



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 218337 - 2802650 - v2.0

21/01/202521/01/2025

**REPÈRES PRATIQUES ET THÉORIQUES DE L'ÉVALUATION
SOCIOTECHNIQUE DES RISQUES (diagnostic organisationnel
de la sécurité)**

LES SHS DANS L'ÉVALUATION DES RISQUES

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION SITES ET TERRITOIRES

Rédaction : LE-COZE Jean-Christophe

Vérification : MOULIN LUDOVIC

Approbation : Document approuvé le 21/01/2025 par DUPLANTIER STEPHANE

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

Table des matières

1	Introduction.....	5
2	La dimension sociotechnique.....	6
3	De l'analyse de risque à l'évaluation sociotechnique des risques.....	11
3.1	Première famille d'approches d'évaluation (technique, humaine)	12
3.1.1	Analyses de risques.....	12
3.1.2	Evaluation de la fiabilité humaine.....	12
3.2	Deuxième famille d'approches d'évaluation (organisation)	13
3.2.1	Systèmes de management de sécurité (et audits).....	13
3.2.2	Diagnostic de culture sécurité	13
3.3	Troisième famille d'approches d'évaluation (sociotechnique)	14
3.3.1	Evaluation sociotechnique des risques	14
3.3.2	Causalité sociotechnique : apport graphique	15
3.3.3	Des erreurs humaines à la performance organisationnelle.....	17
3.3.4	Modèle graphique d'évaluation sociotechnique des risques	18
3.4.	Synthèse des familles d'approches d'évaluation	21
4	Un exemple d'évaluation sociotechnique	22
4.1	Le cas	22
4.2	Commentaires sur l'usage du modèle à partir du cas	23
5	Synthèse	25
6	Pour aller plus loin.....	26

Liste des figures

Figure 1 : Modèle de J. Reason (1990).....	16
Figure 2 : Modèle de J. Rasmussen (1990).....	16

Résumé

Le but de ce document est de fournir des points de repères pratiques et théoriques en matière d'évaluation sociotechnique des risques pour les lecteurs soucieux de réfléchir à leurs pratiques et curieux des développements disponibles dans le domaine des SHS (sciences humaines et sociales) appliquées à la sécurité et aux risques. Après une introduction à la dimension sociotechnique et une distinction de trois familles d'approches d'évaluation, la première famille portant sur la technique et l'humain (analyse de risque, évaluation de la fiabilité humaine), la deuxième sur l'organisation (audit de système de management de la sécurité, diagnostic culture sécurité), l'évaluation sociotechnique a été présentée comme une troisième famille. Cette troisième famille, est, comme la première famille, causale et fortement connectée à la technologie. Elle considère également, comme pour la deuxième famille, l'organisation comme un objet d'évaluation. Cependant, elle ne repose pas sur une entrée par les référentiels mais par les acteurs, leurs activités et interactions, ancrée dans une lecture sociologique des causalités. Elle nécessite une démarche d'enquête, d'immersion.

Après l'introduction de modèles graphiques de causalité sociotechnique influents et produits dans les années 1980/1990 et d'un résumé de l'évolution des connaissances depuis dans le domaine (« *de l'erreur humaine à la performance organisationnelle* »), un modèle graphique servant de cadre à l'évaluation sociotechnique des risques est présenté. Il repose sur une vision dynamique de l'organisation, articulant stratégies (1), changements liés aux adaptations stratégiques dans l'environnement de l'organisation (2), implications pour les activités et installations à risques (dont événements de divers natures) (3), remontée d'information (4), regards internes (5) mais aussi externes (6) sur la sécurité dans l'organisation au quotidien (ou à la suite d'incidents ou d'accidents). Un cas est présenté à des fins d'illustration, d'introduction et commenté pour introduire la spécificité du raisonnement, de la démarche et du positionnement de l'évaluation sociotechnique des risques.

Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, , Verneuil-en-Halatte : Ineris - 218337 - v2.0, 21/01/2025.

Mots-clés :

Sociotechnique, risques, sécurité, organisation, évaluation

1 Introduction

Ce document fournit des repères pratiques et théoriques pour l'évaluation sociotechnique des risques. Il rend compte de l'expertise en sciences humaines et sociales (SHS) développée sur cette thématique par l'INERIS (Institut de l'Environnement Industriel et des Risques) au cours des vingt dernières années dans ses programmes de recherche, d'appui et de conseil. Le but est de fournir des éléments de repères pour les entreprises ou les régulateurs souhaitant positionner leurs pratiques dans ce domaine ou cherchant des pistes de travail pour évaluer les activités à risque, tout en tenant compte des méthodes et connaissances scientifiques produites et disponibles dans ce domaine.

L'écriture de ce document est basée sur le vocabulaire, les objets, le style propre aux sciences humaines et sociales appliquées à ces questions. Cette approche repose sur une longue expérience d'applications. Plusieurs années d'intervention à l'INERIS dans des contextes très différents confirment en effet l'importance de promouvoir l'éclairage des SHS sur ces questions au vu de leurs enjeux. Grâce aux connaissances disponibles, il est devenu possible, dans le domaine des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement), de compléter les analyses et démarches aujourd'hui disponibles et appliquées (par exemple les analyses de risques ou les audits de systèmes de management) afin de contribuer à une plus grande lisibilité des réalités quotidiennes de ces entreprises, à des fins de prévention.

L'enjeu est d'écrire un document abordable aux non spécialistes tout en conservant une certaine exigence méthodologique et d'analyse sur un sujet fort complexe : la prévention des accidents catastrophiques, c'est-à-dire des événements aux conséquences importantes mais à la probabilité faible. Pour cela, il faut mobiliser des connaissances qui ont été produites au cours des dernières décennies en SHS et les orienter dans des finalités appliquées d'évaluation. Ainsi, il est fait un usage des visualisations dans ce guide de référence mais ce document ne se substitue pas aux écrits approfondissant les développements qui sont abordés. Une sélection d'ouvrages en SHS associée à ce document sont disponibles à la fin et un choix a été fait de ne pas introduire de références dans le corps du texte, à la manière d'un guide plutôt que d'une publication scientifique.

Il s'agit en effet d'un document de référence permettant d'accéder aux développements récents de la recherche dans ce domaine, et de la recherche appliquée de l'Ineris. Les objectifs de ce documents sont donc multiples :

- (1) situer les risques technologiques d'un point de vue sociotechnique, en indiquant les dimensions clés associées à ce cadrage,
- (2) expliquer qu'il existe plusieurs façons d'aborder l'évaluation des risques technologiques, que plusieurs types de méthodologies et d'approches existent au-delà de l'analyse des risques techniques,
- (3) expliciter cette diversité et l'organiser à partir d'une connaissance des pratiques industrielles d'une part, de l'expertise et de la recherche, d'autre part, puis,
- (4) présenter de manière abordable l'évaluation sociotechnique, dans un document relativement court facile d'accès pour des non-experts, tout en étant utile à des lecteurs plus familiers de ces questions, enfin,
- (5) orienter vers la littérature disponible pour approfondir ces repères pratiques et théoriques.

Dans une première partie, la dimension sociotechnique des systèmes dits « à risques » (une dénomination liée à la nature de leurs activités, comme le nucléaire, l'aviation, la chimie ou le ferroviaire) est présentée. Dans une seconde partie, deux familles d'approches d'évaluation des risques de ces systèmes sont distinguées et présentées : les approches orientées par la technique, analyse de risques et évaluation de la fiabilité humaine (première famille) et les approches centrées sur l'organisation comme les systèmes de management et leurs audits ou le diagnostic culture sécurité (deuxième famille). Dans la troisième partie, une troisième famille, l'approche d'évaluation sociotechnique des risques est distinguée de ces deux autres familles, en expliquant ce qui fait sa spécificité. La troisième partie est consacrée à un exemple d'application, commenté sur les plans méthodologiques.

2 La dimension sociotechnique

Il existe une littérature abondante sur la réalité sociotechnique des entreprises à risques. Le principe de la lecture sociotechnique est simple. D'une manière très générale, mais fondamentale, la technique (ou la technologie) n'existe pas indépendamment des hommes et des sociétés, et l'inverse est aussi vrai, les hommes et les sociétés n'existent pas indépendamment de la technologie. Il y a co-évolution (ou co-construction) de la technique et des sociétés, dans des relations complexes indissociables. Ce n'est pas la phase de digitalisation de la société et de réchauffement climatique qui démentira l'importance de ce principe d'analyse. En effet, les téléphones portables ont, par exemple, produit des changements importants dans notre quotidien, il en est de même que l'effet de serre entraîné par les technologies basées sur les énergies fossiles. Les enjeux de conception et de régulation de la technologie sont immenses.

Dans le domaine des risques technologiques, cette dimension de la co-évolution (ou co-construction) sociotechnique se traduit par une exigence forte de compréhension des risques d'une part et de leur articulation avec des activités humaines d'autre part. Une dimension temporelle est par ailleurs également nécessaire, abordée par exemple par la notion de cycle de vie des systèmes (mais il y a d'autres formes de temporalités). Dans cette première partie, la dimension sociotechnique des systèmes à risque est explicitée, en présentant trois de ces dimensions constitutives :

1. la matérialité, la technologie et les procédés
2. les activités, l'organisation et la stratégie des entreprises,
3. le territoire, l'état et la globalisation.

A chaque mot utilisé dans ce découpage correspond des univers de référence qui implique des disciplines différentes dont l'ergonomie et la sociologie. La description qui suit prend pour domaine de référence la chimie. Elle s'applique, avec quelques aménagements liés à leurs particularités, à d'autres domaines industriels à risque comme la pyrotechnie, le gaz (postes, puits, pipelines), le pétrole (plateformes, stockage, raffinerie, transport) ou l'agro-alimentaire (silos). Entre ces différents domaines, les exigences de l'industrie, de la profession et de la réglementation en matière de sécurité diffèrent. Ces remarques permettent de mettre en avant un point important qui a été indiqué à plusieurs reprises, la centralité de la notion de contexte. C'est une exigence qui a de fortes implications méthodologiques.

2.1. Matérialités, technologies et procédés à risques

Consacrer une partie de ce document à la dimension technique même succincte des installations est indispensable. Cela permet de rappeler à la matérialité, c'est-à-dire à la réalité physique des installations, des espaces et les lieux mais aussi bien évidemment aux risques spécifiques qui leurs sont associés. Il ne s'agit pas dans cette partie de se substituer au discours et point de vue des ingénieurs mais de bien poser que la question des risques est d'abord celle engendrée par des technologies, des procédés. Il s'agit de rappeler à la réalité de leur agencement, de leur présence et des formes multiples d'interactions qu'elles engendrent avec les hommes¹ au travail. Dans une lecture sociotechnique, le rappel à cette dimension est bien indispensable. Toutes les installations au sein d'un même site ne comportent pas les mêmes risques et ceci constitue un repère important aussi pour l'évaluation, un rappel que les événements du quotidien dans les entreprises doivent être pensés en rapport aux installations, à leurs risques, à leur spécificités.

Penser les risques d'un point de vue sociotechnique consiste en effet tout d'abord à s'intéresser aux dimensions technologiques et d'ingénierie de procédés complexes qui incluent l'agencement d'équipements tels que des réservoirs, des réacteurs, des agitateurs, des canalisations, des stockages, des compresseurs, des pompes, des condenseurs, des systèmes de chauffage (chaudière) ou de refroidissement (tour), des tuyaux flexibles mais aussi des vannes ou des cheminées au travers lesquels différents types de flux, y compris l'eau (par exemple liquide, vapeur), les produits chimiques (par exemple le chlore, l'ammoniac) ou le gaz (par exemple l'azote, l'hydrogène sulfuré) transitent pour être utilisés, traités ou produits à divers stades de la production chimique. Ces procédés

¹ Il faut lire homme est envisagé avec un grand H, au sens d'humain.

techniques sont équipés d'automates activant des fonctions mécaniques pour ouvrir ou fermer des vannes, démarrer ou arrêter des pompes, faire tourner ou arrêter des agitateurs, alimentés en électricité. De tels automates sont programmés par des ingénieurs pour fonctionner selon des données transmises par des capteurs de pression, de niveau, de vitesse, de densité ou de température, par des signaux déclenchés par des logiciels initiant des séquences d'actions dans des ordres prédéterminés.

Cependant, agitateur, pompes, compresseur, vannes et bien d'autres dispositifs peuvent également être activés ou actionnés manuellement par les opérateurs, à l'aide ou non d'outils, ce qui caractérise le niveau d'automatisation. Tous ces systèmes sont connectés électriquement, électroniquement et mécaniquement par différents types de câbles ou de fils (cuivre, fibre optique) qui transfèrent de l'énergie ou des données dans les deux sens entre les automates, les logiciels, les ordinateurs et les personnes supervisant les processus sur les écrans des salles de contrôle ou sur d'autres ordinateurs, ailleurs dans l'usine, ou au-delà. Différentes expertises consistent à concevoir, acheter, installer, programmer, inspecter, entretenir, activer et superviser ces systèmes techniques pour s'assurer qu'ils restent sous contrôle en termes de temps, de séquences, de qualité de produit mais aussi de santé, d'impacts sur la sécurité et sur l'environnement, sur le lieu de travail et les processus.

Les produits chimiques transitant dans ces appareils peuvent en effet être de nature différente, avec des effets potentiels sur la santé, la sécurité ou l'environnement en fonction de leurs propriétés (par exemple corrosives, inflammables, toxiques), de leur utilisation et de leur combinaison tout au long des différentes étapes de leur livraison, stockage, le transport mais aussi le mélange et le conditionnement à différentes étapes de production. Tous ces équipements peuvent être assez proches ou plus ou moins éloignés les uns des autres en fonction des possibilités offertes par l'espace et l'aménagement des usines ce qui a un impact sur le niveau de risques. Si l'espace est disponible, les produits stockés peuvent par exemple être séparés avec plus de distance que lorsqu'il ne l'est pas. Qu'une usine soit éloignée ou proche d'une zone urbaine crée également différentes situations à risque. De nombreuses usines chimiques se caractérisent cependant souvent par la proximité des réservoirs, réacteurs, tours, canalisations, stockages posant la question des effets dominos (c'est-à-dire de séquences accidentelles qui se propagent dans les installations).

Au cœur de l'activité d'une usine de la chimie se trouve la transformations des produits chimiques. Les entreprises réalisent des bénéfices par ces transformations. Le génie chimique et des procédés consiste à trouver des moyens de combiner des produits dans des recettes et d'améliorer ces recettes pour la satisfaction des clients et gagner des parts de marché, mais inclut également d'autres dimensions telles que la consommation d'énergie, les impacts environnementaux ou la productivité. L'enjeu pour les entreprises est de se situer avec leur production dans les chaînes de valeur de filières pour dégager les meilleurs profits.

La coordination, la coopération et la communication de nombreuses personnes impliquées dans les opérations de ces systèmes et installations techniques sont au cœur de la production et de la production en sécurité, du point de vue de la sécurité du travail et des procédés. Par exemple, du point de vue de la sécurité des procédés, certaines réactions sont exothermiques, ce qui signifie qu'elles s'échauffent et augmentent la pression à l'intérieur des réacteurs lorsque certains produits chimiques sont mélangés. Le risque est une perte de confinement en cas de réaction exothermique incontrôlable qui augmente brutalement et fortement la pression à l'intérieur du réacteur. Cette augmentation peut atteindre un point de rupture du réacteur au-delà duquel des produits chimiques sont libérés et accompagnés d'une onde de surpression.

Des produits toxiques ou inflammables peuvent être ainsi dispersés, menaçant les employés à l'intérieur et les riverains ou autres à l'extérieur de l'usine à des exposition aiguës ou chroniques aux produits chimiques toxiques, ou d'explosion ou d'incendie en cas d'inflammation de produits présents en certaine quantité dans l'air. D'autres risques pour la sécurité sont liés au stockage de produits chimiques, avec des possibilités d'incendies ou de perte de confinement lors du chargement ou du déchargement des produits chimiques, souvent par des camions au moyen de flexibles manipulés par leurs chauffeurs assistés (mais le plus souvent supervisés), par des opérateurs des usines. D'autres risques concernent la perte de confinement du stockage (protégé par bassin de rétention) ou lors du transfert de produits par canalisations (comme une fuite due à la corrosion ou suite à un choc). La

quantité, les propriétés et l'utilisation des produits sont donc très importantes et sont réglementées pour ces raisons. La sécurité des procédés consiste à s'assurer que les systèmes techniques restent sous contrôle.

Une stratégie pour ce faire est de s'assurer d'abord que les réactions restent dans des limites de paramètres acceptables. La connaissance de la façon dont les produits réagissent ensemble est essentielle pour que le bon moment, la bonne quantité et la bonne vitesse de mélange des différents produits chimiques soient conçus. Cette connaissance se traduit par des procédures pour une recette spécifique réalisée avec diverses combinaisons d'automatisation programmées dans des séquences informatiques et des opérations manuelles en fonction du niveau d'automatisation. Le génie chimique reste toujours expérimentalement prudent, et il existe pour ces raisons de nombreux systèmes de prévention et d'atténuation en place dans le but de garder le contrôle lorsque ces plages sont dépassées.

L'un d'eux est un système de refroidissement qui maintient la température de la réaction sous des seuils prédéterminés en faisant circuler de l'eau froide autour du réacteur, un autre est de surveiller les paramètres de temps, de pression, de niveau et de température en temps réel et un autre est d'avoir un événement connecté à un bac de récupération externe qui récupère les produits chimiques en cas d'augmentation de la pression au-delà d'un certain niveau. Selon le type de réactions, l'azote peut également être utilisé pour remplacer l'atmosphère dans les systèmes afin de limiter les risques d'inflammation lorsqu'il y a des produits chimiques hautement inflammables dans les réacteurs et les réservoirs.

Les systèmes d'extinction incendie (dont les sprinklers promus par les assurances) et les équipes de pompiers internes (équipiers de première intervention) sont également des moyens et ressources importants pour atténuer les conséquences d'un incendie, tandis que les EPI (équipements de protection individuelle), la ventilation mais aussi les alarmes visuelles et sonores sont disponibles pour protéger et/ou avertir les personnes en cas d'incendie ou la perte de confinement des produits chimiques au-delà d'un seuil tolérable. En effet, du point de vue de la sécurité et de la santé au travail, les fuites, fumées ou projections de produits corrosifs ou toxiques peuvent constituer une menace pour les opérateurs qu'il convient de prévenir. Du côté des risques chimiques pour l'environnement, les systèmes tels que les tours de lavage, les filtres mais aussi les stations de traitement des eaux ont pour fonction de limiter la concentration des produits chimiques rejetés dans l'atmosphère, les rivières et les écosystèmes.

2.2. Activités, organisations et stratégies

Le raisonnement sociotechnique prolonge ces premières descriptions par la mise en relation avec les activités des acteurs impliqués dans ce qu'il est convenu d'appeler les cycles de vie des installations : la conception, la construction, l'exploitation, l'inspection et la maintenance voire aussi le démantèlement. Ces acteurs réalisent toutes ces activités dans des contextes de relations hiérarchiques, de services, de sites, d'organisations et d'entreprises. Ils représentent un grand nombre d'expertises couvrant de nombreux domaines tels que la maintenance, l'amélioration des procédés et les méthodes, la recherche et développement, l'inspection, la vente, la logistique, l'approvisionnement, la production, les travaux neufs, le traitement de l'eau, le service QHSE (Qualité, Hygiène, Santé, Sécurité, Environnement), les ressources humaines, les services informatiques et la direction des sites. Ce sont en effet les principaux départements et services que l'on trouve couramment dans les usines chimiques. Les expertises sont à la fois techniques, relationnelles à managériales.

Produire en sécurité consiste pour ces acteurs situés dans différents services ou départements aux pratiques professionnelles spécifiques à coordonner ces activités. Une vue classique des organisations représentées à l'aide d'organigrammes fournit un premier niveau de description. C'est une vue de la structure, et de la présence de professionnels dans les services et les départements. Bien entendu, il n'indique pas la nature, la qualité et le type des relations entre les personnes en charge de ces fonctions, même s'il les contraint. Par exemple, la structure n'explique pas comment des activités importantes telles que l'analyse des risques, le retour d'expérience, la gestion du changement ou la préparation aux crises, qui sont généralement des activités interservices, sont exécutées.

Seul un examen plus approfondi des principes bureaucratiques tels qu'ils sont mis en œuvre dans la pratique peut révéler la nature de cette coordination entre les personnes dans et entre les services, qui nécessite également de considérer une variété de questions comprenant, entre autres, des aspects tels que les activités de travail, la communication, les relations humaines qui nécessitent d'envisager des dimensions de pouvoir mais aussi d'identités professionnelles ou culturelles. Les usines chimiques dévoilent en effet la nature sociologique des interactions humaines dans des contextes bureaucratiques, sociotechniques et d'industrie.

Si les entreprises sont souvent pensées et présentées en tant qu'entités rationnelles et structurées se comportant selon des règles et des normes, la situation est dans la réalité plus contrastée. Les connaissances techniques sur les produits chimiques, les réactions et les comportements des équipements peuvent être incomplets, imparfaits ; les règles et les normes peuvent également être imparfaites ; la qualité des coordinations, la coopération et la communication peuvent être fluctuantes en fonction des moments ; l'anticipation et la planification sont régulièrement remises en question car toujours incertaine ; la prise de décision est également connue pour être beaucoup plus complexe que ce qui est souvent discuté ; en d'autres termes, un certain degré d'imperfection fait également partie de la réalité du quotidien des entreprises. Ces imperfections sont attendues et les professionnels dans les organisations y font face. L'expertise peut être en partie comprise, justement, comme la capacité à faire face collectivement à ces imperfections par rapport à la rationalité incarnée par les systèmes de management, par les planifications, par les anticipations.

Dans ce tableau, la stratégie des entreprises joue un rôle clé dans la compréhension des facettes aussi bien ordonnées qu'imparfaites des usines chimiques, et de leur étendue. Embaucher ou non du personnel dans les services ; investir dans la maintenance ou la sécurité (ex. matériel, études) ; développer ou ralentir de nouvelles productions ; mettre en œuvre de nouvelles méthodologies pour améliorer la productivité ; gérer les conflits ou repenser les structures organisationnelles sont en effet décidés au niveau de la direction et de la stratégie. Sans une compréhension de cette dimension, il est difficile de relier les données collectées par le biais d'observations et d'entretiens dans les départements et services pour une interprétation de nature sociotechnique. Ainsi, les facettes matérielles et leurs risques associés dans les usines chimiques brièvement présentées dans la section précédente et qui sont constituées de réservoirs, réacteurs, fils, écrans, tours, pompes, logiciels, produits chimiques... dépendent de leurs relations et interactions dans des contextes organisationnels et stratégiques. Nous allons maintenant voir, que les organisations et stratégies doivent elles-mêmes être appréhendées dans leur environnement.

2.3. Territoires, états, et globalisation

L'un des changements profonds des sociétés dans les vingt à trente dernières années et donc de l'environnement des entreprises se trouve dans l'intensification de la globalisation à partir des années 1980. Alors qu'une usine chimique peut être caractérisée par une description des flux d'énergie, de données, de gaz et de produits chimiques tout au long de ses processus, la mondialisation peut également être définie en termes d'une intensification des flux à travers les continents (même si ces flux sont inégaux). Les flux de capitaux, de biens, de personnes, d'images, de données (mais aussi de virus !) ont augmenté en proportion et en vitesse au cours des dernières décennies. Les possibilités technologiques dans le transport (aviation, maritime) ou dans la communication à travers les infrastructures numériques (internet, satellites) combinées avec les politiques économiques des États et régions puissants (par exemple l'Europe) vers des marchés libres (libéralisation du commerce et des finances, dérégulation et privatisation) en relation avec la croissance et l'expansion de ces marchés (comme l'Asie, l'Amérique du Sud) expliquent en grande partie l'intensification de ces flux.

Par conséquent, les entreprises ont participé à l'avènement de réseaux de production mondiaux (ou chaînes de valeur mondiales) qui les relient à leurs fournisseurs, clients et marchés dans différentes zones géographiques du monde. La crise financière de 2008, ou le Covid-19 en 2020, ont rappelé, s'il en était besoin, ce que la mondialisation signifie en termes d'interdépendance des entreprises, des États et des sociétés (qui renforcent aussi les discours sur la dé-globalisation). L'industrie chimique a été, comme de nombreuses autres industries,

façonnée par de telles évolutions notamment par les fusions-acquisitions, la réorganisation des chaînes globales de valeur, la privatisation d'entreprises autrefois nationalisées.

Une autre approche, au-delà des flux, pour caractériser la mondialisation et ses effets sur les entreprises est de la relier à des tendances de fond. Ces tendances incluent la digitalisation, l'externalisation, la normalisation, la financiarisation et l'auto-régulation. Leurs origines se trouvent dans les moteurs associés à la vague de globalisation des années 1980 (révolution des transports et de l'informatique, libéralisation du commerce et de la finance, dérégulation et privatisation). Ces tendances sont brièvement présentées.

La digitalisation correspond, à un certain niveau, à la possibilité de communication instantanée sur de longues distances, qui a été caractérisée comme une sorte de compression spatio-temporelle, à l'expérience d'une connectivité plus élevée apportée par les infrastructures informationnelles et à la capacité d'échanger des données instantanément sur de longues distances. A un autre niveau, c'est la possibilité d'organiser le travail à travers des systèmes informatisés basés sur des progiciels et des workflows qui peuvent structurer les activités de manière alternative (impliquant ou non le big data et l'intelligence artificielle). Ces nouvelles potentialités ont été largement exploitées par les entreprises pour concevoir de nouvelles configurations d'entreprise qualifiées de configurations en réseaux en raison des opportunités qu'elles créent d'externaliser les activités.

Un aspect de la mondialisation et du capitalisme financier est en effet la stratégie généralisée consistant à soustraire ou délocaliser des activités pour se concentrer sur le cœur de métier des entreprises, ou à trouver des moyens moins coûteux de produire à l'étranger, ce qui est devenu une possibilité avec le transport, la communication instantanée et l'économie de marché libre créant des frontières ouvertes. Cela va de pair avec la tendance à la standardisation. La prolifération de la normalisation, sous l'influence d'organisations telles que l'ISO (organisation internationale de normalisation), est le résultat de la transformation de leurs modèles commerciaux en modèles d'entreprise en réseau et du recours à des certificateurs tiers pour s'assurer que les normes sont appliquées par leurs sous-traitants.

Se concentrer sur le cœur de métier est une traduction de la tendance à la financiarisation qui a réorienté la prise de décision stratégique des entreprises en accordant une plus grande importance à des principes tels que le « *retour sur investissement* » (ROI) pour les actionnaires. En donnant plus de pouvoir aux marchés financiers à travers les attentes des actionnaires et des analystes financiers, de nombreuses entreprises ont répondu à leurs attentes pour une plus grande visibilité de leur cœur de métier, couplée à un niveau élevé en matière de retour sur investissement. Enfin, l'auto-régulation correspond aux stratégies des États pour passer d'un style de réglementation prescriptif, de « commande et contrôle » à un rôle plus de supervision qui implique une relation différente avec les entreprises régulées.

Des réglementations prescriptives détaillées peuvent être difficiles à mettre en œuvre dans un changement technologique rapide qui ne permet pas à l'État de suivre le rythme de ces évolutions. Le style de « commande et de contrôle » peut également être lourd, avec des problèmes de pertinence des règles prescriptives dans les relations avec des entreprises spécifiques. L'auto-régulation est donc une stratégie réglementaire qui exige que le risque soit explicitement identifié et géré par les entreprises, et que ces contrôles internes soient disponibles pour inspection par les autorités. Cela a conduit à un type de régulation axé sur les processus ou la gestion, avec divers degrés de combinaison de commandement et de contrôle et d'autorégulation à travers le monde et les secteurs.

Mais l'auto-régulation est également le produit de l'expansion des entreprises à l'échelle internationale, ce qui les oblige à développer des normes pertinentes dans le monde entier, car les multinationales opèrent sur plusieurs continents. C'est aussi, en plus, une face d'un agenda néolibéral qui prône une moindre intervention de l'État dans l'économie, même si, dans la pratique, les États n'ont pas nécessairement reculé mais ont plutôt changé dans leurs manières de réguler les entreprises, y compris la sécurité des procédés. Cependant, ces divers régimes d'auto-régulation peuvent concurrencer ou compléter les réglementations étatiques, et la relation entre les sources étatiques et infra ou supra-étatiques de régulation est une question clé dans le contexte de la mondialisation.

De telles tendances (digitalisation, standardisation, externalisation, financiarisation, autorégulation) sont globales au sens où elles se font sentir dans tous les secteurs et pays du monde, mais elles n'impliquent pas une convergence dans la manière dont elles les affectent. Par exemple, l'industrie chimique est très hétérogène. Les pays ont des systèmes, des traditions et des évolutions juridiques, du travail, d'éducation, démographiques, sociaux, commerciaux, culturels, économiques, étatiques et politiques différents qui traduisent donc ces tendances de diverses manières. Une grande prudence doit donc être accordée à l'examen de ces tendances.

Ainsi, la dimension territoriale est aussi importante, car structurant plusieurs des aspects qui sont ici mentionnés. Le caractère régulé de ces activités comporte en effet une dimension locale, de décentralisation de l'état au niveau des préfets par l'intermédiaire des Dreal par exemple à propos du contrôle mais aussi des communes en ce qui concerne les plans d'urgence notamment, ainsi que d'urbanisation. L'encastrement territorial et urbain d'une usine chimique est donc un paramètre important, en matière de bassin d'emploi également, et de dynamisme économique, de manière plus générale. Les usines, souvent pourvoyeuses d'emplois qualifiés, sont des atouts économiques pour les villes alentour. Elles s'inscrivent bien souvent dans des politiques de développement urbanistique des dernières décennies fortement marquées par l'expansion des villes qui ont rapproché les usines des habitations...territoires eux-mêmes façonnés par les dynamiques de la mondialisation.

Tous ces points propres aux dimensions globalisés, territorialisés et étatiques sont constitutives du caractère sociotechnique des risques. Les thématiques de la financiarisation sont présentes en arrière-plan de catastrophes récentes, la standardisation pose des questions sur la bureaucratisation de la sécurité, l'externalisation requiert interroge entre autres la qualité des interfaces, la digitalisation est au cœur de transformations du travail et les sources d'auto-régulation complexifie le paysage normatif. Les évolutions des formes d'interactions avec les acteurs des territoires et avec la régulation ne sont pas sans incidence sur le quotidien des usines...toutes ces récentes transformations ne sauraient être abordées de manière simpliste. La méthodologie d'enquête, au cas par cas, est discutée dans ce document, est importante pour cette raison.

2.4. Sociotechnique : synthèse

Matérialités, technologies, procédés à risques, activités, organisations, stratégies, territoires, état et globalisation sont des mots, liés à des concepts, pour saisir la réalité du quotidien des organisations à risques. Les complexités associées à ces différents niveaux de lecture et leur encastrement ne sont pas des raffinements intellectuels compliquant la compréhension de la sécurité et des risques. La prise en compte de ces complexités s'impose dans la réalité. Les histoires de BP dans les années 2000 et de Boeing dans les années 2010 ont révélé les problèmes de sécurité dans les multinationales opérant sur plusieurs continents, entreprises en réseaux (forte sous-traitance, externalisation), financiarisées et fortement standardisées comme cela a été discutée. Ces cas illustrent les transformations de l'industrie dans les vingt à trente dernière années, et l'importance de prendre en compte leurs implications pour la sécurité. Pour comprendre une situation spécifique, toutes ces dimensions sont ainsi à convoquer pour rendre compte d'un cas. La démarche est contextuelle au sens où il est évidemment impossible, a priori, de connaître la particularité d'une situation (une installation dans un site industriel au sein d'un groupe par exemple) sans une enquête basée sur des observations et des entretiens. Il faut ensuite mettre en perspective ces réalités avec la sécurité et les risques, tel que proposé dans ce document.

3 De l'analyse de risque à l'évaluation sociotechnique des risques

Cette complexité sociotechnique des systèmes à risques est donc le produit des multiples niveaux d'interactions entre technologie, acteurs, organisations et institutions, ainsi que de l'évolution de ces interactions dans le temps. Depuis de nombreuses années, pour évaluer les risques et contribuer à la sécurité, plusieurs approches sont déployées dans les entreprises. Trois familles sont distinguées dans ce document. Par famille, il faut entendre des approches que l'on peut regrouper par les rationalités qu'elles mettent en œuvre, c'est-à-dire des principes d'analyse qu'elles utilisent pour aborder la question des risques. Il ne s'agit pas d'opposer ces familles mais de montrer qu'elles reposent sur des perspectives différentes et ouvrent des pistes d'action différentes.

La première famille est orientée par la technique, par une recherche causale, par l'identification des scénarios à risques, des défaillances ou actions contribuant à leur survenue. La plus importante dans cette première famille est l'analyse de risque mais il existe d'autres démarches complémentaires s'inscrivant dans cette perspective de l'analyse de risque, comme les démarches d'évaluation de la fiabilité humaine. La deuxième famille de démarches d'évaluation, différente de la première famille dans ses principes car portant sur l'organisation, comprend l'audit de système de management ou le diagnostic de culture sécurité. Les deux premières familles sont couramment mises en œuvre dans les entreprises dont les procédés comportent des risques, et le but de ce document est de donner des repères pratiques et théoriques pour la troisième famille développée par l'Ineris. Ces deux familles sont donc présentées dans un premier temps et la troisième ensuite.

3.1 Première famille d'approches d'évaluation (technique, humaine)

3.1.1 Analyses de risques

L'analyse de risque repose sur une recherche des événements, scénarios et causes d'incident ou d'accident susceptibles d'entraîner des conséquences dommageables au site ou à son environnement. Afin de réduire leur probabilité et possibles conséquences, des choix de barrières sont réalisés, articulant équipement et activités humaines. Ces principes consistent, en réunissant les compétences nécessaires en groupe de travail, à procéder de manière structurée pour effectuer cette recherche. Plusieurs méthodologies existent pour guider la démarche (Hazop, Amdec, Apr). Une fois repérés, les scénarios potentiels basés sur une appréhension des phénomènes (chimiques, naturels, mécaniques, électrique, etc.) sont associés à des mesures de prévention et protection, qui permettent de réduire leur probabilité et gravité. L'Ineris a produit des guides dans ce domaine notamment sur les études de danger ainsi que l'analyse des barrières de sécurité (Oméga 9, Omega 10).

L'approche porte exclusivement sur les installations techniques. Elle les décrit, propose des décompositions pertinentes des procédés (réaction, stockage, logistique, canalisations) pour pouvoir dérouler un questionnement systématisé. La connaissance de l'implantation du site est importante pour situer les différentes parties des installations par rapport aux autres. Cette connaissance est nécessaire pour envisager des scénarios qui peuvent être engendrés, par exemple, par la proximité d'installations (effets dominos). D'un point de vue méthodologique, la présence d'opérateurs au fait des pratiques réelles lors des séances d'analyse de risque est aussi conseillée pour enrichir la compréhension de la vie d'un site, et les recherches de scénarios. Des plans (de type PID *piping instrument diagrams*) servent de support à ces séances afin de se représenter collectivement les installations et ce sur quoi portent les questionnements.

3.1.2 Evaluation de la fiabilité humaine

Bien souvent, dans ce type de démarche, les actions humaines sont considérées de manière relativement simplifiée et décontextualisée, comme des sources potentielles d'événements (« *erreur humaine* ») ou de prévention et protection (activité de prévention, ou d'intervention par exemple). Des méthodes pour affiner ces dimensions ont donc été développées, définies comme des méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine (*human reliability assessment*). Elles sont historiquement développées à partir de la reconnaissance du rôle des opérateurs dans la réalisation de tâches de prévention (réponse à une alarme, fermeture de vanne, actions de surveillance, etc.). Plusieurs générations de méthodes existent, avec des évolutions de leurs principes et méthodologies dans le temps. Elles considèrent les possibilités d'écarts ou d'adaptation par rapport aux actions prévues (les notions d'écarts et d'adaptations sont préférées à celle « *d'erreur humaine* ») et cherchent à évaluer leur possibilité, leur conséquence et leur probabilité.

L'analyse de la tâche est nécessaire. Ces méthodes existent parce qu'il est devenu important de considérer la dimension humaine de la sécurité, ce que font peu les analyses de risque plus orientées par la compréhension des scénarios d'accidents sous un angle technique. Ces approches proposent donc un autre décalage, mais complémentaire, par rapport aux analyses de risque en portant le regard sur les opérateurs de manière plus approfondie, et en se reposant plus ou moins explicitement sur les connaissances psychologiques disponibles. Le niveau de raffinement de ces approches dépend du degré de prise en compte de la complexité des activités

humaines en situation. Leur forte proximité avec la recherche de scénarios de l'analyse de risque en fait néanmoins des approches de la même famille. Le référentiel Omega 20 de l'Ineris traite spécifiquement de l'évaluation des barrières humaines de sécurité mobilisées dans les analyses de risques.

3.2 Deuxième famille d'approches d'évaluation (organisation)

La deuxième famille d'approche d'évaluation s'éloigne des approches par scénarios (de défaillances d'équipement, d'écart par rapport aux actions prévues et des barrières) pour considérer l'organisation. Elle repose sur les perspectives des systèmes de management et de la culture sécurité.

3.2.1 Systèmes de management de sécurité (et audits)

Depuis de nombreuses années, notamment avec l'intensification des flux globalisés et la nécessité du développement de standards en matière de qualité, d'environnement ou de sécurité, s'est développée une forte activité autour de la normalisation des systèmes de management (notamment par l'ISO, *international standard organisation*). Dans le domaine de la sécurité, ces approches par les référentiels, qui consistent à expliciter les activités en matière de management font l'objet de certifications par des audits. Les entreprises qui souhaitent mettre en œuvre ces référentiels les font auditer pour la certification de leurs activités. Ces modèles reposent sur l'articulation d'activités ou processus qui assurent les conditions de sécurité attendues (analyse de risque, retour d'expérience, gestion des modifications, veille réglementaire, formation, etc.).

Un principe fort associé à ces certifications est celui de la traçabilité, qui par les enregistrements, les procédures et les politiques d'entreprises apporte la démonstration tangible de cette mise en œuvre du référentiel. L'audit consiste en effet à comparer le référentiel avec les pratiques de l'entreprise notamment grâce à la traçabilité, ces traces écrites qui témoignent de la mise en œuvre d'activités. Dans le domaine de la sécurité, plusieurs approches de ce type, également proposées par des entreprises de conseil, sont disponibles sur le marché. Elles peuvent quelque peu différer dans leur contenu mais leur esprit est fortement inspiré de cette logique du référentiel faisant l'objet d'audits fréquents, qui reposent sur les traces tangibles que le système génère et qui démontrent que la conformité avec le référentiel.

Bien sûr, ces traces sont produites par différents types d'acteurs (opérateurs, ingénieurs) mais l'audit porte moins sur l'activité concrète de ces derniers que sur le 'système' au sens des éléments tangibles 'auditable' que différents acteurs sont chargés de produire. Des niveaux d'exigence (d'activité, de traçabilité) sont parfois introduits, témoignant de différents niveaux d'accomplissement dans la mise en œuvre des référentiels. Elles permettent aux entreprises de fixer les ambitions qu'elles souhaitent atteindre. La recherche de l'écart entre la réalité et le référentiel est au fondement de l'évaluation. Il est à noter que dans la réglementation française des ICPE, certains établissements doivent s'appuyer sur un système de gestion de la sécurité (SGS) fortement influencé par cette approche, et inspecté par les autorités de contrôle (un guide est proposé par l'Ineris sur une approche adaptée à cette exigence réglementaire en proposant une articulation explicite avec les analyses de risques).

3.2.2 Diagnostic de culture sécurité

En complément de ces approches, la notion de culture sécurité s'est développée depuis quelques décennies comme une approche particulièrement prisée par les entreprises. L'idée de culture sécurité date de l'époque de Tchernobyl (1986) quand elle a été mentionnée dans un rapport d'investigation de cette catastrophe. Elle s'est depuis beaucoup développée. Il existe actuellement plusieurs formulations qui proposent, dans l'esprit des référentiels de management de la sécurité, des démarches normatives dans ce domaine, qui s'appuient sur des référentiels de culture de sécurité. Elles permettent aux entreprises de se situer en matière de culture sécurité, sur la base d'un diagnostic. Ces approches sont proposées par des entreprises de conseils, et la certification au niveau international par un standard dans ce domaine n'existe pas, même si des propositions locales proposées par des consultants sont déjà à l'œuvre.

Si les modèles proposés peuvent différer dans leur usage des connaissances des sciences humaines et sociales, leur tronc commun consiste à proposer aux entreprises de se situer dans un continuum de niveaux de maturité. Le but est dans un premier temps de savoir où l'entreprise se situe dans ce continuum pour ensuite mettre en œuvre des actions permettant de maintenir le niveau atteint ou de viser un niveau de maturité supérieur. Les modèles d'arrière-plan peuvent différer, avec des références plus ou moins fortes aux connaissances des sciences humaines et sociales. L'approche par questionnaire est aussi souvent proposée, de même que des approches par groupe de travail ainsi que d'observations et d'entretiens dans les entreprises. La proximité avec le modèle d'audit réside dans l'usage d'un référentiel pour situer l'entreprise dans un niveau de sécurité afin de produire une évaluation. C'est l'écart entre la réalité et le référentiel qui permet de statuer sur ce niveau.

Cette approche de la culture sécurité n'est pas sans avoir soulevé de nombreux débats, avec des points de vue très critiques à son encontre. Cette notion connaît ainsi d'autres déclinaisons, moins normatives et plus orientées par une approche empirique, descriptive, de la notion de culture sécurité, accordant une plus grande place aux dimensions symboliques exprimées par les différents acteurs de l'entreprises. Il n'y alors pas de référentiel, mais une approche davantage descriptive qui cherche à saisir l'expression de traits culturels dans les organisations, sans chercher nécessairement à caractériser de manière homogène une culture de sécurité d'entreprise. Le caractère d'évaluation est davantage en retrait, et parfois même rejeté, dans une approche qui se veut plus neutre et compréhensive.

3.3 Troisième famille d'approches d'évaluation (sociotechnique)

Une troisième famille d'évaluation est sociotechnique. Elle repose sur une lecture combinée à la fois technique et sociologique de la sécurité, à laquelle renvoie l'expression sociotechnique. Elle emprunte aux approches de la première famille qui sont orientées par l'ancrage dans la technique, l'humain et le raisonnement causal. Elle emprunte également à la deuxième famille l'idée d'évaluation de l'organisation mais situe la technique de manière explicite dans cette perspective par rapport aux approches existantes, et introduit un raisonnement causal sociologique distinct. Ce positionnement est présenté plus en détail.

3.3.1 Evaluation sociotechnique des risques

En premier lieu, les approches de la première famille (analyse de risque, évaluation de la fiabilité humaine) montrent bien l'importance de penser la technique. Pas de risques technologiques sans technologie, pas de compréhension des risques sans compréhension des installations et des matières, leur spécificité, leur nature, leur complexité. Comprendre les possibilités de scénarios d'incident et d'accident par une concaténation de défaillances techniques et d'actions humaines est incontournable pour une évaluation sociotechnique des risques. Une appréhension de cette réalité est incontournable. Le quotidien des entreprises à risque est rythmé et fortement contraint par la technique, par les procédés, par leur fonctionnement, leurs aléas, leurs incertitudes.

La technologie est aussi le milieu dans lequel évolue les opérateurs au quotidien. Ce milieu façonne les activités dont ils ont la charge. C'est aussi l'objet de travail des ingénieurs procédés qui cherchent à améliorer les performances des réactions dans la chimie par exemple. C'est également l'objet sur lequel travaillent des techniciens de maintenance mais aussi les ingénieurs informatiques qui programment les automates de sécurité, et encore beaucoup d'autres acteurs (comme les régulateurs). Cette centralité de l'objet technologique dans un grand nombre de ces dimensions constitue donc un socle incontournable.

En second lieu, ces méthodes d'analyse de risque et d'évaluation de la fiabilité humaine reposent sur une approche causale. Elles cherchent à établir les liens de causes à effets entre des événements et des conséquences, reliées à des scénarios. Modifications de paramètres (trop de pression), défaillances technique (perte d'un capteur) ou erreur humaine (oubli de fermeture de vanne) constituent des cas qui, par l'imagination et le retour d'expérience lors de groupes de travail, permettent d'anticiper, pour les prévenir, les scénarios redoutés. Avec l'évaluation sociotechnique des risques, il s'agit de chercher à comprendre des situations de travail et des événements mais en prenant en considération cette fois des dimensions qui vont au-delà de la

technique, au-delà de la situation de travail, en prenant en compte des dimensions organisationnelles, qui renvoient aux interactions d'acteurs à multiples niveaux des entreprises.

D'un point de vue sociotechnique, ce principe de causalité est donc conservé mais il s'applique à des réalités sociologiques, qui nécessitent une compréhension des systèmes d'interaction entre différents acteurs au sein de leurs organisations. Les modèles des sciences humaines et sociales sont alors mobilisés. On peut décrire ce déplacement comme une forme de causalité élargie en comparaison des causalités techniques de l'analyse de risque (ou de la fiabilité humaine). Une causalité, qui au-delà des éléments techniques, prend en compte explicitement, à partir des connaissances disponibles, les interactions entre acteurs et les dynamiques engendrées. C'est en ce sens que l'évaluation sociotechnique des risques est un complément de l'analyse de risque (et de l'évaluation de la fiabilité humaine). Avec cette exigence de penser la technique et de l'associer à un raisonnement causal sociologique élargi (par rapport aux analyses de risque), l'évaluation sociotechnique des risques se distingue aussi des audits et des diagnostics de culture sécurité.

En troisième lieu donc, et en contraste avec ces deux démarches portant sur l'organisation, l'évaluation sociotechnique des risques propose un raisonnement causal pour mettre en relation des réalités techniques et d'activités avec des réalités organisationnelles et stratégiques. Elle reconnaît ainsi l'importance de l'organisation comme niveau d'analyse approprié pour aborder la sécurité. Cependant, elle se distingue des approches par référentiel ou de comparaison avec des modèles de maturité car elle suit une démarche d'enquête inductive, qui repose sur une compréhension des causalités à l'œuvre dans une organisation, à partir d'un raisonnement sociologique portant sur les acteurs, leurs activités et leurs interactions, tout en restant soucieux de prendre en considération la réalité technique des risques.

Elle prend en compte la singularité des cas et produit des explications de nature sociologique sur les situations analysées par l'enquête (observation, entretiens, traces), que l'on peut aussi décrire comme immersion. Méthodologiquement, elle mobilise donc la pratique de l'enquête telle que développée dans les interventions en sociologie (mais aussi dans d'autres disciplines, comme l'ergonomie) en prenant la sécurité comme une composante parmi d'autres, en la situant dans des contextes d'action. La normativité y est fortement située d'une part, c'est-à-dire qu'elle se construit au cas par cas à partir d'une inscription de l'analyse dans des situations de trajectoires historiques concrètes, et l'évaluation aborde la question du niveau de sécurité de manière co-construite dans les échanges avec les membres de l'entreprise à partir d'un débat, lors de restitutions.

3.3.2 Causalité sociotechnique : apport graphique

Cette réflexion sur la causalité technique et sociologique, désignée ici comme sociotechnique, fait l'objet de nombreux travaux depuis plusieurs décennies. Par rapport à l'objectif de ce document de référence, les apports graphiques dans ce domaine sont très utiles. Utiliser des schémas, des dessins pour rendre compte de manière accessible de la complexité des phénomènes a une longue histoire. Ils permettent de créer une interface entre les expertises SHS et les interlocuteurs des entreprises ou de la régulation. Dans le domaine des risques et de la sécurité, un des repères visuels les plus connus est celui de James Reason (figure 1). Dans ce modèle élaboré dans les années 1980-1990, la causalité est représentée par une flèche passant au travers de barrières qui représentent métaphoriquement à la fois des dimensions techniques et organisationnelles. A gauche, ces barrières représentent les dimensions organisationnelles et stratégiques, puis à droite, les situations de travail et la technologie.

La flèche causale (partie b. de la figure) part donc bien de la gauche, au niveau des décisions stratégiques et dimensions organisationnelles, et se propage vers les situations de travail des opérateurs (où des « *erreurs humaines* » sont identifiées a posteriori) et les installations techniques vers la droite (où des défaillances se produisent). Les « erreurs » identifiées a posteriori (et défaillances techniques) ne sont donc pas des causes d'accidents et sont produites par des problématiques organisationnelles, elles-mêmes connectées à des dimensions stratégiques. Il existe, comme cela est souvent utilisé dans la jargon, des « *causes profondes* ». La complexité est celle de l'alignement des « *trous* », et la capacité de prédire de tels alignements avant que ceux-ci n'entraînent d'accidents graves.

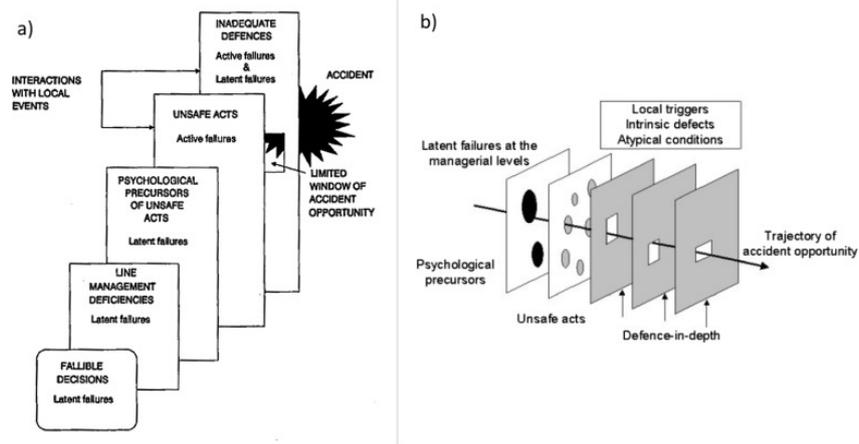


Figure 1 : Modèle de J. Reason (1990)

Un second modèle aussi bien connu, développé à la même époque par Jens Rasmussen, repose sur une autre métaphore (figure 2). La métaphore choisie est celle d'une enveloppe de sécurité, représentée par trois types de « frontières » représentant l'échec économique de l'entreprise (1) la charge de travail excessive (2) et les performances acceptables (3). La sécurité est pensée comme une réalité dynamique qui évolue entre ces trois frontières. Elle dépend du comportement des acteurs de l'organisation qui s'adaptent (en développant des stratégies locales) aux contextes évolutifs quotidiens, dans une recherche d'équilibre entre ces trois dimensions (charge de travail acceptable, échec économique et performance acceptable - perçue et réelle), tout en évitant de passer l'une des frontières. La complexité vient de l'agrégation du comportement de tous les acteurs impliqués, qui s'adaptent localement dans leurs activités respectives, parfois de manière distribuée dans de multiples organisations coopérant. Le risque en matière de sécurité, selon ce modèle, est la migration au-delà des performances acceptables, vers un accident grave, sous l'influence des pressions économiques et des recherches de raccourcis occasionnées par la gestion de la charge de travail, vers des événements voire des accidents majeurs.

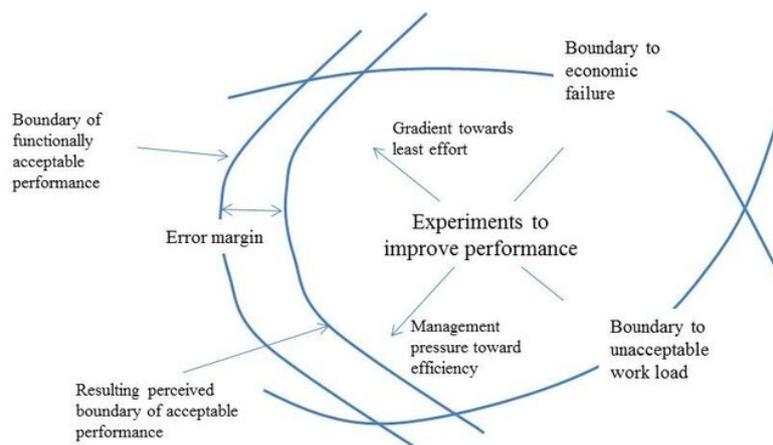


Figure 2. Modèle de migration (Rasmussen, 1997)

L'apport de ces modèle est, à leur manière, d'insister sur les complexités des accidents et de la production de la sécurité au quotidien lorsque les dimensions sociotechniques sont envisagées. En effet, l'alignement des trous est très difficile à prévoir (figure 1). Cet alignement s'appréhende dans l'épaisseur des multiples interactions entre techniques et acteurs, leurs interactions et relations. De même, les risques de migrations sont produits dans cette épaisseur d'interactions à multiples niveaux. Les causalités sociotechniques impliquées par ces visualisations nécessitent une conceptualisation de ce qui fait la spécificité des acteurs en situation de travail, et leurs interactions dans des organisations en relation avec leurs environnements.

Pour ce faire, le modèle de James Reason (figure 1) met particulièrement bien en avant les aspects stratégiques des entreprises avec leurs conséquences organisationnelles qui produisent les écarts dans les pratiques (aussi souvent décrites a posteriori comme des « *erreurs humaines* ») et défaillances techniques. Celles-ci sont alors les conséquences et non pas des causes des accidents. Les « *causes profondes* » sont organisationnelles et stratégiques. C'est cette perspective qui est suivie dans l'évaluation sociotechnique et très bien représentée par ce modèle. Or, depuis ce modèle très influent (figure 1) et celui de Jens Rasmussen (figure 2), peu de propositions graphiques alternatives ont été proposées à ce niveau d'analyse, alors même que les connaissances, notamment sociologiques, peuvent contribuer à affiner ces conceptualisations visuelles.

3.3.3 Des erreurs humaines à la performance organisationnelle

Des connaissances sont en effet disponibles pour, d'une certaine manière, renforcer ces modèles très influents, en spécifiant de manière encore plus explicite les dimensions de la sécurité sous un angle organisationnel et stratégique, par une entrée sociologique. Les évolutions des connaissances depuis quarante ans et les acquis dans ce domaine peuvent être en effet présentés, pour les besoins de ce document, en trois points. On peut les résumer comme « *le passage des erreurs humaines à la performance organisationnelle* ». Ils sont basés sur les progrès des corpus qui ont discuté le thème des erreurs humaines et de la fiabilité organisationnelle, corpus les plus connus et les plus influents à la fois auprès des praticiens comme des académiques dans le domaine de la sécurité. Ils se rejoignent sur des points clés qui sont devenus le socle commun de base d'une lecture de la sécurité et des risques par les sciences humaines et sociales, au cœur de l'évaluation sociotechnique des risques présentée dans ce document.

- Tout d'abord, premier point déjà évoqué précédemment, les erreurs humaines ne peuvent être réduites à la faute des opérateurs, dans une optique simpliste, rétrospective, légale et punitive. La complexité de la cognition, la complexité des situations de travail et des activités doivent être prises en considération. Réduire un événement à une erreur humaine est incompatible avec les connaissances scientifiques aujourd'hui disponibles. L'erreur humaine est un point de départ d'une investigation, pas un point d'arrivée, pas une conclusion. Pour éviter cet écueil, il est nécessaire de considérer la complexité de la cognition humaine, et des situations de travail. Ainsi, il est devenu tout aussi intéressant de s'intéresser à l'expertise telle que mise en œuvre dans le quotidien, dans le cours de l'activité plutôt qu'aux erreurs humaines détectées rétrospectivement de manière ponctuelle, après un incident par exemple. En effet, au quotidien, ce qui est observé est davantage ce qui repose sur la capacité des acteurs au plus proche des installations à risque comme un opérateur de salle de contrôle (mais aussi les ingénieurs, et les managers dans leurs activités) à faire face aux imperfections et aux aléas, ces capacités étant toujours collectives.
- Ensuite, deuxième point, ces capacités d'expertise individuelle et collective en situation de différents types d'acteurs et services sont les produits sociologiques de leurs interactions, et renvoient aux phénomènes organisationnels, ce que certains ont décrit comme la fiabilité organisationnelle (à laquelle on peut aussi aujourd'hui ajouter les caractéristiques de sécurité et de performance). Certaines caractéristiques organisationnelles sont en effet nécessaires pour créer les conditions de travail (dont la conception des installations à risques et des postes) favorables à la réalisation des activités tout en maintenant les enjeux de fiabilité, sécurité et performance associées. Ces caractéristiques incluent l'importance de la compétence du personnel (opérateurs, ingénieurs, managers), leur professionnalisation, socialisation mais aussi l'organisation du travail afin d'intégrer la sécurité dans leurs activités et interactions. Une autre facette de ces caractéristiques organisationnelles est celle de la capacité de maintien de la vision d'ensemble, par les managers, des interactions entre services. Ce thème rejoint celui des structures organisationnelles et leur fonctionnement, entre centralisation et décentralisation mais aussi degré d'exigence requis (standards). Ainsi, pour revenir sur le point précédent, les erreurs humaines et l'expertise (individuelle et collective) sont donc bien des produits organisationnels qui questionnent les situations concrètes de travail et les activités, les modes de

montée en compétence mais aussi les modalités (verticales, horizontales) de collaboration, de coordination, de communication et de coopération entre acteurs et services au sein de structures organisationnelles.

- Enfin, ces deux premiers points articulant erreurs humaines, expertise (individuelle et collective), situations de travail (dont conception), collectif et organisation (dont structures et standards) ne sont pas statiques, ils sont évolutifs et renvoient aussi à des dimensions stratégiques, c'est le troisième point. Ils évoluent en effet dans le temps mais sont aussi plus ou moins localisés et plus ou moins généralisés dans des entreprises parfois de très grandes tailles (plusieurs milliers d'employés, plusieurs dizaines de sites, sur plusieurs continents). Cet aspect est lié aux stratégies des entreprises et leurs complexités, nécessitant des choix multiples qui créent des enveloppes de moyens, de ressources, d'objectifs (de délais, de production) et d'attendus en matière de sécurité. Or, les entreprises évoluent de manière plus ou moins rapides en fonction de leurs environnements concurrentiels et de marché, dans des contextes sociétaux plus larges qui façonnent également leurs adaptations (démographie, régulations, globalisation). Ces adaptations entraînent des répercussions sur tous les thèmes abordés dans les deux points précédents. Elles indiquent comment la sécurité des organisations est un produit dynamique, historique, situé et en évolution constante. De même, incidents, accidents et catastrophes sont les traductions de cet aspect dynamique, historique, situé et en évolution des entreprises. Ils correspondent aux dégradations de la sécurité. Ils indiquent les limites des adaptations, limites auxquelles les entreprises doivent être attentives afin de maintenir leurs conditions de fonctionnement en sécurité, caractérisant ainsi cette dimension importante et centrale qu'est l'apprentissage organisationnel.

3.3.4 Modèle graphique d'évaluation sociotechnique des risques

Tenant compte de l'évolution de ces connaissances, l'Ineris a développé un modèle d'évaluation sociotechnique. Ce modèle, comme son prédécesseur (figure 1) repose sur un raisonnement causal mais dans une perspective plus explicitement dynamique de l'entreprise, de l'organisation, du travail, de la technologie et de leurs évolutions (figure 2). D'autre part, la lecture causale est explicitement sociologique est établie entre les orientations stratégiques groupe/sites, les transformations techniques et organisationnelles associées et leurs impacts sur le travail et les installations industrielles.

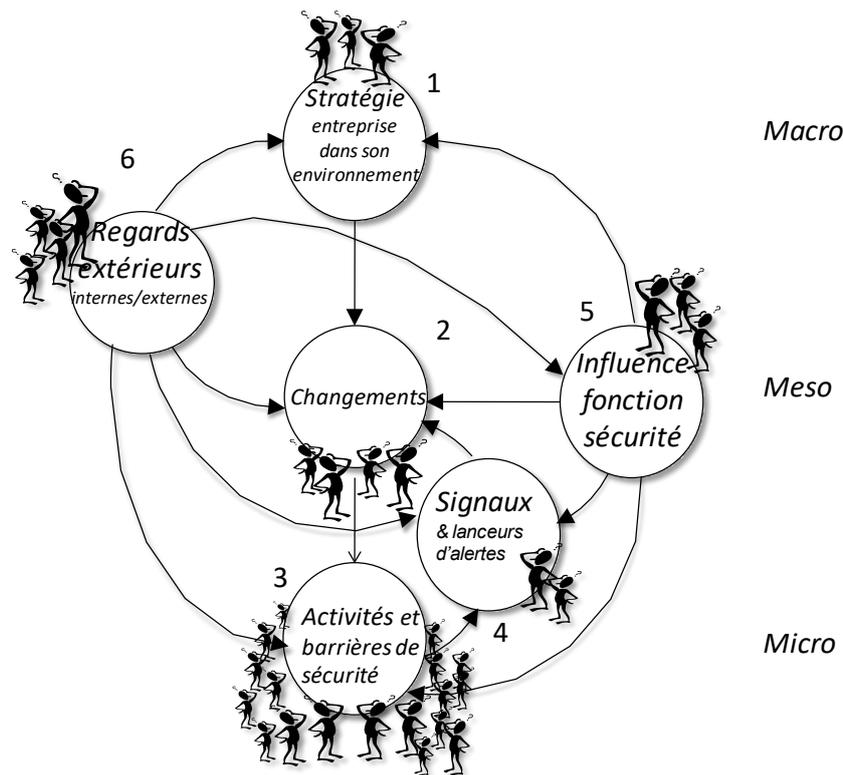


Figure 2. Modèle d'évaluation sociotechnique des risques (Le Coze, 2016)

C'est ce raisonnement qui est au cœur du principe de l'évaluation sociotechnique des risques, c'est-à-dire qui combine des causalités sociologiques avec une prise en compte explicite des dimensions techniques. Les ajustements organisationnels dans des réalités stratégiques dans leurs environnements, entre transformation et maintien des conditions de mise en œuvre de la sécurité, sont au cœur du questionnement du modèle. Dans ce modèle, le changement est donc un axe clé d'analyse. La notion « *d'organisation aux limites* » constitue un de ces fondements comme introduit dans le troisième point du résumé du passage, dans les dernières décennies, de « *l'erreur humaine à la performance organisationnelle* ». Le modèle proposé part donc du principe que les événements, et d'une manière générale, les pratiques expertes au plus près des installations au sein des collectifs de travail mais aussi en conception sont les produits de l'organisation, déclinaison des orientations stratégiques des entreprises dans leurs contextes. Les phrases suivantes, volontairement épurées et correspondant aux numéros du dessin (figure 2), accompagnent la visualisation proposée :

- (1) Les entreprises évoluent dans des environnements concurrentiels qui nécessitent des adaptations stratégiques régulières et
- (2) Les changements induits par ces stratégies ne doivent pas entraîner des
- (3) Conséquences négatives sur les activités au plus près des risques, et ce, grâce notamment à
- (4) L'écoute des signaux indiquant des problèmes de sécurité qui doivent également
- (5) Bénéficier de l'influence des fonctions sécurité internes ainsi que
- (6) Des capacités de regards extérieurs (inspections, audits, évaluations) pour le maintien de la sécurité des activités.

Avec ce modèle, l'évaluation sociotechnique des risques part du principe que le niveau de sécurité est un produit organisationnel et stratégique dynamique des entreprises mais ne réduit pas cette idée à une approche simpliste, qui serait mécaniste. Elle nécessite une connaissance fine des contributions de tous les acteurs qui, au quotidien, dans leurs interactions, font, fabriquent, construisent la sécurité. Elle ne simplifie donc pas cette problématique complexe mais lui donne un cadre d'analyse. Elle reconnaît à propos des organisations et des stratégies d'une

part, qu'elles sont très complexes dans les environnements concurrentiels, réglementaires, démographiques, capitalistes et territoriaux des entreprises et, d'autre part, qu'il y a de nombreuses médiations entre stratégies et réalités de terrain, au plus près des risques comme cela a été introduit dans la description de la réalité sociotechnique de la sécurité.

Ces médiations sont toutes les interactions entre acteurs au sein de services et organisations qui œuvrent dans les entreprises. L'évaluation sociotechnique des risques dit simplement mais explicitement qu'il y a un lien de causalité entre, d'un côté, ce qui se passe en matière de sécurité concrètement au quotidien au plus près des installations d'un point de vue de la conception et des activités de travail et, d'un autre côté, l'organisation et la stratégie des entreprises. Cependant, elle ne simplifie pas cette réalité, et nécessite un travail d'enquête et d'immersion pour rendre compte des complexités entre ces niveaux d'analyse. Les connaissances des sciences humaines et sociales dans le domaine de la sécurité sont pleinement mobilisées, articulant les situations de travail et les activités aux contextes techniques, organisationnels et stratégiques des entreprises (voir publications dans les références).

Elle invite ainsi à l'étude de plusieurs thèmes et réalités du quotidien des entreprises qui prend en considération les dimensions et interactions sociotechniques (voir annexe 1) mis en perspective dans des dynamiques concrètes (tableau 1).

Tableau 1 : Dimensions et interactions sociotechniques

- Les matières, produits et phénomènes dangereux, les scénarios à risques
- Les activités au plus près des installations (dont les salles de contrôle)
- L'activité et travail de supervision, d'encadrement des équipes et des services,
- Les relations et interactions dans et entre équipes et services
- Les interactions avec les prestataires et entreprises sous-traitantes
- L'activité de direction, et les interactions au sein du comité de direction
- Les relations sociales
- L'insertion du/des sites dans le groupe au travers de multiples interactions
- L'insertion du site dans le territoire
- Les interactions des acteurs de site/groupe par rapport aux régulateurs
- Liens avec les réalités globalisées contemporaines

Ce modèle ne repose donc pas, comme déjà précisé, basé sur une philosophie du référentiel (d'audit, de maturité de la culture sécurité) et repose sur une posture comportant plusieurs points clés (tableau 2).

Tableau 2. Posture associée au modèle

- Il repose sur des méthodes d'enquêtes qualitatives et ethnographiques ancrées dans la réalité des activités dans un aller-retour entre technique, activité, organisation et stratégie
- Ce n'est pas un modèle normatif fort qui serait pensé hors contexte
- Il n'a pas de posture surplombante mais repose sur des savoirs spécialisés en sciences humaines et sociales, permettant d'aboutir à des conclusions et interprétations objectivées
- Il met en débat les dynamiques technologiques, sociales, managériales et stratégiques toujours très complexes rencontrées dans les entreprises
- Il repose sur la prise en compte de la spécificité de chaque cas, et la met en perspective par rapport à la sécurité grâce aux connaissances du domaine
- Il produit un raisonnement causal sociologique élargi de la technique au sociotechnique qui est mis en débat avec les acteurs de l'entreprise

3.4. Synthèse des familles d'approches d'évaluation

Le tableau suivant reprend de manière synthétique (objets, principes, méthodes) les différences entre les trois familles introduites (tableau 3) et, afin d'introduire l'usage du modèle, un cas est maintenant présenté. Il est ensuite commenté pour notamment donner quelques précisions sur les modalités méthodologiques de l'évaluation sociotechnique des risques.

Tableau 3. Familles d'approches d'évaluation

Familles	Objets	Principes	Méthodes
1 ^{ère} famille	Technique Tâche (humain)	Causalité technique Scénarios à risques Probabilités	Groupes de travail Analyse des installations, des tâches Recherche de défaillances, d'erreurs, calculs
2 ^{ème} famille	Organisation	Référentiel Conformité / écart Niveau de Maturité	Visites de sites, entretiens, groupes Traçabilité, observations Comparaison (référentiel)
3 ^{ème} famille	Sociotechnique <i>Technique, Humain, Organisationnel</i>	Causalité sociologique Lecture dynamique Multi-niveaux	Enquête (entretiens, observations) Interprétation des données Mise en débat

4 Un exemple d'évaluation sociotechnique

4.1 Le cas

Ce cas concerne un site d'une entreprise de la métallurgie, de 600 personnes, dont un des secteurs a des problèmes de sécurité récurrents depuis quelques mois (un blessé, un incendie, une perte de confinement de produit chimique dangereux – dans des proportions limitées). Après enquête (plusieurs jours d'observation des pratiques dans ce secteur puis entretiens avec les acteurs du secteur, des opérateurs à l'encadrement, puis de l'encadrement), il apparaît que ces problèmes sont liés aux évolutions stratégiques du site (et du groupe) et les complexités organisationnelles associées. En voici une version simplifiée à des fins d'illustration et d'anonymisation. Cette présentation suit les principes de lecture fournis par le modèle (figure 2).

Pour bien comprendre cette situation, il faut tout d'abord saisir les évolutions du site, qui après des rachats successifs par de grands groupes industriels internationaux, est finalement, alors que sa fermeture était largement anticipée, racheté par un groupe industriel étranger familial et industriel. Cette reprise par un industriel est suivie d'un nombre important d'investissements sur le site (plusieurs dizaines de millions d'euros par an sur une période de plus de cinq ans) afin de le remettre à niveau par rapport aux enjeux et objectifs de production à venir et ambitions fixées. Cette modernisation du site et sa reprise par un nouveau groupe signifie donc plusieurs choses.

La première est que l'activité du site qui était déclinante au sein du grand groupe international (ce dernier n'avait acquis le site que pour grossir et se protéger d'une OPA par un groupe menaçant sur les marchés financiers, ce site n'était pas dans son cœur de métier) repart sur de nouvelles bases, alors même qu'une partie des opérateurs expérimentés, anciens, sont désormais à la retraite. L'entreprise au moment du rachat tournait au ralenti. Dans ce contexte, le redémarrage de nouvelles lignes met sous tension le secteur en question, plus encore que les autres secteurs de l'usine.

En effet, ce secteur est au cœur de la production de l'usine, et doit à la fois ouvrir de nouvelles lignes, recruter de nouveaux embauchés, les former, et les intégrer aux équipes. Les questions de ressources humaines (recrutement, formation, évolution de carrière) mais aussi d'organisation de la production (schémas organisationnels, polyvalence) mettent sous tension les collectifs de travail, par ailleurs fortement syndiqués (un historique fort de cette usine).

Ces collectifs sont d'autant plus sous tension que les évolutions des carrières tiennent compte de paramètres autres que l'ancienneté (autrefois au cœur des principes de montée dans l'organisation) et en particulier la capacité des employés à bien suivre l'évolution de l'informatisation des processus de production. Passant d'une approche papier à une approche plus informatisée des processus de production du secteur, les critères des profils favorisés évoluent, et certains anciens qui auraient dû être privilégiés pour certaines fonctions passent parfois au second plan.

Le responsable et le contremaître du secteur souffrent du manque de ressources humaines pour mener à bien cette transformation, et le directeur du site considère que c'est d'abord et avant tout un manque de capacité à organiser qui fait défaut au secteur, et non de ressources. Pourtant, il apparaît que la structure organisationnelle, par rapport à la taille du secteur et aux expertises requises, est sous dimensionnée. Ce problème est couplé au fait qu'un responsable de secteur rencontre des difficultés, face à ces complexités, à trouver ses marques et bien positionner son action.

De plus, ces difficultés de ressources et d'organisation rejaillissent sur la qualité des interactions avec les autres secteurs et services, comme la maintenance ou les projets, qui subissent également ces problèmes aux interfaces. Par exemple, les informations entre le secteur et la maintenance passent mal dû à des frictions entre les acteurs des deux entités, et le département des projets est aussi gêné par l'absence d'expertise disponible pour mener à bien les modifications de l'appareil de production.

Le vécu de désorganisation est fort parmi les membres du secteur ainsi que l'absence de cadrage des pratiques sur les postes, ces deux éléments conduisant à des dérives qui mènent aux incidents. La difficulté pour le responsable et son contre maître d'y remédier, face à la charge de travail et l'absence de dimensionnement et de structure adéquats de l'organisation du secteur, est amplifiée par le directeur de site, qui, à l'écoute du syndicat influent de l'usine, n'hésite pas à court circuiter cette hiérarchie.

Plutôt que de renvoyer le syndicat, quand il est interpellé sur des difficultés opérationnelles, au management du secteur pour la résolution du problème, ce directeur d'usine intervient directement auprès de l'encadrement du secteur pour demander que le problème soit résolu immédiatement, sans chercher à comprendre les priorités auxquelles cet encadrement serait éventuellement confronté.

Cette situation, qui est mal vécue par le management du secteur est un cercle vicieux qui remet en cause l'autorité de la hiérarchie dans les ateliers, et fragilise un positionnement déjà compliqué par la reprise d'activité de l'entreprise et les complexités associées. La situation finit par évoluer favorablement lorsque le directeur du site, prenant conscience après présentation de l'enquête, accepte de libérer des ressources pour renforcer la structure organisationnelle du secteur et permettre à ce dernier de repartir sur des bases consolidées. Un an après, l'accidentologie est réduite, et une entreprise de conseil en management a été missionnée pour aider à mettre en place les recommandations de l'étude.

Il est à noter la relative absence du service sécurité dans la résolution de ces problèmes d'incidents sur ce secteur qui est en partie dû à la présence d'un syndicat implanté dans les CHSCT (avant les nouveaux CSSCT) qui joue un rôle clé dans la remontée des informations en provenance du terrain ainsi qu'à l'absence d'une vision et activité opérationnelle par le service QHSE, tourné vers le contrôle et le respect de la règle. Or, c'est précisément l'écueil que le directeur du site souhaitait éviter après des années de mise en œuvre de standards de grands groupes anglo-saxons.

Sous la coupe du responsable des ressources humaines, ce service QHSE est sous dimensionné par rapport à la taille du site (équipe de 4 personnes pour un site de 600p en transformation) et bénéficie de peu d'expertise opérationnelle pour interagir de manière efficace et appréciée par les secteurs. Son support à l'usine et à la direction apparaît principalement sous un angle réglementaire, cherchant à assurer et garantir la conformité aux codes du travail et de l'environnement, une tâche complexe avec les nombreux investissements du site, et l'augmentation de la sous-traitance associée.

Dans ce contexte, le point de départ de l'investigation, des incidents sur un secteur parmi plusieurs autres secteurs et services d'une usine de 600 personnes (hors sous-traitants), trouvent leur résolution à partir d'un questionnaire sur la stratégie du site (et du groupe) et les transformations associées. Sans cet éclairage stratégique et organisationnel, il serait difficile de comprendre les problèmes de sécurité du secteur en question d'un point de vue des activités et des problèmes techniques (incidents) rencontrés. La sécurité vu d'un point causal est donc une question d'organisation et de stratégie, et ses implications d'un point de vue technique et opérationnel indispensable à articuler.

4.2 Commentaires sur l'usage du modèle à partir du cas

Ce récit causal simplifié pour le compte de ce document illustre comment le modèle est mobilisé (figure 2). Celui-ci interroge les changements stratégique et organisationnel de l'entreprise et met en relation ces dynamiques avec les activités opérationnelles. Il est élaboré grâce à une compréhension ergonomique et sociologique des systèmes d'interactions d'acteurs et de leurs activités. La survenue d'événements plus ou moins graves, qui caractérisent le quotidien des entreprises, constituent ici des points de repère pour l'usage du modèle.

Dans cet exemple, les évolutions d'un site industriel à la suite d'un rachat par un groupe créent des objectifs de production ambitieux par rapport aux moyens (notamment humains). La difficulté d'une traduction explicite de ces complexités et difficultés rencontrées, pointant aussi certaines limites (humaines, pratiques) de l'action du service hygiène, sécurité et environnement (HSE), contribuent au maintien d'une situation problématique, à un cercle vicieux.

Pour rendre compte de cette situation et la mettre en débat, une enquête empirique est nécessaire. Celle-ci repose sur une connaissance des installations (dont leurs risques) et des activités de travail d'abord, puis les conditions de réalisation de ces activités. Cette étape combine observations et entretiens dans les ateliers, au plus près des activités. Une fois cette étape réalisée, il convient, par des observations (de réunions, de moments d'échanges) et des entretiens, de comprendre les réalités des interactions entre acteurs, services et du travail managérial, suivant les différents niveaux hiérarchiques et fonctionnels de l'entreprise étudiée. L'étendue de ces investigations est négociée avec l'entreprise en fonction du périmètre de l'étude choisi, mais doit inclure les étages de direction.

Cette démarche est donc le fruit d'une préparation et négociation avec l'entreprise, selon des étapes que l'on peut présenter comme suit :

- Demande d'un commanditaire
- Appréhension du contexte, présentation de l'approche et travail de traduction de la demande
- Accord sur les modalités de l'approche et de sa pertinence dans le cadre de la demande
- Elaboration d'un calendrier, d'un groupe de pilotage de l'intervention
- Détermination d'un programme d'enquête, de restitutions et d'un accompagnement
- Mise en œuvre de l'enquête, ajustements si besoin à partir des premiers résultats
- Points d'étapes au cours de l'enquête (en fonction du programme élaboré)
- Phase d'interprétation des données
- Mise en perspective des données par rapport à la demande
- Préparation de supports de restitution
- Elaboration d'une stratégie de restitutions (format, participants, nombre)
- Rédaction d'un rapport (si prévu)
- Co-construction d'un plan d'action et d'accompagnement (en fonction des besoins et attentes, et des restitutions)

Il va de soi que cette approche est donc plus ou moins intensive en fonction de l'étendue du choix des investigations, aussi une traduction de la taille des entreprises étudiées. Ce cas simplifié dans le cadre de ce document apportant des points de repère sur l'évaluation sociotechnique des risques, montre l'importance de considérer les multiples dimensions et interactions qui façonnent le quotidien des entreprises, et de la sécurité, comme cela a été indiqué (tableau 1). Ce cas permet aussi de bien montrer que ce modèle ne repose pas sur une philosophie du référentiel mais sur une compréhension des situations basée sur l'enquête (tableau 2). Cette approche d'évaluation sociotechnique des risques peut être mise en œuvre lors de changements organisationnels afin de repérer des problèmes non anticipés, ou alors à la suite d'évènements, de dégradation des performances en matière de sécurité mais aussi pour répondre à des interrogations formulées sur les conditions de l'atteinte ou du maintien des performances sécurité. Pour ces raisons, elle peut intéresser à la fois les industriels et les régulateurs.

5 Synthèse

Le but de ce document était de fournir des points de repères pratiques et théoriques en matière d'évaluation sociotechnique des risques pour les lecteurs soucieux de réfléchir à leurs pratiques et curieux des développements disponibles dans le domaine des SHS appliquées à la sécurité et aux risques. Après une introduction à la dimension sociotechnique et une distinction de trois familles d'approche d'évaluation, la première portant sur la technique et l'humain (analyse de risque, évaluation de la fiabilité humaine), la deuxième sur l'organisation (audit de système de management de la sécurité, diagnostic culture sécurité), l'évaluation sociotechnique a été présentée comme une troisième famille. Cette troisième famille, est, comme la première famille, causale et fortement connectée à la technologie. Elle considère également, comme dans la deuxième famille, l'organisation comme un objet d'évaluation. Cependant, elle ne repose pas sur une entrée par le référentiel mais par les acteurs, leurs activités et interactions, ancrée dans une lecture sociologique des causalités. Elle nécessite une démarche d'enquête, d'immersion.

Après l'introduction de modèles graphiques de causalité sociotechnique influents, produits dans les années 1980/1990 et d'un résumé de l'évolution des connaissances depuis dans le domaine (« *de l'erreur humaine à la performance organisationnelle* »), le modèle graphique servant de cadre à l'évaluation sociotechnique des risques a été présenté. Il repose sur une vision dynamique de l'organisation, articulant stratégies (1), changements liés aux adaptations stratégiques dans l'environnement de l'organisation (2), implications pour les activités et installations à risques (dont événements de divers natures) (3), remontée d'information (4), regards internes (5) mais aussi externes (6) sur la sécurité dans l'organisation au quotidien (ou à la suite d'incidents ou d'accidents). Un cas a été présenté à des fins d'introduction, d'illustration et commenté pour montrer la spécificité du raisonnement, de la démarche et du positionnement de l'évaluation sociotechnique des risques.

6 Pour aller plus loin...

Une sélection de références indiquées ci-dessous couvre différents sujets abordés dans ce document : (1) cognition, erreurs humaines, expertise ; (2) système sociotechnique, accidents, sécurité ; (3) évaluation sociotechnique et enquête. Ces connaissances constituent des points de repères scientifiques importants pour l'évaluation sociotechnique des risques telle que présentée dans ce document.

(1) Cognition, erreur humaine, expertise

Dekker, S. 2002. *The Field Guide to Human Error Investigation*. Aldershot, UK: Ashgate.

Dekker, S. 2004. *Ten questions about human errors. A New View of Human Factors and System Safety (Human Factors in Transportation)*. London: CRC Press.

Hollnagel, E. 2014. *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. Farnham, UK: Farnham, UK: Ashgate.

Hollnagel, E. 2004. *Barriers and Accident Prevention*. Aldershot, UK: Ashgate.

Reason, J. 1990. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.

Reason, J. 1997. *Managing the Risk of Organisational Accidents*. Aldershot, UK: Ashgate;

Vicente, K. 2004. *The Human Factor. Revolutionizing the way people live with technology*. London: Routledge.

Woods, D., Johannesen, L., Cook, R.I., Sarter, N. 1994. *Behind human error: cognitive system, computers and hindsight*. Wright-Patterson AFB, OH: Crew System Ergonomics

(2) Système sociotechniques, accidents et sécurité

Antonsen, S. 2012. *Safety culture. Theory, method and improvement*. Burlington, VT: Ashgate.

Bergin, 2011. *Spin and Spill. The inside story of BP*. London: Random House Business.

Bourrier, M. 2001. (ed) *Organiser la fiabilité*. Paris, L'Harmattan.

Dupré, M., Le Coze, JC. 2021. *Des usines, des matières et des hommes. De la sécurité industrielle dans la chimie*. Paris, Presses des Mines.

Hopkins, A. 2012. *Disastrous Decisions: The Human and Organisational Causes of the Gulf of Mexico Blowout*. Sidney, CCH.

Hopkins, A. 2019. *Organising for safety. How structure creates culture*. Sydney, CCH Press.

Le Coze, JC. 2019. *Safety Science Research. Evolutions, Challenges and New Directions*. Boca Raton, FL: CRC. Taylor and Francis.

Le Coze, JC. 2020. *Post Normal Accident. Revisiting Perrow's classic*. Boca Raton, FL: CRC. Taylor and Francis.

Le Coze, JC., Antonsen, S. 2023. *Safety in the digital age. Sociotechnical perspective on algorithms and machine learning*. SpringerBriefs in Applied Science and Technology. Safety Management.

Le Coze, JC., Reiman, T. 2023. *Visualising Safety, an Exploration. Images, Pictures, Drawings, Videos and Movies*. SpringerBriefs in Applied Science and Technology. Safety Management.

McCurdy, H, E. 1993. *Inside NASA: High Technology and Organizational Change in the U.S. Space Program*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Perrow, C. 1999. *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies*. Second Edition. New York: Basic Books.

Ramanujam R, Roberts KH, eds. 2018. *Organizing for Reliability: A Guide for Research and Practice*. Stanford, CA: Stanford University Press

Robison, P. 2021. *Flying blind. The 737 Max tragedy and the fall of Boeing*. Doubleday.

Starbuck H. W., Farjoun M. (eds) 2005. *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster*. Blackwell publishing.

Vaughan, D. 1996. *The Challenger launch decision: risky technology, culture and deviance at NASA*, University of Chicago Press, Chicago.

Weick, K., Sutcliffe, K. 2007. *Managing the Unexpected*. San Francisco: Jossey-Bass

Woods, D., Johannesen, L., Cook., R.I., Sarter, N. 1994. *Behind human error: cognitive system, comuters and hindsight*. Wright-Patterson AFB, OH: Crew System Ergonomics

(3) Evaluation sociotechnique, modèles et enquête

Le Coze, JC. 2016. *Trente ans d'accidents. Le nouveau visage des risques sociotechnologiques*. Toulouse, Octarès.

