



Journée du 4 mai 2007

Quelle aide à la décision  
pour la gestion des  
risques industriels et  
environnementaux ?

Ministère de la Recherche  
Carré des Sciences  
Paris



**Institut pour la Maîtrise des Risques**  
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



## OBJECTIFS

Cette journée vise à faire connaître à la communauté industrielle la contribution des sciences de la décision aux problématiques de la gestion des risques industriels et environnementaux.

La théorie de la décision offre un large éventail de techniques dont la plupart demeurent insuffisamment connues des praticiens. Une des questions est de savoir si les techniques décisionnelles habituellement retenues par ceux-ci sont toujours appropriées et performantes.

S'agissant de risques industriels et environnementaux, on se demandera quelles difficultés méthodologiques soulève leur traitement et, en conséquence, à quels outils alternatifs recourir.

Cette journée s'articule autour de :

► deux présentations académiques :

- l'une introduit sous une forme vulgarisée les principaux éléments de la théorie de la décision,
- l'autre expose les questions spécifiques à la gestion des risques et les réponses que l'on peut en conséquence y apporter.

► trois exemples d'applications faisant écho aux exposés fondamentaux de la matinée.

Ce colloque souligne les interactions des sciences de la décision avec les autres disciplines de la gestion des risques. Il vise à développer de nouveaux échanges entre les différents "métiers" et acteurs oeuvrant dans ce domaine.

Cette journée s'adresse à tous, concepteurs et opérationnels de la gestion des risques industriels et environnementaux.

Coordinateurs de la journée :

M. François BEAUDOUIN (EDF R&D) et Mme Myriam MERAD (INERIS)



## PROGRAMME

- 9h30            Accueil
- 9h50            Ouverture de la journée  
Guy PLANCHETTE - Président de l'IMdR
- 10h00           **Un panorama de l'évolution en matière de risques dans l'industrie**  
Jacques VALANCOGNE - RATP  
Discutant : Marc LASSAGNE - GRID, ENSAM

### CE QUE LA THEORIE NOUS ENSEIGNE

- 10h45           **De la théorie de la décision à l'aide à la décision**  
Alexis TSOUKIAS - LAMSADE, Université de Paris-Dauphine
- 11h45           Pause
- 12h00           **Gérer efficacement les risques : l'aide à la décision**  
Bertrand MUNIER - GRID, ENSAM / ESTP
- 13h00           Déjeuner

### DE LA THEORIE A LA PRATIQUE

- 14h30           **Aide multicritère à la décision pour la gestion des risques  
d'effondrements miniers**  
Myriam MERAD - INERIS
- 15h10           **Aide à la décision de rénovation des installations de production**  
François BEAUDOUIN - EDF R&D
- 15h50           **L'analyse coût-bénéfice (ABC) comme outil d'aide à la décision :  
exemples d'applications : Filtres à particules (Mexique),  
Risques industriels majeurs (HSE,GB) ...**  
Valérie MEUNIER - ICSI
- 16h30           **Conclusion de la journée**



## SOMMAIRE

<b>Un panorama de l'évolution en matière de risques dans l'industrie</b> Jacques VALANCOGNE - RATP	p 1
<b>De la théorie de la décision à l'aide à la décision</b> Alexis TSOUKIAS - LAMSADE, Université de Paris-Dauphine	P 15
<b>Gérer efficacement les risques : l'aide à la décision</b> Bertrand MUNIER - GRID, ENSAM / ESTP	P 29
<b>Aide à la décision de rénovation des installations de production</b> François BEAUDOUIN - EDF R&D	P 39
<b>L'analyse coût-bénéfice (ABC) comme outil d'aide à la décision :</b> <b>Exemples d'applications : Filtres à particules (Mexique),</b> <b>Risques industriels majeurs (HSE,GB) ...</b> Valérie MEUNIER - ICSI	P 53
<b>Aide multicritère à la décision pour la gestion des risques d'effondrements miniers</b> Myriam MERAD - INERIS	





# Un panorama de l'évolution en matière de risques dans l'industrie

Jacques VALANCOGNE  
RATP







## Historique des risques industriels

- Les accidents dus aux activités humaines remontent à très longtemps : construction puis activités liées à la poudre : poudrerie de Grenelle en 1794 fait plus de 1000 morts
- Entre 1905 et 1944 : 44 accidents recensés ayant entraîné plus de 17.000 morts. On voit apparaître l'explosion d'usines
- Années 1960 : premières préoccupations sociales sérieuses en matière d'environnement et d'accident majeur
- 1966 : Feyzin (explosion d'une sphère de stockage de propane de 1200 m<sup>3</sup>)
- 1979 : Three Mile Island (fonte du cœur d'un réacteur)
- 1982 : SEVESO (explosion d'un réacteur chimique avec rejet de dioxines)
- 1984 : Bhopal (nuage toxique), Mexico (explosion gaz de pétrole liquéfié)
- 1986 : Tchernobyl (explosion d'un des réacteurs)
- 1995 : principe de précaution (dans la loi Barnier)
- 2001 : AZF à Toulouse (explosion de nitrate d'ammonium)



## Des accidents qui suivent l'évolution des activités humaines 1

- Poudrerie, cartoucherie, artifice : Boston (1645), Grenelle (1794), Enschede (2000)
- Mine : Courrières (1906), ..., Marcinelle (1956), Fouquières-lez-Lens (1970), Chengjiashan (2004)
- Barrage ou lac artificiel (Malpasset 1959, Vajont 1963)
- Pétrochimie : Feyzin (1966), Mexico (1984)
- Fonderie d'or : Baia Mare (2001)
- Pétrolier (Torrey Canyon 1967, Sea-Star, Amoco Cadiz 1978, Castillo de Beilver, Erika 1999, ...)
- Chimie : Flixborough (1974), Seveso (1982), Bhopal (1984), Bâle (1986), AZF (2001)
- Silo : Blaye (1997)



## Des accidents qui suivent l'évolution des activités humaines 2

- Centrale nucléaire : Three Mile Island (1979), Tchernobyl (1986)
- Plate-forme pétrolière (Piper-Alpha)
- Navette spatiale (Challenger 1986, Columbia 2003)
- Tunnel (incendies des Batignoles, Manche, Mont-Blanc 1999, effondrement Vierzy 1972,
- Gazoduc (Ghislenghien 2004)
- Terminal pétrolier (Buncefield 2005)
- Ferroviaire France (Meudon 1842, Gare Montparnasse 1895, Lagny-Pomponne 1933, ..., Flaujac 1985, Argenton-sur-Creuse 1985, Paris Gare de Lyon 1988, Melun 1991, passage à niveau Port-Sainte-Foy 1997, incendie train Nancy 2003, Saint-Dalmas-de-Tende 2003, Lorraine 2006)



## Histoire rapide des techniques

- Technique du feu
- Domestication des plantes et des animaux (énergie solaire)
- Valorisation de l'acquis énergétique (roue, vent, eau) et amélioration des rendements et des modes d'utilisation d'énergies traditionnelles
- Poudre et munitions
- Révolution industrielle (et énergétique) : machine à vapeur, mécanisation, recours massif à la houille
- Chimie, utilisation massive du pétrole et électricité hydraulique, transport ferroviaire
- Pétrochimie, industrie agro alimentaire, pétrolier de plus en plus grand et stockage de plus en plus important, développement transport routier, énergie nucléaire, industrie pharmaceutique, vaccin, aviation civile
- Système d'information, Internet, nanotechnologie, hydrogène



## L'évolution du risque

- Évolution du traitement du risque :
  - Objet : technique, ergonomie, FHO, perception, aide à la décision, incertitude
  - Champ : environnement, parties prenantes
- Perception en évolution
- Risque = aléa + vulnérabilité
- L'aléa s'est accru (évolution technologique, puissance en jeux, réchauffement de la planète, ...) ainsi que la vulnérabilité (internet, densification urbaine, produit sous pression, ...)
- Notion de risque liée aux avancées scientifiques mais aussi culturelles de chaque époque : soumission au destin ou prévision sophistiquée de l'avenir probable
- Théories du risque et de la décision



## Histoire de la perception du risque

- L'antiquité : « Notre avenir est fixé par les dieux »
- De la renaissance aux lumières : la recherche de la vérité : comprendre le monde (l'expérimentation), probabilités, progression des techniques de mesure
- XVIIème siècle : premier lien entre analyse du risque et prise de décision, découverte de l'échantillonnage statistique (développement des premières compagnies d'assurance)
- XVIIIème siècle : probabilités conditionnelles, loi des grands nombres,
- XIXème siècle : révolution industrielle: calculs statistiques se précisent et deviennent outils de décision (gains et pertes)
- XXème siècle : une rupture : l'incertitude, objectif réduire la marge d'incertitude



## Connaissances des risques

- Connaissance des causes techniques, humaines et organisationnelles
- Connaissances des effets (direct, effet domino)
  - Recueil d'avis d'expert
  - Simulation
  - Essais en vraie grandeur
  - Modélisation
- Connaissance des occurrences
  - Statistique
  - Avis d'expert
  - Évaluation



## Dangers importants

- Incendie
- Explosion
- Pollution (air, eau, nappe phréatique)
- Asphyxie, intoxication
- Émission de particules radioactives, de microparticules
- Effondrement, rupture, chute, fuite
- Collision, déraillement
- Inondation
- Malveillance, terrorisme



## Causes de l'évolution des risques

- Concentration urbaine, rareté des terrains, proximité des zones industrielles
- Croissance des échanges et du transport (maritime, aérien, routier, ferroviaire, canalisation)
- Quantité et concentration de produits dangereux en augmentation
- Stockage et transport de produit sous pression
- Internet : informatique et réseaux
- Accélération du progrès : technologique, nouveau procédé, produit, substance, ...
- Insuffisance de connaissances scientifiques de certains phénomènes, produits, ...
- Perception du risque plus importante
  - Amplification médiatique
  - Hausse considérable du niveau intellectuel des populations
  - Population mieux informée
  - Prise de conscience de la protection de l'environnement
- Poids de la réglementation en évolution rapide



## L'évolution de la réglementation en France 1

- Décret du 15 octobre **1810** : autorisation préalable pour les ateliers susceptibles d'occasionner des gênes (nuisances) pour le voisinage (trois classes d'autorisation)
- Loi du 19 décembre **1917** : notion de pollution, extension du champ d'application, assouplissement deux classes d'établissement (soumis à déclaration ou à autorisation)
- Loi du 20 avril **1932** : coordination entre réglementation des établissements classés et lois d'urbanisme (14 mars 1919 et 18 juillet 1924)
- Loi du 5 février **1952** : mise en place des plans ORSEC pour la gestion des secours
- Décret du 31 décembre 1958 : limitation des implantations ou des extensions en dehors des zones industrielles
- Loi du 19 juillet **1976** (après SEVESO) : intégrée dans le code de l'environnement, nouvelles procédures d'autorisation et de contrôle



## L'évolution de la réglementation en France 2

- Décret du 21 septembre **1977** : introduction des études de danger et d'impact
- 24 juin **1982** directive SEVESO : identification des risques et mise en place de mesures
- Après l'accident de Bâle (**1986**) : champ plus étendu
- 3 février **1996** Directive 96/82/CE (SEVESO II) :
  - traite d'établissement,
  - système de gestion de la sécurité proportionné aux risques,
  - information et participation du public,
  - maîtrise de l'urbanisation au voisinage des sites industriels
  - elle a conduit à l'arrêté du 10 mai 2000 en France
- **2003/105/CE** : prend en compte les propriétés dangereuses de certaines substances et les retours d'expérience d'accidents
  - Bâïa Mare (2000), Enschede (2000) et AZF (2001)
  - Recensement réguliers des substances dangereuses et détermination de l'application ou non de la directive SEVESO II
- Principe de précaution apparaît depuis **1995** dans les textes



## DRIRE et CLIC

- DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
  - Contrôler les activités industrielles susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, ceci dans le cadre de la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement pour prévenir et réduire les dangers et les nuisances liés à ces installations afin de protéger les personnes, l'environnement et la santé publique.
  - Canalisations et appareils à pression
- CLIC : Comité locaux d'information et de concertation
  - Décret 2005\_82 du 1er février 2005 en application de la loi 2003\_699 du 30 juillet 2003
  - Pour tout bassin industriel comprenant des installations « SEVESO AS »
  - Objectif : développer une culture du risque et favoriser les bons comportements des riverains en cas d'accident
  - Composé : acteurs gestionnaires du risque, riverains, salariés
  - Missions : plan de prévention, traitement des évolutions, plans d'actions, plan d'urgence, peut faire appel à une expertise





## Le traitement générique des risques industriels : la défense en profondeur 1

- Le traitement des risques est fondé sur le concept de défense en profondeur.
- Cette défense est en général composée de trois lignes de défense :
  - **une ligne de prévention** : on empêche l'événement redouté de se produire ou on limite sa probabilité  
On joue sur l'occurrence (événement redouté)
  - **une ligne de protection** : on limite l'effet de l'événement redouté sur l'élément sensible  
On joue sur l'occurrence (contexte redouté) et/ou la gravité (des effets potentiels)
  - **une ligne de sauvegarde** : on agit pour limiter l'ampleur des effets finaux  
On joue sur la gravité



## Le traitement générique des risques industriels : la défense en profondeur 2

- Chaque ligne peut anticiper ou pallier la défaillance ou l'insuffisance de la ligne précédente  
ligne de protection pour la ligne de prévention, ligne de sauvegarde pour les lignes de protection et de prévention
- Chaque ligne peut être permanente ou activée :
  - sur apparition d'un événement
    - événement pouvant conduire à l'événement redouté (lignes de prévention ou de protection)
    - événement redouté lui-même (lignes de protection)
    - événement contextuel (ligne de sauvegarde)
  - sur défaillance ou insuffisance d'une autre ligne de défense  
ligne de protection ou de sauvegarde
- Pour chacune des lignes de défense, les éléments de défense la composant peuvent agir :
  - sur l'élément agresseur
  - sur le flux agressif
  - sur l'élément sensible
- Ces actions pouvant être supportés par de la technique et/ou des hommes



## Des instituts publics ou associations qui traitent des risques

- INERIS
- INRS
- INRETS
- ...
  
- IMdR
- ICSI
- AMRAE
- ...



## Quantification des risques 1

- Suppose un référentiel stable  
qui définit les niveaux de fréquence et de gravité  
(accords entre les parties prenantes)
- Quantification = **mesure + code** permettant  
d'interpréter la mesure
- Formalisation de la dimension politique d'une  
réduction des risques  
aggravation de la valorisation pour inciter à progresser
- Difficulté : un risque pas toujours facile de quantifier
  - comment mesurer l'impact ?
  - comment mesurer l'occurrence ?
  - comment combiner l'impact et l'occurrence pour évaluer  
un risque ?



## Quantification des risques 2

- Des méthodes :
  - **quantitatives** : évaluation probabiliste, utilisation de statistique, simulation, essais, ...
    - Niveau de risque** = [Niveau de gravité] x [Occurrence]
    - Niveau de gravité** = [Niveau d'agression] x [Niveau de sensibilité de l'agressé]
    - Niveau d'agression** = [ Flux par unité de temps] x [temps d'exposition]
    - Occurrence** = F [probabilités de défaillance, présence agression, présence élément sensible]
  - **qualitatives** : lorsqu'il y a des incertitudes importantes on peut définir des classes avec des niveaux de facilité d'agression en prenant en compte plusieurs critères
    - dans le cas de l'occurrence pour le terrorisme ou l'intrusion sur un système d'information, on pourrait prendre : facilité d'intrusion, niveau de connaissance du système, facilité d'agression, niveau de vulnérabilité

*Nota : on doit préciser dans les résultats si la quantification est rigoureuse, approximative ou subjective*



## Considérations sur le risque

- Décision :
  - Part intuitive (importante dans les grandes décisions)
  - Part rationnelle
- Paradoxe : SEVESO et TMI n'ont fait aucun mort
- Plus le risque est pris en compte, plus il est rendu inacceptable et plus le risque s'accroît (le comportement à risque augmente)



## Principe de précaution 1

- Dans la loi « Barnier » du 2 février 1995 modifiée le 27 février 2002 (protection de l'environnement)
  - « le principe de précaution, selon lequel 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 ... »
- Charte de l'environnement (adopté au Sénat et à l'Assemblée nationale)
  - « lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage. »
- Pas de définition juridique précise et unique
  - Sauf dans le rapport sur le « principe de précaution »
- Précaution : concerne les risques potentiels (la probabilité porte sur l'exactitude de l'hypothèse)
- Prévention : concerne les risques avérés (la probabilité porte sur la survenance de l'accident dont la dangerosité est établi)



## Principe de précaution 2

- Le recours au principe de précaution présuppose :
  - L'identification des effets potentiellement négatifs découlant d'un phénomène, d'un produit ou d'un procédé
  - Une évaluation scientifique du risque qui, en raison de l'insuffisance des données, de leur caractère non concluant ou encore de leur imprécision, ne permet pas d'appréhender avec une certitude suffisante le risque en question
- Les mesures doivent être proportionnées, comparables et cohérentes
- Devant inclure une analyse économique coûts/bénéfices
- Les mesures étant provisoires, les recherches doivent être poursuivies, tant que les données scientifiques demeurent incomplètes, imprécises ou non concluantes et tant que le risque est réputé suffisamment important
- Un contenu politique ou un principe général du droit ?
  - En droit interne français : droit positif (code de l'environnement)



## Principe de précaution 3

- Responsabilité civile ?  
Dans le domaine de la santé, sécurité humaine et environnement la fonction prévention devrait l'emporter
- Responsabilité pénale ?  
Possibilité d'être appliquée
- Le principe est voué à s'élargir à d'autres domaines
- Les risques : inhibition de certaines professions non en mesure de prouver l'absence de risques, non prises des mesures nécessaires ou abandon des recherches
- Utilisation plus serine du principe, sans usage excessif ou irrationnel qui conduirait à prendre des mesures qui ne s'imposent pas.



## Quelques exemples de recherches 1

- Sécurité des procédés mettant en œuvre des produits dangereux
- Sécurité dans le développement des technologies de l'hydrogène  
fabrication, stockage, transport, utilisation
- Sécurité intrinsèque des réactions chimiques
- Évaluation du risque d'inflammation d'atmosphères explosives (par phénomène électrostatique ou frottement mécanique)
- Analyse de risques et prévention des accidents majeurs dans le cadre des études de danger  
Substances, exploitation, actes de malveillance, effets dominos, risques naturels et vulnérabilité des installations, poste de travail
- Formalisation du savoir et des outils
- Évaluations des risques technologiques liés au transport et stockage de produits dangereux
- Évaluation des dispositifs de prévention et de protection
- Connaissances sur l'erreur humaine et sur l'influence des facteurs organisationnels et humains



## Quelques exemples de recherches 2

- Maîtrise des risques avec intégration des dimensions techniques, organisationnelles et facteurs humains
- Évaluation des conséquences de phénomènes dangereux (rejet accidentel, incendies et explosion)
- Effet domino :
  - Évaluation de l'influence de la chaleur émise par incendie sur les canalisations ou réservoirs
  - Etude de l'impact de projectiles sur des installations voisines
- Stratification des fumées d'incendie et des matières dangereuses en milieux confinés
- Prédiction des mécanismes d'accélération de la combustion dans les atmosphères explosives
- Prévention des accidents impliquant des canalisations de transport de substances dangereuses et des canalisations de distribution de gaz naturel
- Intégration de la « safety » et de la « security » au niveau analyse des risques des installations



## Conclusion

- Nombre de sources de danger accru et apparition de nouvelles sources de danger
- Les risques n'ont jamais été aussi bien maîtrisés
  - meilleures connaissances des dangers (origines et leurs effets), moyens mis en œuvre pour limiter les risques plus efficaces, réglementation plus stricte
- ... mais la perception est que les risques n'ont jamais été aussi importants
- On a atteint une limite dans l'approche actuelle
- Les systèmes en exploitation ont de la peine à suivre la réglementation sans exiger des investissements importants pour devenir conforme
- Le principe de précaution va-t-il devenir un frein au progrès ou au contraire devenir mature ?
- Etant donné les coûts du traitement des risques, il est indispensable de bien maîtriser des outils sur les incertitudes et les outils d'aide à la décision ...



Institut pour la Maîtrise des Risques  
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



# From Decision Theory to Decision Aiding

Alexis Tsoukiàs  
CNRS-LAMSADE,  
Université Paris Dauphine  
[www.lamsade.dauphine.fr/~tsoukias](http://www.lamsade.dauphine.fr/~tsoukias)



Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007







## Layout

- What is Decision aiding?
- Why such an approach?
- How to structure Decision Aiding?
- How to use Decision Theory?

## What is Decision Aiding?

The discipline of applying appropriate analytical methods to help make better decisions.

- Formal Language
- Abstract Modelling
- Models of Rationality

## What is Decision Aiding?

60 years of real world improvement

- Modern Logistics
- Environmental Management
- Natural Resources Management
- Telecommunications
- Governance Support
- Production Planning
- Risk Management ...

## Why such an approach?

"Intuitive Biases"

In a town of 10M people a crime is committed. A suspect (X) is identified through DNA matching ( $10^{-6}$  error). Can X be considered guilty without any reasonable doubt?

**Prob(X is guilty) = 10%!!**

## Why such an approach?

### "The ATMO Index"

pollutant	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	dust
Sub-index	x	y	z	w

$$\text{Air quality} = \max\{x, y, z, w\}$$

## Why such an approach?

### "The ATMO Index"

pollutant	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	dust
t <sub>1</sub>	3	3	2	8
t <sub>2</sub>	7	8	8	8

ATMO remains unchanged from t<sub>1</sub> to t<sub>2</sub>

## Why such an approach?

### "The ATMO Index"

pollutant	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	dust
I <sub>1</sub>	1	1	6	1
I <sub>2</sub>	5	4	5	5

I<sub>2</sub> does better than I<sub>1</sub>. It is better to have an average bad quality than good quality on single pollutants.

## How to structure Decision Aiding?

### Decision Aiding Process

- Representing the problem situation
- Formulating a problem
- Constructing an evaluation model
- Suggesting a final recommendation

## How to structure Decision Aiding?

### Representing the problem situation

- Who has a problem?
- Why this is a problem?
- Who other is affected by the decision process?
- Who decides?
- Who pays for the consequences and the bill?
- What I am doing here?

## How to structure Decision Aiding?

### Problem situation

$$\mathcal{P} = \langle \mathcal{A}, \mathcal{O}, \mathcal{S} \rangle$$

- $\mathcal{A}$ : actors, participants, stakeholders
- $\mathcal{O}$ : objects, concerns, stakes
- $\mathcal{S}$ : resources, commitment

## How to structure Decision Aiding?

### Formulating a problem

- What objects do we consider in formulating 'the problem'?
- What do we know or are we looking for such objects?
- What do we want to do with such objects?

## How to structure Decision Aiding?

### Problem Formulation

$$G = \langle A, \mathcal{V}, P \rangle$$

- **A**: actors, participants, stakeholders
- $\mathcal{V}$ : objects, concerns, stakes
- **P**: resources, commitment

## How to structure Decision Aiding?

### Constructing an evaluation model

- Fixing alternatives.
- How to describe them?
- Are there any preferences?
- Are we sure about the information?
- How to put all this information together?

## How to structure Decision Aiding?

### Evaluation Model

$$\mathcal{M} = \langle \mathcal{A}, \mathcal{D}, \mathcal{E}, \mathcal{H}, \mathcal{U}, \mathcal{R} \rangle$$

- $\mathcal{A}$ : alternatives
- $\mathcal{D}$ : attributes, dimensions
- $\mathcal{E}$ : attributes scales
- $\mathcal{H}$ : criteria, preference models
- $\mathcal{U}$ : uncertainties
- $\mathcal{R}$ : procedures, algorithms, protocols

## How to structure Decision Aiding?

### Establishing a final recommendation

- What do we put in the final report?
- Is it valid?
- Is it legitimated?
- It works?
- Are we satisfied?

## How to structure Decision Aiding?

### Is all this effort necessary?

- Decision Accountability.
- Participation controlled.
- Process Transparency.
- Better Management of the Decision Process



## How to use Decision Theory?

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
A	15	16	12	8
B	17	14	9	11
C	12	2	13	11
D	10	11	9	10

A simple average will give  $A \sim B > D > C$

A simple majority shows  $B ? A > C > D !!!$

## How to use Decision Theory?

	a	b	c	d	e	f	g	-
A	1	2	4	1	2	4	1	-
B	2	3	1	2	3	1	2	-
C	3	1	3	3	1	2	3	-
D	4	4	2	4	4	3	4	-

The Borda score will give  $B > A > C > D$

## How to use Decision Theory?

	a	b	c	d	e	f	g	-
A	1	2	3	1	2	3	1	-
B	2	3	1	2	3	1	2	-
C	3	1	2	3	1	2	3	-

The Borda score will give  $B > A > C > D$

If D is not there then we get  $A > B > C$  !!!!

The Condorcet procedure will give  $A > B > C > A$ !!!!

## How to use Decision Theory?

- Use exactly the relevant information
- Make meaningful manipulations
- Use legitimated reasons
- Know exactly what the information (row or manipulated) means and for whom.

## Conclusions

- Decision making and decision aiding are human activities that can be scientifically investigated
- There are better ways to handle decision problems than simple intuition.
- There are no universal procedures and methods, but only appropriate ones.
- Decision Theory can provide several useful tools in order to conduct a decision aiding process.







## Chaînon manquant en gestion du risque

- ◆ Entre sciences « dures » (technologie, finance,..) et choix politique, bonne volonté et intuition ne suffisent plus
- ◆ Progrès scientifiques en  $\psi$ , Eco..., en 25 ans)
- ◆ Besoin de «parties prenantes» (CLIC, etc.) : risque est une notion toujours subjective, mais à objectiver autant que possible
- ◆ A chaque cas un outil approprié  $\Rightarrow$  « cahier des charges » pour chaque domaine: Lequel pour la gestion des risques?

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

2

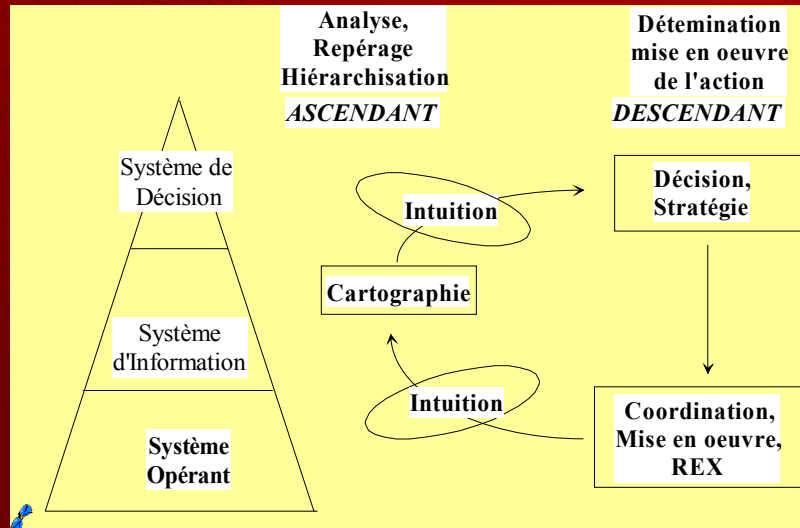
## Révision du cahier des charges

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <u>Pratiques actuelles ont consacré :</u></li> <li>◆ Retour d'expérience privilégié</li> <li>◆ Hiérarchisation directe</li> <li>◆ Minimum de consensus direct</li> <li>◆ ...pour agir</li> <li>◆ Objectif : minimiser le risque</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <u>Apport de l'Analyse de la Décision :</u></li> <li>◆ <u>Pro-activité</u> (passé = simple appui)</li> <li>◆ <u>Evaluation précise et robuste</u> par étapes</li> <li>◆ Consensus <u>précis</u>, sans ambiguïté : <u>coordination</u></li> <li>◆ Agir <u>de façon efficiente</u></li> <li>◆ Objectif : <u>optimiser la prise de risque</u></li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

3

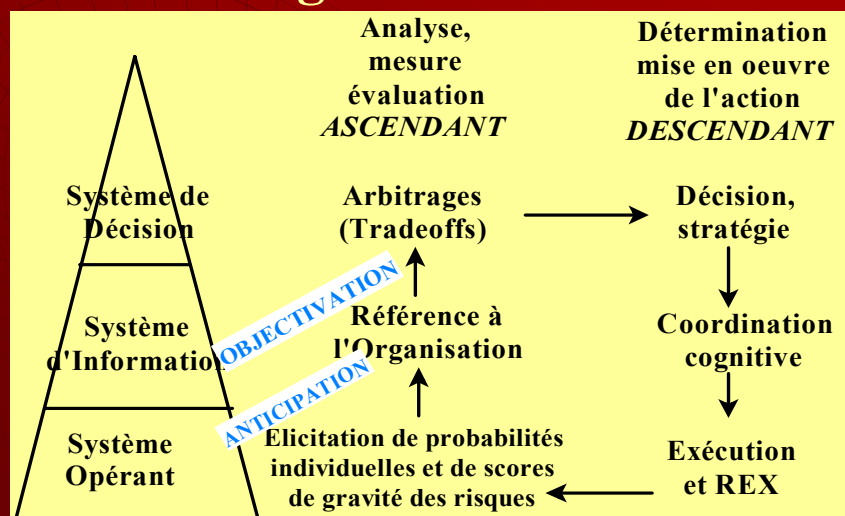
## Procédure stylisée actuelle



B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

4

## Procédure Décisions Individuelles dans l'Organisation-Référence

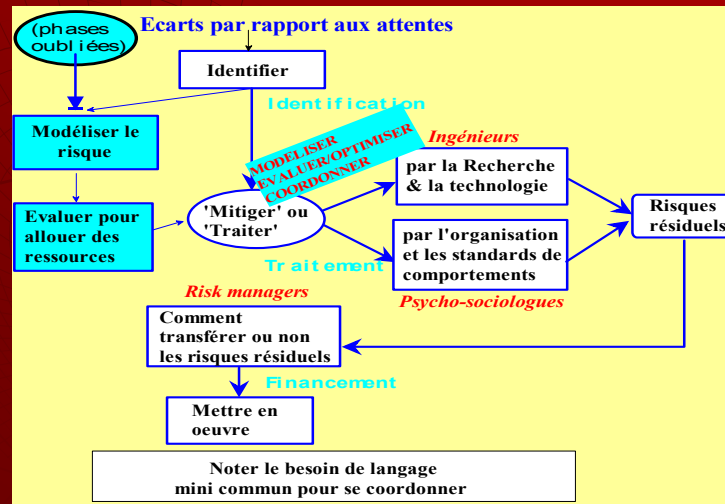


B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

5



## Schéma canonique du management des risques dans l'entreprise



B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR, 04 05 2007

6

## Elicitation des probabilités

- ◆ REX n'est qu'une suite de tirages dans des distributions qui évoluent de façon complexe au cours du temps, non pas constantes (technologie, hommes, environnement)
- ◆ ⇒ Fréquences non significatives la +part du temps, sauf cas exceptionnels (Contr de Qual, SdF ≠ Gest. des R)
- ◆ ⇒ Faire «révéler» par les individus expérimentés les probas (REX+modèle perso. implicite de l'expérience): c'est un cas de KM spécifique mais précis
- ◆ Dans une seconde phase → probas du point de vue de l'organisation (référence organisationnelle)

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR, 04 05 2007

7

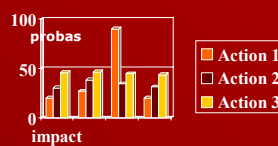
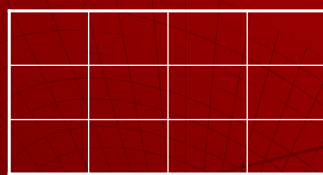
## Elicitation des fonctions de score individuel (utilité Neumannienne)

- ◆ Les mesures de conséquences ne sont que rarement confondues avec l'espérance mathématique des indicateurs de dommages ou de gains (choix uniques)
- ◆ Le REX fournit une simple 'idée' de l'intervalle des indicateurs
- ◆ ⇒ procédure d'élicitation similaire auprès des individus expérimentés
- ◆ Puis 'objectivation' autant que possible id°

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

8

## Apports de l'analyse de la décision



- ◆ 1. Evaluation précise unidimensionnelle de chaque distribution évite au moins les erreurs substantielles
- ◆ 2. Surtout: échelle d'intervalle ⇒ allocation de ressources bien définie ⇒ efficience possible
- ◆ 3. Coordination dépourvue d'ambiguïtés (Beyth-Marom)
- ◆ 4. Intégration des opinions des parties prenantes 'vérifiable' par des tiers : avantage judiciaire

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

9

## Multicritère: éviter le 'syndrome d'Excel'

- ◆ Toutes les techniques permettant l'extension multicritère de ce qui précède ont été développées entre 1975 et 2000 de façon de + en + fine.
- ◆ Le score global n'est pas nécessairement la somme des scores sur les divers risques encourus
- ◆ Ex: On évite de se contraindre à la pratique qui consiste à 'donner une note' (+ ou – arbitraire) à une unité de production pour chaque risque, puis à les additionner (avec ou sans pondération) conduit à des erreurs gravissimes.
- ◆ Exemples: plate-formes pétrolières, risque de crédit pour les banques, etc.

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

10

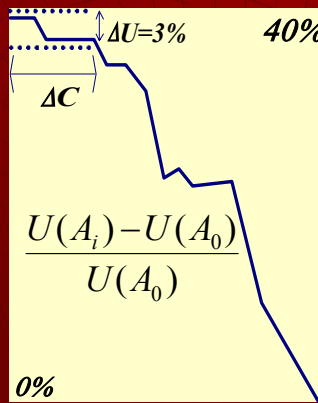
## Eviter l'Emotion au profit de décisions pesées de type ALARA

- ◆ Ex. : Emotion face à un risque grave peut conduire à l'action de protection la plus chère
- ◆ Ex. 2: Désinvolture face à un risque apparemment anodin conduit à la solution la moins chère...
- ◆ Procédure de 'référence organisationnelle' conduit à un choix en général plus responsable

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

11

## Exemple dans l'Hydraulique



Stylisation de  
Beaudouin, Lassagne,  
Munier, Euroma 2004

- ◆ → Score global 'représentatif' après facilitation tenant compte des visions communes des décideurs
- ◆ Les bénéfices pour l'institution sont classés par ordre décroissant et confrontés aux coûts
- ◆ Acceptabilité comme produit de la démarche ( $\neq$  primitif)

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

12

## Concl: La complexité sans complexe

- ◆ *Complexité*: Oui, mais en quoi?  $\Rightarrow$  :
- ◆ Risque est toujours mesuré *du point de vue* d'un individu ; *or*, dans l'organisation, vues  multiples!...  Et besoin de données « objectives »
- ◆  $\Rightarrow$  Analyse de la Décision + référence organisationnelle constitue un outil crucial pour le management des risques, car seul outil permettant d'affronter ce type de complexité...
- ◆ permettant aussi d'envisager des 'portefeuilles' d'actions préventives / protectives

B. Munier: quelle aide à la décision pour la gestion des risques? IMdR 04 05 2007

13

## Concl.2: Avantages pratiques

- ◆ 1. On obtient des valeurs et des distributions plus fiables (\*)
- ◆ 2. On implique de façon responsable les décideurs : on évite les choix 'émotionnels' et on...évite de gaspiller des ressources (= efficacité) (\*\*\*)
- ◆ 3. Seule façon d'essayer de se protéger contre les mises en cause judiciaires ultérieures par des parties prenantes soudainement 'surgies' (\*\*\*)



# Aide à la décision de rénovation des installations de production - Modèle multicritère en univers risqué -

francois.beaudouin@edf.fr





## Sommaire

- Problématique
- Aide à la décision multicritère en univers risqué
- Retour d'expérience sur la mise en œuvre de la démarche décisionnelle

## 1. Problématique

## Des objectifs multiples

- Garantir un excellent niveau de sûreté des installations de production
- Respecter la réglementation et l'environnement
- Maîtriser les coûts

## Problématique technique

- Globalement quelle alternative choisir en fonction des considérations suivantes :
  - Faut-il réaliser une opération de rénovation ou réaliser la maintenance minimale ?
  - Quels sont les risques à ne faire que la maintenance minimale ?
  - Quels sont les bénéfices à choisir la meilleure solution ?
  - Quel risque pour quel coût ?
- En résumé : comment allouer l'effort de prévention ?

## Problématique organisationnelle

### Une organisation décentralisée et coordonnée

- Gestion du risque au plus près du terrain (subsidiarité)
- Dans un cadre de responsabilités coordonnées

### Des acteurs multiples dans le processus de décision

- **Experts spécialistes, experts du terrain**
- **Opérateurs**
- **Managers régionaux**
- **Managers centraux**

→ Diverses représentations du risque

→ Diverses appréciations du risque

## Complexité du problème d'aide à la décision

• Les phases préalables renseignent sur la nature de la problématique

• En fonction de la **complexité** de celle-ci :

- **Enjeux difficiles à concilier**
- **Conséquences potentielles importantes**
- **Multiplicités des points de vues**

• **Le commanditaire décide, en fonction de ces éléments d'engager l'approche multicritère pour être aidé dans sa prise de décision**

## 2. Approche multicritère en univers risqué

### Déroulement générale de l'approche décisionnelle

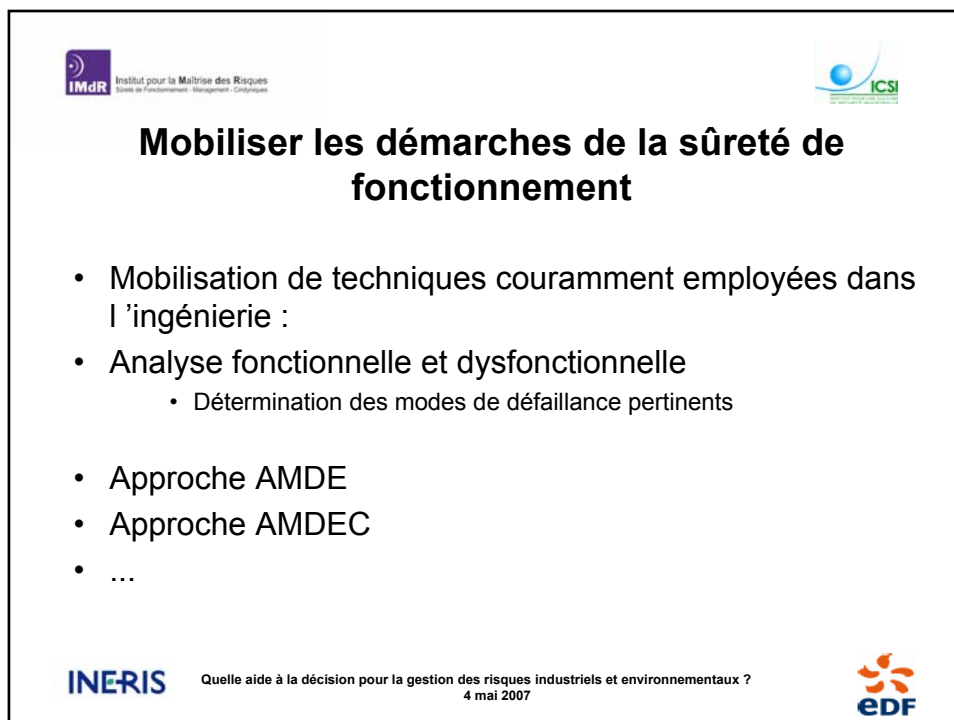
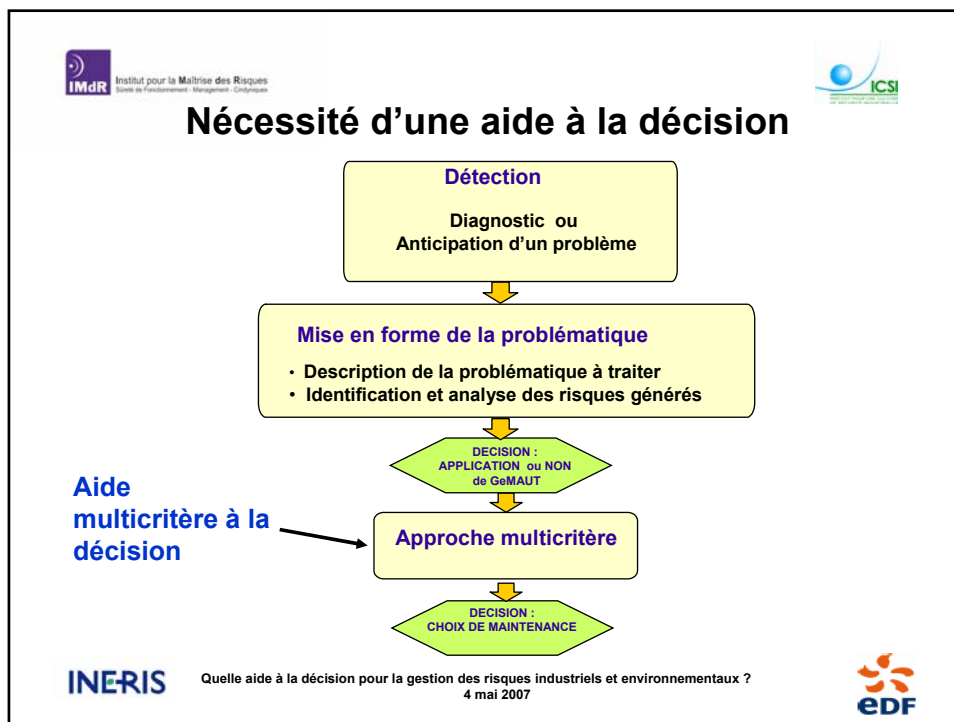
1. Formuler quantitativement le problème

2. Estimer les risques

3. Modéliser les préférences des acteurs de la décision

4. Proposer une recommandation

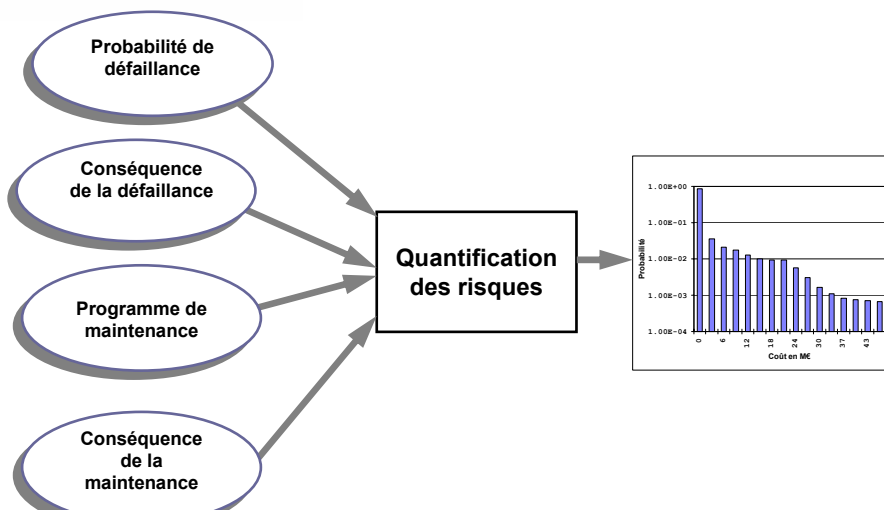
Pilotage du processus





## Formuler quantitativement le problème

- Objectif : sur la base des phases amont, formuler **de manière quantitative** les éléments essentiels de la problématique
- A quels enjeux
  - Comment mesure-t-on la non atteinte par rapport aux enjeux ?
  - Sur quels intervalles (amplitudes maximales des enjeux) ?
  - Quelles sont les solutions techniques pour couvrir les risques ?
- Ici : deux objectifs modélisés : sûreté et coûts

## Estimer les risques




## Modélisation des préférences individuelles

Recours à un protocole d'interview rigoureux (apport de l'économie expérimentale) pour modéliser :


- l'attitude du décideur vis-à-vis du risque
- l'attitude du décideur vis-à-vis de l'amplitude des conséquences
- les arbitrages qu'il opère entre les enjeux



Les acteurs sont interviewés sur des questions en relation directe avec le contexte et la problématique donnés

- les attributs (ou «critères »)
- les échelles du problème (valeurs minimales et maximales considérées) – quels sont les ordres de grandeurs ?



Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007



## Elicitation des préférences individuelles

### Un exemple de questionnement

La valeur -20 représente le coût maximal en ME pour l'entreprise (coût de maintenance et coûts induits suite à la défaillance)

**Agent A**

100% 20.00  
Perte en ME

0% 0  
en ME

Amélioration

88% 20.00  
Perte en ME

13% 0  
en ME

**Agent B**

88% 20.00  
Perte en ME

13% 0  
en ME

Amélioration

0% 20.00  
Perte en ME

100% 0  
en ME

Afficher les boutons

Quel est l'agent le plus satisfait de son amélioration de situation ?


L'agent A

L'agent B


Les 2 améliorations sont équivalentes

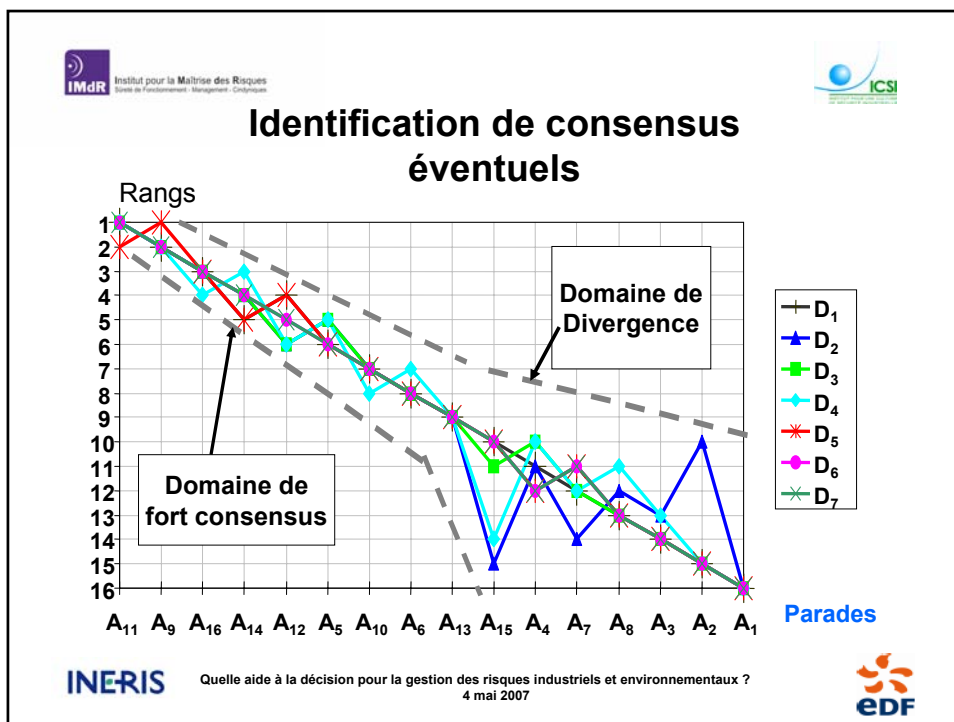
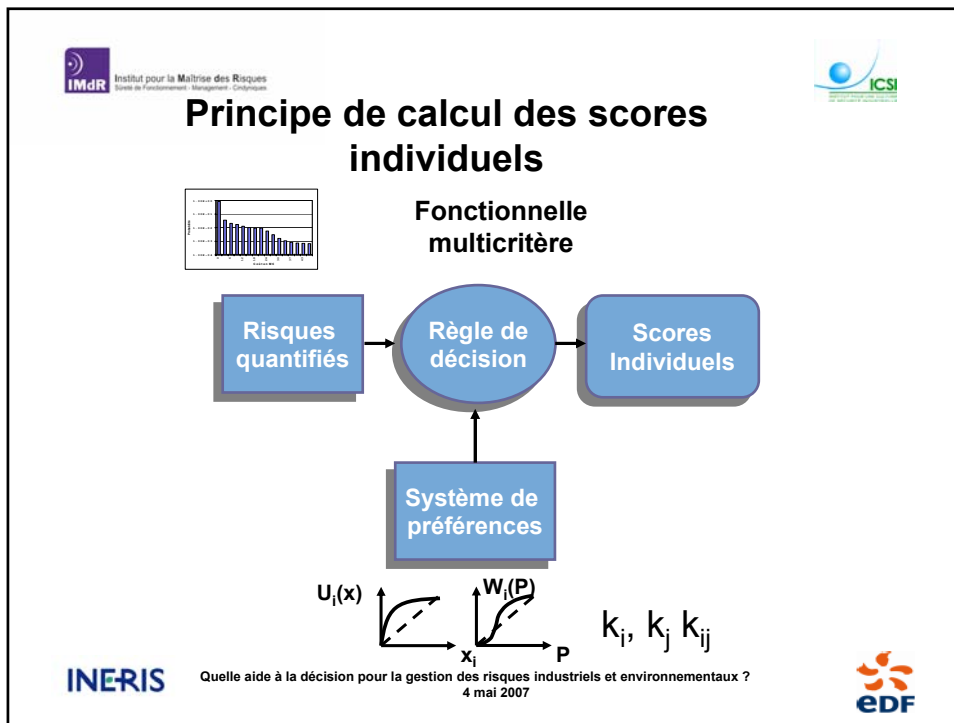
**VALIDER**

P1

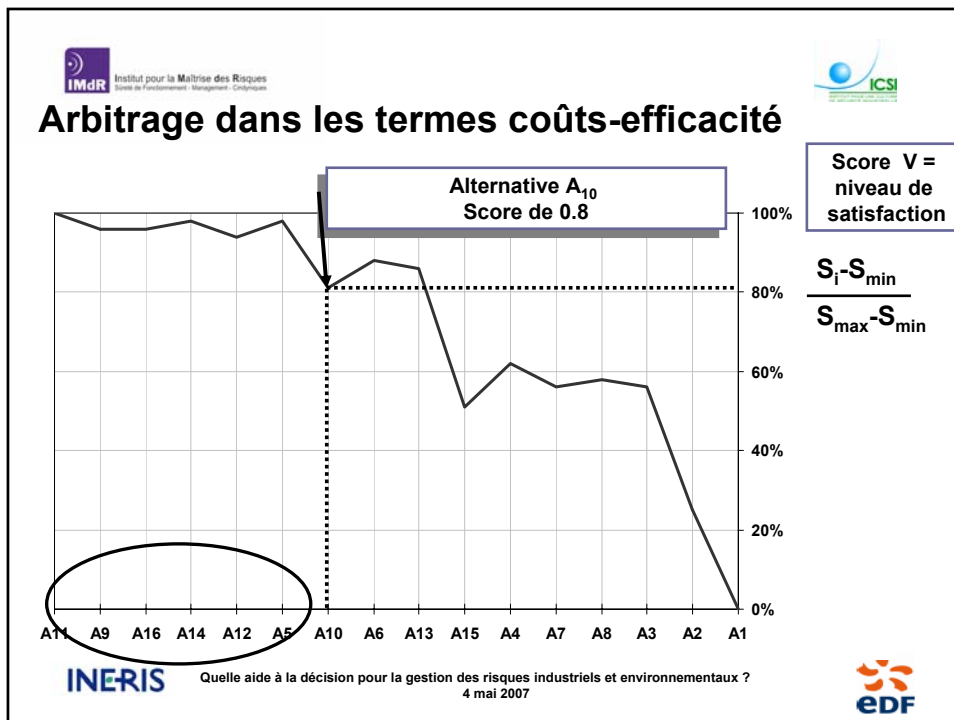
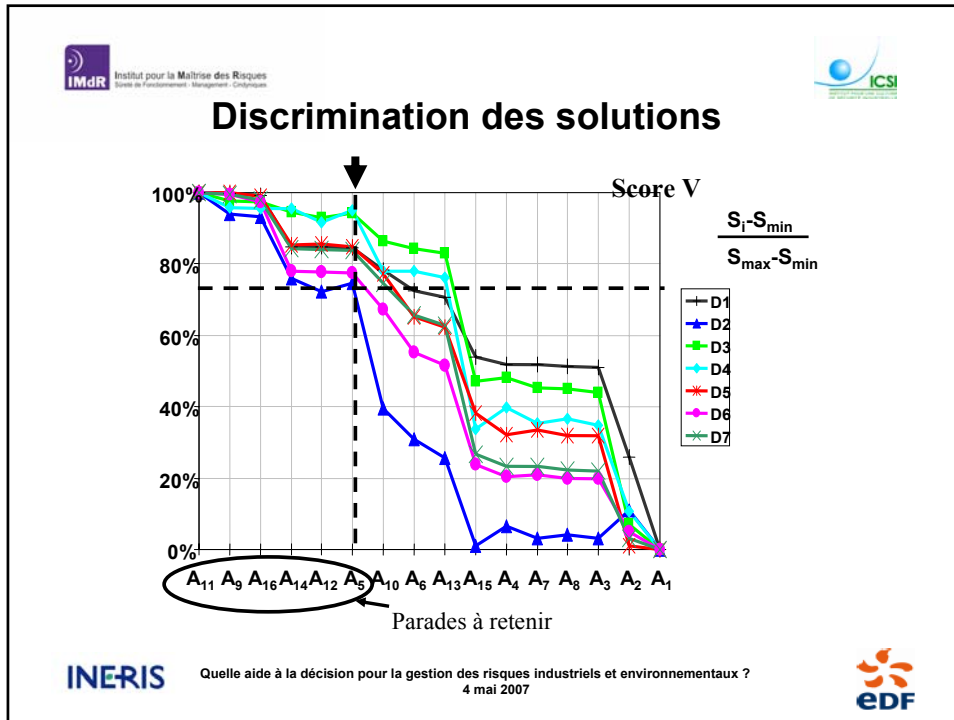


Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007









### 3. Retour d 'expérience sur la mise en œuvre de la démarche décisionnelle

#### Des difficultés à surmonter

- Faire accepter une démarche qui influe sur l 'organisation
  - Intégrer efficacement la démarche dans le processus d'ingénierie
  - Au plan des compétences, des savoirs-faire difficiles à acquérir :
    - culture fiabiliste et probabiliste
    - culture économique et décisionnelle
- Des difficultés très classiques, non spécifiques à la démarche

## Principaux atouts soulignés par les praticiens

- Approche perçue comme une véritable aide au management de la décision
  - Perçue surtout chez les acteurs qui ont été eux-mêmes en situation de décideur
  - Identification de consensus ou de désaccords
- Tri entre les vraies et les fausses problématiques
- Expertise mieux située dans le processus de management des risques et mieux mobilisée





Institut pour la **Maîtrise des Risques**  
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



## L'Analyse Coût-Bénéfice comme outil d'aide à la décision

- Filtres à Particules (Mexique)
- HSE / ALARP (Royaume-Uni)

**Valérie Meunier**

**Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle**



Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007





## Contexte

- Gestion des risques industriels ou environnementaux implique certains arbitrages :
  - Sécurité des personnes et protection de leur santé
  - Protection de l'environnement
  - Considérations économiques : emplois, profits, coûts
  - Information du public et transparence
- Critères exprimés en des unités différentes
- Besoin de méthodes permettant d'évaluer ces arbitrages
  - Facilite les débats argumentés entre les parties prenantes

## L'Analyse Coût-Bénéfice

- Méthode permettant d'évaluer les projets ou décisions en comparant leurs bénéfices et coûts **pour l'ensemble de la société**
- Bénéfices sociaux
  - Accidents évités : vies épargnées et blessures évitées
  - Amélioration de la sécurité et santé des personnes
  - Amélioration de la qualité de l'environnement
  - ...
- Coûts sociaux
  - Coûts directs pour les entreprises
  - Coûts induits pour les consommateurs
  - Coûts potentiels sur les marchés du travail
  - Coûts publics de la réglementation
  - ...

- L'ACB monétise ces bénéfices en se basant sur les préférences des individus
  - Consentement à payer pour une diminution marginale d'un risque (Valeur de Vie Statistique, VVS), de la qualité ou quantité d'un bien ou d'un service
- Méthodes d'estimation
  - **Indirectes** : observation des comportements des individus sur des marchés de biens ou service liés à la sécurité ou la qualité environnementale
  - **Directes** : Enquêtes auprès du public (évaluations contingentes)
- Prise en compte de l'avenir
  - Bénéfices et coûts sont attendus tout au long de la vie du projet

## Exemple d'application :

### Filtres à Particules sur moteurs diesel - Mexico

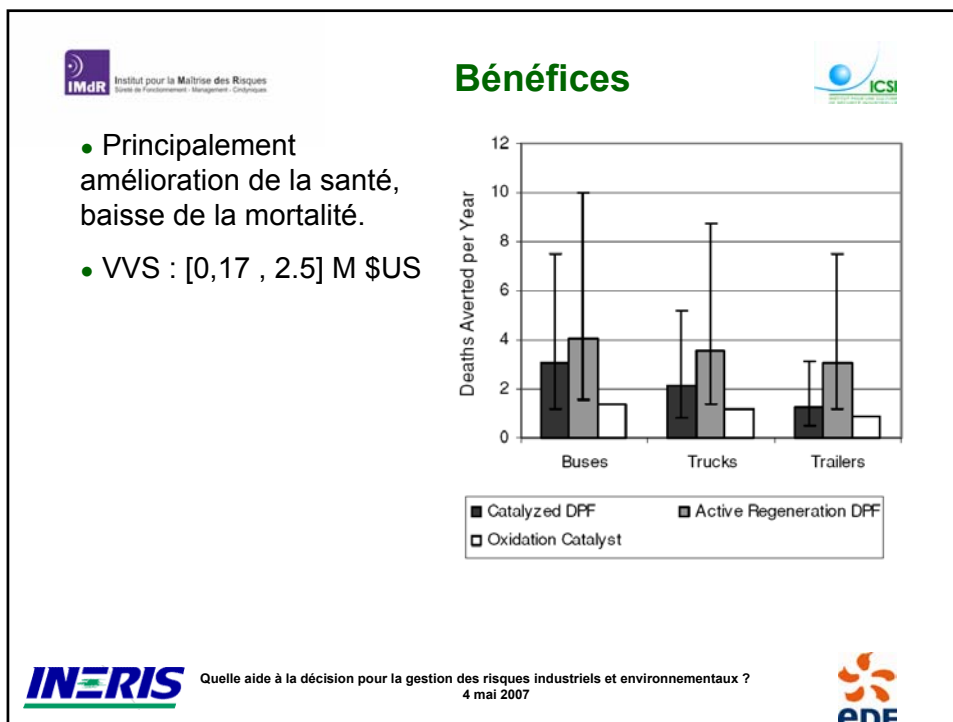
« A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulate Filters in the Mexico City Metropolitan Area », G. Stevens, A. Wilson et J. Hammitt. *Risk Analysis*, 2005




## Contexte


- Pollution atmosphérique majeure – Smog, concentration élevée d’ozone et de particules fines.
  - Métropole de 18 millions d’hab.
  - Concentre 35% de l’activité du pays
  - Situation géographique (altitude 2200 m, en cuvette)
- Conséquences sur la santé
  - Mortalité accrue
  - Bronchites chroniques
  - Maladies respiratoires et cardio-vasculaires
- Réduction de 10% des microparticules retarde le décès de 1000 à 3000 pers. et élimine 10 000 nouveaux cas par an de bronchites chroniques.

- Véhicules diesel responsables de la moitié des émissions de particules fines (PF, 2.5  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ), et 30% des émissions d’oxydes d’azote (NOx).
- Programme de réduction des émissions par modification des moteurs diesel.
- 3 alternatives x 2 dates d’implémentation :
  - Filtres à particules (FAP) catalytique
  - FAP à régénération
  - Catalyseur à oxydation
  - Entrée en vigueur réglementation : 2005 ou 2010
- FAP réduisent émissions de PF de 80% à 95%, et émissions de CO et hydrocarbures;
- FAP catalytique incompatible avec véhicules construits avant 1994, et nécessite carburant à faible teneur en soufre.





## Coûts




Coûts annualisés par véhicule, en dollars US de 2000.


	Modification en 2010			Modification en 2005	
	FAP catalytique	FAP à régénération	Catalyseur à oxydation	FAP catalytique	Catalyseur à oxydation
Capital	230	450	90	760	130
Carburant	30	140	0	840	0
Maintenance	20	20	0	20	0
<b>Total</b>	<b>270</b>	<b>600</b>	<b>90</b>	<b>1620</b>	<b>130</b>

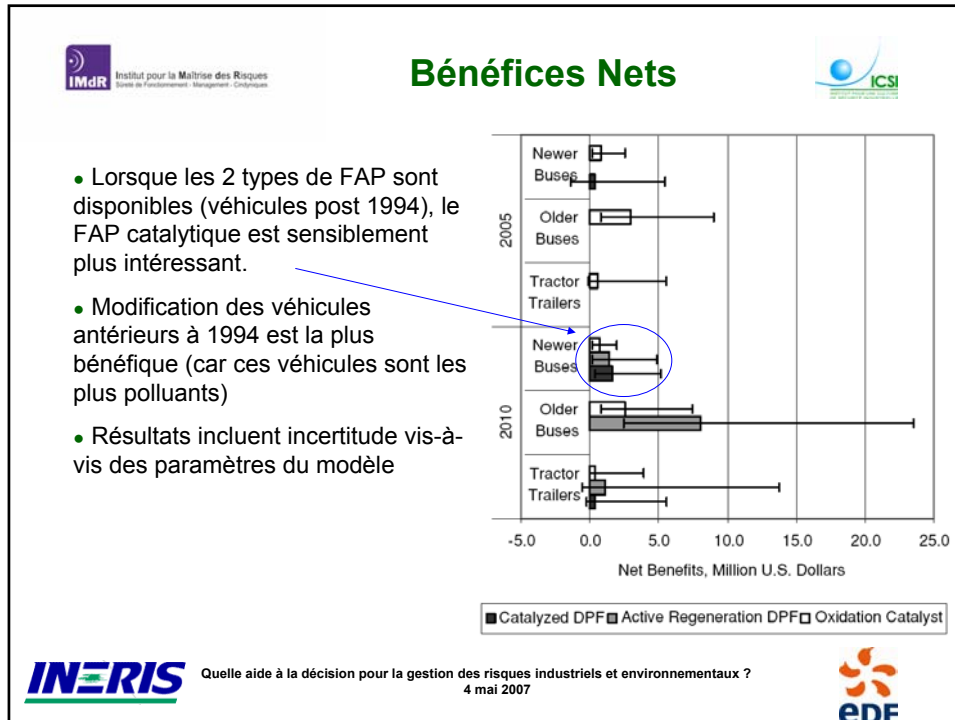
Hypothèses :


- coûts des FAP diminuent d'ici 2010
- disponibilité accrue de carburant à faible teneur en soufre.




Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007








## Exemple d'application :




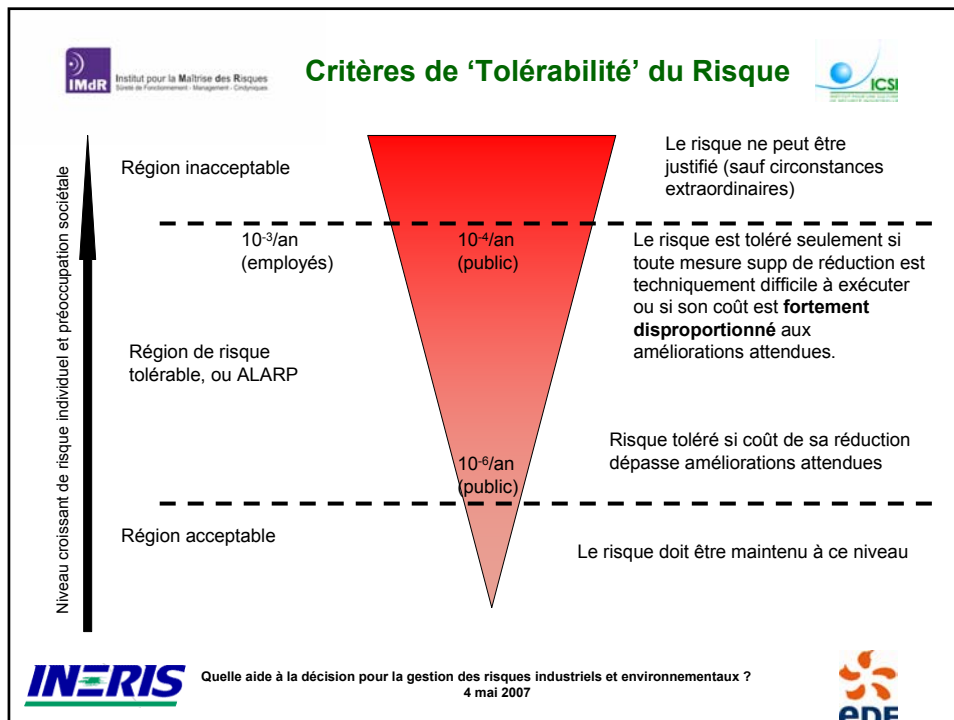
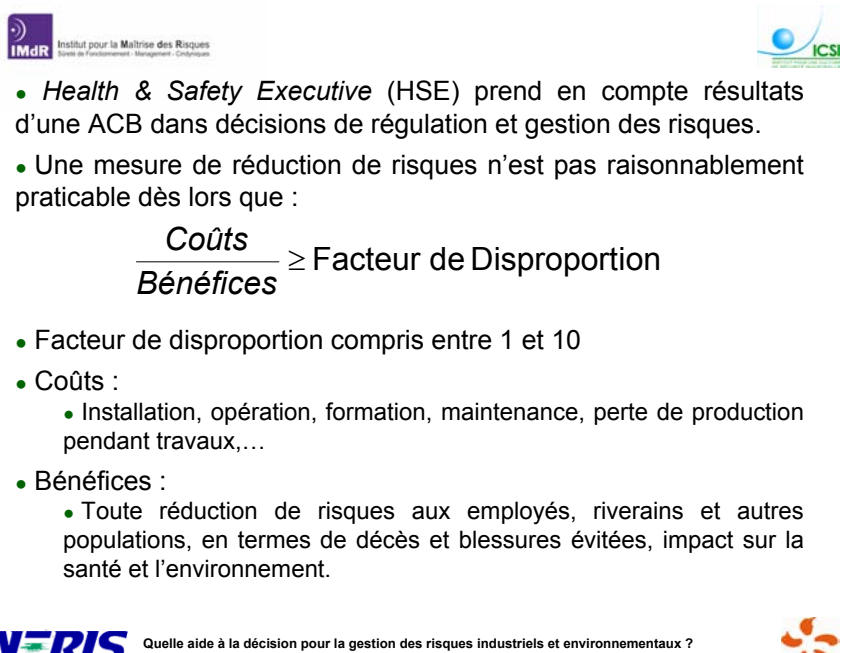
Utilisation de l'Analyse Coût-Bénéfice  
en Support du Concept ALARP

*Health & Safety Executive*



Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007



**Health & Safety Executive (HSE)** prend en compte résultats d'une ACB dans décisions de régulation et gestion des risques.

- Une mesure de réduction de risques n'est pas raisonnablement praticable dès lors que :

$$\frac{\text{Coûts}}{\text{Bénéfices}} \geq \text{Facteur de Disproportion}$$

- Facteur de disproportion compris entre 1 et 10
- Coûts :
  - Installation, opération, formation, maintenance, perte de production pendant travaux,...
- Bénéfices :
  - Toute réduction de risques aux employés, riverains et autres populations, en termes de décès et blessures évitées, impact sur la santé et l'environnement.

**INERIS** Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ? 4 mai 2007 **EDE**

- Bénéfices (suite) :
  - Prise en compte des plans d'urgence, d'évacuation et de décontamination évités;
  - **Transferts de risques** comptabilisés (en -)
  - Risque individuel et **risque sociétal**
- Valeurs utilisées pour monétiser bénéfices (données de 2003)
  - VVS : 1,34 M £ (x 2 pour risque de cancer)
  - Blessure (incapacité permanente) : 207 200 £
  - Blessure (sérieuse) : 20 500 £
  - Blessure (légère) : 300 £
  - Maladie (incapacité permanente) : 193 100 £
  - Maladie (sérieuse) : 2 300 £ (+ 180 £ / jour d'absence)
  - Maladie (légère) : 530 £

## Limites et Débats

- Critique de l'éthique de l'ACB comme norme de décision:
  - Décomposition « comptable » du bien-être;
  - Acceptabilité de certaines mesures, notamment celle de la VVS;
  - Distribution des bénéfices et des coûts;
  - Approche anthropocentrique.
- Difficultés pratiques dans la conduite des études:
  - Identification des effets (indirects, temporels), de leurs mesures, de leur monétisation;
  - Choix du taux d'actualisation;
  - Rationalité limitée des décisions individuelles;
  - Perception subjective des risques.

## Intérêts de l'approche

L'analyse coût-bénéfice comme outil d'aide à la décision

- Clarifie les éléments pris en compte dans l'analyse;
- Pourrait favoriser la concertation entre les parties prenantes;
- Favorise l'échange d'informations;
- Peut justifier les décisions passées;
- Ne se substitue pas à la décision politique !

## Conclusion

- En France, témoignages récents du besoin de développer études économiques (parmi lesquelles l'ACB) en support des décisions de prévention :
  - Kourilsky & Viney, 1999, Le principe de précaution (rapport au PM),
  - Martinand, 2003, Rapport au CES sur env. et dev. durable.
- Union Européenne plus avancée dans sa demande d'analyses d'impact et autres évaluations de réglementations.
- Peut-on envisager l'analyse coût-bénéfice en France comme argument d'arbitrage entre différentes options de prévention des risques / protection des enjeux ?
  - Sites et sols pollués, PPR.



Institut pour la **Maîtrise des Risques**  
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



L'ICSI annonce une journée

## *Analyse Coût-Bénéfice et Risques*

Le 24 Octobre 2007, Paris

Organisée en collaboration avec

- L'Ecole d'Economie de Toulouse - Nicolas Treich
- Harvard Center for Risk Analysis - James Hammitt

Contact : [eric.marsden@icsi-eu.org](mailto:eric.marsden@icsi-eu.org)

Voir le bilan de la journée ACB organisée en Avril 2006 :

[www.icsi-eu.org/francais/news/2006/04/journee-ACB/](http://www.icsi-eu.org/francais/news/2006/04/journee-ACB/)



Quelle aide à la décision pour la gestion des risques industriels et environnementaux ?  
4 mai 2007











**IMdR**

Institut pour la Maîtrise des Risques

IMdR - 116, Avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux. (RER : Arcueil-Cachan)

Tel : 01 45 36 42 10 • Fax : 01 45 36 42 14 • E-mail : [Imdr-sdf@wanadoo.fr](mailto:Imdr-sdf@wanadoo.fr)