

APPREHENSION ET PREVENTION DES RISQUES INDUSTRIELS

Pierre PICARD, Sophie CHEMARIN
THEMA, Université de Paris X – Nanterre et CEPREMAP

Novembre 2004

INTRODUCTION GENERALE

Si la fin des années 70 a été marquée par des événements catastrophiques divers (accident chimique à Seveso en 1976, marée noire causée par l'Amoco-Cadiz en 1978, accident nucléaire de Three Miles Island en 1979) qui auraient du inciter les agents à un réexamen des raisonnements organisationnels et en particulier de la nature même du risque, aucune réelle réflexion ne fut alors entamée sur les nouveaux risques industriels, sans doute du fait du faible nombre de pertes humaines subies. Dans les années 80, les milliers de victimes dues à l'explosion d'un grand stockage de gaz en banlieue de Mexico, au désastre de Bhopal ou encore à l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl, ont permis de transformer le message d'alerte en alarme mais ont été surtout encore une fois l'illustration du désengagement des autorités publiques comme des industriels dans la gestion de ces situations catastrophiques (Lagadec (2002)).

Une vingtaine d'années plus tard, l'explosion de l'usine chimique AZF à Toulouse, en septembre 2001, soulève à nouveau des interrogations, non seulement sur l'adéquation des réglementations existantes en matière de sécurité industrielle, mais également sur leur application. Si le risque industriel n'est certes pas un risque nouveau, son appréhension et sa prévention restent aujourd'hui encore un réel défi pour les sociétés modernes, qui semblent désemparées et n'ont pas été capables, au cours des années récentes, de développer les bons outils de gestion des risques illustrés par ces événements dramatiques. L'explosion de l'usine toulousaine est un message d'alerte, d'un danger réel qui peut se réaliser encore aujourd'hui dans les pays les plus développés. Face à un tel constat, il convient de poser la question de l'adéquation des réglementations et de leur application, mais aussi de déterminer et d'analyser en profondeur les causes de cette incapacité relative des sociétés modernes à limiter et appréhender les risques industriels majeurs.

"Plus jamais ça, ni ici, ni ailleurs": répondre à une telle attente invite par conséquent à intégrer de nouvelles interrogations et pistes de réflexion dans l'analyse du risque industriel et de sa réglementation. A l'étude même des caractéristiques d'un tel risque doit s'ajouter aujourd'hui l'analyse des comportements et des choix des individus ou des entreprises. La question du développement industriel invite à développer la réflexion, d'une part, sur l'impact

de l'expansion des sociétés modernes sur la notion de risque et par suite sur les comportements des individus et leurs modes de décision, et d'autre part, sur l'adéquation des mécanismes existants de gestion du risque industriel à l'ensemble de ces évolutions.

L'étude présentée ici est une réflexion sur l'intégration de la précaution (apprentissage du risque et prévention) dans le comportement des industriels et sur les incitations qu'il convient de définir pour atteindre un tel objectif. Elle s'organise en trois grandes parties.

La première partie propose une mise en perspective générale sur la situation de la France en matière de sécurité industrielle. Elle met l'accent sur les avancées et les défis de l'ensemble des agents concernés (industriels, riverains, assureurs, pouvoirs publics...), afin que l'activité industrielle devienne une force pour le développement durable des sociétés contemporaines. Elle étudie tout particulièrement la nouvelle caractérisation du risque industriel dans un contexte en permanente évolution, et son impact sur les outils des politiques de régulation.

La deuxième partie propose une analyse des causes de l'inefficacité relative des incitations existantes à l'apprentissage du risque et à sa prévention. L'impact de l'ambiguïté des risques perçus par les agents constitue un premier élément de réponse. Nous confrontons également les comportements induits aux prédictions normatives, sur lesquelles se basent les mécanismes actuels de gestion des risques industriels.

La troisième partie présente une analyse formelle de la place de l'apprentissage du risque dans les comportements d'investissement des agents en incertitude. Nous y mettons l'accent sur la relation qui existe entre l'incohérence temporelle des décisions (lorsque les décideurs n'actualisent pas à un taux constant les gains et les pertes futurs), et le processus de recherche d'informations sur les risques. Nous développons un modèle simple d'acquisition de l'information sur une activité nouvelle et potentiellement risquée, et déterminons les conditions d'investissement dans un tel projet. Nous mettons en évidence les conditions sous lesquelles un comportement d'aveuglement délibéré sur les risques peut apparaître comme un choix rationnel, et nous confrontons ces comportements aux régimes de responsabilité existants, afin de montrer l'importance d'un contrôle de la recherche de l'information sur les risques.

1^{ERE} PARTIE – SECURITE INDUSTRIELLE

La perception des risques auxquels la Société doit faire face s'est profondément transformée. La complexification des activités humaines, ainsi que l'accumulation d'évènements catastrophiques extrêmes modifient non seulement la nature des risques, mais également le contexte dans lequel ils apparaissent et par suite la capacité des sociétés à les gérer. Ces « nouveaux risques » sont le fruit de l'évolution permanente de nos sociétés, que ce soit dans le développement technique des secteurs d'activité, l'extension, la complexification ou l'interdépendance des réseaux. Ces évolutions sont à la fois la cause et le facteur aggravant de toute catastrophe.

Les activités humaines créent des risques technologiques divers, qui peuvent être d'origine chronique ou accidentelle. Les risques chroniques résultent notamment de différents types de pollution susceptibles d'avoir un impact sur la santé des populations et sur l'environnement. Les risques accidentels résultent, quant à eux, de la présence de produits ou de procédés dangereux susceptibles de provoquer un accident ayant des conséquences immédiates graves pour le personnel d'une entreprise, les riverains, les biens et l'environnement, conséquences qui sont souvent exacerbées par l'intensification du progrès technique et l'échelle sans cesse croissante des activités.

L'étude présentée ici concerne la gestion de ces risques en France. Elle vise, dans une première partie, à prendre la mesure du problème du risque industriel et des facteurs qui sous-tendent son évolution. Dans une seconde partie, nous analysons l'impact de ces facteurs, à la fois sur la définition du risque, et sur la manière de le gérer. La troisième partie présente l'évolution de la réglementation de l'activité industrielle en France, en particulier les normes de prévention requises, et enfin envisage la question d'une application possible du principe de précaution comme norme de sécurité industrielle.

1-1 Un risque catastrophique dans un environnement nouveau

1-1-1 Un risque à grande échelle

L'explosion de l'usine AZF à Toulouse en septembre 2001 a marqué un tournant dans l'appréhension et la gestion des grandes catastrophes industrielles : tout d'abord, par le nombre de décès (30) et de blessés (2500 à 3000), mais également du fait de l'étendue des pertes, et de l'importance du nombre de secteurs de l'assurance touchés. En effet, on recense non seulement 1,2 milliards d'euros de dommages assurés, 30 000 logements affectés, dont au moins 7000 entreprises, 5000 voitures endommagées, soient au total 70 000 déclarations de sinistres¹. La catastrophe a non seulement sollicité l'assurance dommage de l'entreprise mais également les assurances multirisques habitation des particuliers et professionnels ainsi que les assurances de personnes.

Le risque industriel est une source de *sinistres à grande échelle* (voir tableau 1), caractérisée dorénavant par une hypercorrélation des risques. Les dommages causés par un accident ne se limitent pas à des dégâts matériels. Ainsi que le notent l'Agence Européenne de l'Environnement et l'OCDE², une catastrophe industrielle peut avoir d'une part, des impacts financiers et sociaux importants et d'autre part des conséquences graves sur la santé humaine et sur l'environnement.

Le tableau 1 récapitule l'ensemble des sinistres incendies et explosions les plus importants en France ces dix dernières années, afin de montrer l'importance de l'étendue des pertes dues à l'explosion de l'usine toulousaine en comparaison aux autres catastrophes industrielles majeures.

Sinistres Incendie-Explosion les plus importants des 10 dernières années en France		Millions d'euros
Avril 1992	Industrie Chimique	83,6
Novembre 1992	Raffinerie	415,6
Février 1994	Industrie agroalimentaire	50,5
Mars 1994	Centrale thermique	84,5
Août 1994	Industrie agroalimentaire	59
Mai 1996	Ensemble immobiliers (bureaux)	309,2
Novembre 1996	Tunnel sous la Manche	179,6
Septembre 2001	Industrie chimique (AZF)	1200

Tableau 1: Sinistres (dommages assurés) incendies/explosion les plus importants en France depuis 1992

Source : FFSA, L'assurance française en 2002

¹ Communication personnelle avec Madame Françoise de Veyrinas, première adjoint au maire, Mairie de Toulouse.

² OCDE, (2003), EEA (2003)

Si le risque industriel majeur est avant tout un risque à grande sinistralité, à faible probabilité et à forte corrélation des risques individuels, il a pris dans les dernières décennies une dimension nouvelle qui pose la question de l'adéquation des réglementations en vigueur, et plus largement de l'ensemble des méthodologies et processus décisionnels, à la réalité du risque.

En effet, alors que les grands risques industriels ne sont pas des risques nouveaux, leur appréhension et leur prévention restent aujourd'hui encore un réel défi pour les sociétés modernes qui semblent désemparées et n'ont pas toujours su développer les bons outils de gestion d'événements catastrophiques tels que, il y a vingt ans l'explosion d'un grand stockage de gaz en banlieue de Mexico, le désastre de Bhopal ou encore l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl. Le rapport sur les risques émergents au 21^{ème} siècle pointe d'ailleurs que même si l'accumulation d'événements catastrophiques durant les dernières années a permis d'envoyer un réel signal d'alerte aux gouvernements, force est de constater que les mesures prises pour obtenir une réduction de l'ampleur des sinistres, quelle que soit leur origine, avaient été jusqu'à présent peu efficaces.

La figure 2 met à cette fin en évidence l'augmentation des coûts assurés des sinistres d'origine industrielle recensée par la base de donnée européenne MARS, durant les 20 dernières années.

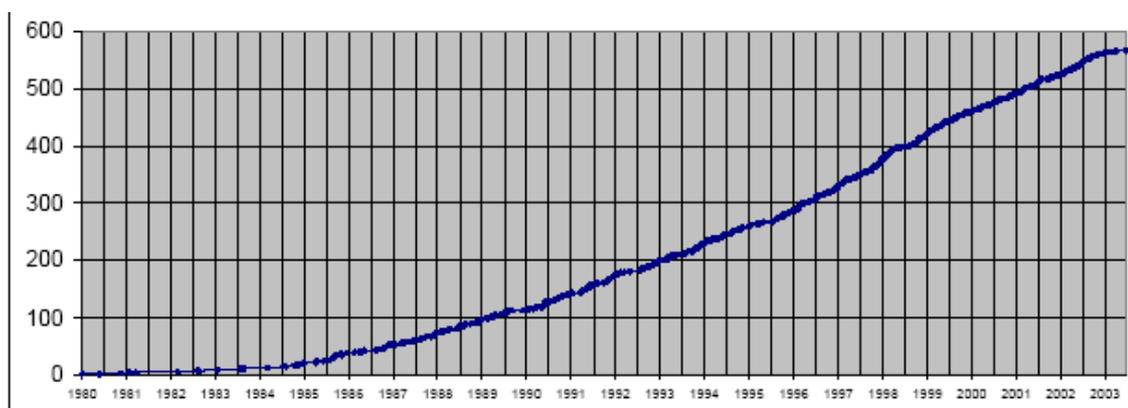


Figure 1 : Accidents industriels chimiques recensés par MARS data

Source : Rosenthal., Kleindorfer , Kunreuther , Michel-Kerjan, Schmeidler (2004)

Cependant, la caractérisation du risque industriel majeur comme un risque à grande échelle est de nature à avoir un impact direct sur la capacité des agents à l'appréhender et par conséquent à se préparer de manière efficace à le gérer. De plus, si les assureurs et réassureurs ont appris à évaluer ce type de risque, la question de la capacité financière de l'ensemble des marchés d'assurance, à assumer l'intensification du coût de ces catastrophes, reste aujourd'hui encore une limite à leur assurabilité et justifie, par conséquent, une intervention des pouvoirs publics, dont le mode opératoire reste encore à définir.

1-1-2 Des caractéristiques nouvelles dans un contexte nouveau

Si l'OCDE pointe les accidents technologiques comme un des risques majeurs du 21ème siècle, ce n'est pas uniquement parce que la nature du risque industriel paraît avoir changé, mais c'est avant tout parce que l'on assiste à une évolution du contexte dans lequel il apparaît et des capacités des sociétés à s'en prémunir.

La complexification des activités économiques et la concentration urbaine toujours plus importante qui en résulte, montre que le risque industriel devient plus endogène (c'est à dire qu'il dépend des activités de l'ensemble des agents économiques), plus durable voire irréversible, d'une ampleur toujours plus importante et d'une amplification plus intense.

Le progrès technologique agit également comme une force modifiant la nature du risque. S'il facilite la collecte et le traitement de l'information, en reposant sur une interaction entre divers acteurs au sein de réseaux, il multiplie aussi les voies de propagation des catastrophes et augmente la vulnérabilité des sociétés aux risques majeurs.

De plus, l'exposition au risque et la perception qu'en a la collectivité évoluent. Le choix d'une activité est aujourd'hui déterminé non seulement par les entreprises et les pouvoirs publics, mais il est également influencé par des organisations non gouvernementales, si bien que la gestion des risques peut être compromise par des conflits d'intérêts entre ces différents acteurs. La mondialisation ainsi que la concurrence accrue en matière de développement industriel peut accentuer un tel phénomène, mais est aussi susceptible d'accroître la vulnérabilité aux chocs si un élément vital est atteint.

Enfin la perception de ce type de risque par le public change. Celui-ci peut agir de manière irrationnelle et adopter des comportements extrêmes en surévaluant ou sous-évaluant le risque *ex ante* et en rejetant l'existence de celui-ci quelques temps après une catastrophe (Kunreuther et al. (1995), Kunreuther (2001), OCDE (2003), Rosenthal, Kleindorfer, Kunreuther, Michel-Kerjan, Schmeidler (2004)). Une telle attitude remet en question les approches traditionnelles de gestion des risques et en particulier dans leur évaluation et leur contrôle.

1-2 Régulation du risque industriel

Le risque industriel a aujourd'hui plusieurs facettes. Il peut être un risque catastrophique, caractérisé par une faible probabilité d'occurrence et une forte sinistralité potentielle, mais il est également de plus en plus empreint d'incertitude scientifique et tend à devenir, par certains côtés, un risque potentiel difficile à appréhender. L'évolution permanente de nos sociétés est à la fois la cause et le facteur aggravant de toute catastrophe et rend incertaines non seulement les probabilités d'occurrence mais également l'ampleur des conséquences qu'une catastrophe peut entraîner pour l'Homme et l'environnement. Envisageons donc les trois piliers de la régulation des risques industriels majeurs, que sont l'évaluation, le partage et le contrôle du risque.

1-2-1 L'évaluation du risque

Deux dimensions fondamentales du risque doivent être évaluées, afin de définir sa prise en charge : sa probabilité d'occurrence et l'ampleur des dommages qu'un sinistre pourrait engendrer. Il faut noter que l'identification du risque³ ne correspond pas à l'identification du sinistre le plus grave et de la probabilité qui lui est associée, mais doit fournir un tableau de l'ensemble des scénarii d'événements catastrophiques possibles et des intervalles de probabilités d'occurrence. Ainsi que l'ont montré les différentes études réalisées après l'explosion de l'usine AZF et comme l'ont souligné Sinclair-Desgagné et Vachon (1999), Kunreuther (2001) ou encore Sinclair-Desgagné (2001), une quantification objective du risque industriel est souvent difficile du fait de l'incertitude scientifique qui le caractérise. En effet,

³ D'après Kunreuther, Meszaros J. Hogarth R., Spranca M. (1995), l'identification du risque correspond à la caractérisation des fréquences d'occurrence d'un événement catastrophique et de l'étendue des pertes potentielles qui sont alors encourues. Elle est la condition première d'assurabilité d'un risque.

l'ambiguïté sur la probabilité des risques associés à des erreurs technologiques ou à des défaillances humaines, dans le cadre organisationnel complexe que constitue une grande entreprise, mais également l'incertitude sur la sinistralité effective en cas de réalisation, rendent chaque événement catastrophique unique et surtout, ces catastrophes ont un impact direct sur la perception qu'ont les agents des situations risquées. Face à ces risques à faibles probabilités, ceux-ci adoptent souvent des comportements extrêmes et refusent ainsi tout raisonnement probabiliste. Ceci influe sur leurs décisions, en introduisant différents biais dans leur jugement (voir partie 4). Dans un tel contexte, toute approche actuarielle de l'évaluation du risque est caduque, qui plus est lorsque la sinistralité potentielle devient de plus en plus importante.

De plus, la sécurité se confronte souvent avec l'innovation en matière de développement industriel en particulier dans la définition du niveau acceptable de risque auquel peuvent être exposés les individus. A l'approche sociologique du risque doit alors s'ajouter la vision du politique, concerné par les enjeux du développement économique, rendant ainsi d'autant plus délicate la mesure du risque industriel supportable par la collectivité.

Ce que Kunreuther, Meszaros, Hogarth, Spranca. (1995) présentaient comme la condition première d'assurabilité d'un risque catastrophique ne peut se faire par les méthodes traditionnelles de quantification, elle doit prendre en compte les besoins des Sociétés et la perception du risque des individus. Parce que contrairement au risque de catastrophe naturelle, le risque technologique est endogène (i.e. il est la résultante d'activités humaines), son identification est devenue un enjeu sociétal, en particulier dans la définition du niveau de risque acceptable, et ne peut donc se faire sans la confrontation des intérêts de chacun des acteurs concernés.

1-2-2 Le partage et contrôle du risque

Définir un partage des risques industriels signifie répartir à priori entre les agents la responsabilité financière des dommages potentiels. Ainsi, il s'agit de pointer qui sera responsable non seulement de la restauration de l'environnement atteint suite à une catastrophe, mais également de l'indemnisation des victimes. Dans un tel processus, les agents concernés sont alors les victimes, l'exploitant et ses partenaires, les assureurs et l'Etat. Ce

dernier ayant la capacité de répartir les risques sur plusieurs générations et de les diversifier à un très haut degré, il a la possibilité de définir les régimes de responsabilité socialement efficaces, afin d'équilibrer les intérêts concurrents qui s'expriment dans l'évaluation du risque industriel. La définition de la responsabilité civile et pénale, l'instauration d'un régime de responsabilité sans faute de l'exploitant en cas de sinistre et de son extension à l'ensemble des partenaires de la firme ainsi que l'obligation d'assurance sont les instruments privilégiés du partage du risque et les bases de toute réglementation de l'activité industrielle d'un pays et de sa politique de prévention dans ce domaine.

Cependant, il faut noter que la définition et le respect d'une telle réglementation sont rendus difficiles par la caractérisation nouvelle des risques industriels. En présence d'incertitude scientifique, si la quantification actuarielle du risque est impossible, force est de constater que le maintien d'un marché de l'assurance contre les risques industriels pourrait paraître compromis. Différentes études expérimentales⁴ ont en effet montré que les assureurs sont le plus souvent allergiques aux situations d'ambiguïté, dans lesquelles le montant des pertes éventuelles et leurs probabilités sont difficilement calculables. Ils ont alors tendance à pratiquer des tarifs largement supérieurs à ceux relatifs à des risques clairement spécifiés. Ainsi, suite à l'explosion de l'usine chimique toulousaine, les compagnies d'assurance, opérant sur le marché français, ont résilié au 31 décembre 2001 la majorité de leurs contrats couvrant les grands risques industriels, et ont proposé de nouvelles conditions pour les dommages majeurs encourus par tout groupe industriel : les primes ont alors été majorées de 80 à 200%, ce qui a provoqué une incompréhension et un vif mécontentement des entreprises les plus concernées par les risques.

Cette augmentation spectaculaire des primes en assurance dommage, mais également en assurance de personnes associées aux risques industriels, a, dans un premier temps, incité les industriels à une réflexion sur la mise en place de mécanismes d'assurance alternatifs. Différents instruments financiers (cat bonds, options sur indices sur des risques catastrophiques et swaps du Catastrophe Risk Exchange⁵) peuvent être utilisés par les industriels face aux risques catastrophiques ; ainsi que différentes structures d'assurance ou de réassurance, dont le fonctionnement se rapproche de celui d'une mutuelle (Captive, Risk

⁴ Kunreuther, Meszaros, Hogarth, Spranca (1995), Cabantou (2003, voir partie suivante

⁵ Godard et al. (2002)

Retention Group et Pool⁶). Ces outils ont pour but, non seulement de pallier l'incapacité d'un seul agent du marché (assureur ou réassureur) à faire face à ces risques rares et à forte sinistralité, mais avant tout de maintenir une mutualisation au niveau des marchés.

Face à un tel bouleversement de la gestion des risques, l'assurance traditionnelle ainsi que l'ensemble des outils du partage des risques doivent être repensés. Ils ne peuvent plus être uniquement des outils de réparation, ils doivent prendre en compte les mutations de l'organisation des sociétés et devenir un moteur d'incitation en terme de responsabilité, d'apprentissage de ces nouveaux risques industriels et de leur prévention.

Si le partage et le contrôle du risque industriel semblent ne pouvoir être dissociés en terme de gestion des risques, ils doivent aussi prendre en compte l'impact de l'ambiguïté sur la perception du risque industriel par le public et donc la pression que celui-ci peut exercer en matière de prévention.

Kahneman, Slovic, Tversky (1982) ont ainsi mis en évidence différents biais dans le jugement des individus, dont le plus frappant est la « disponibilité heuristique » des agents face aux événements extrêmes. En effet, face à de telles situations, ils estiment la vraisemblance d'un événement à partir de l'occurrence des événements passés. Une telle analyse fait que les agents surévaluent ou sous-évaluent cette vraisemblance. Ainsi, par exemple, depuis l'explosion de l'usine chimique toulousaine, la municipalité refuse toute implantation d'usine industrielle à risque et a même poussé à la délocalisation de certaines productions.

De plus, si la confrontation brutale à la réalité du risque permet de sensibiliser le public et d'inciter au retour d'expérience, il semblerait également que face à des risques à faible probabilité, un phénomène d'oubli s'opère au sein des populations, laissant place à une culture du risque zéro (Commissariat au Plan (2003), Rosenthal, Kleindorfer, Kunreuther, Michel-Kerjan, Schmeidler (2004)).

Afin que l'implémentation des mesures de prévention soit efficace, il faut donc développer une communication sur le risque, afin de l'objectiver autant que faire se peut, et définir le rôle et les responsabilités des différentes parties concernées. Ce processus d'objectivation et d'implémentation peut être particulièrement complexe pour les risques

⁶ Swiss Re (2003.)

majeurs. La régulation des risques industriels doit notamment être complétée par une réflexion en terme de gestion des crises, afin qu'un simple accident ne prenne pas des proportions catastrophiques (Godard et al (2002), Lagadec (2002)). Elle doit aussi s'appuyer sur un réseau de coopérations entre acteurs privés et puissance publique. De tels risques tendent en effet à devenir des « faits sociaux totaux » dont aucune discipline instituée ne peut seule parfaitement rendre compte. Par ailleurs, aucune démarche isolée des pouvoirs publics ne peut remédier à la crise de confiance qu'ils impliquent⁷.

1-3 Réglementation de l'activité industrielle

La législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement est la base juridique de la politique industrielle en France. En dehors des installations nucléaires et des mines, elle vise toutes les activités industrielles, les élevages intensifs et les activités de traitement des déchets. En France, cette réglementation a largement évolué depuis la loi de 1917, qui succédait déjà à un décret de 1810, et a été renforcée, au fur à mesure des années, par différentes directives européennes.

1-3-1 Le cadre réglementaire de la prévention

- De la loi du 19 juillet 1976 à la directive Seveso

La loi du 19 juillet 1976 définissait une approche intégrée de la régulation des activités industrielles à risque et permettait ainsi une prise en compte de tous les impacts du risque sur l'environnement. Une seule autorisation d'installation était alors accordée par le Préfet pour l'ensemble des activités de l'entreprise. Une évaluation des incidences de l'exploitation sur l'Homme et l'environnement, en situation normale et en cas d'accident, et une définition des mesures de prévention à mettre en place étaient demandées. Cette procédure concernait uniquement les entreprises dont l'activité pourrait avoir un impact élevé sur l'environnement. Dans le cas contraire, une simple déclaration d'installation suffisait.

L'accident de Seveso en Italie a permis aux gouvernements de prendre conscience de la réalité du risque industriel et de la nécessité de définir des règles de sécurité et de prévention plus adaptées. Ainsi, la directive européenne relative aux accidents industriels

⁷ Commissariat Général au Plan (2003)

majeurs ou directive Seveso, datant du 24 juin 1982, impose non seulement un recensement de ces installations à risque⁸, mais surtout la mise en place, par chaque Etat membre, d'un dispositif de maîtrise des risques inhérents aux activités industrielles.

D'autres accidents dramatiques ont, par la suite, incité les gouvernements européens à réexaminer l'adéquation de cette directive au développement intense des activités industrielles. En février 1999, la directive Seveso 2 vient renforcer les exigences de sécurité et de prévention de la première. On notera particulièrement l'utilisation de la notion «d'établissement»⁹ et non d'installation, généralisant ainsi l'application de la directive à l'ensemble des infrastructures de l'entreprise et d'accès à celle-ci. Autre grande caractéristique de Seveso 2, l'instauration de dispositions organisationnelles dans la prévention des risques, en particulier leur prise en compte dans l'aménagement des terrains autour de l'usine à risque et plus largement dans le développement urbain des collectivités locales. Enfin, cette directive tend à poser les bases d'une collaboration entre les différents acteurs concernés (exploitants et riverains) à travers l'information préventive de la population, c'est à dire l'obligation d'informer adéquatement le public des risques auxquels ils sont exposés et des moyens engagés pour les contrôler.

La directive Seveso 2 instaure une nouvelle approche de la régulation des activités industrielles, passant par l'information et la supervision directe du public et par le rôle de l'Etat, qui devient un appui à l'expression et à la réalisation des choix des collectivités locales. Sa transposition dans le droit français renforce les exigences de sécurité ainsi que les dispositifs de prévention à mettre en place au sein des établissements hautement exposés au risque. A cette fin, l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 préconise la mise en place d'un système de gestion de la sécurité basé avant tout sur des dispositions organisationnelles et informationnelles au sein de l'entreprise à risque et entre les différents acteurs (Etat, exploitants et riverains).

⁸ 371 installations sont recensées en France, en octobre 2001

⁹ Seveso 2 définit deux types d'établissement :

- ceux à seuil haut, qui sont potentiellement fortement générateur de risque à impact élevé sur l'Homme et l'environnement : 672 établissements référencés en 2001
- ceux à seuil bas : 567 établissements référencés en 2001

Pourtant, cette approche «citoyenne»¹⁰ de la gestion des risques industriels majeurs par les industriels n'a pas suffi à éviter, ni même à limiter les dramatiques conséquences des catastrophes industrielles. De nouvelles interrogations apparaissent : la prévention seule ne suffit plus, il faut agir sur l'ensemble du «process de gestion des risques» et impliquer les acteurs au-delà de la simple transmission d'informations préventives sur les risques.

- Loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages

L'explosion de l'usine chimique AZF a soulevé à nouveau la question du rôle des acteurs privés et publics dans l'organisation et la réglementation de la prévention des risques technologiques. Cette catastrophe a mis en évidence la difficulté à appréhender la potentialité et la sinistralité de tels risques. Ainsi différents rapports parlementaires et débats nationaux¹¹ engagés suite à l'accident ont montré la nécessité d'une réelle prise de responsabilité de chaque acteur face à ces activités industrielles impliquant des risques en matière de santé humaine et d'environnement. Impliquer à la fois les exploitants, l'Etat, les collectivités locales et les riverains à travers différents réseaux de coopération semble être une solution aux problèmes de sensibilisation au risque et à la combinaison entre développement industriel, besoin de sécurité et évolution des sociétés. La loi du 30 juillet 2003 répond en partie à ces préoccupations.

L'Etat renforce, pour chaque établissement à risque, les plans de prévention délimitant une zone de sécurité, autour de l'établissement, soumise à des règles d'aménagement strictes. Le financement de ces plans est assuré par l'Etat, les exploitants concernés et les collectivités territoriales.

Autre point central de cette loi, la définition d'un «état de catastrophe technologique» et par conséquent la création d'un fond d'indemnisation. Ainsi tout individu ayant souscrit un contrat d'assurance dommages, incendies, explosions, devra être indemnisé par son assureur en cas de catastrophe industrielle grave. Si l'individu n'a pas souscrit une telle police d'assurance, le fond d'indemnisation se substitue alors à l'assureur.

¹⁰ Sinclair-Desgagné (2001)

¹¹ Essig (2001), Assemblée Nationale (2002), Les entretiens de l'assurance (2002)

<u>Location of Accident</u>	<u>Date</u>	<u>Type of Event</u>	<u>Some Resulting Consequences</u>	<u>Regulatory Response</u>
<u>Flixborough, UK</u>	1974	Explosion and fire	28 killed, over 100 injured	COMAH 1984
Seveso, Italy	1976	Runaway reaction	Large Dioxin environment contamination massive evacuations, Large animal kill	Initial Seveso Directive
Bhopal, India	1984	Runaway MIC reaction	≈ 2500 people killed and 100,000 injured, high litigation costs	USA Emerg. Planning & Community Right to know Act- CMA CAER Program
Basel, Switzerland	1986	Warehouse Fire	Massive contamination of Rhine and very large fish kill	Changes in Seveso Directive
Pasadena, USA	1989	Explosion and fire	23 deaths, ≈ 100 injured Over \$1 billion in losses	Triggered 1990 USA CAAct & RMP & PSM process Stds
Longford, Victoria, Australia	1998	Explosions and fires	Two deaths, gas supply to Melbourne cut for 19 days. Losses over \$1.3 Billion	Process Regulatory initiatives Victoria
Enschede, The Netherlands	2000	Explosion and fire	22 deaths, ≈ 1000 injured, 350 houses and factories destroyed	Changes in Seveso Directive
Toulouse, France (Oppau & Texas City)	2001	Explosion and fire	30 deaths, ≈ 2000 injured, 600 homes destroyed, 2 schools demolished	Changes in Seveso Directive Seveso 3 project

Tableau 2: Accidents industriels majeurs dans le monde durant les 30 dernières années

Source : Rosenthal et al.(2004)

La régulation des risques industriels majeurs a largement évolué, en France et dans le reste du monde, au cours des vingt dernières années, ainsi que le montre le tableau 2. En Europe, si la directive Seveso a rompu avec la tradition de prise en charge de cette régulation par les autorités publiques et les tribunaux, l'explosion de l'usine belge de stockage de gaz, durant l'été 2004, dans la ville d'Ath, est une nouvelle illustration de la difficulté de sa mise en œuvre et un signal d'alerte de la nécessité d'une réflexion européenne concernant la question de la prévention de ces risques industriels et de l'harmonisation de sa réglementation.

En France, la « loi Bachelot » du 30 juillet 2003 définit des solidarités nouvelles entre Etat, exploitants et collectivités territoriales. Il reste encore à déterminer les outils et les incitations permettant une évaluation objective de ces risques. L'activité industrielle doit maintenir voire renforcer ses efforts de prévention, mais elle doit également se poser la

question du rôle et des comportements de chacun face à un risque, dont les caractéristiques évoluent, en particulier suite au développement de technologies nouvelles. Cela conduit à envisager le lien entre les régimes de responsabilité en vigueur et la prévention des risques industriels.

1-3-2 Régimes de responsabilité et principe de précaution

La responsabilité civile de l'entreprise et de ses partenaires est le premier instrument du partage du risque. La réglementation en la matière impose aux individus ou aux entreprises de restaurer ou de compenser les dommages causés par leur négligence. Elle trouve sa base légale dans le Code civil (articles 1134, 1382 et suivants): "une personne physique ou morale voit sa responsabilité civile engagée dès lors qu'elle a causé un dommage à autrui par sa faute ou par la faute des personnes dont elle répond".

Cette réglementation a deux grands objectifs : d'une part, contrôler le niveau du risque auquel les individus sont exposés, en internalisant les coûts sociaux induits par les activités industrielles et en dissuadant la négligence de la part des entreprises, et d'autre part, 'assurer une indemnisation juste aux victimes. D'une manière générale, les lois en matière de responsabilité civile sont une incitation au contrôle efficace du risque et tout particulièrement à sa prévention. Il existe plusieurs régimes de responsabilité civile: la responsabilité pour faute, la responsabilité sans faute et enfin la responsabilité civile limitée. Ces différents régimes peuvent être appliqués à l'entrepreneur ou au fabricant d'un produit mais ils peuvent également être étendus à l'ensemble des acteurs du processus de production et de distribution: les banques et les institutions financières garantes de la solvabilité de l'entreprise ainsi que ses partenaires commerciaux. Dans le cas de la responsabilité pour faute, les victimes doivent faire la preuve d'une négligence de l'industriel ou du fabricant du produit en cause, et également démontrer l'existence d'un lien de causalité entre l'activité ou le produit incriminé et les dommages causés. Dans un régime de responsabilité sans faute, les victimes doivent uniquement démontrer l'existence d'un dommage et non la négligence de l'entreprise.

En pratique, même si un régime de responsabilité sans faute est en soi une incitation, pour les entreprises, à un meilleur contrôle du risque et à une diffusion de l'information sur leurs activités à risque et permet une indemnisation plus importante des victimes que dans le cas d'une responsabilité pour faute, son application, comme celle de la responsabilité pour

faute, aux risques majeurs et nouveaux risques se heurte à un certain nombre d'obstacles. Apporter la preuve d'une négligence de l'entreprise est difficile dans un contexte d'innovation, qui rend la définition des mesures de sécurité délicate compte tenu de l'incertitude qui la caractérise. De même, démontrer le lien de causalité et parfois l'existence même d'un dommage sont rendus délicats dans le cas d'activités caractérisées par une information incomplète et non stabilisée sur les risques qui en découlent.

Dans le cas des risques industriels, certaines règles en matières de responsabilité pourraient être critiquées, dans la mesure où elles ont tendance à limiter les efforts de préventions des industriels. Ainsi l'existence d'une responsabilité limitée de l'entreprise à ses actifs et l'extension de cette responsabilité à l'ensemble des partenaires, financiers ou commerciaux, de cette dernière, peuvent rendre les industriels peu sensibles à une large catastrophe. En effet, dans le premier cas (i.e. responsabilité limitée) un événement catastrophique, dont les dommages dépasseraient ses capacités financières, n'est pas considéré différemment d'une faillite par l'entreprise. Par conséquent le degré de prévention effectif est bien inférieur à celui qui serait instauré si la responsabilité de l'entreprise s'étendait à l'ensemble des coûts de la catastrophe et n'était pas limitée à ses actifs. Dans le second cas, la responsabilité est partagée entre les différents acteurs du processus de production, encore une fois l'industriel supporte, en cas de catastrophe majeure, moins de coûts que s'il était seul responsable, sauf si les autres agents, sur qui s'impute la responsabilité en cas de défaillance (une banque notamment), peuvent inciter l'entreprise à un comportement de prévention des risques, ce qui, en pratique, est peu probable. De plus, en terme d'innovation, cette extension du régime de responsabilité peut avoir un effet pervers: l'existence d'un risque d'insolvabilité important d'un industriel et la possibilité que l'institution financière, qui lui apporte son soutien, soit tenue également pour responsable d'une catastrophe, peut conduire la banque à répercuter le coût de cette responsabilité induite sous forme de prime de risque ajoutée au taux d'intérêt sur les crédits accordés à l'entreprise. Ces intérêts additionnels n'étant payés que dans le cas où l'entreprise est solvable, ceci réduit encore les incitations à faire des efforts de prévention des risques. Cette extension de responsabilité peut aussi inciter la banque à restreindre ses crédits et donc à limiter l'innovation de l'entreprise. Cet effet pourrait même être renforcé par le contexte d'incertitude dans lequel se développe aujourd'hui l'activité industrielle de pointe, le risque étant parfois insoupçonné et la sinistralité potentiellement catastrophique.

- Des domaines d'application divers pour une meilleure incitation à la prévention

Les régimes de responsabilité ont pour objectif premier de protéger les citoyens des conséquences négatives d'un produit ou d'une activité, et également les individus qui travaillent à la réalisation de ce produit et plus largement au sein de l'entreprise. Concernant les risques industriels, la loi doit permettre de définir les responsabilités de chacun, afin de protéger les riverains, les salariés et l'environnement, via des mesures de prévention et la réglementation. Si l'innovation est nécessaire au développement économique, elle doit se faire dans une optique de développement durable. Nous présentons à cette fin les évolutions récentes des applications des régimes de responsabilité pour la protection des différents agents concernés.

** Responsabilité civile du fait des produits défectueux*

En France, la jurisprudence en matière de responsabilité civile du fait des produits défectueux et, par la suite, l'élargissement de la notion de faute, a permis une large évolution de la réglementation.

La directive communautaire du 25 juillet 1985, en matière de responsabilité du fait des produits défectueux pose les bases de la protection des consommateurs et de l'indemnisation des victimes en la matière. Elle a deux objectifs essentiels:

- établir un système de responsabilité objective, sans faute, à la charge du fabricant d'un produit défectueux et pour lequel la victime n'a pas à faire la preuve d'une faute,
- supprimer la distinction entre responsabilité contractuelle et délictuelle, afin de permettre à un individu d'agir contre le fabricant, qu'il soit acquéreur ou non du produit défectueux.

Il faut noter, que la directive admet que l'industriel puisse s'exonérer en prouvant que l'état des connaissances scientifiques et techniques ne permettait pas de déceler l'existence d'un défaut. Elle le dégage ainsi de toute responsabilité dans le cas d'un risque de développement.

L'introduction de la directive en droit français, par la loi du 19 mai 1998, reprend l'obligation de sécurité et d'information, que la jurisprudence mettait, par anticipation, à la charge du producteur ou du fournisseur.

Cependant, le livre blanc sur la responsabilité civile note que ce nouveau texte laisse encore planer quelques incertitudes sur l'interprétation de certaines notions, comme " produits d'origine humaine " ou encore " mise en circulation ". De plus, le fait que les régimes de responsabilité préexistants subsistent aux côtés du nouveau régime ne permet pas une très bonne lisibilité du risque de responsabilité, notamment concernant le risque de développement qui est exonéré de la dernière réglementation. Malgré cela, un tel régime de responsabilité est une incitation à une responsabilisation des fabricants de produits ou exploitants d'usine et surtout à une recherche et une diffusion de l'information relative à leur activité.

** Responsabilité civile des entreprises en matière d'accidents du travail et maladies professionnelles*

Jusqu'à une date récente, pour les accidents du travail et les maladies professionnelles, les bases légales de la réparation civile étaient définies par la loi du 9 avril 1898. Ce système d'indemnisation prévoit une réparation, non intégrale, forfaitaire et automatique dès lors qu'un accident du travail ou une maladie professionnelle est reconnu. La victime doit alors invoquer l'existence d'une faute inexcusable de l'employeur, pour laquelle elle doit faire la preuve d'un manquement de l'employeur à une règle de sécurité ou de prudence, afin d'obtenir, en cas de succès, une majoration de son indemnisation.

Les procès des travailleurs de l'amiante ont conduit à la remise en cause de ce système d'indemnisation par la Cour de Cassation. Celle-ci a jugé que l'obligation de sécurité de l'employeur est rattachée au contrat de travail le liant au salarié et non plus au régime légal de 1898. L'obligation de sécurité est par conséquent contractuelle, elle est considérée comme une obligation de résultat. Tout manquement à cette dernière a le caractère d'une faute inexcusable, lorsque l'employeur avait ou aurait du avoir conscience du danger auquel était exposé le salarié (Cour de Cassation, chambre sociale, n.838, 28 février 2002).

Ce revirement de jurisprudence applicable aux maladies professionnelles a été étendu aux accidents du travail (Cour de Cassation, chambre sociale, n. 1593, 11 avril 2002) et également dans le cas d'accidents de salariés particulièrement expérimentés. Ces derniers, même s'ils sont hautement qualifiés, doivent par conséquent recevoir une formation renforcée à la sécurité et une information sur leurs conditions de travail (Cour de Cassation, chambre sociale, n. 2220, 27 juin 2002).

Ces arrêts de la Cour de cassation ont permis une nette évolution de la jurisprudence en matière de responsabilité civile des accidents du travail et des maladies professionnelles, en renversant la charge de la preuve et en faisant porter la responsabilité à l'employeur. L'introduction de la responsabilité sans faute vise à inciter les dirigeants à avoir un comportement plus responsable, puisqu'elle impose non seulement une obligation de sécurité de résultat, mais également d'information sur l'environnement de travail et sur les caractéristiques de l'activité de l'entreprise. Un tel bouleversement de la responsabilité civile dans ce domaine donne de bonnes incitations à la prévention et l'apprentissage des risques, en particulier dans le domaine industriel où les conséquences d'un sinistre sur la santé humaine sont susceptibles d'être dramatiques voire irréversibles.

** Responsabilité environnementale*

L'intensification et la complexité croissante de l'activité industrielle appellent à la réflexion sur la prise en charge de la restauration de l'environnement et de la réparation des dommages suite à une catastrophe. En présence d'activités susceptibles d'induire des risques sur l'homme et sur l'environnement, il est important de veiller à ce que des précautions soient prises afin de ne pas compromettre de manière irréversible les ressources naturelles et le cadre environnemental des générations présentes et futures.

Au niveau européen, le projet de directive sur la responsabilité environnementale propose un système communautaire qui vise à mettre en oeuvre le principe " pollueur-payeur", c'est à dire que lorsque le dommage survient, c'est à la partie qui exerce le contrôle de l'activité (i.e. le pollueur) d'assumer le coût de la responsabilité. Il tend ainsi à responsabiliser les acteurs économiques face aux éventuelles incidences négatives de leur activité sur l'environnement. Le livre blanc sur la responsabilité environnementale note tout particulièrement que les individus ont tendance à considérer l'environnement comme un " bien public ", pour lequel la responsabilité devrait incomber à la société dans son ensemble, plutôt qu'à un acteur isolé responsable des dommages. Instaurer la responsabilité permet par conséquent de faire prendre conscience aux citoyens qu'ils doivent répondre des conséquences éventuelles de leurs actes sur le milieu naturel. L'objectif de la directive est d'agir directement sur les comportements des agents face au risque environnemental, ce qui devrait se traduire par un degré de prévention et de précaution accru.

Le mécanisme de responsabilisation que propose la directive s'appliquerait non seulement en cas d'atteinte aux personnes et aux biens et de contamination des sites, mais également en cas de dommage touchant le milieu naturel et en particulier les ressources naturelles importantes du point de vue de la conservation de la diversité biologique. Ce mécanisme repose d'une part, sur le principe de responsabilité sans faute de l'exploitant dans le cas d'activités dangereuses et couvrant tout particulièrement les dommages aux ressources naturelles (préjudice écologique), et d'autre part, sur le principe traditionnel de responsabilité pour faute en cas d'atteintes à la biodiversité occasionnées par des activités non dangereuses.

Au niveau national, la loi du 2 février 1995 (loi Barnier) a pour objet le renforcement de la protection de l'environnement. Elle repose sur différents principes, dont celui de " pollueur-payeur ", de participation (chaque citoyen doit avoir accès aux informations relatives à l'environnement, y compris celles relatives aux substances et activités dangereuses), d'action préventive et de précaution (voir infra). Comme la directive, dont le projet a été précédemment exposé, elle invite à définir un équilibre entre les exigences de sécurité des populations en matière d'environnement, la nécessité d'apprentissage de l'incertitude qui caractérise les activités industrielles nouvelles ou à risques et enfin les impératifs des industriels, notamment en matière d'innovation.

Le recours à un régime de responsabilité sans faute de l'entreprise, pour la protection des individus (employeurs, consommateurs et riverains) et de l'environnement, contre les différents risques correspondants à l'ensemble de son activité (chaîne de production et produits), est l'incitation la plus efficace aujourd'hui à sa responsabilisation, que ce soit en terme de sécurité, d'apprentissage du risque et d'innovation. En France, comme en Europe, le contexte juridique de la responsabilité civile reste cependant flou et c'est le plus souvent la jurisprudence qui prend le pas sur la réglementation.

De plus il existe de réelles difficultés d'application des régimes de responsabilité existants, en particulier concernant les risques issus d'activités pour lesquelles la connaissance scientifique est imparfaite. En effet, la réglementation française concernant les atteintes à la santé humaine et à l'environnement, ainsi que le futur régime communautaire de responsabilité environnementale ne peuvent être efficaces que si le pollueur est identifiable, les dommages quantifiables et enfin si le lien de causalité peut être établi. Cela est difficile en présence d'incertitude scientifique. Le principe de précaution, bien qu'étranger à la notion de

responsabilité civile et absent des textes réglementaires en matière d'activité industriel, pourrait toutefois apparaître ici en filigrane, et permettre de définir ainsi une norme comportementale socialement efficace.

- Régimes de responsabilité et risques industriels: quelle place pour la précaution?

Le principe de précaution¹² est un premier élément de réponse face à ces risques pour lesquels la décision publique doit précéder la connaissance exacte de leurs caractéristiques. Loin d'entretenir l'illusion du risque zéro, il tend à inciter les individus à accepter le risque, à développer des politiques de transition dans le but d'apprendre à gérer ces risques potentiels et à faire face à leur réalisation possible. Bien qu'aucune allusion ne soit faite au principe de précaution dans la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement, on peut l'invoquer à ce propos.

Il existe sommairement quatre niveaux de connaissance d'un ensemble d'évènements possibles et nous présentons ci-dessous la matrice qui les définit (Kunreuther, Meszaros, Hogarth, Spranca (1995)).

Classification du risque par conditions d'incertitude et d'ambiguïté			
	PERTES	Connues	Incertaines
PROBABILITE	Bien définie	p, L	P, UL
	Ambiguë	Ap, L	Ap, UL

Tableau 3: Combinaisons ambiguïté/incertitude
Source: Kunreuther, Meszaros, Hogarth, Spranca (1995)

- le cas (p, L) décrit une situation où pertes et probabilité sont connues,
- le cas (Ap, L) décrit une situation où les pertes sont connues mais les probabilités sont ambiguës,
- le cas (p, UL) décrit une situation où les probabilités sont connues mais les pertes incertaines,

¹² Principe de précaution : " l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement, à un coût économiquement acceptable ", loi Barnier (1995).

- le cas (Ap, UL) décrit une situation où les probabilités sont ambiguës et les pertes incertaines.

Dans le premier cas, le risque est parfaitement identifié, l'entrepreneur peut donc déterminer les mesures de prévention adéquates et le régulateur définir des réglementations efficaces.

Dans le second et troisième cas, le risque est imaginable mais il n'existe aucun support scientifique sérieux permettant de le confirmer ou de le pondérer de manière précise. Dans une telle situation se pose alors la question de la précaution et de son champ d'application potentiel. Le problème de la définition des seuils de produits chimiques acceptables, comme celui des émissions diesel non nuisibles à l'Homme, celui de la durée de test d'un nouveau produit pharmaceutique avant qu'il ne soit commercialisé et plus généralement le problème que pose le développement de toute technique nouvelle et de son impact sur l'écosystème, sont des exemples d'application du principe de précaution en sécurité industrielle.

Enfin le dernier cas renvoie à des situations où le risque n'est même pas imaginable, on parle alors d'incertitude radicale, caractéristique des situations d'ignorance. Ce dernier cas soulève différentes réflexions et débats dans le domaine industriel. En effet, comment rendre opérationnel le principe de précaution sans pour autant limiter voire inhiber le développement de techniques ou produits industriels nouveaux ?¹³ Face à cette incertitude radicale, on aurait tendance à privilégier une réflexion sur les scénarii extrêmes et sur les moyens à mettre en place pour en limiter les conséquences. On entre alors dans le domaine de la gestion de la crise, qui appelle une réflexion sur l'improbable et par suite des mutations dans nos approches du risque et nos modes de gouvernance¹⁴.

En matière de développement industriel, l'application du principe de précaution semble donc justifiée dans certains cas. Toutes les modalités et tous les domaines de mise en oeuvre de ce principe ne sauraient cependant s'imposer par décret. Tous les acteurs devraient être invités à intégrer le concept de précaution comme une norme de comportement économique et sociale efficace. Le débat actuel incite donc tout particulièrement à la réflexion

13 On imagine en effet difficilement l'administration refuser l'installation d'une usine, au nom du principe de précaution, alors qu'il n'y a aucune preuve scientifique de l'existence d'un risque

¹⁴ Godard et al. (2002), Lagadec (2002)

sur les modes opérationnels d'application d'un tel principe, en particulier la définition d'indicateurs fiables et d'un critère de décision objectif.

Le problème de l'organisation d'un partage optimal des risques industriels se pose aussi de manière aiguë dans le cas où les probabilités sont ambiguës et les pertes incertaines. Différents mécanismes alternatifs d'assurance et de réassurance des risques (outils financiers, pool, captives) ont été mis en place pour répondre à une incapacité ou à une difficulté temporaire des acteurs traditionnels de l'assurance à faire face à la demande. La question aujourd'hui est de savoir si ce type de réponse pourrait être une solution pérenne face à des risques peu ou mal connus et dont la nature bouleverse largement le paysage de la gestion des risques. La mutualisation est la base de ces nouveaux montages assurantiels et semble, par conséquent, poser les fondements de toute régulation efficace de ces risques nouveaux ou catastrophiques. Reste alors à définir quelle serait son organisation optimale afin, d'une part, d'inciter à l'innovation et, d'autre part, de répondre efficacement aux impératifs de sécurité qui découlent du bouleversement du secteur de l'assurance.

1-4 Conclusion: renforcer la prévention, définir la précaution

La « société du risque¹⁵ », ainsi que nous la présentions en début de partie et qu'annonçait Beck dès 1985, transforme profondément la perception des risques auxquels nous devons faire face. Le progrès technique, la concurrence et la mondialisation modifient la notion de « risque industriel » en introduisant des sources d'ambiguïté nouvelles, à la fois sur l'existence même du risque et sur son caractère plus ou moins potentiel, et sur l'ampleur des dommages qu'un accident pourrait causer. Si cette caractérisation nouvelle peut rendre difficile la définition d'une régulation et d'instruments adaptés, il ne saurait évidemment être question de détourner les industriels de leurs efforts de prévention des risques les mieux identifiés et néanmoins susceptibles de conduire à des pertes catastrophiques. Inciter au respect des réglementations en vigueur et à l'étude de leur pertinence suite à différentes catastrophes devraient, par conséquent, rester un des objectifs majeurs de toute politique de régulation des risques industriels.

¹⁵ Beck (2003)

Aujourd'hui en discussion pour son devenir constitutionnel, le principe de précaution est au cœur des débats sur la réglementation de l'activité industrielle. Bien qu'il incite à la recherche d'un équilibre entre sécurité, développement économique et apprentissage du risque, son application opérationnelle paraît encore difficile. Ainsi que le souligne Michel Valérie¹⁶, confronter le doute des différents acteurs économiques, définir celui qu'il est moralement normal de prendre en compte et enfin déterminer jusqu'à quel point il faut douter, sont des réflexions nécessaires afin que le principe de précaution ne reste pas à l'état de principe en matière de développement industriel.

¹⁶ cf Godard (1994) : à cette époque M.Lavérie était directeur de l'Institut national de l'environnement et des risques.

2^{EME} PARTIE - INCERTITUDE ET COMPORTEMENTS DES AGENTS

Dans un contexte où le risque est perçu comme la conséquence de l'arbitrage opéré par la société entre le politique, l'économique et le social, il est important de savoir qui va supporter les coûts en cas de réalisation du sinistre. Cela peut être difficile à établir en présence d'incertitude scientifique. En effet, l'ambiguïté sur la probabilité des risques mais également l'incertitude sur la sinistralité effective en cas de réalisation, rendent non seulement chaque événement catastrophique unique, mais elles ont surtout un impact direct sur la perception qu'ont les agents des situations risquées. Face aux conséquences des activités risquées sur la santé et sur l'environnement, il apparaît nécessaire d'analyser l'impact de l'évolution de la notion de risque sur les comportements des différents agents économiques concernés.

Dans un contexte d'ambiguïté, les approches empiriques des comportements montrent que les individus ont tendance à refuser tout raisonnement probabiliste. Ceci influe sur leurs décisions, en introduisant différents biais dans leur jugement, et les conduisant souvent à des comportements extrêmes. L'étude de ces biais et la formalisation des comportements irrationnels apparaissent comme nécessaires, afin d'enrichir l'approche actuarielle de l'évaluation du risque, aujourd'hui fragilisée dans le nouveau contexte d'incertitude des sociétés contemporaines. Ainsi que le notent Gollier, Hilton, Raufaste (2003), les comportements observés sont en effet largement déterminés par des modes de traitement qui s'écartent sensiblement des normes classiques de rationalité.

L'étude du risque industriel et de sa régulation a montré qu'aucune discipline seule ne pouvait aujourd'hui en rendre compte de manière pleinement satisfaisante (Commissariat au Plan (2003)). L'objectif de cette partie est donc de confronter sciences économiques et sciences cognitives, et de souligner la nécessité de prendre en compte les aspects cognitifs dans l'analyse du comportement des agents face à des risques aux caractéristiques particulières et à fortiori dans la définition d'un critère de décision.

Dans un premier temps, nous analysons les différents biais cognitifs qui sous tendent la prise de décision d'un agent et que la première partie de cette étude a permis d'identifier.

Dans un deuxième temps, nous étudions différents modes de représentations des préférences et comportements des agents dans des situations où le choix d'une action précède la révélation de « l'état du monde » ou des coûts potentiels, d'une activité, qui étaient jusque là incertains. Enfin, la troisième section conclut sur l'intérêt d'une telle approche cognitive et positive des comportements dans un contexte de risque potentiel.

2-1 Existence de biais cognitifs dans la prise de décision face au risque

2-1-1 Biais de disponibilité

Les comportements d'assurance réels face aux risques à faible probabilité et à dommages potentiels élevés sont relativement éloignés des prédictions théoriques des modèles de décision traditionnels. Un article pionnier de Kunreuther (1978) montre à cet égard, que les individus confrontés à des risques de catastrophes naturelles adoptent dans leur majorité des comportements déviants vis à vis des prédictions établies par le modèle d'espérance d'utilité de Von Neumann et Morgenstern (1947) ou Savage (1954). Un grand nombre d'entre eux demeurent sans assurance face à ce type de risque, alors qu'ils choisissent par ailleurs de s'assurer pour des risques plus fréquents. D'une manière générale les problèmes associés à la perception du risque sont liés à la difficulté des individus à interpréter les petites probabilités dans leur prise de décision. Une étude publiée en 1997 dans *Acta Psychologica* (Huber, Wider (1997)) confrontait des individus à différentes décisions managériales risquées pour lesquelles ils devaient eux-mêmes chercher l'information. Les auteurs ont alors remarqué une difficulté des agents à interpréter la notion de probabilité ou de vraisemblance, à tel point que seuls 22% ont demandé l'information en terme de probabilité et 20% ont utilisé les mots «probabilité» et «vraisemblance». Ce refus de raisonnement probabiliste, influe sur les prises de décision des agents, en introduisant différents biais dans leur jugement, face à une situation risquée. Kahneman, Slovic, Tversky (1982) ont ainsi mis en évidence des biais, dont le plus frappant est le «biais de disponibilité» des agents face aux événements extrêmes. En effet, les individus face à de telles situations estiment la vraisemblance d'un événement à partir de l'occurrence des événements passés. Une telle analyse fait qu'ils adoptent des comportements extrêmes, suroptimistes ou surpessimistes, de type : «ça n'arrivera jamais» ou «ça ne peut qu'arriver».

Ainsi, par exemple, après les attentats du 11 septembre 2001, une grande partie des américains refusèrent de prendre l'avion, les chances d'être pris en otage leur semblant alors importantes. Dans le cas du risque industriel, un même type de comportement est observé, puisque lors du comité d'urbanisation faisant suite à l'explosion de l'usine chimique toulousaine, on a noté un refus catégorique d'implantation de nouvelles usines industrielles de pointe dans la région Midi-Pyrénées.

Des études empiriques confirment également cette tendance à la sur ou sous estimation du risque, quand celui-ci est caractérisé par une faible probabilité et mettent en avant l'existence d'une relation entre le vécu des individus et leur comportement d'assurance. Kunreuther (1996) note que si 34% des californiens pensaient inutile toute assurance contre les tremblements de terre, ils n'étaient plus que 5% à être de cet avis après le séisme de 1989. De même, Browne et Hoyt (2000) étudient la demande d'assurance contre le risque d'inondation aux Etats-Unis et mettent en évidence d'une corrélation élevée entre le nombre de contrats souscrits dans un Etat, durant une année, et le niveau des pertes enregistré dans l'Etat, l'année précédente.

Ces différents exemples relèvent de la théorie du « biais de disponibilité », qui conduit à une surestimation des fréquences des événements vécus dans un passé récent, et à une sous estimation des événements n'ayant pas été éprouvés récemment par l'individu. Une telle théorie implique une corrélation positive entre la réalisation de pertes et la demande d'assurance.

2-1-2 Gambler's fallacy

Si la survenance d'un événement catastrophique permet une prise de conscience de l'existence du risque, le retour à une succession de périodes favorables suscite, en revanche, un effet inverse sur les comportements des agents. Nombreuses sont les études qui soulignent le côté transitoire des besoins de protection intense des individus suite à une catastrophe. Par exemple en Allemagne, où l'assurance contre le terrorisme n'est pas obligatoire, le pool de réassurance mis en place (Extremus) n'a été que faiblement sollicité depuis sa création suite aux attentats du 11 septembre 2001 (Michel-Kerjan, Pedell (2004)). Plus généralement il semblerait qu'un phénomène d'oubli et un mécanisme de rejet de l'existence du risque

apparaissent quelques mois après la catastrophe (OCDE (2003), Commissariat général au Plan (2003), Rosenthal, Kleindorfer, Michel-Kerjan, Schmeidler (2004)).

De tels comportements relèvent de l'hypothèse de gambler's fallacy (Tversky, Kahneman (1974)). Les individus perçoivent alors le risque de pertes comme d'autant plus probable qu'il ne s'est pas encore produit dans le passé, ils sont ainsi incités à plus de prudence et accroissent leur demande d'assurance. Inversement, la survenance récente d'un événement catastrophique diminue la probabilité qu'ils souscrivent, par la suite, une assurance.

2-1-3 D'autres biais

D'autres catégories d'études expérimentales ont permis de mettre en évidence différents biais cognitifs. Thaler et Johnson (1990) étudient ainsi la proportion de leur richesse initiale que les individus sont prêts à investir dans une loterie risquée. Les auteurs constatent une diminution de l'aversion au risque des individus consécutivement à un gain initial (house money effect) et inversement (break even effect). Weber et Zuchel (2003) relèvent enfin que l'inclination au risque d'un individu suite à une perte se manifeste lorsque celui-ci perçoit sa décision initiale comme la première étape d'une succession de décisions appartenant à un même ensemble (escalation of commitment).

Différentes études expérimentales ont montré que la difficulté d'interprétation des faibles probabilités a également un impact sur le comportement des organisations face au risque. Par exemple, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les assureurs sont le plus souvent allergiques aux situations d'ambiguïté (aversion à l'ambiguïté), dans lesquelles le montant des pertes éventuelles est difficilement calculable. Ils ont alors tendance à pratiquer des tarifs largement supérieurs à ceux relatifs à des risques clairement spécifiés (Kunreuther et al.(1995)).

Différentes critiques ont été apportées à cette notion d'aversion à l'ambiguïté, en particulier par Heath et Tversky (1991) et Smithson (1999). Pour les premiers, cette critique est issue d'un mécanisme de comparaison entre un dommage dont la probabilité est imprécise, et un même type de dommage dont la probabilité est précise. Si la référence de l'assureur est le dommage à probabilité précise, il y a aversion à l'ambiguïté. En revanche, si celui-ci ne compare pas les deux situations et commence par évaluer le dommage à probabilité ambiguë,

l'aversion diminue voire disparaît. Pour Smithson, le problème se situe dans l'existence de deux types d'ambiguïté : une ambiguïté consensuelle, où toutes les informations disponibles sur le risque conduisent à des conclusions identiques, et une ambiguïté conflictuelle, caractérisée par un désaccord entre les experts donnant l'information.

Des études empiriques ont permis d'évaluer la pertinence de ces critiques. Kunreuther, Meszaros, Hogarth, Spranca (1995) ont ainsi envisagé différentes situations, combinant probabilité connue ou probabilité ambiguë (i.e. faisant l'objet d'un désaccord entre les experts) et perte connue ou inconnue. Ils ont ainsi montré que dans le cas caractérisé par le couple (probabilité ambiguë, perte inconnue), les primes exigées par les assureurs sont largement plus élevées (1,77 fois) que le tarif établi pour un risque sans ambiguïté (couple (probabilité connue, perte connue)). Plus récemment Cabantou (2003) a testé empiriquement plusieurs prédictions sur le comportement des assureurs et le niveau de fixation des primes en présence d'ambiguïté. Cabantou (2003) retrouve les conclusions de Kunreuther et al. (1995), les assureurs ont de l'aversion à l'imprécision et proposent des primes de risque significativement supérieures à l'espérance de perte du dommage. Elle ne note également aucune différence significative entre le niveau des primes en cas d'ambiguïté consensuelle ou d'ambiguïté conflictuelle. Il semble également qu'un contexte comparatif n'ait pas d'influence significative sur la prime, contrairement aux conclusions théoriques de Heath et Tversky, ce qui laisse à penser que l'assureur se réfère implicitement à une situation avec probabilité précise.

L'existence de ces biais éloigne les comportements observés des prédictions théoriques classiques de la décision face au risque, en particulier celles du modèle d'espérance d'utilité. Le vécu d'un individu semble avoir un réel impact sur sa perception d'une situation risquée et par conséquent sur ces choix d'assurance, mais également d'investissement ou de consommation. Dans un contexte où la potentialité d'une catastrophe est ambiguë, ces biais ont un impact d'autant plus important que les individus ont des difficultés à estimer et interpréter les petites probabilités. A l'incertitude sur les caractéristiques du risque doit s'ajouter l'incertitude sur les comportements des agents, ce qui rend d'autant plus délicate la définition d'un critère de décision ou de choix d'investissement socialement efficace, en présence d'incertitude scientifique.

Plus généralement, les travaux sur les comportements de prise de risque indiquent que les individus choisissent parfois de négliger l'information disponible sur les risques qu'ils

encourent. Au niveau social, ces biais cognitifs peuvent être à l'origine de comportements d'aveuglement collectif qui débouchent parfois sur des catastrophes industrielles ou environnementales.

Le cas de l'amiante est un exemple caractéristique. Participant d'un laisser-aller général, industriels et administrations n'ont pas tenu compte d'une information pourtant disponible depuis des années pour adopter des mesures de précaution qui s'imposaient du point de vue collectif, mais qui s'accompagnaient d'une phase de transition coûteuse (suppressions de postes, fermeture de sites, ...) ¹⁷. En 1898, vingt ans après les débuts de l'exploitation de l'amiante au Royaume-Uni, des inspecteurs médicaux établissaient des corrélations fortes entre des atteintes aux poumons et l'exposition des ouvriers aux poussières d'amiante. En 1906, la France commença à explorer des liens de causalité entre ces phénomènes puis en 1911, des chercheurs britanniques exposent des rats aux poussières d'amiante et valident les résultats précédents. Malgré le fait que la nature même des " maladies de l'amiante " restait encore inconnue, des compagnies d'assurance accordèrent suffisamment de crédit à ces premières explications scientifiques et refusèrent d'assurer les travailleurs exposés à l'amiante dès 1918. L'amélioration des conditions d'exploitation, diminuant, d'après les industriels, l'intensité d'exposition des ouvriers à l'amiante et donc le risque de maladie ainsi que l'impossibilité de toute certitude dans un délai inférieur à 20 ans, incitèrent les compagnies d'assurance à rétablir l'offre de couverture. Il faudra attendre les années 70 pour que des mesures réelles soient prises en accord avec ces différents résultats scientifiques.

Un cas similaire, bien que moins spectaculaire, est fourni par l'apport d'antibiotiques dans les rations données aux animaux d'élevage afin d'accélérer leur croissance, pratique autorisée en Europe jusqu'à la fin des années 1990. L'information pertinente relative au développement de la résistance des microbes aux antibiotiques, qui a rencontré une forte opposition des milieux agricoles et des laboratoires pharmaceutiques, était pourtant disponible dès la fin des années 1960 (Henry, Henry, (2002)).

¹⁷ Claude HENRY, Séminaire Principe de Précaution et Risque Environnemental, Chaire de développement durable EDF-Polytechnique, 16 Juin 2003.

Ces exemples posent la question du comportement et de la prise de décision des agents économiques face à l'incertitude scientifique. L'explosion de l'usine chimique AZF soulève également la question du rôle des acteurs privés et publics dans l'organisation et la réglementation de la prévention de ces grands risques. Concernant les risques technologiques majeurs, différents rapports parlementaires et débats nationaux¹⁸ ont souligné que non seulement les normes de sécurité n'avaient en aucune façon évolué avec le développement industriel et l'urbanisation, mais également qu'elles n'étaient que peu contraignantes en matière de contrôle et de prévention du risque.

La conclusion qui se dégage de ces exemples est que l'ensemble des acteurs privés et publics, face à des situations caractérisées par une forte incertitude sur les probabilité d'occurrence du sinistre, ont adopté une attitude non précautionneuse. Dans le cas de l'amiante, ainsi que dans celui des antibiotiques comme promoteur de croissance, une base scientifique appropriée était disponible, bien avant que les décisions adéquates ne soient prises. Un tel comportement est l'illustration non seulement d'un refus de prise de responsabilité, qui se traduit par un déni de l'existence possible du risque et un report sur les générations futures de tout investissement de prévention de celui-ci, mais également d'un phénomène d'oubli et d'une volonté d'éradiquer le risque et non d'apprendre à le gérer.

La perception que les individus ont du risque évolue et elle a un impact direct sur leur modes de décision. L'enjeu est d'apprendre à intégrer ces biais, qui résultent de l'évolution de la « notion de risque », aux modélisations existantes des préférences et de formaliser leur impact sur les comportements et les choix des individus.

2-2 Biais cognitifs et préférences des agents

Différentes approches peuvent être développées afin de formaliser l'impact de ces biais cognitifs et de modéliser les comportements des agents qui en découlent. Nous présentons à cette fin deux d'entre elles : la théorie des perspectives de Kahneman et Tversky (1979) et les modèles de choix intertemporels décrivant l'incohérence temporelle des préférences des individus.

¹⁸ Essig (2001), Assemblée Nationale (2002)

2-2-1 La théorie des perspectives

La réflexion menée dans la première partie de cette étude, sur la régulation et la prévention du risque industriel, a posé la question de la définition d'une norme comportementale régissant le développement d'activités nouvelles ou à risques, c'est à dire la mise en place de régimes de responsabilité incitant l'entreprise à l'innovation et garantissant la protection matérielle et financière de ses employés, des consommateurs ou riverains et de l'environnement. Cette réflexion ne saurait être menée sans la définition d'un cadre méthodologique, qui puisse intégrer, non seulement le caractère nouveau du risque, mais également la perception et l'évaluation biaisées de l'incertitude qui en découle.

La théorie des perspectives (Prospect Theory, Kahneman et Tversky (1979)) intègre les biais d'interprétation des faibles probabilités (biais de disponibilité) et fournit un cadre de modélisation d'un problème de décision, où le choix d'une action précède la révélation de l'état du monde. Une telle démarche semble proche de celle nécessaire à la prise de décision en incertitude scientifique, où le choix d'une action ou d'une activité doit précéder la connaissance scientifique du risque inhérent à ce choix.

Alors que la théorie économique classique suppose que les individus évaluent les états du monde de manière absolue et objective, Kahneman et Tversky (1979) proposent que les individus évaluent les situations de manière relative, par rapport à un point de référence qui peut être subjectif. Comme le notent Gollier et al. (2003), la théorie des perspectives se distingue de l'interprétation classique de la théorie de l'utilité sur deux points. Tout d'abord, l'évolution des préférences émane d'un jugement porté par les agents sur la formulation des données en terme de connaissance et non sur les données objectives. Enfin, l'évaluation d'un choix ou d'un projet ne porte pas sur les états finaux mais sur les changements en terme de bien-être et de richesse par rapport à une position initiale établie. En d'autres termes, les changements de point de référence induisent des comportements différents face au risque.

Lorsqu'un agent a été, dans son passé, exposé à des pertes ou des gains, la théorie des perspectives conduit à faire deux grandes prédictions comportementales: d'une part, la diminution de son aversion au risque après une perte et d'autre part, une augmentation de cette dernière après un gain. La théorie des perspectives prend donc en compte les biais cognitifs

que suscitent la notion de «faible probabilité» et on retrouve les prédictions comportementales d'un agent soumis au biais de disponibilité.

La théorie des perspectives suscite cependant beaucoup de controverses de la part des économistes. D'un point de vue statique, la prise en compte du contexte n'est pas une spécificité propre à cette théorie, puisque la théorie classique offrait déjà une telle possibilité. Par contre, elle prend tout son sens dans une approche dynamique, où le contexte peut se modifier, de façon endogène, avec le temps. C'est d'ailleurs dans ce dernier cas que Gollier et al. (2003) proposent de définir une théorie psychologique de l'utilité, dans laquelle la prospect theory viendrait enrichir la théorie classique de l'utilité.

Bien que les prédictions de la théorie des perspectives aient été confirmées par de nombreuses études empiriques (Kahneman, Tversky (2000)), son apport semble encore limité dans un contexte de choix intertemporels. Cependant, la notion de renversement des préférences, due à des effets de présentation des problèmes de choix sur plusieurs périodes, que formalise une telle théorie, est au cœur des choix d'investissement dans des activités ou produits pour lesquels la connaissance scientifique est encore incertaine. La théorie des perspectives met l'accent sur le caractère dynamique de la gestion des risques et pourrait ainsi fournir un cadre d'analyse des préférences d'agents dans un contexte de risque potentiel. L'hypothèse de convexité de la fonction d'utilité dans la région des pertes et de concavité dans la région des gains est particulièrement intéressante dans un tel contexte. En effet, une telle forme de la fonction d'utilité traduit une aversion des choix risqués dans la zone des gains et une recherche de ces choix dans la zone des pertes. Elle permet également de définir un point de «statu quo » (discontinuité dans la dérivée première) dont l'interprétation en terme de justification des préférences est intéressante dans le cadre d'un choix risqué, caractérisé par des coûts à long terme imparfaitement connus. L'interprétation de ce point de statu quo, qui intègre déjà la perception biaisée du risque des agents comme élément du contexte, donne une justification cognitive au renversement des préférences et par conséquent à des comportements de report dans le temps de recherche d'information sur les coûts à long terme d'une activité à risque. Gollier et al. (2003) proposent d'ailleurs quelques justifications possibles de tels comportements: la position sociale du décideur ou encore la somme des jugements positifs et négatifs de l'agent relatifs à une situation de risque (i.e. le rôle de l'affect ou encore l'interaction entre le système émotionnel et la représentation du problème), comme éléments du contexte.

2-2-2 L'incohérence temporelle des choix

Les différentes modélisations de problèmes de choix intertemporels, exposées ci-dessous, mettent en avant le rôle des comparaisons intertemporelles dans le processus de décision individuelle, et les écarts par rapport à leur comportement temporellement cohérent. L'étude de ces modélisations (discounting utility et hyperbolic discounting utility) permet d'apporter des éléments de réflexion intéressants face au problème de la prise de décision en incertitude scientifique.

- Discounting Utility model

Rae (1834), dans *La Théorie Sociale du Capital*, a sans doute été le premier à confronter deux grands domaines des sciences sociales : la psychologie et l'économie. Il propose une discussion sur le rôle et l'impact des motivations psychologiques d'un individu confronté à un choix intertemporel. Il interprète alors le choix comme la résultante d'un conflit entre différents facteurs psychologiques, qui motivent ou limitent le désir d'accumulation d'un individu. Rae identifie deux facteurs de motivation, le legs et la propension de chacun à se contrôler (prudence, réflexion, ...), et deux facteurs de limitations, l'incertitude de la vie et la satisfaction que procure la consommation courante.

Samuelson (1937) reprend cette analyse et en propose une formalisation à travers un modèle de discounting utility (DU). L'hypothèse centrale de ce modèle est que l'ensemble des motivations psychologiques de l'individu face à un choix intertemporel peut être résumé dans un paramètre unique le taux d'escompte. L'utilité intertemporelle de l'agent est alors décrite par une fonction de la forme.

$$U^t(c_t, \dots, c_T) = \sum_{k=0}^{T-t} D(k)u(c_{t+k})$$
$$\text{où } D(k) = \left(\frac{1}{1+\rho}\right)^k$$

où $u(c_t)$ est la fonction d'utilité instantanée de l'agent à une période t quelconque, $D(k)$ la fonction d'escompte propre à l'agent et ρ , le taux d'escompte pur de celui-ci.

Le modèle DU s'appuie sur différentes hypothèses psychologiques implicites (Frédéric, Loewenstein, O'Donoghue, 2002), dont l'indépendance entre le bien-être d'un agent à une période donnée et sa consommation durant les autres périodes, la stationnarité de l'utilité instantanée (i.e. le bien-être généré par une activité est le même dans les différentes périodes), la stabilité de la fonction d'escompte quelle que soit la forme du programme de consommation et enfin la stationnarité du facteur d'escompte ρ . Cette dernière hypothèse joue un rôle central dans la formulation du modèle. Elle stipule que le taux d'escompte pur d'un agent est constant, quelle que soit la période ($\rho_n = \rho$ pour tout n), elle est nécessaire pour que les préférences de l'agent puissent être résumées en un seul facteur ρ . De plus, une telle hypothèse reflète la cohérence temporelle de ces choix, c'est à dire que les préférences d'un agent sur les périodes $[t', t+k]$ seront les mêmes que celles en t , et ceci pour toute date t' postérieure à $t+k$.

D'une manière formelle, la cohérence temporelle est caractérisée comme suit :

Un agent a des préférences inter temporellement cohérentes, si pour tous profils $(c_t, c_{t+1}, \dots, c_T)$ et $(c'_t, c'_{t+1}, \dots, c'_T)$,

$$U^t(c_t, \dots, c_T) \geq U^t(c'_t, \dots, c'_T) \iff U^{t+1}(c_{t+1}, \dots, c_T) \geq U^{t+1}(c'_{t+1}, \dots, c'_T)$$

où $U^t(\cdot)$ est l'utilité intertemporelle de l'agent calculée à partir de la période t de la période t et $U^{t+1}(\cdot)$, l'utilité intertemporelle de l'agent calculée à partir de la période $t+1$.

Le modèle DU n'est cependant pas un modèle normatif, Samuelson (1937) note qu'il a pour principale ambition d'éclairer le rôle de la psychologie d'un individu dans le processus de décision sur plusieurs périodes. Bien que la simplicité de son expression lui ait permis d'être rapidement accepté (Frédéric, Loewenstein, O'Donoghue, 2002), les études empiriques ont montré l'inadéquation du modèle DU à décrire des comportements de choix intertemporels. Empiriquement la stationnarité du taux d'escompte, résumant les facteurs psychologiques, en est la principale limite. Alors que celui-ci stipule que ρ est constant au cours du temps, il semblerait, au contraire, que celui-ci diminue. Une actualisation hyperbolique (hyperbolic discounting) a donc permis la définition d'un modèle descriptif plus adapté aux comportements observés.

- Hyperbolic DU model (HDU)

Dans le cas standard (monde certain, marché des capitaux parfait), pour un profil de ressources et une durée de vie finie, le mode d'accumulation d'un agent dépend de son comportement face au risque, (i.e. qu'il ait ou non de l'aversion pour le risque) et de son taux d'escompte ou de dépréciation du futur. Ce dernier est alors par hypothèse constant, on parle d'actualisation exponentielle garantissant la cohérence temporelle des choix.

Dans un monde réaliste, l'introduction d'incertitude sur les conséquences des choix que doit faire l'agent influe sur son mode de décision par conséquent sur la formalisation de ses préférences. L'hypothèse de constance du taux d'escompte est alors fragilisée. Les données expérimentales suggèrent, en effet, que l'actualisation est hyperbolique, plus élevée pour le futur proche que pour le futur éloigné. Les économistes (Akerlof (1991), Frédéric, Loewenstein, O'Donoghue, 2002) caractérisent ce type de comportement d'incohérence temporelle des choix, que l'on décrit parfois comme un conflit entre les préférences du moi présent et celles du moi futur (Masson 2002).

Phelks et Pollak (1968) ont été les premiers à définir une fonction simple décrivant l'incohérence temporelle.

$$D(k) = 1 \quad \text{si } k = 0$$

$$\beta\delta^k \quad \text{si } k > 0$$

où $D(k)$ est la fonction d'escompte propre à l'agent, β regroupe l'ensemble des facteurs psychologiques qui peuvent influencer sur les décisions de l'agent et δ est le taux d'escompte classique.

Cette formalisation a été appliquée pour la première fois à un problème de choix par Elster (1979). Elle définit un taux d'escompte entre le présent et le futur égal à $(1-\beta\delta)/\beta\delta$ et un taux d'escompte entre deux périodes futures de $(1-\delta)/\delta$. On remarque que $(1-\delta)/\delta < (1-\beta\delta)/\beta\delta$, la formulation (β, δ) est par conséquent caractérisée par un taux d'escompte décroissant entre le présent et le futur et constant entre deux périodes futures, caractérisant ainsi l'incohérence temporelle des choix.

En terme de préférence, cette attitude peut se formaliser de la manière suivante (Masson, 2002) :

$$U_t = u_t(C_t) + \beta \sum_{k=1}^{T-1} (1 + \delta)^{-k} u_{t+k}(C_{t+k})$$

où $\beta\delta$ ($0 < \beta < 1$) est le taux de dépréciation du futur entre t et $t+1$ et δ le taux entre deux périodes adjacentes, $t+1$ et $t+2$.

On notera que $\beta < 1$ caractérise l'incohérence temporelle des choix (Akerlof (1991), Frédérick, Loewenstein, O'Donoghue (2002)). Une telle hypothèse permet de décrire une actualisation hyperbolique de l'utilité des agents. Elle reflète une décroissance du taux d'escompte entre le présent et le futur et une constance de ce dernier entre deux périodes futures et traduit, par conséquent, une certaine préférence de l'agent pour les satisfactions présentes.

Le paramètre β regroupe l'ensemble des facteurs psychologiques qui influent sur la prise de décision d'un agent, son interprétation peut donc fournir une première justification de ce type de comportement. Akerlof (1991) en donne d'ailleurs un exemple en exprimant l'idée selon laquelle l'alcoolique voudrait arrêter de boire, mais repousse cette décision à demain. Ce qu'il appelle l'effet de salience, est expliqué en psychologie cognitive par le fait que les individus accordent un poids excessif aux événements qui frappent ou avivent l'imagination. Ainsi, on pourra interpréter le paramètre β comme un déficit d'imagination, de clairvoyance ou de prévoyance (Masson, 2002). Une autre interprétation est également souvent développée dans la littérature (O'Donoghue, Rabin (1999), Masson (2002), Bénabou, Tirole (2000)) : le déficit de volonté ou encore l'impatience, qui pousse l'individu à succomber à ses passions contre son propre intérêt.

D'une manière générale, l'incohérence temporelle traduit une préférence des individus pour le présent par rapport au futur, et une considération identique des différents états à venir. La formulation (β, δ) permet donc une bonne représentation des comportements non rationnels des individus, qui ont d'une part, des préférences pour les gains ou consommations courants, et d'autre part, une tendance à reporter sur les périodes futures les décisions qui seraient efficaces aujourd'hui.

2-2-3 Différentes applications du modèle HDU

Dans la littérature économique, Strotz (1955) fut le premier à proposer une alternative à l'actualisation exponentielle et par conséquent à définir des préférences temporellement incohérentes, pour différentes fonctions alternative d'actualisation. La formulation (β, δ) a été en premier lieu utilisée pour modéliser les problèmes d'épargne, en particulier par Laibson (1997, 1998). L'actualisation hyperbolique implique que les agents ont des préférences temporellement incohérentes, et ont tendance à surconsommer Elle a été appliquée par la suite à différentes situations susceptibles d'induire des préférences pour le présent de la part des agents. L'ensemble des modèles est construit autour de deux grandes hypothèses : l'incohérence temporelle des choix (i.e. actualisation hyperbolique et non exponentielle) et l'impossibilité pour les agents de faire un choix en fonction des décisions qu'il serait susceptible de prendre dans le futur.

- Procrastination

O'Donoghue, Rabin (2001) appliquent le modèle HDU à l'analyse des comportements de procrastination des agents. Les auteurs envisagent une situation où un agent doit non seulement choisir une tâche à accomplir mais également quand l'accomplir. Le modèle proposé place l'agent devant un menu de tâches, parmi lesquelles il peut, à chaque période, choisir d'en accomplir une ou non. Réaliser une tâche entraîne un coût instantané mais génère un flux infini de bénéfices retardés. L'objectif de l'article est alors de déterminer les facteurs ou les raisons qui conduisent l'agent à choisir la procrastination.

Deux aspects du processus de décision de l'agent sont alors retenus par les auteurs. D'une part, celui-ci choisira de réaliser une tâche qui lui rapporte le bénéfice net de long terme le plus important, et d'autre part, le choix de la tâche dépend de la comparaison entre le coût immédiat qu'elle induit et le bénéfice auquel il doit renoncer du fait de son caractère retardé. Pour O'Donoghue, Rabin (2001), ces deux critères de choix sont à l'origine de comportements réalistes. Ils mettent en avant l'impact de l'existence de multiples choix sur le comportement de l'agent : proposer de nouvelles options renforce la tendance de celui-ci à la procrastination, c'est à dire à repousser au lendemain l'accomplissement d'une tâche. Selon les auteurs, une illustration d'un tel argument est que, par exemple, une personne ne sacrifiera peut-être jamais quelques heures pour balayer les feuilles dans son garage, car elle planifie continuellement de

prendre une journée pour nettoyer tout le garage. Cette dernière alternative est plus coûteuse en termes de temps et d'effort que la première, mais son existence justifie le choix de l'agent de ne rien faire (i.e. l'existence d'une possibilité future de faire tout le nettoyage en une seule fois fait que l'agent remettra toujours à un autre moment un nettoyage partiel).

Enfin, l'article démontre également l'existence d'un lien entre l'importance d'une tâche ou d'un objectif que poursuit l'individu et sa tendance à reporter ses efforts dans le futur. Plus ambitieux seront les plans d'un agent, plus celui-ci devra fournir d'efforts pour les réaliser, et par conséquent, il sera d'autant plus tenté de les remettre à plus tard : l'importance croissante des tâches exacerbe la tendance à la procrastination des agents.

- Addiction

Dans le cas des comportements de dépendance des individus à certains produits ou activités néfastes, le modèle HDU a non seulement permis une représentation de ces comportements, mais également de comprendre comment l'addiction peut induire une surconsommation de produits nuisibles à l'homme. Carillo (1999, 2002) et Gruber, Köszegi (2004) étudient tout particulièrement le cas des fumeurs.

Carillo (1999, 2002) tente d'apporter, à travers le modèle HDU, une explication aux comportements extrêmes (abstinence ou surconsommation) qu'adoptent les fumeurs, alors que la consommation de cigarettes est, d'après l'auteur, essentiellement un problème de contrôle de soi. L'intuition de Carillo (1999, 2002) est la suivante. Le modèle suppose que les agents ont une connaissance imparfaite de leurs préférences (i.e. la satisfaction que peut procurer la consommation de tabac), ils les apprennent au travers de leur consommation. L'incohérence temporelle des choix qui caractérisent les agents va alors limiter voire inhiber le mécanisme d'apprentissage de ses préférences réelles. En effet, Carillo (1999, 2002) montre que si un individu, conscient du danger potentiel, découvre qu'il apprécie la consommation de cigarettes, il préférera alors beaucoup consommer durant la période présente et consommer modérément dans les périodes futures. Un tel comportement, par hypothèse, est impossible, l'agent devra alors surconsommer à chaque période. Ainsi, si celui-ci anticipe que fumer lui procurera une grande satisfaction et que par conséquent il fumera de manière excessive, il préférera s'abstenir. Finalement, l'ignorance de ses goûts semble être une solution de moindre mal pour l'agent, un moyen de limiter sa consommation.

Une autre constatation ressort également de l'analyse de Carillo (1999, 2002) et permet de conforter cette dernière conclusion. L'auteur introduit dans le modèle des chocs positifs stochastiques sur le bénéfice qu'un agent retire de la consommation de cigarettes : un agent est susceptible de ressentir à un moment donné le besoin de fumer. Carillo (1999, 2002) montre alors que si celui-ci n'a jamais subi ce type de choc dans son passé mais est susceptible d'en subir un, il aura alors tendance à s'abstenir plus facilement de fumer qu'un agent ayant déjà subi ce type de choc. Encore une fois, l'auteur met en avant l'impact néfaste que peut avoir la connaissance de l'information, ici elle déclenche la dépendance.

Gruber et Köszegi (2004) ont une approche et surtout une ambition différentes dans leur article. Ils développent un modèle de consommation de biens pouvant induire des comportements de dépendance et en évaluent les implications en terme de régulation et tout particulièrement de définition des moyens d'intervention de l'Etat. Leur modèle se focalise sur deux grands points :

- la définition d'une utilité instantanée pour laquelle la consommation courante de biens tels que la cigarette dépend de la consommation passée de ce même bien,
- la définition de l'utilité globale à partir d'une actualisation hyperbolique de l'utilité instantanée.

Ce dernier point fait référence à l'utilisation d'un modèle HDU et par conséquent à une incohérence temporelle des choix des agents de fumer ou non. Une telle formulation reflète l'idée, ici encore, que le choix de consommation de cigarettes, et plus généralement de biens susceptibles d'induire une dépendance, est un problème de contrôle de soi, pour lequel il existe un réel conflit entre les égos présents et futurs de l'individu concerné. D'une manière formelle, les auteurs cherchent à définir l'équilibre parfait d'un sous-jeu entre les états personnels de l'agent, à différentes périodes, et dans lequel le choix à chacune des périodes est le niveau de consommation. Les auteurs peuvent ainsi évaluer la pertinence des politiques d'intervention de l'Etat (i.e. la taxation) à partir d'une modélisation des comportements des agents plus proche des données observées, que ne l'est l'approche rationnelle. Leur conclusion principale est que, compte tenu de l'incohérence temporelle, la taxation a peu d'effet sur la diminution de la consommation de cigarettes chez les individus aux revenus faibles, au contraire, elle a tendance à l'intensifier.

Il apparaît donc que, face à des produits ou activités dont les coûts à long terme sont imparfaitement connus (Gruber et Köszegi (2004) parlent de l'ampleur des coûts internes inhérents au fait de fumer), l'intervention de l'Etat doit être redéfinie. Celle-ci doit prendre en compte les comportements incohérents voire extrêmes des individus (rejet du risque, illusion du risque zéro ou surestimation du risque), qui préfèrent ne pas chercher l'information et adopter une attitude non précautionneuse à leur propre égard.

- Acquisition d'information

L'ensemble des contributions précédemment présentées a montré d'une part, que face à des situations ambiguës quant aux coûts potentiels à long terme, les individus ont tendance à reporter sur le futur toute prise de décision (procrastination), préférant alors bénéficier des revenus courants. Ils adoptent des comportements incohérents temporellement, qui peuvent induire des situations de surconsommation de produits potentiellement dangereux ou au contraire d'abstinence totale. D'autre part, une telle attitude conduit à inhiber toute recherche d'information ou processus d'apprentissage du danger potentiel afin d'éviter la surconsommation. Cette dernière remarque a été tout particulièrement étudiée par différents économistes dans le cadre plus large de choix d'activités, pour lesquelles les coûts externes potentiels (externalité négative potentielle) sont certes imparfaitement connus, mais où l'agent peut gratuitement acquérir de l'information sur ces coûts.

Carillo et Mariotti (2000), Bénabou et Tirole (2000, 2004) ont examiné l'influence des préférences (β, δ) sur le choix des agents d'acquérir ou non de l'information, que ce soit dans un problème de self control, afin de déterminer la capacité réelle des agents et définir des règles de comportement (Bénabou, Tirole (2000, 2004)), mais également sur la dangerosité d'une activité ou de la consommation d'un produit (Carillo, Mariotti (2000)).

Bénabou et Tirole (2000, 2004) développent des modèles généraux dont l'objectif est d'une part, d'analyser les mécanismes qui sous tendent l'évaluation qu'un agent fait de sa propre image et d'autre part, de décrire comment cette dernière peut induire différents comportements irrationnels, tels que limiter consciemment ses performances, être défaitiste ou encore s'engager dans une activité trop ambitieuse et qui se solderait alors par un échec. Ces biais cognitifs délibérés sont à l'origine de ces comportements temporellement incohérents et peuvent notamment se traduire en un "optimisme comparatif", une "confiance en soi" qui conduit chacun à se comparer de manière avantageuse à d'autres individus ou

groupes d'individus. De tels comportements inhibent tout mécanisme d'apprentissage des capacités réelles de l'agent à s'engager dans un projet, ce qui pourra par conséquent avoir un impact direct, non seulement sur le mode de choix du projet, mais également sur sa façon de le mener à bien. En présence d'incertitude, ces biais cognitifs sont donc susceptibles d'avoir un impact d'autant plus important, qu'ils inhibent tout mécanisme d'apprentissage, que ce soit sur la valeur même d'un individu ou encore sur celle des décisions que celui-ci est amené à prendre. Ce dernier point est étudié par Carillo et Mariotti (2000), dans le cadre d'une modélisation, dont nous présentons, à présent, les principales caractéristiques.

Carillo et Mariotti (2000) définissent un modèle général décrivant un choix d'activité ou d'investissement susceptible d'induire une externalité négative (I_t). L'existence de cette externalité et la possibilité de sa réalisation sont inconnues au moment du choix qu'opère l'agent (i.e. la probabilité θ d'exercer I_t est inconnue, elle est représentée par une distribution de probabilité π_0 et une densité $f(\theta)$, sur le support $[0,1]$). Les auteurs veulent ainsi mettre en évidence le rôle de la perception du risque dans la prise de décision de l'agent dans un contexte d'incertitude. Ils développent à cette fin un jeu dynamique intra-personnel, où l'information sur θ est gratuite. Un tel jeu décrit un conflit entre les différents états de l'agent (i.e. les ego présents et futurs) et suppose l'incohérence temporelle de ses préférences (i.e. actualisation hyperbolique). Carillo et Mariotti (2000) reprennent la modélisation de Phelps et Pollak (1968) de l'utilité sous de telles hypothèses :

$$U_t = E_t(u_t + \beta \sum_{\tau=1}^{\infty} \delta^\tau u_{t+\tau})$$

où β représente l'impaticence de l'agent vis à vis des bénéfiques courants relativement aux flux futurs et δ , le taux d'escompte entre deux périodes.

u_t est l'utilité instantanée de l'agent ($u_t = x_t - I_t$, où x_t est la consommation de l'agent à la période t) et on note également que I_t est l'externalité négative espérée. Celle-ci se réalise avec la probabilité θ et diminue alors les revenus futurs de l'agent par période d'un montant $\lambda^{\tau-1}C > 0$:

$$I_t = \sum_{\tau=0}^{t-1} \lambda^{t-\tau-1} x_t \theta C$$

Sous de telles conditions, la modélisation de l'utilité intertemporelle, retenue par Carillo et Mariotti (2000) et appliquée sur trois périodes, est la suivante :

$$U_0(x_0, x_1) = x_0(1 - \beta\theta C) + x_1\beta(1 - \theta C)$$

$$U_1(x_0, x_1) = -x_0\theta C + x_1(1 - \beta\theta C)$$

$$U_2(x_0, x_1) = -x_1\theta C$$

Alors que dans un modèle standard, il est toujours optimal d'acquérir l'information lorsque celle-ci n'est pas trop coûteuse, Carillo et Mariotti (2000) montrent ici que l'incohérence temporelle justifie des stratégies d'ignorance de la part des individus, c'est à dire le refus d'acquisition de l'information sur la probabilité d'occurrence de l'externalité négative liée au développement de l'activité choisie. L'étude du programme (U_0, U_1, U_2) permet de définir les conditions suivantes, quant à l'application de cette stratégie d'ignorance :

- **L'utilité de l'agent en 0 montre que :**

L'agent consomme en $t=0$ et $t=1$ si $\theta \in [0, 1/C]$

L'agent consomme en $t=0$ et s'abstient en $t=1$ si $\theta \in [1/C, 1/\beta C]$

L'agent s'abstient en $t=0$ et $t=1$ si $\theta \in [1/\beta C, 1]$

- **L'utilité de l'agent en 1, si celui-ci a acquis de l'information en $t=0$ sur θ , montre que :**

L'agent consomme en $t=0$ et $t=1$ si $\theta < 1/\beta C$

L'agent s'abstient en $t=0$ et $t=1$ si $\theta \geq 1/\beta C$

- **L'utilité de l'agent en 1, si celui-ci n'a pas acquis d'information en $t=0$ sur θ , montre que :**

L'agent consomme en $t=0$ et $t=1$ si $E_\pi(\theta) < 1/\beta C$

L'agent s'abstient en $t=0$ et $t=1$ si $E_\pi(\theta) \geq 1/\beta C$

L'étude de la fonction d'utilité globale de l'agent permet pourtant de définir $E\pi(\theta) \geq 1/\beta C$ comme une condition nécessaire justifiant une stratégie d'ignorance, dans la mesure où elle implique une consommation nulle pour l'agent durant les deux périodes étudiées (i.e. abstinence).

On remarque cependant qu'une telle condition n'est pas suffisante. L'ignorance est, d'une part, sous optimale à $t=0$ si $\theta \in [0, 1/\beta C]$, et à $t=1$ si $\theta \in [0, 1/C]$, car l'agent consomme durant les deux périodes (i.e. l'abstinence est aussi sous optimale). D'autre part, elle n'apporte aucun bénéfice à l'agent si $\theta \in [1/\beta C, 1]$, car l'agent s'abstient de consommer, quelle que soit l'information.

On pourra par conséquent uniquement conclure que, si $\beta < 1$ (i.e. incohérence temporelle des choix), il existe toujours une région où l'agent a intérêt à ne pas acquérir l'information sur θ et à s'abstenir de consommer. Finalement, les auteurs définissent donc l'incohérence temporelle des choix comme une *condition nécessaire et suffisante* rendant toute stratégie d'ignorance cohérente.

Une telle analyse du processus de décision d'un agent, dans un contexte qu'ils qualifient d'incertitude, permet à Carillo et Mariotti (2000) de conclure sur l'impact d'un tel contexte sur la perception du risque et a fortiori sur le comportement des agents. Les auteurs prédisent ainsi de manière générale, que dans le cas de la consommation d'un produit, qui apporte des satisfactions présentes à l'agent mais peut avoir des coûts potentiels retardés (contexte d'incertitude sur la probabilité de l'occurrence des coûts), si le risque réel est perçu comme petit, alors le risque moyen sera perçu après la réalisation de l'externalité négative comme plus grand que le risque objectif. Par conséquent, la consommation sera plus faible que si l'agent disposait de l'information sur ce risque. Dans le cas d'activités à risque et dans un contexte d'incertitude sur les coûts potentiels inhérents à leurs développements, les auteurs concluent, là encore, que l'ignorance est une stratégie optimale, elle est un outil de prévention, afin d'éviter que les agents ne s'engagent dans des activités hasardeuses, qu'ils pourraient regretter plus tard.

2-3 Conclusion : biais cognitifs et comportements des agents face au risque catastrophique et à l'incertitude

Cette partie a présenté une étude des mécanismes cognitifs et des outils de formalisation des comportements, dans le cadre de choix d'investissements ou d'activités pour lesquels l'information est imparfaite et non stabilisée. Les travaux présentés expliquent et justifient de manière formelle un ensemble d'observations empiriques relevées dans la première partie et qui caractérisent les comportements des différents acteurs privés et publics face au risque industriel : le déni du risque, l'illusion du risque zéro, les phénomènes d'oubli.

D'une manière générale, l'incertitude qui caractérise aujourd'hui toute activité nouvelle, ou connue et à risque, a trois grandes conséquences sur les agents :

- une sur ou sous-estimation de la vraisemblance d'un événement catastrophique
- un refus d'apprentissage des caractéristiques réelles du risque catastrophique et de celles de l'incertitude
- un report sur les générations futures des efforts de prévention afin de ne pas contraindre le développement industriel

Ces trois points caractérisent un comportement non précautionneux de la part des agents, qui ont ainsi tendance à favoriser les bénéfices courants au détriment d'investissements ou de projets de long terme.

L'approche positive de la théorie des perspectives et la modélisation de préférences incohérentes temporellement proposent une analyse et une description de ces comportements. Le refus d'acquisition d'informations et le report des décisions efficaces sont d'ailleurs les solutions optimales proposées par la modélisation des choix intertemporels suivant une actualisation hyperbolique. Cette dernière approche justifie également le refus d'apprentissage des caractéristiques du risque, afin d'éviter la surconsommation ou le sur-développement d'une activité encore trop peu connue.

3^{EME} PARTIE – CHOIX D'INVESTISSEMENT ET INCOHERENCE TEMPORELLE

Dans un monde d'incertitude, les décisions des individus sont déterminées non seulement par leurs préférences, mais également par la perception qu'ils peuvent avoir d'une situation risquée. La seconde partie de cette étude a mis en avant un ensemble de biais susceptibles d'influer sur les comportements des agents, et les différentes modélisations proposées ont montré que ces derniers s'éloignaient largement des prédictions des approches normatives traditionnelles. En présence d'activités nouvelles ou à risque, il existe en France différentes incitations (juridiques, assurantielles...) à une gestion précautionneuse des risques inhérents à ces activités. Nous avons vu également en première partie que l'enjeu actuel, en matière de développement industriel, est de définir un équilibre entre innovation, sécurité et apprentissage du risque, mais les incitations actuelles, bien que présentant une nette évolution en la matière, semblent encore relativement impuissantes face aux enjeux économiques et sociétaux des risques industriels. Cette troisième partie a pour ambition d'expliquer comment les comportements des agents en matière de choix d'investissements, caractérisés par une incertitude sur les risques, peuvent inhiber tout mécanisme d'apprentissage, et donc limiter l'apport incitatif des réglementations existantes, tout particulièrement en terme de prévention.

Nous développerons un modèle, dans lequel un agent a des préférences pour les satisfactions courantes et est confronté à un choix d'investissement dans un projet pour lequel l'information est imparfaite et non stabilisée. L'individu a toutefois la possibilité d'acquérir gratuitement l'information sur les risques potentiels du projet. Le modèle tend alors d'une part, à décrire sa décision d'investissement, et d'autre part, à définir si le projet sera réalisé dans son ensemble ou partiellement. Dans un tel contexte d'incertitude, nous démontrons qu'il est possible que l'agent préfère ne pas acquérir d'information, de peur qu'une révision possible de ces croyances, due à une meilleure connaissance des risques, ait un impact sur son comportement. Par exemple, il pourrait décider de stopper prématurément le projet. Ceci suggère qu'un aveuglement délibéré pourrait être un outil de prévention face à une activité encore trop peu connue (comme dans l'analyse de Carillo et Mariotti (2000) présentée dans la partie précédente), mais inversement, ceci pourrait aussi poser un réel problème en termes de précaution et d'innovation, en particulier en matière d'activité industrielle.

Après avoir décrit, dans une première section, les caractéristiques principales du modèle développé, nous proposons de déterminer, dans une seconde section, d'une part, les conditions sous lesquelles le projet est mené à son terme, et d'autre part, celles qui conditionnent l'acquisition d'informations sur les risques potentiels, au moment de la décision d'investissement. Enfin, la dernière section conclue en se focalisant sur l'impact des comportements décrits par le modèle, sur l'efficacité des réglementations existantes en matière d'activité industrielle.

3-1 Descriptif du modèle

Les principaux éléments du modèle sont les suivants.

- Les agents

Le modèle décrit un jeu intrapersonnel et intertemporel entre les différents états personnels d'un agent (ses ego présents et futurs). Un agent est alors représenté comme un ensemble dénombrable d'incarnations neutres au risque. Pour chaque période t du modèle, il existe une incarnation, notée *self-t*. Le modèle étudie les choix d'investissement de chacune des incarnations de l'agent sur un horizon temporel discret, nous nous concentrerons sur trois périodes: $t=0, 1, 2$.

Nous supposons également que l'agent a des préférences incohérentes temporellement, qui traduisent une préférence plus importante pour les satisfactions présentes. Cette incohérence temporelle de l'agent dans ces choix se formalise d'une manière plus générale par une actualisation hyperbolique de ces gains espérés ou de son utilité espérée, c'est à dire un taux d'escompte décroissant entre le présent et le futur, et constant entre deux périodes futures. Comme Akerlof (1991) ou encore Carillo et Mariotti (2000), nous définirons un paramètre β , taux d'escompte de l'agent entre deux périodes, qui regroupe l'ensemble des facteurs psychologiques qui influent sur les choix de l'agent. Si $\beta=1$, aucun de ces facteurs n'a d'impact sur les décisions d'un individu, on dira que ces préférences sont cohérentes temporellement: elles ne se modifient pas au cours du temps. Nous supposerons donc ici, que $\beta<1$, ce qui caractérise des préférences incohérentes temporellement.

- Descriptif du projet d'investissement

Le modèle confronte l'agent à un choix d'investissement. Le projet proposé dégage des bénéfices à chaque période, mais est susceptible d'induire un coût externe retardé. La probabilité de réalisation de ce coût est inconnue au moment où l'agent doit décider de réaliser ou non le projet. Ce coût retardé peut, comme dans Carillo et Mariotti (2000), être considéré comme une externalité négative induite par la réalisation du projet. Le jeu de diffusion de l'information proposé a pour objectif d'analyser l'impact de cette externalité négative potentielle et du manque de connaissance sur ses caractéristiques, sur le comportement d'investissement de l'agent. Nous essaierons de répondre tout particulièrement à deux grandes questions:

- L'agent va-t-il choisir d'acquérir de l'information sur les risques potentiels du projet?
- L'incertitude sur la probabilité de réalisation de l'externalité va-t-elle conduire l'agent à ne pas réaliser le projet ou à ne le réaliser que partiellement?

Une illustration possible du modèle concerne le comportement d'investissement d'une entreprise. Celle-ci doit décider de réaliser ou non un projet dont elle connaît les coûts et les bénéfices financiers directs. Ce projet peut également être à l'origine d'une externalité négative dont la probabilité est imparfaitement connue de l'entreprise. Dans le cas où cette dernière est dans un régime de pleine responsabilité et si, par exemple, l'externalité se traduit par des conséquences néfastes des produits vendus dans le cadre du projet, sur la santé des acheteurs ou sur le bien-être des riverains d'une usine, l'entreprise sera tenue de rembourser l'intégralité des coûts des dommages.

Initialement, l'entreprise ne connaît pas la probabilité d'occurrence de ces effets externes négatifs mais elle peut éventuellement décider de rechercher l'information sur ces risques, avant de faire son choix d'investissement. Elle a également la possibilité de s'engager dans le projet ou d'y renoncer, sans chercher l'information.

Les caractéristiques du projet sont les suivantes:

- Soit I le montant investi en première période ($t=0$). Les revenus sont d'un montant R_1 en seconde période ($t=1$) et d'un montant R_2 en dernière période ($t=2$).
- La probabilité de réalisation de l'externalité négative est notée θ et elle est inconnue de l'agent au moment où il fait son choix d'investissement. Cependant, il a la possibilité, à

$t=0$, d'acquérir gratuitement de l'information sur celle-ci, elle lui est alors révélée en $t=1$. En cas de réalisation, l'externalité se traduit, en $t=2$, par un coût c sur les revenus de l'agent.

- L'agent peut décider en première période ($t=1$) d'arrêter le projet, avec une probabilité $(1-x)$. $x \in [0,1]$. S'il décide d'abandonner ($x=0$), il récupère alors, à $t=1$, une partie D de son investissement ($D < I$). Cependant, en dernière période, un coût c' peut apparaître avec la probabilité θ et sera à la charge de l'investisseur. On supposera que $c' < c$, puisque le projet n'aura été mené que sur une seule période.

Remarque: R_1 , R_2 , c et c' sont connues en $t=0$. L'incertitude, en première période, porte uniquement sur la valeur de θ . En l'absence d'information, θ est considéré comme une variable aléatoire. On note $\pi(\theta)$ la fonction de répartition de θ , en $t=0$.

Le déroulement du jeu est le suivant:

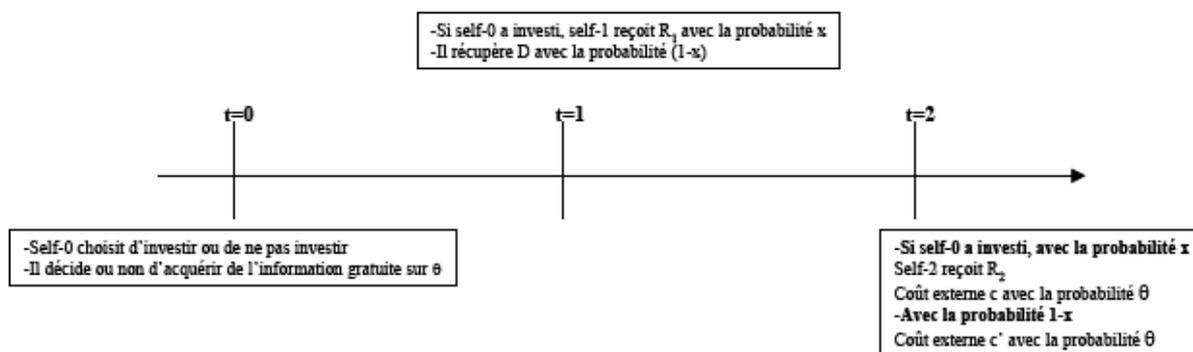


Figure 2: Jeu intrapersonnel de diffusion de l'information

L'intuition qui sous-tend les développements qui suivent est la suivante. Si self-0 décide d'acquérir gratuitement de l'information sur θ en première période, il existe une forte possibilité que self-1 liquide le projet selon la valeur de θ . En effet, si θ est grand, l'agent abandonnera alors le projet dans cette deuxième période, afin de récupérer D . Il le fera d'autant plus facilement qu'il accordera une importance plus grande aux gains en $t=1$, qu'à ceux réalisés en $t=2$. Toutefois, du point de vue de self-0, le choix futur de self-1 n'apparaît pas nécessairement optimal, car self-0 accorde la même importance aux gains en $t=1$ et $t=2$, mais il donne plus d'importance aux gains en $t=0$. En conséquence, il est possible que self-0

désire pouvoir s'engager à ne pas abandonner le projet, mais il ne pourra le faire si self-1 dispose de l'information sur θ . Une manière de s'engager à ne pas abandonner le projet en $t=1$ est de ne pas rechercher l'information sur θ . Dans certains cas, cette stratégie d'aveuglement délibéré peut se révéler optimale pour self-0.

D'un point de vue normatif, il est toujours optimal d'acquérir cette information lorsqu'elle est peu coûteuse, *à fortiori* si elle est gratuite. Il apparaît ici que dans le cas d'activités pour lesquelles l'information sur les coûts potentiels à terme est imparfaite et non stabilisée, les agents adoptent des comportements déviants de la norme. En présence d'incertitude scientifique et dans le cas du développement d'activités nouvelles ou à risques, ce type de comportements soulève, comme nous l'avons montré dans une première partie, différentes interrogations en terme de précaution et de responsabilité. Le modèle développé propose une analyse de ces comportements, il en donne une modélisation et surtout tend à formaliser leur impact en matière d'apprentissage du risque et de l'incertitude.

3-2 Incohérence temporelle et apprentissage du risque

- Calcul de l'utilité globale intertemporelle espérée d'un agent à chaque étape du projet

Soit V_t , pour $t=0, 1, 2$, l'utilité intertemporelle globale de self- t .

Pour self-0

En première période ($t=0$), l'agent investit un montant I . En deuxième période son revenu est R_1 et il reçoit D avec la probabilité $(1-x)$. Le revenu actualisé de l'agent en seconde période ($t=1$) pourra alors s'écrire $\beta[R_1+(1-x)D]$, où β est le taux d'escompte de l'agent entre deux périodes. On notera que $0 < \beta \leq 1$. Enfin en dernière période ($t=2$), l'agent reçoit un revenu net $R_1 - c\theta$ avec la probabilité x , et il doit s'acquitter en $t=2$ d'un montant $\theta c'$ avec la probabilité $(1-x)$.

On peut définir l'utilité globale intertemporelle espérée (V_t) de l'agent, vue de $t=0$, c'est à dire l'utilité espérée de self-0:

$$V_0 = -I + \beta [R_1 + (1 - x) D] + \beta [x (R_2 - \theta c) - (1 - x) \theta c']$$

Pour self-1

Durant la période (t=1), l'agent reçoit R_1 de manière sûre et D avec la probabilité $(1-x)$. Son revenu actualisé sur la période suivante (t=2) sera par conséquent : $\beta [x(R_2 - \theta c) - (1-x)\theta c']$.

L'utilité globale inter-temporelle espérée (V_1) de self-1 s'écrit alors:

$$V_1 = R_1 + (1 - x) D + \beta [x (R_2 - \theta c) - (1 - x) \theta c']$$

Pour self-2

Si l'agent décide en t=1 de continuer le projet, son revenu net en dernière période (t=2) est $R_2 - \theta c$. Par contre, s'il décide en t=1 de liquider son investissement, il devra en t=2 s'acquitter des coûts retardés induits par le projet sur sa première période de vie. Ainsi l'agent payera en t=2, un montant $\theta c'$ avec la probabilité $(1-x)$.

L'utilité globale inter-temporelle espérée (V_2) de self-2 s'écrit donc:

$$V_2 = x (R_2 - \theta c) - (1 - x) \theta c'$$

Afin de réaliser un choix d'investissement, un agent cherche de manière générale à maximiser sur chaque période son utilité espérée. Ici, l'agent va donc vouloir maximiser le système d'espérance d'utilité suivant:

$$V_0 = -I + \beta [R_1 + (1 - x) D] + \beta [x (R_2 - \theta c) - (1 - x) \theta c'] \text{ pour self-0}$$

$$V_1 = R_1 + (1 - x) D + \beta [x (R_2 - \theta c) - (1 - x) \theta c'] \text{ pour self-1}$$

$$V_2 = x (R_2 - \theta c) - (1 - x) \theta c' \text{ pour self-2}$$

La proposition 1 caractérise les conditions sur θ conditionnant la conduite du projet à terme

Proposition 1 *En $t = 1$, l'agent décide de continuer le projet, c'est à dire qu'il choisit $x=1$, si $\theta < \theta_1$, où*

$$\theta_1 \equiv \frac{\beta R_2 - D}{\beta(c - c')}$$

Il choisit $x=0$ si $\theta > \theta_1$ et il est indifférent à la valeur de $x \in [0,1]$ si $\theta = \theta_1$

$$\begin{aligned}
\frac{\Pi_{NL} - \Pi_L}{\beta} &= R_2 - cE(\theta) \\
&\quad - \pi(\theta > \theta_1)D - \pi(\theta < \theta_1)[R_2 - cE(\theta | \theta < \theta_1)] + \pi(\theta > \theta_1)c'E(\theta | \theta > \theta_1) \\
&= R_2 - [\pi(\theta < \theta_1)E(\theta | \theta < \theta_1) + \pi(\theta > \theta_1)E(\theta | \theta > \theta_1)]c \\
&\quad - \pi(\theta > \theta_1)D - \pi(\theta < \theta_1)[(R_2 - cE(\theta | \theta < \theta_1))] + \pi(\theta > \theta_1)c'E(\theta | \theta > \theta_1) \\
&= (1 - \pi(\theta < \theta_1))R_2 - \pi(\theta > \theta_1)E(\theta | \theta > \theta_1)c - \pi(\theta > \theta_1)D \\
&\quad - \pi(\theta < \theta_1)c'E(\theta | \theta < \theta_1) \\
&= \pi(\theta > \theta_1)R_2 - \pi(\theta > \theta_1)E(\theta | \theta > \theta_1)c - \pi(\theta > \theta_1)D + \pi(\theta > \theta_1)c'E(\theta | \theta < \theta_1)
\end{aligned}$$

Donc,

$$\Pi_{NL} - \Pi_L = \beta\pi(\theta > \theta_1)[R_2 - D - E(\theta | \theta > \theta_1)(c - c')]$$

On a alors $\Pi_{NL} < \Pi_L$ si et seulement si $E(\theta | \theta > \theta_1) > \theta_2$.

- **Cas 1 : $\beta = 1$**

On a $\theta_1 = \theta_2$. Par conséquent, $\Pi_{NL} < \Pi_L$ si et seulement si $E(\theta | \theta > \theta_1) > \theta_2$, ce qui est toujours vrai.

Dans le cas des préférences temporellement cohérentes ($\beta=1$), il est toujours optimal de rechercher de l'information si celle-ci n'est pas trop coûteuse.

- **Cas 2 : $\beta < 1$**

On vérifie que $(R_2 - D)/(c - c') > (\beta R_2 - D)/(\beta(c - c'))$ et donc $\theta_1 < \theta_2$ si $\beta < 1$.

En conséquence, on peut avoir $E(\theta | \theta > \theta_1) < \theta_2$. Dans ce cas, $\Pi_{NL} > \Pi_L$, il est donc optimal de ne pas rechercher l'information en $t=0$.

- Interprétation

- **Cas 1 : $\beta = 1$**

Si l'agent décide d'acquérir de l'information sur θ en $t=0$, alors il mènera à terme le projet, d'après la proposition 1, si et seulement si θ est inférieure à $(R_2 - D)/(c - c')$. De plus, il n'a pas intérêt à refuser l'information en $t=0$, puisque dans tous les cas son profit avec information sera supérieur à celui sans information.

Ce cas décrit des préférences cohérentes temporellement, c'est à dire une d'actualisation linéaire de l'utilité intertemporelle globale (ici un taux d'actualisation nul). Les agents adoptent alors un comportement rationnel: ils choisissent toujours, comme le prédit la théorie économique, d'acquérir l'information si celle-ci est peu coûteuse.

- **Cas 2 : $\beta < 1$**

Si les valeurs de θ supérieures à θ_1 sont fortement concentrées dans l'intervalle $[\theta_1, \theta_2]$, alors on aura $E(\theta|\theta > \theta_1) < \theta_2$ et l'entreprise ne recherchera pas l'information sur les risques de son projet.

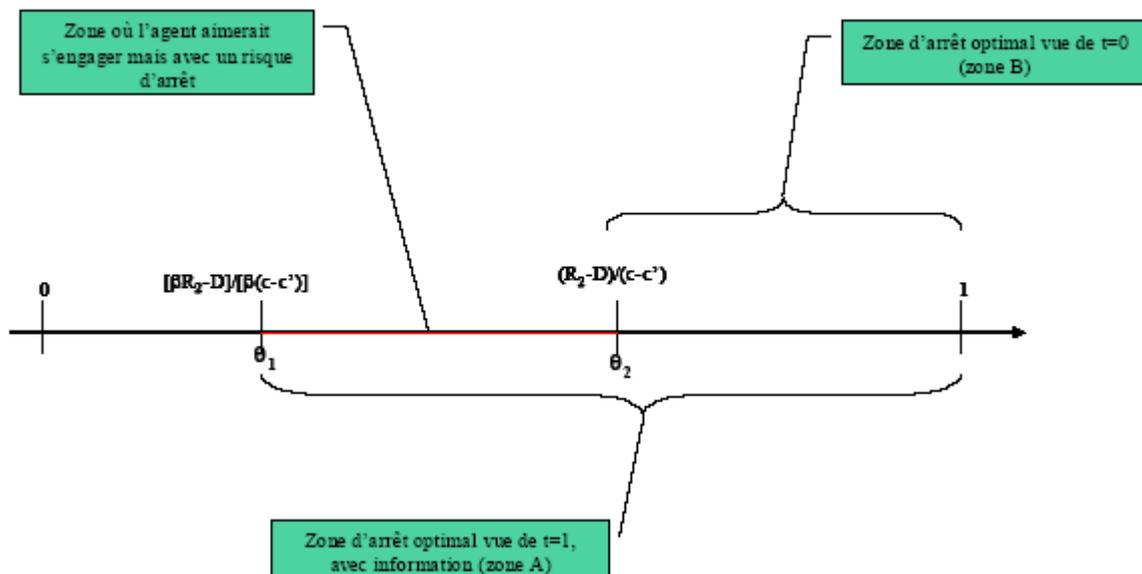


Figure 3: Conditions sur θ sous lesquelles le projet est mené à terme

- La proposition 1 permet dans un premier temps de déterminer qu'un agent ayant acquis de l'information sur θ en première période décidera en $t=1$ de liquider le projet si $\theta > \theta_1$, c'est à dire si θ est situé dans la zone A. Inversement si $\theta < \theta_1$, alors l'agent mènera le projet à terme.

- La proposition 2 nous permet de faire deux types de conclusions:

- déterminer les valeurs de θ pour lesquelles l'agent choisira en première période d'acquérir ou non de l'information,

- déterminer les conditions sur θ qui déterminent le choix d'investissement de l'agent en première période.

Dans un premier temps, supposons que l'agent acquière de l'information sur θ en $t=0$ et déterminons les conditions d'arrêt du projet vues de $t=0$ et de $t=1$:

- pour self-1, si $\theta > \theta_1$, le projet est stoppé en $t=1$,
- pour self-0, si $\theta > \theta_2$ en $t=0$, le projet devrait être stoppé en $t=1$.

Supposons alors que $\theta \in]\theta_1, \theta_2[$, il reste à définir si l'agent décide ou non d'acquérir l'information gratuite sur θ .

L'agent choisira d'acquérir de l'information sur θ en $t=0$ si et seulement si son profit avec information est supérieur à celui sans information. Nous avons vu que ceci est le cas si $E(\theta|\theta>\theta_1) > \theta_2$

Quand $E(\theta|\theta>\theta_1) < \theta_2$, l'acquisition d'information sur les risques potentiels du projet décrit, n'est pas une stratégie optimale pour l'agent. Celui-ci préfère une stratégie d'ignorance car le risque que self-1 abandonne le projet est tel que self-0 préfère s'engager à le poursuivre à son terme en ne disposant pas de l'information : c'est en quelque sorte une ignorance rationnelle.

3-3 Conclusion

L'incohérence temporelle justifie les stratégies d'ignorance des agents. Celles-ci les incitent, en effet, à faire un investissement dont le risque leur est imparfaitement connu, alors que s'ils décidaient d'acquérir l'information ils seraient susceptibles de stopper leur activité prématurément ou même de ne pas accepter le projet. Ceci est d'ailleurs le cas lorsque $\Pi_L < 0 < \Pi_{NL}$. L'incohérence temporelle des choix ($\beta < 1$) est par conséquent une condition nécessaire pour expliquer le refus d'acquisition de l'information en première période, alors que cette dernière est gratuite. L'incertitude sur la potentialité d'un risque induit, par conséquent, des comportements déviants de la norme de rationalité intertemporelle.

Si les coûts potentiels retardés (c et c'), décrits dans le modèle, correspondent aux coûts des dommages d'une catastrophe industrielle, dans un régime de pleine responsabilité, il peut être de l'intérêt de l'entrepreneur de ne pas rechercher l'information sur les risques encourus. Le modèle développé suppose donc qu'un régime de responsabilité sans faute peut être insuffisant pour inciter les entreprises à adopter un comportement précautionneux en matière de gestion des risques d'externalité.

Si la recherche de l'information ne se fait pas de manière spontanée, à fortiori lorsqu'elle a un coût, il faut par conséquent définir des incitations efficaces pour pallier un tel comportement. Ainsi que nous l'avons vu dans la partie précédente, l'instauration de régime de responsabilité sans faute va donc dans ce sens, mais pour être pleinement efficace, il doit s'accompagner de la définition d'une obligation d'information attestant que la recherche de tous les paramètres, permettant d'estimer les risques, a bien été menée à son terme.

BIBLIOGRAPHIE

- Akerlof, G. (1991), "Procrastination and obedience", *American Economic Review*, 81, 1-19
- Assemblée Nationale (2002), *Rapport de la commission d'enquête sur la sûreté des installations industrielles et des centres de recherche et sur la protection des personnes et de l'environnement en cas d'accident industriel majeur*, n°3559
- Bénabou, R. and J. Tirole. (2002), "Self confidence and personal motivation", *The Quarterly Journal of Economics*, pp 871-913
- Bénabou, R. and J. Tirole. (2004), "Willpower and personal rules", *Journal of Political Economy*, Vol 112, n°4
- Brown, M. and R. Hoyt (2000), "The demand for flood insurance : empirical evidence", *Journal of risk and Uncertainty*, Vol 20, N°3, pp 291-306
- Cabantou L. (2003), « Comment les assureurs réagissent-ils à l'ambiguïté des probabilités et aux conflits d'expert », *Risques*, n°55
- Carillo, J.D. (1999), *Self control, moderate consumption and craving*, CEPR discuss. paper 2017
- Carillo, J.D. and T. Mariotti (2000), "Strategic ignorance as a self-disciplining device", *Review of Economic Studies*, 67, pp.529 -- 544
- Carillo, J.D. (2002), "To be consumed with moderation", *European Economic Review*, vol. 29, Issue 1, pp. 99-111
- Commissariat Général au Plan (2003), *La décision publique face au risque*, Rapport du séminaire Risques, La Documentation Française
- Elster, J. (1979), *Ulysses and the sirens : studies in rationality and irrationality*, Cambridge UK : Cambridge U.Press
- Essig, P. (2001), *Débat national sur les risques industriels*, Ministère de l'écologie et du développement durable.
- European Environmental Agency (2003), *Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe*, *Environmental issue report*, n°35.
- Frederick, S., G. Loewenstein, R. O'Donoghue (2002), "Time discounting and time preference: a critical review", *Journal of Economic Literature*, Vol XL, pp. 351-401
- Godard, O. (1997), *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*, MSH Paris et INRA

- Godard, O., C. Henry, P. Lagadec et E. Michel-Kerjan (2002), *Traité des nouveaux risques*. Gallimard, (Folio-Actuel), Paris
- Gollier, C., D.J. Hilton et E. Raufaste (2003), « Daniel Kahneman et l'analyse de la décision face au risque », *Revue d'Economie Politique*, N°113, Vol 3, pp 295-307
- Gruber and Köszegi (2004), “Tax incidence when individuals are time-inconsistent : the case of cigarette excise taxes”, *Journal of Public Economy*, Vol 88, pp.1959-1987
- Heath, C. and A. Tversky (1991), “Preference and belief: ambiguity and competence in choice under uncertainty”, *The Journal of Risk and Uncertainty*, 4, pp. 5-28
- Henry, C. and M. Henry (2002), *L'essence du principe de précaution: la science incertaine mais néanmoins fiable*, Séminaire développement durable et économie de l'environnement, Iddri, EDF-Ecole Polytechnique, n°11
- Hsee C. and H. Kunreuther (2000), “The affection effect in insurance decisions”, *Journal of Risk and Uncertainty*, n°20, pp 141-159
- Huber, O. and R. Wider (1997), “Active information search and complete information presentation in naturalistic risky decision tasks”, *Acta Psychologica*, n°95, pp 15-29
- Kahneman, D., P. Slovic and A. Tversky (1982), *Judgment under uncertainty: heuristics and biases*, Cambridge University Press, New York.
- Kahneman, D. and A. Tversky (2000), *Choices, values and frames*, Cambridge, Cambridge University Press,
- Kahneman, D. and A. Tversky (1979), “Prospect Theory: an analysis of decision under risk”, *Econometrica*, vol 47, pp 263-291
- Kunreuther H. (1978), *Disaster insurance protection: public policies lessons*, New York Willey Interscience
- Kunreuther H. (2001), *Risk Analysis and Risk Management in an Uncertain World*, Society for Risk Analysis Annual Meeting Seattle, Washington, December 4
- Kunreuther, H., J. Meszaros, R. Hogarth and M. Spranca (1995), “Ambiguity and underwriter decision processes”, *Journal of Economic Behaviour and Organization*, vol. 26, pp. 337-352
- Kunreuther, H. (1996), “Mitigation disaster losses through insurance”, *Journal of risk and Uncertainty*, Vol 12, pp 171-187
- Lagadec, P. (2002), *Crises et Précaution*, Séminaire Economie de l'environnement et du développement durable, IDDRI.
- Laibson, D. (1997), “Golden eggs and hyperbolic discounting”, *Quarterly Journal of Economics*, 112 : pp 443-478

Laibson, D. (1998), « Life cycle consumption and hyperbolic discount functions », *European Economic Review*, 42, pp. 861-871

Les Entretiens de l'Assurance (2002), *Débat Régional sur Les Risques Industriels*, Les Entretiens de la Prévention

Masson, A. (2002), « Risque et horizon temporel : quelle typologie des consommateurs - épargnants? », *Risques*, n°49

Michel-Kerjan, E. (2003), « Terrorisme à grande échelle : Partage de risques et politiques publiques », *Revue d'Economie Politique*, 113 : 625-648

Michel-Kerjan, E. and B. Pedell (2005), “Terrorism Risk Coverage in the post 9/11-Era: A Comparison of New Private-Public Partnerships in France, Germany and the U.S.”, à paraître dans *Geneva Papers on Risk and Insurance*

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2001), *La prévention des risques industriels*, Note d'information

OCDE (2003), *Les risques émergents au 21ème siècle, Vers un programme d'action*, Risk Report.

O'Donoghue and Rabin (1999), “Doing it now or later”, *American Economic Review*, 89 :1, pp.103-124

O'Donoghue and Rabin (2001), “Choice and procrastination”, *Quarterly Journal of Economic*, 116 :1, pp.121-160

Papon, T. (2004), *The effect of precommitment and past-experience on insurance choices : an experimental study*, 31th Seminar of the European Group of Risk and Insurance Economics, Marseille, September 20-22

Phelps, E.S. and R. Pollak (1968), “On second-best national saving and game-equilibrium growth”, *Review of Economic Study*, Vol 35, pp 185-199

Rae, J. (1834), *The sociological theory of capital* (reprint 1834 ed.), London: Macmillan

Rosenthal, I., P. Kleindorfer, H. Kunreuther, E. Michel-Kerjan and P. Schmeidler (2004), *Lessons learned from chemical accidents and incidents*, OCDE Workshop.

Samuelson, P. (1937), “A note of measurement of utility”, *Review of Economic Studies*, Vol 4, pp.155-161

Savage, L. (1954), *The foundations of statistics*, John Wiley, New York.

Sinclair-Desgagné, B. and C. Vachon (1999), *Dealing with major technological risks*, working paper, Cirano.

Sinclair-Desgagné, B. (2001), « La régulation des risques industriels majeurs », *Risques*, n°47.

Smithson, M. (1999), "Conflict aversion: preference for ambiguity vs conflict in sources and evidence", *Organizational Behaviour and Human Decision Process*, 79:3, pp. 179-198

Strotz, R.H. (1955), "Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization", *Review of Economic Study*, 23 :3, pp. 165-180

Swiss Re (2003), *The picture of ART*, Sigma, n°1, Zurich: Swiss Re, Economic Research and Consulting..

Thaller, R. and E. Johnson (1990)., "Gambling with the house money and trying to break even: the effect of prior outcomes on risky choice", *Management Science*, Vol 36, n°6

Tversky A. and D. Kahneman. (1974), "Judgement under uncertainty : heuristics and biases", *Sciences*, 185, pp. 1124-1131

Weber, M. and H. Zuchel (2003), *How do prior outcomes affect risk attitude*, Mimeo, Universität of Mannheim