

Endommagement d'un bateau TMD lors d'un éclusage

18/02/2020

Sablons (ISÈRE)

France

Automatismes
Réglages
Maintenance
Études de danger
Gaz liquéfié

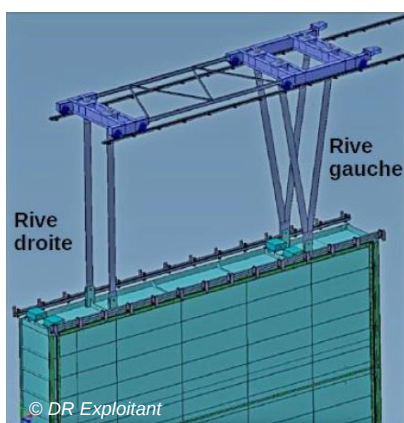
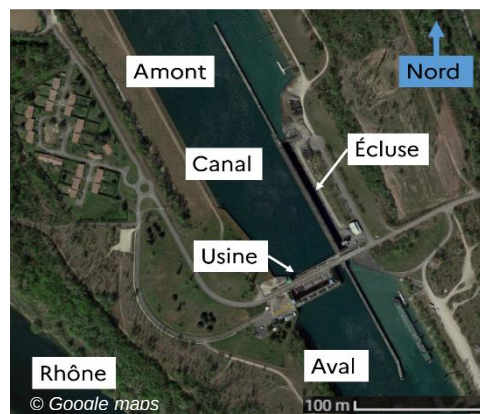
Cette fiche détaillée a été rédigée par le BARPI après échanges avec les autorités compétentes ainsi que le Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) dont le rapport d'enquête technique rédigé à la suite de l'accident est disponible [ici](#).

LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

L'ouvrage hydraulique :

L'aménagement s'inscrit dans la concession du RHÔNE pour l'exploitation d'ouvrages hydroélectriques. Outre un barrage de retenue 10 km en amont et des barrages latéraux sur 12 km, l'aménagement comporte un barrage-usine avec une usine hydroélectrique et une écluse de 195 m de long et 12,10 m de large. Celle-ci permet d'assurer la continuité de la navigabilité du RHÔNE en rive gauche.

L'usine, au même titre que le barrage, est de classe A selon la réglementation portant sur la sécurité des ouvrages hydrauliques¹, impliquant notamment la réalisation d'une étude de dangers et son réexamen tous les 10 ans ainsi que des mesures d'entretien et de surveillance.



Cet ouvrage est constituée de 2 portes (amont, aval) à déplacement latéral. L'ensemble des manœuvres est automatisé et télé conduit depuis un centre de gestion de la navigation (CGN), situé à une centaine de kilomètres. En 2019, environ 3 000 éclusages ont été réalisés à Sablons pour des bateaux de marchandises.

La porte aval est constituée de 4 caissons, superposés les uns aux autres, pour une masse totale de 90 t, 15 m de haut, 13,10 m de large et 1,50 m d'épaisseur. Pour son coulissage, elle est suspendue à 2 chariots, les rails de déplacement des chariots reprenant le poids de la porte. L'un, moteur, est relié à un treuil. L'autre, plus petit, assure notamment le déclenchement des capteurs de fins de course associés à la fermeture de la porte. Certains dispositifs devant permettre de s'assurer de la bonne manœuvre de la porte sont détaillés ci-dessous :

- au niveau du treuil de manœuvre de la porte via le grand chariot :
 - présence de 2 protections de surcharge, l'une mécanique, l'autre électrique via un variateur de vitesse du moteur (suivant que la porte soit en début et fin de manœuvre ou en dehors des temps de démarrage et de ralentissement) ;

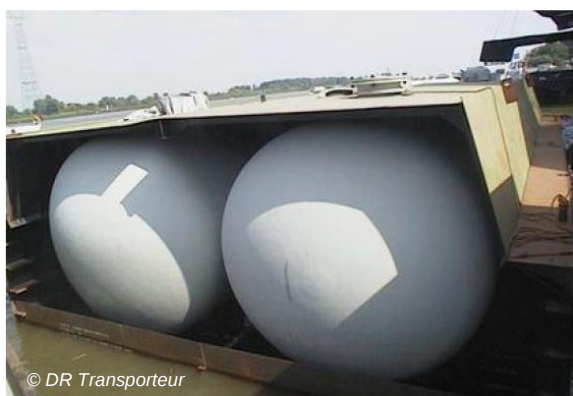
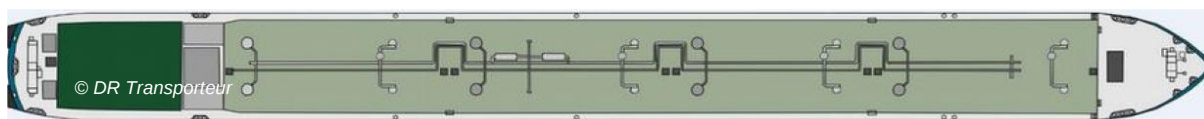
¹ Article R 214-112 du code de l'environnement

- au niveau de la position de la porte :
 - des capteurs de fin de course redondés ;
- au niveau du système de contrôle commande :
 - un « temps trop long d'exécution » (TTLE) générant un défaut si le temps de manœuvre de la porte n'est pas assez rapide.

Le bateau TMD :

Le bateau, automoteur citerne, est composé de 8 cuves de gaz cylindriques d'un volume compris entre 300 et 344 m³ chacune. Ses dimensions sont de 120 m de long pour 11,4 m de large. Ce bateau effectue en moyenne 1,5 allers et retours par semaine entre 2 sites Seveso seuils hauts pour transporter du chlorure de vinyle monomère (CVM). Ce gaz est utilisé principalement dans la fabrication de matières plastiques (polychlorure de vinyle et copolymères) et sert également de matière première en synthèse organique. C'est un gaz extrêmement inflammable (point d'éclair en coupelle fermée : - 78 °C), qui peut former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 3,6 à 33 % en volume. Il est classé cancérigène pour l'homme.

Le bateau est chargé de 2 200 t de CVM sous sa forme liquide sous pression. Il contient également 35 000 l de fioul.



CHLORURE DE VINYLE

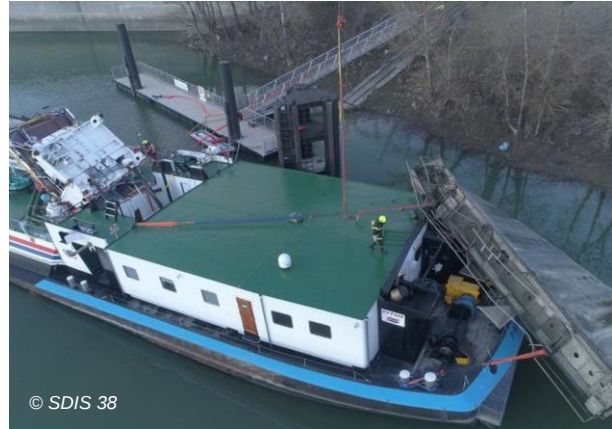
L'ACCIDENT, SON DÉROULEMENT, SES EFFETS ET SES CONSÉQUENCES

L'accident :

Le 18 février 2020, vers 0h20, le bateau est éclusant montant. Il s'engage sans heurt dans l'écluse et est amarré par son équipage. Le cycle d'éclusage est lancé pas-à-pas et à distance par le CGN. Si le navire signale une importante quantité de bois dans l'écluse à son arrivée, aucune anomalie concernant la fermeture des portes n'est remontée. Lors du remplissage du sas de l'écluse, quelques fuites apparaissent de part et d'autre de la porte aval. Ces fuites sont considérées comme en partie « normales », étant donné que la parfaite étanchéité de la porte n'est pas recherchée et compte tenu d'une discontinuité de l'étanchéité au niveau des jonctions entre les 4 caissons de la porte.

Cependant, alors que le sas est rempli d'eau au 2/3 (environ 8 m de hauteur d'eau), le 2^e et probablement le 3^e caisson en partant du haut de la porte s'effacent. Malgré l'enclenchement à haute vitesse des moteurs du bateau par le capitaine, les amarres ne résistent pas à l'aspiration et le bateau est expulsé du sas en arrachant le caisson haut de la porte (23 t), qui reste encastré à l'arrière du bateau. La timonerie heurte la structure de l'écluse et est arrachée. Elle chute sur les tuyauteries situées sur le pont du bateau, associées aux cuves de CVM. La coque du bateau est fissurée et présente une

voie d'eau. Les moteurs étant restés allumés après l'expulsion de la péniche et malgré la réactivité des navigants pour les mettre à l'arrêt, la péniche vient heurter à faible vitesse le mur guide aval de l'écluse. Le CGN, qui assiste à la scène par vidéos, alerte les pompiers. Les membres d'équipage ressentent des émanations de gaz. Munis de masque à gaz, ils amarrent le bateau à l'aval de l'écluse, puis, à l'aide de radeaux et d'une corde, rejoignent le ponton de plaisance puis la rive via une passerelle.



Le dispositif ORSEC² est activé par la préfecture de l'Isère. Devant le risque toxique, inflammable et explosif du CVM, un périmètre de sécurité de 400 m est mis en place. Une vingtaine d'habitations sont évacuées. Elles réintègreront leur logement au cours de la nuit. La navigation est interrompue sur 10 km. Des barrages flottants sont mis en place pour se prémunir du risque de relargage de fioul du bateau.

Vers 7h30, des mesures révèlent des concentrations à 30 % de la limite inférieure d'explosivité (LIE). Elles redeviennent négatives quelques heures plus tard. Le préfet de l'Isère mobilise l'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air³ afin que soit déployé un dispositif de mesures des concentrations en CVM dans l'air en différents points. Les mesures sont réalisées au droit du bateau et dans les secteurs habités situés à proximité. La DREAL⁴ saisit la CASU de l'INERIS⁵ pour évaluer les risques en cas de rupture d'une partie des cuves.

Un bouchon de glace permet de stopper des fuites sans totalement les maîtriser, alors que d'autres sources de fuites sont inaccessibles ou inconnues. Cinq jours après l'accident, une entreprise spécialisée finalise le colmatage.

Au regard des risques de pollution de l'air et de l'eau, d'explosion ainsi que du risque d'instabilité (flottaison / structure) du bateau, le préfet de l'Isère signe un arrêté préfectoral de mesures d'urgence le 21 février. La levée de la timonerie est réalisée le 26 février, la vidange du fioul le 28 février. Par un nouvel arrêté préfectoral du 2 mars, le préfet de l'Isère précise au transporteur les conditions à respecter pour le dépotage en sécurité du CVM. Celui-ci se déroule du 4 au 11 mars. Durant cette période, une mesure d'explosimétrie au niveau de la cale de 2 cuves se révèle supérieure à la LIE. Le dépotage est alors interrompu, les rideaux d'eau du bateau réceptionnant le CVM dépoté sont déclenchés. Une ventilation de la cale est effectuée. Le 8 mars, dans le cadre du dépotage des 2 cuves à l'arrière du bateau, un périmètre de sécurité de 550 m autour de l'écluse est mis en place, avec évacuation des populations.

Le retrait de la porte de l'écluse est réalisé entre le 16 et le 20 mars.

Le bateau reste stationné sur le garage aval de l'écluse, dans l'attente d'un transfert vers le transporteur, jusqu'en novembre 2020.

² Organisation de la Réponse de la Sécurité Civile

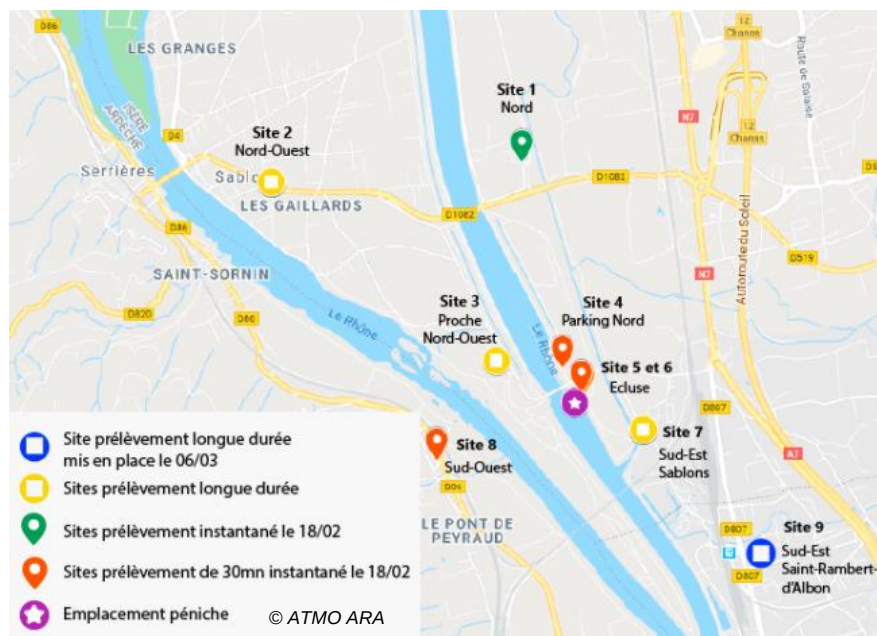
³ ATMO Auvergne-Rhône-Alpes

⁴ Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Auvergne-Rhône-Alpes

⁵ Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques

Les conséquences :

Si aucun dommage corporel n'est à déplorer pour les membres de l'équipage du bateau, ils ont été, comme les personnes en poste au CGN, choqués par l'accident. Concernant les mesures de qualité de l'air réalisées en continu jusqu'à la fin des opérations de sécurité (du 18 février au 23 mars), 169 canisters⁶ ont été déployés sur 9 sites⁷.



Si les résultats des mesures de CVM ont été variables durant l'ensemble de la période, ils ont tous été inférieurs à la valeur de référence retenue pour l'exposition de la population⁸. Les concentrations les plus élevées de CVM ont été relevées lors des 10 premiers jours qui ont suivi l'accident, avec un pic le 20 février de $882 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24 h sur le site 3, qui a d'ailleurs été le site le plus impacté avec une concentration moyenne de $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les 37 jours de mesures. Ces mesures ont permis d'évaluer le risque encouru et d'adapter les dispositifs de sécurité pour la population environnante (périmètre interdit d'accès, évacuation provisoire ou lors de dépotages).

Concernant les conséquences sur la navigation fluviale, celle-ci a été interrompue durant près d'un mois et demi, jusqu'à ce qu'une nouvelle porte d'écluse (disponibilité d'une porte de secours) soit mise en place. Le bassin RHÔNE-SAÔNE à grand gabarit, reliant le sud de Dijon aux ports de Fos-sur-Mer et de Sète sur la méditerranée, contribue pour 20 % au trafic fluvial national exprimé en tonnes-kilomètres.

D'importants dégâts matériels sont constatés que ce soit sur l'écluse ou le bateau : la porte aval de l'écluse est détruite et le bateau est jugé difficilement réparable d'un point de vue technico-économique. Il est remorqué 9 mois après l'accident.



⁶ Un canister, préalablement mis en dépression, permet le prélèvement d'air ambiant.

⁷ Prélèvements réalisés sur différents pas de temps : 30 minutes, 8 heures ou 24 heures, puis analysés par chromatographie en phase gazeuse.

⁸ Valeur de toxicité aiguë du CVM par inhalation retenue par l'ATSDR et l'INERIS pour une exposition d'une durée de 14 jours : $1\,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Échelle européenne des accidents industriels :

En utilisant les règles de cotation des 18 paramètres de l'échelle officialisée en février 1994 par le Comité des Autorités Compétentes des Etats membres pour l'application de la directive « SEVESO » et compte tenu des informations disponibles, l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants :

Matières dangereuses relâchées	 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Conséquences humaines et sociales	 ☒ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐
Conséquences environnementales	 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Conséquences économiques	 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Les paramètres de ces indices et leur mode de cotation sont disponibles à l'adresse : <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/en-cas-daccident/echelle-europeenne-des-accidents-industriels/>

Matières dangereuses relâchées (Q1) : la quantité exacte de CVM relâchée n'a pu être déterminée. En conséquence et du fait de l'implication d'une matière dangereuse au sens de la directive SEVESO, le niveau 1 de l'échelle est retenu.

Conséquences humaines et sociales (H7) : si aucun blessé n'est recensé, ce paramètre prend en considération l'impact social de l'accident. Du fait des mesures d'urgence et de précaution prises (évacuation des riverains), le niveau 2 de l'échelle est retenu.

Conséquences environnementales : l'échelle ne prend pas en considération les pollutions atmosphériques. Aucune pollution n'ayant été détectée sur le RHÔNE, le niveau 0 est retenu.

Conséquences économiques : le BARPI ne dispose pas d'informations suffisantes pour pouvoir classer l'accident selon ce paramètre. Par défaut, le niveau 0 est retenu.

L'ORIGINE, LES CAUSES ET LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

Le tableau ci-dessous se concentre sur les différentes phases de l'accident jusqu'à la rupture de la porte aval de l'écluse. Il met en parallèle les situations vues en local par l'équipage du bateau et vues par les moyens de télé conduite du CGN.

Phases de l'accident	Situation vue de l'équipage du bateau	Situation vue du CGN	
		Actions réalisées	Éléments à disposition
Engagement du bateau dans le sas	Sans heurt malgré la présence signalée au CGN de bois morts flottants	Aucune chasse (processus de dévasage/émulsion) n'a été réalisée préalablement à l'arrivée du bateau (chasse interdite lorsqu'un bateau est engagé ou en approche et écluse non équipée pour permettre une chasse aval)	Surveillance sur écrans vidéo constituant une aide pour le CGN dans le déroulement de l'éclusage mais pas nécessairement pour détecter les bois flottants
Amarrage du bateau	Aucune d'anomalie	Constat du bon amarrage du bateau	Indications du pilote et visualisation sur écran vidéo
Fermeture de la porte et début du remplissage du sas	Aucune d'anomalie	Aucune anomalie de fonctionnement détectée sur les écrans du contrôle-commande.	Légères fuites d'eau visibles sur les écrans vidéo, similaires aux autres éclusages
Remplissage au 2/3 du sas et rupture de la porte	Rupture des amarres et éjection du bateau hors du sas malgré moteurs à fond vers l'avant.	Vu sur écran de contrôle de la mise en défaut de l'écluse et mise en sécurité automatique	Système en sécurité : aucune action possible par l'opérateur

D'après les expertises menées par l'exploitant (examens des pièces repêchées, études cinématiques et mécaniques, analyse photogrammétrique à partir des vidéos), il est conclu que la porte, pour rappel de type « suspendue », était considérée fermée par les automatismes alors qu'il existait un jeu jusqu'à 40 cm par rapport à la situation nominale (caisson du haut potentiellement engagé correctement alors que le caisson du bas l'était très peu, voire pas du tout). Ce blocage a pu être engendré par la présence d'un objet flottant. Le scénario de rupture de porte de l'écluse, lié à un mauvais engagement de la porte et à un défaut de fermeture n'était pas pris en compte dans l'étude de danger (EDD) du site.

L'opérateur en charge des manœuvres d'éclusage réalise les différentes étapes en télé conduite depuis le CGN. Il dispose de moyen de contrôle via retransmission de données par un système de contrôle-commande et, pour aide, de moyen de visualisation des situations par vidéo surveillance. S'il n'a pas détecté la présence de bois flottants à l'entrée du sas via les caméras de vidéo surveillance (remarqué par le bateau), aucune anomalie de fermeture ne lui a été remontée via le système de contrôle-commande.

L'ensemble des automatismes a détecté la porte fermée. La position fermée de la porte est indirectement connue par la position du petit chariot sur lequel sont positionnés des capteurs à basculement mécanique. Ainsi, si le chariot atteint sa position de « fermeture », il ne traduit pas réellement la position de la porte en cas de contrainte mécanique. Trois dispositifs auraient pu contribuer à se prémunir d'une telle configuration, mais ceux-ci se sont avérées inefficaces :

- la surcharge mécanique destinée à limiter l'effort de traction au niveau treuil de manœuvre de la porte : son réglage était inconnu de l'exploitant et aucune traçabilité de surveillance ou maintenance n'était disponible ;
- le temps de manœuvre de la porte via la surveillance du « temps trop long d'exécution » (TTLE) : son réglage était inadapté. Il était fixé à 3 min 35 s alors que le temps moyen de manœuvre est de 1 min 42 s. Celui lors de l'accident a été supérieur de 12,5 s par rapport au temps moyen ;
- la limitation de courant au niveau du variateur de vitesse du moteur : les expertises révèlent qu'un effort important délivré par le treuil ne déclenche pas nécessairement cette limitation.

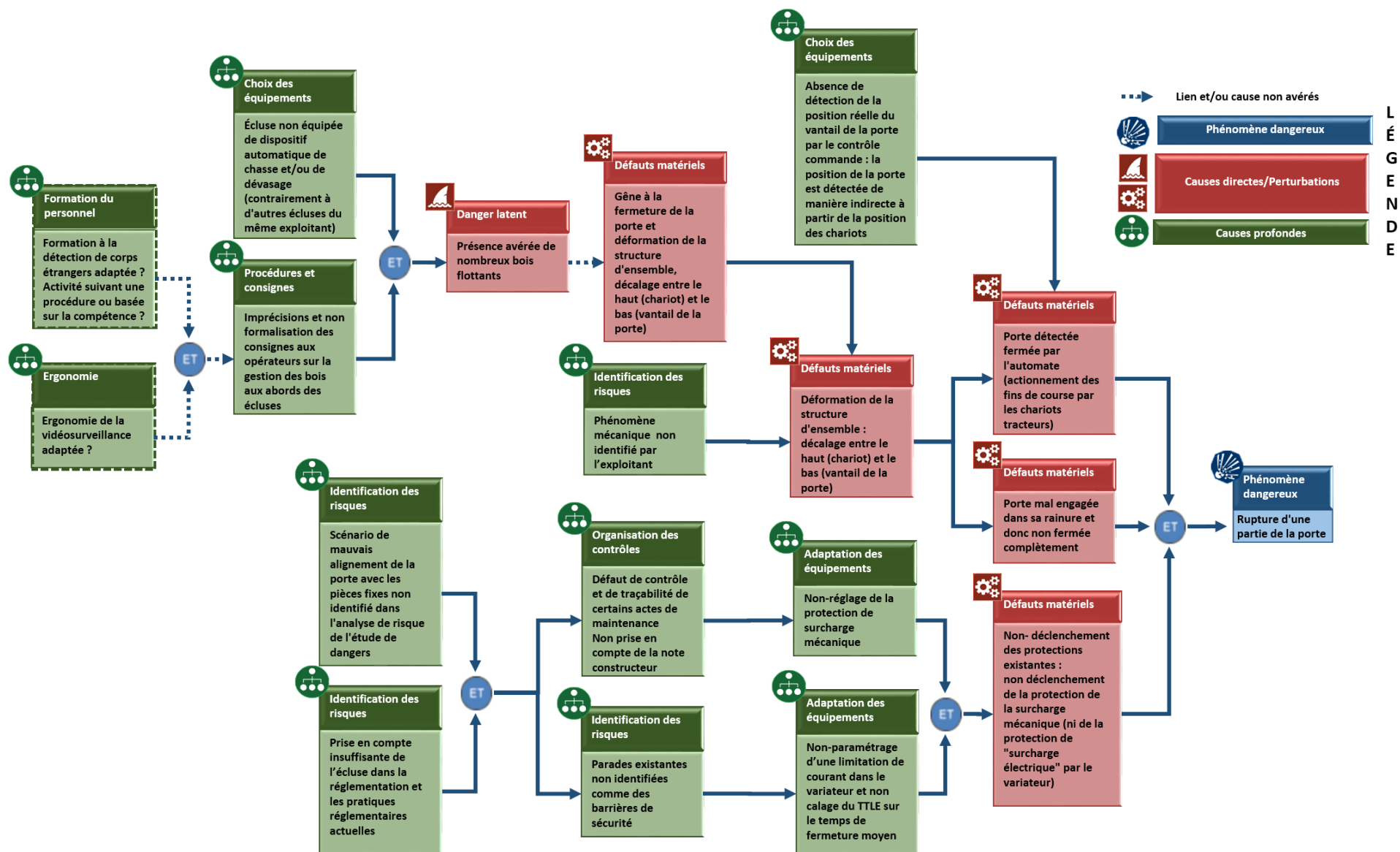
Ces dispositifs n'étaient pas, d'une part, paramétrés dans une optique de sécurité et, d'autre part, n'étaient pas considérés comme des barrières de sécurité dans l'EDD rédigée en 2013 par l'exploitant.

Concernant la détection d'objets flottants, leur visualisation ainsi que l'appréciation de leur dangerosité pour l'éclusage n'est, selon l'exploitant, pas facile pour les opérateurs à distance. La porte aval de l'écluse de Sablons est la seule du groupe à ne pas disposer de système de chasse automatique.

Le BARPI a développé une méthodologie d'analyse afin d'identifier les causes profondes d'un événement. L'investigation peut ainsi faire apparaître des perturbations (ou causes premières) et des causes profondes. Les perturbations désignent les défaillances directes qui ont contribué à l'événement. Elles sont accessibles à l'observation. Les causes profondes, situées en amont des causes apparentes, sont des dysfonctionnements du système socio-technique où s'est déroulé l'accident. Elles renvoient généralement à des dimensions relevant des facteurs humains et des dimensions organisationnelles et managériales pour lesquelles des actions pérennes doivent être engagées afin d'éviter la survenue d'un événement similaire. Conçue comme une boîte à outils simple, la méthodologie du BARPI a été développée pour apporter une vision synthétique de l'enchaînement causal :



La modélisation complète de l'accident est disponible en page suivante. Une autre représentation est disponible dans le rapport d'enquête technique du BEA-TT disponible [ici](#).



LES SUITES DONNÉES

À la suite de l'événement, l'exploitant, au travers de son analyse des causes :

- identifie deux des « parades » comme des barrières de sécurité (surcharge mécanique et temps trop long d'exécution). Il met à jour son EDD en considérant le scénario de rupture d'une porte, n'ayant pas atteint correctement sa position fermée, alors qu'elle est détectée fermée par le système de contrôle-commande ;
- étudie comment caractériser au mieux la présence d'objets flottants et la conduite à tenir, aussi bien en local qu'à distance ;
- étudie comment disposer directement de la position de la porte, indépendamment de celle du chariot ;
- recale les seuils liés à la protection de surcharge mécanique, au temps trop long d'exécution (TTLE) et aux limitations de courants internes aux variateurs ;
- étudie la mise en place d'un dispositif automatique d'émulsion au niveau de la rainure dans laquelle vient se loger la porte aval de l'écluse en fermeture, ainsi que d'une nouvelle vanne de remplissage pour effectuer des chasses aval ;
- analyse si des défauts similaires sont présents sur les portes latérales coulissantes (de type « suspendue ») des autres écluses dont il a la charge.

D'un point de vue organisationnel, il réalise une étude mettant en avant des actions de progrès nécessaire pour :

- prendre en compte les constats issus des rapports de travaux (traçabilité, actions correctives...) ;
- identifier puis corriger la récurrence de signaux faibles ou dysfonctionnements, notamment dans les mises en défaut détectées de blocage de porte ;
- favoriser les échanges entre le CGN et les opérateurs sur site, aussi bien sur l'état de l'écluse que les interventions effectuées ou le retour d'expérience tiré.

LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

L'analyse des causes profondes de cet accident est riche d'enseignements. Si le dernier accident grave d'un bateau en cours d'éclusage remonte à 1998 (Bollène), celui étudié ici a la particularité de mêler transport de matières dangereuses, exploitation d'ouvrages hydrauliques et navigation. Ainsi, le retour d'expérience est d'autant plus transversal qu'il s'applique à de nombreuses activités technologiques, autre que les ouvrages hydrauliques :

- prise en compte de l'ensemble des équipements d'un site dans l'analyse des risques, aussi bien pour les dangers qu'ils représentent pour la population et son environnement, que pour les travailleurs ou usagers ;
- exhaustivité des scénarios redoutés ;
- mise en place et définition de barrières de sécurité adaptées, efficaces, suivies et maintenues pour faire face aux scénarios redoutés. Dans le cas des automatismes, s'assurer que ces 4 critères sont vérifiés pour les 3 fonctions, la détection (capteurs), le traitement (ensemble des composantes techniques et humaines d'un automate nécessaire à la transmission de l'information du capteur vers l'actionneur) et l'action (actionneurs et éléments terminaux) ;
- qualité et traçabilité de la maintenance et du niveau de surveillance des équipements concourant à la sécurité d'un site afin d'analyser les signaux faibles et dérives ;
- communication entre les services et définition claire des tâches et responsabilités ;
- ergonomie des moyens de vidéo surveillance et formation des opérateurs à leurs usages et leurs utilités, que ce soit en local ou à distance dans le cadre d'opérations télé conduites.