



# Technologie et sécurité industrielle :



*Eléments de  
prospective*



# **Technologie et sécurité industrielle : Eléments de prospective**

**Etude réalisée par**



**Pour le compte de la**

**Direction générale de l'industrie, des technologies de  
l'information et des postes (DiGITIP)**

**Mai 2003**



# Sommaire

<b>1</b>	<b><i>Introduction</i></b>	<b>7</b>
1.1	Le contexte et les objectifs de l'étude	7
1.2	Organisation générale de l'étude	9
1.3	Champ de l'étude	11
1.4	Déroulement de l'étude et présentation de la structure du rapport	12
<b>2</b>	<b><i>Les principaux déterminants de l'évolution de la problematique sécurité industrielle</i></b>	<b>14</b>
2.1	La pression sociétale et la perception du risque par la société civile	14
2.2	Les coûts de la sécurité industrielle	14
2.3	Une prise de conscience à plusieurs niveaux chez les industriels	15
2.4	Le développement de l'urbanisation autour des sites industriels	15
2.5	L'évolution réglementaire	16
2.6	L'évolution des contextes internationaux : mondialisation, construction européenne et crainte du terrorisme	17
2.7	Conclusion	18
<b>3</b>	<b><i>Les enjeux prioritaires de la sécurité industrielle à horizon 5-10 ans</i></b>	<b>19</b>
3.1	La sensibilisation et l'information du grand public pour une plus grande acceptabilité du risque	19
3.2	La sensibilisation du personnel des industries à risque vis-à-vis des actes de malveillance	20
3.3	Le développement de la formation en matière de sécurité industrielle	20
3.4	L'optimisation des coûts des industriels : valorisation sur d'autres dimensions des coûts de la sécurité	21
3.5	La prise en compte du facteur humain dans l'entreprise à travers des travaux sur l'interaction homme-machine et le développement des politiques internes de sécurité chez les industriels	22
3.6	Diminution des risques à la source et promotion de la sécurité intrinsèque	23
3.7	L'amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance	24
3.8	La mise à niveau et en conformité des installations existantes	24
3.9	L'optimisation de la réglementation	24
3.10	Conclusion	26
<b>4</b>	<b><i>Les enjeux R&amp;D</i></b>	<b>29</b>
4.1	<b>Le développement de la sécurité intrinsèque et des procédés intrinsèquement plus sûrs</b>	<b>29</b>
4.1.1	Les besoins en termes de sécurité intrinsèque	29
4.1.2	Les besoins R&D associés	30
4.2	<b>L'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle</b>	<b>33</b>
4.2.1	Les besoins en termes d'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle	34
4.2.2	Les besoins R&D associés	35

4.2.3	Quelques éléments de contexte .....	38
4.2.4	Les besoins pour améliorer la sûreté des installations industrielles .....	40
4.2.5	Les besoins R&D associés .....	41
<b>5</b>	<b><i>recommandations et plan d'actions</i></b> .....	<b>45</b>
<b>6</b>	<b><i>CONCLUSION</i></b> .....	<b>54</b>
<b><i>ANNEXE</i></b> .....		<b>55</b>
<b><i>Sécurité intrinsèque</i></b> .....		<b>57</b>
<b><i>Amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle</i></b> .....		<b>61</b>
<b><i>Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance</i></b> ....		<b>65</b>

### **Note préliminaire :**

Ce travail a été réalisé sur la base d'entretiens et de compte-rendus de réunions de groupes de travail réunissant des experts œuvrant dans le domaine de la sécurité industrielle. Le présent document a pour but de rapporter, dans un souci de représentativité et d'objectivité, les considérations qui ont été développées au cours de ces entretiens et réunions, telles qu'elles ont été énoncées.

Les positions qui sont énoncées dans le présent rapport ne préjugent en aucun cas les positions des rédacteurs sur les sujets traités. Elles sont le reflet, aussi fidèle que possible, des débats dont les rédacteurs se sont faits les rapporteurs.

# 1 INTRODUCTION

---

## 1.1 Le contexte et les objectifs de l'étude

Avec plus de 500 000 installations industrielles soumises à déclaration<sup>1</sup>, la France est l'un des pays européens les plus densément industrialisés, en particulier dans le domaine pétrolier, chimique, pharmaceutique et phytosanitaire. De par leur nombre et leur nature, la question du risque industriel est clé au niveau national.

L'intérêt des pouvoirs publics pour la sécurité industrielle est permanent et s'est particulièrement exprimé à travers de nombreux textes réglementaires. On peut citer par exemple:

- La *Loi sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement* (1976) intégrée dans le Code de l'environnement qui demeure l'un des piliers de la législation, en distinguant les sites soumis à simple déclaration et ceux qui nécessitent une autorisation après la réalisation d'un dossier de demande d'autorisation comprenant notamment une étude d'impact et de dangers. 65000 sites industriels sont ainsi soumis à autorisation en France.
- La *Directive "Seveso"* (1982, transposée en 1987) a pris acte d'un accident industriel de grande ampleur en Italie (1976) pour harmoniser une politique communautaire contre les risques des industries les plus dangereuses. Elle place sur les industriels une responsabilité d'informer les pouvoirs publics de leurs activités, et il en découle une responsabilité sur ces derniers de veiller à la sécurité des citoyens. En transposant le texte, la France a ainsi recensé 600 sites "Seveso et assimilés", dont 40% sont présents dans 4 régions (Rhône-Alpes, Haute-Normandie, PACA, Nord-Pas de Calais).
- La *Directive "Seveso II"* (1996, transposée en 2000) est venue compléter le dispositif en élargissant et approfondissant le champ de "Seveso" (absence de distinction entre stockage et mise en œuvre notamment), et en soulignant des aspects organisationnels pour lutter contre le risque. Selon un classement des sites à risque, cette Directive identifie 500 sites à "seuil haut" en France.
- Par ailleurs, deux *Directives ATEX* (1994 et 1999) définissent un ensemble de règles pour les établissements générant des atmosphères explosives.
- Enfin, le *transport de matières dangereuses (TMD)* fait, quant à lui, l'objet d'une réglementation spécifique, fondée sur le regroupement des produits dangereux en 9 classes. Il faut noter que le TMD s'effectue aux deux tiers par la route, le reste essentiellement par le rail. Les accidents restent rares mais sont souvent graves : 75 % impliquent un camion-citerne et 60% un liquide inflammable.

Le contexte récent reste fortement marqué par l'accident de l'usine AZF Grande-Paroisse de Toulouse du 21 septembre 2001. Ses conséquences dramatiques (30 morts, plus de 2000 blessés

---

<sup>1</sup> Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001

et 27 000 logements endommagés<sup>2</sup>) en font la plus grande catastrophe industrielle française depuis la rupture du barrage de Malpasset en 1959. Cet accident a incontestablement relancé en France le débat sur la sécurité industrielle et sur les priorités à définir. Une commission d'enquête parlementaire a ainsi été créée et s'est conclue par le rapport Loos - Le Déaut en février 2002. Ce rapport dégage 90 propositions d'amélioration, notamment en matière de réglementation, d'organisation, de formation et d'aménagement du territoire.

Par ailleurs, un projet de loi sur les risques a été récemment élaboré par Roselyne Bachelot-Narquin, Ministre de l'Ecologie et du Développement Durable. Ce projet renforce les modalités d'information du public (création de CLIC, Obligation d'organiser des réunions publiques lors de l'enquête publique relative aux établissements SEVESO, obligation d'informer sur les risques lors des cessions ou location des biens immobiliers), de maîtrise de l'urbanisation (PPRT, indemnisations des servitudes, utilisation des outils d'expropriation et de délaissage..), de participation des salariés et des sous-traitants à la gestion du risque, et d'indemnisation.

Au-delà des conséquences de cet accident sur le contexte national en matière de sécurité industrielle, ce dernier a par ailleurs évolué ces dernières années sur différents aspects. Dorénavant, une large part de la réglementation est d'origine européenne. La notion de risque industriel apparaît quant à elle de plus en plus médiatisée, faisant l'objet de vastes mouvements d'opinion, comme cela a pu être le cas lors des crises du sang contaminé ou de la vache folle. Mais le contexte s'est également élargi à d'autres dimensions depuis les évènements du 11 septembre, rappelant que les industriels peuvent être à leur tour une cible idéale pour des terroristes à la recherche d'un impact médiatique fort.

Face à ces évolutions, il est apparu nécessaire de se poser la question des enjeux de la sécurité industrielle à moyen et long terme et d'identifier les enjeux technologiques qui y sont associés. En effet, si de nombreuses propositions ont été présentées en matière de réglementation, d'organisation, de formation ou encore d'aménagement du territoire, le volet technologique mérite d'être revisité et approfondi.

Le Ministère en charge de l'Industrie a ainsi souhaité lancer une étude prospective afin d'identifier les solutions technologiques à même d'aider à mieux maîtriser le risque industriel et ainsi de dégager des orientations claires pour la recherche-développement sur ces questions.

Dans ce contexte, cette étude s'est concentrée sur trois objectifs principaux :

- **Identifier les enjeux majeurs en matière de sécurité industrielle à l'horizon 5-10 ans :**

---

<sup>2</sup> Préfecture Midi-Pyrénées, 2002

- Quelles sont les composantes (économiques, techniques, réglementaires, sociétale,...) qui vont avoir un impact sur le devenir de la sécurité industrielle à moyen terme ?
  - Faut-il continuer à améliorer les procédés existants ou prévoir un changement radical ? Avec quelles technologies ? Quels accompagnements ?
  - Que faire, face aux actes de malveillance, pour aider les industriels responsables de sites à risques ?
- **Identifier les réponses technologiques potentielles à l'horizon 5-10 ans**
    - Quelles sont les technologies susceptibles de répondre aux enjeux identifiés ?
    - Quelles sont les voies d'accès aux technologies les plus appropriées ? Quels sont les acteurs compétents par thème (industriels, centres de recherche, pouvoirs publics...) ?
  - **Proposer un plan d'actions (R&D, accès à la technologie, diffusion de la connaissance...) en direction des acteurs publics**
    - Quels sont les axes de recherche prioritaires à mettre en place pour une réponse technologique à 5-10 ans ?
    - Avec quels partenaires ? Avec quels modes d'organisation ?

## 1.2 Organisation générale de l'étude

Nous avons choisi de mobiliser un groupe Miroir composé d'un petit nombre d'experts pour nous assister sur chacune des dimensions clés de l'étude. La vocation de ce groupe était de garantir la cohérence et la qualité des productions générées par l'ensemble du dispositif et de constituer en ce sens un miroir de l'équipe des consultants pour discuter certaines analyses ou propositions soumises au Comité de Pilotage de l'étude.

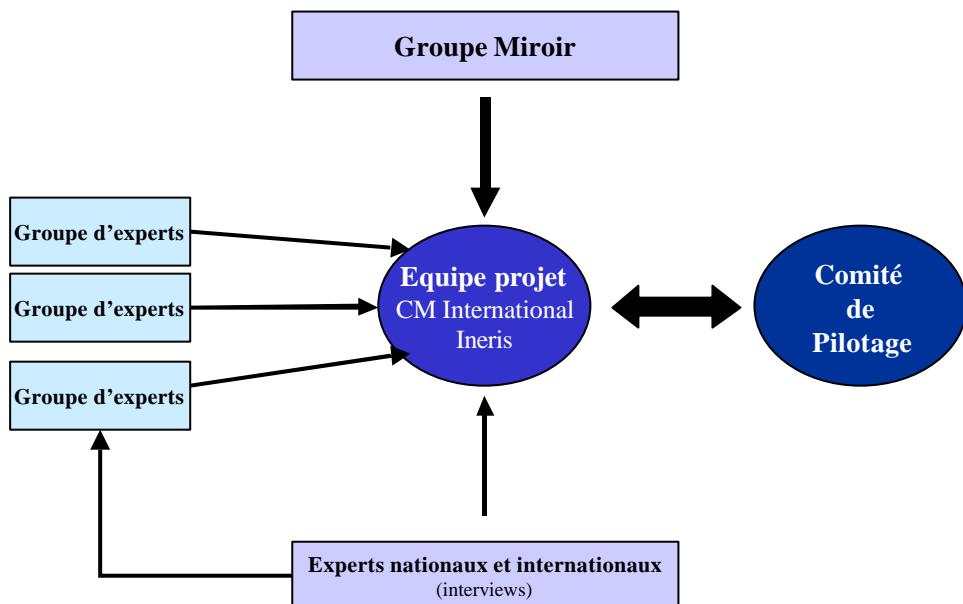
Les membres de ce Groupe Miroir étaient :

- Jacques Repussard, Directeur Général, **IRSN**
- Jean-Pierre Dal Pont, **Société Française de Génie des Procédés**
- Neil Mitchison, Institut pour la Protection et Sécurité du Citoyen, **Centre de Recherche Commun – Ispra**
- Alain Vignot, ancien Directeur Industriel et logistique de **3M France**
- Jacques Calzia, Directeur, **EPSC**
- Alain Pierrat, Département Technique – Sécurité Industrielle, **UIC**
- Paul Lefebvre, chef du département sécurité environnement industriel, **TECHNIP-COFLEXIP**
- Claude Trink, Conseil Général des Mines
- Christian Hoff, Sanofi

Le projet a ainsi été organisé de la façon suivante :

- une équipe projet constituée de consultants,
- rapportant au Comité de Pilotage,
- épaulée par le Groupe Miroir,
- et faisant appel à un réseau d'experts (dont certains ont été mobilisés via les groupes de travail, d'autres par questionnaires mail et téléphone).

Cette structure « projet » est synthétisée ci-dessous. Un tel dispositif à plusieurs entrées a permis de recouper et de valider les idées et pistes proposées par les uns et les autres.



### 1.3 Champ de l'étude

La notion de sécurité industrielle couvre des dimensions très différentes. Il a donc été nécessaire de délimiter le champ de notre étude. Pour cela, nous avons considéré le champ de la sécurité industrielle selon deux axes :

- la nature des industries concernées,
- la nature du risque industriel pris en compte.

#### Nature des industries concernées

Notre étude s'est focalisée sur les industries de procédés dans la mesure où ces dernières représentent à elles-seules une grande partie des activités industrielles et sont, par conséquent, touchées par un certain nombre de sinistres qui ont lieu chaque année en France dans l'industrie en général. Sous cette appellation « industries des procédés », on trouve essentiellement les industries de la chimie, parachimie/pharmacie, pétrochimie, raffinerie et agriculture/phytosanitaires.

Le nucléaire n'a pas fait partie du périmètre de notre travail. En effet, de nombreuses études ont déjà été réalisées sur ce secteur qui nécessite, du fait de ses spécificités, des besoins importants en matière de sécurité. Cependant, nous nous sommes appuyés sur certains de ses enseignements.

#### Nature du risque industriel pris en compte

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes focalisés sur la sécurité au sein des sites industriels :

- d'une part, vis-à-vis des évènements accidentels ayant pour origine les procédés et les facteurs humains,
- d'autre part, vis-à-vis des actes de malveillance, et plus spécifiquement sur la protection des sites face à ces derniers,

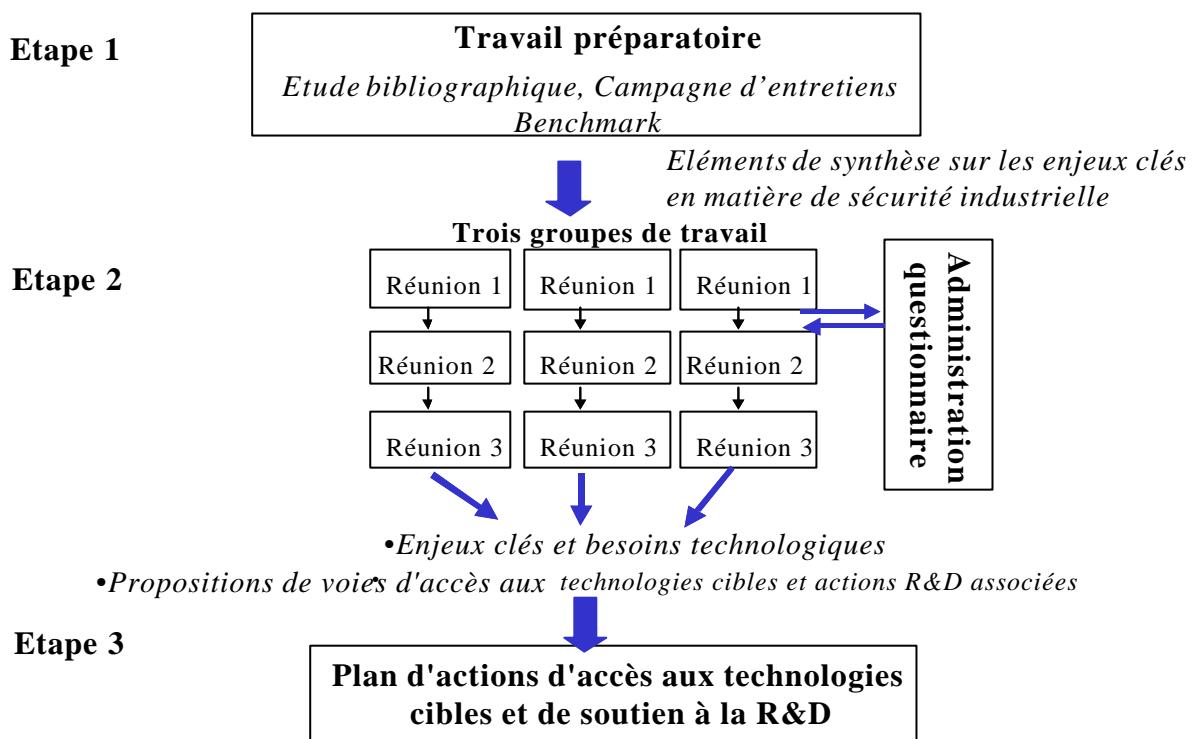
Ce choix a eu deux conséquences sur le déroulement de notre étude et le choix de nos thèmes de travail. En effet, le fait de s'intéresser en particulier à la sécurité au sein des sites industriels a écarté de l'étude tout ce qui a trait au transport des matières dangereuses (TMD). Cependant, il est clair que le renforcement de la sécurité sur un site peut entraîner un déplacement des risques vers le TMD, et dans certains cas, vers le stockage de matières dangereuses sur citernes roulantes. En effet, à titre d'illustration, chercher à réduire les risques d'accident sur un site industriel en diminuant les quantités de produits dangereux stockés grâce à la délocalisation des stockages sur des sites externalisés (exemple : dans le Nord-Pas-de-Calais) entraîne une augmentation des transports de matières dangereuses et par là même, une augmentation des risques liés à ces transports.

D'autre part, le fait de s'intéresser à la sécurité vis-à-vis d'évènements accidentels et à la sécurité vis-à-vis des actes de malveillance nous a conduit à avoir deux approches différentes de la sécurité industrielle :

- une approche avec une logique accidentelle,
- une autre approche avec une logique adaptée au contexte des actes de malveillance et de terrorisme.

## 1.4 Déroulement de l'étude et présentation de la structure du rapport

Le travail s'est déroulé en trois étapes principales comme le montre le schéma ci-dessous :



**La première étape de l'étude** avait pour objectif d'identifier et de caractériser les enjeux clés en matière de sécurité industrielle.

Le recours à une étude bibliographique, à des entretiens avec une quinzaine d'experts et une étude de benchmarking a permis :

- de collecter les préoccupations, avis et suggestions de différents acteurs du domaine de la sécurité industrielle en matière technologique, organisationnelle et économique,
- d'identifier une première liste de problématiques importantes en matière de sécurité industrielle,
- de faire un premier repérage des technologies employées ou envisagées pour maîtriser ces risques.

Les problématiques ainsi identifiées ont été regroupées par thématique en vue de la conduite des trois groupes de travail.

**La seconde étape de l'étude** visait à déterminer les réponses possibles aux enjeux clés en matière de sécurité industrielle identifiés lors de la première étape. En particulier il s'agissait d'identifier et de caractériser les technologies à développer et à mobiliser, ainsi que les voies d'accès à ces technologies et les actions R&D associées.

Pour cela, trois groupes de travail ont été mis en place. Ces groupes étaient dans la mesure du possible constitués d'une dizaine d'experts et se sont réunis à trois reprises. En parallèle à ces réunions de travail, un questionnaire a été envoyé à un panel d'experts plus large afin de préciser et d'enrichir les synthèses proposées par le groupe de travail.

**Enfin, la troisième et dernière étape de l'étude** consistait, sur la base des résultats de l'étape 2, à proposer des recommandations ainsi qu'un plan d'actions prioritaires pour le Ministère en termes, en particulier, d'accès aux technologies cibles et de soutien à la R&D.

**Le rapport s'articule en quatre parties.** La première partie fait le point sur les principaux déterminants de la problématique de la sécurité industrielle. Ceux-ci permettent non seulement de décrire l'ensemble du système mais aussi de comprendre quelles en sont les logiques dominantes et les mécanismes susceptibles de prendre le pas sur les autres.

Le cadre du panorama futur de la sécurité industrielle étant posé, les enjeux prioritaires sont identifiés dans un deuxième temps.

La troisième partie du rapport décline l'ensemble de la réflexion en enjeux R&D. Cette déclinaison se base sur l'analyse des déterminants, le repérage des enjeux et des évolutions souhaitables et possibles, et en particulier sur les trois thématiques retenues dans le champ de l'étude.

Enfin, la dernière partie présente les recommandations ainsi qu'un plan d'actions en particulier en termes d'accès aux technologies cibles et de soutien à la R&D.

## **2 LES PRINCIPAUX DETERMINANTS DE L'EVOLUTION DE LA PROBLEMATIQUE SECURITE INDUSTRIELLE**

---

Comme nous l'avons vu dans l'introduction de l'étude, la problématique de la sécurité industrielle est en pleine évolution ces dernières années, avec une nette accélération depuis l'accident d'AZF à Toulouse en septembre 2001. Cette évolution est conditionnée par un certain nombre de paramètres, appelés déterminants, que nous allons développer ici et qui sont de nature économique, sociétale, scientifique et technique, et politique.

### **2.1 La pression sociétale et la perception du risque par la société civile**

La pression sociétale qui s'exerce sur l'industrie est de plus en plus grande. Après l'explosion d'AZF, considérée comme la catastrophe industrielle majeure de ces dernières années en France, le grand public souhaite être entendu sur ce qu'il perçoit comme étant des enjeux sociéto-économiques, et donc politiques.

Ainsi, comme après les polémiques de la vache folle, du sang contaminé, des OGM, de l'ERIKA et autres, la société civile a montré avec l'accident de Toulouse qu'elle acceptait difficilement que des décisions politiques ayant un impact sur la vie quotidienne des citoyens soient prises sans qu'elle soit préalablement consultée. Se sentant victime de choix potentiellement dangereux, la société civile tend désormais à rejeter ce qui touche à l'activité industrielle et développe une pression sur les industriels par l'intermédiaire des institutionnels, influençant ainsi par exemple la localisation de nouvelles installations. La prise en compte des intérêts et des besoins des citoyens constitue donc en ce sens un déterminant important de la sécurité industrielle à court et moyen termes.

### **2.2 Les coûts de la sécurité industrielle**

Améliorer la sécurité d'une industrie a bien évidemment un coût. Afin entre autres de respecter les réglementations nationales en vigueur, les industriels doivent faire des investissements dans leurs installations et dans la mise en place d'outils de contrôle. Ces coûts sont souvent d'autant plus élevés que les unités industrielles sont anciennes. Mais si la sécurité coûte cher, force est de constater qu'un accident peut coûter encore plus cher. En effet, avec les coûts humains et matériels, il engendre généralement une perte de notoriété et d'image, et potentiellement une perte de parts de marché voire dans certains cas une récession de l'activité qui peut remettre en question la survie même de l'entreprise.

Cependant, pour survivre dans un marché mondial de plus en plus dur, les industriels doivent maintenir des coûts de production compétitifs. Dès lors, se pose très clairement le problème de la conciliation des coûts de la sécurité avec le maintien d'une compétitivité des industriels.

Depuis quelques années, certaines études de risques semi-quantitatives permettent d'évaluer ce que la sécurité peut faire gagner ou plutôt ce qu'elle peut éviter de faire perdre (Méthodes Hazop et Hazid semi-quantifiées). A l'issue de ces études, auxquelles les sociétés anglo-saxonnes ont largement recours, les surcoûts de la sécurité sont plus facilement acceptés.

Par ailleurs, notons qu'un clivage existe entre les actions menées par les grands groupes industriels qui peuvent gérer plus facilement le ratio performances économique / sécurité et celles menées par les PME. Pour ces dernières l'enjeu économique est sans aucun doute clé et c'est pourquoi elles sont généralement moins à la pointe en termes de sécurité que les grands groupes.

L'évolution des coûts liés à la sécurité industrielle dans les années à venir conditionnera fortement la vitesse de diffusion au sein de l'industrie des procédés des solutions et des technologies les plus adaptées en matière de sécurité.

### **2.3 Une prise de conscience à plusieurs niveaux chez les industriels**

La sécurité industrielle est une notion plus ou moins bien perçue selon le secteur industriel et la taille des industries considérées. Ainsi, contrairement à ce qui se passe dans d'autres secteurs, les industriels de la chimie ou du pétrole sont généralement conscients qu'ils manipulent et travaillent avec des produits potentiellement dangereux. Ils connaissent les risques et les conséquences des accidents dans leurs industries. Ils sont bien sensibilisés à la notion de sécurité industrielle, et cela d'autant plus que la taille de leur installation est importante. Par ailleurs ce sont naturellement vers eux, en priorité, que portent les actions et efforts des administrations et de la société dans son ensemble. A l'inverse, les petites structures industrielles, dont les productions passent sous les seuils administratifs, ne sont pas soumises à de telles pressions et ne sont pas en mesure de mettre en oeuvre une véritable politique de sécurité en interne même s'il y a une conscience de la notion de sécurité.

Ainsi, de la même manière que pour les coûts de la sécurité industrielle, le niveau de sensibilisation des industriels conditionnera dans les années à venir la vitesse de diffusion des solutions et des technologies les plus adaptées en matière de sécurité.

### **2.4 Le développement de l'urbanisation autour des sites industriels**

Le problème majeur rencontré par tous les pays et industriels européens est la grande proximité des installations industrielles vis-à-vis des habitations dans les agglomérations. Initialement implantées en dehors des villes, ces installations industrielles se sont retrouvées en plein cœur du tissu urbain avec le développement rapide de l'urbanisation, aggravé dans certains cas par le non-respect des périmètres de sécurité.

Les installations récentes ne souffrent pas (encore) de ce problème mais la majorité du parc industriel français étant assez âgé, l'urbanisation autour des installations est aujourd'hui un problème clé qui influe sur les travaux en matière de sécurité industrielle.

Suite à la catastrophe AZF à Toulouse, plusieurs problématiques liées à l'aménagement du territoire ont été mises à l'ordre du jour. Ainsi la mise en place de périmètres d'isolement autour des installations à risques a été relancée et un vaste débat sur la délocalisation des installations à risque dans le périmètre des agglomérations a débuté. Face à cela, ont surgi des interrogations : comment mettre en place des polygones d'isolement autour des installations déjà entourées d'habitations ? En cas de délocalisation, qui doit partir : les installations historiquement implantées ou les habitations récentes ? Ce débat sur la délocalisation risque par ailleurs d'être fortement influencé par le fait que les installations industrielles représentent un pôle d'emplois non négligeables. Leur délocalisation poserait alors d'importants problèmes économiques et humains, non seulement pour les industriels eux-mêmes mais également pour les régions.

Pour un développement durable de l'industrie et des zones urbanisées, une réflexion prospective en termes de sécurité industrielle doit prendre en compte la dimension de l'aménagement du territoire et plus encore le dilemme développement économique local versus accroissement de la sécurité des personnes. Le projet de loi sur les risques industriels qui est actuellement à l'étude devrait favoriser la reconstitution de périmètres de sécurité autour des sites industriels à risques (Projet de Prévention des Risques Technologiques – PPRT). L'industriel devra dans certains cas racheter à ses frais les plus proches habitations, la commune pouvant également participer à ce rachat.

## 2.5 L'évolution réglementaire

L'évolution réglementaire a un impact direct sur les problématiques de la sécurité industrielle car elle définit un cadre qui doit être respecté par les acteurs concernés. La délimitation de ce cadre est un exercice difficile puisqu'il doit servir différents objectifs : les objectifs de l'administration et ceux des industriels. L'administration tente d'imposer des règles en vue d'améliorer la sécurité, mais aussi de communiquer sur les actions entreprises sur la sécurité industrielle et en particulier auprès des riverains des sites en cours d'évolution. En parallèle, les industriels cherchent à maintenir la confidentialité de leurs activités dans une optique de sécurité nationale, cet objectif étant également soutenu par l'administration. Entre ces objectifs, la frontière est ténue et l'on constate que depuis ces dernières années il y a un foisonnement de textes réglementaires visant parfois des objectifs différents voire contradictoires, qu'il faut simplifier.

La tendance future va dans le sens du renforcement de la réglementation et de son application. Depuis l'accident de SEVESO, la réglementation communautaire s'est elle-même renforcée sur tout ce qui concerne la sécurité industrielle. La réglementation nationale française, qui a toujours suivi les tendances communautaires, n'accuse aujourd'hui aucun retard par rapport aux réglementations communautaires sur certains points, elle s'avère même être en avance. Force est de constater que le durcissement allié à la complexification du contexte réglementaire a un impact important sur les actions en matière de sécurité industrielle et donc les besoins futurs dans ce domaine.

La simplification de la réglementation passe par une évolution vers une réglementation d'objectifs s'appuyant sur des guides, des normes et des standards.

## **2.6 L'évolution des contextes internationaux : mondialisation, construction européenne et crainte du terrorisme**

La mondialisation induit une pression supplémentaire sur les acteurs économiques. Il s'agit en effet de défendre l'emploi en Europe et en France en évitant les délocalisations, notamment de l'industrie chimique de base.

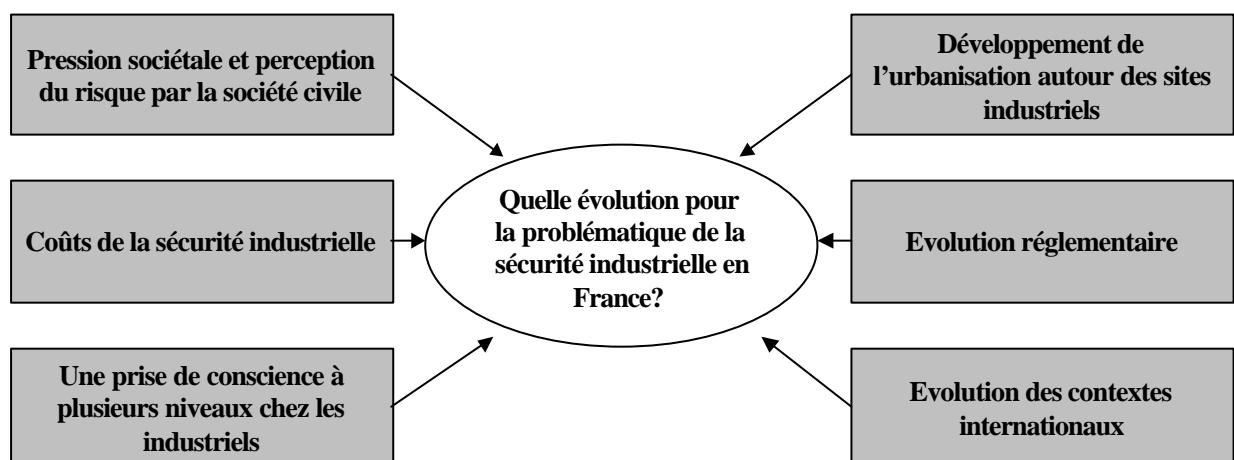
De plus, l'évolution de la problématique de la sécurité industrielle est fortement influencée en France par les évolutions des politiques européennes. Les réglementations SEVESO I et II sont bien appliquées en France et le livre blanc de la Commission Européenne sur la « stratégie pour la future politique dans le domaine des substances chimiques » commence déjà à donner lieu à des débats entre industriels, institutionnels, syndicats et associations. Au fur et à mesure de la construction européenne, il devient important de développer des réseaux, des normes et des bases de données à l'échelle de l'Europe. Une approche européenne de la sécurité industrielle semble incontournable dans la mesure où les coopérations engendrées permettraient de mettre en commun des expériences différentes et complémentaires, et permettraient d'avancer plus rapidement dans ce domaine. Ainsi, suite à l'accident de Toulouse en septembre 2001, le rapport Loos-Le Déaut a notamment mis en évidence le déficit de la France et de l'Europe en termes de moyens alloués à l'expertise dans le domaine du risque industriel. L'analyse de l'existant en France et à l'international, montre en effet un besoin important en termes de recherche en sécurité industrielle qui permettrait d'accroître les connaissances dans ce domaine. On notera que des initiatives privées ont également été développées pour créer de nouveaux organismes censés œuvrer dans le domaine de la sécurité industrielle. On citera, entre autres et à titre d'exemple, le projet du groupe TotalFinaElf de créer un Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle (ICSI). En tout état de causes, il existe un besoin important de fédérer les nombreuses et diverses ressources déjà existantes parmi tous les états membres de l'UE.

Parallèlement à ces considérations sur le risque accidentel, la sécurité industrielle vis-à-vis du risque criminel évolue dans un contexte international de plus en plus tendu. Depuis les attentats du 11 septembre 2001 à New-York contre les deux tours du World Trade Centre, le monde s'est rendu compte que « l'inimaginable était désormais possible » et que les terroristes n'hésitaient pas à frapper en cherchant un impact médiatique le plus fort possible. La crainte du terrorisme ainsi renforcée et « aggravée » par le déclenchement des guerres successives des Etats-Unis contre l'Afghanistan et maintenant contre l'Irak, ont "secoué" l'opinion publique mais aussi les industriels qui se retrouvent en première ligne comme cibles potentielles pour des actions terroristes. Pour faire face à cette menace, la France, comme la majorité des pays occidentaux, a mobilisé des moyens bien plus importants qu'auparavant et mis en place différents programmes de protection de tous les sites à risques : lieux publics très fréquentés, réseaux de transports, installations nucléaires mais également installations industrielles à risques. Les industriels, avec l'aide des pouvoirs publics, doivent désormais renforcer ou prendre des mesures nouvelles pour assurer leur sécurité.

## 2.7 Conclusion

Jusqu'à maintenant, la sécurité industrielle était considérée comme l'affaire de professionnels (acteurs publics, industriels ...) gérée plutôt au cas par cas (par type de secteur, d'activités,...). Les catastrophes industrielles de ces dernières années et l'implication croissante de l'opinion ont élargi le champ des facteurs jouant sur l'évolution de la sécurité industrielle. Ainsi c'est de l'interaction et de l'influence des relations entre les 6 déterminants (voir schéma ci-dessous) présentés précédemment que se dessinera l'avenir de la sécurité industrielle en France.

## Les principaux déterminants à l'évolution de la sécurité industrielle dans les années à venir



### **3 LES ENJEUX PRIORITAIRES DE LA SECURITE INDUSTRIELLE A HORIZON 5-10 ANS**

---

Au-delà de l'analyse des éléments clés - les déterminants - qui pèsent sur la problématique de la sécurité industrielle, l'identification des questions à venir ou enjeux dans ce domaine est un pré-requis pour se projeter dans le futur.

Si les enjeux listés s'appliquent à la problématique nationale, leur analyse et leur sélection se sont faites en prenant en compte les positions des autres pays européens.

Les enjeux cités ci-après ne traduisent pas un ordre de priorité.

#### **3.1 La sensibilisation et l'information du grand public pour une plus grande acceptabilité du risque**

Le développement d'une culture de la sécurité, afin de rendre le citoyen acteur dans les choix et les décisions publiques ayant un impact sur la sécurité, est, au même titre que la diffusion de l'information et de la communication auprès du grand public, un des enjeux prioritaires pour les années à venir. La France apparaît aujourd'hui en retard sur ce point par rapport à ses voisins d'Europe du Nord, notamment les Pays-Bas et le Royaume-Uni.

Actuellement, il n'existe pas de véritables organes d'information pour le grand public dédiés à la sécurité industrielle. Jusque là, la communication relevait essentiellement des documents produits par les industriels - comme le demande la réglementation - et d'une politique de gestion de crises, les médias n'abordant le sujet que ponctuellement, lors d'accidents. Ce n'est que depuis l'accident de Toulouse que cette problématique fait véritablement l'objet de débats de fonds entre les pouvoirs publics et les citoyens. Il est maintenant important de continuer à développer progressivement cette interaction avec le grand public et travailler à l'établissement d'une culture française du risque, jusque là faible. Il s'agit ainsi de faire comprendre aux citoyens que le risque zéro est une limite vers laquelle on cherche à tendre, mais qu'il est impossible d'atteindre. Il leur faut donc accepter une part de risque, tout comme ils l'acceptent lorsqu'il s'agit de sécurité routière. La question du juste équilibre entre la responsabilité des pouvoirs publics et la caution du grand public est ici posée.

Afin de faciliter et mieux diffuser l'information vers le grand public, certains enjeux paraissent importants :

- informer de manière transparente sur les activités industrielles (risques liés aux produits utilisés...),
- favoriser le développement des bonnes pratiques professionnelles (démarche qualité, certification...),
- mieux connaître le comportement du citoyen et son évolution pour adapter les supports et les messages aux différentes cibles visées,
- favoriser l'accessibilité de l'information et susciter le dialogue.

La notion centrale de risque acceptable reste encore un enjeu à débattre. Il serait intéressant de porter ce point à un niveau au moins européen.

Enfin, les cibles en matière de communication ne sont pas clairement définies. Cependant, un enjeu prioritaire porte sur l'information auprès des riverains, ainsi que sur la formation et la sensibilisation des jeunes.

### **3.2 La sensibilisation du personnel des industries à risque vis-à-vis des actes de malveillance**

En ce qui concerne le risque criminel, la sensibilisation des personnes est également très importante mais diffère de celle du grand public vis-à-vis du risque accidentel.

Tout d'abord l'objectif de la sensibilisation est différent. Alors que la sensibilisation au risque accidentel cherche à développer une plus grande acceptabilité ainsi qu'une culture du risque, la sensibilisation au risque criminel se focalise sur la reconnaissance des signes avant-coureurs d'un acte de malveillance afin de pouvoir si possible prévenir un attentat. Le public visé est alors dans ce dernier cas le personnel interne à l'entreprise industrielle, alors que le risque accidentel touche un public beaucoup plus large, du personnel interne à la société civile dans son ensemble en passant par les sous-traitants et les riverains.

### **3.3 Le développement de la formation en matière de sécurité industrielle**

Aujourd'hui, même s'il existe un pôle de connaissances important grâce aux recherches faites dans le nucléaire, la France est confrontée à un manque d'expertise sur le thème de la sécurité dans l'industrie en général ainsi qu'à un nombre encore trop restreint de personnes compétentes. Cela est dû, en particulier, à la mise en place très tardive d'enseignements académiques en matière de sécurité industrielle.

Sous la pression des industriels faisant partie du Conseil d'administration de l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Chimiques (ENSIC) de Nancy, les premiers cours universitaires sur la sécurité industrielle sont apparus en 1988 dans cette même école, avec l'établissement d'une formation d'ingénieur dotée d'un enseignement sécurité des procédés pouvant être approfondi avec une option en 3e année. La direction de cet enseignement sur la sécurité industrielle est partagée entre universitaires et industriels afin de garder une approche « terrain » de la sécurité. Cet enseignement est très bien perçu par les industriels car il répond véritablement à un de leurs besoins. Il est également très populaire auprès des étudiants, de plus en plus conscients de l'importance de la sécurité notamment à cause de leur sensibilité accrue aux problèmes environnementaux.

Progressivement, ce type d'enseignement s'est donc développé dans d'autres établissements de formation universitaire en sciences chimiques. Ainsi, l'enseignement mis en place à l'ENSIC de Nancy en 1988 a été par la suite introduit à l'Ecole de Génie Chimique de Toulouse (ENSGC

puis ENSIACET) entre 1992 et 1995 puis à Pau entre 1996 et 1999. Quant à l' Ecole Nationale Supérieure des Sciences Chimiques de Mulhouse (ENSCMU), elle a développé des compétences de pointe dans le domaine de la sécurité des produits (fiche de sécurité, fiche INRS, risque sanitaire, risque travailleur...). Des enseignements relatifs à la sécurité industrielle sont également dispensés depuis un certain temps au sein des Ecoles des Mines et de l'ENSI de Bourges. Enfin, depuis l'accident de Toulouse, des DESS relatifs à la sécurité industrielle sont mis en place dans certaines écoles et universités françaises.

Il ne s'agit pas de former des ingénieurs uniquement pour la sécurité mais sensibiliser également tous les étudiants aux problèmes de sécurité et de responsabilité.

La France doit donc faire face à l'enjeu clé du développement des formations initiales et continues afin de posséder son propre pool d'experts sur cette problématique.

### **3.4 L'optimisation des coûts des industriels : valorisation sur d'autres dimensions des coûts de la sécurité**

Afin de faire face à la pression sociétale, qui se transcrit par des réglementations plus contraignantes, les industriels sont amenés à devoir investir sur la sécurité, poste perçu par certains industriels comme une perte nette sur leur compétitivité. Il est vrai qu'investir dans la sécurité « pour la sécurité pure » semble préjudiciable pour les coûts de production des industriels. Or, investir dans la sécurité d'une installation peut aussi représenter un investissement dans l'amélioration de la fiabilité du système industriel et la protection de l'environnement par une industrie responsable. En effet, un système sécurisé va être surveillé et les dérives vont pouvoir être identifiées et traitées avant qu'un incident ou un accident n'ait lieu. De plus, les études de sécurité augmentent les connaissances des procédés et permettent dans beaucoup de cas d'en améliorer la productivité. Ainsi, développe-t-on un système plus sûr et plus fiable, et par conséquent, plus productif et économiquement rentable. Le retour sur investissement générée peut s'avérer alors pertinent.

Par ailleurs, le développement actuel des exigences du grand public en matière de sécurité industrielle rappelle quelque peu le développement de ses exigences en matière d'environnement il y a une dizaine d'années. Aujourd'hui, la plupart des industriels ont bien acquis le réflexe « environnement » et les coûts engendrés par les normes environnementales ont pu être valorisés sur les marchés grâce à une importante communication autour d'une nouvelle image, celle d'industriels en phase avec la protection de l'environnement. De même, leurs investissements dans la sécurité pourraient être amortis sur d'autres dimensions telles que la qualité des produits fabriqués, la sécurité de leur fabrication et par là même une amélioration de l'image des industriels. En ce sens, la sécurité prend sa place dans le développement durable des industries. Les grands industriels de la chimie et du pétrole n'ont d'ailleurs pas attendu pour prendre en compte ces équilibres sécurité – coûts – fiabilité.

L'objectif des industriels est de rester compétitifs malgré ces contraintes liées à la sécurité. L'enjeu principal reste donc d'améliorer la ration coût / performance des technologies développées mais

il est également important de continuer à réfléchir à d'autres valorisations possibles de ces investissements pour la sécurité.

### **3.5 La prise en compte du facteur humain dans l'entreprise à travers des travaux sur l'interaction homme-machine et le développement des politiques internes de sécurité chez les industriels**

L'approche de maîtrise des risques accidents développée cette dernière décennie sur une vision très "technique" a contribué à accroître le niveau de sécurité des installations industrielles. La mise en application de la Directive SEVESO II souligne l'intérêt de mieux intégrer l'analyse des risques et la maîtrise des risques notamment au travers de la mise en œuvre d'un Système de Gestion de la Sécurité. Or, les installations industrielles sont des systèmes socio-techniques complexes dont la connaissance complète est illusoire. Ces systèmes sont dotés d'une dynamique des risques qui est à l'origine des accidents lorsque les limites de stabilité sont dépassées. Le rôle des hommes est de gérer cette dynamique et de maintenir le système dans un état de quasi-stabilité en gérant les aléas.

Les opérateurs agissent sur le système en fonction de la représentation mentale des processus qu'ils se sont forgés et du diagnostic d'évolution qu'ils réalisent à partir des informations fournies par les dispositifs techniques et les aides mis à leur disposition. La complexité des systèmes industriels actuels nécessite la constitution d'un collectif de travail constitué de différents opérateurs qui disposent chacun d'une représentation personnelle et partielle du système. Les opérateurs sollicitent l'organisation mise en place, mais sont également sollicités par l'organisation. Cet ensemble d'interactions constitue le cœur des problématiques actuelles abordées dans le cadre d'approches multi-disciplinaires pour évaluer le rôle des hommes et des organisations dans les installations à risques.

Les travaux relatifs aux facteurs humains et à la prise en compte des organisations peuvent actuellement être décrits selon deux ensembles répondant aux questions suivantes :

- mieux comprendre le comportement humain dans le collectif de travail :  
Comment adapter l'environnement de travail aux capacités de l'homme afin de le rendre plus fiable ? Quelles sont les origines et quels sont les moyens de contrôler les défaillances humaines en situations de travail ? Quelles sont les informations essentielles à fournir aux opérateurs ? Comment mobiliser, développer et gérer les ressources humaines ?
- mieux comprendre l'organisation mise en place pour gérer la sécurité :  
Quelle organisation mettre en place pour gérer au mieux un système technique souvent complexe ? Comment évaluer les organisations existantes, identifier les points faibles et proposer des améliorations ? Comment évaluer les performances de cette organisation ?

L'intégration, notamment dans le cadre de l'utilisation des outils de psychologie cognitive et de sociologie, d'une approche plus adaptée du comportement humain et du rôle des organisations

dans l'analyse des risques, devient une nécessité forte afin d'optimiser le niveau de sécurité. Cette orientation a pour conséquence de nécessiter le développement de nouvelles approches d'évaluation des risques s'appuyant sur des compétences plus diversifiées et des équipes pluridisciplinaires (psychologie, sociologie, ergonomie, techniques de l'ingénieur,...) qui devront travailler en étroite collaboration avec les spécialistes de l'analyse des risques.

### 3.6 Diminution des risques à la source et promotion de la sécurité intrinsèque

Dans une approche de développement durable et afin d'éviter la délocalisation d'installations industrielles à risque, tous les travaux concourrant à une diminution des risques à la source sont particulièrement importants. Les actions du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable vont d'ailleurs dans ce sens.

L'amélioration de la sécurité intrinsèque des procédés est un enjeu majeur dans cette optique de diminution des risques à la source dans la mesure où, selon les quatre principes de la sécurité intrinsèque, on cherche à :

- Substituer les produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux (**principe de substitution**). Il s'agit, par exemple, de privilégier des procédés mettant en œuvre des solvants moins dangereux (ex : eau) ou de développer des voies de synthèses dont les matières premières, les produits intermédiaires ou les sous-produits seraient moins dangereux. Sur ce point il faut bien veiller à ce que les produits considérés comme moins dangereux d'un point de vue réactif, le soit également d'un point de vue environnemental afin de ne pas remplacer un produit dangereux par un produit nocif.
- Intensifier les procédés en passant de procédés discontinus à des procédés continus afin de minimiser les quantités de substances dangereuses mises en œuvre (**principe d'intensification**). Il s'agit, par exemple, de réduire le volume des équipements de production au sein desquels le potentiel de danger est important. Le grand avantage est alors de diminuer les stockages de produits intermédiaires à risque tout en gardant bien en tête que le zéro stockage ne sera jamais possible.
- Simplifier les procédés en les rendant plus efficaces et plus sûrs (**principe de simplification**).
- Définir des conditions opératoires moins dangereuses. Il s'agit, par exemple, de définir des conditions de température et de pression opératoires atténuant les risques (**principe d'atténuation**).

Le Health and Safety Executive (HSE) en Grande-Bretagne travaille sur ce thème de la sécurité intrinsèque depuis quelques temps déjà et finance chaque année de nouveaux projets se rapportant aux quatre composantes évoquées ci-dessus. Notons cependant qu'il n'est pas toujours possible d'appliquer ces principes dans la pratique.

Parallèlement à cet enjeu portant sur les procédés, un autre enjeu complémentaire porte sur l'amélioration des outils de contrôle des procédés ainsi que de l'interaction homme-machine. Ce dernier point est particulièrement important dans la mesure où la majorité des accidents

industriels mettent en cause une défaillance humaine. Selon les sources utilisées, les chiffres relatifs à ces accidents varient entre 40 et 80%.

Comme nous allons le voir, ces problématiques de la sécurité intrinsèque et de l'amélioration des interactions homme-machine représentent des enjeux technologiques particulièrement prometteurs et clés pour les 5 -10 années à venir.

### **3.7 L'amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance**

Après le 11 septembre, la protection des installations industrielles à risques contre les actes de malveillance est devenue une des priorités du gouvernement français. Nous avons ainsi pu assister progressivement au développement des équipements de surveillance et au « durcissement » des contrôles des installations en réponse à la malveillance. Ces actions font suite au mouvement mondial initié aux Etats-Unis où très rapidement après cet attentat il y a eu un important renforcement des mesures vis à vis des interventions malveillantes avec la mise en place d'un programme de « planned vulnerability ».

Beaucoup de travail a déjà été réalisé au niveau du ministère de la Défense et dans le secteur du nucléaire, il s'agit maintenant d'adapter ces travaux et de les développer pour une application centrée sur les installations industrielles.

### **3.8 La mise à niveau et en conformité des installations existantes**

L'âge des installations est un frein à l'amélioration de la sécurité industrielle. Plus une installation est ancienne plus il est difficile de la rendre plus sûre sans avoir à investir de manière significative.

Le parc industriel français étant particulièrement âgé, un des enjeux importants est d'assurer dans les années à venir la mise à niveau des anciennes installations par l'introduction sur les unités existantes de technologies simples et peu coûteuses qui en améliorent la sécurité. Cependant, vu l'importance du coût des travaux de remise à niveau, certains experts estiment que bon nombre de sites industriels devront fermer dans les dix prochaines années en France et en Europe.

De manière générale, les DRIRE travaillent beaucoup sur cette problématique du rétro-fittage avec les industriels locaux. Il s'agit d'une problématique à traiter au cas par cas plutôt que de traiter de façon générale.

### **3.9 L'optimisation de la réglementation**

La réglementation nationale actuelle en matière de sécurité industrielle doit faire face à plusieurs grands enjeux afin d'évoluer dans le sens d'un développement positif des activités industrielles, porteuses d'emplois. Ces évolutions ne seront possibles que s'il y a une forte volonté politique affichée pour soutenir cette initiative.

Considérée par certains industriels comme étant « touffue et confuse », il s'avère nécessaire de faire un tri des textes amendés et nouvellement introduits afin que chacun des acteurs liés à cette réglementation puisse clairement et explicitement en comprendre le sens exact et qu'il n'y ait plus de place laissée au doute. Ce travail doit être accompagné d'un travail d'homogénéisation de la

réglementation à l'échelle nationale afin d'éviter les disparités entre ce qui est demandé aux industriels par les DRIRE des différentes régions.

Un second enjeu porte sur l'approche utilisée en France pour tout ce qui concerne le risque industriel et qui est sujet à débat depuis quelques années. Il s'agit de se forger une opinion quant à la méthode la mieux adaptée pour une politique transparente de gestion des risques.

La méthode probabiliste complète est très intéressante pour l'industriel qui a les moyens financiers de la faire réaliser. En effet, dans une démarche coût / bénéfice, cela lui permet de quantifier le gain de sécurité apporté par tel ou tel dispositif ou mesure de sécurité, et donc de constituer une aide à la décision précieuse pour faciliter les investissements sécurité et l'allocation des ressources humaines et financières. Toutefois, cette approche est entachée de beaucoup d'incertitudes, encore plus que dans l'approche déterministe, puisqu'il faut y rajouter l'évaluation des probabilités des scénarios. Par conséquent, elle demeure intéressante tant qu'il s'agit de hiérarchiser différents investissements entre eux ou de choisir entre plusieurs alternatives possibles comme dans le cas du transport de matières dangereuses.

La démarche déterministe est essentiellement utilisée en conception des installations, lorsqu'il s'agit de prévoir et mettre en place les barrières de défense de l'installation.

Une fois les barrières de défense en place, l'approche probabiliste complète sert à évaluer la probabilité de défaillance de ces barrières, puis le risque résiduel de l'installation, en statuant finalement sur l'acceptabilité "technique" de ce risque. Les deux approches sont ainsi complémentaires.

Plusieurs pays européens s'orientent peu à peu vers une méthode alternative d'analyse des risques d'une installation, semi-probabiliste et axée sur les barrières de défense. En s'inspirant de la complémentarité des deux approches, les méthodes anglaise et néerlandaise consistent d'abord à identifier les scénarios d'accidents majeurs d'une installation puis d'en évaluer les conséquences de manière déterministe.

En fonction de la gravité des conséquences, le principe est ensuite d'évaluer la "robustesse" des barrières de défense en place (selon le concept de défense en profondeur) en termes de probabilité de défaillance. Cette approche est dite semi-quantitative, dans le sens où le calcul des probabilités de défaillance et des conséquences qui en découleraient peuvent être classés dans des catégories, dont les critères sont exposés à l'exploitant.

Depuis la catastrophe de Toulouse intervenue dans une installation classée SEVESO, l'attention est naturellement focalisée sur l'amélioration de la sécurité de ce type d'installation, et notamment sur celles ressortissant de la catégorie SEVESO seuil haut. Il semble cependant que ce type de réglementation, fondée sur des seuils, pourrait entraîner des dérives dangereuses comme une attention trop focalisée sur les établissements SEVESO au détriment des autres ICPE et des contournements des seuils par les industriels grâce à une segmentation de leur production en plusieurs sites industriels de petite taille et un transfert du risque vers les TMD. Il semble donc qu'il faille commencer à réfléchir, non seulement au niveau national mais également au niveau européen, pour corriger ces effets de seuil.

La réglementation doit également évoluer afin de permettre une meilleure sûreté des installations face aux actes de malveillance et de terrorisme. Les experts interrogés ont en effet insisté sur le

fait que cette évolution était un préalable incontournable et fondamental afin de traiter la question de la vulnérabilité des installations industrielles. Mais cela n'est possible qu'avec une forte volonté politique affichée de l'Etat. Deux aspects réglementaires particulièrement sensibles ont été cités par ces experts.

Le premier concerne la possibilité de connaître les antécédents juridiques de l'ensemble des intervenants sur un site industriel à risque - personnel permanent, intérimaire et sous-traitants. Première étape clé pour sécuriser un site, cette démarche est restée jusqu'à maintenant interdite. Il existe cependant déjà, sur certains sites sensibles, une démarche de criblage du personnel, des sous-traitants et des visiteurs permettant aux industriels concernés d'accéder à des informations sensibles sur ces individus. Ces capacités de criblage tendent à être renforcées progressivement. De plus, suite aux attentats du 11 septembre, la réglementation a commencé à évoluer avec le décret du 3 janvier 2002 n'autorisant l'accès aux zones sensibles des aéroports qu'à certains salariés et prestataires dont les antécédents ont été vérifiés. L'extension d'un tel décret, dans un certain nombre de sites industriels sensibles, serait selon ces experts très positive.

Le deuxième aspect concerne la diffusion publique d'informations sensibles. Il s'agit de revoir la pertinence de la diffusion généralisée d'informations sur les sites industriels sous prétexte de « transparence » : détails géographiques, informations sur les implantations, les procédés, les produits, etc. Ces informations disponibles sans frais pourraient servir aux dossiers d'objectifs de terroristes professionnels ou occasionnels. La sensibilité de certaines informations vis-à-vis de ce risque devrait justifier leur classement confidentiel et limiter leur diffusion aux personnes ayant besoin de les connaître (autorités, etc).

Enfin, l'un des enjeux les plus importants de la réglementation est d'arriver à trouver un équilibre entre les intérêts des riverains, des industriels et de la société civile dans son ensemble. D'un côté, certaines réglementations tendent à demander aux industriels plus de transparence sur leurs activités et leurs installations dans un souci d'informer et de rassurer les riverains. D'un autre côté, des réglementations autorisent les industriels à s'opposer à la diffusion de certaines informations dans le cadre d'un renforcement de la sécurité du territoire national mais également dans le but de se protéger contre l'espionnage industriel.

### **3.10 Conclusion**

Un certain nombre d'enjeux technologiques et non technologiques ont été identifiés dans le cadre de cette problématique de la sécurité industrielle.

Notre étude se focalisant sur le volet technologique de la sécurité industrielle, nous avons décidé de regarder de plus près les enjeux R&D se rapportant aux technologies permettant d'améliorer cette sécurité. De plus, les évènements dramatiques de septembre 2001 – attentat à New York et explosion d'AZF à Toulouse – ont renforcé la conviction que la prévention et la gestion des risques sont des questions majeures pour notre société, que ces risques soient accidentels ou criminels. Cette double approche de la sécurité a été conservée dans les thématiques traitées et c'est pourquoi nous avons décidé d'axer la suite de notre étude sur les trois thématiques suivantes :

- la prise en compte du facteur humain à travers l'amélioration de l'interaction homme-machine,
- la sécurité intrinsèque des procédés,
- et l'amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance.

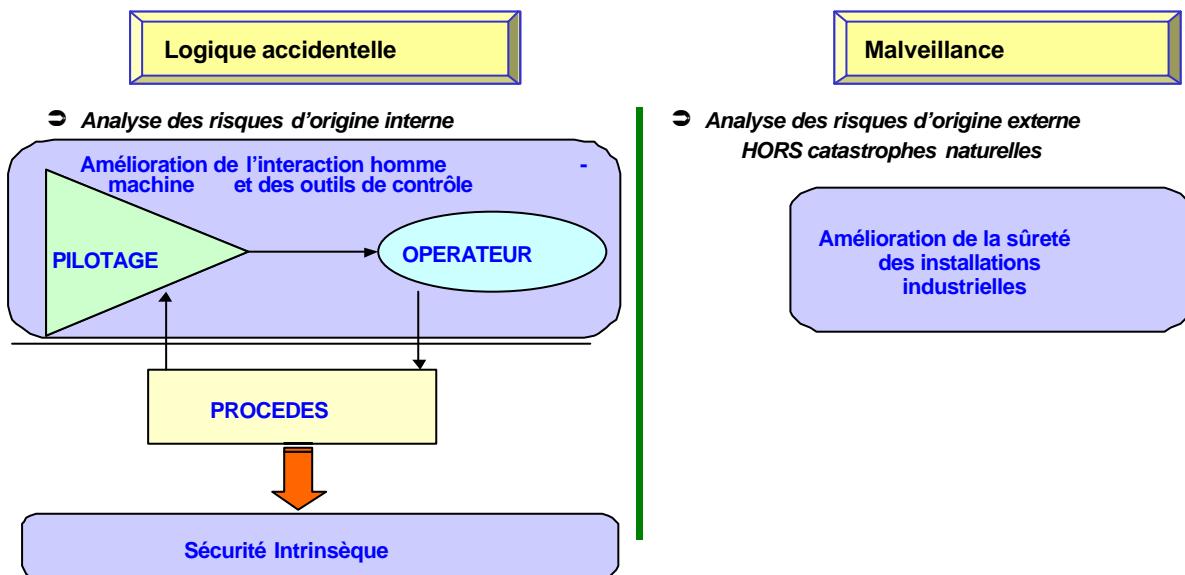
Dans la thématique se rapportant au facteur humain, nous traiterons également de l'amélioration des outils de contrôle, cette thématique étant très fortement liée à l'amélioration de l'interaction homme-machine.

Selon notre lecture, ces thématiques répondent à deux logiques différentes :

**La logique accidentelle** : la sécurité intrinsèque et l'amélioration des interactions homme-machine cherchent à diminuer les risques d'accident ;

**La logique liée à la malveillance** : l'amélioration de la sûreté des installations face aux actes de malveillance cherche à prévenir et à se protéger en cas d'attaques terroristes.

Le schéma suivant résume ces deux logiques et les thématiques qui s'y rattachent :



Par ailleurs, il s'avère que ces thématiques correspondent aux principales causes d'accidents industriels. Comme l'indique le tableau ci-dessous, extrait de la publication du BARPI<sup>3</sup> de 2001 sur les causes des accidents technologiques, les causes principales de ces accidents relèvent, en effet, dans la majorité des cas de défaillances matérielles, de défaillances humaines et d'anomalies d'organisation et enfin, d'attentats ou d'actes de malveillance. Dans ce dernier cas, il n'est pas spécifié si ces actes sont commis par des personnes internes à l'installation industrielle qui a subi le dommage ou s'il s'agit d'une agression extérieure. De plus, ces thématiques sont d'actualité et font l'objet de recherche en France et en Europe.

<sup>3</sup> Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles, dépendant du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

<b>Causes principales des accidents</b>	<b>2001 -Nb accidents</b>
<b>Défaillance matérielle</b>	<b>231</b>
Défaut maîtrise du procédé	34
Abandon produit / équipt dangereux	30
Accident extérieur à l'établissement	32
<b>Défaillance humaine</b>	<b>108</b>
<b>Anomalie d'organisation</b>	<b>72</b>
Intervention insuffisante ou inadaptée	10
Défaillance d'utilités (eau, électricité...)	6
<b>Malveillance et attentat avéré ou suspecté</b>	<b>54</b>
Agressions d'origine naturelle	34
Pollution chronique aggravée	5
Usage inadapté de produits dangereux	6
Autres	74

Les chiffres de ce tableau sont à prendre avec précaution dans la mesure où :

Ils ne portent que sur les accidents français répertoriés par le BARPI pour l'année 2001 et pour lesquels la cause est connue ;

Il peut y avoir plusieurs causes à l'origine d'un même accident ;

Les limites entre les divers critères habituellement retenus pour classifier les causes d'un accident restent par essence fluctuantes d'un analyste à l'autre. Les chiffres ci-dessus correspondent ainsi pour l'essentiel à la vision de l'inspection des installations classées au travers de ses enquêtes après accidents.

Tous les autres enjeux liés à la sensibilisation et l'information des personnes, la formation, l'économie et la réglementation n'ont pas été abordés spécifiquement dans les groupes de travail. Cependant l'évolution technologique ne suffit pas toujours à répondre à un besoin. Aussi, chacun des trois groupes ont-ils formulé des recommandations non technologiques, reprises dans la dernière partie de notre travail.

## 4 LES ENJEUX R&D

---

Les progrès en matière de R&D vont constituer un puissant facteur d'évolution et d'optimisation de la sécurité industrielle. Cette partie présente, pour chacune des trois thématiques retenues, les besoins identifiés ainsi que les enjeux R&D envisagés pour répondre à ces besoins. Les experts interrogés ont proposé pour chacun de ces enjeux un certain nombre de problématiques R&D qui sont reprises et détaillées dans les fiches R&D jointes en annexe de ce rapport. Les résultats de ces actions R&D sont enfin positionnés dans le temps, à horizon 5-10 ans, selon les estimations des experts.

### 4.1 Le développement de la sécurité intrinsèque et des procédés intrinsèquement plus sûrs

#### 4.1.1 Les besoins en termes de sécurité intrinsèque

La diminution des risques à la source par une amélioration des procédés constitue un enjeu majeur dans les années à venir.

Dans cette optique, les quatre grands enjeux de la sécurité intrinsèque identifiés par les experts interrogés sont de :

mieux concevoir les procédés,  
mieux structurer les procédés,  
mieux comprendre les procédés,  
réduire les stockages.

##### **Mieux concevoir**

Les débats du groupe de travail Sécurité intrinsèque ont mis en lumière que l'enjeu prioritaire, avant tout autre, est la prise en compte, dès la conception d'un procédé, des principes de la sécurité intrinsèque. La stratégie qui consiste à appliquer ces principes pour réduire de façon très importante la taille physique des usines chimiques tout en conservant des objectifs de production donnés est connue sous le terme générique d'Intensification. Ce concept a été développé à la fin des années 1970 alors que l'objectif principal était la réduction des investissements de production. Aujourd'hui, l'intérêt de ce thème s'est renouvelé par la nécessité de produire de façon responsable vis à vis de la sécurité et du respect de l'environnement mais aussi par la recherche d'une meilleure compétitivité.

##### **Mieux structurer**

Un important travail de structuration des procédés doit être mené afin de permettre le développement de solutions technologiques permettant de réduire les énergies potentielles inhérentes à la mise en œuvre de certains de ces procédés. Certains d'entre eux représentent, en effet, un danger du fait par exemple de la pression à laquelle ils sont mis en œuvre ou du fait des forts dégagements de chaleur auxquels ils pourraient donner matière en cas de dérive.

## Mieux comprendre

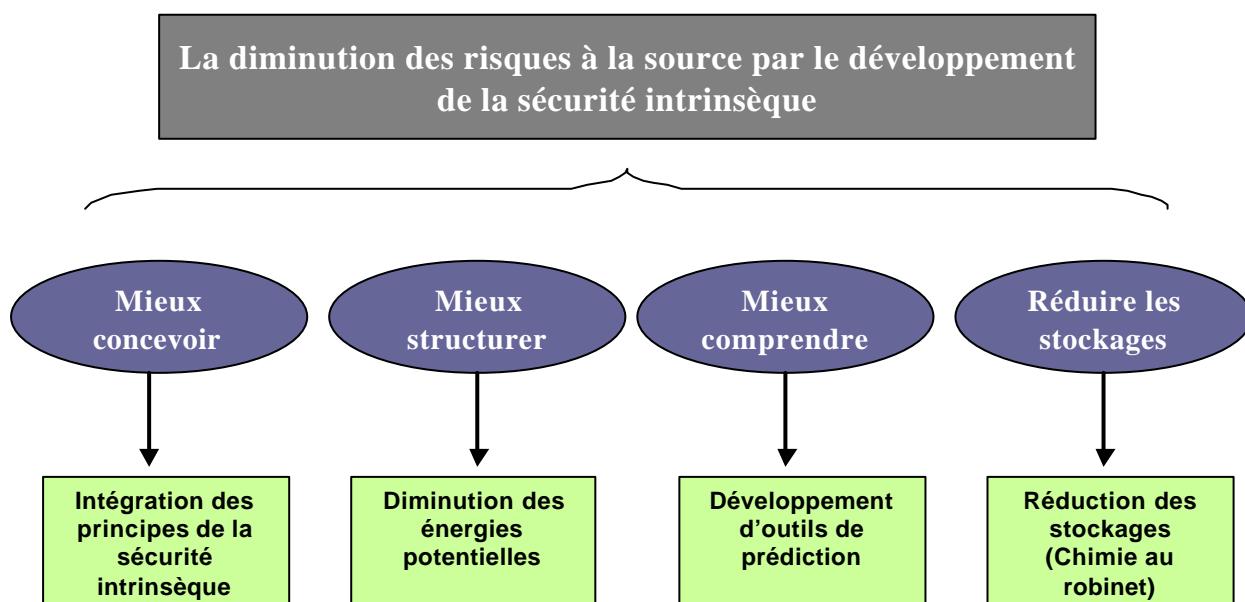
Dans la mesure où l'intensification nécessite d'accroître les vitesses de réaction, une meilleure connaissance des mécanismes réactionnels, dans des domaines larges de pression et de température, devient nécessaire. Ceci nécessite d'acquérir des données expérimentales par des techniques calorimétriques notamment.

## Réduire les stockages

La réduction des stockages est enfin un des enjeux clés pour le maintien d'installations industrielles dans des zones urbaines. En France, différentes solutions ont commencé à être explorées mais elles s'avèrent plus ou moins efficaces et pertinentes. Ainsi la délocalisation partielle des stockages apporte une solution partielle au problème de risque puisqu'elle permet de diminuer les risques d'accident sur un site industriel donné mais entraîne une hausse des transports de matières dangereuses et par conséquent l'apparition de nouveaux risques certainement moins bien maîtrisés. La révision des méthodes de stockage, dont certaines datent de plus de trente ans, semble être une piste intéressante. Les cuves pourraient être enterrées, déplacées, fractionnées ou éloignées les unes des autres afin d'éviter l'effet domino. Cependant, les coûts engagés peuvent alors être importants et il faut disposer d'un certain espace sur le site pour mener à bien ces aménagements. Ainsi, la réduction des stockages par l'intermédiaire de l'amélioration des procédés semble être la solution préférable dans la mesure où elle s'inscrit bien dans une logique de développement durable et de diminution des coûts. La réduction du stockage par l'évolution des procédés consiste, d'une part, à diminuer les stockages intermédiaires, en passant de procédés discontinus à des procédés continus, et d'autre part, à diminuer les quantités de produits utilisés grâce à l'intensification des procédés.

### 4.1.2 Les besoins R&D associés

Par rapport aux besoins listés précédemment, quatre grands enjeux R&D ont été identifiés et sont repris dans le schéma ci-dessous :



## **Intégration des principes de la sécurité intrinsèque dès la conception d'un procédé industriel**

Dans le but d'améliorer la conception des procédés, les principes de la sécurité intrinsèque - le principe de substitution, le principe d'intensification, le principe d'atténuation et la simplification des installations – doivent être intégrés dès la phase de recherche et de développement en laboratoire, lorsque les chercheurs définissent les voies de synthèse, les conditions opératoires (température, pression), la nature des réactifs, solvants, etc, en vue d'obtenir les produits désirés.

L'intérêt pour le développement de nouveaux moyens à mettre en œuvre pour intensifier les procédés s'est développé ces dernières années. Ainsi, le travail de Dautzenberg résume les possibilités d'intégrer différentes fonctions au sein d'un même appareil appelé « réacteur multifonctionnel ». Ainsi, on peut combiner les propriétés chimiques d'un catalyseur avec une présentation physique particulière ou avec une forme de support spécifique, qui permet d'en renforcer l'effet. Les premiers congrès consacrés à ce thème de l'intensification (Amsterdam en avril 1999 et Nuremberg 2001) sont relativement récents. Aux Etats Unis, l'*American Institute of Chemical Engineers* (AIChE) considère la tendance à la miniaturisation et à l'intensification comme inévitable et prédit que ce concept aura une profonde influence sur la définition des futurs procédés de l'industrie chimique et sur leur mise en œuvre.

Les problématiques R&D associées à cet enjeu et identifiées par les experts interrogés concernent en particulier :

- le développement d'outils de formation et de sensibilisation des chercheurs ou des futurs chercheurs à l'intégration des principes de la sécurité intrinsèque,
- la modélisation des mécanismes de l'action humaine lors de la conception de procédés intrinsèquement sûrs,
- et le développement des outils d'aide à la conception des procédés intégrant les principes de la sécurité intrinsèque.

Ces problématiques de R&D ne sont pas seulement purement technologiques, mais s'inscrivent plus largement dans les domaines des sciences sociales, économiques, organisationnelles et humaines. Les résultats des recherches dans ces domaines sont attendus à un horizon proche, d'ici 2 à 3 ans.

## **Développement de solutions alternatives aux procédés mettant en œuvre des énergies potentielles importantes**

Afin d'évoluer vers des procédés mettant en jeu des conditions de température et de pression moins élevées, différentes problématiques R&D ont été proposées. Elles concernent d'une part le développement des bases de données relatives à l'état de l'art en termes d'équipements de sécurité et intégrant des données de sûreté de fonctionnement et d'autre part, le développement des réacteurs miniaturisés fonctionnant en continu en tant que solution alternative à la cuve agitée traditionnellement utilisée dans les ateliers de chimie fine ; ainsi que le développement des échangeurs thermiques/réacteurs structurés permettant d'améliorer la maîtrise de l'exothermie des procédés. Parallèlement à ces améliorations technologiques, il convient de travailler au

développement d'une démarche de certification des équipements contribuant à la sécurité intrinsèque des procédés.

Toutes ces problématiques reprennent différents aspects de la mise en place de nouveaux procédés et les résultats devraient aboutir à un horizon 3-6 ans.

### **Développement d'outils facilitant l'acquisition de connaissances sur les procédés dangereux**

Dans le but d'acquérir une meilleure connaissance des mécanismes réactionnels, dans des domaines larges de pression et de température, les problématiques R&D citées concernent :

- le développement d'outils calorimétriques et informatiques permettant d'acquérir des données cinétiques et thermodynamiques relativement aux réactions complexes,
- et le développement des capteurs intelligents permettant de suivre le déroulement des réactions en temps réel.

Même si certains de ces outils et instruments existent déjà, il est nécessaire de les « retravailler » car les besoins auxquels ils tentent de répondre sont encore loin d'être atteints. Ainsi, les résultats sont attendus à un horizon plus lointain, vers 4-8 ans.

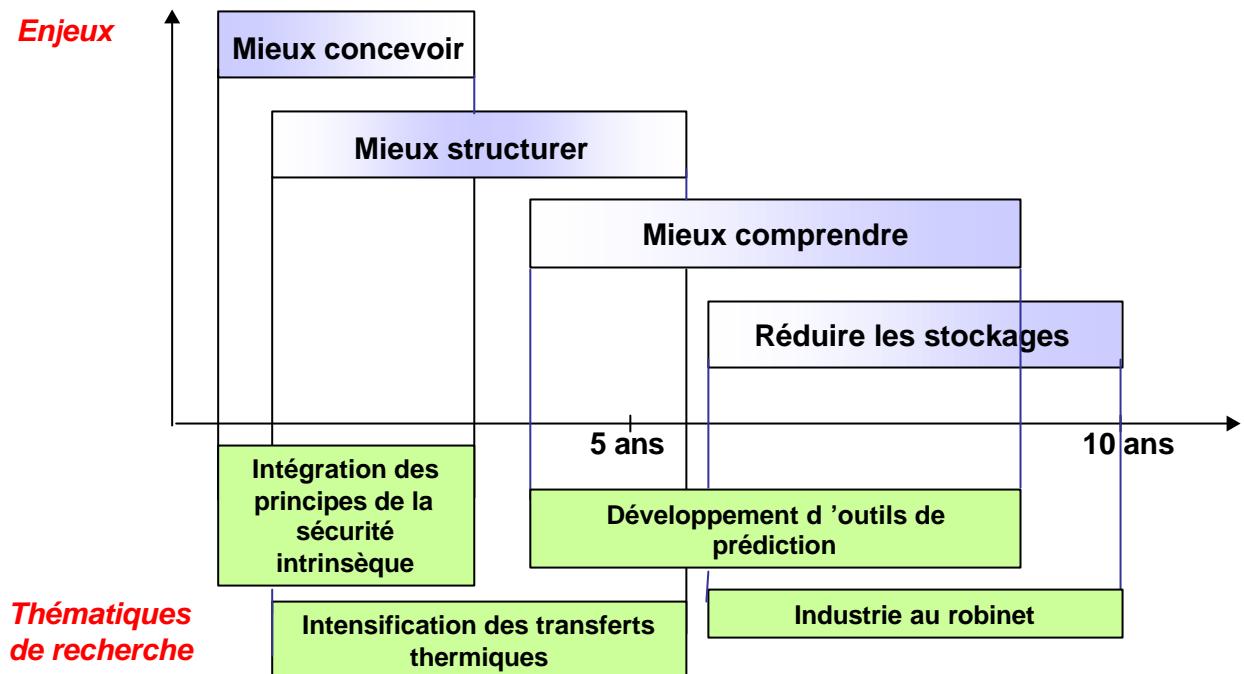
### **Développement de procédés permettant de diminuer les quantités de matières premières dangereuses sur les sites industriels**

Un programme de recherche qui pourrait être développé concerne le développement de mini-unités industrielles permettant de produire *in-situ* des produits dangereux, en quantités limitées aux besoins. Ce programme illustrerait la notion d' « industrie au robinet » et s'inscrirait dans une réflexion plus globale qui prendrait en compte les questions de :

- dissémination des mini-unités industrielles qui contribuerait à déplacer le risque vers les utilisateurs,
- prise en compte d'une démarche globale de diminution des dangers intégrant la problématique des transports de matières dangereuses,
- et d'intégration des aspects liés à l'impact sur l'environnement des mini-unités industrielles développées pour diminuer les stocks de matières dangereuses.

Les résultats attendus dans ce domaine sont plus lointains, à un horizon de 6-10 ans.

L'échelonnement des priorités de ces enjeux R&D à horizon 5-10 ans se résume par le schéma suivant.



## 4.2 L'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle

Le paragraphe 3.5 précédent campe la problématique du rôle des hommes au sein des organisations complexes.

Dans le cadre de notre étude, le groupe d'experts qui a travaillé sur ce sujet s'est volontairement limité aux aspects ergonomiques en se fixant les objectifs suivants :

- réduire les risques d'erreur humaine en contribuant à l'amélioration de la conceptualisation des états d'un système et en automatisant la gestion des dérives de process,
- détecter au plus tôt d'éventuelles dérives des systèmes par rapport à un mode de fonctionnement nominal (prévention) et améliorer l'appréciation des opérateurs de l'état et du déroulement de leurs systèmes,
- et assister l'opérateur dans la gestion de la situation perturbée ou accidentelle.

Ce thème de l'interaction homme-machine a déjà fait l'objet de nombreux travaux dans l'industrie mécanique et dans le secteur de l'aéronautique, domaines sur lesquels il devrait être possible de s'appuyer.

#### **4.2.1 Les besoins en termes d'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle**

Afin d'améliorer l'interaction homme-machine et les outils de contrôle, trois grands enjeux ont été identifiés par les experts interrogés. Il s'agit de :

- mieux comprendre les situations perturbées,
- mieux conduire les installations en cas de situation perturbée,
- mieux concevoir les systèmes de contrôle-commande et indirectement les procédés.

Ce dernier enjeu est ainsi fortement lié à l'enjeu conception des procédés de la sécurité intrinsèque.

##### **Mieux comprendre**

Les situations perturbées sont des situations particulières qu'il est important de bien comprendre afin de mieux les maîtriser. Dans cette optique, des outils tels que l'analyse des retours d'expérience et les études de modèles des situations de travail et des modèles comportementaux sont des sources d'information précieuses qu'il est important de développer.

##### **Mieux conduire**

Les situations perturbées provoquent des réactions de stress chez les opérateurs, qui dans ces conditions, risquent de devenir moins fiables. Un enjeu important vise à contrer ce phénomène en développant différentes formes d'assistance auprès des opérateurs. Une bonne assistance de ces opérateurs passe forcément par une bonne compréhension des comportements humains et notamment en ce qui concerne la perception et la réaction de ceux qui ont à faire à une situation particulière.

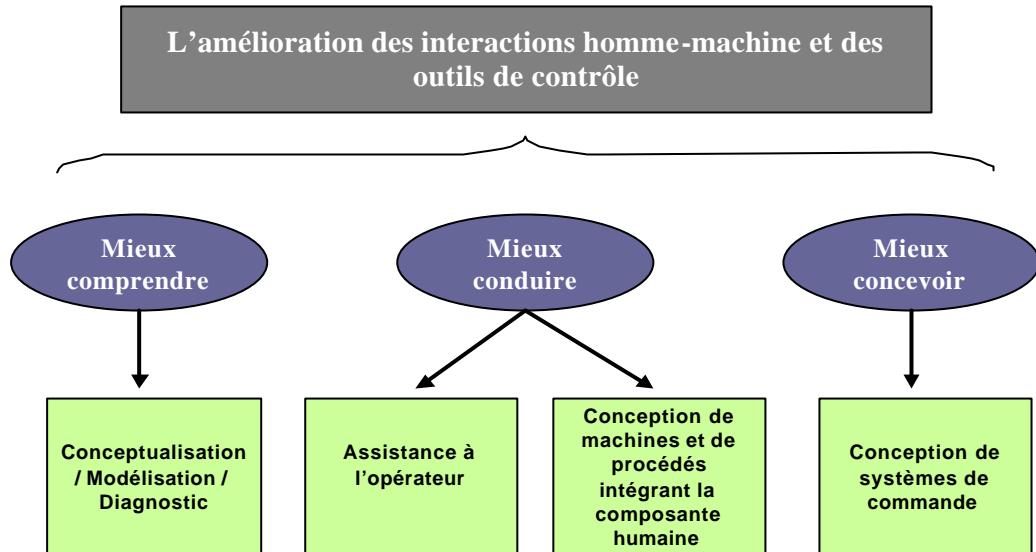
##### **Mieux concevoir**

Les systèmes de contrôle-commande, à l'interaction entre l'opérateur et les procédés, sont des éléments fondamentaux. Une bonne maîtrise de la dérive d'un procédé nécessite une information de qualité sur cette dernière, mais également une bonne transmission de cette information auprès de l'opérateur. De cela dépend la pertinence de la décision prise par l'opérateur.

L'amélioration de la conception des systèmes contrôle-commande passe par un gain en robustesse et en fiabilité, mais est également fortement liée à l'évolution des procédés.

#### 4.2.2 Les besoins R&D associés

Face à ces besoins, on détermine différents enjeux R&D :



#### **Développement de la conceptualisation, de la modélisation et des diagnostics pour une meilleure compréhension des situations perturbées**

Afin d'avoir une meilleure compréhension des situations perturbées, il faut, dans un premier temps, rassembler des connaissances et des informations, qu'il est ensuite possible d'analyser. Le retour d'expérience est ainsi considéré comme étant un facteur fondamental de la sécurité industrielle, sujet sur lequel tout le monde s'accorde à dire que la mise en commun du savoir est indispensable. Celle-ci doit se faire à plusieurs niveaux : entre les industriels et les administrations, entre les industriels du même secteur, entre les établissements du même groupe et enfin entre les employés et la direction de chaque établissement. Les grands groupes industriels internationaux profitent déjà des retours d'expérience de leurs établissements implantés partout dans le monde et de ceux des autres groupes du même secteur, notamment dans les industries liées à la chimie et au pétrole. Au contraire, chez les industriels de plus petite taille, cette pratique du retour d'expérience n'est pas encore généralisée.

Au-delà du retour d'expérience, la conceptualisation, la modélisation ainsi que tout ce qui se rapporte à l'élaboration de diagnostics en général doivent être l'objet de recherches toujours dans le but de mieux comprendre les situations perturbées.

Ainsi, les problématiques R&D proposées par les experts interrogés concernent la mise en place et le développement d'un certain nombre d'outils destinés à :

- recueillir et analyser les retours d'évènements pour un retour d'expérience structuré (capitalisation et intégration des connaissances et expériences), aider au diagnostic sur

- l'état du système de contrôle et du système de commande, aider à la décision coopérative et concertée (modélisation, simulation...),
- permettre la modélisation de l'état dégradé de ces systèmes.

Il s'agit également de définir les alarmes et les actions associées à leur utilisation.

Ces problématiques R&D doivent être traitées à court terme, à horizon de 2-3 ans.

### Amélioration de l'assistance à l'opérateur

Lors des situations perturbées, il est primordial d'assister l'opérateur afin de réduire les risques d'erreur dus à une défaillance de ce dernier. Dans cet objectif, un certain nombre de systèmes peuvent être développés et mis en place pour éviter des incidents, et en cas d'échec de la prévention, pour la conduite en situation perturbée. L'assistance à l'opérateur passe entre autres par une meilleure formation de ce dernier. Les évolutions technologiques permettent désormais de mettre au point des outils de formation précieux, notamment en ce qui concerne la mise en situation perturbée des opérateurs par l'intermédiaire d'outils de simulation basée sur la réalité virtuelle ou encore des outils de projection des dérives.

Les problématiques R&D liées au développement d'outils d'aide identifiées par les experts interrogés concernent la mise en place et le développement de systèmes :

- de gestion des alarmes et d'un outil d'aide à la décision en gestion d'alarme,
- d'aide à la conduite en situation perturbée,
- de gestion des reprises,
- « transparent » pour l'opérateur,
- prenant en compte les besoins des opérateurs,
- de détections « préventives » des dérives et défaillances,
- permettant de suivre l'évolution des dérives et d'évaluer l'ampleur de ces dérives.

En ce qui concerne la formation, les problématiques de R&D concernent :

- la valorisation des évolutions technologiques pour mettre en place des outils de formation,
- la mise en place et le développement d'outils de simulation basés sur la réalité virtuelle, la mise en place et le développement d'outils de projection des dérives. Les résultats de ces recherches sont attendus à un horizon un peu plus lointain, 4-7 ans.

### **Intégration de la composante humaine dans la conception de machines et de procédés (HMI- l'interaction homme-machine)**

Les facteurs humains doivent être intégrés et pris en compte afin de développer une conception efficace des interfaces et des systèmes, une bonne formation des opérateurs et des managers, ainsi que des études de sécurité et des investigations sûres et précises sur les accidents.

Dans cette optique, les différentes problématiques R&D identifiées par les experts interrogés sont les suivantes :

- travailler sur la conception de systèmes automatisés centrés sur l'homme (Human Centred Design Automation),
- développer la collecte de données pour le HMI par l'intermédiaire des enquêtes d'investigation la suite à des accidents, études de terrain, retour d'expérience, entretiens / questionnaires...,
- capitaliser les connaissances sur l'aptitude « humaine » : standardisation, normalisation,
- introduire des modèles de comportements humains dans la conception de machines dans le cadre d'une meilleure interaction homme-machine.

Un important travail de collecte d'informations et de capitalisation des connaissances doit donc être mené en amont avant de pouvoir s'intéresser aux aspects de conception. Même si les travaux sur ce sujet ont déjà débuté, les résultats n'apparaîtront qu'à 4-7 ans.

### **Amélioration de la conception de systèmes de contrôle-commande**

L'opérateur reçoit des informations sur les procédés par l'intermédiaire d'un système de pilotage contrôle-commande. Ce système est donc clé pour l'opérateur et de lui dépend la pertinence des actions de l'opérateur. Il doit être sûr et fiable afin que l'opérateur puisse avoir confiance dans les données que ce système lui transmet. Le remplacement total de l'opérateur par un système autoréactif aux dérives des procédés fait l'objet de débats qui n'aboutiront pas avant plusieurs années.

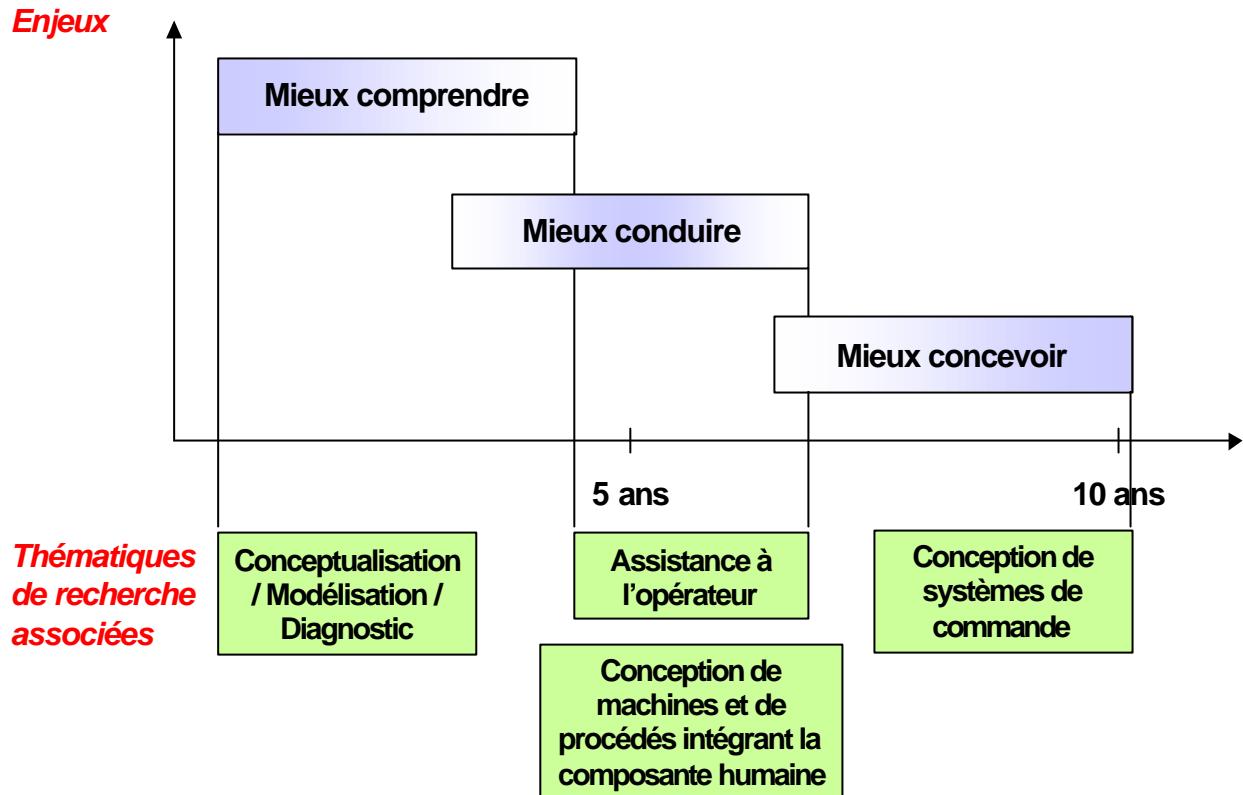
A horizon 10 ans, il se peut cependant que les recherches débouchent sur des systèmes contrôle-commande partiellement autoréactifs, ne réagissant qu'à certaines dérives.

Les problématiques de R&D identifiées sont donc:

- le développement de systèmes d'information intégrée (ERP, MES, SCADA...) qui permettent à l'opérateur d'obtenir des informations sur le procédé,
- le développement de systèmes de contrôle sûrs et robustes (propriétés, architectures...),
- le développement de systèmes intelligents « Smart Object »: vers la conception de systèmes de commande autoréactifs aux dérives des procédés,
- le développement de la tolérance des systèmes aux dérives,
- le développement de la maintenance préventive du contrôle commande afin d'éviter les perturbations de ce système de contrôle,
- la prise en compte de l'avancée technologique et une réflexion sur comment faire évoluer l'existant.

D'après les experts interrogés, ces problématiques complexes ne donneront des résultats qu'à 8-10 ans, voire plus tard.

L'échelonnement des résultats de ces enjeux R&D à horizon 5-10 ans se résume donc par le schéma suivant.



### 4.3 L'amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance

#### 4.3.1 Quelques éléments de contexte

Comme nous l'avons dit dans l'introduction de cette partie deux logiques apparaissent en termes de nature de risques à prendre en compte pour la sécurité industrielle. Les risques d'ordre accidentel que nous venons de traiter et les risques de malveillance. Les moyens d'assurer la sécurité dans un contexte criminel diffèrent de ceux que l'on a pu observer précédemment.

Si dans une logique accidentelle on s'intéresse aux procédés, aux hommes dans leur contexte de travail et aux outils de contrôle, dans une logique de prévention de la malveillance on s'intéressera :

- à la détection des menaces à titre préventif,
- puis aux moyens d'intervention possibles en cas d'échec pour éviter l'accident.

En cas d'accident la limitation des conséquences reste un enjeu transversal à nos deux logiques. Une nuance peut être néanmoins faite quant à l'ampleur de ces conséquences. Il faut de plus

noter que les travaux de recherche pour diminuer les risques à la source par une évolution des procédés (voir partie 4.1.2) ont un effet mécanique de réduction des possibilités de déclencher une catastrophe par un acte de malveillance. On peut alors là aussi parler de diminution des risques à la source.

Afin d'identifier les enjeux technologiques dans l'amélioration de la sûreté des installations face aux actes de malveillance, un préalable a été de définir la nature de ces actes. Au global on distingue :

- les menaces provenant des personnes totalement extérieures au site industriel avec ou non des complicités internes,
- les menaces provenant de personnes extérieures au site mais pouvant y pénétrer, c'est le cas des prestataires des industriels,
- les menaces provenant de personnes intérieures au site, correspondant le plus souvent à des sabotages d'employé agissant par « vengeance » par exemple.

Dans le cadre de notre étude nous n'avons pas traité directement de la menace provenant du personnel interne à l'installation. Néanmoins, les solutions apportées aux menaces externes couvrent une part importante de ce champ.

Par ailleurs, les actions criminelles sont de nature variée : du sabotage d'un élément du site (ex : zone de stockage, ...) au piratage informatique jusqu'à l'action armée.

Dans cette étude, nous n'avons pas abordé le champ des risques d'intrusion des systèmes informatiques considérant que cette menace doit faire l'objet d'une étude particulière notamment parce que ces risques couvrent des champs de compétences et de R&D spécifiques. De plus, de nombreuses réflexions ou études sont déjà faites ou en cours dans ce domaine.

Enfin, le risque criminel est particulier dans la mesure où la criminalité ne cesse d'évoluer dans ses moyens et dans ses motivations. Alors que les actes de malveillance étaient essentiellement liés à une volonté de s'enrichir, aujourd'hui ces attaques ont le plus souvent pour but de revendiquer des idéaux ou de défendre une cause. Dans cette optique, les agresseurs recherchent des cibles qui auront un impact médiatique et psychologique très fort. C'est pour cela que depuis quelques années, les industries ayant des sites à risques sont devenues des cibles potentielles pour ces agresseurs. Se protéger contre une telle criminalité ne relève pas des industriels seuls. Peu à peu, les coopérations entre les industriels et des services spécialisés de l'Etat tels que la DST et les Renseignements Généraux se sont développées, leurs buts étant :

1. D'identifier les menaces pesant réellement sur les industriels - Ce travail est réalisé par des experts extérieurs aux industriels (DST, Renseignements Généraux...) ;

2. De cibler les points à risques de l'installation ainsi que les points faibles de l'activité industrielle (l'organisation, l'implantation du site, le processus industriel ...) qui peuvent être attaqués. Pour chacune de ces cibles, des menaces objectives et réalistes sont identifiées et des systèmes de protection adaptés sont mis en place en fonction ;
3. D'analyser les conséquences internes (emploi, performance et compétitivité de l'entreprise...) et externes (risque environnemental...), ainsi que les conséquences à moyen et long termes des agressions potentielles annoncées par les menaces.

#### **4.3.2 *Les besoins pour améliorer la sûreté des installations industrielles***

Afin d'améliorer la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance, trois grands enjeux ont été identifiés par les experts interrogés. Il s'agit de :

- mieux prévenir les risques liés aux menaces criminelles,
- mieux protéger les installations contre les actes de malveillance,
- mieux traiter les agressions en cas d'échec des mesures préventives.

A cause de l'évolution permanente des menaces criminelles et des modes d'attaque des agresseurs qui deviennent de plus en plus difficiles à contrer, les experts ont exprimé leur crainte que les résultats des recherches ne répondent plus aux besoins identifiés aujourd'hui.

Il faudrait donc mettre en place une programmation R&D des enjeux liés à la sûreté des installations industrielles qui soit souple et adaptable aux nouveaux besoins.

#### **Mieux prévenir les risques liés aux menaces criminelles**

Un acte criminel n'arrive jamais sans signes avant coureurs. L'enjeu est alors de pouvoir percevoir ces signes qui sont généralement peu nombreux. C'est en cela que la sensibilisation et la formation du personnel interne à l'entreprise est fondamentale. Il faut que ce dernier apprenne à détecter les incidents et anomalies qui n'ont pas apparemment de motifs et fasse remonter ces informations à la Direction afin qu'elles soient traitées et que des mesures soient prises en conséquence. Cette remontée et ce traitement d'information demandent, par ailleurs, une organisation interne adaptée.

#### **Mieux protéger les installations contre les actes de malveillance**

La protection des installations industrielles à risques contre les actes de malveillance va en se renforçant en parallèle de l'augmentation des menaces criminelles.

Lorsque l'on s'intéresse à l'installation industrielle et à sa protection, on considère l'existence de trois espaces :

- l'espace périphérique : concerne l'environnement de l'installation, la périphérie concernant l'espace au-delà de la clôture,
- l'espace périphérique : concerne tout ce qui va du bâtiment à la clôture,

- les volumes intérieurs : concerne les activités de l'installation, leur répartition dans les différents bâtiments, leur organisation (management), l'implantation des bâtiments et les échanges entre ces bâtiments.

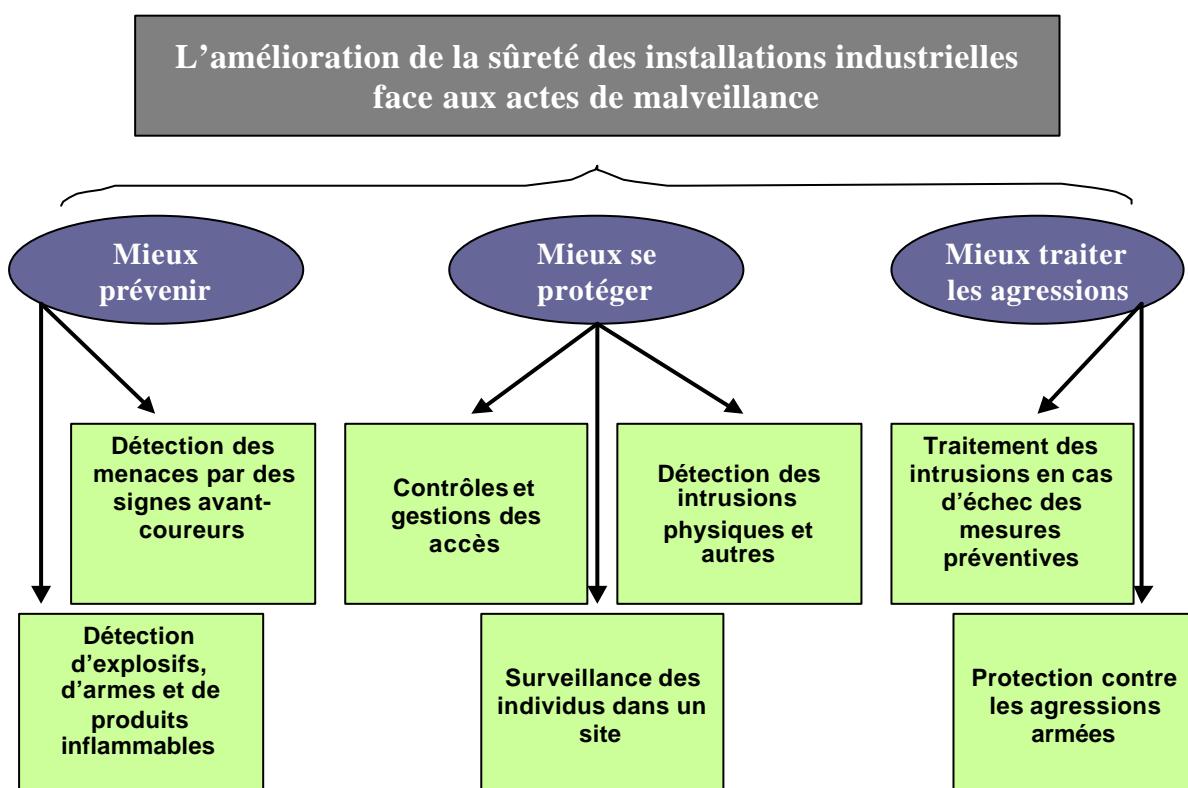
La protection est fonction des éléments de ce zonage.

Dans le domaine de la protection, selon la cible concernée, les enjeux technologiques sont plus ou moins importants. Dans tous les cas, la technologie est incontournable et l'on a besoin de technologies de plus en plus sophistiquées afin de répondre à des besoins toujours en pleine évolution.

### **Mieux traiter les agressions en cas d'échec des mesures préventives**

Dans l'éventualité où toutes les mesures de prévention échoueraient, il faut pouvoir traiter les agressions. L'objectif est alors de maîtriser l'agresseur, le bloquer ou du moins le freiner au maximum dans son action afin qu'il ne puisse pas atteindre sa cible avant qu'un appui extérieur n'arrive pour l'appréhender.

#### **4.3.3 Les besoins R&D associés**



Face à ces besoins, différents enjeux R&D ont été identifiés. Les résultats des recherches engagées sur les problématiques qui leur sont associées devraient apparaître rapidement, mais ils

continueront d'évoluer régulièrement dans un souci de sophistication des systèmes ainsi développés.

### **Détection des menaces par des signes avant-coureurs**

La détection des signes avant-coureurs est un élément clé du système de prévention des installations industrielles à risque. Elle repose pour beaucoup sur la sensibilisation et la formation du personnel, mais également sur l'organisation de l'entreprise pour assurer une remontée et un traitement des informations recueillies.

Ce travail pourrait être facilité grâce à la technologie, notamment par des recherches sur la mise en place et le développement de systèmes experts pour collecter, analyser et synthétiser les signes avant-coureurs. De tels systèmes pourraient être mis en place d'ici 2 ans, voire moins.

### **Détection d'explosifs, d'armes et de produits inflammables**

Avec le développement de la science, il devient de plus en plus difficile de repérer les explosifs et les produits dangereux. Cet enjeu a donc véritablement son importance et un travail sur leur détection semble nécessaire. Les résultats se feraient peut être attendre et n'apparaîtraient qu'à un horizon 4-6 ans.

### **Contrôle et gestion des accès, à l'entrée et à la sortie des installations**

Afin d'assurer une bonne protection des installations, il est nécessaire d'en contrôler les accès. Il s'agit ainsi de contrôler les personnes et les véhicules, mais aussi leur flux, et de contrôler que seul le personnel autorisé accède effectivement au site ou à des zones définies. Il est en effet primordial de n'autoriser l'accès aux installations qu'au personnel connu, habilité et formé spécialement. Ce point est particulièrement important en ce qui concerne l'accès aux sous-traitants. En ce qui concerne l'accès aux parties sensibles des installations, il doit être limité à certains individus. Cela pose alors le problème de la compartimentation des installations.

La technologie intervient déjà beaucoup à ce niveau. Il ne s'agit donc pas vraiment d'innover dans ce domaine mais plutôt de sophistiquer l'existant et d'en diminuer les coûts. La principale problématique R&D citée par les experts à ce niveau concerne les travaux sur la biométrie et l'ergonomie des parties du corps, main et visage et plus précisément iris et empreintes digitales.

### **Détection des intrusions physiques et autres**

Les intrusions sont de natures différentes. Il peut y avoir en effet intrusion physique des agresseurs, mais la notion d'intrusion regroupe également toutes les nuisances faites depuis l'extérieur du site comme par exemple la captation d'informations à distance et utilisation de ces informations pour nuire à l'entreprise. Il est donc nécessaire de mettre en place une instrumentation à la périphérie pour la protection de tous les liens d'un site industriel avec

l'extérieur (conduites d'eau, câbles d'alimentation électrique, câbles téléphone...). Notons cependant que d'un point de vue juridique cette instrumentation en périphérie peut poser problème. En effet, la périphérie marque l'interface entre la propriété privée et la voie publique. L'article 10 de la loi du 21 janvier 1995 limite la détection des intrusions en amont car il n'autorise que la surveillance des limites de la propriété ainsi que celle des accès sur la voie publique.

Les intrusions par voie aérienne, par ULM, drones, hélicoptère ou parachute, doivent également être détectées et ce type de détection n'existe pas aujourd'hui. Ainsi une des problématiques R&D proposées par les experts réunis dans ce groupe de travail concerne le développement des systèmes de détection par voie aérienne et des systèmes/parades de défense à mettre en œuvre en cas d'intrusion par cette voie. Ce point reste néanmoins difficile à mettre en œuvre.

Les autres problématiques R&D proposées sont, quant à elles, plutôt liées aux systèmes de surveillance par caméra et à l'ergonomie des salles de surveillance.

### **Surveillance des individus à l'intérieur du site**

Il est nécessaire de surveiller à l'intérieur d'un site les personnes qui ont réussi à y pénétrer (ou le personnel en général). Ce suivi de la circulation interne des personnes est justifié par un besoin de sûreté – pour être sûr qu'une fois sur le site ces personnes ne vont pas commettre un acte de malveillance-, mais également par un besoin, en cas d'accident, de pouvoir localiser ces personnes sur le site. Ce dispositif de surveillance doit être de plus étendu à un périmètre de sécurité. Le suivi de ces personnes fait principalement appel aux systèmes vidéos et aux systèmes de géopositionnement. Ainsi les problématiques R&D identifiées sur ce thème relèvent du :

- développement de logiciels d'analyse d'images provenant de la vidéo surveillance d'un site pour repérer les individus présentant des comportements anormaux,
- développement de systèmes de géopositionnement des individus dans un site, par GSM-GPS par exemple.

### **Traitemennt des agressions en cas d'échecs des mesures préventives**

Enfin, il est fondamental de mettre en place des systèmes technologiques qui servent à retarder, à bloquer et à rendre inoffensifs les agresseurs jusqu'à leur arrestation. Notons que ce point pose le problème de la limite des possibilités du personnel d'un site industriel. Les armer semblerait en effet délicat. Il est ainsi nécessaire de bien répartir les rôles entre industriels et personnes formées et habilitées à appréhender et maîtriser des agresseurs.

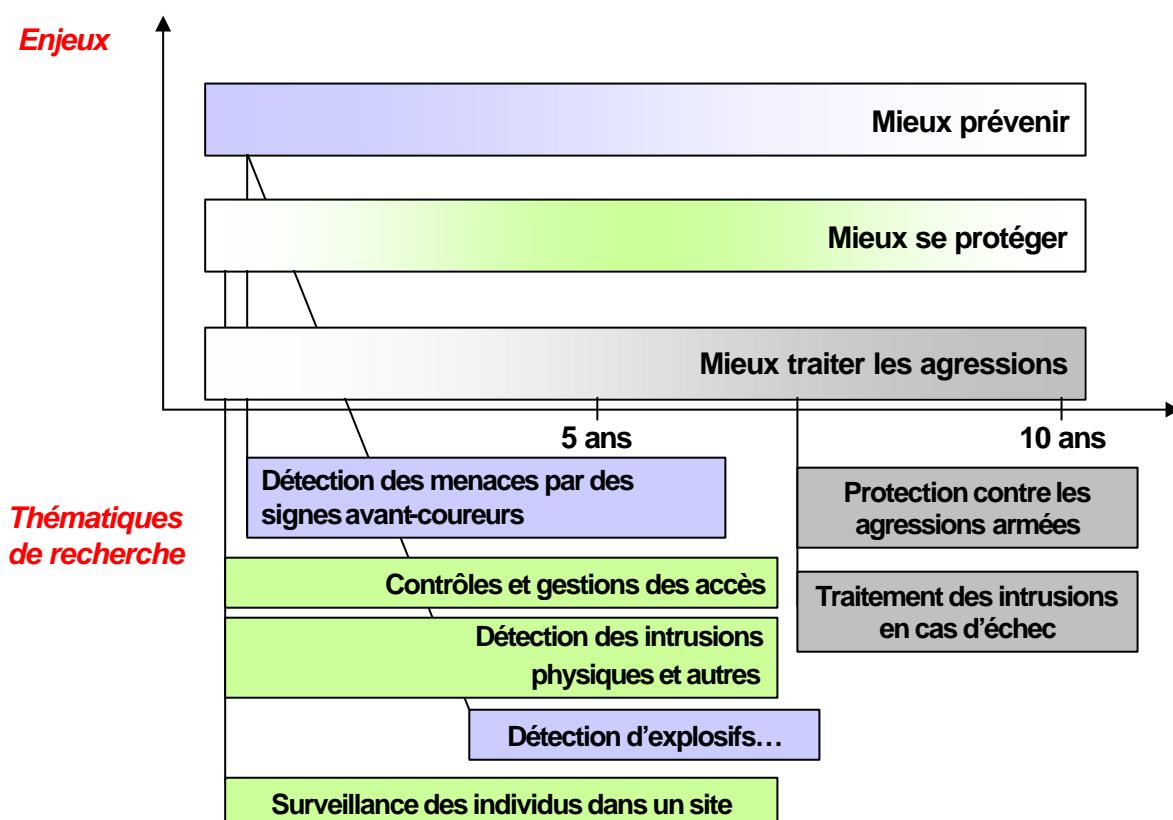
### **Protection contre les agressions armées type roquettes**

Face à l'armement de certains terroristes, les industriels craignent pour leur protection face aux agressions armées. Différentes solutions peuvent être envisagées comme la mise en place de filets permettant une pré-explosion des roquettes avant qu'elles n'atteignent leur cible. Les

problématiques R&D proposées concernent ainsi essentiellement le développement de barrières et d'obstacles physiques qui neutralisent ou amortissent les projectiles et les explosions. Le développement de ce type de protection massive relève plutôt de l'armée et la mise sous terre des cuves de stockage et de tous les points sensibles des installations semblent être une solution préférable à terme.

Pour ces deux derniers enjeux, les résultats seraient plus longs à obtenir et tendraient plutôt vers un horizon 7-10 ans.

## Analyse de la vulnérabilité du site



Pour toutes les installations nouvelles, il conviendra d'étudier au préalable la vulnérabilité du site par rapport à :

- son implantation: circulation autour du site, accès au site, sorties du site...,
- la répartition et l'organisation de ses activités: aires de livraison de produits dangereux éloignées des zones sensibles par exemple.

**L'échelonnement des résultats de ces enjeux R&D à horizon 5-10 ans se résume donc par le schéma suivant.**

## 5 RECOMMANDATIONS ET PLAN D'ACTIONS

---

### 5.1 Introduction

L'étude ainsi menée sur la technologie et la sécurité industrielle s'est tout d'abord focalisée sur l'identification des enjeux et des besoins en termes de Recherche & Développement concourrant à une meilleure prise en compte de la problématique de sécurité industrielle. Néanmoins, force est de constater que le développement de solutions technologiques ne suffit pas en lui-même à répondre à tous les besoins. Par ailleurs, certaines pistes de travail R&D ne pourront se mettre en place sans un certain nombre d'actions connexes.

Ainsi, il est apparu important de soutenir, en parallèle à l'accompagnement de projets R&D identifiés :

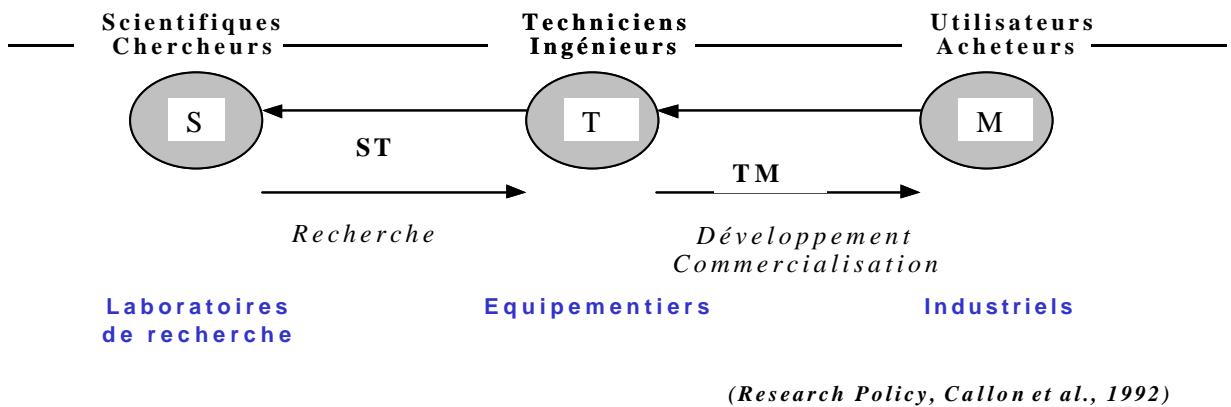
- l'information et la sensibilisation du grand public mais aussi des industriels,
- la formation de tous les acteurs impliqués directement ou indirectement dans la problématique de la sécurité industrielle,
- l'évolution réglementaire,
- et la structuration de réseaux.

Le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie ne peut être le seul moteur sur ces différents champs et plusieurs ministères, notamment le ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; ainsi que le ministère de la Jeunesse, de l'Education Nationale et de la Recherche seront invités à jouer ensemble un rôle dans le cadre d'un développement inter-ministériel de la sécurité industrielle.

### 5.2 Les recommandations et les propositions d'actions sur ces différents champs

#### 5.2.1 La structuration des réseaux

La structuration des réseaux est un pré-requis pour favoriser le développement de la filière de la sécurité industrielle. Pour qu'un réseau fonctionne bien, il faut qu'il y ait tous les maillons en place et que des relations entre ces maillons existent. Le graphique ci-dessous schématise les trois maillons clés nécessaires dans le cadre de la filière de la sécurité industrielle.



Le maillon S-Science représente la recherche plutôt fondamentale et alimente le réseau de nouvelles connaissances ou technologies. Le maillon M-Marché regroupe tous les industriels utilisateurs de procédés, machines et systèmes améliorant la sécurité industrielle. Enfin, le maillon T-Technologie rassemble tous les acteurs se servant des résultats de la recherche pour développer des systèmes technologiques concourant à une meilleure sécurité industrielle. Ce maillon est très large et comprend les fabricants de composants, les assembleurs, les équipementiers...etc. Il faut cependant noter qu'actuellement il y a un déficit d'équipementiers français. Afin que le réseau de la sécurité industrielle fonctionne bien, il faudrait donc renforcer ce déficit qui affaiblit le maillon T-Technologie. Il faudrait ainsi aider les équipementiers nationaux à se développer ou bien renforcer les collaborations avec des équipementiers étrangers, notamment allemands. Sans cela, le réseau ne pourra fonctionner efficacement.

Une représentation plus fine du réseau de la sécurité industrielle montre par ailleurs les nombreux acteurs impliqués dans cette filière et leur rôle respectif (cf. le schéma ci-après) :

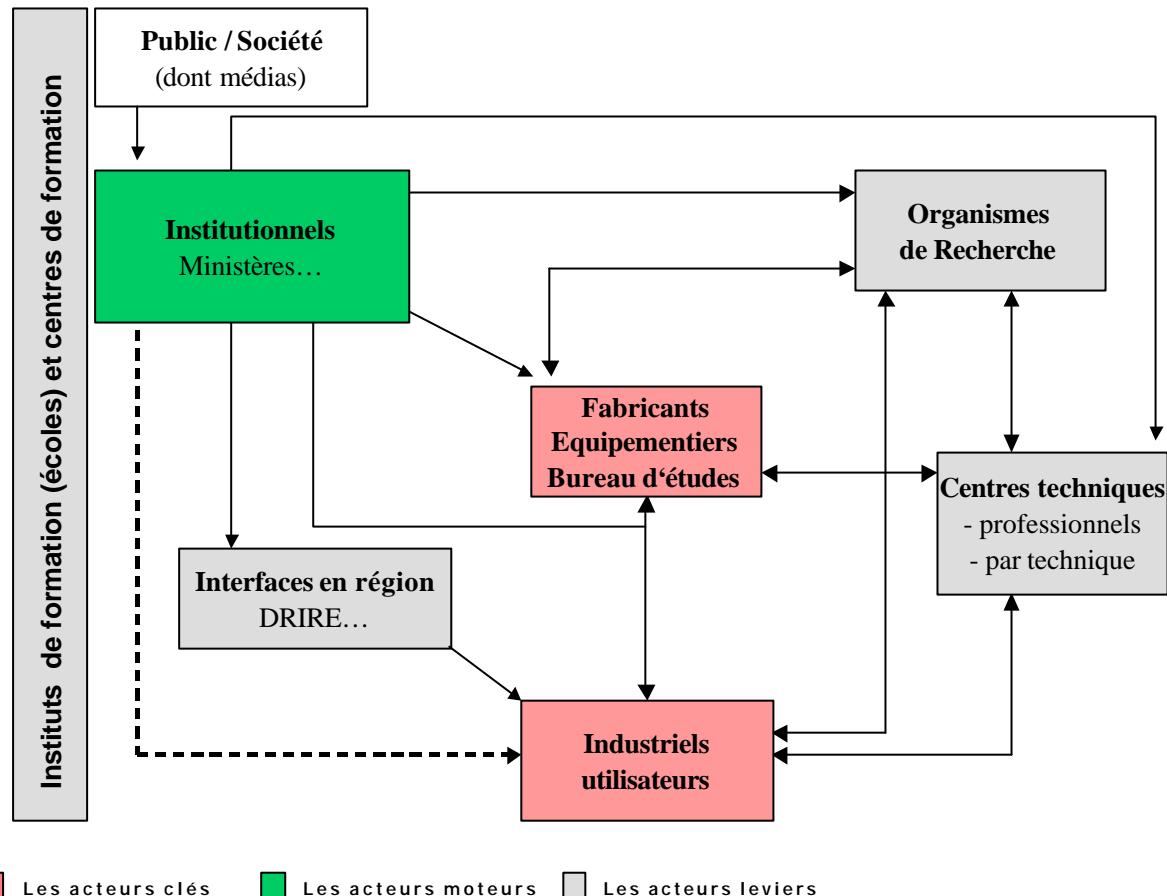
- les acteurs clés : acteurs à soutenir, autour desquels se met en œuvre de manière effective la sécurité industrielle,
- les acteurs moteurs : essentiellement des institutionnels qui donnent l'élan et les moyens à l'amélioration de la sécurité industrielle,
- les acteurs leviers : acteurs incontournables ou relais pour la mise en œuvre de la sécurité industrielle.

Il est important de favoriser les rôles de chacun de ces acteurs, et notamment de donner aux acteurs leviers les moyens d'exercer leurs actions. Ainsi en ce qui concerne les centres techniques, il faudrait favoriser les actions de recherche communes à destination des industriels. Pour les DRIRE, dont la mission porte sur la mise en application des réglementations nationales et le contrôle des industries régionales, il serait souhaitable de soutenir leur travail d'information aux industriels. Enfin, en ce qui concerne les organismes de recherche, il faudrait accompagner le développement de leurs compétences en matière de recherche dans le domaine de la sécurité industrielle.

En plus de ces actions de soutien aux acteurs il faudrait également :

- mobiliser d'autres partenaires clés,

- mettre en place des normes par l'intermédiaire des instances normatives françaises (AFNOR, CFSTAR) ou européenne (CEN ou CEN-STAR) ;
- se rapprocher de réseaux existants ou en créer un nouveau sur la sécurité industrielle ;
- et dans ce contexte, considérer éventuellement des rapprochements européens.



### 5.2.2 Le développement de l'information et de la communication auprès du grand public et des industriels sur la problématique sécurité industrielle

Comme nous avons commencé à l'évoquer dans la troisième partie de ce rapport, le développement de l'information et de la communication auprès du grand public sur la problématique de la sécurité industrielle a pour objectifs de développer une culture française du risque et de « travailler » sur l'acceptabilité des risques industriels.

Dans ce cadre, les actions que nous pouvons envisager sont de :

- Rassurer en assurant une transparence sur les activités industrielles : les industriels sont déjà invités par les réglementations actuelles à communiquer sur leurs activités, les produits qu'ils utilisent...
- Rassurer en favorisant le développement des pratiques professionnelles : on pourrait en effet envisager de développer des démarches qualité et des certifications dans le cadre d'application de mesures pour améliorer la sécurité industrielle. Encore faut-il que la société civile évolue dans ce sens et soit sensible à de telles démarches.

- Sensibiliser certains industriels à la sécurité et par exemple à l'intérêt des études de danger qui leur sont demandées. Les DRIRE, comme nous l'avons précisé, pourrait jouer un rôle dans ce domaine.
- Favoriser l'accessibilité à l'information : cela peut se faire entre autre par la mise en place d'un organe central d'information au-delà du rôle actuel des industriels au niveau local.

### **5.2.3 *Le développement de la formation***

Il s'agit ici de former différents acteurs impliqués dans la sécurité industrielle et cela, dans différentes optiques.

Il s'agit principalement de former les acteurs directement impliqués dans la sécurité industrielle, et en particulier les ingénieurs et opérateurs qui vont travailler dans l'industrie, les chercheurs et les centres techniques, les fabricants et les équipementiers. Tous ces acteurs doivent être formés à la sécurité industrielle afin d'intégrer cette notion et les principes qui en découlent dans leur travail (travaux de recherche, outils développés, approches utilisées, ...).

Aujourd'hui la formation reste un champ à développer fortement et pour cela nous proposons les actions suivantes :

- Continuer à développer les formations initiales dans différentes écoles et universités : ces formations sont pour l'heure encore très limitées en termes d'établissements et d'horaires de cours. Elles restent encore souvent facultatives. Il est donc très important de les renforcer dans les années qui viennent.
- Se rapprocher d'autres organismes de formation européens (au Royaume-Uni, au Pays-Bas...) et développer les échanges avec ces organismes.
- Développer les formations continues afin de permettre aux personnes travaillant depuis plusieurs années dans l'industrie, ou dans des organismes qui y sont liés, de maintenir leur niveau de connaissance ou de le renforcer.
- Faire remonter les besoins des industriels et adapter les formations pour pouvoir y répondre : selon la taille et le secteur considérés, on observe en effet des disparités dans les besoins des industriels. Il est donc importants de les prendre en compte et de mettre en place des formations qui y sont adaptées.
- Enfin, garder un lien fort avec le monde industriel par l'intermédiaire d'interventions d'industriels dans les cours ou le déroulement de stages dans des sites industriels. Ce type de liens est bien mis en application dans certaines écoles de chimie ou encore dans les Ecoles de Mines.

### **5.2.4 *Le suivi des orientations réglementaires***

Comme nous l'avons précédemment évoqué dans la troisième partie de ce rapport, il conviendrait de soutenir des actions dans le champ réglementaire de la sécurité industrielle.

Les actions que nous proposons reprennent un certain nombre de points déjà cités et sont les suivantes. Il est important de noter que certaines de ces actions sont déjà entreprises mais un enjeu réside certainement dans le développement d'une dynamique commune au niveau national.

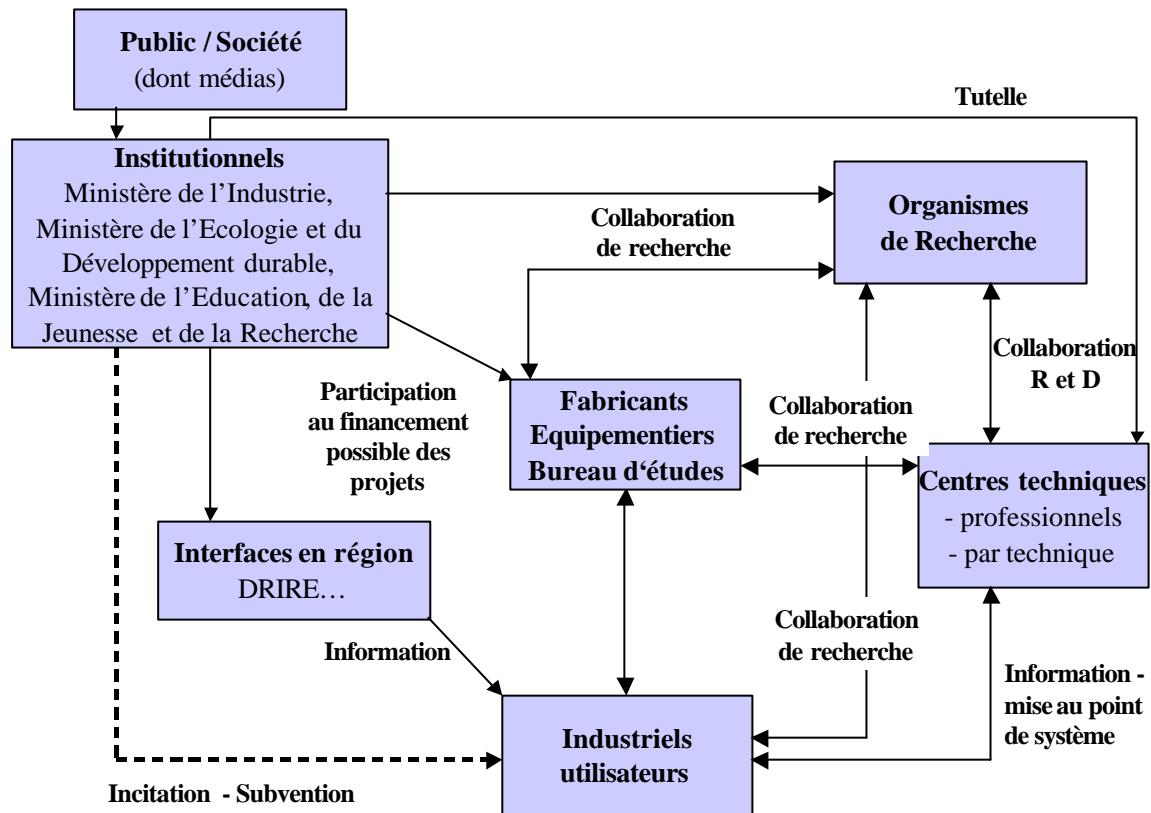
- Mener un travail d'homogénéisation de la réglementation.
- Déterminer quelle approche choisir : déterministe, probabiliste ou mixte.
- Poursuivre une réflexion sur les effets de seuil des réglementations et ainsi que sur la normalisation / l'élaboration de normes.
- Afin de faire face aux actes terroristes, envisager de faire évoluer la réglementation afin d'avoir la possibilité de connaître les antécédents juridiques de l'ensemble des intervenants sur un site industriel à risque - personnel permanent, intérimaire et sous-traitants. Il s'agit donc ici de ne pas se limiter au criblage du personnel et des visiteurs.
- Enfin, prendre en compte le dilemme « mieux informer » versus « mieux se protéger » en essayant de « trouver » un équilibre entre les intérêts des riverains, des industriels et de la société civile dans son ensemble pour que chacun de ces acteurs y trouvent son compte.

Ces différentes actions seront très certainement complexes et sur un terme plutôt long du fait en particulier que la réglementation relève parfois de plusieurs ministères.

### **5.2.5 *L'accompagnement des projets R&D***

Des enjeux R&D pour l'amélioration de la sécurité industrielle ont été identifiés au cours de l'étude. L'importance de favoriser l'accompagnement des projets R&D a par ailleurs été soulignée.

L'accompagnement des projets R&D se fait grâce à différents acteurs et à différents moyens. Le schéma ci-dessous présente tous ces éléments.



Ainsi les actions proposées pour accompagner les projets R&D sont les suivantes :

- Financer des projets auprès des centres de recherche, des bureaux d'études, des équipementiers et des fabricants.
- Informer et encourager - notamment par l'intermédiaire de subventions - les industriels à prendre part à des projets de recherche avec les organismes de recherche.
- Encourager les collaborations de recherche entre les différents acteurs.
- Aider au rapprochement industriels / organismes de recherche, centres techniques, équipementiers.
- Se rapprocher des réseaux européens de recherche sur des thématiques liées à la sécurité industrielle tels que PRISM ou S2S présentés en annexe.

## **5.2.6 La priorisation des projets R&D identifiés**

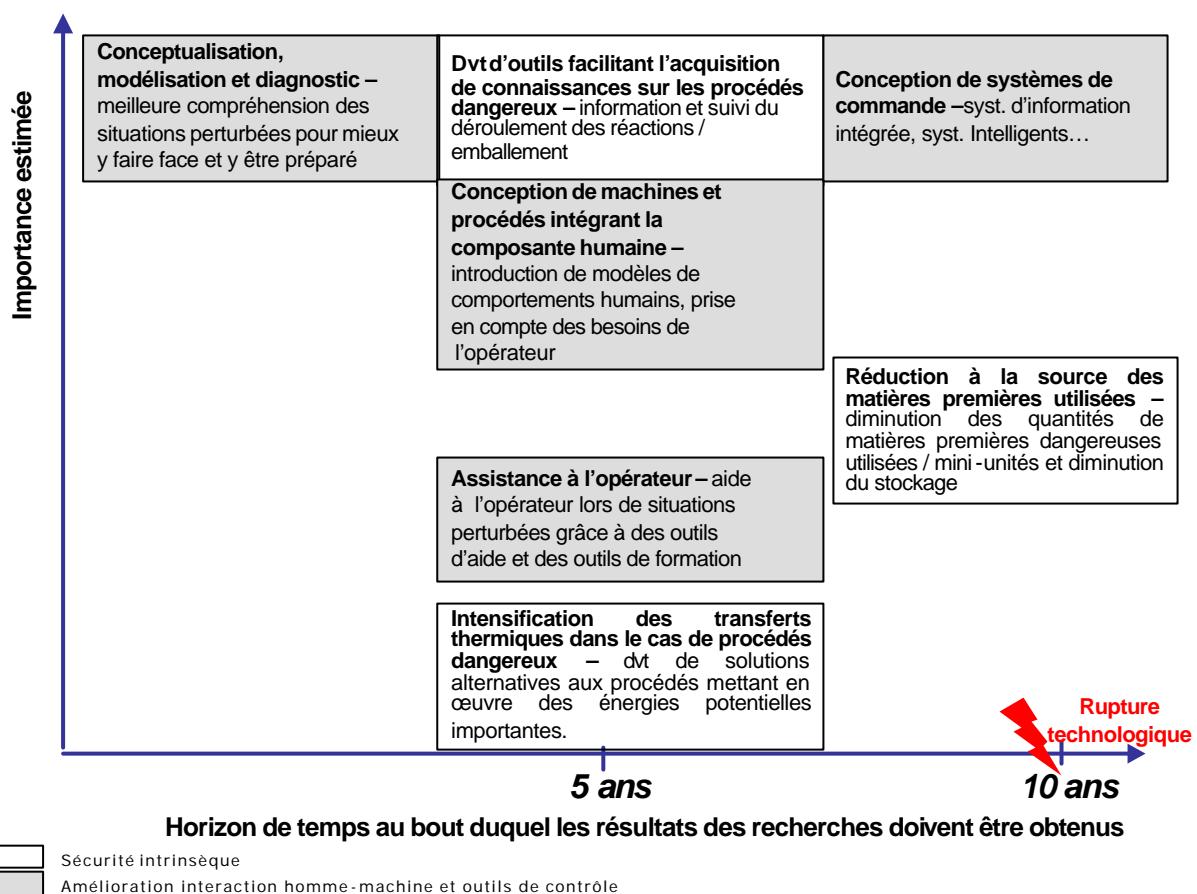
Face aux nombreux enjeux R&D identifiés lors des réunions des groupes de travail, il a été nécessaire de faire un travail de hiérarchisation et de priorisation de ces enjeux selon leur importance estimée par rapport aux besoins, les horizons de temps considérés, mais également la logique conjoncturelle, qui donne plus ou moins d'importance aux aspects vulnérabilité. Ainsi, nous avons choisi de considérer d'une part les projets R&D identifiés sur les thèmes de la sécurité intrinsèque et des interactions homme-machine, et d'autre part les projets identifiés sur le thème de la vulnérabilité des installations face aux actes terroristes.

### **Priorisation des projets R&D identifiés sur les thèmes de la sécurité intrinsèque et des interactions homme-machine**

Les projets R&D sont ceux présentés dans la partie 4 de ce rapport et détaillés dans les fiches R&D en annexe. Nous avons représenté graphiquement la priorisation que nous proposons pour ces projets, en indiquant en abscisse l'horizon de temps au bout duquel les résultats des recherches sont attendus, sachant que les recherches ont déjà débuté pour certains projets ou doivent débuter dès aujourd'hui pour d'autres, et en indiquant en ordonnée l'importance des différents projets que nous estimons par rapport aux besoins exprimés lors de l'étude.

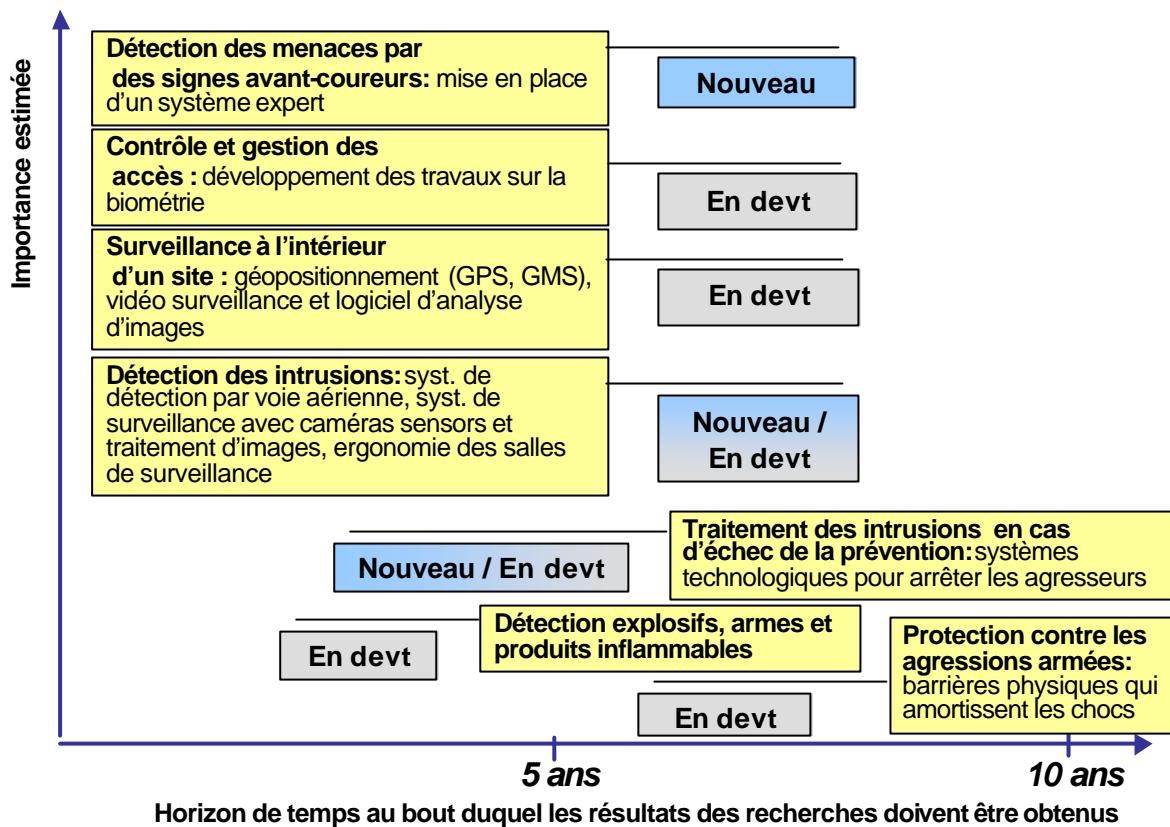
Les problématiques de conceptualisation, modélisation et diagnostic, de développement d'outils facilitant l'acquisition de connaissances sur les procédés dangereux, de conception de machines et procédés intégrant la composante humaine et enfin de conception de systèmes de commande sont quatre problématiques étroitement liées et qui ont besoin d'évoluer ensemble. Elles apparaissent comme étant clés car elles permettraient de répondre, dans un premier temps, à un besoin de mieux comprendre les situations perturbées et, dans un second temps, à un besoin de développer des outils, des systèmes et des procédés mieux adaptés à ces situations et permettant d'y faire face.

En ce qui concerne la réduction à la source des matières premières utilisées, divers travaux ont déjà été lancés mais les résultats devraient prendre du temps. Enfin, les problématiques R&D liées à l'assistance à l'opérateur et à l'intensification des transferts thermiques dans les procédés dangereux sont considérées comme ayant une importance relativement moindre.



### Priorisation des projets R&D identifiés sur le thème de la vulnérabilité des installations face aux actes terroristes

Sur le même modèle que pour la priorisation des projets R&D identifiés sur les thèmes de la sécurité intrinsèque et des interactions homme-machine, nous avons représenté graphiquement la priorisation que nous proposons pour ces projets.



Les différents projets R&D identifiés sont généralement déjà en cours de développement, avec quelques aspects nouveaux qui pourraient être développés. Tout ce qui relève de la prévention et de la protection tend à être privilégié, même si les mesures de traitement des agressions demeurent très importantes. Actuellement toutes les installations à risque ont un Plan Particulier d'Intervention qui permet en cas d'agression que la gendarmerie intervienne immédiatement. Cependant, les moyens mobilisés apparaissent faibles et il est nécessaire de renforcer ces Plans. Quant aux aspects technologiques de traitement des agressions, ils doivent également être améliorés.

## 6 CONCLUSION

---

Si la sécurité industrielle est une problématique sur laquelle les experts se penchent depuis de nombreuses années, elle n'en reste pas moins un champ qui demande à être travaillé et optimisé en continu en particulier en ce qui concerne la culture et l'acceptabilité du risque industriel, les facteurs économiques mais également les aspects réglementaires et d'aménagement du territoire. De plus, la sécurité industrielle est soumise aux évolutions des contextes qui la régencent : ainsi les événements récents, l'accident AZF de Toulouse et les attentats du 11 septembre, ont relancé cette problématique et les exigences qui y sont liées.

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à l'amélioration de deux types de sécurité industrielle : la sécurité vis-à-vis des risques accidentels et la sécurité vis-à-vis des risques criminels (actes de malveillance ou de terrorisme). Comme nous l'avons vu, ce sont deux approches différentes, mais qui partagent un certain nombre d'enjeux en commun. Au global, certains enjeux forts liés au volet technologique de la sécurité industrielle se dégagent de cette étude :

- des enjeux d'amélioration des procédés et d'optimisation des quantités de produits dangereux utilisés,
- des enjeux d'amélioration des outils de contrôle et de leur interaction avec les opérateurs et enfin,
- des enjeux d'amélioration de la sûreté des sites sensibles.

Au-delà d'efforts à consentir en terme de R&D, des axes de travail clés se distinguent. Ainsi la formation, est un des enjeux fondamentaux à soutenir dans les années qui viennent afin de développer les compétences françaises dans ce domaine de la sécurité industrielle et tenter de combler le retard pris par rapport aux pays d'Europe du Nord, mais également afin de permettre une meilleure acceptabilité du risque industriel par les différents acteurs de la société (grand public, médias, institutionnels, industriels et chercheurs). La réglementation est un autre enjeu fort à prendre en compte car c'est elle qui donne et oriente les objectifs et le cadre de travail aux industriels.

Enfin, il est important de souligner le caractère transversal de la sécurité industrielle. Dans ce contexte, son amélioration demande une approche globale, mettant en œuvre des collaborations entre des partenaires de nature différente (industriels - centres techniques par exemple), impliqués dans des activités spécifiques mais complémentaires. L'Etat, à travers les différents ministères concernés par cette problématique, ainsi qu'à travers ses relais que sont les DRIRE, doit afficher une politique commune afin de permettre une poursuite de l'amélioration de la sécurité industrielle.

## ANNEXE

# Fiches détaillées des enjeux



# SECURITE INTRINSEQUE

---

## *Enjeu : Mieux concevoir*

**Thématique de recherche :** Intégration des principes de la sécurité intrinsèque dès la conception d'un procédé industriel

### **Problématiques de R&D :**

- **Développement d'outils de formation et de sensibilisation des chercheurs ou des futurs chercheurs à l'intégration des principes de la sécurité intrinsèque**  
Il s'agit de développer une culture de la sécurité dans les milieux de la recherche universitaire et industrielle par l'enseignement, la formation et le partage des connaissances. Il existe en effet un certain cloisonnement entre les activités de laboratoire et les activités de production industrielle, notamment sur les questions de sécurité.
- **Modélisation des mécanismes de l'agir humain lors de la conception de procédés intrinsèquement sûrs**  
La conception de procédés intrinsèquement sûrs ne peut pas reposer que sur des critères techniques. Cette conception ne peut être efficace que si elle est munie d'un modèle de l'agir des opérateurs.
- **Développement d'outils d'aide à la conception des procédés intégrant les principes de la sécurité intrinsèque**  
La mise en œuvre de nouvelles techniques de production fondées sur les principes de sécurité intrinsèque est appelée à utiliser de nouveaux équipements tels que par exemple les réacteurs miniaturisés mentionnés plus loin. On s'attend à ce que la traduction des besoins relatifs à la chimie sous forme d'un cahier des charges utilisable par l'équipementier pour la fabrication des éléments ouvre le développement d'un champ de nouveaux outils d'aide à la conception.

## *Enjeu : Mieux structurer*

**Thématique de recherche :** Développement de solutions alternatives aux procédés mettant en œuvre des énergies potentielles importantes

### **Problématiques de R&D :**

- **Développement de bases de données relatives à l'état de l'art en termes d'équipements de sécurité et intégrant des données de sûreté de fonctionnement**  
Il s'agit ici de développer des outils permettant d'organiser la collecte, l'échange, le suivi et la veille des informations relatives aux connaissances sur les dispositifs techniques mis en œuvre dans l'industrie pour maîtriser les risques liés à la mise en œuvre de procédés utilisant des matières dangereuses. Après avoir répertorié et analysé l'ensemble des sources intéressantes d'informations à consulter pour acquérir et maintenir des connaissances sur les dispositifs

techniques (principes, conception, technologies, évaluation, retour d'expérience industriel, évolutions), une base de données pourrait être structurée.

- **Développement de réacteurs miniaturisés fonctionnant en continu en tant que solution alternative à la cuve agitée traditionnellement utilisée dans les ateliers de chimie fine**

Ce programme de recherche qui pourrait être développé dans un délai de 5 ans concerne le développement de solutions alternatives à la cuve agitée traditionnellement utilisée dans les ateliers de chimie fine. Parmi les solutions évoquées, les réacteurs miniaturisés fonctionnant en continu ont été cités. En chimie, le réacteur est au centre du dispositif de production. Dans de nombreux cas, cet élément est une cuve agitée dans laquelle les réactifs sont introduits soit simultanément, soit progressivement, pour réagir entre eux. A terminaison de la réaction, le réacteur est vidé pour récupérer le produit final. Cette méthode de travail, par opérations discontinues, conduit à l'utilisation de volumes réactionnels importants qui peuvent aller jusqu'à plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>, ce qui présente des inconvénients au terme de sécurité.

- **Développement d'échangeurs thermiques/réacteurs structurés permettant d'améliorer la maîtrise de l'exothermie des procédés**

Les réacteurs échangeurs intégrés sont des dispositifs constitués de plaques pré-gravées qui, lorsqu'elles sont empilées constituent un réseau permettant de faire circuler, dans deux directions perpendiculaires, les réactifs et le fluide de refroidissement. Par rapport à la traditionnelle cuve agitée, on attend de tels systèmes, des avantages en termes de réduction de la taille du réacteur, d'amélioration de la sécurité, d'une plus grande propreté environnementale et des économies d'énergie d'au moins 40%.

- **Développement d'une démarche de certification des équipements contribuant à la sécurité intrinsèque des procédés**

Il est suggéré de définir une procédure de certification des composants et de leurs interconnexions soit mise en place de façon à garantir leurs performances aux utilisateurs. La mise en place d'un label qu'une telle procédure implique peut également avoir un effet susceptible d'accroître la créativité dans ce domaine en permettant à un plus grand nombre d'entreprises (notamment de petite taille) de s'y intéresser. La possibilité d'obtenir une reconnaissance des produits peut en effet s'avérer, pour elles, à terme, comme un argument de vente à un prix intéressant.

## *Enjeu : Mieux comprendre*

**Thématique de recherche :** Développement d'outils facilitant l'acquisition de connaissances sur les procédés dangereux

### **Problématiques de R&D :**

- Développement d'outils calorimétriques et informatiques permettant d'acquérir des données cinétiques et thermodynamiques relativement aux réactions complexes**

Il s'agit de développer des outils expérimentaux de laboratoire simples et fiables permettant de déterminer rapidement et facilement le potentiel de dangers des réactions sur des faibles quantités (acquisition de données thermodynamiques et cinétiques), des calorimètres expérimentaux dédiés à la mise au point de procédés continus, des calorimètres expérimentaux dédiés à l'étude de systèmes réactionnels complexes (Réactions hétérogènes, ...), de calorimètres expérimentaux dédiés à l'étude des réactions rapides, de systèmes instrumentés permettant de suivre les concentrations de produits en temps réels.

- Développement de capteurs intelligents permettant de suivre le déroulement des réactions en temps réel**

Cette action concerne la mise au point de principes d'analyse originaux et leur mise en application respectant les contraintes de fiabilité, de sélectivité, de coût et d'opérationnalité. Il s'agira de disposer de méthodes d'analyse intégrant des moyens d'échantillonnage, de séparation, de détection, notamment *in situ*, d'imaginer et d'utiliser de nouvelles méthodologies analytiques, ainsi que des capteurs spécifiques dans milieux biologiques, les liquides et les gaz, de fabriquer des maquettes de dispositifs de détection, dont des capteurs de sécurité et des capteurs logiciels, les miniaturiser et les rendre autonomes sur une longue période.

## *Enjeu : Réduire les stockages*

**Thématique de recherche :** Développement de procédés permettant de diminuer les quantités de matières premières dangereuses sur les sites industriels

### **Problématique de R&D :**

Un programme de recherche qui pourrait être développé dans un délai de 10 ans concerne le développement de mini-unités industrielles permettant de produire *in-situ* des produits dangereux, en quantités limitées aux besoins.

Ce programme illustrerait la notion «d'industrie au robinet». Il s'agit d'ouvrir la voie à des réflexions sur le conditionnement, le transport, le stockage et la distribution des matières dangereuses sur les sites industriels.

Il s'agira dans un premier temps d'identifier les produits industriels pour lesquels ce type de réflexions aurait un intérêt, en terme de diminution du potentiel de danger sur un site, d'étudier la faisabilité des projets identifiés avant de passer au développement proprement dit.

Ce programme devra s'inscrire dans une réflexion plus globale qui devra prendre en compte les questions de :

- La dissémination de mini-unités industrielles qui contribuerait à déplacer le risque vers les utilisateurs,
- La prise en compte d'une démarche globale de diminution des dangers intégrant la problématique des transports de matières dangereuses,
- L'intégration des aspects liés à l'impact sur l'environnement des mini-unités industrielles développées pour diminuer les stocks de matières dangereuses.

# AMELIORATION DE L'INTERACTION HOMME-MACHINE ET DES OUTILS DE CONTROLE

---

## *Enjeu : Mieux comprendre*

**Thématique de recherche :** Conceptualisation / Modélisation / Diagnostic

### **Problématiques de R&D :**

- **Mise en place et développement d'outils REX pour recueillir et analyser les événements**

Le retour d'expérience joue un rôle clé dans l'amélioration de la sécurité industrielle. Il y a en effet beaucoup à apprendre des incidents, des accidents ou des presque-accidents qui se sont produits. Cependant, il s'agit d'un exercice délicat dans la mesure où communiquer autour d'un dysfonctionnement est difficile pour le personnel qui est plus ou moins impliqué dans ce dysfonctionnement (simple témoin ou responsable) ainsi que pour l'entreprise pour qui un incident n'est jamais valorisant

C'est pourquoi la problématique de développer des outils à partir de la technologie pour recueillir et analyser les retours d'expérience a été proposée. Ainsi, il serait possible de capitaliser et d'intégrer les connaissances et les expériences des industriels, tout en essayant de garder un certain anonymat pour les personnes venant rapporter des faits.

Le retour d'expérience se base également sur l'analyse d'événements quotidiens afin d'anticiper les accidents ou incidents.

- **Mise en place et développement d'outils d'aide au diagnostic sur l'état du système de contrôle et du système de commande**
- **Mise en place et développement d'outils pour la décision coopérative et concertée (modélisation, simulation...)**
- **Définition des alarmes et les actions associées à leur utilisation**
- **Mise en place et développement d'outils de modélisation**

Ces outils doivent aider à une meilleure conception des systèmes en permettant notamment d'étudier l'état dégradé de ces systèmes.

## *Enjeu : mieux conduire*

**1 - Thématique de recherche :** Assistance à l'opérateur

### **Problématique de R&D : Développement d'outils d'aide à l'opérateur**

**Mise en place et développement de système :**

- **de gestion des alarmes et d'un outil d'aide à la décision en gestion d'alarme**

Il y a de nombreuses alarmes sur une installation et en cas de perturbation elles peuvent se déclencher en cascade voire simultanément. L'opérateur ne peut alors pas

répondre à toutes ces alarmes en même temps et il faut pouvoir l'assister en lui désignant, par des systèmes intelligents de gestion des alarmes, les alarmes primaires, qu'il est fondamental de prendre en compte avant toutes les autres car elles révèlent où se trouve véritablement l'origine de l'incident, responsable par la suite du déclenchement en cascade de toutes les autres alarmes.

- **d'aide à la conduite en situation perturbée**

Certains outils permettent une adaptation automatique du contenu de l'interface suivant l'origine de la défaillance. Ainsi, par exemple, des synoptiques dédiés à la conduite en situation perturbée apparaissent suite à un manque d'électricité ou de vapeur, ou encore suite à l'arrêt de telle ou telle machine (pompe, compresseur...) importante pour la sécurité.

- **de gestion des reprises**

- **« transparent » pour l'opérateur et prenant en compte ses besoins**

Tous les systèmes développés pour assister l'opérateur doivent prendre en compte l'opérateur lui-même, avec ses besoins et sa façon de réfléchir. On vise ainsi à obtenir des systèmes les plus transparents possibles pour l'opérateur afin que ce dernier puisse comprendre et exploiter au mieux les données qui lui sont fournies par ces systèmes.

- **de détections « préventives » des dérives et défaillances**

Il est important de mettre en place des systèmes de détections préventives des dérives et des défaillances. Ainsi, dès qu'un paramètre paraît anormal il faut qu'il puisse être repéré au plus tôt afin d'être canalisé et éviter ainsi une dérive en accident.

- **permettant de suivre l'évolution des dérives et de voir l'ampleur de ces dérives**

En plus de détecter tôt les dérives, il faut pouvoir suivre l'évolution de ces dérives afin d'en mesurer l'ampleur réelle. Certaines dérives peuvent n'avoir aucune incidence sur le bon fonctionnement du procédé et de l'installation industrielle dans son ensemble si elles demeurent mineures. Au contraire, certaines dérives peuvent prendre rapidement de l'ampleur et devenir potentiellement très dangereuses.

## Problématique de R&D : Développer la formation par l'amélioration des outils de formation:

### **Valorisation des évolutions technologiques pour mettre en place des outils de formation :**

- **mise en place et dvt d'outils de simulation basés sur la réalité virtuelle**
- **mise en place et dvt d'outils de projection des dérives (pour une action donnée, association d'une conséquence donnée)**

Dans ces deux cas, l'opérateur est projeté de manière virtuelle dans une situation normale ou incidentelle / accidentelle et chacune de ses actions stimule une conséquence virtuelle donnée.

Ces outils de formation, déjà bien développés et utilisés dans l'aviation et le transport ferroviaire, existent déjà mais essentiellement à l'échelle expérimentale, le coût étant encore trop élevé pour que des industriels y investissent pour la formation de leur personnel. Ainsi, un des enjeux du développement de ces outils technologiques de formation serait d'en faire baisser le coût afin d'en généraliser l'utilisation par les acteurs opérationnels.

Enfin, au-delà du coût, c'est la non-répétitivité des ateliers qui rend la réalisation de simulateurs très difficile.

**2 - Thématique de recherche :** Conception de machines et de procédés intégrant la composante humaine (HMI- l'interaction homme-machine)

### **Problématiques de R&D :**

- **Travail sur la conception de systèmes automatisés centrés sur l'homme (Human Centred Design Automation)**

Beaucoup de systèmes technologiques sont conçus en se basant sur la technologie elle-même, même si l'objectif de tels systèmes est d'apporter un support à l'activité humaine. Ainsi, certains systèmes ne donnent priorités qu'aux issues technologiques, donnant lieu à des conceptions qui sont inutilisables ou loin d'être optimisées parce qu'elles ne prennent pas en compte les caractéristiques des utilisateurs. C'est pourquoi il faut retravailler sur la conception de systèmes centrés sur l'homme. L'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle L'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle

**Développement de la collecte de données pour le HMI (Human - Machine Interaction) par l'intermédiaire des enquêtes d'investigation la suite à des accidents, études de terrain, retour d'expérience, entretiens / questionnaires... L'amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle**

Il faut développer le retour d'expérience des systèmes développés suivant une logique particulière. Par exemple, on peut travailler sur la comparaison des systèmes HMI avec des synoptiques globaux et comportant de nombreuses informations et ceux avec des synoptiques plus simples mais multiples.

**Capitalisation des connaissances sur l'aptitude « humaine » : standardisation, normalisation**

**Introduction des modèles de comportements humains dans la conception de machines dans le cadre d'une meilleure interaction homme-machine**

### ***Enjeu : mieux concevoir***

**Thématique de recherche :** Conception de systèmes de commande

## **Problématiques de R&D :**

- **Développement de systèmes d'information intégrée qui permettent à l'opérateur d'obtenir des informations sur le procédé**

Afin que l'opérateur ait accès à des informations clés sur les procédés pour mieux les surveiller, il est nécessaire de développer des systèmes de pilotage contrôle-commande qui permettent de calculer et retransmettre ces informations. D'où l'importance de développer des systèmes d'information intégrée comme SCADA.

- **Dvt de systèmes de contrôle sûrs et robustes (propriétés, architectures...)**
- **Dvt de systèmes intelligents « Smart Object »: vers la conception de systèmes de commande autoréactifs aux dérives des procédés**

A horizon 10 ans, on commencera à aller progressivement vers une automatisation des systèmes de commande, avec notamment le développement de systèmes intelligents autoréactifs aux dérives des procédés. L'homme, à travers l'opérateur, gardera toujours la possibilité de reprendre en main le système en cas de crise. Cependant, vu la réduction des capacités de réaction des opérateurs en cas de situation fortement perturbée et le danger auquel ce dernier est exposé dans pareille situation, l'automatisation se développe progressivement.

### **Dvt de la tolérance des systèmes aux dérives**

Certaines dérives sont mineures et n'ont pas de conséquence incidentelle. Il faut alors que les systèmes de contrôle remarquent ces dérives, qui sont peut-être les signes avant-coureurs d'un incident plus important à venir, mais il ne faut pas que cela entraîne un blocage et le déclenchement d'une panoplie d'alarmes vu les conséquences très limitées de cette dérive. Ainsi, le système développé doit tolérer cette dérive, tout en indiquant à l'opérateur qu'il y a eu une dérive mineure.

### **Dvt de la maintenance préventive du contrôle commande afin d'éviter les perturbations de ce système de contrôle**

Il est de plus essentiel que ces systèmes ne dérivent pas à leur tour afin que l'opérateur n'ait pas accès à des informations erronées sur les procédés et puisse continuer à faire confiance à ces systèmes d'information. Ainsi, en plus de la redondance des systèmes de contrôle, il faut développer la maintenance préventive de ces systèmes pour éviter toutes perturbations qui remettraient en cause la pertinence de toutes les dernières informations retransmises à l'opérateur.

**Avancée technologique : comment faire évoluer l'existant ? A 5 ans, cela ne pose pas trop de problèmes - ajout de compléments. A 10 ans, rupture technologique et mise en place de technologies intégrées posant le problème du retrofitting des installations anciennes**

# AMELIORATION DE LA SURETE DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES FACE AUX ACTES DE MALVEILLANCE

---

## *Enjeu : mieux prévenir*

**Thématique de recherche :** Détection des menaces par des signes avant-coureurs

### **Moyens :**

Il s'agit dans cette optique de :

- o Former le personnel à détecter des signes avant-coureurs d'un acte de malveillance : incidents et anomalies qui n'ont pas de motifs acceptables ;
- o Faire remonter les informations sur ces signes à la Direction de l'établissement ;
- o Traiter tous ces incidents

### **Problématique de R&D :**

**Mise en place et développement d'un système expert** pour collecter, analyser et synthétiser les signes avant-coureurs. Les systèmes experts permettent de rassembler une foule de données et d'en ressortir très rapidement une analyse. L'homme peut alors évaluer cette analyse et en tirer des conséquences et des actions. Il s'agit de systèmes d'aide à la décision puisqu'ils signalent toute anomalie aux personnes en charge de la sécurité d'un site

**Et détection des explosifs, des armes et des produits inflammables.**

## *Enjeu : mieux se protéger*

**1 - Thématique de recherche :** Contrôle et gestion des accès (à l'entrée et à la sortie)

### **Moyens :**

Le contrôle et la gestion des accès regroupe ce qui concerne :

- Le contrôle des personnes et des véhicules ainsi que leur flux ;
- Le contrôle permettant l'accès du site au seul personnel autorisé ;
- L'autorisation d'accéder aux installations limitée au personnel connu, habilité et formé spécialement : point particulièrement important en ce qui concerne l'accès des sites aux sous-traitants ;
- L'interdiction de l'accès à certains individus à des parties sensibles des installations. Cela pose aussi le problème de la compartimentation des installations.

### **Problématique technologique de R&D :**

Développer les travaux sur la biométrie et l'ergonomie des parties du corps (visage et main, notamment iris et empreintes digitales). La biométrie s'appuie sur la prise en compte d'éléments physiologiques ou comportementaux uniques et propres à chacun d'entre nous. Les différents systèmes biométriques sont performants, il s'agit donc surtout de tenir compte de l'environnement de leur usage (facilité de saisie, d'analyse, de stockage, de vérification). L'identification par l'iris utilise plus de paramètres que de nombreuses méthodes d'identification et la fiabilité résultante est suffisante pour ne plus faire de l'identification mais de l'authentification : en effet, la probabilité de trouver 2 iris suffisamment identiques est (selon les estimations de Daugmann et de British Telecom), inférieure à l'inverse du nombre d'humains qui ont vécu sur terre. Quant à l'analyse des mains, elle donne lieu à un certain nombre d'incertitudes (modifications de la forme de la main liées au vieillissement et taux de fausses acceptation élevés pour des jumeaux ou d'autres membres de la même famille). Enfin, l'analyse des empreintes est très fiable même si deux fichiers "signature" calculées à partir de la même empreinte ne donneront jamais 100 % de ressemblance du fait des différences qui existent lors de l'acquisition de deux images (petites déformations ou déplacements), ils donneront cependant toujours un niveau élevé de similitude.

**2 - Thématique de recherche :** Détection des intrusions physiques et autres

**Moyens :**

- Instrumentation à la périphérie pour la protection de tous les liens d'un site industriel avec l'extérieur (conduites d'eau, câbles d'alimentation électrique, câbles téléphone...).
- Détection des intrusions par voie aérienne (par ULM, drones, hélicoptère ou parachute). Ce type de détection n'existe pas aujourd'hui

**Problématiques technologiques de R&D :**

- **Développement des systèmes de détection par voie aérienne et des systèmes/parades de défense à mettre en œuvre en cas d'intrusion par cette voie**
- **Développement des systèmes avec caméras sensors qui traitent les images afin de signaler aux personnes en charge de la sécurité toutes anomalies qui auraient pu leur échapper. L'optoélectronique est ainsi un champ d'investigation à creuser.**
- **Développer une approche ergonomique pour la conception des salles de surveillance des sites industriels (voir ce qui se fait dans les casinos)**

**3 - Thématique de recherche :** Surveillance des individus à l'intérieur du site

**Moyens :**

- Analyse comportementale des individus
- Suivi de la circulation interne dans un établissement afin de savoir, en cas d'accident, qui était sur le site et à quel endroit.
- Etendre ce dispositif de surveillance à un périmètre de sécurité

**Problématique technologique de R&D :**

- **Développement des logiciels d'analyse des images provenant de la vidéo surveillance d'un site pour repérer les individus présentant des comportements anormaux**
- **Développement des systèmes de géopositionnement des individus dans un site, par GSM-GPS par exemple**

***Enjeu : mieux traiter les agressions***

**1 - Thématique de recherche :** Traitement des agressions en cas d'échecs des mesures préventives

**Problématique technologique de R&D :**

**Mise en place de systèmes technologiques qui servent à retarder, à bloquer et à rendre inoffensifs les agresseurs jusqu'à leur arrestation.**

**2 - Thématique de recherche :** Protection contre les agressions armées type roquette

**Moyen :**

Mise en place de filets pour une pré-explosion de la roquette avant qu'elle n'atteigne sa cible

**Problématique technologique de R&D :**

**Développement de barrières et d'obstacles physiques qui amortissent les projectiles et explosions**