau de revenu et la sensibilisation de la population. Les auteurs ont trouvé que ces facteurs n'expliquent que 27 % de la variabilité de la variable dépendante et que seulement trois facteurs sont retenus comme variables explicatives : l'importance des solutions, une sensibilisation de la population et le niveau du revenu.

5.2 Perception du risque dynamique

Dans cette section, nous allons nous intéresser à l'aspect dynamique de la perception du risque. Cette illustration sera généralement basée sur deux études de recherches (Rogers, 1997a et Rogers 1997b) appliquées au risque provenant des rejets toxiques. Cependant, la méthodologie et les principes théoriques restent toujours valables, si on envisage les appliquer dans le domaine des sciences de l'eau. Pour cette raison, nous avons jugé utile de présenter les différentes étapes de réalisation de ces deux travaux.

Tout d'abord, nous allons mettre en évidence la nécessité de considérer l'aspect dynamique dans la perception du risque. En psychologie cognitive, la perception du risque est toujours examinée à partir d'un point de vue statique (McDaniels et al, 1995). Identiquement à cette discipline, la littérature culturelle s'intéresse aux valeurs fondamentales associées à la perception du risque et ainsi, elle examine le risque sous angle statique (Douglas et

Wildavsky, 1982). Rogers (1983) a mentionné que la modélisation de la perception du risque est basée sur des données empiriques, tirées de différentes enquêtes. Cependant, il existe une forte corrélation entre la majorité des données utilisées pour tester ces modèles. Enfin, la communication dans le risque exploite toute information pouvant changer ou améliorer la perception du risque. Ceci est le dans le but d'impliquer le public dans la prise de décision (Fischhoff, 1995). Ainsi, on constate que ces axes de recherche sont concentré sur l'aspect statique de la perception du risque et négligent l'aspect dynamique où les gens peuvent connaître et apprendre mieux le risque existant dans leur voisinage.

Dans une première étude, Rogers (1997a) a comparé la perception du risque dans deux communautés et a analysé le degré d'acceptabilité d'un certain niveau du risque. Les deux sites d'étude sont Odessa et La Porte, dans la région du Texas. L'économie de ces deux villes dépend de l'industrie pétro-chimique. La cause du risque dans la ville d'Odessa vient de l'usine des traitements chimiques, qui a connu un grand incendie en août 1992 obligeant l'évacuation du tiers de la population de la ville. Dans la ville de La Porte, plusieurs débats sont en cours pour la construction d'un incinérateur des déchets, qui constituera un risque chronique dans la région. L'évaluation du danger des deux technologies et des points de ressemblances entre ces deux risques étaient les principaux objectifs de cette étude. Les sujets ont été questionné deux fois, au printemps de l'année 1992 et de l'année 1993, c'est-à-dire une année avant et après l'incendie de l'usine d'Odessa. Les résultats de l'enquête ont montré que la majorité de la population a changé sa perception du risque à la fin de la période de cette étude. Cependant, 3/10 des individus sont restés indifférents. Rogers (1997a) a constaté qu'aucune mesure de sécurité n'a été prise à Odessa. Cependant, ces mesures ont été considérablement amplifié à La Porte.

Dans une deuxième étude, Rogers (1997b) s'est intéressé aux processus permettant aux individus de connaître mieux le risque qui les menace et ensuite d'effectuer leurs décisions en tenant compte d'un environnement influencé par plusieurs facteurs : l'incertitude, le risque et les bénéfiques. L'étude avait pour objectif d'examiner la validité des hypothèses suivantes par des modèles théoriques :

- il n'existe aucun changement significatif de la perception du risque entre Odessa et Laporte avant et après l'incendie ;
- la population habitant dans la zone d'impact change sa perception du risque de la même importance et dans la même direction que les résidant hors ces zones ;
- il n'existe aucune fluctuation significative dans la perception du risque durant un événement de risque ;
- les populations dans et hors la zone d'impact changent leur perception du risque de la même façon durant l'événement de risque.

Plusieurs études de recherches ont montré que le changement entre deux enquêtes peut être caractérisé par une fonction linéaire, Viscusi et O'Conner, (1984). En partant de ce résultat, Rogers (1997b) a exprimé la perception du risque par le modèle suivant

$$y = a + b_1x + b_2\xi + b_3\xi x + b_4\Omega + b_5\Omega x + b_6\xi\Omega + b_7\xi\Omega x + e \quad (1)$$

La variable x représente la perception du risque a priori.

$\xi = 1$ si le répondant vit dans la zone d'impact ;
 $= 0$ sinon.

$\Omega = 1$ si le répondant vit à Odessa ;
 $= 0$ sinon.

e : est un terme d'erreur

Ce modèle représente un modèle de régression linéaire en tenant compte des termes d'interactions et il est conçu pour tester la validité des deux premières hypothèses.

D'autre part, l'auteur a représenté les oscillations de la perception du risque durant l'événement enregistré à Odessa en août 1992 par un modèle de régression polynomiale d'ordre quatre :

$$y = a + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + e \quad (2)$$

y est la perception du risque estimée au temps t.

Afin de mettre en évidence l'effet des deux régions d'étude (tester la quatrième hypothèse), l'auteur a formulé l'équation (2) de la façon suivante :

$$y = a + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + b_5 \zeta + b_6 \zeta t + b_7 \zeta t^2 + b_8 \zeta t^3 + b_9 \zeta t^4 + e \quad (3)$$

Les résultats de l'application du modèle exprimé par l'équation (1) ont montré que trois paramètres de ce modèle ne sont pas significativement différents de zéro. Ainsi, la contribution des variables explicatives, reliées à ces paramètres, pour expliquer la variabilité de la perception du risque, noté y , est pratiquement nulle. Ainsi, le comportement des gens habitant dans les zones d'impacts des deux villes et ceux habitant à Odessa et ayant vécu l'incident de 1992 n'a pas été reproduit par ce modèle.

Cependant, le modèle des oscillations de la perception du risque, exprimé par l'équation 3, a généralement bien représenté les valeurs expérimentales enregistrées dans les deux régions et en particulier le jour de l'incident où on a remarqué une fluctuation relativement importante dans la perception du risque. D'autre part, Rogers (1997b) a constaté que les fonctions utilisées pour décrire les fluctuations des résidents dans les zones d'impact ont été similaires à celles utilisées pour estimer la perception du risque chez les gens habitant hors ces zones.

6. CONCLUSION

L'objectif de ce travail était de mettre en évidence les concepts d'heuristique et de biais et de sensibiliser le lecteur à l'importance de ces deux notions sur la perception du risque dans le domaine des sciences de l'eau. Ainsi, comme conclusion de ce travail, nous identifions les illusions cognitives par les caractéristiques suivantes (Palmarini, 1994), elles sont :

- générales, car elles se manifestent chez toutes les catégories de la société;
- systématiques, car elles peuvent être reproduites dans de nombreuses situations de nature et de complexité comparables;
- orientées, car les conséquences sont toujours orientées dans le même sens;
- spécifiques, car elles se manifestent en liaison avec des problèmes, possédant quelques caractéristiques spécifiques;
- modulables de l'extérieur, car il suffit de varier, de façon scientifique, la nature du problème ou la manière de sa présentation pour obtenir des résultats différents ;
- subjectivement incorrigibles, car il ne suffit pas d'informer le sujet qu'il a spontanément tendance à commettre certaines erreurs pour qu'il cesse immédiatement à le faire;
- non transférables, car chaque problème possède sa spécification particulière;
- indépendantes de l'intelligence".

La perception du risque est influencée par des facteurs sociaux, économiques, culturels et environnementaux. En effet, nous avons constaté dans plusieurs études de recherche que la perception du risque diverge chez les différentes parties de la société : les experts ou chercheurs et le reste de la population. Il est intéressant de signaler que les gens habitant en dehors des zones d'impact estime le risque plus élevé que les gens habitant à proximité de ces zones. Dans le domaine des sciences de l'eau, le chercheur est souvent concentré sur la modélisation d'un phénomène donnée (étude des inondations), cependant, il néglige

d'autres facteurs qui peuvent avoir un impact direct sur ces résultats. Il s'agit d'incorporer dans son modèle le module de la perception du risque.

D'autre part, nous jugeons l'aspect dynamique de la perception du risque comme un axe de recherche où plusieurs travaux peuvent être réalisés dans le domaine des sciences de l'eau. En effet, la construction des zones d'habitats au voisinage des ouvrages hydrauliques (barrages) peut être considéré comme un risque chronique pour les résidents de ces régions, d'où la nécessité de l'application de cette théorie. L'étude de Rogers (1997b) a montré que la modélisation de la perception de ce type de risque n'est pas encore apte à fournir des résultats cohérents avec les données expérimentales. Ainsi, le choix d'un modèle adéquat restera une tâche à réaliser. Parmi les théories qui peuvent mener à des résultats meilleurs, la théorie bayésienne qui exploite l'information a priori afin d'obtenir des distributions a posteriori.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cooke, R. M. (1991). Experts in uncertainty : Opinion and subjective probability in science. Chap, 4. Heuristics and biases. Oxford university press.
- Douglas, M. Et Widavsky, A. (1982). Risk and culture : An essay on the selection of technical and environmental dangers. University of California Press, Berkeley, CA.
- Fischhoff, B., Slovic, P. et Lichtenstein, S. (1977). Knowing with certainty : the appropriateness of extreme confidence. J. Of experimental psychology : human perception and performance, 3. Pages : 552-564
- Fishhoff, B. (1995). Risk perception and communication unplugged : Twenty years of process. Risk Analysis, Vol. 15. No.2, Pages. 137-145.
- Green, C. H., Tunstall, S. M. et Fordham, M. H. (1991). The Risks from flooding : Which risks and whose perception ?. Disasters, Vol. 15, No. 3, Pages : 227-236.
- Kasper, R. G. (1980). Perceptions of risk and their effects on decision making. Proceedings of the general motors symposium on societal risk assessment: how safe is safe enough ?. Schwing et Alberts édition.
- Kouabenan, D. R. (1998). Beliefs and the perception of risks and accidents. Risk Analysis, Vol. 18, No. 3, Pages. 243-252.
- McDaniels, T. L. Axelrod, L. J. et Slovic, P. (1995). Characterizing perception of ecological risk. Risk Analysis, Vol. 15, No. 5, Pages. 575-588.
- McDaniels, T. L., Axelrod, L. J. A., Cavanagh, N. S. et Slovic, P. (1997). Perception of ecological risk to water environments. Risk Analysis, Vol. 17, No. 3, Pages. 341-352.
- McDaniels, T. L., Axelrod, L. J. et Cavanagh, N. (1998). Public perceptions regarding water quality and attitudes toward water conservation in the Lower Fraser basin. Water Resources Research, Vol. 34, No. 5, Pages 1299-1306.
- Nakayachi, K. (1998). How do people evaluate risk reduction when they are told zero risk is impossible. Risk Analysis, Vol. 18, No. 3, Pages. 235-242.

- Palmarini, M. P. (1993). La réforme du jugement ou comment ne plus se tromper. Edition Odile Jacob. 263 pages.
- Rogers, G. O. (1983). Toward a sociology of risk : values, experience, perceived and acceptable risk. Doctoral dissertation, University of Pittsburgh, Department of sociology.
- Rogers, G. O. (1997a). Dynamic risk perception in tow communities : Risk event and changes in perceived risk. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 40, No.1, Pages. 59-79.
- Rogers, G. O. (1997b). The dynamics of risk perception : how does perceived risk respond to risk events ?. *Risk Analysis*, Vol. 17, No. 6, Pages :745-757.
- Sjöberg, L. (1998). Worry and risk perception. *Risk analysis*, Vol. 18, No. 1, Pages. 85-93.
- Slovic, P., Fischhoff, B. et Lichtenstein, S. (1976). Cognition and social behavior. Chap, 11. Cognitive processes and societal risk taking. Carroll J.S. et Payne, J. W. Edition.
- Slovic, P., Fischhoff, B. et Lichtenstein, S. (1980). Facts and fears : Understanding perceived risk. Proceedings of the general motors symposium on societal risk assessment: how safe is safe enough ?. Schwing et Alberts édition.
- Tversky, A. et Kahneman, D. (1973). Availability : A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, vol.5.
- Tversky, A. et Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty : Heuristics and biases. *Science*, Vol. 185, Pages. 1124-1131.
- Tversky, A. et Kahneman, D. (1983). Extensional versus intuitive reasoning : the conjunction fallacy in probability judgement. *Psychological review*, Vol. 90.
- Viscusi, W. K. Et O'Conner, C. J. (1984). Adaptive responses to chemical labeling : are workers bayesian decision makers ?. *Am. Econ. Rev.* 74 (5), Pages. 942-956.