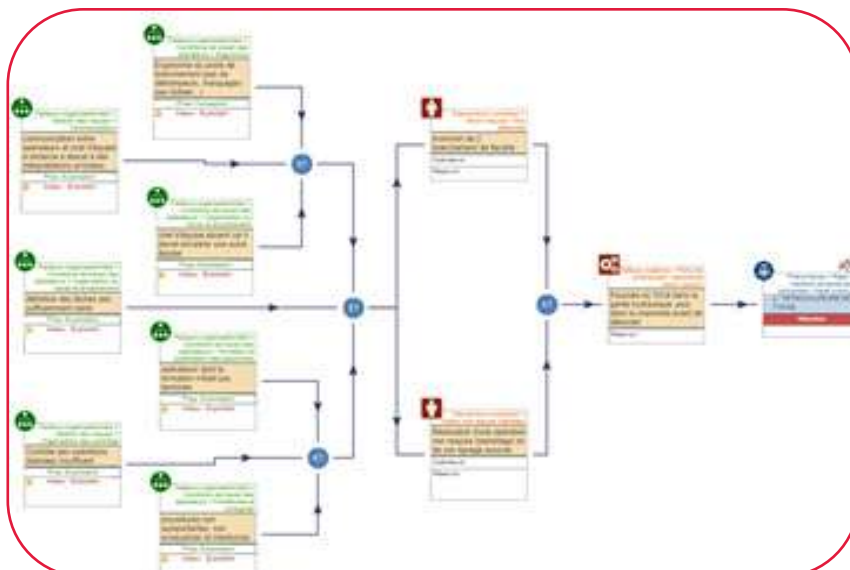




Document pédagogique

| Octobre 2025 |

L'analyse des incidents et des accidents : remonter aux causes profondes en recherchant les facteurs organisationnels et humains (FOH)



Directeur de la publication : Cédric Bourillet

Coordination : Pierre de Francieu

Rédaction : Nicolas Xhaard-Bollon

Crédits photos couverture : SDIS Mayenne, SDIS Seine-Maritime

Numéro ISSN : 3002-5206

Octobre 2025

SOMMAIRE

INTRODUCTION À L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS	4
1. TERMINOLOGIE UTILISÉE POUR L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS ET L'ENREGISTREMENT DANS LA BASE DE DONNÉES ARIA	6
1.1- Rappel sur la distinction entre incidents et accidents	6
1.2- Les causes premières et causes profondes	6
1.3- L'outil d'analyse de la base de données ARIA	7
1.4- Exemple d'analyse	11
2. POUR ALLER PLUS LOIN	13
3. EXEMPLES D'INCIDENTS OU ACCIDENTS EXTRAITS DE LA BASE DE DONNÉES ARIA	15

INTRODUCTION À L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS

La présente publication se veut être synthétique et accessible, sans nécessité de disposer d'une expertise particulière. Elle s'adresse principalement aux exploitants d'ICPE, pour les aider dans l'analyse de leurs situations accidentelles¹.

Elle présente notamment la terminologie utilisée pour l'enregistrement des incidents et accidents dans la base de données ARIA², illustrée par des exemples, en introduisant de manière simple la notion de FOH.

Nous vous proposons d'introduire le sujet par une analogie simple, à partir d'une situation de la vie courante. A

4

À la tombée de la nuit, alors que je conduis sur une route départementale non éclairée, je suis victime d'une crevaison. Je me gare immédiatement sur le bas-côté et positionne mon triangle de signalisation. Je ne peux réparer et décide de téléphoner à mon assureur. Soudain, je vois arriver une autre voiture que j'évite au dernier moment et qui vient percuter mon véhicule par l'arrière. Je vois sortir un jeune homme, qui n'est pas blessé. La conclusion est évidente : encore un jeune conducteur à qui on a donné le permis et qui roulait trop vite !

Quelques jours plus tard, après avoir été fortement agacé par cette situation, d'autant plus que les gendarmes n'ont pas relevé d'infraction de la part du jeune homme, j'évoque l'accident à un ami. Il m'écoute attentivement et me demande pourquoi je me suis garé à la sortie d'un virage et à quel endroit j'avais positionné mon triangle de signalisation. Il me rappelle également que mes pneus étaient usés depuis un moment déjà. Dans la discussion, il me précise que le conducteur ne m'a peut-être pas vu car je ne portais pas mon gilet haute visibilité.

Troublé par cet échange, je me rends compte que mon analyse de l'accident était biaisée. J'ai voulu tirer des conclusions hâtives qui s'avèrent injustes et contre-productives.

En analysant plus en détails la situation, je me rends compte que de nombreux éléments ont contribué à l'accident :

✚ *les pneumatiques : lors de la dernière révision de ma voiture, il y a 6 mois, le garagiste m'avait alerté sur l'usure importante de ceux-ci et de la nécessité de les changer rapidement ; cependant, par souci d'économies et considérant que j'avais certainement encore de la marge, je n'avais pas donné suite jusqu'à présent ;*

✚ *le gilet haute visibilité : aucun gilet n'était présent dans la voiture ; cette situation doit exister depuis l'achat de celle-ci, voici 2 ans, car je n'ai jamais vérifié la présence de cet équipement de sécurité ;*

✚ *l'arrêt du véhicule et la pose du triangle de signalisation : je me rends compte que ma décision était inappropriée et accidentogène ; en effet, on apprend au code de la route qu'en cas de problème, il faut être visible des autres usagers ; se positionner en sortie de virage, de surcroît avec une luminosité déficiente, m'a mis en danger ; le positionnement du triangle plus en amont de mon véhicule, à l'entrée du virage, aurait également été plus judicieux ; j'ai le permis depuis plus de 20 ans, je n'ai jamais eu d'accident et ne mobilise pas ces connaissances, que j'ai été incapable de mettre en œuvre.*

En conclusion, je me rends compte que je dois effectuer un meilleur suivi de mon véhicule et de ses équipements, et qu'il est nécessaire d'entretenir mes connaissances, pour savoir agir efficacement face à une situation. Avoir voulu faire des économies sur mes pneumatiques a entraîné finalement plus de conséquences, qui auraient pu être dramatiques.

¹ L'article R 512-69 du code de l'environnement précise que « l'exploitant d'une installation soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration est tenu de déclarer, dans les meilleurs délais, à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de cette installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1.

Un rapport d'accident ou, sur demande de l'inspection des installations classées, un rapport d'incident est transmis par l'exploitant au préfet et à l'inspection des installations classées. Il précise, notamment, les circonstances et les causes de l'accident ou de l'incident, les substances dangereuses en cause, s'il y a lieu, les effets sur les personnes et l'environnement, les mesures d'urgence prises, les mesures prises ou envisagées pour éviter un accident ou un incident similaire et pour en pallier les effets à moyen ou à long terme. Si une enquête plus approfondie révèle des éléments nouveaux modifiant ou complétant ces informations ou les conclusions qui en ont été tirées, l'exploitant est tenu de mettre à jour les informations fournies et de transmettre ces mises à jour au préfet ainsi qu'à l'inspection des installations classées.

[À partir du 1^{er} janvier 2026] la déclaration mentionnée au premier alinéa et le rapport mentionné au deuxième alinéa sont adressés sous forme dématérialisée d'une téléprocédure. [...] »

² <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

L'analyse de cette situation peut être transposée à un événement dans une ICPE. En effet, lorsqu'un accident arrive, on peut être tenté par des raccourcis de pensée, spontanés et inconscients³. Cependant, **il n'est possible de tirer des bénéfices de ce type de situation que si l'on cherche à en comprendre les origines**, en n'occultant aucun élément ayant conduit à celle-ci. Ceci impose :

- ✚ de **dépasser la seule analyse de ce qui est directement apparent** ;
- ✚ d'être dans une **démarche d'interrogation, de remise en question sans concessions** ;
- ✚ de **partager les analyses**, dans une **démarche d'amélioration**.

L'analyse d'un événement et le retour d'expérience qui en est tiré est avant tout dans l'intérêt de l'exploitant, pour éviter une répétition de celui-ci, voire un accident plus grave.

Au moment de l'événement, les acteurs n'avaient pas le temps et l'apaisement nécessaire pour tirer les bonnes conclusions.

5

Analyser une situation nécessite de mobiliser des ressources et de disposer de temps :

- ✚ des investigations préalables peuvent être nécessaires, en envisageant au besoin différentes hypothèses ;
- ✚ une analyse est complète si la situation est étudiée sous plusieurs angles de vue ;
- ✚ pour cela, plusieurs personnes doivent être associées : les impliqués, des tiers (technique, maintenance, qualité-sécurité-environnement...), internes voire externes à l'établissement au besoin.

Intégrer dans l'analyse de la situation la recherche des facteurs organisationnels et humains (FOH) ayant contribué à celle-ci peut se traduire de manière synthétique par :

- ✚ **abandonner l'approche de la sécurité centrée sur la responsabilité individuelle** (la fameuse « erreur humaine », raccourci qui ne favorise pas la prévention, ni la bonne analyse) ;
- ✚ **refuser l'idée qu'un événement est le résultat d'un concours de circonstances malheureux, réfuter la « faute à pas de chance »** ;
- ✚ **penser la sécurité au-delà de la technique** ;
- ✚ **pour questionner l'organisation, le management, ou encore les collectifs de travail**.

Une analyse doit viser à rechercher les causes d'un événement et en aucun cas les responsabilités.

Identifier les causes permet à l'exploitant :

- ✚ de **mettre en place des mesures correctives, préventives**, voire de **limitation des conséquences** si malgré tout la situation venait à se reproduire ;
- ✚ **d'envisager leur côté « générique »**, transposable (les mêmes causes peuvent être rencontrées pour d'autres sites, équipements, procédés ou situations).

Une communication efficace permet de faire profiter au plus grand nombre des enseignements tirés.

Les pratiques d'un exploitant peuvent être très proches de certaines démarches présentées dans cette publication, sans pour autant qu'il ne les explicite comme telles.

³ Exemple de site présentant les biais cognitifs – <https://biais-cognitif.com/>

TERMINOLOGIE UTILISÉE POUR L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS ET L'ENREGISTREMENT DANS LA BASE DE DONNÉES ARIA

1.1- Rappel sur la distinction entre incidents et accidents

La réglementation fait la distinction entre les incidents et les accidents, sans préciser de critères de définition.

Les accidents sont les événements qui ont porté atteinte aux intérêts protégés par le code de l'environnement.

Les incidents sont les événements qui auraient pu porter atteinte à ces intérêts.

L'inspection des installations classées utilise une grille⁴ qui précise les critères retenus pour distinguer les incidents et les accidents. Cette grille s'appuie sur l'échelle européenne des accidents industriels, complétée par des situations particulières dites « au cas par cas » qui conduisent à considérer un événement comme accident.

1.2- Les causes premières et causes profondes

Afin de faciliter l'analyse des causes ayant conduit à un incident ou un accident, il est recommandé de dissocier :

- ✚ les **causes premières**, défaillances directes et visibles ayant conduit à l'événement, au(x) phénomène(s) observé(s) ou ayant favorisé leur développement ;
- ✚ les **causes profondes**, facteurs ayant mené aux causes premières et reposant essentiellement sur des **facteurs organisationnels et humains (FOH)**.

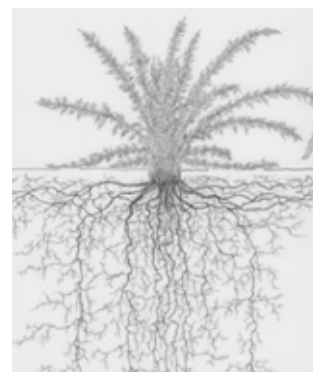
Une analyse qui n'intègre pas les FOH s'arrêtera vraisemblablement aux causes apparentes et immédiates (causes premières).

Dans le cas présenté en introduction, on peut relever par exemple :

Causes premières	Causes profondes
Crevaisson d'un pneumatique	Défaut de prise en compte des signaux d'alerte (diagnostic du garagiste).
Usure avancée des pneumatiques	Défaut d'entretien du véhicule
Stationnement du véhicule à un emplacement inadapté	Défaut d'analyse de risque
Positionnement non judicieux du triangle de signalisation	Défaut d'entretien des connaissances

Intégrer les FOH dans l'analyse des événements, c'est remonter jusqu'aux causes profondes afin de mieux comprendre l'événement et **d'éviter de le reproduire, d'en réduire la probabilité d'occurrence ou encore d'en limiter les conséquences**. Intégrer les causes profondes permet de faire de la **prévention** et d'activer le processus d'amélioration continue.

On peut également se représenter une situation accidentelle par une mauvaise herbe. Chaque branche est un problème. Si je coupe tout ou partie des branches, la mauvaise herbe continuera à pousser. Si je veux m'en débarrasser définitivement, je dois aller plus en profondeur pour retirer les **racines**.



⁴ https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2024/07/Echelle_europeenne_simplifiee_MAJ2024.pdf

La distinction entre les causes premières et profondes permet de vérifier la pertinence et l'exhaustivité des défaillances identifiées. De nombreuses analyses s'arrêtent aux causes premières, qui ne sont que les « symptômes » visibles de l'événement.

L'analyse des événements enregistrés dans la base de données ARIA montre que le BARPI n'a eu connaissance des causes profondes que dans 30 % des cas.

Avant de procéder à une analyse, il est essentiel d'effectuer une reconstitution chronologique des faits et des hypothèses. Cela suppose avant toute chose une **collecte d'informations**, dans le cadre :

- ✚ d'une **analyse documentaire** (notes procédures, enregistrements...);
- ✚ d'**observations** ;
- ✚ d'**entretiens** (opérateurs ayant vécu l'événement, managers...);
- ✚ d'**expertises**.

7

Exemples de questions à se poser :

- ✚ quelles ont été les conditions organisationnelles qui ont mené à l'accident ?
- ✚ quelle information n'a pas été communiquée et pour quelle raison ?
- ✚ quelle est la qualité de la signalétique et de la présentation de l'information sur le procédé ?
- ✚ comment ont été préparés et suivis les travaux, quelles interfaces avec les prestataires ?
- ✚ y a-t-il eu un contournement de procédures, une inhibition d'organes de sécurité et est-ce habituel ?

Un questionnaire exhaustif permet de remonter jusqu'aux causes profondes.

Exemples d'**enseignements tirés** :

- ✚ les opérateurs disposent d'une formation initiale, mais celle-ci est insuffisamment développée pour une procédure spécifique ;
- ✚ des procédures sont écrites, mais celles-ci sont trop complexes ou inadaptées au terrain ;
- ✚ la coordination et la communication sont insuffisantes entre les équipes internes et les prestataires ;
- ✚ la culture de sécurité de l'entreprise est insuffisamment partagée ou soutenue par l'exploitant.

1.3- L'outil d'analyse de la base de données ARIA

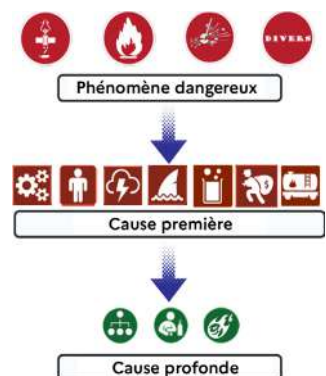
La méthode d'analyse utilisée pour l'enregistrement des incidents et accidents dans la base de données ARIA dissocie les composantes d'un événement en 3 familles d'éléments :

- ✚ les **phénomènes dangereux** (incendie, explosion, rejet de matière dangereuse ou polluante...);
- ✚ les **causes premières** (aussi appelées perturbations) ;
- ✚ les **causes profondes**.

Cette distinction est reprise dans les résumés d'incidents et d'accidents mis en ligne sur le [site Internet ARIA](https://www.ineris.fr/fr/omega-7-methodes-analyse-risques-generes-installation-industrielle), et est utilisée pour des **modélisations graphiques simples**, disponibles dans certaines publications, facilitant la compréhension de l'incident ou accident, en apportant une vision synthétique de l'enchaînement des causes.

D'autres méthodes d'analyse intégrant les FOH sont disponibles⁵.

L'utilisation d'une terminologie commune facilite également l'enregistrement des événements dans la base de données ARIA et les publications, sectorielles ou thématiques, qui en découlent.



⁵ Exemple de référence : guide INERIS sur les méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle
<https://www.ineris.fr/fr/omega-7-methodes-analyse-risques-generes-installation-industrielle>

Cette méthode classe les causes premières en plusieurs catégories, en utilisant la terminologie suivante :

Causes premières	Précisions
Défaut matériel	Il peut concerner des équipements, des logiciels, des systèmes... Les caractéristiques du matériel concerné peuvent utilement être précisées (identification, année de mise en service, dimensions, matériau...) On peut distinguer par exemple : ✚ une perte d'étanchéité ; ✚ une rupture ; ✚ une panne ; ✚ un colmatage... Pour des raisons diverses (choc, vétusté, corrosion, problème de montage, problème électrique, déclenchement intempestif...).
Intervention humaine	On peut distinguer : ✚ une action attendue non/mal réalisée ; ✚ une action réalisée par erreur ; ✚ une transgression volontaire.
Perte de contrôle de procédé	Le procédé industriel n'est plus maîtrisé à la suite : ✚ d'un emballement de réaction ; ✚ d'un mélange de produits incompatibles ; ✚ d'une réaction parasite ; ✚ d'un engorgement ; ✚ d'un débordement...
Danger latent	Il s'agit de menaces sous-jacentes pour la sécurité, nécessitant un élément déclencheur pour se concrétiser sous la forme d'un phénomène dangereux (présence d'une atmosphère explosive, absence de capteur de niveau haut sur une cuve...).
Agression externe	Elle peut être : ✚ d'origine naturelle : foudre, pluie, neige, inondation, températures extrêmes, mouvement de terrain... ✚ liée à l'activité humaine : certaines pertes d'utilité externe (eau, énergie...), agression technologique (effet domino...).
Malveillance	Interne ou externe Il peut s'agir d'un acte matériel ou d'une cyber-attaque.
Matières ou déchets non conformes ou parasites	Ils peuvent participer à la survenue d'un phénomène à la suite : ✚ de la présence d'impuretés ; ✚ de caractéristiques non conformes (défaut de fabrication) ; ✚ de quantités présentes supérieures à celles autorisées ; ✚ de leur présence à un endroit inapproprié ou non autorisé.
Autres	Toute autre cause non identifiée ci-dessus.

Les causes profondes correspondent aux facteurs ayant conduit aux causes premières, intégrant les FOH. Elles sont classées en **facteurs organisationnels** (analyse des risques, choix des équipements, organisation des contrôles, procédures, ergonomie...), **facteurs humains** (sans lien avec l'organisation,

reflet de l'état d'un individu lié à sa situation personnelle à un moment donné : fatigué, distrait, sous l'emprise d'alcool...) ou **facteurs impondérables** (vice de fabrication...).

La méthode utilise la terminologie suivante pour les facteurs organisationnels :

Causes profondes	Exemples de questions à se poser
Formation et qualification des personnels	La formation est-elle absente ou insuffisante ? Un accompagnement (tutorat, compagnonnage...) est-il mis en œuvre concernant l'application des procédures et consignes ? Une formation est-elle organisée avant prise de poste ? Un système d'entretien des connaissances est-il mis en place ? Quels attendus sont définis vis-à-vis des sous-traitants ?
Organisation du travail et encadrement	Les responsabilités sont-elles bien définies ? L'encadrement est-il disponible, notamment pendant les phases transitoires et les périodes d'astreinte ? Un opérateur est-il laissé seul face à plusieurs décisions à prendre ? Une adaptation des ressources est-elle prévue selon la charge de travail (période de congés, afflux de commandes...) ?
Environnement physique de travail	Les conditions de travail ont-elles affecté les capacités du/des opérateur(s) ? Ordre et propreté de l'espace de travail, bruit, luminosité, qualité de l'air, température...
Environnement psychosocial de travail	Les conditions de travail ont-elles affecté les capacités du/des opérateur(s) ? Les risques psychosociaux sont-ils bien pris en compte ? Stress, déresponsabilisation, pression, objectifs incompatibles, ambiance de travail, habitude à la prise de risque...
Ergonomie	Les équipements et postes de travail sont-ils adaptés aux opérateurs ?
Procédures et consignes	Sont-elles :  définies pour la situation rencontrée ?  claires, lisibles, disponibles et mises à jour ?  élaborées de manière concertée avec les opérateurs/services concernés et testées ?  au besoin, accompagnées de check-list avec points d'arrêt pour les opérateurs ?
Identification des risques	Une analyse des risques existe-t-elle et est-elle exhaustive ? A-t-elle permis une conception adaptée de l'installation ? Est-ce que la méthode d'évaluation des risques est adaptée ? Est-ce que les barrières répondant à cette analyse et aux exigences réglementaires sont bien mises en œuvre ? Si non, pour quelles raisons (techniques, financières...) ? Est-elle actualisée régulièrement, notamment en cas de détection de signaux faibles ou d'une situation à haut potentiel de gravité, ou en cas de modification technique ou organisationnelle ?
Choix des équipements et procédés	Est-ce que les choix sont conformes aux bonnes pratiques de la profession et à la réglementation (caractéristiques, dimensionnement, matériaux...) ? Est-ce que les choix des équipements et matériaux sont faits de manière concertée ?
Culture de sécurité	L'organisation en place vise-t-elle à gérer efficacement la sécurité (souci de la sensibilisation des personnels à la sécurité, démarche d'amélioration...) ?

Causes profondes	Exemples de questions à se poser
Prise en compte insuffisante du retour d'expérience	Les opérateurs peuvent-ils s'exprimer facilement ? Les enseignements des événements antérieurs, des lanceurs d'alerte éventuels sont-ils pris en compte ?
Organisation des contrôles	Des actions de contrôles et de maintenance sont-elles en place, suivies et tracées, selon une périodicité adaptée ? Les informations sont-elles disponibles (en salle de contrôle, avec d'éventuels reports) ?
Communication	Les services (production, maintenance, sécurité, environnement...) sont-ils décloisonnés ? Existe-t-il des actions visant à favoriser la transversalité (« causeries »...) ?
Autre	Toute autre cause non identifiée ci-dessus.

En principe, une analyse est exhaustive si chaque cause première (ou enchaînement de causes premières) trouve son origine dans une ou plusieurs causes profondes.

Lien entre causes premières et profondes :

Causes premières identifiées	Quelle cause profonde rechercher prioritairement ?
Défaut matériel	Choix des équipements et procédés Organisation des contrôles Identification des risques
Intervention humaine	Procédures et consignes Formation Organisation du travail et encadrement Ergonomie Environnement physique ou psychosocial de travail Communication Culture de sécurité
Perte de contrôle de procédé	Choix des équipements et procédés Organisation des contrôles Identification des risques Procédures et consignes
Agression externe	Identification des risques Choix des équipements et procédés Prise en compte du retour d'expérience
Malveillance	Identification des risques Choix des équipements et procédés

1.4- Exemple d'analyse

L'événement présenté ci-après concerne une fuite de produit chimique dans une usine. Il est tiré de la base de données ARIA. La fuite se produit à la suite de mauvaises manipulations (causes premières), trouvant leur origine dans de multiples facteurs organisationnels (causes profondes) : défaut de formation, d'encadrement, de procédures...

L'exemple présente le résumé de l'événement, tel que disponible sur le [site Internet ARIA](#), mais également la modélisation, rappelant l'articulation entre le phénomène dangereux, les causes premières et les causes profondes ayant conduit à celles-ci.

ARIA 58293 – Fuite de tétrachlorure de titane dans une usine de fabrication de matières plastiques

Vers 16h35, une **fuite de tétrachlorure de titane** (TiCl_4 - matière très toxique, corrosive et réagissant dangereusement avec l'eau) est détectée sur l'unité de fabrication de catalyseur d'une usine de fabrication de matières plastiques. Cette fuite a lieu à une vingtaine de mètres du sol et se matérialise sous forme de gouttelettes qui aspergent en partie le sol et les structures. La fuite, d'un volume d'environ 500 l, survient dans le cadre d'une opération de raccordement d'un conteneur mobile de 2 500 l. Des vapeurs acides et toxiques sont générées au contact du produit avec l'humidité de l'air.

Le plan d'opération interne (POI) est déclenché. Le site est évacué et un périmètre de sécurité est mis en place autour de la zone concernée, au sein des installations. La cellule chimique des pompiers se rend sur place. L'intervention des équipes de secours, internes et publiques, vise à empêcher, par la mise en œuvre de moyens hydrauliques (lances canon et rideaux d'eau), la concentration d'un éventuel nuage d'acide chlorhydrique. Les équipes d'intervention s'attachent à contrôler l'absence d'exposition des personnes. Elles opèrent également un rinçage du produit déversé, en maîtrisant l'acidité des eaux déversées. L'accident ne fait pas de victime. Les vapeurs restent dans l'enceinte du site. L'exploitant met en place une surveillance des rejets aqueux. Par sécurité, deux établissements recevant du public (ERP) sont évacués.

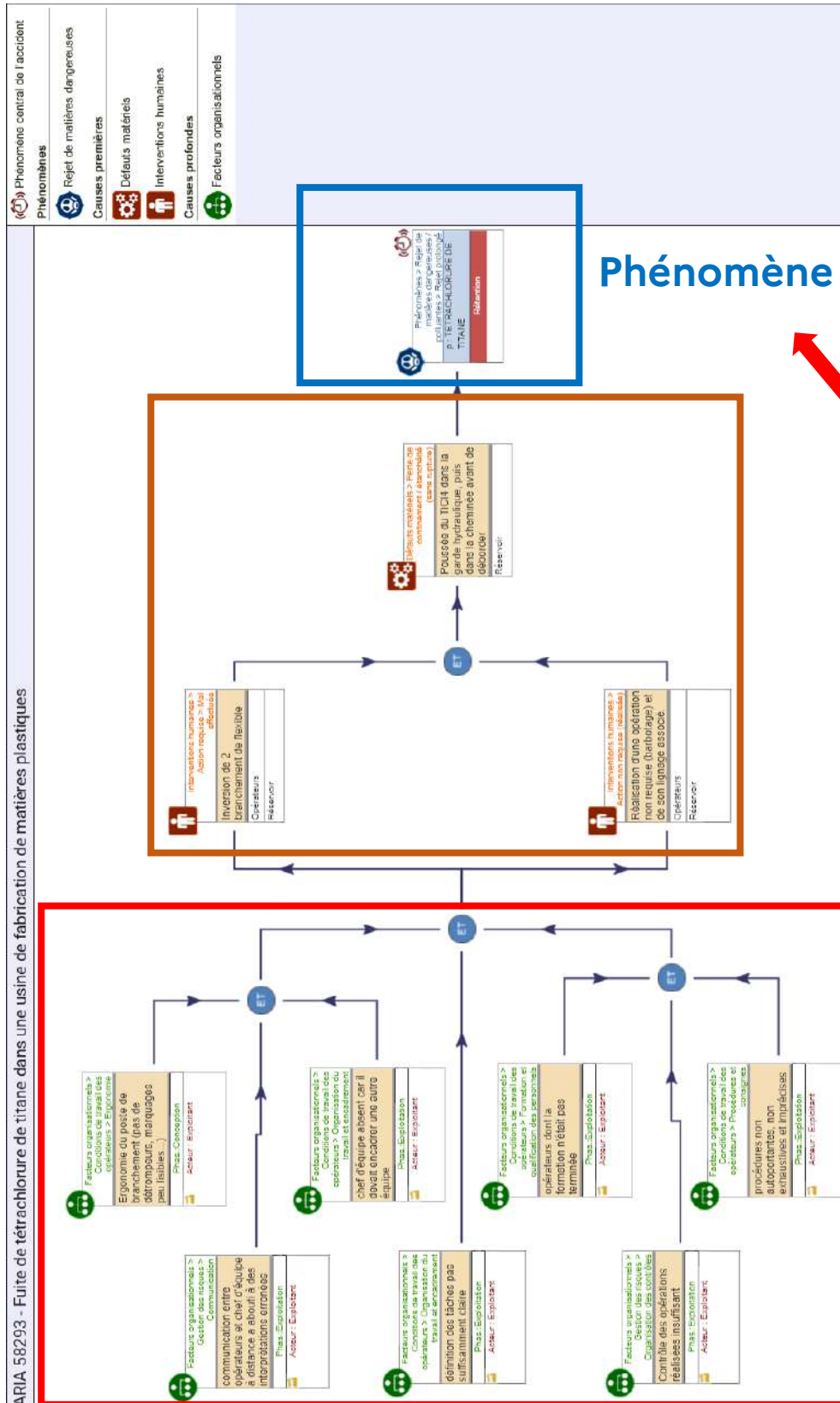
Les opérations de nettoyage des installations et de mise en sécurité pour stopper tout dégagement gazeux résiduel se terminent le lendemain. Le POI est levé le surlendemain, après la vidange et le nettoyage des lignes souillées par le produit, avec l'aide de l'expertise technique du fournisseur du produit, et des rinçages complémentaires des équipements par sprinklage.

Lors de la préparation de la fabrication, un opérateur, **dont la formation n'était pas complète, a inversé le branchement de 2 flexibles**. Il réalise un test d'étanchéité du circuit, mais celui-ci ne permet pas de détecter l'erreur. Puis il **décide de réaliser une opération de barbotage qu'il avait vu faire pour une autre fabrication, mais non requise dans cette fabrication**. Il réalise le lignage requis. L'opération de barbotage consiste à mettre à l'atmosphère le ciel gazeux du conteneur, via la garde hydraulique et la capacité avant la cheminée, et à injecter de l'azote sous pression dans le circuit liquide du conteneur. Lors de l'injection d'azote, celui-ci se déverse dans le ciel gazeux du conteneur, et non dans le jaugeur de TiCl_4 , du fait de l'inversion des branchements, **provoquant la poussée du TiCl_4 dans la garde hydraulique avant de se déverser dans la cheminée puis de déborder**. L'arrêt de l'injection d'azote a permis de stopper la fuite.

Lors de l'événement, les **opérateurs étaient en cours de formation et n'avaient jamais réalisé l'opération sur ce type de produit seuls. Le chef d'équipe encadrait une autre équipe et ne disposait pas du temps nécessaire pour encadrer la fabrication de TiCl_4** .

L'enquête du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) montre que :

- ✖ il n'y a **pas de système de détrompeur qui aurait pu empêcher l'inversion des flexibles** ;
- ✖ les **marquages des piquages sont difficilement lisibles et peu explicites** ;
- ✖ **l'opération de branchement du conteneur repose sur la bonne connaissance des opérateurs** ;
- ✖ les **tâches ne sont pas clairement définies** ;
- ✖ **l'encadrement des opérateurs en formation est insuffisant**.



POUR ALLER PLUS LOIN

Les ICPE sont soumises à des exigences réglementaires en matière de maîtrise des risques. Elles reposent en particulier sur la mise en œuvre de barrières techniques et humaines, remplissant une fonction de sécurité et permettant de prévenir un scénario d'accident (récupération) ou d'en limiter les conséquences (atténuation).

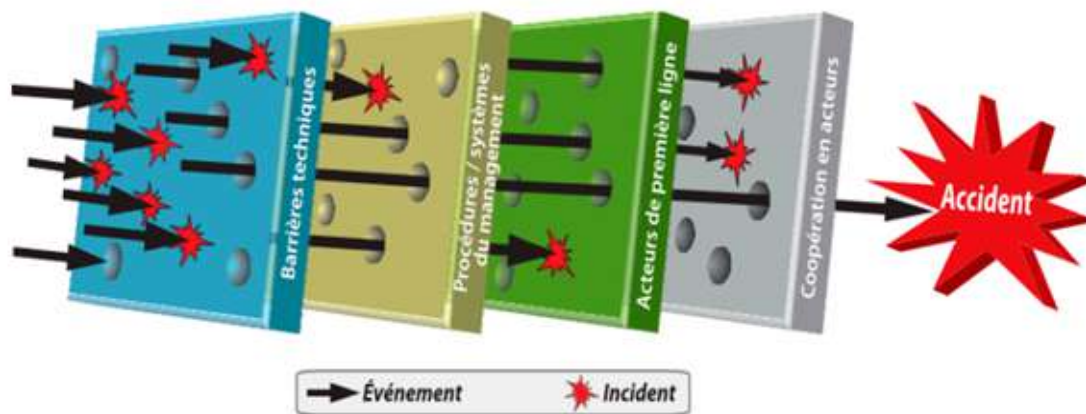
De nombreux types de **barrières de sécurité** peuvent être prévus, tels que :

- ✚ des dispositifs de sécurité actifs (soupape...) ;
- ✚ des dispositifs de sécurité passifs (cuvette de rétention...) ;
- ✚ des actions d'opérateurs ;
- ✚ des automatismes.

Ces barrières répondent notamment à des critères d'efficacité et de niveau de confiance (fiabilité), permettant de garantir une probabilité « acceptable » d'occurrence des événements la plus faible possible, selon leur gravité.

Si ces barrières sont indispensables, elles ne garantissent pas à elles seules la prévention des incidents et accidents.

La superposition de ces barrières, individuelles, collectives, techniques et organisationnelles, visant à éviter qu'une défaillance ait des conséquences néfastes, est communément représentée par le modèle du « fromage suisse » de Reason.



Adapté de James Reason, "l'erreur humaine"

Dans ce modèle, l'analyse de l'accident suppose de comprendre l'élément initiateur, mais également la façon dont toutes les barrières ont été défaillantes.

Ce modèle de défaillance d'un système distingue :

- ✚ les **défaillances actives**, commises en première ligne et directement liées à l'événement ;
- ✚ les **défaillances latentes** (en sommeil), qui correspondent aux caractéristiques présentes dans le système et ayant contribué à la survenue de l'événement (mauvaise décisions de conception, de maintenance...).

Par ailleurs, il convient de rappeler qu'un accident peut se produire dans des conditions qui n'avaient pas été prévues. Dans ce cas, le retour d'expérience trouve également tout son sens pour partager la connaissance.

Une bibliographie riche est disponible pour approfondir le sujet⁶.

Une démarche de prévention robuste a un coût, mais toujours moins qu'un accident.

L'analyse des incidents et accidents enregistrés dans la base de données ARIA confirme que ces événements sont souvent liés à des défaillances organisationnelles ou humaines. Aussi, prévoir des mesures organisationnelles intégrant les facteurs humains permet d'optimiser la fiabilité des barrières et de prévenir leur érosion progressive au fil du temps.

14

Intégrer les FOH dans son approche de prévention consiste à s'intéresser aux conditions réelles de l'activité humaine permettant de favoriser des comportements sûrs et d'améliorer le niveau de sécurité, en étudiant l'individu, les situations de travail, les collectifs de travail, l'organisation et le management.

Cela nécessite de pouvoir s'appuyer sur des connaissances en ergonomie, psychologie, sociologie..., tout en faisant le lien avec des problématiques opérationnelles concrètes.

Cette démarche peut être mobilisée à différentes occasions, au-delà de l'analyse d'un incident ou accident :

- ✚ dans les phases de conception d'une installation ;
- ✚ en cours d'exploitation (conduite, maintenance, périodes transitoires...) ;
- ✚ lors d'une gestion de crise.

Enfin, **pour les établissements classés SEVESO seuil haut**, la réglementation impose aux exploitants de mettre en place un système de gestion de la sécurité (SGS)⁷. Cette démarche vise à mettre en œuvre, coordonner et pérenniser dans le temps les mesures de maîtrise des risques majeurs, tels que prévus dans l'étude de dangers. Cela impose à l'exploitant de site SEVESO seuil haut de systématiser le retour d'expérience lors de situations d'incidents ou d'accidents, en analysant les causes profondes ayant conduit à celles-ci. Tout autre exploitant peut s'inspirer de cette démarche et des publications associées afin de mettre en place sa propre démarche de suivi des événements.

6 Guides OMEGA 10, 30 et 40 de l'INERIS – <https://www.ineris.fr/fr>

Publications de l'institut pour une culture de sécurité industrielle (ICSI) n° 2010-02, 2012-03, 2014- 01, 2014-04 et 2017-03 – <https://www.icsi-eu.org/>

7 Arrêté du 26 mai 2014 – Article 8 – <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000029066509>

EXEMPLES D'INCIDENTS OU ACCIDENTS EXTRAITS DE LA BASE DE DONNÉES ARIA

ARIA 62704 – Rejet d'eaux polluées par une fabrique de produits laitiers

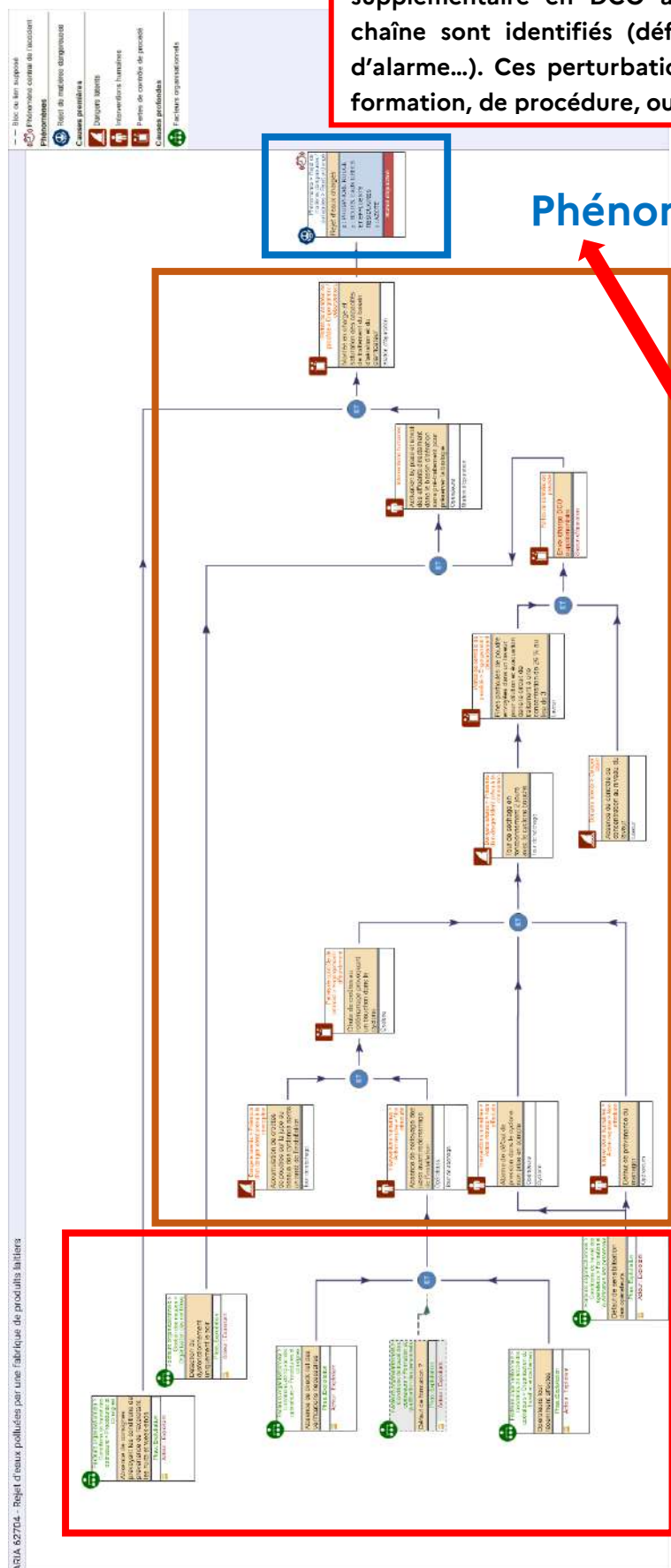
Un samedi, vers 12 h, des **eaux chargées en substances organiques sont rejetées** dans la SAÔNE, en provenance de la station d'épuration des eaux usées (STEP) d'une fabrique de produits laitiers. L'exploitant met en place une cellule de crise. Il baisse la production du site pour réduire les effluents. Il augmente la quantité de polymères dans le clarificateur pour favoriser la décantation et les phases d'aération du bassin d'aération. Il ajoute 2 aérateurs complémentaires, augmente le soutirage des boues du clarificateur et les stocke. La biologie du bassin d'aération est surveillée. La situation commence à s'améliorer 3 jours après le début de l'événement et se rétablit au bout de 6 jours. Une surveillance est maintenue plus de 2 semaines après l'événement.

L'événement entraîne le rejet cumulé de 14,4 t de demande chimique en oxygène (DCO), 14,3 t de matières en suspension (MES), 2,75 t d'azote et 0,88 t de phosphore. En conséquence, une diminution des matières disponibles pour l'épandage est relevée. La production du site est temporairement diminuée de 40 %.

L'événement est lié à un **dysfonctionnement sur une tour de séchage de l'unité de production. Après un arrêt de l'installation, celle-ci a été redémarrée sans nettoyage préalable de la jupe au-dessus des cyclones de la tour.** Les **croûtes de poudres accumulées dans la jupe sont tombées et ont bouché le cyclone.** Les **opérateurs récemment en poste n'ont pas procédé au contrôle avant redémarrage et n'ont pas pris en compte les alarmes techniques sur leur supervision.** La tour de séchage a fonctionné 2 jours avec le cyclone bouché. **Des fines particules de poudre ont été évacuées vers la STEP, après passage dans un laveur, à une concentration de 26 % contre 3 % habituellement.** Le **dysfonctionnement n'a été identifié qu'au bout de 2 jours, après le week-end.** La production a alors été stoppée mais le cyclone étant fortement bouché, des effluents chargés ont dû encore être envoyés une journée vers la STEP avant de pouvoir stopper les rejets vers celle-ci. Les 44 t de DCO supplémentaires envoyées sur 3 jours ont entraîné une acidification au niveau de la STEP, menaçant la biologie des méthaniseurs. Le prestataire a constaté le problème au niveau de la STEP le soir de l'événement et **a réalisé un by-pass pour préserver les méthaniseurs.** La **charge brute a été envoyée directement au bassin d'aération, sans pré-traitement.** Le prestataire n'a pas alerté l'exploitant de l'événement.

À la suite de l'événement, au niveau du site de production, l'exploitant **revoit ses procédures de vérification des installations.** Il **renforce la formation des opérateurs, sensibilise le personnel aux conséquences sur la STEP et définit des seuils critiques de DCO sur chaque écran de supervision avec des consignes d'alerte.** Il **met en place des contrôles de concentration au niveau du laveur.** Au niveau de la STEP, **une consigne d'alerte est mise en place avec le prestataire en cas de déviance constatée les nuits et week-ends.**

Des eaux chargées sont rejetées par une STEP, après une saturation des capacités de traitements, liée à la réception d'une charge supplémentaire en DCO à traiter. Divers dysfonctionnements en chaîne sont identifiés (défaut de nettoyage, de prise en compte d'alarme...). Ces perturbations mettent en évidence des défauts de formation, de procédure, ou encore de contrôle.



Phénomène

Causes premières

Causes profondes

ARIA 63046 – Départ de feu dans un séchoir d’une exploitation agricole

Vers 7 h, un **départ de feu est détecté dans un séchoir** contenant 30 t de maïs, dans une exploitation agricole. L’opérateur coupe les brûleurs, ferme l’arrivée de gaz et arrête la ventilation. Il alerte son responsable et les pompiers. Une lance à mousse est établie en partie haute et le séchoir est vidangé. Les pompiers relèvent des températures en partie haute jusqu’à 200 °C. Les opérations de secours se terminent vers 12 h. L’exploitant assure le refroidissement pendant 12 à 24 h et le nettoyage complet, avant redémarrage du séchoir.

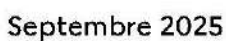
L’événement n’a pas d’impact sur la structure du séchoir et ses équipements. Le maïs brûlé est recyclé en compost. Seul un changement de tôle est prévu, pour des dommages matériels estimés à 2 000 €.

L’événement s’est produit après la remise en service du séchoir. Celui-ci s’est arrêté la veille, à la suite d’une coupure de courant. Cette **coupure est liée à un défaut de fusible sur une installation photovoltaïque nouvellement mise en route la veille**. Le **séchoir s’est arrêté, sans circulation d’air pour son refroidissement**. **Aucune alarme n’est prévue pour ce type d’événement**. Le lendemain matin, **l’opérateur a remis en route du séchoir, sans protocole particulier**.

À la suite de l’événement, l’exploitant prévoit une **modification de son protocole de mise en route du séchoir, intégrant la situation d’une coupure d’une durée supérieure à 2 h et sans refroidissement par la ventilation à air, qui doit intégrer un contrôle visuel et si besoin un nettoyage avant le démarrage du brûleur**. Il prévoit **d’étudier la possibilité de dissocier la partie électrique photovoltaïque et la partie électrique séchoir pour éviter ce type d’incident**.

Phénomène

Causes profondes



ARIA 63807 – Mélange d’une substance non autorisée dans 2 sphères d’ammoniac d’une usine chimique

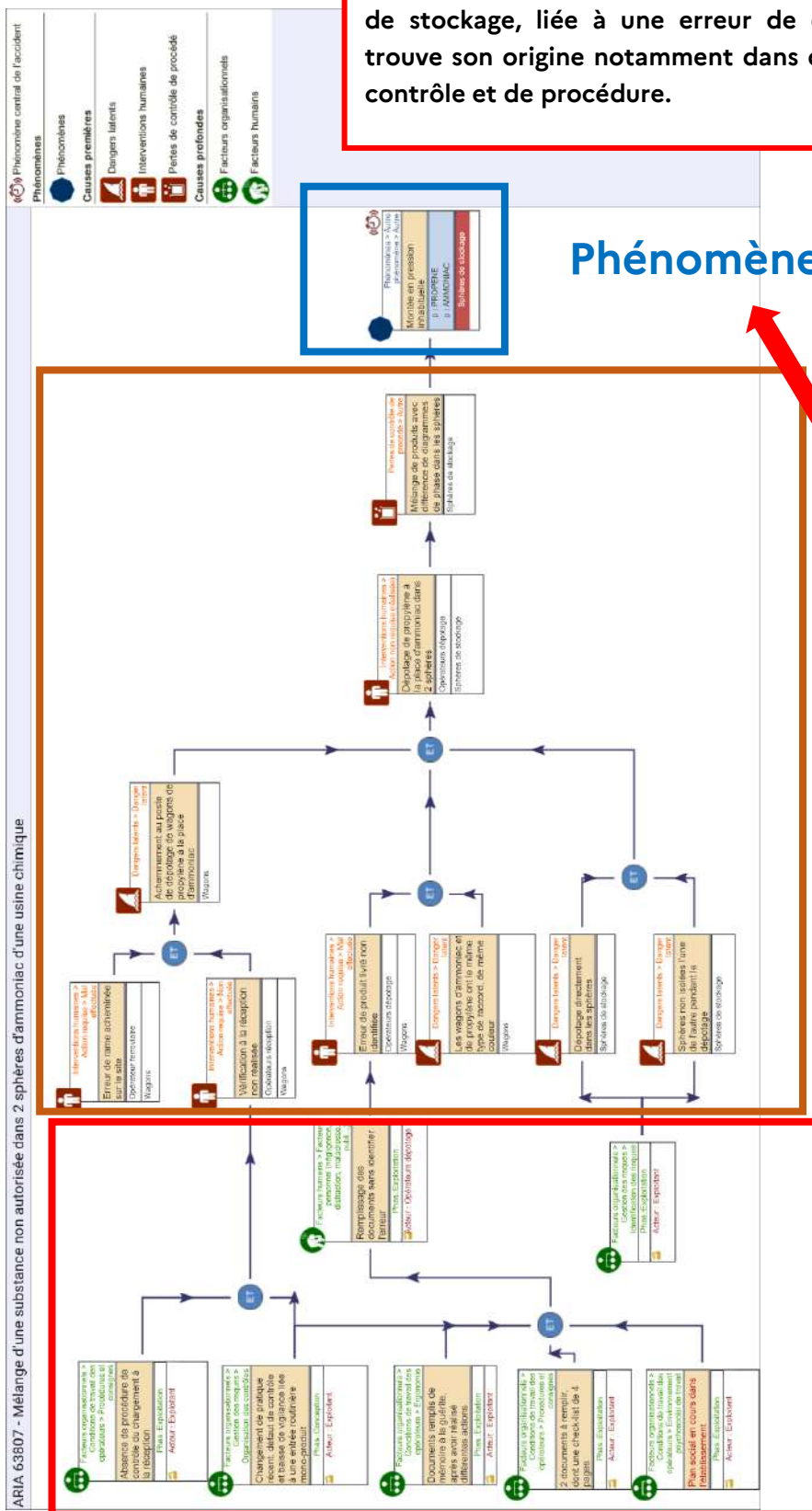
À 11h20, lors du dépotage d’un wagon dans une usine chimique, spécialisée dans la fabrication d’engrais azotés, une **montée en pression inhabituelle** (de 2,9 à 3,4 bars) est observée au sein de 2 sphères communicantes de stockage d’ammoniac, d’une capacité unitaire de 2 270 t. La salle de contrôle demande l’arrêt du dépotage. Après vérification, il est constaté que les marquages présents sur le wagon dépoté ne correspondent pas à ceux de l’ammoniac, mais à ceux du propylène. Une cellule de crise est mise en place. Le poste de déchargement est mis en sécurité et l’exploitant procède à la surveillance des paramètres (pression, température) du mélange au sein des sphères. Les compresseurs sont mis en fonctionnement pendant près de 7 h pour baisser la pression. L’exploitant informe les pompiers et le site riverain. À 12h10, la situation est stabilisée. À titre préventif et afin de pouvoir débrancher le wagon en toute sécurité, le plan d’opération interne (POI) est déclenché à 14h10, conduisant au confinement du personnel. Le train de propylène, dont le wagon partiellement dépoté, est pris en charge par le gestionnaire des chemins de fer en fin de journée. Dans les jours suivants, afin de permettre à l’exploitant une gestion du mélange ammoniac/propylène sur son site, un transfert de 500 t de mélange est réalisé dans des wagons, suivi d’un transfert de 500 t de mélange d’une sphère vers l’autre, cette dernière étant temporairement isolée du reste des installations. Ces transferts sont réalisés selon un protocole et des conditions de sécurité validés par les autorités. Les wagons de mélange sont identifiés et stockés sur site à l’écart, dans l’attente de leur gestion.

L’événement entraîne la pollution des sphères d’ammoniac par 10,45 t de propylène. Les installations du site sont temporairement mises à l’arrêt. L’événement entraîne l’arrêt de la production pendant plusieurs jours, impliquant des pertes financières d’au moins 1 M€.

L’événement est lié à une **erreur de livraison et à un défaut de contrôle des wagons réceptionnés**. Depuis plusieurs mois, le site ne produisait plus d’ammoniac mais recevait des livraisons par wagons. Le jour de l’événement, vers 8h30, l’exploitant a reçu un train constitué de 22 wagons. Au cours de l’acheminement, une inversion a eu lieu entre 2 rames de 22 wagons, l’une de propylène, l’autre d’ammoniac, destinées à 2 sites distincts. **L’équipe traction a réceptionné la rame de propylène, similaire à celle attendue, et l’a disposée sur les voies dédiées au dépotage, sans effectuer de vérifications à la réception. Aucune procédure de contrôle n’était prévue à la réception.** L’équipe de dépotage a pris le relai, constituée de 2 opérateurs avec un superviseur à proximité disponible au besoin, en contact avec la salle de contrôle. Un opérateur a vérifié les wagons et complété la fiche de contrôle. **Les wagons de propylène étaient identiques à ceux d’ammoniac habituellement réceptionnés (même couleur, même type de raccord...).** À cette occasion, **il n’a pas identifié que les wagons ne comportaient pas les plaques de signalisation attendues.** L’équipe a ensuite procédé aux opérations nécessaires au dépotage, puis **complété de mémoire la check-list de dépotage, constituée de 4 pages, du fait de l’ergonomie du poste de travail**, et débuté l’opération, après accord de la salle de contrôle. **La baisse de vigilance liée notamment à l’accueil sur site d’un seul produit récurrent, mais aussi possiblement par le contexte social, et le défaut d’ergonomie n’ont pas permis d’identifier l’erreur de produit.** Le **diagramme de phase (pression/température) du propylène étant différent de celui de l’ammoniac, le mélange ammoniac/propylène a entraîné une montée en pression alors que l’opération de dépotage** avait commencé depuis 15 min, **directement dans les sphères, non isolées l’une de l’autre pendant l’opération.**

À la suite de l’événement, l’exploitant **met à jour ses procédures de réception et de dépotage.**

Le bureau d’enquêtes et d’analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a réalisé une enquête.



Une montée en pression se produit dans une sphère de stockage, liée à une erreur de dépotage. Elle trouve son origine notamment dans des défauts de contrôle et de procédure.

ARIA 62500 – Fuite de produits chimiques dans une usine agrochimique

Lors de l'approche d'un camion à quai à 9h40, **un des grands récipients pour vrac (GRV) de 1 000 l de mélange de produits chimiques (deltaméthrine et pipéronyl butoxide) chargés dans la remorque du camion tombe et s'éventre** à proximité d'un regard du réseau des eaux pluviales d'une usine agrochimique. Le chauffeur suit la procédure d'urgence interne et appelle le poste d'accueil pour l'informer de l'événement. Les vannes sont déviées à distance pour que le produit s'écoule dans le bassin de sécurité et les 2 bassins sont isolés. Les pompiers internes mettent en place plusieurs boudruches sur le réseau de collecte des eaux pluviales pour limiter la propagation de l'épandage. La majorité du mélange épandu est confiné dans le bassin de sécurité et une faible quantité atteint le bassin d'orage. Une société spécialisée nettoie la zone du sinistre et les portions du réseau impactées. Les eaux issues du nettoyage sont collectées dans le bassin de sécurité. À partir du lendemain, celui-ci est pompé. 400 m³ d'eaux et de produit sont entreposés en ient GRV et en citernes pour être traités dans une installation d'incinération de déchets dangereux. Les 2 000 m³ d'eaux de pluie présentes dans le bassin d'orage sont traités à l'aide d'une station mobile de traitement par charbon actif. L'exploitant suit quotidiennement les concentrations en produits chimiques pour calibrer le traitement, qui dure 5 semaines.

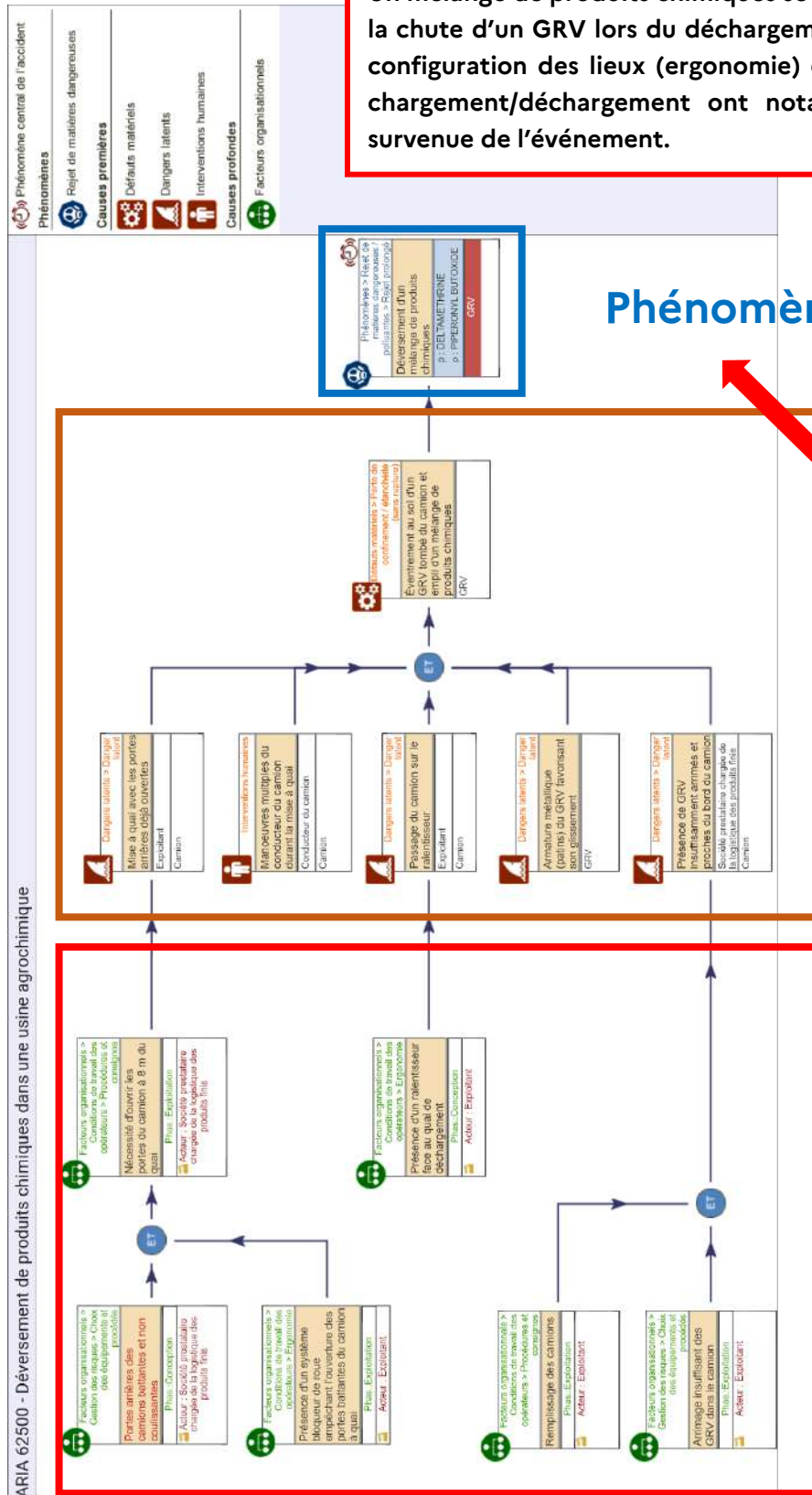
54 kg de pipéronyl butoxide et 6 kg de deltaméthrine sont relâchés dans les bassins de rétention isolés par l'exploitant. Le coût des différents nettoyages et traitements effectués est de 150 000 €.

Le chauffeur du camion manœuvrait pour se mettre à quai et décharger les GRV. Arrivé à 8 m du quai, **il a ouvert les portes à l'arrière du camion, en raison de la présence d'un système bloqueur de roue qui ne permet pas d'ouvrir les portes après avoir reculé. Le chauffeur a reculé une première fois en passant sur un ralentisseur qui se trouve face au quai. N'étant pas bien aligné avec le quai en question, il a de nouveau avancé puis reculé à 2 reprises. Lors de ces manœuvres, avec passages successifs sur le ralentisseur et freinages, l'un des GRV a glissé et est tombé. Il disposait d'une armature métallique (patins) ayant favorisé le glissement.**

À la suite de l'événement, l'exploitant :

- ✦ laisse vide la dernière travée des remorques des camions ;
- ✦ **améliore l'arrimage avec une barre de calage mise en place derrière la dernière rangée de palettes ;**
- ✦ retire les **ralentisseurs devant les quais du bâtiment de stockage ;**
- ✦ réfléchit à **équiper les remorques de rideaux arrières coulissants plutôt que de portes battantes, pour pouvoir les ouvrir à quai ;**
- ✦ étudie la possibilité de fermer les vannes de déviation des eaux plus rapidement.

Un mélange de produits chimiques se déverse à la suite de la chute d'un GRV lors du déchargement d'un camion. La configuration des lieux (ergonomie) et les conditions de chargement/déchargement ont notamment favorisé la survenue de l'événement.



ARIA 62465 – Feu sur la presse hydraulique d’une forge

À 20h20, un **feu se déclare sur la presse hydraulique** d’une forge. L’alerte est donnée par un opérateur qui observe de la fumée et des flammes de 3 à 4 m de haut. Le personnel est évacué. Un opérateur attaque le feu à l’aide d’un extincteur, mais s’arrête car les flammes montent jusqu’à la toiture et des explosions sont entendues. L’alimentation électrique de la presse ne peut pas être coupée car le feu est trop important pour y accéder. Des panneaux fusibles tombent du plafond. À 20h30, les pompiers sont alertés, l’électricité et le gaz sont coupés. Le feu est éteint vers 22h45 par les pompiers internes et externes avec 2 lances. Une surveillance est réalisée pendant 2 h, puis des contrôles thermographiques toutes les heures.

500 l d’huile et 15 m³ d’eau d’extinction sans additif sont récupérés dans la fosse de la presse. Au plus, 1 m³ d’eau d’extinction a ruisselé vers le réseau d’eau pluviale et est rejeté dans la MARNE après passage par un séparateur d’hydrocarbures. Des panneaux en fibrociment sont tombés et sont éliminés dans une filière appropriée. La forge s’arrête pendant 16 h.

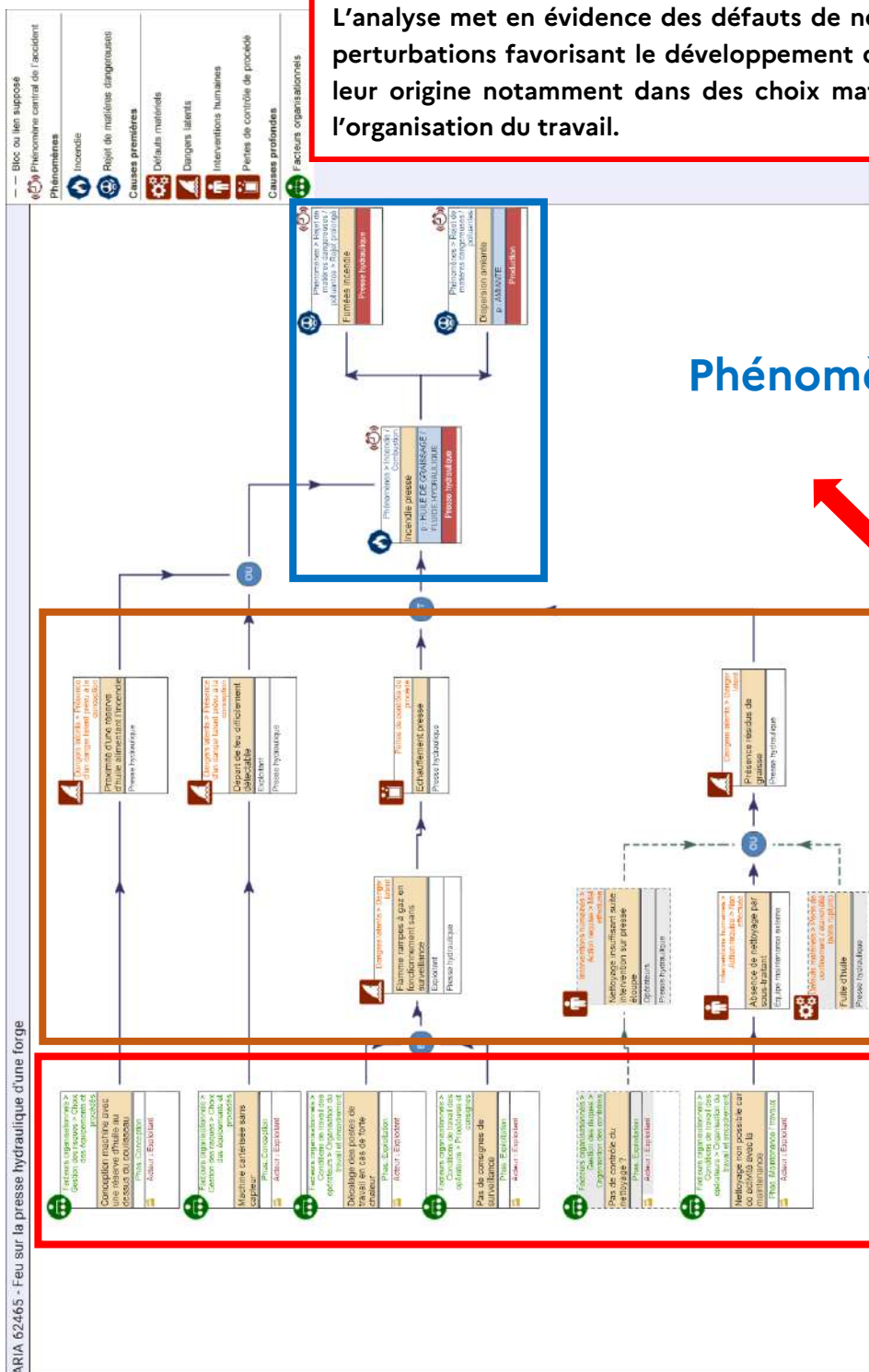
Au moment de l’événement, aucun salarié n’était présent sur la zone de travail, **les horaires des postes de travail étant modifiés à cause des fortes chaleurs**. Une heure avant l’événement, **le four a été chargé et les rampes à gaz allumées à la puissance minimale pour préparer le poste de nuit. Les rampes sont restées sans surveillance, les consignes d’exploitation n’en prévoyant pas. La chaleur a enflammé des résidus de graisse et d’huile hydraulique présents sur la presse**. Celle-ci était nettoyée périodiquement par un sous-traitant, mais **le dernier nettoyage n’avait pas pu être effectué en raison d’une opération de maintenance prévue ce jour-là**. De plus, **un nettoyage insuffisant après une intervention réalisée 2 jours plus tôt à la suite d’un départ de feu sur le vérin principal de la presse, a pu laisser des résidus de graisse. La conception de la presse a contribué au développement de l’incendie avec la présence d’une rétention et de réserves d’huile en partie haute, alimentant le foyer et celle d’un carter qui a contribué à détecter tardivement le départ du feu**, la presse étant située au fond d’un atelier, sans personnel à proximité.

Enfin, l’obturateur du réseau d’eau pluviale n’a pas été fermé lors de l’événement. Celui-ci était inopérant, la dernière maintenance réalisée 8 mois plus tôt montrait qu’il fallait le remplacer, sans que cela n’ait été réalisé.

À la suite de l’événement, l’exploitant :

- ✦ **arrête le démarrage des rampes à gaz sans surveillance ;**
- ✦ étudie l’utilisation d’une huile difficilement inflammable ;
- ✦ veille au **respect des consignes de nettoyage par la société de maintenance ;**
- ✦ étudie l’éloignement des commandes de secours par rapport aux zones de danger ;
- ✦ **crée une fiche réflexe des moyens de secours et forme le personnel ;**
- ✦ **étudie la pose de carters d’aspiration et supprime une zone de rétention d’huile sur la machine.**

Un feu se produit sur une presse hydraulique en fonctionnement, à la suite de l'inflammation de résidus de graisse dans l'équipement. L'analyse met en évidence des défauts de nettoyage, ainsi que des perturbations favorisant le développement d'un incendie, trouvant leur origine notamment dans des choix matériels ou encore dans l'organisation du travail.



ARIA 64436 – Déversement de N-Méthyl-2-pyrrolidone dans une usine de batteries

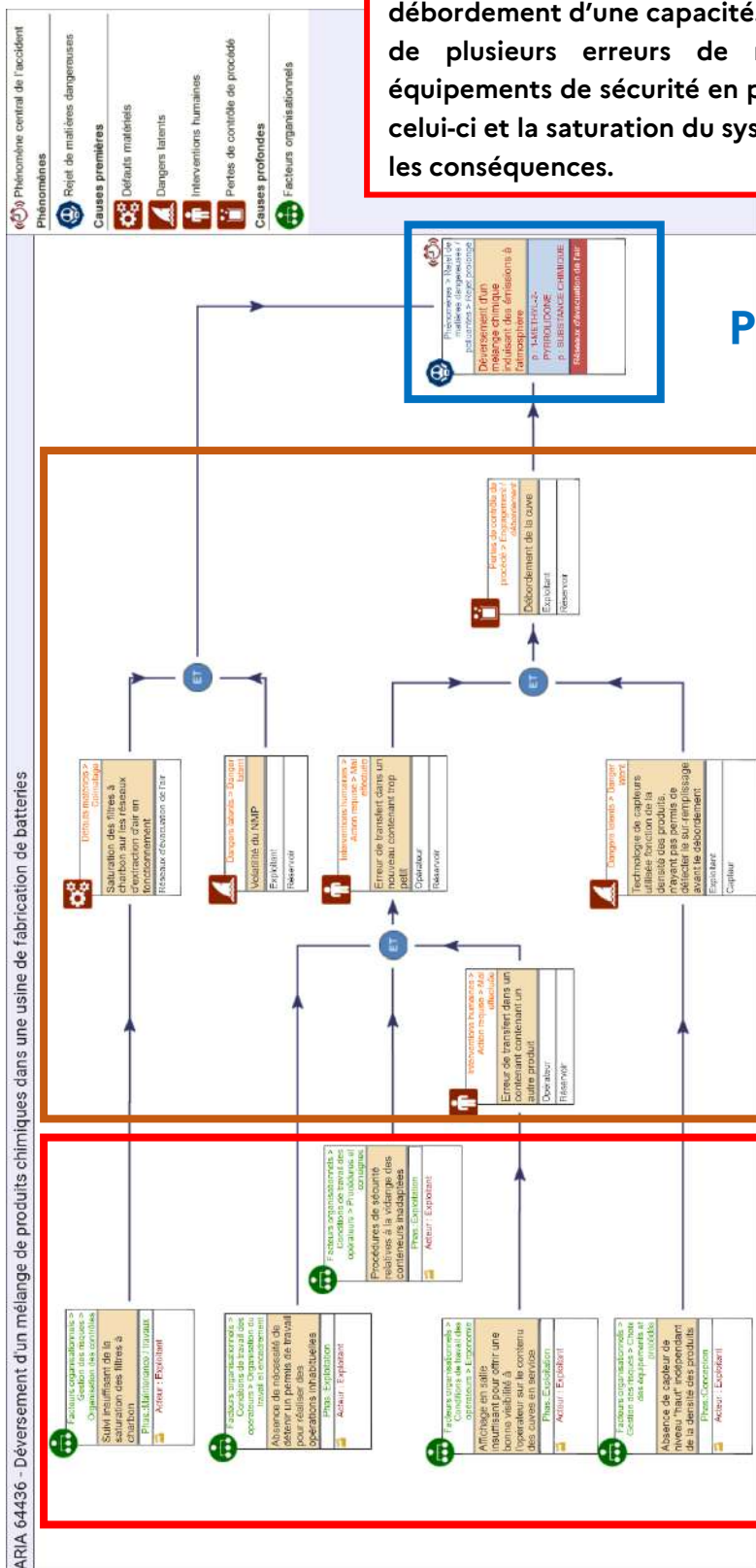
À 0h31, lors d'un transfert, un **mélange de N-Méthyl-2-pyrrolidone (NMP) et de polyfluorure de vinylidène (PVDF) déborde dans une usine** de fabrication de batteries. Le personnel est évacué et l'accès à la salle est bloqué. À 2h04, la salle est dépressurisée. Le lendemain, une société spécialisée nettoie les sols et les conduits souillés. Les effluents générés sont récupérés et entreposés pour élimination. Les filtres à charbon du conduit d'évacuation sont remplacés 4 jours plus tard.

395 kg de NMP et 5 kg de PVDF ont débordé de la cuve qui contenait 2,7 t de mélange. Un flux de 4 kg de NMP est libéré dans l'atmosphère.

La veille, vers 22h30, **un opérateur a transféré par erreur 1 400 l de NMP vers un contenant comprenant déjà 800 l d'un gel composé d'un mélange** de NMP (92 %) et de PVDF (8 %). Vers minuit, l'opérateur s'est rendu compte de son erreur et a alerté son chef d'équipe. **Ce dernier a décidé de transférer l'ensemble du mélange, soit 2 00 l, vers un autre équipement d'une capacité de 2 300 l dédié au mélange de l'encre.** Pour diluer le contenu et faciliter le transfert, l'opérateur y a ajouté 500 l de NMP. **L'équipement destinataire du mélange déborde alors, le volume total dépassant de 400 litres sa capacité maximale.** Le sur-remplissage n'a pas été détecté en raison de la technologie de capteurs utilisée (capteurs à membrane) et de la différence de densité entre le NMP et l'encre habituellement entreposée dans cet équipement. Le réseau d'extraction d'air, actif par défaut pendant un transfert, puis la dépressurisation de la salle ont conduit à l'émission de NMP à l'atmosphère en raison de la saturation des filtres à charbon qui étaient installés.

À la suite de cet événement, l'exploitant :

- ✦ révisé les procédures relatives à la vidange des conteneurs ;
- ✦ amélioré l'affichage en salle pour offrir une meilleure visibilité à l'opérateur sur le contenu des cuves en service ;
- ✦ installé sur les cuves un capteur de niveau haut indépendant de la densité des produits utilisés ;
- ✦ installé un système de détection fixe de NMP ;
- ✦ imposé l'obtention d'un permis de travail pour réaliser des opérations inhabituelles telles que celle à l'origine de l'événement ;
- ✦ suit quotidiennement la saturation des filtres à charbon.



Un mélange de produits chimiques se déverse à la suite du débordement d'une capacité. L'événement survient à la suite de plusieurs erreurs de manipulations. Le choix des équipements de sécurité en place n'a pas permis de prévenir celui-ci et la saturation du système de filtration n'a pas limité les conséquences.



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ,
DE LA FORÊT, DE LA MER
ET DE LA PÊCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale de la prévention des risques
Service des risques technologiques
Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels
5, place Jules Ferry - 69006 Lyon
Tél. 33 (04) 26 28 62 00
barpi@developpement-durable.gouv.fr

Site Internet :
www.aria.developpement-durable.gouv.fr
